



Universidad **Mariana**

Banco de trabajo electromecánico para determinar la eficiencia de combustibles y combustibles alternos obtenidos en el laboratorio de química de la Universidad Mariana

Alyzon Ximena Benavides Palma
Brayan Steven Del Valle Narváz

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica
San Juan De Pasto
2024

Banco de trabajo electromecánico para determinar la eficiencia de combustibles y combustibles
alternos obtenidos en el laboratorio de química de la Universidad Mariana

Alyzon Ximena Benavides Palma
Brayan Steven Del Valle Narváez

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

Asesor
Jorge Andrés Chamorro Enríquez
Ingeniero Electrónico

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa De Ingeniería Mecatrónica
San Juan De Pasto
2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007
Universidad Mariana

Agradecimientos

El agradecimiento es una manera de expresar la alegría de contar con la fortuna de tener a alguien a quien agradecer. Por esta razón, en este fragmento de texto expresamos nuestra más profunda gratitud a la Universidad Mariana por brindarnos el espacio y las instalaciones necesarias para llevar a cabo nuestro proyecto de grado. Sin el acceso a sus laboratorios y recursos, este proyecto no hubiera sido posible.

Agradecemos especialmente al ingeniero Martín Moncayo y a nuestro asesor, el ingeniero Jorge Chamorro, por su invaluable apoyo y orientación durante todo el proceso. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para el desarrollo y éxito de nuestro proyecto.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a toda la planta docente de la Universidad Mariana, quienes nos acompañaron y guiaron a lo largo de nuestra formación académica. Compartimos risas, sufrimientos y deslices por todas las notas, exámenes y talleres realizados, y ustedes nos proporcionaron las herramientas y el conocimiento necesarios para alcanzar este logro.

A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento. Muchas Gracias.

Dedicatoria

Este proyecto no se podría haber realizado sin las herramientas, las personas y, sobre todo, las motivaciones necesarias. Dedico este trabajo con todo mi respeto, amor y nostalgia a todos aquellos que, aunque no estén aquí, me dieron un motivo más para concluir esta etapa de mi vida.

Dedico este logro a mi madre, quien me dio la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera, y a mi padre, que, aunque no se encuentra conmigo, me dio la fuerza y el valor para estudiar lo que me apasiona. A Danilo, que al igual que mi padre, a pesar de no estar conmigo, pudo darme las bases necesarias para ser quien soy hoy. A mis hermanas Nata e Ingrid, quienes están conmigo compartiendo mis logros, así como yo compartiré los de ellas. A mi sobrina, a quien debo servir como un modelo a seguir. Y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera ayudaron a que esto se vuelva realidad, pues un café, un pasaje de autobús o incluso un simple consejo me ayudaron a seguir adelante.

Por último, quiero agradecer a Alyzon, quien me ayudó tanto en este camino, brindándome fuerzas, ayudas de todo tipo, consejos, compañía y todo lo que me hizo seguir siendo como soy. Gracias de verdad, y esto es por y para todos ustedes.

Brayan Steven Del Valle Narváez

Dedicatoria

Dedico este proyecto a todas las personas que me han apoyado y ayudado; sin ellas, no habría podido culminar y cumplir esta meta. En primer lugar, quiero agradecer a mi madre, Dora, quien sin duda alguna ha brindado un apoyo incondicional. Sus consejos me han ayudado a seguir adelante a pesar de la adversidad.

A mi tía Fabiola, quien me ayudó a estudiar esta carrera. Sin su apoyo, no habría podido acceder a la educación superior. Ella siempre me ha apoyado como una segunda madre. A mi tía Cristina y a mi tío Edgar, quienes han sido una ayuda fundamental para mí y mi madre. Finalmente, quiero agradecer a Brayan, quien me ha ayudado a seguir adelante en esta meta y ha sido un apoyo incondicional en todo momento. A todos ellos, y a otras personas que he encontrado en el camino, les agradezco infinitamente.

Alyzon Ximena Benavides Palma

Tabla De Contenido

Introducción	13
1. Resumen de la propuesta	14
1.1.Descripción del problema	14
1.1.1. Formulación del problema	15
1.2. Justificación	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos	17
1.4.1. Marco de antecedentes	18
1.4.1.1. Criterios de búsqueda y base de datos.	19
1.4.1.2. Vigencia de temática.	21
1.4.1.3. Descripción de artículos.	24
1.4.2. Marco teórico	31
1.4.2.1. Motor de combustión Diesel	31
1.4.2.1.1. Funcionamiento de Motor Diesel	31
1.4.2.1.2. Control de motor Diesel	32
1.4.2.1.3. Estructura de acople en motor Diesel	32
1.4.2.2. Microcontroladores y sensores	32
1.4.2.2.1. Estudio de variables mediante sensores	33
1.4.2.2.1.1. CO ² , RPM y Temperatura	34
1.4.2.2.2. Control de sensores por microcontrolador	35
1.4.2.2.3. Diseño de PCB	35
1.4.2.2.4 Visualización de variables	36
1.4.2.3. Comportamiento de uso	37
1.4.2.3.1. Manual de uso	37
1.4.2.3.2. Desarrollo de prácticas	37
1.4.3. Marco Conceptual	38
1.4.4. Marco Contextual	40
1.4.5. Marco Ético	41
1.5. Metodología	41
1.5.1. Tipo de investigación	42

1.5.2. Línea de investigación	42
1.5.3. Hipótesis de la Investigación	43
1.5.4. Descripción de la metodología	43
1.5.5. Validez de la Investigación	46
1.5.5.1. interna.	46
1.5.5.2. Externa.	48
2. Presentación de resultados	49
2.1. Resultados de acuerdo a los objetivos	49
2.1.1. Resultados Objetivo 1	49
2.1.2. Resultados Objetivo 2	80
2.1.3. Resultados Objetivo 3	88
2.1.4. Resultados Objetivo 4	92
2.3. Discusión	97
3. Conclusiones	98
4. Recomendaciones	99
Referencias Bibliográficas	100
Referencias de Libros	101
Anexos	103

Índice de Tablas

Tabla 1: Criterios de búsqueda. _____	21
Tabla 2: Citaciones realizadas para el top 5 más citados. _____	25
Tabla 3: Citaciones realizadas para el periodo 2019-2023. _____	28
Tabla 4: Seguimiento de Actividades. _____	50
Tabla 5: Temperatura vs Tiempo. _____	69
Tabla 6: CO ² vs Tiempo. _____	75

Índice de Figuras

Figura 1: Búsqueda de palabras clave sin filtro. _____	20
Figura 2: Búsqueda de palabras clave con filtro. _____	20
Figura 3: Vigencias del tema sin filtro. _____	22
Figura 4: Vigencias del tema con filtro. _____	22
Figura 5: Búsqueda de áreas sin filtro. _____	23
Figura 6: Búsqueda de áreas con filtro. _____	23
Figura 7: Taxonomía. _____	38
Figura 8: Fases de Investigación. _____	45
Figura 9. Medidor de CO ₂ _____	47
Figura 10. Medidor de RPM _____	47
Figura 11. Medidor de temperatura _____	48
Figura 12. Motor de trabajo. _____	54
Figura 13. Modelo del motor de trabajo. _____	55
Figura 14. Sensor de dióxido de carbono MG-811 CO ₂ _____	56
Figura 15. Sensor de temperatura RTD pt100 (3 hilos) _____	58
Figura 16. Módulo transmisor RTD PT100 MAX31865 _____	59
Figura 17. Tacómetro Electrónico Medidor De Revoluciones por Minuto Rpm Con Sensor de Efecto Hall _____	61
Figura 18. Mediciones a una moto y un motor Diesel _____	68
Figura 19: Mediciones a un bus de combustión Diesel _____	68
Figura 20. Datos del ambiente. _____	70
Figura 21. Temperatura con pistola de calor. _____	70
Figura 22. Montaje termocupla. _____	71
Figura 23. Montaje módulo. _____	72
Figura 24. Esquemático. _____	72
Figura 25. Código termocupla. _____	73
Figura 26. Sensor de CO ₂ . _____	76
Figura 28. Sensor de CO ₂ . _____	77
Figura 29. Esquemático. _____	78
Figura 30. Medición sensor CO ₂ . _____	78
Figura 31. Medición sensor RPM. _____	79
Figura 32. Medición de zona. _____	80

Figura 33. Diagrama de diseño mecánico _____	82
Figura 34. Motor Kipor 178F _____	83
Figura 35. Diseño en SolidWorks de motor Kipor 178F _____	84
Figura 36. Diseño en SolidWorks de la estructura _____	84
Figura 37. Anclaje del motor. _____	85
Figura 38. Diseño de caja de control _____	85
Figura 39. Diseño de circuito en Arduino _____	86
Figura 40. Diseño de circuito en ESP32 _____	87
Figura 41. Diseño de circuito en EAGLE _____	87
Figura 42. Elaboración de estructura _____	88
Figura 43. Acoples para sensores _____	89
Figura 44. Fabricación de PCB _____	89
Figura 45. Circuitos eléctricos de los sensores _____	90
Figura 46. Fuente de alimentación _____	90
Figura 47. Banco de trabajo _____	91
Figura 48. Base de datos _____	92
Figura 49. Gráfica CO ₂ _____	93
Figura 50. Gráfica RPM _____	93
Figura 51. Gráfica temperatura _____	94
Figura 52. Toma de dato de CO ₂ _____	95
Figura 53. Toma de datos de Temperatura _____	95
Figura 54. Toma de datos de RPM _____	96

Índice de Anexos

Anexo 1.	103
Anexo 2.	103
Anexo 3.	103
Anexo 4.	103
Anexo 5.	103

Introducción

La evaluación precisa de la eficiencia de los combustibles es esencial para impulsar la innovación en el ámbito energético y abordar los desafíos ambientales actuales. En este sentido, este trabajo de grado se enfoca en el diseño y construcción de un banco de medición de eficiencia de combustibles, priorizando la evaluación de tres variables clave: las revoluciones por minuto (RPM), la temperatura y la concentración de dióxido de carbono (CO²).

El desarrollo de este banco de pruebas responde a la necesidad de contar con herramientas especializadas para medir con precisión el rendimiento de combustibles alternos generados por estudiantes universitarios. La falta de equipos adecuados en los laboratorios de la Universidad Mariana ha sido una limitación evidente para la investigación en este campo.

Para abordar esta problemática, se han integrado sensores especializados en el banco de pruebas, cuidadosamente seleccionados y calibrados para garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos. Estos sensores permiten una medición precisa de las RPM del motor, la temperatura del sistema y la concentración de CO² en los gases de escape.

El banco de pruebas se ha acoplado a un motor de combustión diésel para simular condiciones reales de funcionamiento. Esto facilita la evaluación del rendimiento de los combustibles alternos en un entorno controlado y reproducible, proporcionando información valiosa para el desarrollo y optimización de nuevas fuentes de energía.

El objetivo principal de este trabajo es no solo proporcionar una solución práctica a la falta de herramientas de medición en la Universidad Mariana, sino también contribuir al avance científico en el campo de las energías renovables y la eficiencia energética. Los resultados obtenidos serán de utilidad tanto para la comunidad académica como para la industria, impulsando la investigación y la innovación en el desarrollo de combustibles más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

1. Resumen de la propuesta

El presente trabajo de grado tiene como objetivo principal el diseño y la fabricación de un banco de medición de eficiencia de combustibles. Se enfoca en la evaluación de tres variables fundamentales: RPM, temperatura y CO². Estas variables son capturadas mediante sensores especializados, los cuales fueron acoplados a un motor de combustión diésel. La motivación detrás de este proyecto radica en la necesidad de abordar una problemática evidente en los laboratorios de la Universidad Mariana: la dificultad para medir la eficiencia de combustibles alternativos producidos por los estudiantes.

Los resultados obtenidos no solo incluyen la implementación de un sistema de medición preciso, sino también una base de datos que permite visualizar los datos en tiempo real. Asimismo, se diseñó una estructura sólida para el motor con el fin de evitar la menor cantidad de vibraciones que puedan afectar las mediciones. Este trabajo representa una contribución significativa al campo de la evaluación de combustibles, ofreciendo una solución integral que combina tecnología de punta y una metodología de medición precisa. Las palabras clave que definen este trabajo son: medición de eficiencia, combustibles alternativos, sensores especializados, motor de combustión diésel, base de datos y estructura antivibración.

1.1. Descripción del problema

La Universidad Mariana en su sede Alvernia cuenta con laboratorios diseñados para realizar prácticas académicas en diversas disciplinas, especialmente en áreas de ingeniería. Sin embargo, se han identificado necesidades de mejora en el equipamiento de los laboratorios, particularmente en lo relacionado con la realización de prácticas más efectivas para asignaturas vinculadas a programas de ingeniería. Entre estas prácticas se encuentran aquellas en las que los estudiantes desarrollan combustibles alternativos utilizando diversos insumos y materiales.

La problemática en los laboratorios radica en la falta de medios para adquirir información sobre los diferentes combustibles elaborados por los estudiantes en el laboratorio de Química de la Universidad Mariana. Ante esta situación, se ha solicitado la implementación de un mecanismo desde los laboratorios de la institución capaz de determinar la eficiencia de los combustibles producidos en el laboratorio de Química por los estudiantes de Ingeniería de Procesos e Ingeniería Ambiental.

Los estudiantes carecen de un método para evaluar los diferentes combustibles que crean. Lamentablemente, en algunas ocasiones, manipulan las sustancias al agregar materiales con alta capacidad de combustión para mejorar la ignición. Esta manipulación incluye la adición de sustancias inflamables como el alcohol, con el objetivo de superar una prueba que consiste en encender el combustible y determinar si genera la combustión correcta, lo que influye directamente en su calificación.

Dado que este proyecto representa una innovación en la región, los laboratorios de la Universidad Mariana experimentarán beneficios significativos. Con el fin de realizar un estudio más sólido y eficiente en el análisis de combustibles alternativos, se emplearán aquellos producidos a gran escala. El objetivo principal del proyecto es comparar los datos almacenados de las variables evaluadas con los datos de sensores comerciales, lo que permitirá evaluar la viabilidad del uso de dicho combustible alternativo en un motor de combustión Diesel.

1.1.1. Formulación del problema

¿Es posible cuantificar y calificar la eficiencia de combustibles alternos obtenidos en el laboratorio de Química de la Universidad Mariana?

1.2. Justificación

La propuesta de implementar un banco de trabajo surge como respuesta a la necesidad de evaluar los combustibles alternativos desarrollados por estudiantes de algunos programas en los laboratorios de la Universidad Mariana. Actualmente, los métodos de evaluación utilizados son rudimentarios, ya que se basan únicamente en la ignición de dichos combustibles, sin considerar factores críticos como la velocidad de combustión y la calidad del combustible.

Este proyecto innovador incorporará un diseño electrónico respaldado por un presupuesto aprobado directamente por los laboratorios y con la aceptación de varios docentes responsables y del coordinador de los laboratorios de electrónica y física, Martin Moncayo, lugar donde se planea desarrollar el banco de trabajo.

Es relevante destacar que este proyecto no solo beneficiará la evaluación de combustibles, sino que también aportará significativamente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mariana. Facilitará la realización de prácticas en los laboratorios, brindando un recurso valioso para los docentes que lo requieran, promoviendo así la mejora continua en la formación académica y práctica de los estudiantes en el ámbito de la ingeniería.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo electromecánico que permita determinar la eficiencia de combustibles tradicionales y alternativos fabricados en el laboratorio de química de la Universidad Mariana, considerando variables como temperatura, RPM y CO_2 en un motor Diesel.

1.3.2. Objetivos específicos

- Documentar las características que se tienen en cuenta para evaluar la eficiencia de combustibles alternativos y tradicionales
- Diseñar un prototipo que permita evaluar las variables como temperatura, RPM y CO² en un motor Diesel
- Construir el prototipo que permite medir las variables como temperatura, RPM y CO² en un motor Diesel
- Validar el prototipo mediante pruebas hechas con combustibles tradicionales

1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos

La eficiencia de los combustibles en otros países de América del sur se ha ido acoplando a un plan de intentar bajar los usos de este recurso como crear automóviles que consuman menos gasolina, bajar el consumo de electricidad de los electrodomésticos los cuales en algunos países se usa los combustibles fósiles para generar dicha energía que alimenta estos electrodomésticos, de esta misma manera se busca mantener la misma eficiencia que se tiene en la actualidad pero reduciendo el impacto que tiene en el entorno, fragmento tomado de: Poveda, M. (2007). Eficiencia energética: recurso no aprovechado. *OLADE. Quito*. Algunas de las pruebas realizadas en algunos motores como es el caso de un Volkswagen de 1,8 L se hicieron para comprobar si la altitud de un sitio puede influir en si el motor y la contaminación de este mismo se ve afectado por la altitud, este tipo de pruebas nos da una idea de cómo realizar los diferentes estudios que se pueden generar para las pruebas que se quieren llegar en el banco de trabajo, tomado de: Rocha-Hoyos, J. C., Tipanluisa, L. E., Zambrano, V. D., & Portilla, Á. A. (2018). Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible. *Información tecnológica*, 29(5), 325-334. Uno de los proyectos que más se acerca al que se tiene pensado es un banco de trabajo para la instrucción y práctica de pruebas de combustible de aviación en donde pueden medir los niveles de CO₂, la viscosidad, la oxidación y los diferentes estados en los que se puede encontrar en las diferentes situaciones en las que se puedan encontrar estos combustibles al estar en un avión a kilómetros de altitud, sin embargo este tipo de investigaciones son netamente ayudas para el

proyecto porque aunque anteriormente ya se dijo, el proyecto busca innovar los laboratorios al no encontrar un banco de trabajo similar al que se presenta en esta idea de grado, tomado de: Rocha-Hoyos, J. C., Tipanluisa, L. E., Zambrano, V. D., & Portilla, Á. A. (2018). Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible. *Información tecnológica*, 29(5), 325-334.

1.4.1. Marco de antecedentes

El presente marco de antecedentes busca contextualizar y fundamentar la relevancia del banco de trabajo destinado a determinar la eficiencia de combustibles y combustibles alternativos. A través de la revisión de la literatura y la investigación, se abordan diversos aspectos relacionados con la eficiencia de los combustibles, las alternativas sostenibles y la necesidad de contar con herramientas especializadas para su evaluación, una posible manera de contextualizar el marco puede ser de la siguiente manera:

- **Eficiencia de Combustibles Tradicionales:**

Se ha demostrado a través de investigaciones previas que los combustibles convencionales, como la gasolina y el diésel, presentan desafíos en términos de eficiencia y emisiones contaminantes. También, estudios recientes resaltan la importancia de optimizar la eficiencia de combustión para reducir el impacto ambiental y mejorar el rendimiento de los motores de combustión interna.

- **Avances en Combustibles Alternativos:**

La creciente preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad ha impulsado el desarrollo de combustibles alternativos, como los biocombustibles, combustibles de hidrógeno y la electricidad. Investigaciones científicas y tecnológicas demuestran que estos combustibles pueden ser opciones viables y menos perjudiciales para el medio ambiente.

- **Tecnologías de Evaluación de Combustibles:**

Proyectos de investigación han implementado diversas tecnologías para evaluar la eficiencia de combustibles, incluyendo bancos de trabajo que integran sensores avanzados y sistemas de

medición en tiempo real. La instrumentación especializada, como analizadores de gases y sensores de temperatura, ha sido utilizada para recopilar datos precisos durante las pruebas de eficiencia de combustibles.

- **Laboratorios de Investigación en Combustibles:**

Instituciones académicas y centros de investigación han desarrollado laboratorios especializados en la evaluación de combustibles, contribuyendo significativamente al avance de la tecnología y la comprensión de la eficiencia energética. Experiencias de laboratorios existentes proporcionan información valiosa sobre la implementación y operación efectiva de bancos de trabajo similares.

- **Normativas Ambientales y Estándares de Eficiencia:**

Las regulaciones ambientales cada vez más estrictas han impulsado la necesidad de evaluar y mejorar la eficiencia de los combustibles para cumplir con estándares más altos. La literatura destaca la importancia de contar con herramientas y metodologías para garantizar la conformidad con las normativas vigentes.

- **Innovaciones a Nivel Internacional:**

Proyectos de investigación y desarrollo en otros países han demostrado avances significativos en la evaluación de combustibles y el diseño de bancos de trabajo especializados. La revisión de proyectos internacionales proporciona perspectivas valiosas y buenas prácticas para la implementación local.

Con la anterior estructura se puede decir que para determinar la eficiencia de combustibles y combustibles alternos se han realizado durante ya varias décadas. La investigación y el desarrollo en este campo han sido progresivos a medida que la conciencia ambiental ha aumentado y por ello se ha buscado reducir la tendencia a usar combustibles fósiles tradicionales.

1.4.1.1. Criterios de búsqueda y base de datos. Para el criterio de búsqueda y la base de datos que se requiere se optó por usar varios motores de búsqueda como lo son Google Académico, E Libro, entre otros, sin embargo, se escogió una en particular que es la herramienta de búsqueda SCOPUS, con la cual se estableció una ecuación de búsqueda, la cual se estableció de dos formas,

una con las palabras clave sin los filtros y otra con las palabras clave con filtro para mostrar la viabilidad del proyecto, de esta manera:

Figura 1

Búsqueda de palabras clave sin filtro

309 document results

TITLE-ABS-KEY("Motor" AND "Biodiesel") AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English"))

 Edit  Save  Set alert

Nota: La figura indica las palabras clave que se usaron como criterio de búsqueda. Fuente: SCOPUS.

Figura 2

Búsqueda de palabras clave con filtro

203 document results

TITLE-ABS-KEY("Motor" AND "Biodiesel") AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English")) AND (EXCLUDE(SUBJAREA, "AGRI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "EART") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "BIOC") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "SOCL") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "PHAR") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "PHYS") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "VETE") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "MEDI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "BUSI") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "ECON") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "IMMU") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "MULT") OR EXCLUDE(SUBJAREA, "DECI"))

Nota: La figura indica las palabras clave que se usaron como criterio de búsqueda con filtros. Fuente: SCOPUS.

También se estableció una tabla con la cual se puede evidenciar de mejor manera el criterio de búsqueda de esta manera:

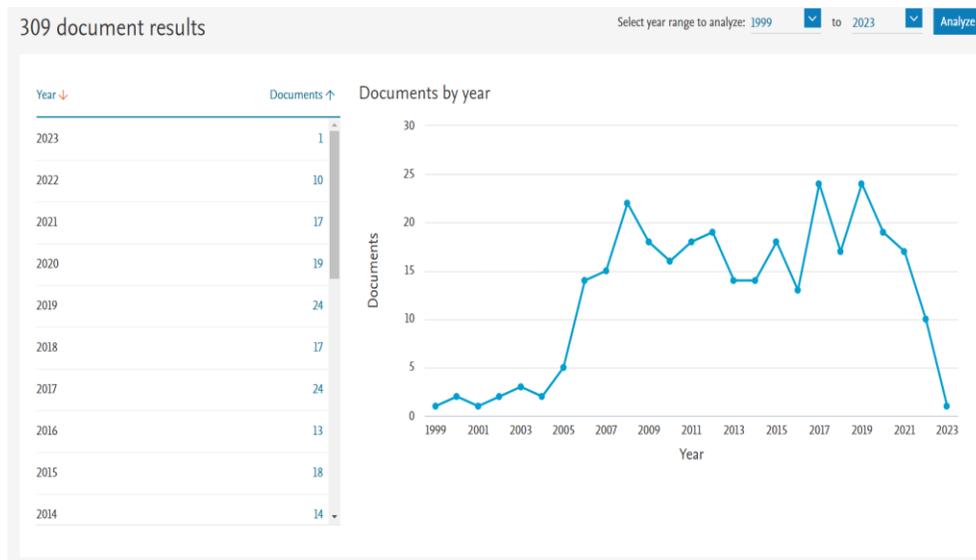
Tabla 1
Crterios de búsqueda

Criterios de búsqueda	“Motor” AND “Biodiesel”
Periodo de búsqueda	1999-2023
Número de documentos encontrados sin filtros	309
Idioma	Solo artículos en inglés
Filtro por área temática	Ciencia Medioambiental, Ingeniería, Energía, Ingeniería Química, Química, Computación, Matemáticas, Ciencia de materiales.
Tipo de documentos	Artículos
Número de documentos encontrados con filtros	203

Conclusión: Conocimiento previo sobre los biocombustibles en Colombia, esto nos dará una percepción más clara sobre cómo son tratados los biocombustibles en Colombia.

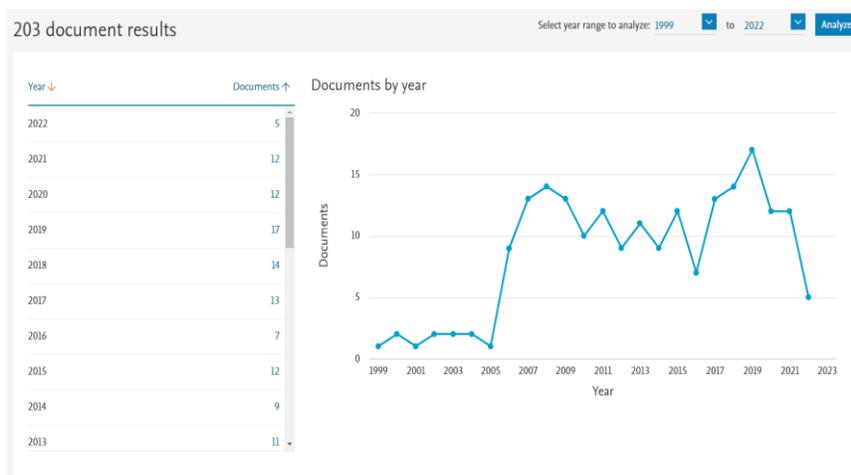
1.4.1.2. Vigencia de temática. Para mantener la relevancia del tema, se optó por presentar de manera más accesible y clara la información a través de gráficos generados a partir de la búsqueda en SCOPUS. Este enfoque tiene como objetivo asegurar una vigencia auténtica del proyecto:

Figura 3
Vigencias del tema sin filtro



Nota: La figura indica el diagrama de frecuencia de la vigencia del tema sin filtro. Fuente: SCOPUS.

Figura 4
Vigencias del tema con filtro

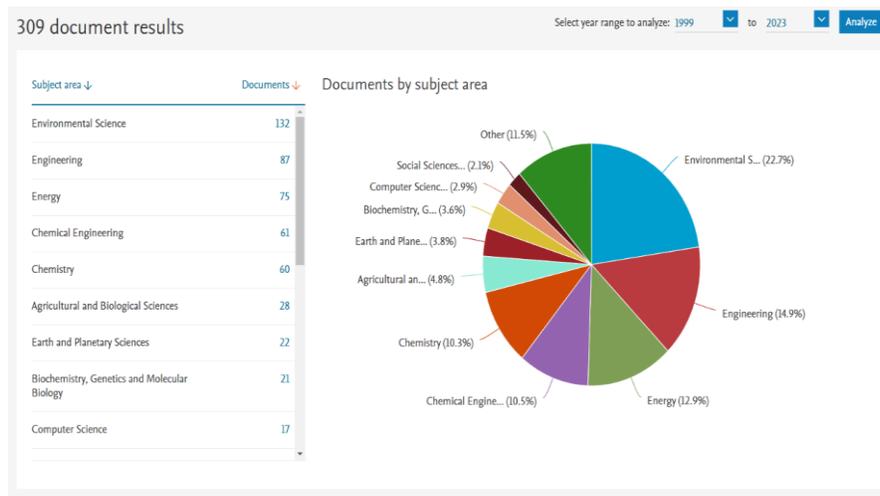


Nota: La figura indica el diagrama de frecuencia de la vigencia del tema con filtro. Fuente: SCOPUS.

La vigencia del proyecto se manifiesta en la identificación de áreas específicas que requieren un estudio más completo. Con este fin, se llevó a cabo una exploración en SCOPUS, dividiendo la búsqueda en dos partes: una sin aplicar el filtro de áreas y otra con dicho filtro. Esto permitirá abordar de manera más integral las áreas pertinentes al proyecto:

Figura 5

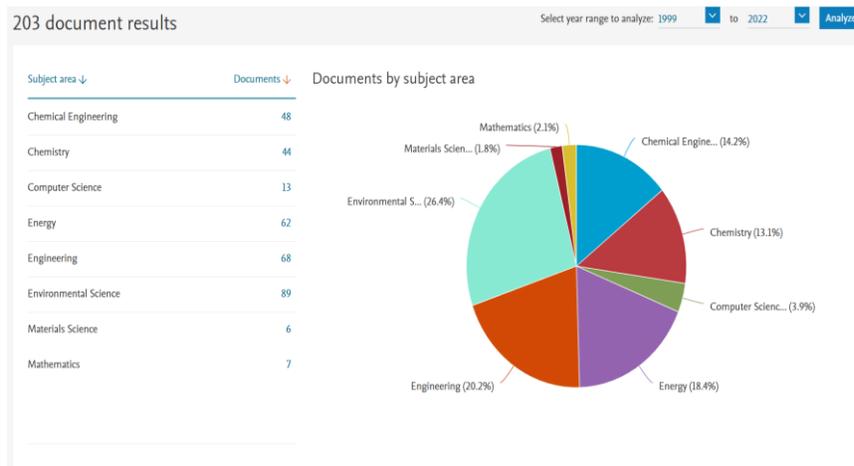
Búsqueda de áreas sin filtro



Nota: La figura indica el diagrama circular de la búsqueda de áreas sin filtro. Fuente: SCOPUS.

Figura 6

Búsqueda de áreas con filtro



Nota: La figura indica el diagrama circular de la búsqueda de áreas con filtro. Fuente: SCOPUS.

1.4.1.3. Descripción de artículos. Para los artículos seleccionados se hizo una breve explicación de cada uno de ellos, también se agregó tablas de acuerdo a lapsos de tiempo para poder explicar de manera satisfactoria los artículos, de esta manera:

Tabla 2*Citaciones realizadas para el top 5 más citados*

Número	Autores y año	Número de citaciones	Área temática
1	Pfister, Kai F.; Baader, Sabrina; Baader, Mathias; Berndt, Silviab; Goossen, Lukas J. (2017)	21	Biofuel by isomerizing metathesis of rapeseed oil esters with (bio)ethylene for use in contemporary diesel engines
2	Berastegui Barranco C, Pablo Ortega Rodríguez J, Mario Mendoza Fandiño J, Enrique González Doria Y, David Gómez Vásquez R. (2017)	7	Desarrollo de biocombustibles sólidos densificados de mazorca de maíz, almidón de mandioca y departamento de carbón mineral de córdoba
3	Estrada, Javier Solís.; Schlosser, José Fernando; de Farias, Marcelo Silveira; Rodrigues, Fabrício Azevedo; Martini, Alfran Tellechea; dos Santos, Gustavo Oliveiraa (2016)	6	Performance of an agricultural engine using blends of diesel and ethanol
4	Kanthavelkumaran N. N.; Seenikannan P. Send mail to Seenikannan P.; Kumares E. (2016)	2	Exhaust measurement and emission control - Biodiesel involvement in diesel engine

Con el transcurso de los años, una de las necesidades más apremiantes para la humanidad ha sido la búsqueda de combustibles alternativos sostenibles para el planeta. Esto cobra especial relevancia dado que los combustibles derivados de fuentes fósiles están experimentando una

disminución gradual. Una opción que ha ganado atención es el biodiesel, también conocido genéricamente como biocombustible.

Para proporcionar una comprensión más detallada sobre qué son y cómo pueden ser producidos, se ha consultado el artículo titulado "Desarrollo de biocombustibles sólidos densificados a partir de mazorca de maíz, almidón de yuca y carbón mineral del departamento de Córdoba". Este estudio aborda la producción de biocombustibles como respuesta a uno de los problemas más significativos: la gestión de alrededor de 45.000 toneladas de residuos de maíz al año. Dado que estos residuos no tienen un valor monetario y representan riesgos ambientales, se plantea la generación de una mezcla adecuada que cumpla con las especificaciones establecidas por las normativas CEN/TS: 15210 segunda parte y NTC-2060.

El objetivo de este enfoque es la evaluación de bloques de biocombustibles, midiendo parámetros clave como la resistencia a la compresión de 223,7 kgf, una durabilidad del 97,3%, 17,5 grados caloríficos MJ/kg, y un contenido de azufre del 0,4%. Este estudio proporciona una visión práctica y aplicada para abordar la problemática ambiental mediante la transformación de residuos en una fuente útil y respetuosa con el medio ambiente.

La base de lo anterior se sustenta en un enfoque más general que se debe considerar para el desarrollo de este marco, sin apartarnos de la temática central, que es la evaluación de la eficiencia de biocombustibles a través de un motor de combustión Diesel. En este contexto, hemos identificado dos artículos que serán fundamentales para comprender la eficiencia y el comportamiento de los biocombustibles en relación con las emisiones de gases.

El primer artículo, "Rendimiento de un motor agrícola utilizando mezclas de Diesel y Etanol", se enfoca en variables clave como potencia, par, consumo específico de combustible, reserva de par, reserva de velocidad e índice de elasticidad del motor. Es relevante destacar que el rendimiento se evaluó mediante diferentes concentraciones de etanol, considerado como un biocombustible.

Esta variación de concentración busca generar una comparativa de datos para entender cómo se comporta en comparación con los combustibles convencionales.

El segundo artículo, "Medición de escape y control de emisiones - Participación del biodiésel en el motor diésel", se centra en el estudio del rendimiento y las emisiones de gases, específicamente derivados del carbono, en un motor diseñado para la combustión Diesel. Para este estudio, se emplearon diferentes tipos de combustibles Diesel para determinar cuál es el más eficiente. Además, las emisiones de gases se analizaron utilizando un analizador de gases de escape MRU y un medidor de humo Optrons 1600. Esta investigación permitirá generar una comparativa de datos para identificar el combustible más eficiente y con menores niveles contaminantes.

Finalmente, y no menos relevante, se consideró el artículo "Biocarburante mediante metátesis isomerización de ésteres de aceite de colza con Bioetanol para su uso en motores diésel contemporáneos". Este artículo aborda los puntos cruciales relacionados con los puntos de ebullición del biocombustible, evaluando su comportamiento ante las temperaturas alcanzadas en un motor. Se fundamenta en la normativa EN590, que establece las especificaciones que debe cumplir un combustible para el correcto funcionamiento de los motores. Este estudio demuestra que a partir del aceite de colza se puede generar un biocombustible estable, capaz de mantener una temperatura estándar, cumpliendo así con los estándares definidos.

Tabla 3*Citaciones realizadas para el periodo 2019-2023*

Número	Autores y año	Número de citaciones	Área temática
1	Panchuk, Myroslav.; Kryshstopa, Sviatoslav.; Sladkowski, Aleksander.; Kryshstopa, Liudmyla.; Klochko, Nataliia.; Romanyshyn, Taras.; Panchuk, Andrii.; Mandryk, Iona. (2019)	9	Efficiency of production of motor biofuels for water and land transport
2	Sala, José Antonio; Schlosser, José Fernando; De Farias, Marcelo Silveira; Bertollo, Gilvan Moisés; Herzog, Daniela. (2022)	1	Particulate emissions in an engine fueled with biodiesel/Diesel blends at different fuel injection system configurations
3	Pušár, Michal; Živčák, Jozef; Král, Štefan; Kopas, Melichar; Lavčák, Matúš. (2021)	1	Analysis of biodiesel influence on unregulated gaseous emissions of diesel motor vehicles
4	Sala, José A.; Schlosser, José F.; Bertollo, Gilvan M.; Herzog, Daniela.; Bertinatto, Rovian; Romano, Leonardo N. (2023)	0	Performance of a diesel engine using different biodiesel blends and injection configurations
5	Pinto, Antonio Alves; da Camara, Felipe Thomaz; Lopes, Afonso; de Lima, Leomar Paulo; Pinto, Leandro Alves. (2021)	0	Multivariate analysis to identify groups of biodiesels in the operation of an agricultural engine

Considerando el entorno actual, es evidente que la investigación de biocombustibles aplicada a los motores, especialmente en términos de rendimiento y estudios comparativos de datos, es cada vez más relevante. Existe un amplio espacio en el cual podemos desenvolvemos. En este contexto, destacaremos algunos artículos recientes que contribuirán a respaldar la investigación en curso. Un ejemplo notable es el artículo "Eficiencia de producción de biocombustibles de motor para el agua y transporte de tierra". En resumen, este artículo realiza un análisis cualitativo y cuantitativo a través de experimentos para crear una mezcla de compuestos al Diesel convencional y observar su comportamiento. Los resultados de dicho artículo indican que esta mezcla podría convertirse en una patente significativa. La investigación reveló que, mediante el análisis de estos datos, el biocombustible resultante se asemejaba al rendimiento de los combustibles derivados del petróleo fósil, mostrando características de desempeño sostenibles y sin necesidad de modificaciones drásticas en los motores.

Se encontraron dos artículos relevantes que abordan un aspecto clave de la evaluación de biocombustibles: las emisiones de gases. El primero, "Emisiones de partículas en un motor alimentado con biodiésel/Diesel: mezclas a diferentes configuraciones del sistema de inyección de combustible", se centra en evaluar las emisiones de partículas en motores Diesel mediante un sistema de inyección electrónica y diferentes mezclas de biodiésel. Utilizando un diseño de experimento con variables como las mezclas de tres biodiesel, dos configuraciones de puntos de inyección, dos volúmenes de inyección de combustible y ocho velocidades del cigüeñal, el estudio concluyó que las mezclas cumplen con las especificaciones estándar (MAR-1). Importante destacar que se utilizó la configuración predeterminada de fábrica del motor, garantizando criterios de evaluación estables y satisfactorios.

El segundo artículo, "Análisis de la influencia del biodiésel en las emisiones gaseosas no reguladas de vehículos diésel", se enfoca en analizar mezclas experimentales de combustibles Diésel y su comportamiento en motores bajo diferentes cargas de trabajo. Su objetivo principal fue determinar el comportamiento actual de los combustibles Diésel disponibles en el mercado y verificar su viabilidad como alternativa para el desarrollo sostenible. Este análisis contribuye significativamente a comprender cómo influyen las diferentes mezclas de combustibles Diésel en

las emisiones gaseosas no reguladas, siendo esencial para evaluar la sostenibilidad de los biocombustibles.

Adicionalmente, para entender el impacto de los biocombustibles en motores convencionales, se revisaron estudios relevantes. Uno de ellos se centró en la potencia de un motor de ciclo Diesel, considerando diversos parámetros y biocombustibles. La variación entre motores y combustibles depende del sector al que se enfoque el estudio. En el ámbito de la maquinaria agrícola, un estudio reciente evaluó un motor de tractor agrícola utilizando Diesel B10 y mezclas de biodiesel entre 20% y 30%. Los resultados indicaron un aumento de potencia estadísticamente significativo, demostrando la viabilidad de estas mezclas de biocombustibles en dicho sector. Estos hallazgos respaldan la idea de que los biocombustibles pueden desempeñar un papel efectivo en aplicaciones específicas, contribuyendo a la sostenibilidad en la industria.

Al explorar los documentos que conforman el marco de antecedentes, surge la noción de que los biocombustibles representan una solución altamente eficiente para gestionar el consumo de combustibles fósiles. Esto cobra especial relevancia considerando los riesgos asociados con la contaminación y otros factores que podrían tener repercusiones perjudiciales para el futuro. Sin embargo, es crucial destacar que los estudios dedicados a este tipo de combustibles son relativamente recientes, ya que su comprensión requiere un análisis detallado que evidencien su calidad.

En el contexto actual, donde los motores de combustión Diesel predominan en el transporte y en el sector agrícola, como se pudo observar en proyectos previos, este trabajo se concentra en una esfera similar. La premisa central es que los biocombustibles están ganando terreno en la actualidad. Es imperativo llevar a cabo pruebas exhaustivas que aborden diversas variables vinculadas a los biodiesel. Un ejemplo paradigmático de este enfoque se ilustra al realizar dos pruebas específicas. En primer lugar, se evalúa el rendimiento de un biodiésel en un tractor. En segundo lugar, se examina la opacidad de los distintos gases emitidos por el escape. Estos resultados subrayan la capacidad de los biocombustibles para proporcionar un mayor poder

calorífico, generando así más potencia y reduciendo el consumo en motores de tractores en el sector agrícola.

1.4.2. Marco teórico

En este apartado se presenta el marco teórico, el cual busca explicar varios puntos clave del banco de trabajo para determinar la eficiencia de combustibles y combustibles alternos. Estos aspectos claves van desde la combustión y motores de combustión interna, la eficiencia de combustibles convencionales, desarrollo y características de combustibles alternos, tecnologías de medición de eficiencia y algunos casos de estudios relevantes.

1.4.2.1. Motor de combustión Diesel. En esencia, un motor de combustión Diesel es un tipo de motor de combustión interna que funciona utilizando el principio de la ignición por compresión. La principal diferencia de los motores de gasolina a los de combustión Diesel, es que utilizan bujías para poder encender la mezcla de aire y su respectivo combustible, los motores Diesel comprimen el aire hasta que se vuelve lo suficientemente caliente para encender el combustible Diesel de forma espontánea.

1.4.2.1.1. Funcionamiento de Motor Diesel. Los motores diésel desempeñan un papel fundamental en la industria del transporte y la generación de energía gracias a su eficiencia y rendimiento sólido. Operan mediante un ingenioso proceso de combustión interna que difiere significativamente de los motores de gasolina. En este contexto, se explorará de manera comprehensiva el funcionamiento esencial de un motor diésel, desde la entrada de aire hasta la expulsión de gases de escape, destacando los elementos clave que hacen que esta tecnología sea tan apreciada en diversas aplicaciones industriales y de transporte.

Se comienza con la entrada de aire: el motor diésel aspira aire a través de una válvula de admisión. Luego, entra en juego la compresión: el pistón comprime el aire dentro del cilindro. A

diferencia de los motores de gasolina, los motores diésel carecen de bujías. La alta relación de compresión, esencial en los motores diésel, contribuye a su eficiencia. A continuación, se lleva a cabo la inyección de combustible: cuando el aire está altamente comprimido, se inyecta combustible diésel atomizado directamente en el cilindro. La alta temperatura generada por la compresión hace que el combustible se encienda de manera espontánea.

Prosiguiendo, se encuentra la etapa de combustión: el combustible se enciende debido a la elevada temperatura del aire comprimido, generando una explosión controlada. Esta explosión impulsa hacia abajo el pistón, conectado a una biela, que a su vez está unida al cigüeñal. Este movimiento rotativo es lo que impulsa el vehículo o la máquina. Finalmente, se concluye con el escape de gases: después de la explosión, los gases de escape son expulsados del cilindro a través de la válvula de escape.

1.4.2.1.2. Control de motor Diesel. Se propone un enfoque general para el control del motor diésel, que implica la utilización de un sistema de control electrónico encargado de evaluar las variables de CO², temperatura y RPM. El objetivo de este control es verificar que el combustible introducido en el banco de trabajo genere datos recopilados por los sensores, permitiendo así una apreciación de la información y facilitando la comparación entre diferentes tipos de combustibles. De esta manera, se pretende determinar la eficiencia de cada combustible en el motor.

1.4.2.1.3. Estructura de acople en motor Diesel. La idea principal para el acoplamiento consiste, en primer lugar, en diseñar una estructura que distribuya de manera eficiente los sensores a utilizar y ubique adecuadamente el control correspondiente. Luego, se procederá a la selección de los materiales idóneos para este propósito. El objetivo de la estructura es garantizar la seguridad del sistema y de quienes lo manipulen, con el fin de llevar a cabo prácticas de laboratorio de manera más segura.

1.4.2.2. Microcontroladores y sensores. Los microcontroladores y los sensores están íntimamente relacionados en diferentes sistemas electrónicos y proyectos. Los microcontroladores

se consideran dispositivos programables que ejecutan instrucciones almacenadas en su memoria y son los responsables de controlar el funcionamiento de un sistema. Los sensores, por otra parte, son dispositivos que detectan cambios en su entorno y convierten estas variaciones en señales eléctricas para que el microcontrolador las procese.

1.4.2.2.1. Estudio de variables mediante sensores. La relación que tienen los microcontroladores y sensores implica la utilización de los microcontroladores para recoger, procesar y actuar sobre la información proporcionada por los sensores. Algunas interacciones claves en que interactúan, son las siguientes:

- **Interfaz de sensores:** Los microcontroladores facilitan la conexión y la comunicación con varios tipos de sensores. La interfaz puede proporcionar la alimentación necesaria para el sensor y de este modo pueda leer las señales de salida.
- **Procesamiento de Datos:** Los microcontroladores procesan las señales analógicas o digitales provenientes de los sensores. Realizan cálculos, aplican algoritmos y toman decisiones basadas en la información recibida.
- **Retroalimentación y ajuste:** Los microcontroladores también pueden proporcionar retroalimentación al sistema basándose en la información de los sensores. Esto permite ajustar y optimizar el rendimiento del sistema en tiempo real.
- **Comunicación con otros dispositivos:** Los microcontroladores a menudo actúan como intermediarios en la comunicación entre sensores y otros dispositivos o sistemas. Pueden enviar datos de los sensores a una computadora, una interfaz de usuario o a través de una red.

Estas interacciones son fundamentales para la relación entre microcontroladores y sensores; por ello, se opta por integrar este tipo de tecnologías en el banco de trabajo. Los microcontroladores facilitan la integración de datos de sensores en aplicaciones prácticas, lo que resulta en un estudio de variables más eficiente.

1.4.2.2.1.1. *CO₂, RPM y Temperatura.* Las variables como CO², RPM y Temperatura son parámetros clave para poder facilitar la determinación de la eficiencia de un combustible o combustible alternativo. Para poder explicar mejor las ventajas de cada variable se explicarían del siguiente modo:

- **CO² (Dióxido de carbono):** La producción de CO² durante la combustión de un combustible cualquiera está directamente relacionada con la eficiencia de la combustión, puesto que, una combustión completa y eficiente debería generar más CO² en comparación con productos de combustión incompleta o ineficiente. Sin embargo, si se logra captar un valor reducido de CO² sin que cambie su rendimiento, se puede llegar a implementar este tipo de combustibles menos contaminantes en el mercado.
- **RPM (Revoluciones Por Minuto):** Para la eficiencia del motor, las RPM indican la velocidad a la que el motor está funcionando. La eficiencia de un motor a menudo está relacionada con su capacidad para mantener una velocidad constante y adecuada en diferentes condiciones de carga. En cuanto al rendimiento de un motor se basa en que pueda mantener una velocidad constante a diferentes niveles de carga. Las variaciones inesperadas en las RPM pueden indicar que tiene problemas en la combustión lo que a su vez indica una eficiencia menor del combustible.
- **Temperatura:** La temperatura del motor puede indicar la eficiencia en la conversión de energía. Un motor con combustible eficiente debería generar menos calor perdido y más energía útil. En cuanto a la temperatura del escape podemos decir que los gases de escape también son importantes, pues en una combustión incompleta o ineficiente puede resultar en temperaturas de escape bajas, lo que indica pérdida de energía. Por último, la relación entre la temperatura del motor y la energía producida puede utilizarse para calcular la eficiencia térmica del sistema.

Al monitorear y analizar estas variables simultáneamente, es posible obtener una visión integral del rendimiento y la eficiencia del combustible. Los cambios en estas variables durante las pruebas

y operaciones normales pueden indicar la calidad y la eficiencia del combustible utilizado, permitiendo ajustes y mejoras según sea necesario.

1.4.2.2.2. Control de sensores por microcontrolador. El control de sensores por microcontroladores es de vital importancia para numerosas aplicaciones y sistemas. Podemos concluir en varias razones por las cuales se considera indispensable este tipo de control:

- En la automatización de procesos podemos incluir dos puntos importantes, en primer lugar, damos énfasis en la eficiencia operativa que permite la automatización de tareas, lo que mejora la eficiencia operativa al reducir la necesidad de alguna intervención constante humana. En segundo lugar, inferimos en la respuesta rápida que generan los microcontroladores para procesar datos en tiempo real, lo que permite respuestas rápidas a alteraciones en las condiciones del entorno o del sistema.
- El monitoreo y diagnóstico genera una detección de problemas que permite la detección temprana de estos mismo o de un mal funcionamiento en el sistema a través de un monitoreo constante de los datos que suministran los sensores. Por otro lado, el diagnóstico en tiempo real facilita la detección de condiciones anormales o fallos, lo que contribuye a un mantenimiento proactivo y preventivo.
- La integración de sistemas que contengan interconexión facilita su uso en diversos sistemas y dispositivos, lo que genera una gestión centralizada y una comunicación más efectiva entre los componentes.

Se puede concluir, que el control de sensores por microcontroladores no solo simplifica la gestión de sistemas complejos, sino que también mejora la eficiencia, la precisión y la adaptabilidad de los dispositivos y procesos en una amplia variedad de aplicaciones.

1.4.2.2.3. Diseño de PCB. Un diseño de PCB que contenga una distribución equitativa y correcta, puede ayudar a facilitar la implementación del sistema de control de los sensores y el

microcontrolador. De esta manera, el diseño se debe plantear de tal manera que sea ergonómico para la detección de fallos y que sea fácil de implementar en el banco de trabajo.

- ***Acople de sensores y microcontrolador***

Se debe iniciar un estudio sobre el mejor posicionamiento de los sensores en el motor, puesto que su durabilidad y la detección de datos de los sensores, dependen en gran medida de su correcto posicionamiento en el banco. De esta manera se busca que la eficiencia de los sensores y su rendimiento sea aprovechada al máximo.

1.4.2.2.4 Visualización de variables. Para la visualización de variables podemos inferir que es crucial por varias razones. La evaluación en tiempo real permite monitorear las variables clave, de esta manera proporciona información clave instantánea sobre el rendimiento del combustible que se esté probando. Otra razón puede ser la identificación inmediata de anomalías o un cambio inesperado de las variables medidas, de tal manera que pueda indicar un problema en la composición del combustible o en el proceso de combustión. También, puede llegar a realizar una comparación y análisis de las variables entre diferentes tipos de combustibles, ya que puede ayudar a identificar patrones, tendencias y diferencias significativas en el rendimiento. Por otro lado, el seguimiento del rendimiento puede facilitar la integración de datos recopilados para evaluar la estabilidad y sostenibilidad a lo largo del tiempo. Por último, facilita la toma de decisiones ya que proporciona una base sólida para este propósito.

- ***Diseño de interfaz gráfica***

Para la visualización de los datos se crea la posibilidad de usar una pantalla, de tal modo que la interfaz sea visualmente atractiva para el usuario que la vea, sin que pierda o canse a la vista. La interfaz debe contener la información más relevante e importante del estudio que realiza el banco de trabajo.

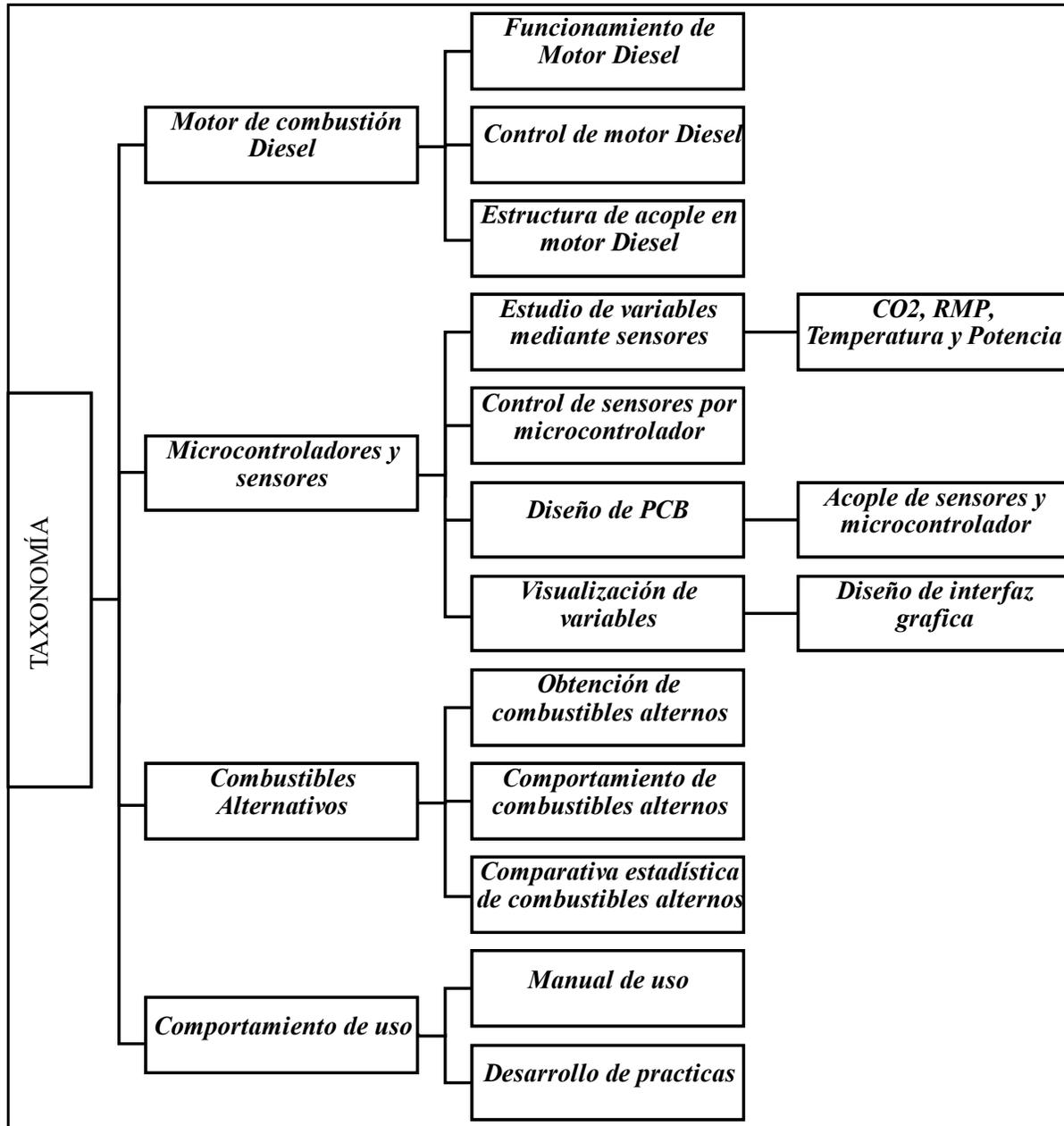
1.4.2.3. Comportamiento de uso. Para garantizar un uso adecuado del banco, es esencial establecer reglas que faciliten la realización de estudios y prácticas de manera más amena y segura. El objetivo principal de estas reglas es minimizar posibles daños o accidentes que podrían surgir debido a un uso incorrecto del banco. Por lo tanto, la responsabilidad del uso del banco recae en una o varias personas capacitadas, que posean el conocimiento necesario sobre los peligros asociados con el uso inadecuado de este dispositivo.

1.4.2.3.1. Manual de uso. Se realizó la búsqueda de un manual de usuario para la correcta manipulación del banco de trabajo, el manual contiene la información más relevante del motor, esta búsqueda se realizó en vista que no todos los que han intentado manipular el motor saben su correcto encendido y uso, la información que contiene se puede usar en caso de algún fallo del motor. Ver anexo 5.

1.4.2.3.2. Desarrollo de prácticas. Los estudiantes, profesores y laboratoristas deben tener la facilidad de manipular el banco, lo cual se logra mediante un diseño seguro y una capacitación adecuada para su uso y manipulación. De esta manera, las prácticas para las cuales está diseñado el banco pueden llevarse a cabo sin inconvenientes ni riesgos de accidentes.

Para la contextualización del marco teórico, se llevó a cabo una taxonomía que organiza de manera más ordenada y comprensible los temas y subtemas que fundamentan el proyecto de grado. De esta manera, se busca que esta estructura sea entendible y legible:

Figura 7
Taxonomía



1.4.3. Marco Conceptual

El motor diésel, un tipo de motor de combustión interna, opera mediante la compresión del aire con una relación que oscila entre 15:1 y 24:1, alcanzando una temperatura de autoencendido del combustible entre 600 °C y 800 °C (J. H. G., "Manual de diagnóstico y afinación de motores

automotrices," 1990). En este proceso, la energía química del combustible se convierte en energía calorífica dentro de los cilindros. Las pérdidas en esta transformación se distribuyen, siendo aproximadamente un 25-30% en el sistema de refrigeración, un valor igual en los gases de escape, y alrededor del 10% en contrarrestar fuerzas de rozamiento interno. Esto resulta en un balance final del 35% disponible para desarrollar trabajo efectivo (A. Parera, "Inyección electrónica en motores Diesel," 1996).

Los procesos de mezcla y explosión, que tienen lugar de manera casi simultánea, son responsables de que el tiempo necesario para consumir todo el combustible inyectado sea considerablemente mayor que en un motor Otto, lo que explica la menor velocidad de los motores diésel en comparación con los de gasolina. Estos motores alcanzan un régimen máximo de giro comprendido entre las 4000 y 5000 revoluciones por minuto. Además, el proceso de explosión contribuye a la generación de combustiones incompletas, cuyos componentes, al ser expulsados por el tubo de escape, contienen hollín y partículas de combustible sin quemar (S. Acebes Sanz, "Mantenimiento de vehículos autopropulsados," 2007). Es precisamente por estas características que se ha sugerido el uso de un motor diésel en el prototipo a desarrollar.

Los sensores de gas o CO_2 actúan como transductores entre una reacción química específica de un gas determinado y la resistencia de un óxido semiconductor, generando un cambio en la resistencia del material que participa en la reacción. Principalmente, estos sensores se basan en el uso de semiconductores, donde se incorporan resistencias con materiales como películas de óxidos semiconductores para desempeñar la función de detección. El principio subyacente en el funcionamiento de estos sensores radica en el comportamiento de la película de óxido semiconductor. Cuando esta entra en contacto con el gas al cual es sensible, se desencadena una reacción química que libera o absorbe electrones.

Para su funcionamiento eficiente, estos sensores requieren tres elementos básicos: 1) Una película sensorial, 2) Un micro calefactor y 3) Un circuito de acondicionamiento. Esta descripción se basa en la obra de Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S. y Mares Carreño, J. (2016),

"Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino," publicada en México por Grupo Editorial Patria.

1.4.4. Marco Contextual

Para fundamentar la idea, y retomando lo mencionado anteriormente sobre la información consultada, a continuación, se presenta una parte de los datos necesarios para desarrollar el prototipo, como los diversos combustibles alternativos y los combustibles convencionales existentes en la actualidad. La forma en que se elaboran estos biocombustibles resulta evidente y, aunque se tiende a asociarlos de manera más amigable, es esencial reconocer que aún conllevan un impacto ambiental. En el texto de Ramos Fernando Daniel, Díaz María Soledad y Villar Marcelo Armando, "Biocombustibles 2016", se subraya: "Los biocombustibles no son la solución definitiva a los problemas energéticos, económicos y ambientales del planeta. Sin embargo, representan una fuente alternativa de energía complementaria a las tradicionales en el corto y mediano plazo, y con muchas perspectivas promisorias a largo plazo, donde la evolución de los combustibles fósiles, actualmente la base de la economía mundial, es una gran incógnita". Se observa que la calidad de los biocombustibles puede rivalizar con los combustibles comerciales actuales. Estos datos servirán como referencia central para la comparación y confirmación de la eficiencia de estos biocombustibles.

Para la elección del motor, se requiere conocimiento técnico sobre los diversos tipos de motores que utilizan inyección de Diesel. Con este propósito, se utilizó como base técnica un artículo que detalla las partes, el funcionamiento y el diseño de un motor diésel. En el artículo de Acosta Jairo y Torrado A. Ramiro, "Funcionamiento del Motor Diesel, 1990", se explica: "El motor diésel es un motor de combustión interna que utiliza un diseño de alta compresión para su ignición y funcionamiento. No requiere bujías para su combustión; esta se produce mediante una alta relación de compresión, siendo esta la diferencia fundamental con el motor a gasolina. El combustible utilizado se denomina A.C.P.M., Aceite Combustible para Motores, con componentes básicos generalmente similares a los que se encuentran en los motores a gasolina. Para su proceso de

combustión, requiere tres elementos: COMBUSTIBLE, OXÍGENO (aire) y CALOR". Así, se eligió un motor diésel porque opera con combustibles alternativos.

En cuanto a la selección de los sensores del mercado, se busca aquellos que cumplan con los requisitos y expectativas del prototipo. Para esta tarea, se consultó una guía de Arduino que detalla una amplia variedad de sensores controlados por Arduino. La guía, titulada "Sensores y Actuadores: Aplicaciones con Arduino" de Leonel Germán Corona Ramírez, Griselda S. Abarca Jiménez y Jesús Mares Carreño (2014), proporciona explicaciones detalladas, usos y manejos de diferentes actuadores y sensores esenciales. Además, ofrece información y códigos para el control de estos dispositivos, convirtiéndose en una herramienta fundamental para el diseño de la parte electrónica del proyecto.

1.4.5. Marco Ético

Es imprescindible garantizar el uso adecuado y la manipulación responsable de todos los materiales que serán empleados. Esto requiere obtener un conocimiento exhaustivo sobre cada uno de ellos. La finalidad de este enfoque es asegurar un uso ético y responsable, preservando la integridad física tanto de las personas que utilizarán el banco como de los estudiantes que están involucrados en su creación. Por esta razón, se ha recopilado información detallada sobre cada uno de los componentes que se emplearán.

1.5. Metodología

La metodología más pertinente para este proyecto se orienta hacia un enfoque metodológico cuantitativo. Esta elección se basa en la necesidad prioritaria de recopilar datos iniciales sobre los combustibles que actualmente se producen en las industrias. El objetivo es evaluar la eficiencia de la producción de combustibles en los laboratorios de química de la Universidad Mariana. Este

enfoque implica la recopilación de características cuantificables de los datos, su posterior análisis y comparación para identificar patrones de simultaneidad.

Es crucial destacar que, la base de datos obtenida, se prestará especial atención al estudio de los niveles de contaminación generados por los combustibles alternativos producidos en el laboratorio de química de la Universidad Mariana. Esta consideración surge de la creciente necesidad actual de abordar de manera fundamental la contaminación ambiental. La información recopilada en este aspecto puede contribuir al desarrollo de alternativas más amigables con el medio ambiente y el planeta en futuros proyectos.

1.5.1. Tipo de investigación

El enfoque investigativo adoptado, de acuerdo con lo considerado más pertinente hasta ahora, se orienta principalmente hacia un análisis cuantitativo y experimental. Sin embargo, es importante destacar que este enfoque no se limita únicamente a estos dos tipos de investigación, ya que el proyecto podría evolucionar y considerar otros enfoques en el futuro. Se contempla la posibilidad de observar qué combustibles obtenidos en el laboratorio de química de la Universidad Mariana presentan niveles de contaminación inferiores a los combustibles generados por las industrias en la actualidad.

La identificación y conceptualización de este proyecto se basaron en investigaciones previas revisadas en documentos, asegurando así su carácter innovador. En este sentido, se definió que pertenece a una investigación descriptiva, ya que, si bien existen dispositivos que estudian la eficiencia de combustibles, este proyecto se distingue al abordar variables específicas en conjunto y al ofrecer una alternativa menos costosa.

1.5.2. Línea de investigación

La investigación se desarrolla en dos líneas fundamentales: experimentales y no experimentales. En el caso de la primera, se subdivide en preexperimental. En este contexto, el estudio de las variables en el banco de trabajo se llevará a cabo de manera independiente, sin manipulación ni control de datos. Por otro lado, en la línea no experimental, se enmarca en la sublínea transversal, ya que estos datos serán de naturaleza exploratoria, contribuyendo cada uno de ellos a determinar la eficiencia de los combustibles obtenidos.

1.5.3. Hipótesis de la Investigación

El banco de trabajo diseñado para medir la eficiencia de biocombustibles facilita el análisis de variables clave, como las revoluciones por minuto (rpm), potencia, temperatura y concentración de CO². El propósito principal es evaluar si el biocombustible producido en los laboratorios de Alvernia de la Universidad Mariana cumple con los estándares necesarios para considerarse un biocombustible comercial. Además, proporciona un entorno de estudio seguro tanto para estudiantes como para docentes.

1.5.4. Descripción de la metodología

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, actualmente se contemplan tres métodos fundamentales. En primer lugar, se destaca la prioridad de iniciar con la recopilación de datos del banco como punto de partida. Asimismo, se contempla la fase de desarrollo práctico, que abarca la recolección de datos con sensores tanto antes como después del ensamblaje. Es importante señalar que esta última etapa aún no está completamente definida, ya que podrían surgir ajustes durante la ejecución práctica del proyecto:

Base de datos:

La recopilación de datos será uno de los puntos de partida para el proyecto. Esta información se obtendrá de fichas técnicas de los combustibles producidos por las industrias y de los datos recabados por los sensores, además de incluir información sobre los combustibles alternativos generados en el laboratorio de química de la Universidad Mariana. El propósito es establecer una base sólida que respalde la evaluación de la eficiencia de estos combustibles alternativos.

Toma de datos sin ensamble:

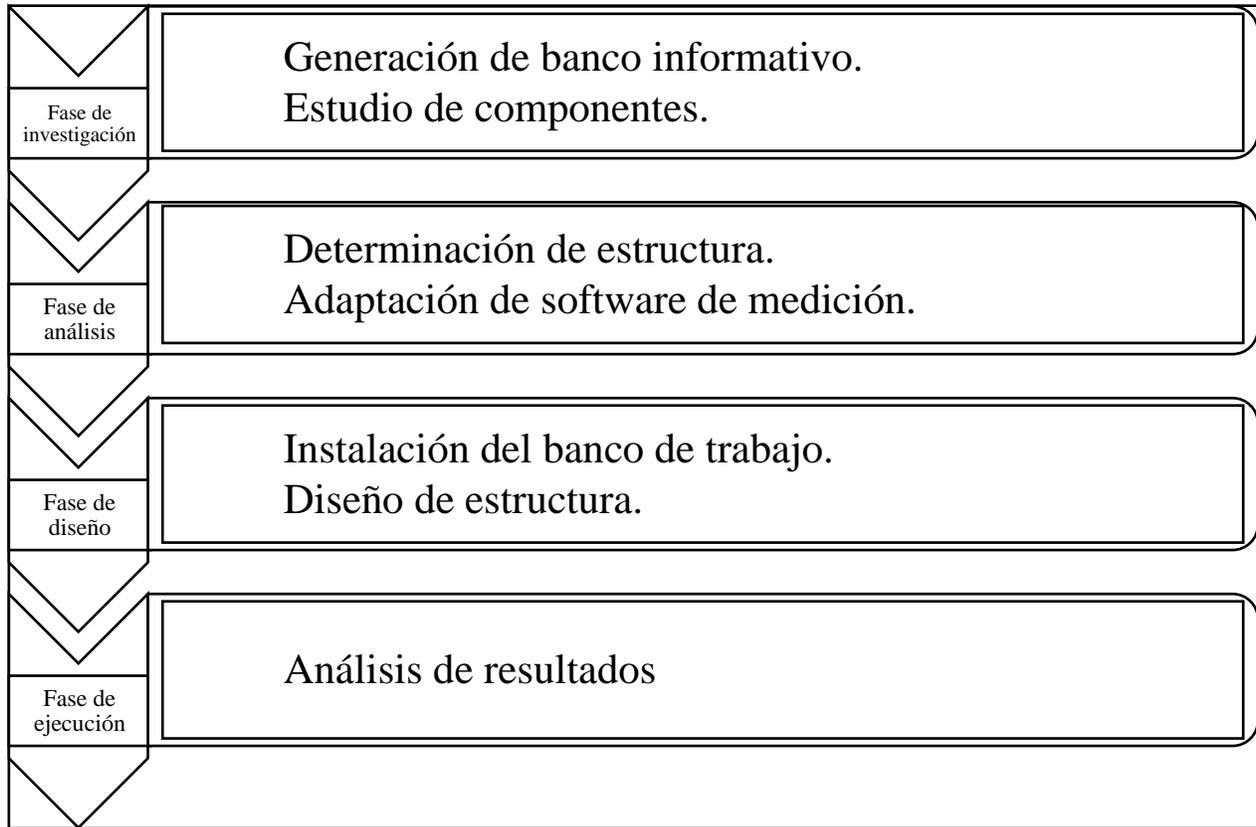
Para verificar la calibración de los sensores, se revisarán los datos previamente registrados en la base de datos, incluyendo las fichas técnicas. El objetivo es comprender los datos iniciales antes de proceder con el ensamblaje al motor.

Toma de datos con ensamble:

Una vez se tenga la base de datos inicial y se haya verificado la calibración de los sensores con la toma práctica de datos, se procederá a ensamblarlos al motor de combustión diésel. Los sensores registran los datos obtenidos antes del ensamblaje. Si los datos no son correctos, se repetirá el proceso de ensamblaje de cada sensor hasta obtener la información adecuada.

Después de un estudio detallado, se ha definido una organización de trabajo que se estructura en fases estratégicas para llevar de manera secuencial la investigación. A continuación, se presenta un diagrama que muestra las fases de investigación de este proyecto:

Figura 8
Fases de Investigación



Como se ha mencionado previamente, la fase de investigación se enfocará en abordar dos problemáticas principales: la composición y funcionamiento de un motor Diesel, junto con el uso y la calibración de los sensores industriales empleados en el proyecto.

En la fase de análisis, se determinará una estructura y modelo electrónico que se implementará en el motor Diesel mencionado previamente. Además, se evaluará el software para el control de los sensores y la visualización de datos.

La fase de diseño se enfocará en establecer la correcta instalación del banco de trabajo planificado, considerando la distribución de sensores, cableado, estructura y motor para garantizar su funcionamiento óptimo.

Finalmente, durante la fase de ejecución, se llevará a cabo un análisis comparativo entre los datos almacenados en la base de datos y aquellos generados por los combustibles alternativos producidos en el laboratorio de química de la Universidad Mariana.

Para comprender mejor estas etapas, se describirá el enfoque de la primera fase, que consiste en el estudio e investigación de variables y componentes. Se identificarán tres variables clave para evaluar la eficiencia de los combustibles: CO_2 , temperatura y RPM. Se probarán dos tipos de combustibles y se medirán estas variables utilizando sensores industriales para obtener lecturas precisas. Estos sensores se conectarán al motor Diesel seleccionado previamente, cuyos datos se utilizarán para calibrar los sensores. Con la información recopilada, se comparará la eficiencia del combustible producido en la Universidad Mariana con los combustibles comerciales mediante un paralelo de datos para determinar su eficiencia.

1.5.5. Validez de la Investigación

A continuación, se presenta la validez de la investigación, la cual ha sido sometida a un riguroso estudio de credibilidad y está respaldada en su mayor parte. La validación de la investigación incluye los siguientes elementos:

1.5.5.1. interna.

Para validar estos componentes, se decidió emplear dispositivos calibrados. Se han definido, estudiado y calibrado tres dispositivos. Para verificar el sensor de CO_2 , se utilizará un medidor de

CO² modelo GC-2028, que tiene un rango de medición de hasta 4.000 ppm. Este dispositivo es adecuado para el estudio debido a su fácil calibración y un tiempo de toma de datos de solo 2 minutos. El segundo dispositivo es un tacómetro modelo Extech RPM10, que ofrece dos métodos de medición: láser, que alcanza hasta 99.999 rpm, y contacto, que permite medir hasta 20.000 rpm. Cabe destacar que este dispositivo también puede medir temperatura. El último dispositivo para la medición de temperatura es una pistola infrarroja modelo DT-8868, capaz de proporcionar lecturas fáciles, rápidas y precisas, con un rango de hasta 1200°C, gracias a sus punteros láser duales.

Figura 9
Medidor de CO²



Nota: La figura indica el equipo de medición de CO². Fuente: Open sky Colombia.

Figura 10
Medidor de RPM



Nota: La figura indica el equipo de medición de RPM. Fuente: DCL metrología.

Figura 11
Medidor de temperatura



Nota: La figura indica el equipo de medición de temperatura. Fuente: Industrias Asociadas.

1.5.5.2. Externa. El proceso de validación externa del banco de medición de eficiencia de combustibles incluirá la comparación con estándares y normativas de la industria, pruebas experimentales adicionales y aplicación en situaciones reales. Estas validaciones aseguran la confiabilidad y relevancia del banco de medición para abordar la problemática en los laboratorios de la Universidad Mariana. Adicionalmente se evaluará mediante la ecuación que se propuso para medir la eficiencia del combustible.

2. Presentación de resultados

2.1. Resultados de acuerdo a los objetivos

Este segmento presenta los resultados obtenidos durante el proceso de investigación, desarrollo y construcción del banco de trabajo, en alineación con los objetivos establecidos. Cada uno de estos objetivos ha evidenciado las contribuciones del banco de medición de eficiencia de combustible.

2.1.1. Resultados Objetivo 1

Documentar características que se tienen en cuenta para evaluar la eficiencia de combustibles alternativos emisiones de gas y potencia:

En esta sección, se inicia la presentación de los resultados alcanzados en la consecución del primer objetivo de la investigación. El primer paso en este proceso consistió en la minuciosa documentación de las características relevantes para evaluar la eficiencia de combustibles alternativos. Este enfoque inicial permitió abordar de manera efectiva la problemática existente, proponiendo una alternativa más pertinente y de bajo costo para su fabricación.

Previo a esta investigación, los procedimientos para medir la eficiencia de combustibles se limitaban a una simple prueba de ignición, la cual, además de representar riesgos, involucra sabotajes de estudiantes debido a la adición de alcohol para generar ignición en los combustibles que se creaban. Conscientes de este problema evidente, especialmente para los estudiantes que realizaban la prueba en los laboratorios de la Universidad Mariana, se implementó la creación de un banco de trabajo que evalúa variables como CO_2 , la temperatura del combustible y la potencia alcanzada.

Los resultados que se presentan a continuación derivan de un análisis exhaustivo llevado a cabo en un entorno controlado, garantizando así la validez y relevancia de los datos recopilados. La selección de motor, sensores y diseños para este banco de trabajo se fundamentó cuidadosamente en la consideración de estos factores, contribuyendo así a la solución integral de la problemática abordada.

Para iniciar este proceso, se elaboró una tabla de seguimiento de actividades que facilitó una organización más estructurada de las tareas, estrategias y materiales utilizados para iniciar este estudio. A continuación, se presenta dicha tabla para su observación:

Tabla 4
Seguimiento de Actividades

Seguimiento de actividades			
Estudio	Actividades	Estrategias	Material
1. Estudio y toma del banco de datos.	Toma de datos de combustibles generados en industrias.	Se tomarán los datos de combustibles ya generados en masa en las industrias para tener una comparativa de datos iniciales con el fin de tener un punto de inicio estratégico, para generar una justificación del estudio de la eficiencia de los combustibles.	Los datos comparativos serán tomados de fichas técnicas de estudio de eficiencia y composición de algunos combustibles generados a nivel industrial masivo.

	Estudio minucioso y detallado de composición y cuidado de un motor que trabaje con Diesel.	Se estudiará la composición del motor de Diesel proporcionado por los laboratorios de física y electrónica de la Universidad Mariana, para generar el correcto funcionamiento del mismo y generarle un buen mantenimiento.	Este proceso se llevará a cabo mediante el estudio de las fichas técnicas de los fabricantes y manuales instructivos de la compañía en la que sea solicitado el motor de Diesel
2. Examinación de ensalzamiento de piezas.	Análisis de componentes.	Una vez hecha la compra tanto del motor como los sensores proporcionados por los laboratorios de física y electrónica de la Universidad Mariana, se observará si su calibración es la correcta con los datos que se tengan previamente de las fichas técnicas de los combustibles generados a nivel industrial masivo.	Esto se generará a partir de la toma de datos con los sensores que se obtengan a partir del presupuesto asignado, para poder visualizar los datos de: <ol style="list-style-type: none"> 1. Rpm. 2. CO². 3. Temperatura.

	<p>Implementación de ensambles.</p>	<p>Una vez calibrados los sensores se procederá a encontrar la manera de ensamblar los sensores al motor de tal forma que estos sean capaces de tomar los datos correctos y se encuentren en la posición correcta para que no se vean afectados por calentamiento o por encendido del motor</p>	<p>Las herramientas que se usarán para realizar el correcto ensalzamiento de los sensores son de calibración. También se buscarán lugares estratégicos como es el caso del escape para la toma de datos como CO2.</p>
	<p>Comparativa de componentes.</p>	<p>Después de tener el ensamblaje correcto de cada una de los sensores se procederá a hacer una comparativa de datos de los sensores como era la toma antes del ensamblado y como era después de este, esto con el fin de determinar si el ensamblado ha sido el correcto, en el caso de que no sea así se procederá a hacer las correcciones correspondientes.</p>	<p>La determinación de este proceso se genera a partir de los datos obtenidos primeramente por los sensores y cómo estos se comportan en el momento de estar ensamblados a el motor.</p>

<p>3. Comparativa de banco de datos y datos obtenidos.</p>	<p>Estudio minucioso de comparativa de datos.</p>	<p>Finalmente, una vez se tenga la calibración correcta de cada uno de sensores a usar lo que se hará es la comparativa de datos con el banco de información de los combustibles generados en las industrias a partir de las fichas técnicas y también de la toma de datos con los sensores, esto con el fin de entrar a la comparación de los combustibles alternativos generados en el laboratorio de química de la Universidad Mariana para determinar la eficiencia con la que estos cuentan actualmente.</p>	<p>Para realizar esta actividad final se tendrá en cuenta el banco de información tomado inicialmente de los combustibles generados en industrias y el que se obtendrá con los sensores de los combustibles alternativos generados en el laboratorio de química de la Universidad Mariana.</p>
--	---	---	--

Una vez se presentaron los estudios y actividades que permitirán la instauración del banco de trabajo, como primer paso, se realizó la selección de un motor que debe cumplir con algunas características que permitieron un trabajo más armonioso y preciso, este es el Kipor KM178F de combustión Diesel con refrigeración por aire, este motor fue facilitado por el coordinador de los laboratorios de Electrónica y Física de la Universidad Mariana sede Alvernia, Ingeniero Martin Moncayo, El motor solicitado es el siguiente:

Figura 12
Motor de trabajo



Nota: La figura indica el motor que fue usado en el proyecto. Fuente: Energen.

Este motor cumple con las siguientes cualidades en diferencia de algunos que primeramente se tuvo en cuenta:

Fiabilidad y Durabilidad: Un motor confiable y duradero es esencial para obtener resultados consistentes a lo largo del tiempo. Si el motor Kipor KM178F tiene una reputación de ser robusto y resistente, podría ser una elección sólida para un estudio de largo plazo.

Precisión en las Mediciones: La precisión en las mediciones es crucial en la investigación. Un motor que ofrece una respuesta precisa y estable, contribuirá a la exactitud de los datos recopilados durante el estudio.

Eficiencia Energética: En algunos casos, se elige un motor por su eficiencia energética. Si el motor Kipor KM178F es conocido por ser eficiente en el uso de combustible, podría ser una elección adecuada para un estudio centrado en la eficiencia de combustibles alternativos.

Compatibilidad con Sensores y Equipamiento de Medición: La facilidad para integrar el motor con los sensores y el equipo de medición es crucial. Si el motor Kipor KM178F es compatible con el conjunto de instrumentos utilizado en el estudio, esto podría simplificar la implementación y la recopilación de datos.

Bajo Mantenimiento: Un motor que requiere un mantenimiento mínimo es preferible, especialmente en entornos de investigación donde se busca minimizar las variables externas. Si el motor Kipor KM178F es conocido por su facilidad de mantenimiento, podría ser una elección conveniente.

Una vez se realizó la entrega del motor por parte de la Universidad Mariana se procedió a confirmar el modelo del motor se tomó una foto que asegure la marca y modelo del motor solicitado:

Figura 13

Modelo del motor de trabajo



Para la elección de los sensores, se llevó a cabo una cuidadosa selección de módulos que permitieran el registro de variables esenciales para definir la eficiencia de los combustibles. Estos sensores, al igual que el motor, fueron adquiridos gracias a la colaboración del Ingeniero Martin Moncayo, coordinador de los laboratorios de Electrónica y Física de la Universidad Mariana sede Alvernia. A continuación, se detallan los sensores solicitados:

- **CO²:** Sensor de dióxido de carbono MG-811 CO², se eligió este tipo de sensor para poder hacer las mediciones correspondientes al CO², que emite el escape del motor tras el uso de un biocombustible o Diesel, la razón de elegir este sensor fue su precisión a la hora de medir en su mayor parte partículas de CO², a diferencia de sus familiares como lo son los MQ,

estos tienen una mayor profundidad y precisión a la hora de medir el dióxido de carbono del ambiente, el sensor es el siguiente:

Figura 14

Sensor de dióxido de carbono MG-811 CO²



Nota: La figura indica el sensor de CO² usado en el proyecto. Fuente: Arduobot Robótica.

Sus características para ser elegido son las siguientes:

- Se basa en el principio de electrolito sólido.
- Muy buena sensibilidad al CO².
- Rango de detección: 350 – 10.000 ppm.
- Consumo 140 ± 20 mA.
- Temperatura de funcionamiento: 20 – 50 °C.
- Baja dependencia de temperatura y humedad.
- Alta estabilidad y repetibilidad.
- Baja sensibilidad a CO y Alcoholes.
- Rapidez de respuesta.

Precisión y Sensibilidad: El MG-811 CO² es conocido por su precisión y sensibilidad en la detección de concentraciones de dióxido de carbono. Esto lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere una medición precisa y confiable de las concentraciones de CO² en el aire.

Rango de Medición: Este sensor ofrece un rango de medición específico para concentraciones de CO². Su capacidad para abarcar un rango amplio puede ser beneficiosa en entornos donde se esperan variaciones significativas en los niveles de CO².

Tecnología de Infrarrojos No Dispersiva (NDIR): El MG-811 CO² utiliza la tecnología NDIR, que es una técnica comúnmente utilizada para medir CO². Esta tecnología es conocida por su alta precisión y estabilidad a lo largo del tiempo.

Bajo Consumo de Energía: Este sensor está diseñado con un bajo consumo de energía, lo que lo hace eficiente en términos de consumo eléctrico. Esto puede ser beneficioso en aplicaciones donde la eficiencia energética es una consideración importante.

Calibración Sencilla: El MG-811 CO² es relativamente fácil de calibrar, lo que facilita su uso y mantenimiento. La calibración regular es esencial para garantizar mediciones precisas y confiables.

Compatibilidad con Interfaces Electrónicas: Este sensor suele ser compatible con interfaces electrónicas comunes, facilitando su integración con sistemas de adquisición de datos y otros equipos de medición.

Durabilidad y Robustez: El MG-811 CO² es conocido por su durabilidad y capacidad para funcionar de manera confiable en diversas condiciones ambientales. Esta robustez es esencial, especialmente en entornos industriales o de investigación.

Disponibilidad y Costo: La disponibilidad y el costo del MG-811 CO² pueden hacerlo más accesible en comparación con otros sensores de CO² con características similares.

- **Temperatura:** Sensor de temperatura RTD pt100 (3 hilos), este sensor tipo termocupla el cual cuenta con sus respectivos 3 hilos los cuales son dos de alimentación y uno de datos, admite una temperatura desde los -100 hasta los 400°C, la razón de el por qué se eligió este tipo de sensor es por la alta tolerancia al calor que tiene y por la alta precisión y aguante a la temperatura emitida por el motor, el sensor que se eligió es el siguiente:

Figura 15

Sensor de temperatura RTD pt100 (3 hilos)



Nota: La figura indica el sensor de temperatura usado en el proyecto. Fuente: Naylamp Mechatronics.

Características por las que se eligió:

- Rango de trabajo: -100°C hasta $+400^{\circ}\text{C}$.
- Conexión: 3 Hilos.
- Longitud de cable: 1m.
- Dimensiones: D5mm x L100mm.
- Diámetro de la rosca: 8mm/0.31".
- Material de sonda: acero inoxidable.
- Resistente al agua (la parte del sensor, no del cable).

Precisión y Estabilidad: La RTD Pt100 es conocida por ofrecer alta precisión en la medición de temperatura, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren resultados confiables y estables. La conexión de 3 hilos ayuda a compensar la resistencia de los cables, mejorando la precisión del sistema.

Compensación de la Resistencia de los Cables: La configuración de 3 hilos de la RTD Pt100 está diseñada para compensar la resistencia inherente de los cables utilizados para conectar el sensor al instrumento de medición. Esto es particularmente importante en aplicaciones donde la longitud de los cables puede afectar la precisión de la medición.

Mayor Exactitud en Distancias Largas: En comparación con la configuración de 2 hilos, la RTD Pt100 de 3 hilos es más adecuada para distancias largas entre el sensor y el dispositivo de

medición. Esto se debe a la capacidad de compensar la resistencia de los cables, lo que minimiza los errores causados por la longitud del cableado.

Menos Sensible a las Variaciones de la Resistencia del Cable: La configuración de 3 hilos es menos sensible a las variaciones en la resistencia del cable en comparación con la configuración de 2 hilos. Esto resulta en mediciones más precisas, especialmente en entornos donde la resistencia del cable puede cambiar debido a condiciones ambientales.

Mayor Inmunidad a Interferencias: Al utilizar tres hilos, se mejora la capacidad del sistema para resistir interferencias externas que podrían afectar las mediciones. Esto hace que la RTD Pt100 de 3 hilos sea más robusta en entornos con ruido eléctrico o interferencias.

Para el control de la termocupla anterior se eligió un controlador de sensor de temperatura: Módulo transmisor RTD PT100 MAX31865, el cual se facilitará el control de dicho sensor de temperatura dándonos un uso en Arduino, ESP32 Raspberry para el monitoreo de señales y control de este, ya que la termocupla lanza señales analógicas este se encarga de convertir estas señales en digitales para que de esta manera se puedan monitorear de una manera más sencilla, el controlador es el siguiente:

Figura 16

Módulo transmisor RTD PT100 MAX31865



Nota: La figura indica el módulo de temperatura usado en el proyecto. Fuente: Electronilab.

Características por las que se eligió:

- Voltaje de operación: 3 - 5VDC.
- Resolución ADC: 15 bits (0.03125°C).

- Precisión: 0.5°C.
- Tiempo de conversión: 21 ms (máx.).
- Interfaz: SPI.
- Posee agujeros para montaje.
- Dimensiones: 28.0*25.3*3.0 mm.

Precisión y Resolución: El MAX31865 está diseñado para ofrecer alta precisión en la medición de temperatura, garantizando resultados confiables y consistentes. Su alta resolución permite capturar variaciones de temperatura muy pequeñas.

Compatibilidad con RTD PT100: Este módulo está específicamente diseñado para trabajar con termorresistencias RTD tipo PT100, proporcionando una interfaz adaptada a las características eléctricas de este tipo de sensores.

Compensación de Cableado: Algunos módulos MAX31865 incluyen funcionalidades de compensación de la resistencia del cableado, similar a la configuración de 3 hilos en una RTD. Esto contribuye a minimizar errores en las mediciones causados por la resistencia inherente de los cables.

Interfaz Digital: El MAX31865 utiliza una interfaz digital, lo que facilita su conexión a microcontroladores y otros dispositivos electrónicos. Esta característica simplifica la integración del módulo en sistemas más amplios.

Calibración Interna: Algunos modelos de MAX31865 incorporan opciones de calibración interna, permitiendo ajustes finos para mantener la precisión del sistema a lo largo del tiempo.

Protecciones Térmicas y Contra Sobre corriente: El MAX31865 suele estar equipado con características de protección térmica y contra sobre corriente, garantizando la seguridad e integridad del sistema en diversas condiciones de operación.

Amplia Rango de Temperatura: Estos módulos a menudo ofrecen un amplio rango de temperatura de operación, haciéndolos versátiles para aplicaciones en una variedad de entornos.

Compatibilidad con Plataformas de Desarrollo: El MAX31865 es compatible con varias plataformas de desarrollo y puede ser fácilmente integrado en proyectos que utilizan microcontroladores populares, como Arduino y Raspberry Pi.

Facilidad de Implementación: La documentación detallada y el soporte técnico disponible para el MAX31865 facilitan su implementación, incluso para aquellos que no tienen experiencia profunda en electrónica.

- **Sensor de rpm:** Tacómetro Electrónico Medidor De Revoluciones por Minuto Rpm Con Sensor de Efecto Hall, este sensor tiene un rango de rpm de 0 a 9999 con el cual se puede registrar el movimiento en el eje central del motor y la frecuencia es de 100 Hz con lo cual se puede dar una mejor medición de rpm y a una precisión a un mayor, la razón de el por qué se eligió este sensor es por la gran precisión que tiene y por el hecho de que medirá las revoluciones que dará el motor en su estado de encendido, también porque al tener el efecto hall las revoluciones se podrán monitorear de una manera más confortable, el sensor es el siguiente:

Figura 17

Tacómetro Electrónico Medidor De Revoluciones por Minuto Rpm Con Sensor de Efecto Hall



Nota: La figura indica el sensor de RPM usado en el proyecto. Fuente: Tienda Qbit.

Características por las que se eligió:

- Requisito de alimentación: CC 8-24V.
- Rango de medida: 10 ~ 9999 RPM.
- Rango de error: 0,1%.
- Borrar cero: Automático.
- Borrar tiempo cero: alrededor de 10 s.
- Frecuencia de actualización: 0,2-0,5 S (120-1200 RPM), 0,25-0,06 S (2400-9999 RPM).
- Frecuencia de respuesta: 100 Hz.
- Indicación de medida: (RPM menos de 5000, ± 2), (RPM más de 5000, ± 3).
- Letrero: NPN 5 hilos normalmente abiertos.
- Pantalla: LED de 5 x 2 cm.
- Rango de detección: 1 mm-10 mm.
- Corriente de salida de proximidad: 20mA (para el sensor).
- Temperatura de funcionamiento: -10 a 50 Celsius.

Principio de Funcionamiento con Efecto Hall: Este tacómetro utiliza un sensor de efecto Hall para detectar la presencia de campos magnéticos generados por elementos en rotación. Esta tecnología ofrece una detección confiable y sin contacto, lo que resulta en mediciones precisas y una larga vida útil.

Sin Contacto Mecánico: Dado que opera sin contacto físico con el objeto en movimiento, el tacómetro con efecto Hall evita el desgaste y la fricción, contribuyendo a una mayor durabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo.

Amplio Rango de RPM: Estos tacómetros suelen tener un amplio rango de medición de RPM, lo que los hace versátiles para una variedad de aplicaciones que van desde velocidades bajas hasta altas.

Respuesta Rápida: La tecnología de efecto Hall permite una respuesta rápida a cambios en la velocidad, lo que es esencial en aplicaciones donde se requiere una medición precisa de RPM en tiempo real.

Fácil Instalación: La instalación del sensor de efecto Hall es generalmente sencilla, y la falta de piezas móviles facilita la integración en diferentes sistemas sin la necesidad de ajustes mecánicos complejos.

Pantalla Digital: Muchos modelos de tacómetros electrónicos incluyen una pantalla digital que muestra la velocidad de rotación de manera clara y legible. Esto facilita la lectura y monitorización de las RPM en tiempo real.

Bajo Consumo de Energía: Estos tacómetros suelen ser eficientes en cuanto al consumo de energía, lo que es beneficioso para aplicaciones donde la eficiencia energética es una consideración importante.

Compatibilidad con Diferentes Aplicaciones: Dada su versatilidad, los tacómetros electrónicos con sensor de efecto Hall son compatibles con una variedad de aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta proyectos de bricolaje.

Protección contra sobretensiones: Algunos modelos incorporan protección contra sobretensiones, lo que contribuye a la durabilidad del tacómetro y protege contra posibles daños causados por fluctuaciones en el suministro eléctrico.

Por otro lado, también se hizo un estudio de cálculos para la medición de la eficiencia para generar las fichas de información para el banco de trabajo.

Desarrollo de una Ecuación Integral propuesta para Evaluar la Eficiencia del Combustible.

La ecuación propuesta para calcular la eficiencia del combustible se formuló de la siguiente manera:

$$Eficiencia\ de\ combustible(\%) = 100 \times \frac{temperatura\ generada}{RPM \times Emisiones\ de\ CO_2}$$

Para que se pueda entender un poco más esta ecuación explicaremos brevemente por qué la elección de cada variable:

Temperatura generada: La temperatura generada durante el proceso de combustión del motor se considera un indicador de la eficiencia de la combustión. Una temperatura más alta sugiere una combustión más completa del combustible, lo que se traduce en una mayor eficiencia del motor.

RPM (Revoluciones por minuto): Las RPM del motor son un indicador clave del rendimiento del motor. Mientras más RPM, más actividad tiene el motor y, potencialmente, más combustible consume. Sin embargo, en algunos casos, RPM más altas pueden estar asociadas con un funcionamiento más eficiente del motor, especialmente en condiciones de alta demanda de potencia.

Emisiones de CO²: Las emisiones de dióxido de carbono (CO²) se utilizan como un indicador indirecto de la eficiencia de la combustión. Menos emisiones de CO² sugieren una combustión más eficiente del combustible.

En conclusión, una mayor temperatura generada en relación con las RPM y las emisiones de CO² resultará en una mayor eficiencia del combustible, ya que indica una combustión más completa y eficiente del combustible.

Algo a tener en cuenta es la importancia de que esta ecuación es una simplificación y una aproximación, y puede requerir ajustes adicionales o refinamientos según las características específicas del motor y las condiciones de operación.

Con la anterior ecuación y con algunos datos que se tuvieron en cuenta podemos decir que un combustible es eficiente o ineficiente cuando:

Eficiente: Un combustible se considera eficiente si tiene una alta eficiencia de conversión de energía y produce bajas emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes. Un combustible con una eficiencia del 30% o más podría considerarse eficiente, especialmente si cumple con los estándares de emisiones y proporciona un buen rendimiento en términos de potencia y economía de combustible.

Poco eficiente: Un combustible se considera poco eficiente si tiene una eficiencia de conversión de energía moderada, pero aun así cumple con los estándares de emisiones y proporciona un rendimiento aceptable en términos de potencia y economía de combustible. Un combustible con una eficiencia del 20% al 30% podría considerarse poco eficiente, aunque esto puede variar según el contexto y las expectativas del mercado.

Nada eficiente: Un combustible se considera nada eficiente si tiene una eficiencia de conversión de energía baja y produce altas emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes. También podría considerarse nada eficiente si no cumple con los estándares de emisiones o si proporciona un rendimiento deficiente en términos de potencia y economía de combustible. Un combustible con una eficiencia por debajo del 20% podría considerarse nada eficiente, aunque nuevamente, esto puede variar dependiendo del contexto y las expectativas del mercado.

Un ejemplo teórico de esta ecuación con unos datos sin relevancia se puede ver a continuación:

- Temperatura generada: 900 grados Celsius
- RPM del motor: 3000 RPM
- Emisiones de CO²: 250 ppm (partes por millón)

Sustituyendo estos valores en la ecuación, obtenemos:

$$\textit{Eficiencia de combustible} = 100 \times \frac{900}{300 \times 250}$$

$$\textit{Eficiencia de combustible} = 100 \times \frac{900}{750000} = 0.0012$$

$$\textit{Eficiencia de combustible} = 100 \times 0.0012 = 0.12\%$$

En este ejemplo hipotético, la eficiencia del combustible sería del 0.12%. Esto indica que, dadas las condiciones operativas y las características del combustible, solo el 0.12% de la energía liberada durante la combustión se convierte efectivamente en trabajo útil en el motor, mientras que el resto se disipa en forma de calor o se convierte en emisiones de gases de escape.

Pruebas de calibración de sensores y equipos de medición.

En la búsqueda constante de mejorar el rendimiento de los motores y reducir su impacto ambiental, la evaluación de la eficiencia de los combustibles juega un papel crucial. La eficiencia de un motor no solo se relaciona con su capacidad para convertir la energía del combustible en trabajo útil, sino también con el impacto ambiental de sus emisiones. En este contexto, el análisis integrado de factores como la temperatura del motor, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y las revoluciones por minuto (RPM) proporciona una perspectiva amplia para comprender y mejorar el desempeño de los motores. A continuación, se describen los pasos clave seguidos para calcular la eficiencia de un combustible, considerando aspectos mecánicos y ambientales, y cómo estos datos pueden ofrecer información valiosa sobre la eficacia del motor en términos de rendimiento y sostenibilidad. Desde la medición de la temperatura hasta el análisis de emisiones, se abordará cada paso de este proceso integral con el objetivo de ofrecer una visión completa de la eficiencia del combustible en motores.

Figura 18
Mediciones a una moto y un motor Diesel



Figura 19
Mediciones a un bus de combustión Diesel



Estos datos fueron tomados para la verificación de la calibración de este dispositivo.

Para la medición de temperatura del motor se llevó a cabo mediante el uso de un instrumento de medición de temperatura y un sensor especializado. Estas mediciones se tomaron en un punto específico del motor, el cual fue identificado como el más eficaz para determinar la temperatura de trabajo potencial del motor. Este enfoque permitió obtener una imagen más integral y precisa de las condiciones térmicas del motor.

El proceso inicial se llevó a cabo utilizando un Termómetro infrarrojo PCE-889B, el cual fue posicionado en un soporte metálico para garantizar una medición más precisa de la temperatura. Este dispositivo se ubicó específicamente en la región del cuerpo del escape. Después de seleccionar el punto de medición para la temperatura, se realizaron aproximadamente ocho mediciones, las cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 5.
Temperatura vs Tiempo

Medición	Tiempo (Min)	Temperatura ambiente	Temperatura del motor
1	2:50	18,3 C°	110,2 C°
2	2:50	18,3 C°	108,6 C°
3	2:50	18,3 C°	120,4 C°
4	2:50	18,3 C°	108,6 C°
5	1:30	21,3 C°	124,6 C°
6	1:30	21,3 C°	115,3 C°
7	1:30	21,3 C°	113,7 C°
8	1:30	21,3 C°	126,2 C°

Al analizar estos resultados, se identificó un factor crucial que incide moderadamente en las mediciones: la temperatura ambiente durante las operaciones. Se observa que la temperatura del motor aumenta significativamente en condiciones de altas temperaturas ambientales, mientras que, en condiciones más frescas, dicho incremento es menos pronunciado. En cuanto al factor tiempo, se determinó que su impacto es directamente proporcional a la carga de trabajo del motor. En otras palabras, a medida que el motor opera durante periodos más extensos, la temperatura tiende a aumentar hasta alcanzar un punto de equilibrio térmico.

Con lo anterior mencionado se anexaron pruebas del proceso que se realizó para tener una idea más clara de los resultados obtenidos en la tabla:

Figura 20
Datos del ambiente



Figura 21
Temperatura con pistola de calor

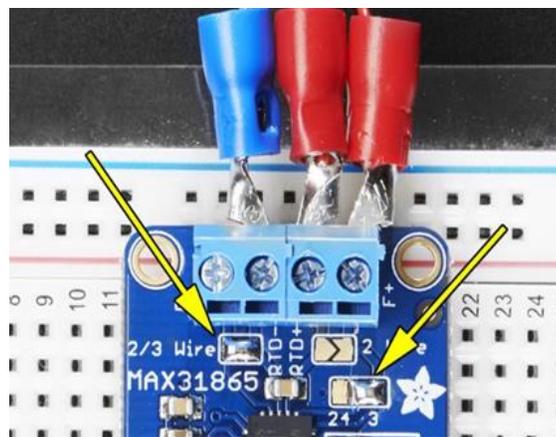


El último paso llevado a cabo para concluir la medición de temperatura en el motor implicó el uso de un sensor específico: un Sensor de temperatura RTD Pt100 (3 hilos). Este tipo de sensor termopar está configurado con tres hilos, dos para alimentación y uno para la transmisión de datos, este tiene la capacidad de medir temperaturas en un rango desde -100°C hasta 400°C. La elección

de este sensor se basa en su alta precisión y capacidad para soportar las temperaturas generadas por el motor. Se seleccionó el Módulo transmisor RTD PT100 MAX31865 como controlador de temperatura. Este dispositivo facilita el control del sensor de temperatura, ofreciendo compatibilidad con plataformas como Arduino, ESP32 o Raspberry para la supervisión de señales y su control. Dado que la termocupla emite señales analógicas, este controlador desempeña la función crucial de convertirlas en señales digitales, simplificando así su monitorización.

Con base en la información proporcionada anteriormente, se procedió a realizar las conexiones necesarias para el sensor de temperatura y su configuración correspondiente. En primer lugar, para la conexión del sensor de 3 hilos, se consideró esencial conectar los tres cables en la sección derecha de los contactos. Utilizando un multímetro, se identificaron los cables directos y aquellos que se conectaron a través del RTD, como se ilustra a continuación:

Figura 2.
Montaje termocupla



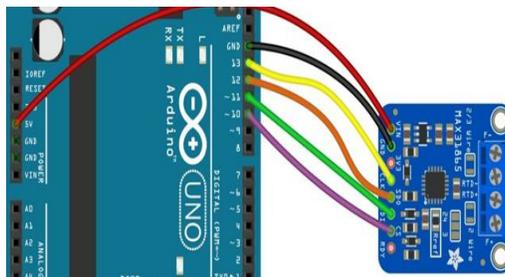
Nota: La figura indica las modificaciones que se usaron para el módulo de temperatura. Fuente: Manual Adafruit MAX31865.

Después de establecer las conexiones individuales para cada uno de los hilos, se procedió con la alimentación. Para realizar una prueba inicial y verificar su calibración adecuada, se optó por

utilizar un Arduino, que posteriormente fue reemplazado por un ESP-32. En la siguiente imagen, se pueden observar las conexiones utilizadas:

Figura 23

Montaje módulo

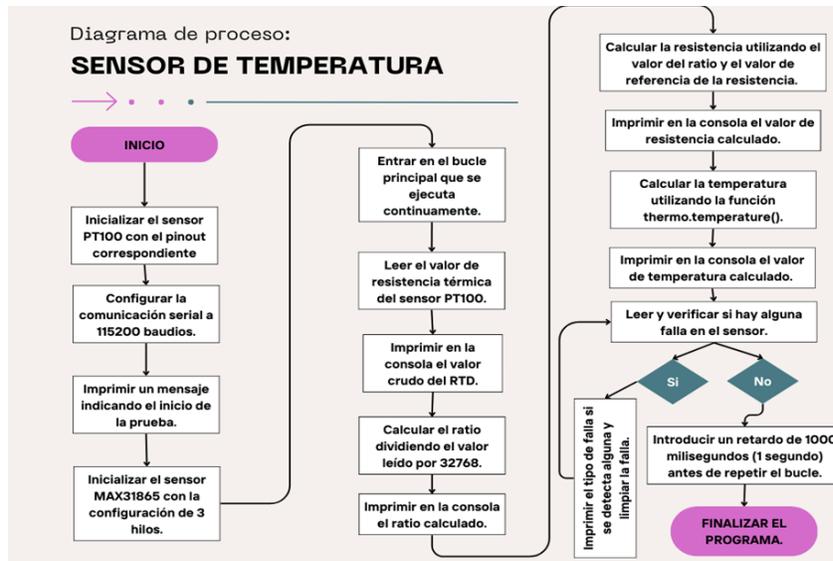


Nota: La figura indica las conexiones que se usaron para el módulo de temperatura. Fuente: Manual Adafruit MAX31865.

Finalmente, en el proceso de codificación, se requirió la inclusión y utilización de la biblioteca Adafruit MAX31865. Esta biblioteca fue esencial para iniciar la lectura de datos del sensor. Para proporcionar una comprensión visual de su funcionamiento, se creó el siguiente diagrama de flujo:

Figura 24

Esquemático



Con lo anterior, se generó la siguiente representación visual del comportamiento de este código en el sensor de temperatura:

Figura 25
Código termocupla

```

Adafruit MAX31865 PT100 Sensor Test!
RTD value: 8336
Ratio = 0.25439453
Resistance = 109.38964843
Temperature = 24.08

RTD value: 8341
Ratio = 0.25454711
Resistance = 109.45526123
Temperature = 24.31

RTD value: 8357
Ratio = 0.25503540
Resistance = 109.66522216
Temperature = 24.99

RTD value: 8395
Ratio = 0.25619506
Resistance = 110.16387939
Temperature = 26.17

RTD value: 8431
Ratio = 0.25728370
Resistance = 110.63629150
Temperature = 27.43
  
```

Nota: La figura la biblioteca de prueba de codificación que se usaron para el módulo de temperatura. Fuente: Manual Adafruit MAX31865.

Para la evaluación del contenido de CO², se enfocó en el análisis del escape, dado que la concentración de gases emitidos es más elevada en esta área. Al igual que en la medición de

temperatura, se empleó un instrumento de medición de CO² y un sensor especializado. Estos elementos se colocaron en el tubo de escape del motor, ya que las mediciones resultaron más precisas en este punto. No obstante, se consideraron algunos factores que podrían influir en la medición, como se discutirá más adelante.

Se utilizó un medidor digital de nivel de CO² con termómetro, específicamente el modelo GC-2028 de Meter. Este dispositivo tiene un rango de medición de 0 a 4000 ppm para el CO², con una resolución de 1 ppm y una precisión de +/- 40 ppm. Además, mide la temperatura con un rango de 0 a 50 °C, una resolución de 0.1 °C y una precisión del 0.8%. Se llevaron a cabo aproximadamente ocho pruebas, considerando la variación de la temperatura ambiente, también se utilizó un soporte metálico para que la medición fuera más exacta. Los valores registrados en estas pruebas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6
CO² vs Tiempo

Medición	Tiempo (Min)	Temperatura ambiente	Temperatura escape del motor	CO2 (PPM)
1	2:50	18,3 C°	54,8 C°	8642 PPM
2	2:50	18,3 C°	56,7 C°	5906 PPM
3	2:50	18,3 C°	56,2 C°	7823 PPM
4	2:50	18,3 C°	57,7 C°	3936 PPM
5	1:30	21,3 C°	39,6 C°	6810 PPM
6	1:30	21,3 C°	39,1 C°	6910 PPM
7	1:30	21,3 C°	38,5 C°	6693 PPM
8	1:30	21,3 C°	48,7 C°	7558 PPM

A partir de la tabla obtenida y las pruebas realizadas, se pudieron inferir aspectos cruciales a tener en cuenta. En primer lugar, se exploraron dos intervalos de tiempo. Se observó que llevar un tiempo de 2:50 minutos generaba una saturación excesiva en el equipo, resultando en datos considerablemente alejados de los esperados. En consecuencia, se determinó un punto medio de medición, estableciendo un tiempo de medición de 1:30 minutos. Este intervalo permite que el equipo se estabilice y genere lecturas más precisas para cada medición deseada.

Adicionalmente, se encontró que la temperatura ambiente no influye significativamente en la obtención de resultados. Solo se observaron variaciones menores en las mediciones cuando se registraba una gran cantidad de viento. Esta circunstancia podría afectar la capacidad del dispositivo para captar la cantidad adecuada de gases, generando mediciones menos precisas en tales condiciones. Con lo anterior se anexa evidencias del proceso de medición que se llevó a cabo:

Figura 26
Sensor de CO²



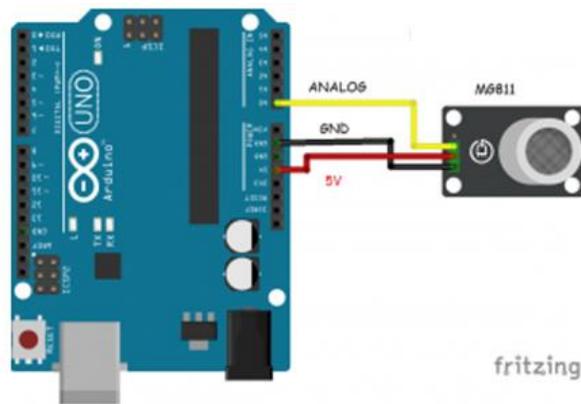
Figura 27
Sensor de CO²



Para el sensor se optó por emplear el Sensor de dióxido de carbono MG811 CO² para llevar a cabo las mediciones correspondientes del CO² emitido por el escape del motor, ya sea tras el uso de un biocombustible o diésel. La elección de este sensor se fundamentó en su destacada precisión al medir predominantemente partículas de CO². A diferencia de sus homólogos, como los sensores MQ, el MG-811 exhibe una mayor profundidad y precisión al medir el dióxido de carbono ambiental.

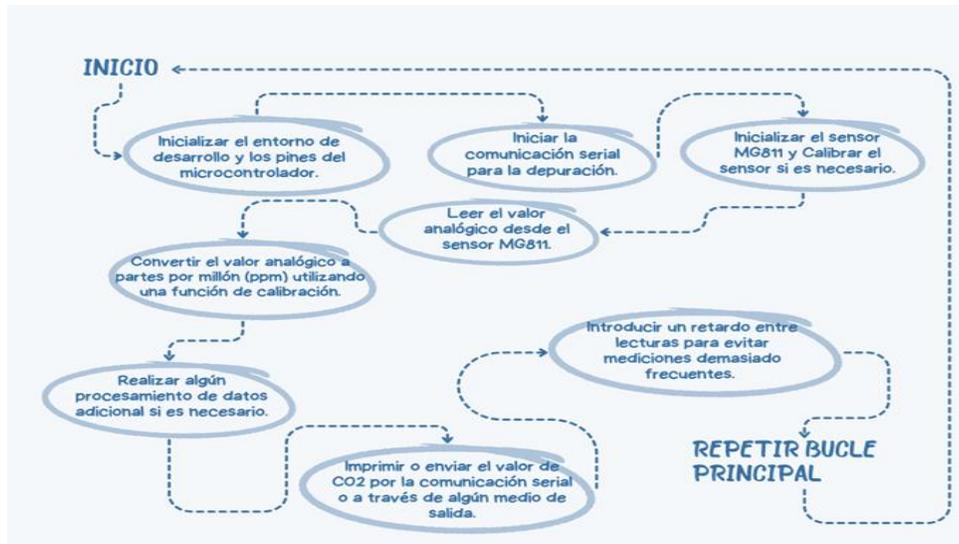
A continuación, se presentarán las conexiones empleadas para llevar a cabo pruebas preliminares con el sensor y el código utilizado para asegurar una calibración adecuada del mismo. Siguiendo una metodología similar a la utilizada para el sensor de temperatura, se realizaron las primeras pruebas en un Arduino para luego migrar hacia una configuración final en un ESP-32. La imagen que se verá a continuación es de las conexiones que se realizaron para este sensor:

Figura 28
Sensor de CO²



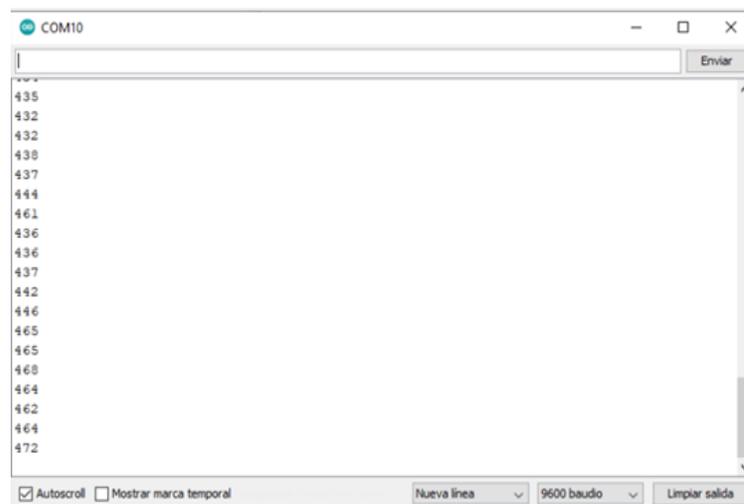
Una vez establecidas las conexiones del sensor, se procedió a implementar el código encargado de la lectura del CO² total emitido por el motor. El siguiente diagrama de flujo ilustra el proceso realizado por este código:

Figura 29
Esquemático



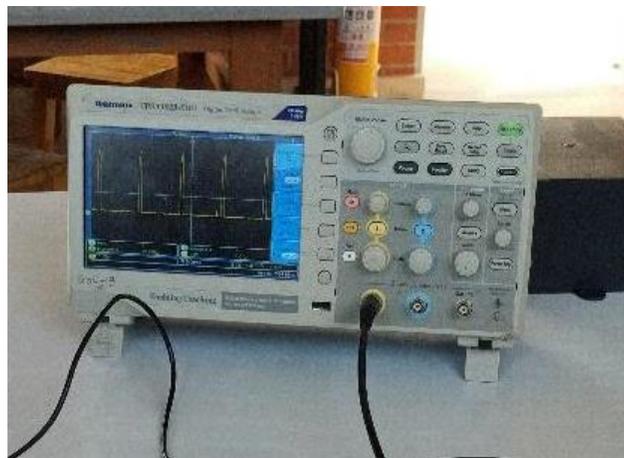
Finalmente, con lo anterior se es posible visualizar lo siguiente:

Figura 30
Medición sensor CO²



Para el registro de RPM se empleó un tacómetro para medir las revoluciones por minuto (RPM) del motor. Estas mediciones se llevaron a cabo en diversas condiciones de funcionamiento, considerando que las RPM pueden variar según la velocidad del motor. El proceso que se siguió para saber si el sensor cumplía y se adapta a las condiciones que se necesitaban se revisó mediante un osciloscopio, en el cual se midió los pulsos de entrada del sensor los cuales formaron una onda cuadrada perfecta como se puede ver a continuación:

Figura 31
Medición sensor RPM



El sensor de RPM, también conocido como Tacómetro Electrónico Medidor de Revoluciones por Minuto con Sensor de Efecto Hall, cuenta con un rango de RPM de 0 a 9999, lo que permite registrar el movimiento en el eje central del motor. La frecuencia es de 100 Hz, proporcionando una medición más precisa de las RPM con una mayor exactitud. La elección de este sensor se basa en su notable precisión y en su capacidad para medir las revoluciones del motor durante su estado de encendido. Además, la presencia del efecto Hall facilita el monitoreo cómodo y preciso de las RPM.

El código final para la medición de los sensores fue colocado en anexos para una mejor comprensión de cada una de las líneas del código en vista que fue algo extensa la calibración de cada uno de ellos.

Para finalizar este objetivo, para el sensor de temperatura se hizo un estudio de zona para determinar la más adecuada para la medición. Esta se realizó en la parte inicial del escape donde se alcanza la mayor temperatura en el motor, como se pudo ver en las siguientes imágenes la zona más adecuada fue el cuadrante 4 el cual se ubica en la zona inferior derecha en videos anexados se puede visualizar un poco mejor este proceso:

Figura 32
Medición de zona



Para el de CO^2 y RPM las zonas que se escogieron fueron más sencillas en vista que el escape fue la zona más adecuada para CO^2 y para RPM el eje del motor fue el más adecuado para estas mediciones.

2.1.2. Resultados Objetivo 2

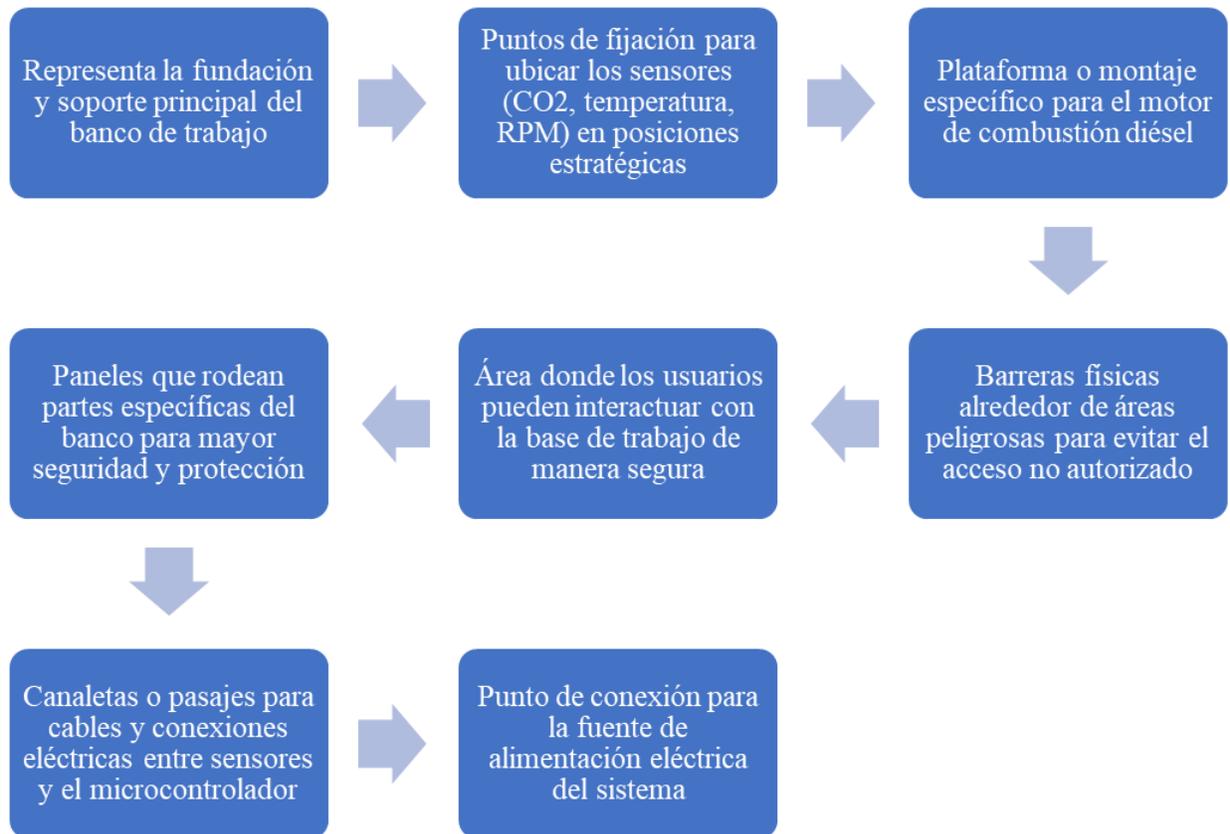
Diseñar el prototipo que permita evaluar las variables como temperatura, RPM y CO^2 que existen en un motor Diesel:

En el contexto de la investigación y desarrollo en ingeniería mecánica, la evaluación exhaustiva de variables cruciales como la temperatura, las revoluciones por minuto (RPM) y la concentración de dióxido de carbono (CO²) en motores Diesel representa un desafío esencial. Se propone diseñar un prototipo integral que permita la medición precisa y simultánea de estas variables, brindando una herramienta avanzada para la optimización del proceso de medición de eficiencia de los combustibles tradicionales y biocombustibles.

La metodología propuesta aborda la complejidad de las mediciones en motores Diesel mediante la integración de tecnologías de vanguardia, tales como sensores especializados y sistemas de adquisición de datos. Este enfoque no solo contribuirá a la generación de datos confiables para la investigación, sino que también sentará las bases para la implementación de prácticas de ingeniería más precisas y eficientes.

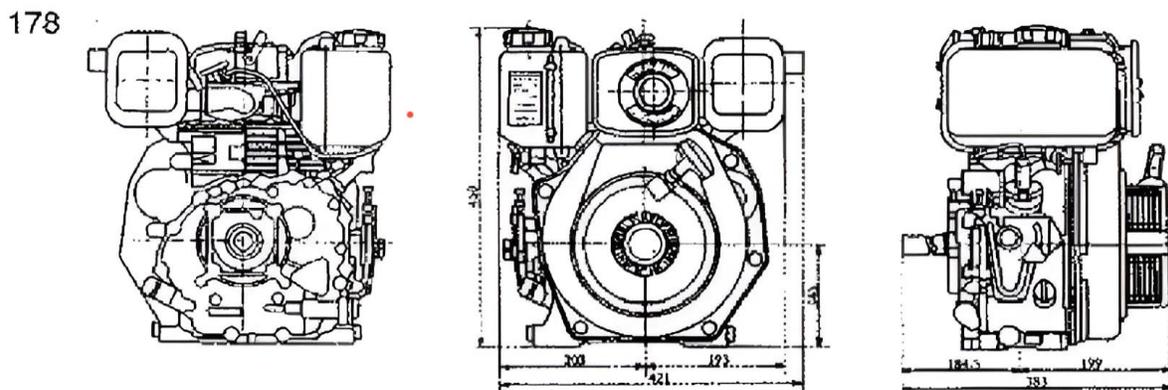
A continuación, se llevará a cabo la conceptualización y diseño preliminar del prototipo propuesto, destacando su potencial para proporcionar datos detallados y en tiempo real. Además, se explorará el diagrama que se propuso para el diseño mecánico de este banco de trabajo:

Figura 33
Diagrama de diseño mecánico



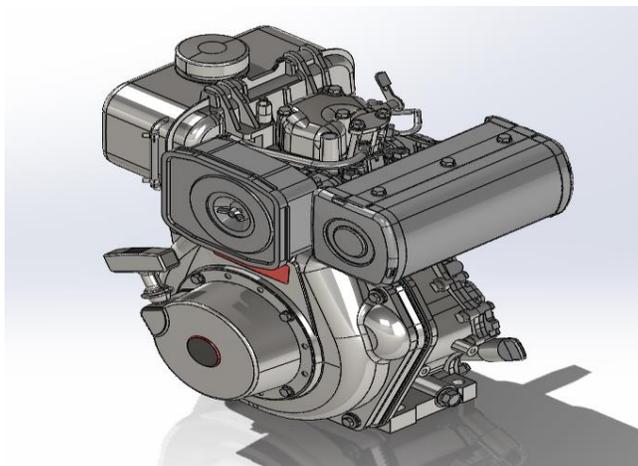
Para el desarrollo de este objetivo se logró avanzar en cuanto al diseño estructural y acople del motor mediante el diseño de un boceto que fue escalado en Solid Works, para realizarlo en esta aplicación era necesario la entrega del motor para tomar mediciones exactas de este dispositivo y poder tener un buen diseño del acople estructural del banco de trabajo. Cabe resaltar que ya se han escogido algunos acoples, pero aún faltaba definir bien que dimensionamiento tendría el motor, esto ya se está estudiando y se tendrán pronto resultados si el acople que se escogió fue el correcto, a continuación, se podrá visualizar los diseños de bocetos de la estructura:

Figura 34
Motor Kipor 178F



Con el fin de alcanzar un rendimiento óptimo del banco de trabajo, resulta imperativo adquirir un conocimiento detallado de su núcleo. En este contexto, se ha identificado un manual en formato PDF que detalla minuciosamente las especificaciones del motor. Este manual proporciona un desglose exhaustivo del motor, permitiéndonos comprender su funcionamiento, las partes involucradas y cómo asegurar su correcto rendimiento. Además, para facilitar la comprensión, se ha obtenido el diseño correspondiente en SolidWorks, ofreciendo una visualización integral del motor que posibilita la realización de estudios y simulaciones detalladas. A continuación, se presenta el diseño del motor:

Figura 35
Diseño en SolidWorks de motor Kipor 178F



Mediante la simulación en SolidWorks, se logra diseñar la estructura que albergará tanto el motor como sus componentes electrónicos, garantizando así el eficiente funcionamiento del banco al momento de recopilar datos. Se ha propuesto una estructura adicional que contendrá en su exterior al motor. Esta estructura está concebida para albergar el motor y, al mismo tiempo, mantener alejadas a las personas que manipulan el banco de trabajo, creando así un entorno de trabajo seguro. El diseño de la estructura se ha realizado en SolidWorks de la siguiente manera:

Figura 36
Diseño en SolidWorks de la estructura



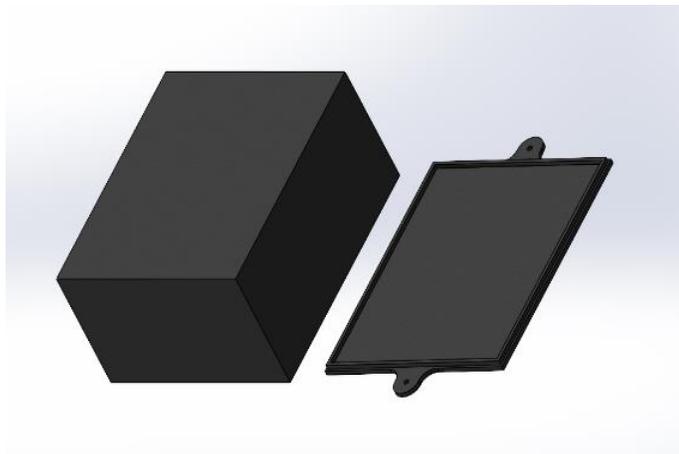
Para las pruebas preliminares del motor, este se ancló a una base de madera para poder encenderlo en primera instancia de tal manera que el motor quedó anclado a dicha base con unos tornillos de sujeción y quedó de la siguiente manera:

Figura 37
Anclaje del motor



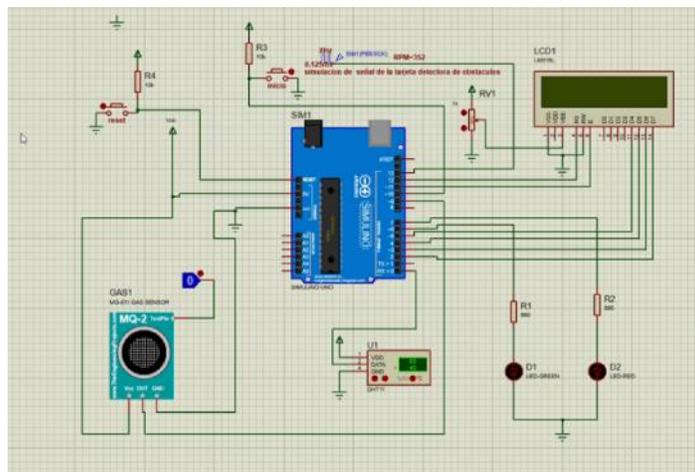
Con el diseño de la estructura en SolidWorks se generó una caja de control en la cual se podrán implementar y ajustar a medida los sensores:

Figura 38
Diseño de caja de control



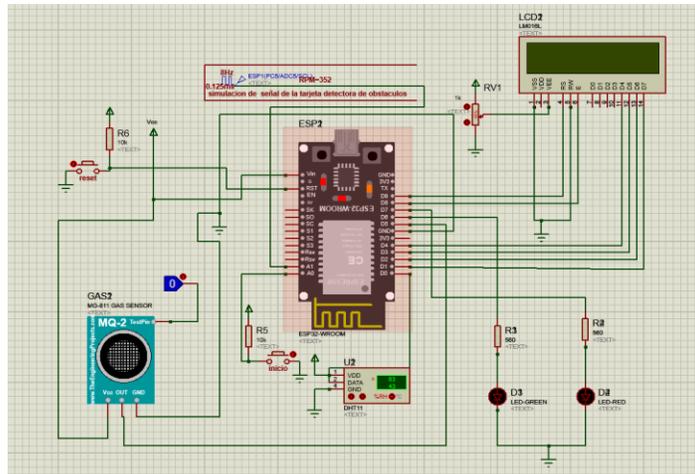
Con el diseño de la caja de control procedió a generar dos diseños tentativos en Proteus 8 para el control de los sensores el cual permitirá tener un orden de lectura y permitirá generar la ubicación correcta de cada uno de estos, el primer diseño fue generado en Arduino como se puede ver a continuación:

Figura 39
Diseño de circuito en Arduino



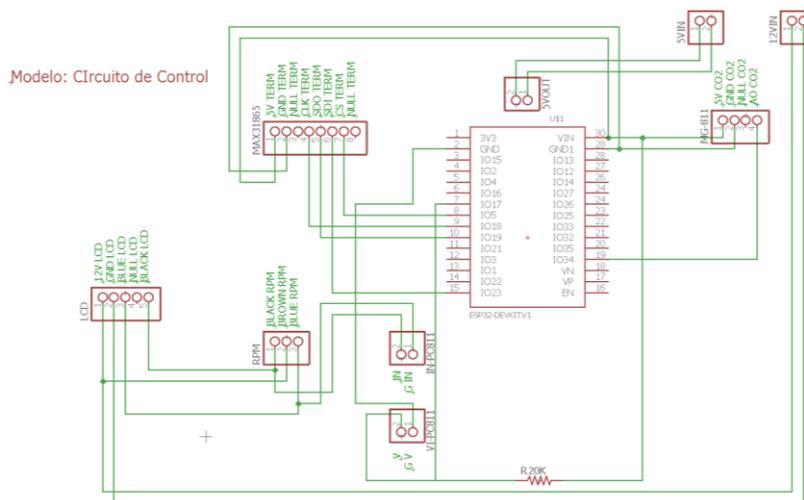
Este diseño inicial se realizó con el fin de hacer la calibración del sensor de CO2 en vista que hay algunas ocasiones que las librerías de Arduino no sean leídas por el ESP32 la cual fue el microcontrolador más completo para este proyecto, a continuación, se mostrará la simulación que se realizó con el ESP32 que, aunque no es la final ayudó como punto de partida para el esquemático final de conexiones:

Figura 40
 Diseño de circuito en ESP32



Finalmente, el diseño que se logró obtener fue un circuito más eficiente y ordenado el cual fue generado directamente en el programa EAGLE para poder concebir la impresión de la tarjeta electrónica para los sensores y la alimentación de estos, en la siguiente imagen se evidencia como queda finalmente:

Figura 41
 Diseño de circuito en EAGLE



2.1.3. Resultados Objetivo 3

Construir el prototipo que permite medir las variables como temperatura, RPM y CO₂ en un motor Diesel:

Teniendo la información anterior en cuenta y la revisión que se realizó a los sensores para su calibración, se procedió a construir la estructura, a adecuar los acoples para los sensores en la estructura y en el motor.

Del anclaje inicial en madera que tenía el motor, se buscó una forma de generar una estructura más sólida para el motor y cómoda para el uso de los estudiantes, esta estructura fue realizada mediante la restauración y modificación de una base encontrada en las instalaciones de la universidad a continuación se mostrará el proceso que se llevó a cabo:

Figura 42

Elaboración de estructura



(a) Estructura inicial



(b) Corte de la estructura



(c) acople de estructura

Una vez se tuvo la estructura del motor se realizó dos acoples al motor para que los sensores tuvieran una mayor estabilidad y precisión para tomar los datos, para el sensor de CO₂ se realizó un acople tipo L con una inclinación de 90° para que este no tuviera sobre saturación del gas expulsado y para el de RPM se realizó el acople de una varilla la cual fue modificada en tipo U

para que el sensor midiera de forma más fácil y estable, a continuación, se mostrará como fue este proceso:

Figura 43
Acoples para sensores



(a) Acople sensor CO2



(b) Acople sensor RPM

Para el circuito eléctrico con el diseño que se generó en EAGLE se realizó la fabricación en PCB esto se logró mediante ProtoMat una máquina encargada de fabricar PCB, la cual permite generar tarjetas electrónicas más pulidas y perfectas para generar una mayor conexión y protección electrónica a continuación se mostrará mediante fotografías como fue realizado este proceso:

Figura 44
Fabricación de PCB



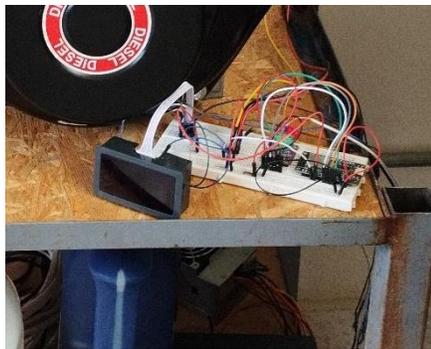
(a) proceso de elaboración



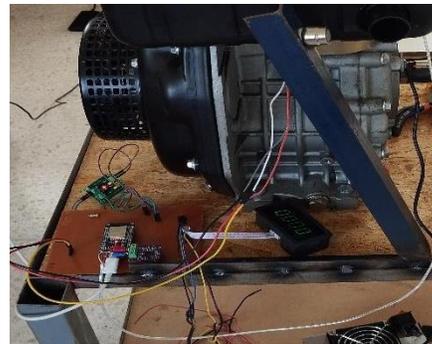
(b) resultado final de tarjeta

Para el diseño del circuito físico se realizó dos, en primera instancia por pruebas de calibración y por medición de cableado para el acople de los sensores, como se puede ver a continuación uno de ellos se realizó por medio de protoboard y el final mediante el PCB anteriormente visto, se realizó la soldadura de los sensores y adicionalmente se soldó una fuente de poder que alimentó la parte electrónica del proyecto:

Figura 45
Circuitos eléctricos de los sensores



(a) Circuito inicial protoboard



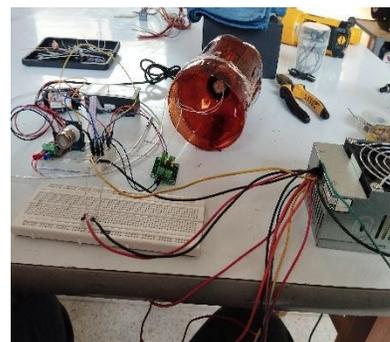
(b) Circuito final PCB

La fuente para la alimentación de esta tarjeta electrónica fue modificada de una torre de computadora, de esta se sacó la alimentación de 12v, 5v y GND respectivamente mediante las siguientes imágenes se evidenciará el proceso realizado:

Figura 46
Fuente de alimentación



(a) Modificación de la fuente



(b) Después de la modificación

Para finalizar este objetivo se indicará como quedo la construcción del banco de trabajo, con el acople de los sensores mediante protoboard y el diseño final que fue el PCB, en las siguientes imágenes se puede visualizar como quedó todo este proceso:

Figura 47
Banco de trabajo



(a) Banco de trabajo con protoboard



(b) Banco de trabajo con PCB

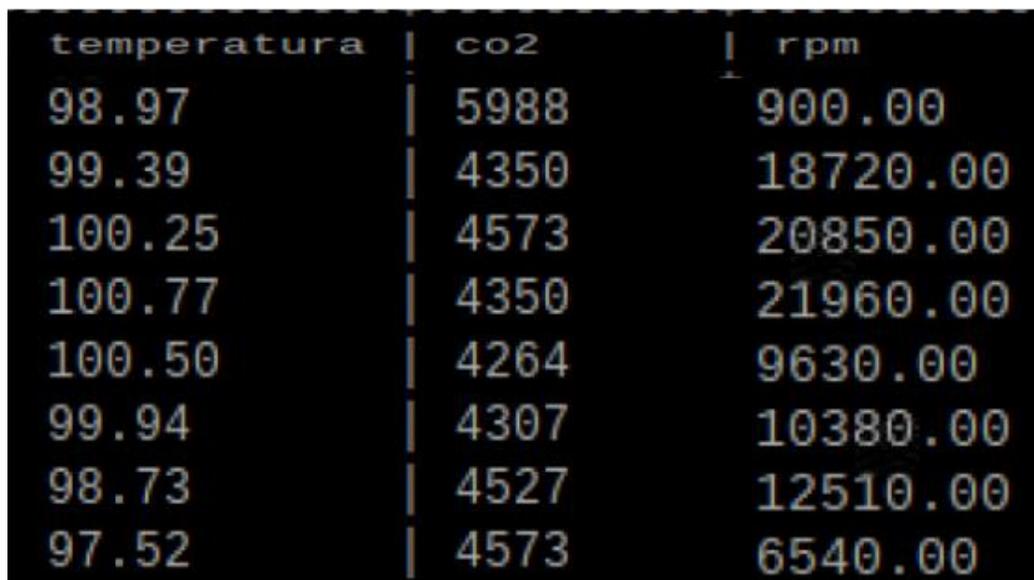
2.1.4. Resultados Objetivo 4

Validar el prototipo mediante pruebas hechas con combustibles tradicionales:

Como objetivo final de este trabajo de grado se validó el prototipo del banco de trabajo diseñado para medir la eficiencia de combustibles. La validación de este prototipo es un paso crucial en el proceso de desarrollo, ya que garantiza su precisión y confiabilidad antes de su implementación en aplicaciones prácticas. En esta etapa, se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar la capacidad del banco de trabajo para medir con precisión variables clave como la temperatura, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y las revoluciones por minuto (RPM).

En esta validación, se emplearon dos combustibles de marcas reconocidas: Terpel y Primax. Los resultados obtenidos fueron almacenados en una base de datos utilizando una Raspberry Pi 3, que mantenía una comunicación en tiempo real con la ESP32. Además, se realizó la graficación de los datos para facilitar la observación de las variaciones de los sensores a continuación se muestran algunos de los valores almacenados:

Figura 48
Base de datos

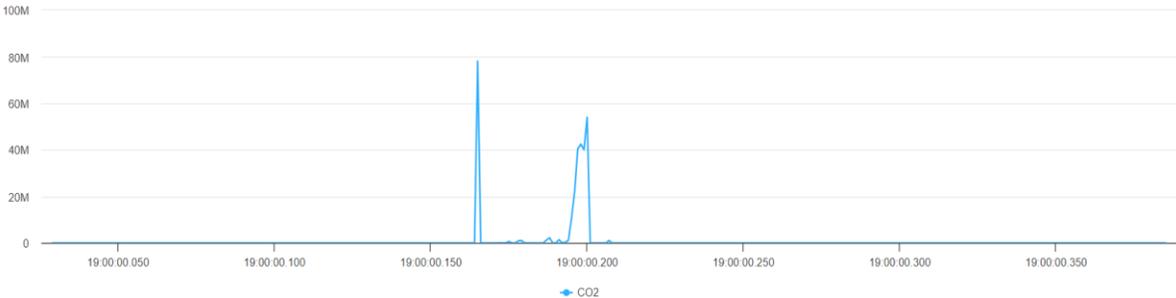


temperatura	co2	rpm
98.97	5988	900.00
99.39	4350	18720.00
100.25	4573	20850.00
100.77	4350	21960.00
100.50	4264	9630.00
99.94	4307	10380.00
98.73	4527	12510.00
97.52	4573	6540.00

Cada una de estas variables fue graficada de manera individual para lograr una lectura más precisa como se puede visualizar a continuación:

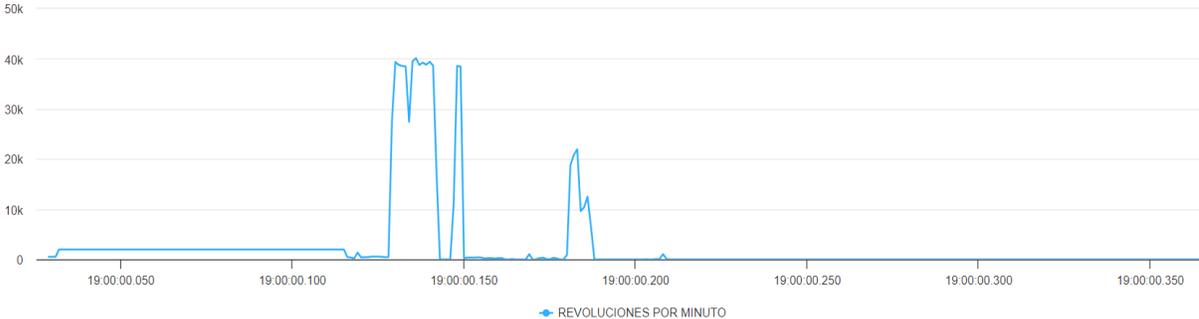
CO²:

Figura 49
Gráfica CO2



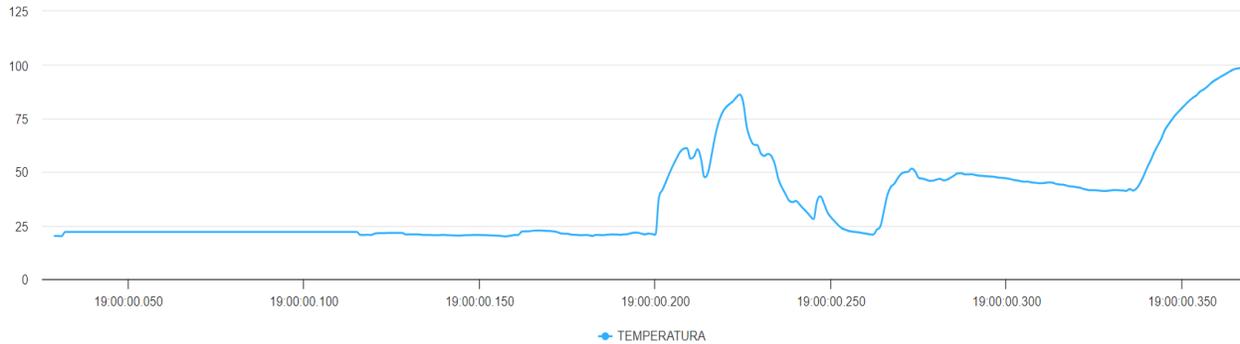
RPM:

Figura 50
Gráfica RPM



Temperatura:

Figura 51
Gráfica temperatura



Con los datos que se obtuvieron se pudo realizar la medición de la eficiencia mediante la ecuación antes vista dándonos en este caso los siguientes resultados:

- Temperatura generada: 98.97 grados Celsius.
- RPM del motor: 900 RPM.
- Emisiones de CO2: 5988 ppm (partes por millón).

Sustituyendo estos valores en la ecuación, obtenemos:

$$\text{Eficiencia de combustible} = \frac{98.97}{900 \times 5988}$$

$$\text{Eficiencia de combustible} = \frac{98,97}{5389200} = 0.0012$$

$$\text{Eficiencia de combustible} = 0.000018 \times 100 = 0.0018\%$$

La eficiencia del combustible sería del 0.0018%. Esto indica que, dadas las condiciones operativas y las características del combustible, solo el 0.0018% de la energía liberada durante la combustión se convierte efectivamente en trabajo útil en el motor, mientras que el resto se convierte en emisiones de gases de escape las cuales son altamente contaminantes al ambiente.

Para la rectificación de estos datos se hizo una comparativa con los dispositivos de validación interna como se puede visualizar en las presentes imágenes:

CO²:

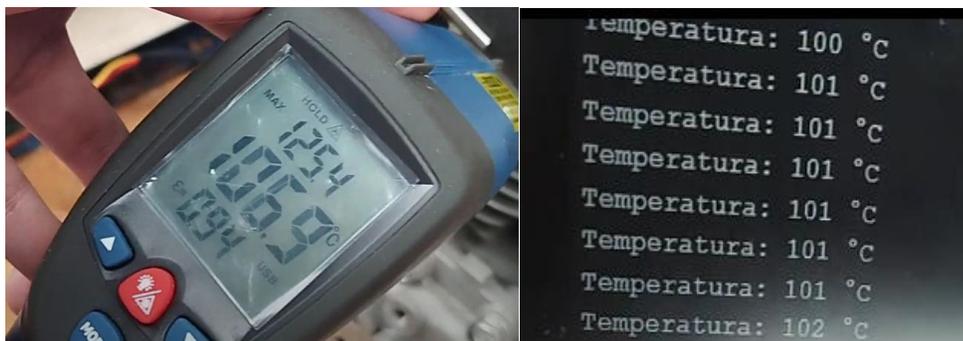
Figura 52
Toma de dato de CO²



Se realizó la medición con el dispositivo de comparación de datos. El resultado confirma la precisión de los datos de los sensores y la exactitud del registro en la base de datos. También revela la calibración casi exacta del sensor ya que se puede observar que el margen de error es de 47 ppm.

Temperatura:

Figura 53
Toma de datos de Temperatura



Se realizó la medición con el dispositivo de comparación de datos, el resultado confirma la precisión de los datos de los sensores y la exactitud del registro en la base de datos. También revela la calibración casi exacta del sensor, aunque se vea que no es el mismo valor este tiene una respuesta algo lenta del dato, pero cuando llega al punto de estabilización su error es solo de 1 grado centígrado.

RPM:

Figura 54
Toma de datos de RPM



Se realizó la medición con el dispositivo de comparación de datos, el resultado confirma la precisión de los datos de los sensores y la exactitud del registro en la base de datos. También revela la calibración casi exacta del sensor como se puede ver en las anteriores imágenes el margen de error es solo de una RPM lo cual muestra la correcta calibración del sensor usado. Todos los sensores realizaron esta prueba y las mediciones fueron exactas para poder evidenciar esto fueron tomados videos y fotos, las cuales se pueden visualizar en anexos.

2.3. Discusión

A continuación, dará a conocer cómo se desarrollará el proyecto de grado, el primer paso a seguir para poner en marcha este proyecto es inicialmente un minucioso estudio tanto del motor que se tiene en mente utilizar y con este los sensores que estarán encargados de realizar el estudio de los diferentes combustibles que se obtengan en los laboratorios de química de la Universidad Mariana, daremos inicio al desarrollo práctico de este proyecto que en primera instancia se centraría en examinación del estado de llegada del motor y los sensores después de la compra, como se acoplaron los sensores en el motor y cómo se comportará al momento de estar ensamblados en el motor. En otras palabras, se tendrá que examinar los datos que arrojen los sensores sin estar ensamblados a el motor y como estos reaccionan al estar ensamblados ya en el motor, teniendo en cuenta que se tendrán datos de referencia de combustibles esto con el fin de tener una base de datos iniciales para saber con qué eficiencia contarán los combustibles alternativos que se obtengan en el laboratorio de química de la Universidad Mariana.

Este proyecto será desarrollado con el fin de resolver una de las tantas necesidades que en este momento se encuentran sin desarrollar en las instalaciones de laboratorio de electrónica y física de la Universidad Mariana, la generación de este banco de trabajo va a generar un estudio inteligente de los datos arrojados por los sensores de características primarias que deberían tener los combustibles alternativos y en especial que determine si se puede considerar factible el uso del combustible a probar.

3. Conclusiones

Para la documentación, se presentaron varios obstáculos al intentar encontrar información fiable que respaldara el proyecto, ya que no se hallaba el tipo de información relacionada con el mismo. No obstante, después de una búsqueda minuciosa, se encontraron diversos artículos que respaldan el proyecto.

También se llevó a cabo un contraste sobre el tipo y las características de los sensores a utilizar. Muchos de ellos fueron seleccionados por descarte, ya que se establecieron ciertas cualidades que se enfocan en la relación precio-calidad.

Otra de las posibles conclusiones que se pudo observar es que es factible cuantificar y calificar la eficiencia de un combustible mediante diversos métodos, tanto teóricos como prácticos. La evaluación presente en ambos métodos permite realizar una comparativa aún más precisa de la eficiencia.

Dentro de la evolución del proyecto, se pudieron identificar diversos aspectos, tanto positivos como negativos. Estos aspectos contribuyeron a una mejor disposición de las herramientas utilizadas. Uno de estos aspectos es la constatación de que el umbral de las herramientas empleadas para la medición de variables varía en función de varios factores. Además, se evidenció que su umbral puede llegar a saturarse o alcanzar el máximo de su capacidad.

4. Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda incluir otras variables con las cuales se pueda determinar de una manera más concisa la eficiencia de los combustibles en vista que existen muchos más factores que pueden afectar la generación de un buen combustible alterno. Por otra parte, se recomendaría el uso de sensores más especiales en este ámbito para corroborar de mejor manera estos datos, aunque los sensores que se usó son buenos, se tiene en conocimiento que existen otras alternativas un poco más costosas pero efectivas.

Referencias Bibliográficas

A. Parera, Inyección electrónica en motores Diesel. Barcelona: Marcobo ed., Boixareu, 1996.

Acosta, J., & Torrado, A. Ramiro. (1990). Funcionamiento del Motor Diesel.

J. H. G. (1990). Manual de diagnóstico y afinación de motores automotrices.

Poveda, M. (2007). Eficiencia energética: recurso no aprovechado. Quito: OLADE.

S. Acebes Sanz. (2007). Mantenimiento de vehículos autopropulsado. Madrid: Editex S.A.

Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino. México: Grupo Editorial Patria.

Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino. Autores: Leonel Germán Corona Ramírez, Griselda S. Abarca Jiménez, Jesús Mares Carreño. (2014).

Referencias de Libros

- Farine, D. R., O'Connell, D. A., Raison, R. J., et al. (2012). An assessment of biomass for bioelectricity and biofuel, and for greenhouse gas emission reduction in Australia. *GCB Bioenergy*, 4(2), 148–175. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01115.x>
- Berastegui Barranco, C., et al. (2017). Elaboración de biocombustibles sólidos densificados a partir de tusa de maíz, bioaglomerante de yuca y carbón mineral del departamento de Córdoba Development of densified solid biofuels a from corn cob, cassava starch and mineral coal department of Córdoba. *Revista chilena de ingeniería*, 25(4).
- Corona Ramírez, L. G. Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2016). Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible. *Información tecnológica*, 29(5), 325-334.
- Likhanov, V. A., & Lopatin, O. P. (2018). Investigation of the speed regime of tractor diesel engine running on natural gas with recirculation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 457(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/457/1/012011>
- Pušár, M., et al. (2021). Analysis of biodiesel influence on unregulated gaseous emissions of diesel motor vehicles. *Applied Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/app11104646>
- Sala, J. A., et al. (2023). Performance of a diesel engine using different biodiesel blends and injection configurations I. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 27(1), 70–78. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n1p70-78>
- Estrada, J. S., et al. (2016). Desempenho de um motor agrícola utilizando misturas de óleo diesel e etanol. *Ciencia Rural*, 46(7), 1200–1205. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150469>
- Likhanov, V. A., & Lopatin, O. P. (2020). Research of load modes of diesel engine at work on biofuel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 734(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012202>

Pfister, K. F., et al. (2017). Biofuel by isomerizing metathesis of rapeseed oil esters with (bio)ethylene for use in contemporary diesel engines. Science Advances, 3(6). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602624>

Anexos

Anexo 1

<https://drive.google.com/drive/folders/1rRNrkBVyq4jNyDCo7wLBfs8iSps4jrz5?usp=sharing>

Anexo 2

https://drive.google.com/drive/folders/11JP3JZRhbOazG6rFz2QNTnx7uKlFgA3h?usp=drive_link

Anexo 3

https://drive.google.com/drive/folders/1a83a7dG3QtqP0wvLXJL1Qm5p06XkQ8ie?usp=drive_link

Anexo 4

https://drive.google.com/drive/folders/1KhU3zYCEq0C9NXJaSNqeEur_KP8Ny8uE?usp=sharing

Anexo 5

https://drive.google.com/drive/folders/1LtMt24TCSCZFjiFdxalTuPmI4ff_f7mw?usp=sharing