



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE MEZCLAS DE
GASOLINA CON BIO OIL OBTENIDO POR PIRÓLISIS DE
POLIPROPILENO (PP) Y POLIESTIRENO (PS) MEDIANTE
ADICIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE Fe_2O_3**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A QUÍMICO/A

AUTORES: DAYANA LISBETH QUINALUISA CHAMORRO

RAXEL RICARDO ROBALINO PASQUEL

DIRECTOR: Ing. PAÚL GUSTAVO PALMAY PAREDES

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Raxel Ricardo Robalino Pasquel y Dayana Lisbeth Quinaluisa Chamorro**

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

Nosotros, DAYANA LISBETH QUINALUISA CHAMORRO y RAXEL RICARDO ROBALINO PASQUEL, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de abril de 2023



Dayana Lisbeth Quinaluisa Chamorro

C.I. 1753565546



Raxel Ricardo Robalino Pasquel

C.I. 0504190480

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE MEZCLAS DE GASOLINA CON BIO OIL OBTENIDO POR PIROLISIS DE POLIPROPILENO (PP) Y POLIESTIRENO (PS) MEDIANTE ADICIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE Fe₂O₃**, realizado por los estudiantes: **RAXEL RICARDO ROBALINO PASQUEL** y **DAYANA LISBETH QUINALUISA CHAMORRO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|---|--|--------------|
| Ing. Camilo Pavel Haro Barroso, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  | 2023-04-26 |
| Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes, MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2023-04-26 |
| Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy, Mgs. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2023-04-26 |

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mis padres y hermanos que hicieron posible este logro que no es solo mío sino también de su esfuerzo, dedicación, responsabilidad y apoyo incondicional durante todo este trayecto y también a mí mismo, por tener paciencia y tolerancia durante todo este tiempo que he deseado obtener mi profesión.

Ricardo

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, hermanos y hermanas, los cuales fueron mi pilar fundamental para seguir adelante ya que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, doy gracias a Dios por haberme dado a unos padres luchadores y perseverantes.

A la Ing. Patricia Calderón, por ser mi apoyo incondicional en la ESPOCH.

Dayana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por tantas bendiciones recibidas, por darme fortaleza y sabiduría para continuar y no darme por vencida para culminar la carrera.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme permitido ser una estudiante más de esta alma mater. A la Escuela de Ingeniería Química y a la planta docente por haber impartido sus conocimientos y experiencias para formarme como una futura profesional.

A mis padres, hermanas, hermanos, cuñados, amigas y amigos por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de la carrera. A los ingenieros de la Escuela de Ingeniería Química y Automotriz por brindarnos sus conocimientos y ayuda en el desarrollo del trabajo de titulación.

Dayana

Quiero agradecer a todos los docentes que me impartieron sus conocimientos, su amistad y amabilidad durante toda mi formación académica. A los ingenieros Paul Palmay, Ramiro Cepeda y Mónica Andrade por toda su guía, ayuda, explicaciones y paciencia para lograr completar este trabajo de titulación. A mis padres que siempre estuvieron alentándome, a mis hermanos que siempre me han apoyado, mis abuelitos que nunca faltaron sus bendiciones y buenos deseos.

Ricardo

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|------------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xi |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xiv |
| RESUMEN..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|---|
| 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.2. Objetivos..... | 4 |
| 1.2.1. <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> | 4 |
| 1.3. Justificación..... | 4 |
| 1.4. Hipótesis..... | 5 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1. Antecedentes de investigación..... | 6 |
| 2.2. Referencias teóricas..... | 7 |
| 2.2.1. <i>Plásticos</i> | 7 |
| 2.2.2. <i>Clasificación y propiedades de los plásticos</i> | 8 |
| 2.2.2.1. <i>Termoestables</i> | 8 |
| 2.2.2.2. <i>Termoplásticos</i> | 8 |
| 2.2.2.3. <i>Elastómeros</i> | 9 |
| 2.2.3. <i>Polipropileno</i> | 9 |
| 2.2.3.1. <i>Productos de polipropileno</i> | 9 |
| 2.2.4. <i>Poliestireno</i> | 9 |
| 2.2.4.1. <i>Productos de poliestireno</i> | 10 |
| 2.2.5. <i>Tratamiento de residuos plásticos</i> | 10 |
| 2.2.5.1. <i>Tratamiento primario</i> | 11 |
| 2.2.5.2. <i>Tratamiento secundario</i> | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.2.5.3. <i>Tratamiento terciario</i> | 11 |
| 2.2.5.4. <i>Tratamiento cuaternario</i> | 11 |
| 2.2.6. Pirólisis | 12 |
| 2.2.6.1. <i>Pirólisis térmica</i> | 12 |
| 2.2.6.2. <i>Pirólisis catalítica</i> | 12 |
| 2.2.7. Biocombustible | 13 |
| 2.2.7.1. <i>Primera generación</i> | 13 |
| 2.2.7.2. <i>Segunda generación</i> | 13 |
| 2.2.7.3. <i>Producción de biocombustible aplicando pirólisis catalítica</i> | 13 |
| 2.2.7.4. <i>Norma INEN para el biocombustible</i> | 14 |
| 2.2.8. Gasolina Extra | 15 |
| 2.2.8.1. <i>Propiedades Físico-químicas</i> | 15 |
| 2.2.8.2. <i>Norma para la gasolina extra</i> | 16 |
| 2.2.9. Nanopartículas | 17 |
| 2.2.9.1. <i>Tamaño y morfología</i> | 18 |
| 2.2.9.2. <i>Nanopartículas metálicas</i> | 18 |

CAPÍTULO III:

| | |
|--|----|
| 3. MARCO METODOLÓGICO | 19 |
| 3.1. Enfoque de investigación | 19 |
| 3.2. Alcance de investigación | 19 |
| 3.3. Diseño de investigación | 19 |
| 3.3.1. <i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> | 21 |
| 3.4. Tipo de estudio | 21 |
| 3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación | 21 |
| 3.5.1. <i>Proceso de secado del biocombustible</i> | 21 |
| 3.5.2. <i>Mezclas con gasolina extra</i> | 22 |
| 3.5.3. <i>Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe₂O₃)</i> | 22 |
| 3.5.4. <i>Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe₂O₃)</i> | 23 |
| 3.5.5. <i>Determinación del flash point</i> | 23 |
| 3.5.6. <i>Destilación</i> | 24 |
| 3.5.7. <i>Determinación de la viscosidad cinemática</i> | 25 |
| 3.5.8. <i>Determinación del grado API</i> | 26 |
| 3.5.9. <i>Captadores pasivos para NO₂</i> | 27 |
| 3.5.10. <i>Pruebas de funcionamiento, dinamómetro</i> | 27 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|----|
| 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. | 28 |
| 4.1. Análisis de grados API | 28 |
| 4.2. Curvas de destilación | 32 |
| 4.2.1. <i>Curva de destilación de Gasolina</i> | 33 |
| 4.2.2. <i>Curva de destilación de la mezcla de gasolina extra con nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 33 |
| 4.2.3. <i>Curva de destilación de la mezcla de gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 34 |
| 4.2.4. <i>Curva de destilación de la mezcla de gasolina extra con bio oil al 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 34 |
| 4.2.5. <i>Comparación de los resultados obtenidos de la destilación de cada muestra</i> | 35 |
| 4.3. Análisis de la viscosidad | 37 |
| 4.4. Flash point | 40 |
| 4.5. Octanaje | 41 |
| 4.6. Pruebas de funcionamiento, dinamómetro | 42 |
| 4.6.1. <i>Torque y potencia</i> | 42 |
| 4.6.2. <i>Gasolina extra</i> | 42 |
| 4.6.3. <i>Gasolina extra nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 43 |
| 4.6.4. <i>Gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 43 |
| 4.6.5. <i>Gasolina extra con bio oil al 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 44 |
| 4.6.6. <i>Comparación de los resultados obtenidos de cada muestra</i> | 44 |
| 4.7. Emisión de gases | 46 |
| 4.7.1. <i>Método indirecto</i> | 46 |
| 4.7.1.1. <i>Captadores pasivos de NO_2</i> | 46 |
| 4.7.2. <i>Método directo</i> | 48 |
| 4.7.2.1. <i>Testo</i> | 48 |
| 4.7.2.2. <i>Analizador de gases de emisión</i> | 49 |
| 4.7.2.3. <i>Gasolina extra</i> | 50 |
| 4.7.2.4. <i>Gasolina extra nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 50 |
| 4.7.2.5. <i>Gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 51 |
| 4.7.2.6. <i>Gasolina extra con bio oil al 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)</i> | 51 |
| 4.8. Análisis estadístico | 52 |
| 4.8.1. <i>Tamaño de muestra</i> | 52 |
| 4.8.1.1. <i>Muestra estándar: Gasolina Extra</i> | 53 |
| 4.9. Aprobación de la hipótesis | 56 |

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-2: Requisitos del biocombustible..... | 14 |
| Tabla 2-2: Requisitos de la gasolina extra | 16 |
| Tabla 1-3: Muestra de Gasolina Extra y Bio Oil..... | 19 |
| Tabla 2-3: Muestra de Gasolina Extra, Bio Oil y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) . | 20 |
| Tabla 3-3: Proceso de secado de Bio Oil | 21 |
| Tabla 4-3: Mezclas con gasolina extra..... | 22 |
| Tabla 5-3: Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) | 22 |
| Tabla 6-3: Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) | 23 |
| Tabla 7-3: Determinación del Flash Point..... | 23 |
| Tabla 8-3: Determinación del Flash Point | 24 |
| Tabla 9-3: Destilación..... | 24 |
| Tabla 10-3: Destilación..... | 24 |
| Tabla 11-3: Determinación de la viscosidad cinemática..... | 25 |
| Tabla 12-3: Determinación de la viscosidad cinemática..... | 25 |
| Tabla 13-3: Determinación del grado API | 26 |
| Tabla 14-3: Determinación del grado API | 26 |
| Tabla 15-3: Captadores pasivos para NO_2 | 27 |
| Tabla 16-3: Prueba de Funcionamiento, Dinamómetro | 27 |
| Tabla 1-4: Datos Experimentales para determinación de densidad API..... | 28 |
| Tabla 2-4: Resultados de la densidad API corregida | 31 |
| Tabla 3-4: Datos iniciales de las muestras | 32 |
| Tabla 4-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina | 33 |
| Tabla 5-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3). | 33 |
| Tabla 6-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina, bio oil al 2 % y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)..... | 34 |
| Tabla 7-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina, bio oil al 5 % y nanopartículas. | 34 |
| Tabla 8-4: Comparación de los resultados obtenidos de la destilación de cada muestra. | 35 |
| Tabla 9-4: Datos experimentales para determinación de la viscosidad | 37 |
| Tabla 10-4: Resultados de la determinación de la viscosidad..... | 39 |
| Tabla 11-4: Determinación del flash point..... | 40 |
| Tabla 12-4: Resultados de la prueba de octanaje | 41 |
| Tabla 13-4: Resultados de la prueba de torque y potencia..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Tabla 14-4: Reactivo de Griess..... | 47 |
| Tabla 15-4: Datos obtenidos de la calibración..... | 47 |
| Tabla 16-4: Resultados de la medición de NO ₂ , NO _x y eficiencia..... | 48 |
| Tabla 17-4: Resultados de emisiones de gases..... | 49 |
| Tabla 18-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones..... | 53 |
| Tabla 19-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia..... | 53 |
| Tabla 20-4: Muestreo simple aleatorio del torque..... | 53 |
| Tabla 21-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones..... | 54 |
| Tabla 22-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia..... | 54 |
| Tabla 23-4: Muestreo simple aleatorio del torque..... | 54 |
| Tabla 24-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones..... | 54 |
| Tabla 25-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia..... | 55 |
| Tabla 26-4: Muestreo simple aleatorio del torque..... | 55 |
| Tabla 27-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones..... | 55 |
| Tabla 28-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia..... | 55 |
| Tabla 29-4: Muestreo simple aleatorio del torque..... | 55 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1-2: Métodos industriales de polimerización..... | 8 |
| Ilustración 2-2: Tamaño de partícula..... | 17 |
| Ilustración 3-2: Nanopartículas metálicas..... | 18 |
| Ilustración 1-3: Diseño experimental..... | 20 |
| Ilustración 1-4: Curva de destilación de las muestras..... | 36 |
| Ilustración 2-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM..... | 42 |
| Ilustración 3-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM..... | 43 |
| Ilustración 4-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM..... | 43 |
| Ilustración 5-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM..... | 44 |
| Ilustración 6-4: Curva de Potencia Vs RPM de las muestras..... | 44 |
| Ilustración 7-4: Curva de Torque Vs RPM de las muestras..... | 45 |
| Ilustración 8-4: Curva de calibración respecto a la masa nitritos..... | 47 |
| Ilustración 9-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx..... | 50 |
| Ilustración 10-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx..... | 50 |
| Ilustración 11-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx..... | 51 |
| Ilustración 12-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx..... | 51 |
| Ilustración 13-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx..... | 52 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DESECADO DEL BIOCOMBUSTIBLE
- ANEXO B:** PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS
- ANEXO C:** AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M1)
- ANEXO D:** AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE GASOLINA EXTRA CON BIO OIL (2%) Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M2)
- ANEXO E:** AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE GASOLINA EXTRA CON BIO OIL (5%) Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M3)
- ANEXO F:** DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD API°
- ANEXO G:** DETERMINACIÓN DE LA VISCOCIDAD
- ANEXO H:** DESTILACIÓN ASTM
- ANEXO I:** PRUEBAS EN EL DINAMÓMETRO
- ANEXO J:** MEDICIÓN DE NO_x MEDIANTE EL MÉTODO INDIRECTO
- ANEXO K:** PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMBUSTIBLE ESTÁNDAR (GASOLINA EXTRA)
- ANEXO L:** PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEZCLA 1 (GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO M:** PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 2% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO N:** PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEZCLA 3 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 5% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO O:** RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DEL COMBUSTIBLE ESTÁNDAR (GASOLINA EXTRA)
- ANEXO P:** RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DE LA MEZCLA 1 (GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO Q:** RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 2% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO R:** RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DE LA MEZCLA 3 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 5% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO S:** OCTANAJE DE LA MEZCLA 1 1 (GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)
- ANEXO T:** OCTANAJE DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 2% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)

**ANEXO U: OCTANAJE DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 5% Y
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)**

ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo mejorar las propiedades de mezclas de gasolina con bio-oil mediante la adición de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3). Se preparó tres ensayos: uno de gasolina extra con nanopartículas y dos de gasolina extra con bio oil al 2% y 5% obtenido por pirólisis térmica de mezclas de poliestireno (PS) y de polipropileno (PP) con la adición de nanopartículas. Se trabajó con 0,04g/L de catalizador para las tres muestras, la M1 contenía el 100%, M2 el 98% y la M3 el 95% de combustible, las mezclas se realizaron en matraces Erlenmeyer sellados herméticamente para colocarlos en agitadores magnéticos, controlando las revoluciones y temperatura. Al finalizar con el proceso de agitación se procede a colocar en la M2 y M3 el bio oil. Las muestras se caracterizaron para determinar el RON, el cuál presentó un incremento de octanaje en cada muestra; los resultados de la densidad °API, viscosidad, flash point y destilación ASTM estuvieron dentro del rango de la Norma INEN 935 y la norma ASTM D-86. Además, se analizó el comportamiento de las nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) en las mezclas donde se determinó que el principal funcionamiento es reducir los niveles de los gases contaminantes, especialmente los NO_x . Se concluyó que se obtuvo un combustible de mayor octanaje, menor emisiones de gases y de excelente poder calorífico, además se dio un valor agregado al bio oil que permite reducir el consumo de gasolina. Se recomienda realizar la mezcla en un medio dispersante adicionando un estabilizante en el ensayo para evitar la forma de precipitados.

Palabras clave: <NANOPARTÍCULAS>, <GASOLINA EXTRA>, <BIO OIL>, <PIRÓLISIS TÉRMICA>, <DESTILACIÓN ASTM >, <GASES DE EMISIÓN>, < NO_x >, <RON >.

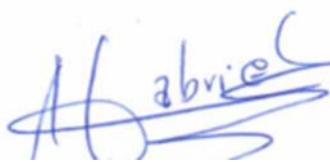
0849-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The present study aimed to improve the properties of gasoline blends with bio-oil through the addition of iron oxide nanoparticles (Fe_2O_3). Three tests were prepared: one of extra gasoline with nanoparticles and two of extra gasoline with bio-oil at 2% and 5% obtained by thermal pyrolysis of polystyrene (PS) and polypropylene (PP) blends with the addition of nanoparticles. We worked with 0.04g/L of catalyst for the three samples, M1 contained 100%, M2 98% and M3 95% of fuel; the mixtures were made in hermetically sealed Erlenmeyer flasks to be placed in magnetic stirrers, controlling the revolutions and temperature. At the end of the agitation process, the bio-oil was placed in M2 and M3. The samples were characterized to determine the RON, which presented an octane increase in each sample; the results of density °API, viscosity, flash point and ASTM distillation were within the range of INEN 935 and ASTM D-86. In addition, the behavior of iron oxide nanoparticles (Fe_2O_3) in the blends was analyzed, where it was determined that the main performance is to reduce the levels of polluting gases, especially NO_x . It was concluded that a higher-octane fuel was obtained, with lower gas emissions and excellent calorific value, in addition to giving an added value to the bio-oil that allows reducing gasoline consumption. It is recommended to carry out the mixture in a dispersing medium, adding a stabilizer in the test to avoid the formation of precipitates.

Keywords: <NANOPARTICLES>, <EXTRA GASOLINE>, <BIO OIL>, <THERMAL PYROLYSIS>, <ASTM DISTILLATION>, <EMISSION GASES>, < NO_x >, <RON>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso, Mgs

Ced.1103696132

INTRODUCCIÓN

La gasolina es un combustible fósil derivado del petróleo que es utilizado para alimentar la mayoría de los motores de combustión interna. Sin embargo, la gasolina común tiene algunas limitaciones en cuanto a su calidad y su capacidad para reducir las emisiones contaminantes. En los últimos años, se han desarrollado tecnologías innovadoras para disminuir la huella de carbono y reducir el uso de combustibles fósiles. Una de estas tecnologías es la pirólisis, un proceso que degrada macromoléculas de derivados del petróleo, como el plástico, hasta obtener moléculas más pequeñas. Estas moléculas más pequeñas son consideradas como combustibles alternativos y pueden ser utilizadas en lugar de combustibles fósiles. Sin embargo, para lograr utilizar el aceite de pirólisis como una solución a la dependencia del petróleo, es necesario que este proceso gane cada vez más aceptación como una forma de economía circular del plástico. Esto permitiría reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles y disminuir nuestra huella de carbono. Se ha descubierto que la utilización de una mezcla de 75% Poliestireno (PS) y 25% Polipropileno (PP) en pirólisis térmica y catalítica tiene el mejor rendimiento en la obtención de fracciones líquidas. Estas fracciones líquidas se pueden utilizar como aditivos para combustibles o en procesos industriales, lo que representa una alternativa más sostenible (Palmay 2022, pp. 29 - 56).

Aunque los aditivos para la gasolina se utilizan mejorar las propiedades, calidad de la gasolina y para prevenir la formación de depósitos en los motores no hay que pasar por alto que, desde su invención a principios del siglo XX, los aditivos para la gasolina se han convertido en una parte importante de la industria de los biocombustibles y son utilizados en todo el mundo. En la década de 1970, con el surgimiento del movimiento ambientalista, los aditivos para la gasolina también se utilizaron con el fin de reducir las emisiones de contaminantes y de mejorar la calidad del aire (Aleman 2019, pp. 33-55).

En los últimos años se ha estudiado a las nanopartículas como un material prometedor para su uso como aditivo para la gasolina debido a sus propiedades físicas y químicas únicas. A nivel molecular, las nanopartículas tienen una alta superficie específica y una alta reactividad química, lo que les permite interactuar con la gasolina y mejorar su calidad. Por ejemplo, las nanopartículas de Fe_2O_3 se han utilizado como catalizadores en reacciones de oxidación, tales como la oxidación de hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles (COV). En estas reacciones, las nanopartículas de Fe_2O_3 actúan como sitios activos donde se produce la reacción química, lo que aumenta la velocidad de la reacción y disminuye la temperatura requerida para que la reacción se produzca (Gregorio-Jáuregui et al. 2018, p. 406-409).

Una mezcla de gasolina con bio oil y nanopartículas de Fe_2O_3 es una posible alternativa para reducir las emisiones de gases contaminantes generadas por los motores de combustión interna. Esta mezcla combina componentes de origen fósil y renovable para crear una gasolina más limpia y eficiente. Algunas investigaciones han sugerido que pueden ser eficaces para reducir las

emisiones de contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NOx) y las partículas (PM) de fuentes de combustión como motores de combustión interna y calderas (Yaqoob et al. 2022, p. 13).

En este trabajo, se examinó a detalle el uso de aceite pirolítico a diferentes concentraciones con nanopartículas de Fe_2O_3 como aditivos para la gasolina extra, explorando sus propiedades físicas, químicas, discutiendo sus aplicaciones y beneficios. También se analizaron los estudios existentes sobre el tema, y se examinaron las posibles implicaciones y perspectivas futuras de este campo de investigación. Además, se discutieron los desafíos y limitaciones asociados con el uso de nanopartículas de Fe_2O_3 como aditivo para la gasolina, y se exploraron las posibles soluciones para abordar estos desafíos.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El agotamiento inminente de los combustibles fósiles ha generado una creciente necesidad de autosuficiencia energética y la búsqueda de fuentes de energía alternativas renovables. Por lo que de esta manera surge la idea potencial de valorizar los residuos plásticos como el polipropileno (PP) y poliestireno (PS) como una fuente de energía alternativa (Shemfe, et al, 2015, p. 10). La pirólisis térmica es un proceso innovador que se puede aplicar a diferentes residuos plásticos urbanos para transformarlos en biocombustibles. Esto se lleva a cabo en reactores con atmosfera libre de oxígeno. Este biocombustible posee un poder calorífico de alrededor de 42 MJ/Kg y ayuda a reducir drásticamente los residuos plásticos, generando un producto sostenible y con propiedades similares al diésel (Palmay et al., 2012, p. 2). Sin embargo, los residuos plásticos cuando son reciclados químicamente y se los utiliza como una fuente energética generan emisiones gaseosas dañinas para el medio ambiente (Lojano & Amaya, 2020, p. 25). En literatura se puede encontrar la caracterización del bio oil obtenido por pirólisis térmica de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) comparado con gasolinas comerciales y resulta que el bio oil tiene un alto contenido de cetano, el mismo que le otorga la particularidad de tener un alto poder de combustión en el cilindro de un motor y menor retraso de ignición, esto puede generar mayor ruido en el motor y generar emisiones (Palmay et al., 2012, pp. 15-16). También el bio oil registra un contenido considerable de azufre que sí cumple con los parámetros y lineamientos de las normas INEN de los combustibles comerciales en Ecuador, de esta manera se considera que es menos contaminante y corrosivo por lo que no es necesario realizar un tratamiento adicional para su uso directo (Taipe, 2020, p. 20). El objetivo de este estudio es, reducir las emisiones gaseosas de mezclas de gasolinas comerciales “extra” y bio oil de PP y PS adicionando nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) mejorando el rendimiento de los motores de combustión interna y aparte de ser una fuente de energía renovable, se podría controlar los residuos plásticos generando efectos positivos y valiosos para el medio ambiente como para el desarrollo de la sociedad actual.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Mejorar las propiedades de mezclas de gasolina con bio-oil obtenido por pirólisis de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) mediante adición de nanopartículas de Fe_2O_3 .

1.2.2. Objetivos específicos

- Preparar mezclas de gasolina extra comercial con bio oil obtenido por pirólisis térmica de mezclas de 75% de Poliestireno (PS) y 25% de polipropileno (PP).
- Caracterizar las mezclas preparadas de gasolina extra comercial con bio oil de poliestireno (PS) y de polipropileno (PP).
- Realizar un diseño experimental aleatorio de las mezclas de gasolina con nanopartículas de Fe_2O_3 para la determinación del mejor rendimiento en un motor de combustión interna.

1.3. Justificación

La explotación desmesurada de los recursos naturales y la rápida industrialización ha generado problemas ambientales, pérdida de ecosistemas y consecuencias devastadoras para el futuro de la humanidad. La gestión integral de los residuos sólidos (plásticos), es un aspecto importante para la sostenibilidad del planeta, pero día tras días factores como la sobrepoblación y el consumismo contribuyen a generar grandes cantidades de basura que son imposibles de controlar con un tratamiento adecuado. Además, otro indicador que afecta a la población es la emisión de gases que se produce al momento de la combustión de la gasolina, donde se generan reacciones químicas tóxicas que son liberadas a la atmósfera contribuyendo a la destrucción de la capa de ozono. Actualmente, han aumentado los estudios acerca de los óxidos de hierro debido a sus propiedades físicas y químicas, que les permite actuar como catalizadores, agentes descontaminantes en tratamiento de aguas residuales, biomedicina, electrónica, óptica, magnetismo y pigmentos (Gregorio-Jáuregui et al., 2018, p. 400-401). Por esta razón, se plantea la propuesta del mejoramiento de las propiedades de la mezcla de bio oil con gasolina extra comercial que contenga nanopartículas de óxido de hierro, las cuales reducirán las emisiones de gases contaminantes que se producen en la combustión de la gasolina. Además, mejorará la tasa de transferencia de calor, aumento en el índice de cetano y rendimiento en el motor, debido que, al tener un exceso de oxígeno del compuesto permite la quema de más moléculas del combustible, logrando una mayor eficiencia energética. Con ello, se contribuirá con los Objetivos de Desarrollo

Sostenible (ODS) además se impulsará la economía circular, dado que, el bio oil se obtendrá por pirólisis de polímeros desechados.

1.4. Hipótesis

La adición de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) a las mezclas de gasolina extra comercial con bio oil mejorará el rendimiento, potencia y torque de un automóvil debido a que genera una mejor combustión y reduce las emisiones gaseosas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

En la actualidad la contaminación por los residuos plásticos, es un problema muy controversial a nivel mundial debido a que a las empresas les resulta más fácil y económico fabricar nuevos plásticos que tratarlos y reciclarlos. De acuerdo a datos recolectados en 2017, se generó a nivel mundial 348 millones de toneladas de residuos plásticos y se estima que anualmente se genera un 4 % más en la producción de estos mismos, donde la mayor concentración y producción de residuos son del continente asiático. El reciclaje químico es una de los principales métodos utilizados para despolimerización de los residuos plásticos con el uso de energía térmica y se pueden obtener componentes químicos básicos mediante la descomposición de las moléculas más pequeñas en los desechos plásticos (Rodríguez, 2019, p. 20).

La pirólisis es un método termoquímico e irreversible en ausencia de oxígeno que permite reciclar los residuos plásticos, las altas temperaturas que se utilizan incrementan la energía cinética de las moléculas, causando que se rompan los enlaces químicos de los polímeros produciendo productos líquidos con características parecidas de los combustibles comerciales. El objetivo principal de la pirólisis es recuperar monómeros como el etileno, propileno, estireno y aromáticos (benceno, tolueno y xileno) (Zambrano, 2021, p. 14).

Según Proaño, et al., (2009, p. 137), los plásticos como el polietileno y polipropileno presentan una naturaleza particular al ser empleados en la pirólisis, ya que producen moléculas de composición C_3 hasta C_{38} . Además, los productos obtenidos por la pirólisis están libres de azufre, tienen una mayor cantidad de gasolina y fracciones ligeras de diésel.

En literatura utilizaron un reactor de lecho fijo con una rampa de calentamiento de 25 °C/min hasta la temperatura final de 700 y gas nitrógeno con un flujo de entrada de 200 cm³/min, para descomponer térmicamente el polietileno de alta densidad. Se obtuvo un rendimiento del 79,719% de cera, 16,69% de productos gaseosos y con un residuo sólido mínimo. Posteriormente en otras pruebas se determinó que la temperatura óptima de 750 – 780 °C y mayor tiempo de residencia, presentaban mejores condiciones para la degradación térmica del HDPE (Rodríguez, 2019, p. 38).

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se realizaron varios ensayos de mezclas de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) para obtener la mayor eficiencia de fracción líquida de combustible mediante pirólisis térmica. Se determinó que la cantidad de PS utilizada en composición de la mezcla de los dos residuos plásticos influye directamente en el rendimiento, es así, que para una mezcla de 75% de PS y 25% de PP se logra una mayor eficiencia de fracción líquida a una temperatura de 425 °C. En el análisis físico-químico se definió que existen

hidrocarburos parafínicos, olefínicos y aromáticos de tipo medianos y ligeros con comportamiento parecido a la gasolina y diésel comercial (Zambrano, 2021, p. 87).

No obstante, en la misma institución de educación superior se realizó un estudio de pirólisis catalítica para la misma composición de la mezcla de poliestireno 75% (PS) y polipropileno 25% (PP) con una concentración de catalizador regenerado de 1% equivalente a 5g y 2% equivalente a 10g. Por lo tanto, se determinó que al usar mayor cantidad de catalizador disminuye la fracción líquida del producto final y aumenta la cantidad de sólidos y gases. Los aceites obtenidos al 1% y 2% contienen fracciones ligeras y pesadas con un alto poder calorífico y una viscosidad parecida al diésel No.2 (Zambrano, 2022, p. 42).

En otras investigaciones se determinó que usar otro tipo de plásticos como el tereftalato de polietileno (PET) y el policloruro de vinilo (PVC) producen un rendimiento un bajo de fracción líquida. Se estimó un 6,93% de rendimiento de líquido utilizando pirólisis térmico y un 19,68% de redimiendo de líquido utilizando gasificación. Como resultado, se obtuvieron combustibles de alta densidad, baja calidad y de fracciones pesadas (Lojano y Amaya, 2020, p. 89).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Plásticos

Los plásticos o polímeros son compuestos constituidos por grandes cadenas de monómeros con propiedades mecánicas, físicas y químicas que se pueden aprovechar a nivel industrial, comercial y doméstico. Además, poseen una alta resistencia a los solventes, ácidos y álcalis, buen aislamiento eléctrico y térmico. La producción de plásticos se realiza a nivel industrial mediante el proceso de polimerización que puede ser en bloque o fase condensada, solución, suspensión y emulsión (Taipe, 2020, p. 22).

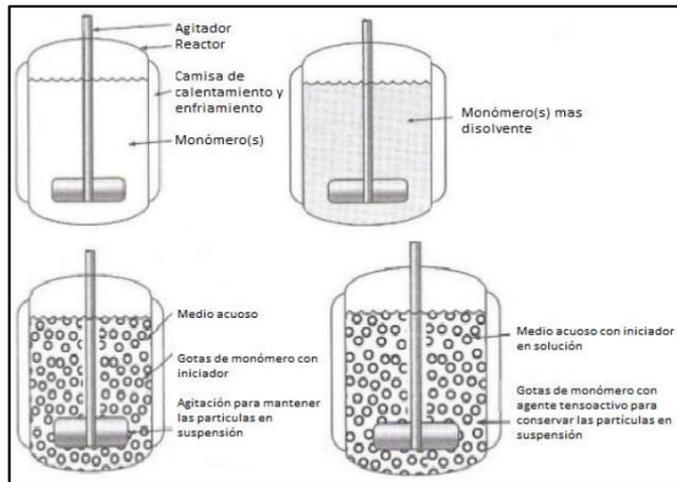


Ilustración 1-2: Métodos industriales de polimerización.

Fuente: (Cajas y Campaña, 2019, p. 19)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

2.2.2. Clasificación y propiedades de los plásticos

Los plásticos se clasifican de acuerdo a comportamiento ante la temperatura: termoestables, termoplásticos y elastómeros.

2.2.2.1. Termoestables

Las resinas termoestables son materiales muy utilizados que a temperatura ambiente son líquidas y deben procesar para alcanzar el estado sólido. El curado es un proceso de transformación química estructural donde se forman estructuras entrecruzadas o reticuladas. Luego del curado las moléculas poseen enlaces altamente cruzados por lo que no se pueden volver a fundir sin degradarse ni reciclarse. Las resinas fenólicas son los plásticos termoestables más importantes seguido de la urea, melanina, epoxídicas, poliésteres insaturados y poliuretano (Covarrubias, et al., 2016, p. 3).

2.2.2.2. Termoplásticos

Los termoplásticos tienen una estructura lineal de alto peso molecular de estado amorfo, cristalino y lamelar. Presentan la particular característica de deformarse si se inciden al calor, solidificarse si se enfrían y pueden ser reciclados, poseen una gran ventaja ante los plásticos termoestables y elastómeros. Son comunes a nivel industrial en el área de alimentos, químicos, metalurgia, construcción y electrónica. Los termoplásticos más populares son: Polietileno tereftalato (PET), Polietileno de alta densidad (HDPE), Cloruro de polivinilo (PVC), Polietileno de baja densidad (PVC), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), entre otros (Cajas y Campaña, 2019, pp. 20-21).

2.2.2.3. Elastómeros

Los elastómeros son polímeros de red entrecruzada que pueden ser estirados muchas veces y luego recuperar su forma original sin sufrir una deformación aparente. Los polímeros entrecruzados normalmente no se pueden fundir o ser reciclados. Los elastómeros más utilizados son el caucho, neopreno, silicona y poliuretano (Juárez et al., 2012, pp. 4-8).

2.2.3. Polipropileno

El polipropileno (PP) es un polímero comercial, de una gran variedad de calidades y con la capacidad de ser reciclado, debido a que pertenece a la familia de los termoplásticos. Es semicristalino, blanco o semiopaco con resistencia química, ligero, muy rígido y duro, resistente a los impactos, líquidos corrosivos y a la dieléctrica. El polipropileno se obtiene a partir de la refinación del petróleo por la polimerización del monómero 2-propeno (propileno) en condiciones de presión y temperatura controlada y en presencia de un catalizador metálico o tipo Ziegler-Natta. Las moléculas de propileno que se unen a la cadena principal son generalmente del tipo cabeza-cola y en consecuencia los grupos metilos se encuentran en posiciones alternas (Monzó, 2015, pp. 23-28).

2.2.3.1. Productos de polipropileno

Según Monzó (2015, p. 31), el PP por sus propiedades y flexibilidad le permite tener aplicaciones en:

- Baldes, botellas, recipientes
- Juguetes
- Envases, vasos, cucharas
- Partes de automóviles
- Fibras y filamentos

2.2.4. Poliestireno

El poliestireno es un polímero duro y sólido con una gran versatilidad para embalaje de alimentos y vajilla de laboratorio, considerado un termoplástico de la familia de estirénicos. Es un plástico sintético con alto peso molecular y de fórmula química (C_8H_8), tiene su propia clasificación: Poliestireno de uso general (GPPS), Poliestireno de alto impacto (HIPS), espuma de poliestireno y espuma de poliestireno expandido (EPS). Este plástico tiene buena durabilidad, plasticidad,

peso ligero y con un bajo costo de producción. El poliestireno se obtiene de la polimerización de varias moléculas de estireno (benceno y etileno) con un catalizador (Zambrano, 2022, p. 10).

2.2.4.1. Productos de poliestireno

El poliestireno tiene bastantes aplicaciones en la industria de embalaje y plásticos de un solo consumo (desechables), se puede encontrar en:

- Juguetes
- Botellas
- Plastos y vasos moldeados
- Recipientes para alimentos
- Artículos médicos
- Construcción

Debido a los tipos de poliestireno que existen se puede encontrar en diferentes aplicaciones y es común encontrarlos como recipientes en la industria de alimentos (Zambrano, 2022, p. 11).

2.2.5. Tratamiento de residuos plásticos

Los residuos sólidos urbanos tienen gran cantidad de plásticos, alrededor del 60 % son polietileno (PE) y polipropileno (PP) y en una menor cantidad está el poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno tereftalato (PET), poliestireno-butadieno (PS-BD), polimetacrilato de metilo (PMMA), entre otros. La degradación de los plásticos es un grave problema y lo que se busca desde la década de los 90's, es reducir, reutilizar y reciclar los plásticos. Los requerimientos de calidad y por razones sanitarias los productos plásticos están limitados directamente a su reutilización 1-2%, es así, que los envases utilizados para alimentos y embalajes no se puede volver a emplear en la producción de nuevos envases para alimentos y se deben usar para otro tipo de fines o aplicaciones (Arandes, et al., 2004, p. 28-30).

Existen tres tipos de tecnologías de reciclaje para recuperar los plásticos: mecánico, químico y energético, sin embargo, se estima que solo se recicla menos del 15% de los residuos plásticos. También existen tratamientos que permiten recuperar los polímeros y consisten en: tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y tratamiento cuaternario. Estos tratamientos son una forma de aprovechamiento de los residuos plásticos debido a su bajo costo de recuperación, facilidad de obtención, su alto valor de consumo y composición se convierte en una excelente alternativa para obtener un producto de alto valor (Aracil, 2008, pp. 39-42).

2.2.5.1. Tratamiento primario

Es un reciclaje primario o denominado también como re-extrusión que utiliza plásticos limpios o descartados generados en un proceso industrial y el objetivo final es obtener productos similares a los originales. La desventaja de este tratamiento es que no se puede usar plásticos post consumo o de vertederos y rellenos sanitarios, este reciclaje es muy limitado y cubre un porcentaje reducido de residuos plásticos (Zambrano, 2022, p. 14).

2.2.5.2. Tratamiento secundario

Es reciclaje secundario o método mecánico de reprocesamiento de residuos plásticos para transformarlos en nuevos productos diferentes o similares a los productos originales. La materia prima a utilizar proviene del proceso de fabricación o post consumo, plásticos reciclados, rellenos y polímeros vírgenes. Este método es considerado el más sencillo para reciclar y de bajo costo, sin embargo, se debe realizar ciertas operaciones unitarias como: molienda, separación, lavado, centrifugación y acondicionamiento de los residuos, con el fin de obtener un producto limpio, homogéneo y de buena calidad (Manrich y Santos, 2008, p. 1).

2.2.5.3. Tratamiento terciario

El reciclaje químico consiste en usar calor o tratamiento químico para descomponer las moléculas y obtener productos como monómeros y/o hidrocarburos, que luego pueden recombinarse en polímeros o tener otras aplicaciones (Manrich y Santos, 2008, p. 2). Este reciclaje no utiliza muchas operaciones de acondicionamiento, pero genera un alto consumo de energía. Los procesos más comunes de reciclaje terciario son: la hidrólisis y la pirólisis, por lo tanto, es una opción viable para producciones a gran escala con grandes volúmenes y existen condiciones específicas que pueden afectar directamente al proceso como: la cantidad de oxígeno o el uso de catalizadores que faciliten la despolimerización de las macromoléculas, como resultado final se obtendrá un gas con una capacidad calorífica alta, fracción líquida pesada y residuo sólido (Zambrano, 2022, p. 15).

2.2.5.4. Tratamiento cuaternario

También denominado reciclaje energético, es la recuperación de la energía que poseen los residuos plásticos por medio de la combustión. El tratamiento cuaternario debe garantizar el control de emisión de volátiles y así evitar que se contamine el ambiente de sus alrededores. En

los últimos años, este tipo de tratamiento ha sido excluido del término “reciclaje” y mejor se ha hecho mención como una forma de recuperación de energía (Manrich y Santos, 2008, p. 2).

2.2.6. Pirólisis

La pirólisis o craqueo térmico es un proceso en el que se rompen las cadenas poliméricas, formando cadenas más cortas en una atmósfera inerte (sin oxígeno) a temperaturas comúnmente comprendidas entre 400-800 °C. Es posible obtener monómeros con un rendimiento superior al 80%, una de las principales ventajas es que se puede utilizar plásticos contaminados o mezclados. Existen dos tipos de pirólisis: térmica y catalítica, cada una necesita ciertas condiciones como la temperatura o cantidad de oxígeno para que se puedan descomponer los enlaces de los polímeros. Esta tecnología se utiliza para residuos plásticos que no se pueden reciclar por mecánicos y entre los más comunes están polipropileno (PP), Polietileno (PE) y poliestireno (PS). Según varias investigaciones realizadas por diferentes autores, llegan a la conclusión de que el PS produce elevados rendimientos en fracciones líquidas como aromáticos (estireno y etilbenceno) y grandes cantidades de residuo sólido parecido al carbón debido a la condensación de anillos aromáticos. En cambio las poliolefinas como el PP tiene elevados rendimientos en fracciones líquidas y ceras pero con menor cantidades de gases y residuos sólidos (Aguado et al., 2011, p. 80).

2.2.6.1. Pirólisis térmica

La pirólisis térmica es un proceso versátil con reacciones endotérmicas a altas temperaturas (400-500 °C), bajas presiones y/o con generación de vacío para obtener como producto principal biocombustibles, un proceso ideal para residuos plásticos como el polipropileno (PP), poliestireno (PS), polietileno (PE), polietileno tereftalato (PET) y policloruro de vinilo (PVC). Del proceso de pirólisis térmica se obtienen tres fracciones: fracción líquida, también denominada aceite pirolítico con presencia de hidrocarburos sin ceras y un peso molecular entre C_6 y C_{28} con poder calorífico superior a los 40 MJ/Kg; fracción gaseosa, rica en vapores orgánicos; y una fracción sólida. Las propiedades del biocombustible obtenido dependerán directamente de la composición de los residuos plásticos (Palmy et al. 2012, p. 1).

2.2.6.2. Pirólisis catalítica

La pirólisis catalítica se genera en presencia de catalizadores que permiten que se produzcan reacciones de descomposición en un periodo de tiempo más corto y a temperaturas más bajas (390- 425 °C) y se puede obtener bio diésel y productos aromáticos ligeros. Sin embargo, cada catalizador tiene un efecto diferente sobre el proceso y por ende los productos, algunos

catalizadores utilizados en la pirólisis son: Craqueo catalítico fluido (FCC), ZSM-5, HZSM-5, CoMo/Z, Cu-Al₂O₃, Zeolita-B, zeolitas naturales, sintéticas, sílice-alúmina, AL(OH)₃, Fe₂O₃ entre otros (Taipe, 2020, p. 29) (Zambrano, 2022, p. 18-19).

2.2.7. Biocombustible

El biocombustible es considerado como un recurso energético alternativo para el funcionamiento de los vehículos. Su proceso de elaboración es diverso, dado que se puede obtener de origen vegetal, animal y residuos plásticos. Existen diferentes tipos de biocombustibles, por lo que se clasifican según el insumo o materia prima, además, de la tecnología utilizada para producirlos. Por ello, se subdividen en generaciones (Álvarez 2007, p. 16).

2.2.7.1. Primera generación

El biocombustible de primera generación, se basa en productos agrícolas que conforman las partes alimenticias de las plantas; donde se encuentran los polisacáridos y aceites. Para su producción se emplea la tecnología convencional más tradicional, que es la fermentación para obtener alcoholes y ácidos. También se utiliza la transesterificación y digestión anaeróbica para la desintegración de los desechos orgánicos y obtener biodiesel (Álvarez 2007, p. 16).

2.2.7.2. Segunda generación

La materia prima para el biocombustible, es principalmente la celulosa, pero su proceso de producción es diferente al de la primera generación, debido, que se utiliza tecnología moderna como la sacarificación-fermentación y el proceso de Fischer-Tropsch. Los cuales se basan en la gasificación del carbón y la lignocelulosa de la materia prima (Álvarez 2007, p. 17).

2.2.7.3. Producción de biocombustible aplicando pirólisis catalítica

La producción de biocombustible mediante pirólisis catalítica utiliza residuos plásticos de polipropileno y poliestireno. El proceso de obtención inicia pesando 200g de materia prima para posteriormente llevar a un reactor Batch, en este equipo se agrega nitrógeno con el fin de crear una atmosfera neutra. También, se utiliza un rango de temperatura que va entre 400 – 425 °C para lograr una fracción líquida y ser refinado para su almacenamiento (Zambrano 2021, p. 85).

2.2.7.4. Norma INEN para el biocombustible

La norma tiene como finalidad, establecer los parámetros que debe cumplir el biocombustible para ser utilizado como combustible en un vehículo.

Tabla 1-2: Requisitos del biocombustible

| REQUISITOS | UNIDAD | Mínimo | Máximo | Método de Ensayo |
|--|--------------------|----------|--------|------------------|
| Densidad a 15° C | kg/cm ³ | 860 | 900 | ASTM D 1298 |
| Punto de inflamación | °C | ----- | ----- | ASTM D 93 |
| Punto de turbidez | °C | Reportar | | |
| φ agua y sedimento | % | ----- | 0,05 | ASTM D 1796 |
| Contenido de agua | mg/kg | ----- | 500 | ASTM D 95 |
| Viscosidad Cinemática a 40°C | mm ² /S | ----- | 5 | ASTM D 445 |
| Cenizas Sulfatadas | %(m/m) | ----- | 0,02 | ASTM D 874 |
| Contenido de Azufre | mg/kg | ----- | 10 | ASTM D 1552 |
| W carbón Residual | % | ----- | 0,05 | ASTM D 4530 |
| Corrosión lámina de cobre | Clasificación | ----- | 3 | ASTM D 130 |
| Número de cetano | - | 49 | ----- | ASTM D 613 |
| Temperatura de destilación al 90% recuperado | °C | ----- | 360 | ASTM D 1160 |
| Índice de yodo | g yodo/100g | ----- | 120 | EN 14111 |
| Contenido de metanol | mg/kg | ----- | 0,20 | ASTM D 4851 |
| Contenido de fósforo | mg/kg | ----- | 10 | ASTM D 4951 |
| Contenido de metales alcalinos | mg/kg | ----- | 5 | EN 14108 |
| Numero de acidez | mg KOH/kg | ----- | 0,5 | ASTM D 664 |

Fuente: (INEN 376:2023)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

2.2.8. Gasolina Extra

Es un combustible obtenido por la destilación fraccionada del crudo, que consiste en hidrocarburos con un número de carbonos de C_5-C_{11} ; cuya peso no es muy grande, cabe señalar que el método de obtención del combustible no es limpio, porque existe la presencia de impurezas y propiedades explosivas que no son adecuadas y procesadas para eliminar la cantidad de azufre y derivados; estabilizar las sustancias que probablemente se formen durante la polimerización y reducir las propiedades explosivas (Gallegos Murillo 2013, p. 18).

En el Ecuador se producen tres tipos de combustibles comerciales, los cuales son: súper, extra y eco país. Los mismos que se rigen a la norma de calidad NTE INEN 935, donde se establece que el octanaje de la gasolina súper es de 90 RON y la gasolina extra y eco país el octanaje debe cumplir con 85 RON (Aguirre & Vaca 2017, pp. 3-4)

2.2.8.1. Propiedades Físico-químicas

- **Octanaje**

Es la medida de la calidad antidetonante que tiene un combustible al momento de estar en contacto con el motor. En esta propiedad, se aplica tres métodos para poder determinar su valor, los cuales son: número de Octano en motor (MON), número de Octano investigado (RON) y el número de octano en marcha, el cual representa el comportamiento real del combustible dentro del motor (Aguirre & Vaca 2017, pp. 3-4).

- **Poder calorífico**

Es la cantidad de calor liberada por la oxidación completa a presión atmosférica por unidad de masa o volumen del combustible; al darse la oxidación del hidrogeno en la combustión se genera agua (Aguirre & Vaca 2017, pp. 3-4).

- **Poder antidetonante**

Es la relación directa de la temperatura de inflamación de cada componente, lo que permite reconocer las propiedades antidetonantes de las mismas que intervienen en la combustión (Aguirre & Vaca 2017, pp. 3-4).

- **Temperatura de Ignición**

Es la temperatura que debe tener una sustancia para que sus componentes reaccionen espontáneamente con el comburente y se origine una fuente de calor (Aguirre & Vaca 2017, p. 1).

2.2.8.2. Norma para la gasolina extra

La normativa tiene como objetivo limitar los parámetros que debe cumplir la gasolina para ser empleada en motores de combustión interna de encendido por chispas

Tabla 2-2: Requisitos de la gasolina extra

| REQUISITOS | UNIDAD | Mínimo | Máximo | Método de Ensayo |
|--|----------------|--------|--------|---------------------------------------|
| Numero de octano Research (RON) | - | 87 | ----- | NTE INEN 2102 |
| Destilación: 10 % | °C | ----- | 70 | ASTM D86 |
| 50% | °C | 77 | 121 | ASTM D86 |
| 90% | °C | ----- | 189 | ASTM D86 |
| Punto final | °C | ----- | 220 | ASTM D86 |
| Residuo de destilación | °C | ----- | 2 | ASTM D86 |
| Relación vapor-líquido a 60°C | % ^b | ----- | 20 | ASTM D5188 |
| Presión de vapor | kPa | ----- | 60 | ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191 |
| Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50°C) | - | ----- | 1 | ASTM D130 |
| Contenido de goma | mg/100ml | ----- | 3 | ASTM D381 |
| Contenido de Azufre | % ^b | ----- | 0,065 | ASTM D381 ASTM D4294 ASTM D5453 |
| Contenido de ASTM D2622 | % ^b | ----- | 30 | ASTM D1319 |
| Contenido de benceno | % ^b | ----- | 1 | ASTM D3606 ASTM D5580 |

| | | | | |
|----------------------------|----------------|-------|---------------|--|
| | | | | ASTM D6277 ASTM D6730 |
| Contenido de olefinas | % ^b | ----- | 18 | ASTM D1319 |
| Estabilidad a la oxidación | Min | ----- | ----- | ASTM D525 ASTM D7525 |
| Contenido de oxígeno | % ^c | ----- | 2,7 | ASTM D4815 ASTM D5845 |
| Contenido de plomo | mg/kg | ----- | No detectable | ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185 |
| Contenido de manganeso | mg/kg | | No detectable | ASTM D3831 ASTM D5185 |
| Contenido de hierro | mg/kg | | No detectable | ASTM D3831 ASTM D5185 |

Fuente: (INEN 935)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

2.2.9. Nanopartículas

Las nanopartículas son aquellas partículas que son más pequeñas de 100 nanómetros. Son utilizadas para manipular y trabajar las estructuras moleculares y sus átomos. Su mayor aplicación es en la medicina, para la elaboración de nuevos medicamentos o implantes internos (Márquez et al. 2021, p. 9).

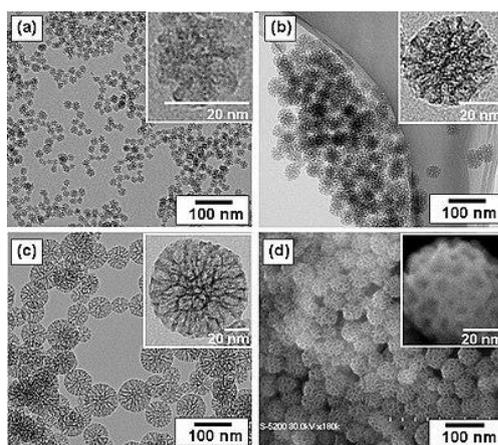


Ilustración 2-2: Tamaño de partícula

Fuente: (Marquez E, 2021, p. 9)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

2.2.9.1. *Tamaño y morfología*

La distribución del tamaño de partícula y la morfología son los parámetros más importantes en cuanto a la caracterización de nanopartículas, debido que se induce muchos fenómenos dependientes del tamaño, como propiedades químicas, electrónicas, magnéticas y mecánicas (Márquez et al. 2021, p. 18).

Sin embargo, existen 2 métodos básicos para determinar el tamaño de la nanopartícula, los cuales son:

- Inspeccionar las partículas y hacer mediciones reales de sus dimensiones mediante microscopio electrónico de transmisión, microscopio electrónico de escáner, microscopio de fuerza atómica.
- Relación entre el comportamiento de las partículas y su tamaño (Márquez et al. 2021, p. 18).

2.2.9.2. *Nanopartículas metálicas*

Las partículas metálicas nanométricas son únicas debido a que pueden cambiar considerablemente las propiedades físicas, químicas y biológicas a causa de su relación superficie-volumen, además, su campo óptico tiene como resultado una mayor dispersión y absorción de la luz. El aumento de las propiedades ópticas y fototérmicas de las nanopartículas metálicas tiene como origen la oscilación resonante de sus electrones libres en presencia de luz (Márquez et al. 2021, p. 19).

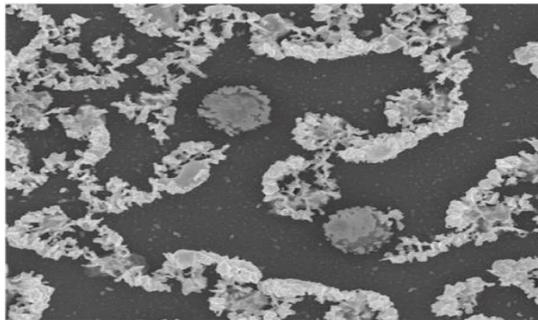


Ilustración 3-2: Nanopartículas metálicas

Fuente: (Márquez et al. 2021, p. 20)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

CAPÍTULO III:

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

El enfoque principal del presente trabajo de investigación es mejorar el rendimiento y potencia de los motores de combustión con la adición de nanopartículas de óxido de hierro a mezclas de gasolina extra comercial y bio oil obtenido de la pirólisis térmica de residuos plásticos de polipropileno y poliestireno. Generando un combustible de mayor calidad y con menos emisiones gaseosas que ayude al desarrollo sostenible y la economía circular.

3.2. Alcance de investigación

En el desarrollo del proyecto de investigación se realizarán tres mezclas de gasolina extra comercial con bio oil obtenido por pirolisis catalítica de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) en diferentes concentraciones, además se adiciona 40 mg/L de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3), para verificar cuál de las muestras tiene mejor rendimiento de combustión interna en un automóvil.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación del proyecto es experimental, debido a que se dividió en 2 fases la investigación. En la primera fase, se realizarán tres ensayos de mezclas a nivel laboratorio de gasolina extra con bio oil al 2% y 5% de concentración, los cuales se detallan en la Tabla 1-3:

Tabla 1-3: Muestra de Gasolina Extra y Bio Oil

| Muestras | Mezclas | |
|----------|----------------|---------|
| | Gasolina Extra | Bio Oil |
| M1 | 98% | 2% |
| M2 | 95% | 5% |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

En la Ilustración 1-3 se describe el diseño experimental que se pretende llevar a cabo.

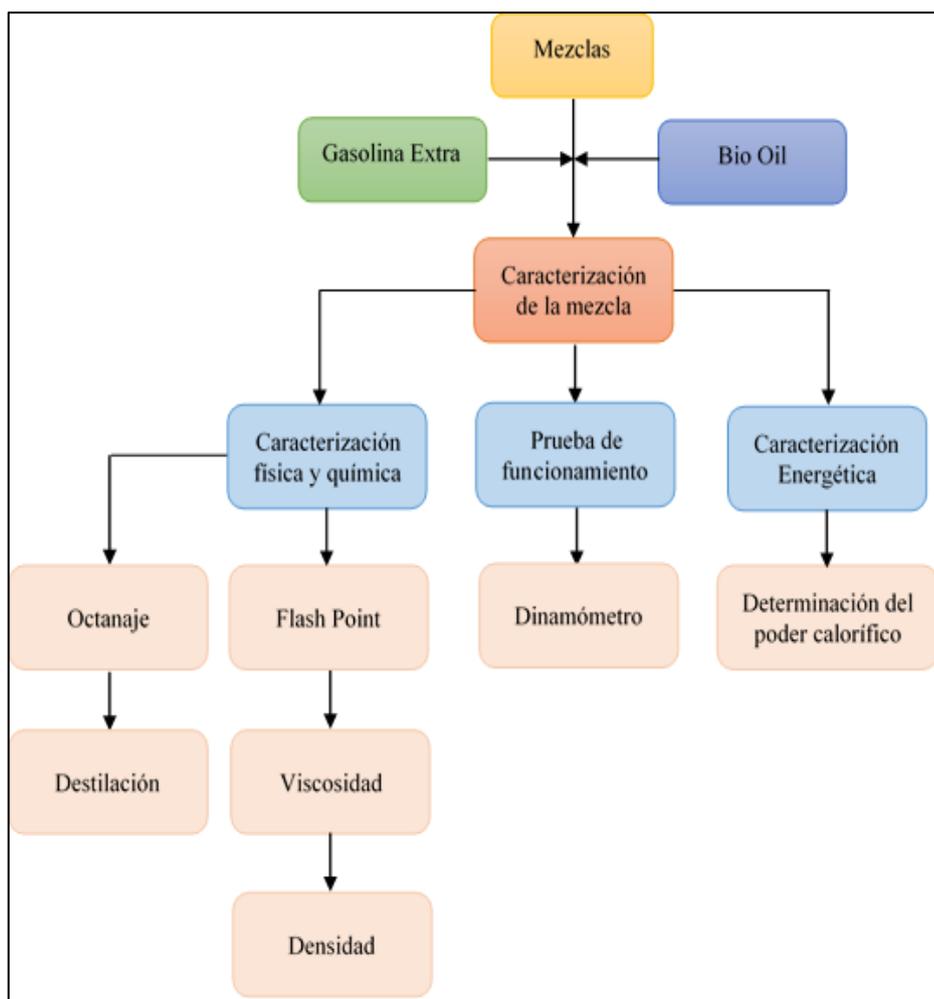


Ilustración 1-3: Diseño experimental

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

En la segunda fase, se realizarán tres ensayos de mezclas a nivel laboratorio de gasolina extra con bio oil al 2%, 5% y 10% de concentración añadiendo 40 mg/L de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) en cada muestra, los cuales se detallan en la Tabla 2-3:

Tabla 2-3: Muestra de Gasolina Extra, Bio Oil y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

| Muestras | Mezclas | | |
|----------|----------------|---------|---|
| | Gasolina Extra | Bio Oil | Nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) |
| M1 | 100% | | 40 mg/L |
| M2 | 98% | 2% | 40 mg/L |
| M3 | 95% | 5% | 40 mg/L |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

3.3.1. Según la manipulación o no de la variable independiente

De acuerdo al diseño experimental del proyecto, se determina como variable independiente al bio oil dado que se manipulará las concentraciones en los ensayos de mezclas que se realizarán en el laboratorio.

3.4. Tipo de estudio

El tipo de estudio del presente proyecto de investigación es de campo, dado que se manipulará el bio oil, además, las pruebas se realizarán en un vehículo.

3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.5.1. Proceso de secado del biocombustible

Tabla 3-3: Proceso de secado de Bio Oil

| Proceso de secado | |
|--|--------------------------------|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Balanza analítica | Bio Oil |
| Centrifugadora | Sulfato de calcio sin hidratar |
| Tubos Falcon 50ml (4) | |
| Procedimiento | |
| Tomar 10 ml de diésel | |
| Pesar 2g de secante (sulfato de calcio) | |
| Adicionar el secante en el tubo Falcon y luego añadir el bio oil | |
| Dejar en absorción durante 1 hora | |
| Los tubos con secante se llevan a la centrifugadora con velocidad de 800 rpm | |
| Una vez culminado se extrae el biodiesel de los tubos de la centrifugadora | |

Fuente:(Gonzales 2018, pp. 56-57)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

3.5.2. Mezclas con gasolina extra

Tabla 4-3: Mezclas con gasolina extra

| Proceso de secado | |
|---|---------------------------|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Probetas 10ml, 100ml y 1000ml Vasos de precipitación 250ml, 500ml y 1000ml. Recipiente ámbar Embudo Refrigeradora | Gasolina Extra Bio Oil |
| Procedimiento | |
| Colocar la gasolina extra en un recipiente ámbar y etiquetada. Realizar las mezclas con el bio oil al 2% y 5% con un volumen base de 1000ml. Colocar a refrigeración. | |

Fuente: (Aguirre & Vaca 2017, pp. 20-21)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

3.5.3. Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

Tabla 5-3: Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

| Proceso de secado | |
|--|--|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Agitador magnético Probetas 100ml y 1000ml Matraz Erlenmeyer 1000ml Recipiente ámbar Embudo Refrigeradora | Gasolina Extra Bio Oil Nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) |
| Procedimiento | |
| Colocar la gasolina extra en un matraz de Erlenmeyer y comenzar a agitar. Pesar 0,04g/L de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) Incorporar las nanopartículas en el matraz y agitar por un periodo de 6 horas para obtener una mezcla homogénea. Además, se debe aplica una fuente de calor. Incorporar el bio oil al 2% y 5% en la mezcla después de la agitación. Almacenar las mezclas en un recipiente ámbar y etiquetadas. Colocar a refrigeración. | |

Fuente: (Yaqoob et al. 2022, p. 4)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

3.5.4. Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

Tabla 6-3 Mezclas con gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

| Proceso de secado | |
|---|---|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Agitador magnético Matraz de Erlenmeyer 1000ml Probeta de 10ml, 100ml y 1000 ml. Recipiente ámbar Embudo Refrigeradora | Gasolina Extra Nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) |
| Procedimiento | |
| Colocar la gasolina extra en un matraz de Erlenmeyer y comenzar a agitar. Pesar 0,04g/L de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) Incorporar las nanopartículas en el matraz y agitar por un periodo de 6 horas para obtener una mezcla homogénea. Además, se debe aplica una fuente de calor. Almacenar la mezcla en un recipiente ámbar y etiquetada. Colocar a refrigeración. | |

Fuente: (Yaqoob et al. 2022, p. 4)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

3.5.5. Determinación del flash point

Tabla 7-3: Determinación del Flash Point

| Proceso de secado | |
|---|--|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Equipo Flash Point semiautomático | Mezcla gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3). |
| Procedimiento | |
| Limpiar la superficie del equipo Colocar la muestra en la copa Encender la punta del quemador Colocar un termómetro Verificar la temperatura que se produce la ignición Anotar la temperatura obtenida | |

Fuente: (Andrade 2022, p. 1)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

Tabla 8-3: Determinación del flash point

| Proceso de secado | |
|---|--|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Equipo Flash Point semiautomático | Mezcla de gasolina extra, bio oil y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| Limpiar la superficie del equipo Colocar la muestra en la copa Encender la punta del quemador Colocar un termómetro Verificar la temperatura que se produce la ignición Anotar la temperatura obtenida | |

Fuente: (Andrade 2022, p. 1)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

3.5.6. Destilación

Tabla 9-3: Destilación

| Proceso de secado | |
|--|---|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Equipo de Destilación semiautomático | Mezcla de gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| Colocar la muestra de mezcla en el balón Colocar el termómetro en el balón Especificar las condiciones con las que se trabajara Colocar la probeta por donde saldrá el destilado Anotar la temperatura de la primera gota de destilado | |

Fuente: (Andrade 2022, p. 1)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 10-3: Destilación

| Proceso de secado | |
|--------------------------------------|--|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Equipo de Destilación semiautomático | Mezcla de gasolina extra, bio oil y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |

Colocar la muestra de mezcla en el balón
 Colocar el termómetro en el balón
 Especificar las condiciones con las que se trabajara
 Colocar la probeta por donde saldrá el destilado
 Anotar la temperatura de la primera gota de destilado

Fuente: (Andrade 2022, p. 1)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

3.5.7. *Determinación de la viscosidad cinemática*

Tabla 11-3: Determinación de la viscosidad cinemática

| Proceso de secado | |
|---|---|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Viscosímetro | Mezcla de gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| <p>Limpiar el viscosímetro</p> <p>Usar el viscosímetro limpio, seco y calibrado que tenga un rango que cubra la viscosidad estimada; el tiempo de flujo no debe ser menor a los 200 segundos.</p> <p>Colocar un termómetro en el equipo para verificar la temperatura a la cual se realiza el ensayo</p> <p>Cargar el viscosímetro y dejar hasta que se estabilice la temperatura.</p> <p>Con la muestra fluyendo libremente, medir el tiempo requerido para que el capilar se vacíe o a su vez atravesase la marca indicada.</p> <p>Realizar los ajustes de corrección a las medidas obtenidas</p> <p>Realizar los cálculos de acuerdo con las normas establecidas</p> | |

Fuente: (Andrade 2022, p. 1-2)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 12-3: Determinación de la viscosidad cinemática

| Proceso de secado | |
|---|--|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Viscosímetro | Mezcla de gasolina extra, bio oil y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| <p>Limpiar el viscosímetro</p> <p>Usar el viscosímetro limpio, seco y calibrado que tenga un rango que cubra la viscosidad estimada; el tiempo de flujo no debe ser menor a los 200 segundos.</p> | |

Colocar un termómetro en el equipo para verificar la temperatura a la cual se realiza el ensayo

Cargar el viscosímetro y dejar hasta que se estabilice la temperatura.

Con la muestra fluyendo libremente, medir el tiempo requerido para que el capilar se vacíe o a su vez atraviese la marca indicada.

Realizar los ajustes de corrección a las medidas obtenidas

Realizar los cálculos de acuerdo con las normas establecidas

Fuente: (Andrade 2022, p. 1-2)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

3.5.8. *Determinación del grado API*

Tabla 13-3: Determinación del grado API

| Proceso de secado | |
|---|---|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Termo hidrómetro Probeta de 100ml | Mezcla de gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| Colocar la muestra en la probeta de 100ml Eliminar las burbujas de la superficie de la muestra Colocar la probeta en la Sorbona | |

Fuente: (Andrade 2022, p. 1)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 14-3: Determinación del grado API

| Proceso de secado | |
|---|--|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Termo hidrómetro Probeta de 100ml | Mezcla de gasolina extra, bio oil y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| Colocar la muestra en la probeta de 100ml Eliminar las burbujas de la superficie de la muestra Colocar la probeta en la Sorbona | |

Fuente: (Andrade 2022, p. 1)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

3.5.9. Captadores pasivos para NO₂

Tabla 15-3: Captadores pasivos para NO₂

| Proceso de secado | |
|--|---|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Frasco ámbar | Trietanolamina N-butanol Agua destilada |
| Procedimiento | |
| <p>Disolver 15 g de Trietanolamina en 500 ml de agua destilada</p> <p>Se agrega 3 ml de N-butanol, se mezcla y se afora hasta 1 L con agua destilada</p> <p>El contenido se coloca en una botella color ámbar</p> <p>Se mantiene en refrigeración para su conservación</p> | |

Fuente: (Miranda 2017, p. 23)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

3.5.10. Pruebas de funcionamiento, dinamómetro

Tabla 16-3: Prueba de Funcionamiento, Dinamómetro

| Proceso de secado | |
|--|---|
| Materiales y Equipos | Reactivos |
| Envases de plásticos Recipiente de metal Dinamómetro de rodillo Automóvil | Gasolina Extra Mezcla de gasolina extra y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). Mezcla de gasolina extra, bio oil 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). Mezcla de gasolina extra, bio oil 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). |
| Procedimiento | |
| <p>Revisar que el automóvil este en óptimas condiciones.</p> <p>Ubicar el automóvil en el dinamómetro de rodillo.</p> <p>Realizar pruebas de calibración del dinamómetro con el automóvil.</p> <p>Establecer los parámetros de la muestra estándar (gasolina extra).</p> <p>Vaciar el tanque de gasolina.</p> <p>Retirar la bomba de combustible del tanque.</p> <p>Conectar mangueras a la bomba de combustible.</p> <p>Colocar 3 litros de muestra en el recipiente de metal, junto con la bomba de combustible.</p> <p>Encender el automóvil para realizar las diferentes pruebas de estudio.</p> | |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de grados API

Tabla 1-4: Datos Experimentales para determinación de densidad API

| MUESTRA | NORMA | DENSIDAD API | T (°F) |
|--|---------------|--------------|--------|
| Muestra 1 Gasolina extra | ASTM D-287-67 | 59 | 64 |
| Muestra 2 Gasolina extra y nanopartículas Fe ₂ O ₃ | ASTM D-287-67 | 59 | 64 |
| Muestra 3 Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | ASTM D-287-67 | 57,9 | 64 |
| Muestra 4 Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | ASTM D-287-67 | 56,9 | 63,9 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

Muestra 1: Gasolina Extra

T= 64 °F

API= 59

- **Cálculo de la densidad API corregida:**

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{64 - 32}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = 17,7$$

Factor de corrección: Por cada grado de temperatura que se aumenta se multiplica por 0,2

$$\text{Factor de corrección} = (T1 - T2) * 0,2$$

$$\text{Factor de corrección} = (17,7 - 15,5) * 0,2$$

$$\text{Factor de corrección} = 0,44$$

$$\text{Densidad API corregida} = \text{densidad API} - \text{factor de corrección}$$

$$Densidad\ API\ corregida = 59 - 0,44$$

$$Densidad\ API\ corregida = 58,56$$

- **Cálculo para la gravedad específica**

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (densidad\ API\ corregida)}$$

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (58,56)}$$

$$\rho_r = 0,744$$

Muestra 2: Gasolina Extra y nanopartículas de Fe₂O₃

T= 64 °F

API= 59

- **Cálculo de la densidad API corregida:**

$$^{\circ}C = \frac{(^{\circ}F - 32)}{1,8}$$

$$^{\circ}C = \frac{64 - 32}{1,8}$$

$$^{\circ}C = 17,7$$

Factor de corrección: Por cada grado de temperatura que se aumenta se multiplica por 0,2

$$Factor\ de\ corrección = (T1 - T2) * 0,2$$

$$Factor\ de\ corrección = (17,7 - 15,5) * 0,2$$

$$Factor\ de\ corrección = 0,44$$

Densidad API corregida = densidad API – factor de corrección

$$Densidad\ API\ corregida = 59 - 0,44$$

$$Densidad\ API\ corregida = 58,56$$

- **Cálculo para la gravedad específica**

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (densidad\ API\ corregida)}$$

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (58,56)}$$

$$\rho_r = 0,744$$

Muestra 3: Gasolina Extra, bio oil al 2% y nanopartículas de Fe₂O₃

T= 64 °F

API= 57,9

- **Cálculo de la densidad API corregida:**

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{64 - 32}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = 17,7$$

Factor de corrección: Por cada grado de temperatura que se aumenta se multiplica por 0,2

$$\text{Factor de corrección} = (T1 - T2) * 0,2$$

$$\text{Factor de corrección} = (17,7 - 15,5) * 0,2$$

$$\text{Factor de corrección} = 0,44$$

$$\text{Densidad API corregida} = \text{densidad API} - \text{factor de corrección}$$

$$\text{Densidad API corregida} = 57,9 - 0,44$$

$$\text{Densidad API corregida} = 57,46$$

- **Cálculo para la gravedad específica**

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (\text{densidad API corregida})}$$

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (57,46)}$$

$$\rho_r = 0,748$$

Muestra 4: Gasolina Extra, bio oil al 5% y nanopartículas de Fe₂O₃

T= 63,9 °F

API= 56,9

- **Cálculo de la densidad API corregida:**

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{63,9 - 32}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = 17,72$$

Factor de corrección: Por cada grado de temperatura que se aumenta se multiplica por 0,2

$$\text{Factor de corrección} = (T1 - T2) * 0,2$$

$$\text{Factor de corrección} = (17,72 - 15,5) * 0,2$$

$$\text{Factor de corrección} = 0,44$$

$$\text{Densidad API corregida} = \text{densidad API} - \text{factor de corrección}$$

$$\text{Densidad API corregida} = 56,9 - 0,44$$

$$\text{Densidad API corregida} = 56,46$$

- **Cálculo para la gravedad específica**

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (\text{densidad API corregida})}$$

$$\rho_r = \frac{141,5}{131,5 + (56,46)}$$

$$\rho_r = 0,753$$

Tabla 2-4: Resultados de la densidad API corregida

| Muestras | Temperatura °C | Densidad API | Densidad API corregida | ρ_r |
|--|----------------|--------------|------------------------|----------|
| Gasolina extra | 17,7 | 59 | 58,56 | 0,744 |
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 17,7 | 59 | 58,56 | 0,744 |
| Gasolina Extra, bio oil al 2% y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 17,7 | 57,9 | 57,46 | 0,748 |
| Gasolina Extra, bio oil al 2% y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 17,72 | 56,9 | 56,46 | 0,753 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

La densidad API permite demostrar que tan pesada o liviana es la muestra y con los cálculos realizados se puede concluir que la muestra 1 de gasolina extra y la muestra 2 de gasolina extra y nanopartículas tienen la misma densidad API de 58.56. No obstante, para la mezcla 3 se adiciona una concentración de bio oil al 2% a la gasolina extra y nanopartículas y la densidad API disminuye ligeramente hasta 57.46. Por último, para la mezcla 4 se aumenta la concentración de bio oil al 5% a la gasolina extra y nanopartículas y la densidad API disminuye más hasta 56.46. Esto se puede constatar en una investigación donde se utilizó una mezcla real de residuos plásticos recolectados de los residuos sólidos municipales de Granada (España) para la pirólisis térmica para obtener un aceite líquido, obteniendo una gravedad específica de 0,8249 y la gasolina tiene una gravedad específica típica de alrededor de 0,70 a 0,77, dependiendo de su composición y grado de refinamiento (Paucar-Sánchez et al. 2022, p. 5). También se puede constatar según (Agualongo 2022, p. 33-34) que los gravedad API de mezclas de gasolina extra comercial con aceite pirolítico obtenido de poliestireno y polipropileno tiene un valor de 58 al 2 % de bio oil y 56,6 al 5 % de bio oil. Por lo tanto, la incorporación de biocombustible obtenido por pirólisis de PS y PP,

disminuyen ligeramente la densidad API de las muestras, mientras que, las nanopartículas de Fe₂O₃ no generan cambios en la densidad API.

4.2. Curvas de destilación

Tabla 3-4: Datos iniciales de las muestras

| Muestra | Norma | Volumen inicial (ml) | Presión (atm) | Tiempo (min) | Temperatura primera gota destilado (°C) |
|---|-----------------------|----------------------|---------------|--------------|---|
| Gasolina extra | ASTM D-86 INEN 926 | 100 | 1 | 3,61 | 29 |
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | ASTM D-86 INEN 926 | 100 | 1 | 4,17 | 30 |
| Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | ASTM D-86 INEN 926 | 100 | 1 | 3,58 | 29 |
| Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | ASTM D-86 INEN 926 | 100 | 1 | 3,26 | 30 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

Para la destilación de las muestras se toma en consideración la normativa ASTM D-86 o la normativa INEN 926, tomando datos de temperatura y volumen destilado sistemáticamente durante todo el ensayo. Una vez tomado todos los datos solicitados por la normativa, es necesario corregir las temperaturas a la presión de la ciudad de Riobamba aplicando la ecuación de Sidney Young:

$$Cc = 0,00012 * (760 \text{ mmHg} - P) * (273 + t \text{ } ^\circ\text{C})$$

Donde:

P= Presión barométrica de la ciudad de Riobamba (728,6 mmHg)

t= Temperatura de ebullición °C

$$T \text{ corregida} = t + Cc$$

4.2.1. Curva de destilación de Gasolina

Tabla 4-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina

| Tiempo (min) | % Volumen | Temperatura (°C) | Temperatura Corregida (°C) |
|--------------|-----------|------------------|----------------------------|
| 0,83 | 5 | 39 | 40,176 |
| 1,37 | 10 | 44 | 45,194 |
| 3,09 | 20 | 50 | 51,217 |
| 5,24 | 30 | 58 | 59,247 |
| 6,15 | 40 | 67 | 68,281 |
| 7,49 | 50 | 80 | 81,330 |
| 9,46 | 60 | 95 | 96,387 |
| 10,41 | 70 | 106 | 107,428 |
| 12,16 | 80 | 118 | 119,473 |
| 14,42 | 90 | 129 | 130,515 |
| 16,27 | 93 | 135 | 136,537 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.2.2. Curva de destilación de la mezcla de gasolina extra con nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

Tabla 5-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3).

| Tiempo (min) | % Volumen | Temperatura (°C) | Temperatura Corregida (°C) |
|--------------|-----------|------------------|----------------------------|
| 0,54 | 5 | 40 | 41,179 |
| 1,50 | 10 | 44 | 45,194 |
| 4,19 | 20 | 51 | 52,221 |
| 6,12 | 30 | 60 | 61,255 |
| 7,55 | 40 | 71 | 72,296 |
| 9,20 | 50 | 87 | 88,356 |
| 10,36 | 60 | 99 | 100,402 |
| 11,56 | 70 | 110 | 111,443 |
| 13,22 | 80 | 121 | 122,485 |
| 15,28 | 90 | 132 | 133,526 |
| 17,36 | 93 | 138 | 139,549 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.2.3. Curva de destilación de la mezcla de gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

Tabla 6-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina, bio oil al 2 % y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

| Tiempo (min) | % Volumen | Temperatura (°C) | Temperatura Corregida (°C) |
|--------------|-----------|------------------|----------------------------|
| 1,03 | 5 | 44 | 45,194 |
| 1,49 | 10 | 50 | 51,217 |
| 3,33 | 20 | 61 | 62,259 |
| 4,30 | 30 | 73 | 74,304 |
| 5,35 | 40 | 85 | 86,349 |
| 6,44 | 50 | 97 | 98,394 |
| 7,51 | 60 | 109 | 110,439 |
| 9,02 | 70 | 120 | 121,481 |
| 10,24 | 80 | 135 | 136,537 |
| 12,01 | 90 | 149 | 150,590 |
| 13,58 | 92 | 150 | 151,594 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.2.4. Curva de destilación de la mezcla de gasolina extra con bio oil al 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

Tabla 7-4: Datos obtenidos de la destilación ASTM – Gasolina, bio oil al 5 % y nanopartículas.

| Tiempo (min) | % Volumen | Temperatura (°C) | Temperatura Corregida (°C) |
|--------------|-----------|------------------|----------------------------|
| 1,45 | 5 | 53 | 54,228 |
| 2,07 | 10 | 58 | 59,247 |
| 3,05 | 20 | 66 | 67,277 |
| 4,16 | 30 | 78 | 79,323 |
| 5,22 | 40 | 90 | 91,368 |
| 6,23 | 50 | 102 | 103,413 |
| 7,25 | 60 | 113 | 114,454 |
| 8,35 | 70 | 125 | 126,500 |
| 9,46 | 80 | 140 | 141,556 |
| 13,52 | 93 | 176 | 177,692 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.2.5. Comparación de los resultados obtenidos de la destilación de cada muestra

Tabla 8-4: Comparación de los resultados obtenidos de la destilación de cada muestra.

| % Volumen | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Temperatura °C | Temperatura °C | Temperatura °C | Temperatura °C |
| 5 | 40,18 | 41,18 | 45,19 | 54,23 |
| 10 | 45,19 | 45,19 | 51,22 | 59,25 |
| 20 | 51,22 | 52,22 | 62,26 | 67,28 |
| 30 | 59,25 | 61,25 | 74,30 | 79,32 |
| 40 | 68,28 | 72,30 | 86,35 | 91,37 |
| 50 | 81,33 | 88,36 | 98,39 | 103,41 |
| 60 | 96,39 | 100,40 | 110,44 | 114,45 |
| 70 | 107,43 | 111,44 | 121,48 | 126,50 |
| 80 | 119,47 | 122,48 | 136,54 | 141,56 |
| 90 | 130,51 | 133,53 | 150,59 | 167,65 |
| 93 | 136,54 | 139,55 | 151,59 | 177,69 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

La destilación atmosférica se utiliza para derivados del petróleo y combustibles líquidos con el fin de separar productos más livianos y determinar los puntos de ebullición en función de la temperatura y el volumen de condensados. Por este método se puede graficar las curvas de destilación y en base a los puntos de ebullición generados se puede determinar diferentes cortes como gas, nafta liviana, nafta pesada, queroseno, diésel, lubricantes, etc. componentes que se encuentran presentes en el crudo o derivados del petróleo.

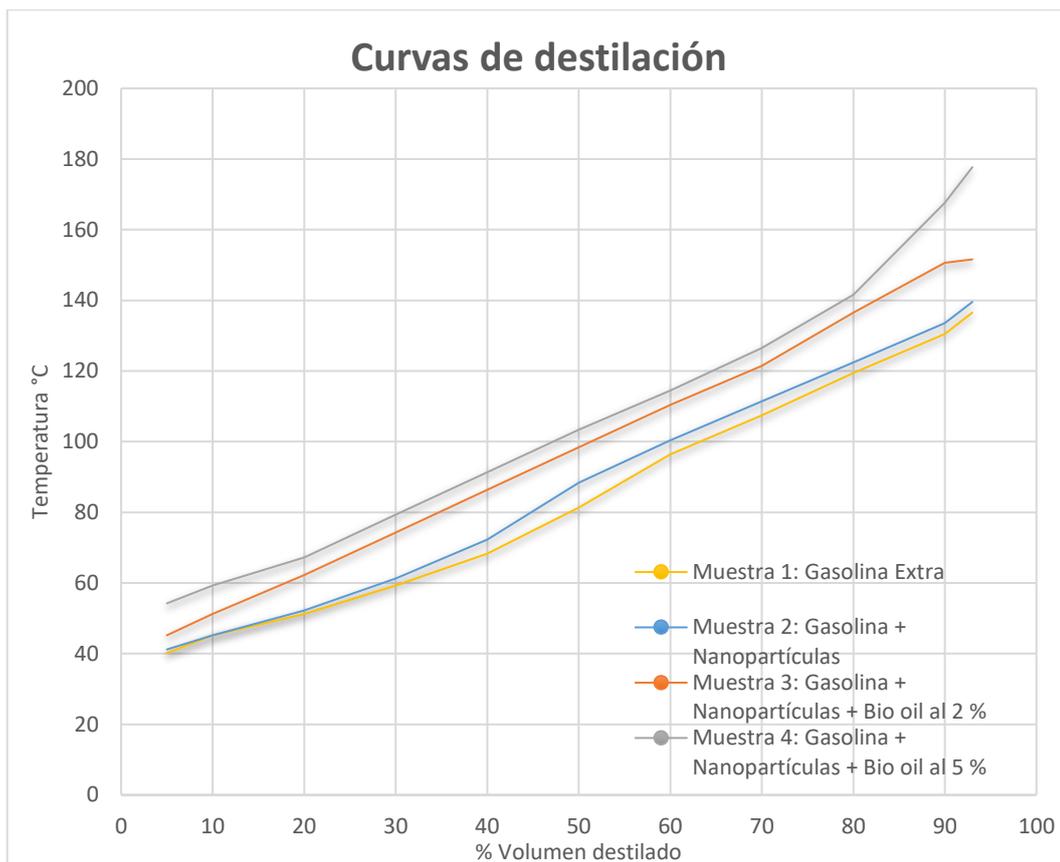


Ilustración 1-4: Curva de destilación de las muestras

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

En la Ilustración 1-4, se puede comparar las curvas de destilación de las diferentes mezclas, siendo la mezcla de gasolina con nanopartículas la que menor temperatura necesita para destilarse, dado que las nanopartículas liberan energía la cual se transforma en calor, logrando el incremento de la temperatura en corto tiempo. Como lo manifiesta Heras, et al, (2014, p. 5): “las pequeñas explosiones que produjeron las nanopartículas en el interior del combustible, generaron la evaporación del mismo”. La mezcla de gasolina con bio oil al 5 % y nanopartículas, es la que más temperatura necesita para destilarse, debido a un mínimo porcentaje de agua que posee el bio oil causando la formación de azeótropos con hidrocarburos tipo C5 disminuyendo las temperaturas de ebullición de los hidrocarburos presentes en la mezcla. Según Torre et al. (2016, p. 80), el efecto más pronunciado para este fenómeno se puede observar entre el 20% y el 50% de la curva de destilación; esto hace que se incremente el índice de cierre de vapor, pero sin salirse del valor máximo recomendado: 120. Dentro de los resultados obtenidos en la investigación, la destilación de la M3, al 20% tiene una temperatura de 67,28°C y al 50% tiene una temperatura del 103,41°C, lo que indica que está dentro del valor máximo recomendado de la norma ASTM D-86.

En el estudio realizado por (Castillo, et al., 2012, p. 10), se analizó la mezcla de gasolina con biocombustible, el cual aumenta la presión de vapor y, por ende, disminuye la temperatura de ebullición de las especies de hidrocarburos presente. Las principales variaciones en las curvas de

destilación corresponden al valor de la T_{50} , el cuál cambia según el origen de los aditivos que se colocó en la gasolina estándar; en este caso, el cambio del T_{50} se debe al efecto de la adición de etanol en el punto de ebullición de los alifáticos, y acorde a lo que otros investigadores han reportado para mezclas gasolina-etanol en donde se ha apreciado que los principales cambios en las curvas de destilación ocurren entre T_{10} y T_{40} . Los valores de T_{90} y la temperatura final de ebullición no se ven alterados significativamente ni para las mezclas con gasolina estándar, ni para las mezclas con gasolina Premium por ser este el intervalo de ebullición de los compuestos aromáticos. Otro estudio realizado por (Aguilongo 2022, p. 31) en el cual realizó la caracterización de mezclas de gasolina extra comercial con bio oil, determina que la muestra que posee una volatilidad excelente es la mezcla del 10% de bio oil con gasolina extra, donde aumenta su temperatura con una mayor cantidad de destilado, esto se debe a que el bio oil se encuentra en más cantidad en comparación con el resto de mezclas el mismo que posee componentes volátiles ayudando a su pronta evaporación.

En comparación con los resultados de la presente investigación la mezcla de gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de Fe_2O_3 , presenta mayor volatilidad de gases, consiguiendo el aumento de temperatura, por tanto, mayor cantidad de destilado. Esto, debido a la acción de las nanopartículas que actúan como catalizadores, incrementando el calor de la mezcla logrando una pronta evaporización. Así, las mezclas de gasolina, nanopartículas y bio oil al 2% y 5% pueden influir significativamente en la eficiencia de arranque y encendido del automotor debido a sus temperaturas más altas de operación (Segovia et al., 2022, p. 3).

4.3. Análisis de la viscosidad

Tabla 9-4: Datos experimentales para determinación de la viscosidad

| Muestra | Norma | Temperatura °C | RPM | Viscosidad dinámica (cP) | Densidad H_2O (g/cm^3) |
|---|----------|-------------------|-----|--------------------------------|---------------------------------|
| Gasolina extra y nanopartículas Fe_2O_3 | INEN 810 | 25,3 | 50 | 0,87 | 0,99705 |
| Gasolina extra, bio oil al 2% y nanopartículas de Fe_2O_3 | INEN 810 | 25,3 | 50 | 0,79 | |
| Gasolina extra, bio oil al 5% y nanopartículas de Fe_2O_3 | INEN 810 | 25,3 | 50 | 0,77 | |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

Muestra 1: Gasolina extra y nanopartículas

- **Densidad del fluido**

$$\text{Densidad del fluido} = \rho_r * \rho_w$$

$$\rho_r \text{ muestra 1} = 0,744$$

$$\text{Densidad del fluido} = 0,744 * 0,99705$$

$$\text{Densidad del fluido} = 0,741 \frac{g}{cm^3}$$

- **Cálculo de la viscosidad cinemática**

$$U = \text{Densidad del fluido} * V_{\text{cinemática}} \text{ en } \frac{cm^2}{s}$$

$$V_{\text{cinemática}} \text{ en } \frac{cm^2}{s} = \frac{U}{\text{Densidad del fluido}}$$

$$V_{\text{cinemática}} = \frac{0,87 \text{ cP} * \frac{0,01 \frac{g}{cm * s}}{1 \text{ cP}}}{0,741 \frac{g}{cm^3}}$$

$$V_{\text{cinemática}} = 0,0117 \frac{cm^2}{s} = 1,17 \text{ cSt}$$

Muestra 2: Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas

- **Densidad del fluido**

$$\text{Densidad del fluido} = \rho_r * \rho_w$$

$$\rho_r \text{ muestra 1} = 0,748$$

$$\text{Densidad del fluido} = 0,748 * 0,99705$$

$$\text{Densidad del fluido} = 0,746 \frac{g}{cm^3}$$

- **Cálculo de la viscosidad cinemática**

$$U = \text{Densidad del fluido} * V_{\text{cinemática}} \text{ en } \frac{cm^2}{s}$$

$$V_{\text{cinemática}} \text{ en } \frac{cm^2}{s} = \frac{U}{\text{Densidad del fluido}}$$

$$V_{\text{cinemática}} = \frac{0,79 \text{ cP} * \frac{0,01 \frac{\text{g}}{\text{cm} * \text{s}}}{1 \text{ cP}}}{0,746 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$V_{\text{cinemática}} = 0,01058 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = 1,058 \text{ cSt}$$

Muestra 3: Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas

- **Densidad del fluido**

$$\text{Densidad del fluido} = \rho_r * \rho_w$$

$$\rho_r \text{ muestra 1} = 0,753$$

$$\text{Densidad del fluido} = 0,753 * 0,99705$$

$$\text{Densidad del fluido} = 0,751 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

- **Cálculo de la viscosidad cinemática**

$$U = \text{Densidad del fluido} * V_{\text{cinemática}} \text{ en } \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$V_{\text{cinemática}} \text{ en } \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = \frac{U}{\text{Densidad del fluido}}$$

$$V_{\text{cinemática}} = \frac{0,77 \text{ cP} * \frac{0,01 \frac{\text{g}}{\text{cm} * \text{s}}}{1 \text{ cP}}}{0,751 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$V_{\text{cinemática}} = 0,01025 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = 1,025 \text{ cSt}$$

Tabla 10-4: Resultados de la determinación de la viscosidad

| Muestra | Viscosidad cinemática (cSt) | Viscosidad dinámica (cP) |
|---|-----------------------------|--------------------------|
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 1,17 | 0,87 |
| Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 1,058 | 0,79 |
| Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 1,025 | 0,77 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

La viscosidad dinámica de las muestras son inferiores al 1 cP, y esto depende en el caso de los fluidos puros del estado termodinámico y la dependencia de sus pares de propiedades variables temperatura y presión (T, p) o temperatura y densidad (T, ρ) y en el caso de mezclas se añade la dependencia de la composición (Zambrano, 2017, p. 9). También al ser una mezcla de gasolina comercial con nanopartículas y biocombustible al 2 % y 5 %, tiene una cantidad considerable de hidrocarburos con fracciones líquidas aproximadas al 80 % y una composición relativa entre C₆ y C₂₀, además el biocombustible obtenido por pirólisis térmica de 75 % de poliestireno (PS) y 25 % de polipropileno (PP) tienen una viscosidad cinemática de 1,12 cSt y al mezclar con la gasolina disminuye su viscosidad a 1,058 y 1,025 por las concentraciones al 2 % y 5 % de bio oil respectivamente (Palmay et al., 2012, p. 15). Según Jaramillo (2007, p. 1), la gasolina posee una viscosidad de 0,4 a 0,5 cP y esto permite constatar que el bio oil al mezclarse con la gasolina extra disminuye la viscosidad por su contenido de hidrocarburos aromáticos. De igual forma las nanopartículas de Fe₂O₃ al no disolverse en el medio, por su naturaleza magnética tienden a quedarse suspendidas en la mezcla por lo que no alteran significativamente la viscosidad del fluido.

4.4. Flash point

Tabla 11-4: Determinación del flash point

| Muestra | Norma | Temperatura | Punto de ignición |
|--|-----------|-------------|-------------------|
| Gasolina extra | ASTM D-93 | 18 °C | < T. Ambiente |
| Gasolina + Nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | ASTM D-93 | 18 °C | < T. Ambiente |
| Gasolina + Nanopartículas de Fe ₂ O ₃ + Bio oil al 2 % | ASTM D-93 | 18 °C | < T. Ambiente |
| Gasolina + Nanopartículas de Fe ₂ O ₃ + Bio oil al 5 % | ASTM D-93 | 18 °C | < T. Ambiente |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

La normativa ASTM D-93 es un estándar técnico que establece los métodos de prueba y las especificaciones para la determinación del punto de inflamación de los líquidos inflamables y combustibles. La normativa se utiliza para evaluar la seguridad de los combustibles y los líquidos inflamables, y se considera una medida importante de la inflamabilidad de un material (ASTM 2005, p. 1-3). El punto de inflamación de la gasolina extra suele ser de alrededor de -40 °C a 38 °C (-40 °F a 100 °F), dependiendo de la calidad y composición exacta del combustible.

4.5. Octanaje

Tabla 12-4: Resultados de la prueba de octanaje

| Muestra | Determinación | Unidad | Método/Técnica | Resultado |
|---|------------------|--------|--|-----------|
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | Número de octano | RON | Correlación con el método ASTM 2699 (Espectroscopía) | 87,5 |
| Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | Número de octano | RON | Correlación con el método ASTM 2699 (Espectroscopía) | 89,8 |
| Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | Número de octano | RON | Correlación con el método ASTM 2699 (Espectroscopía) | 88,3 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

En la Tabla 12-4 se detalla los resultados obtenidos de las muestras donde se evidencia un incremento de octanaje. En la muestra 1, gasolina extra con nanopartículas hubo un incremento del 2,74%, siendo un valor superior a la gasolina extra. En la muestra 2, gasolina extra con bio oil (2%) y nanopartículas, el incremento fue del 5,64% en comparación con el combustible pero es inferior al estudio de (Agualongo 2022, p. 57), en donde se obtiene un valor de 6,05%. En la muestra 3, gasolina extra con bio oil (5%) y nanopartículas, el incremento fue de 3,88% en comparación con el combustible pero inferior al estudio de (Agualongo 2022, p. 57), en donde se obtiene un valor del 21%.

Tanto en el resultado de la muestra 2 y 3 se evidencia un descenso del nivel de octanaje de las mezclas estándar del estudio de (Agualongo 2022, p. 57), a la metodología que se empleó. En la cual, se indica que la mezcla de gasolina con nanopartículas se debe agitar por un periodo más prologando para una mejor dispersión y con una fuente de calor, pasado este periodo se procede a colocar el bio oil. En este caso, el bio oil al no tener un periodo de agitación con la mezcla, disminuye su efecto acelerante en la gasolina obteniendo como resultado un incremento mínimo en el octanaje de las mezclas realizadas. Sin embargo, se determinó que la muestra con mayor octanaje fue de gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe₂O₃. Debido a la homogeneidad de la mezcla y las condiciones en las cuales se realizó el experimento.

4.6. Pruebas de funcionamiento, dinamómetro

4.6.1. Torque y potencia

Tabla 13-4: Resultados de la prueba de torque y potencia.

| Muestra | RPM | Potencia de motor (hp) | Torque de motor (lb/ft) |
|---|------|------------------------|-------------------------|
| Estándar | 4200 | 73,09 | 90,8 |
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 4200 | 67,58 | 84,6 |
| Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 4200 | 72,3 | 90,08 |
| Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 4200 | 71,2 | 88,73 |

Fuente: (Mundo Tuerca 2023, p. 1-10)

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

4.6.2. Gasolina extra

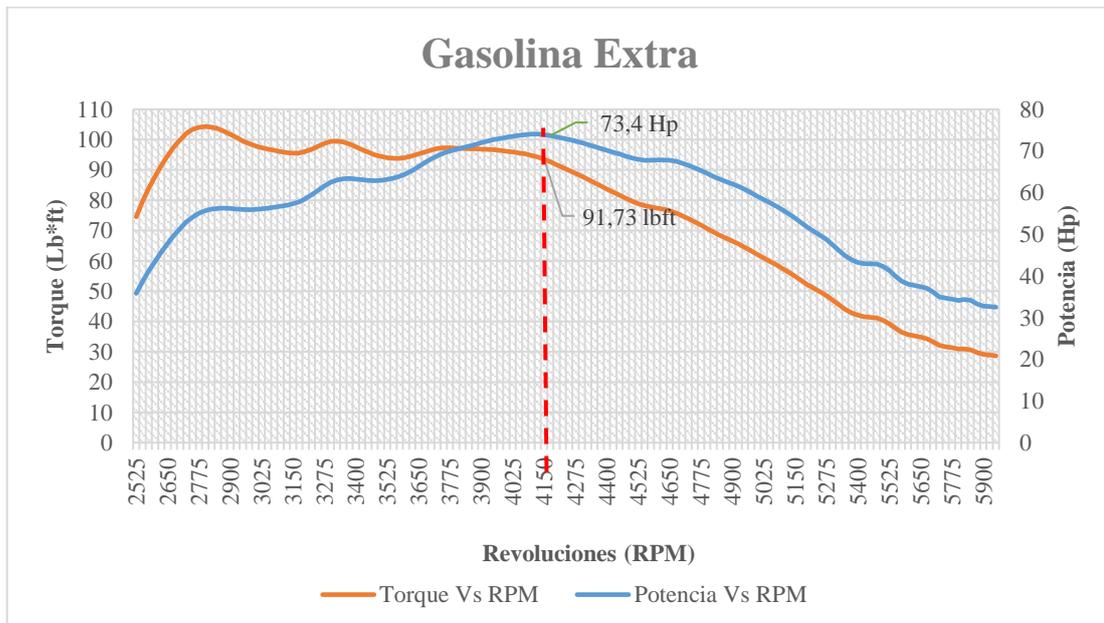


Ilustración 2-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.6.3. Gasolina extra nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

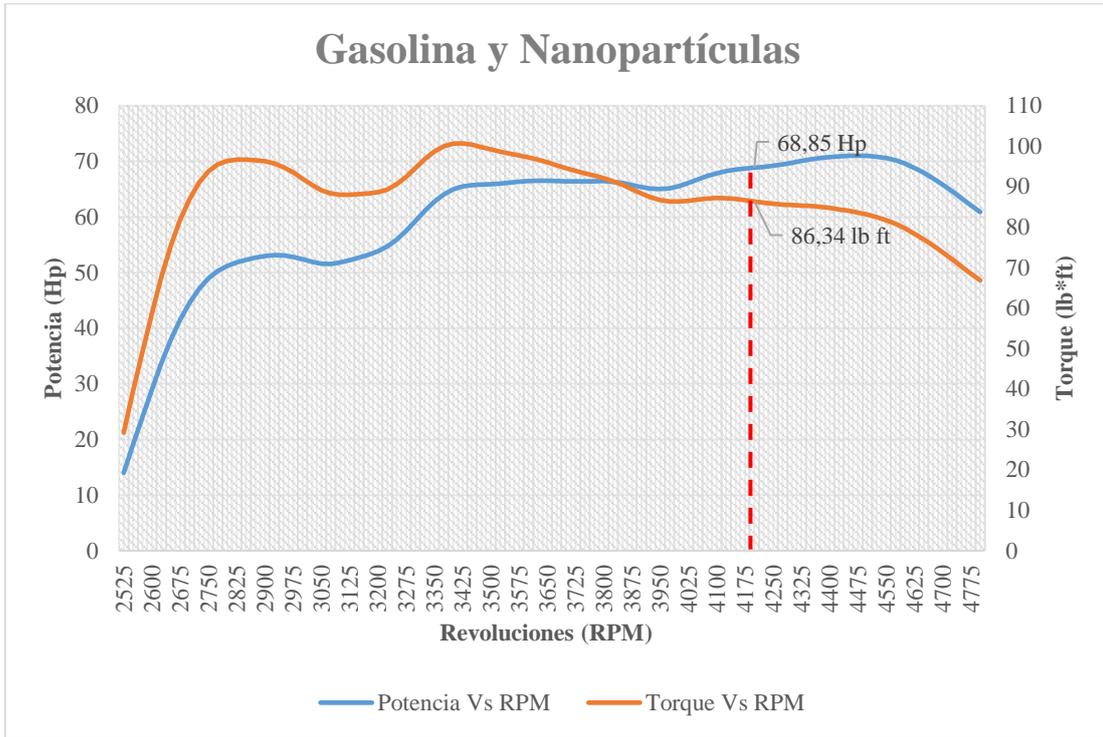


Ilustración 3-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.6.4. Gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

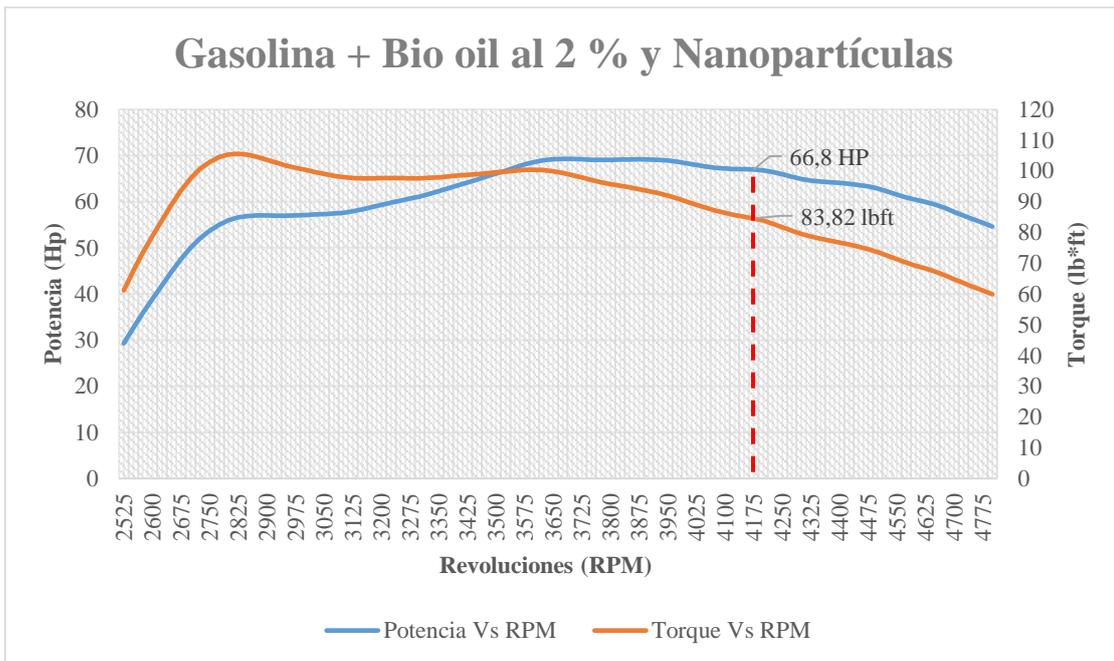


Ilustración 4-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.6.5. Gasolina extra con bio oil al 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

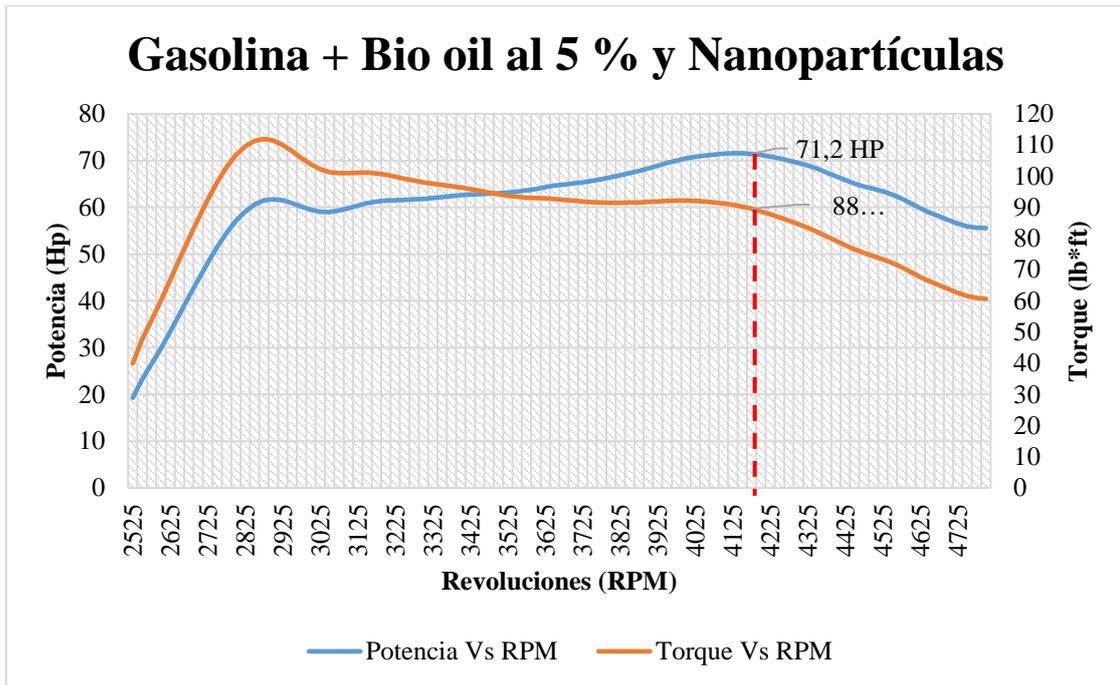


Ilustración 5-4: Curva de Torque Vs RPM y Potencia Vs RPM

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023.

4.6.6. Comparación de los resultados obtenidos de cada muestra

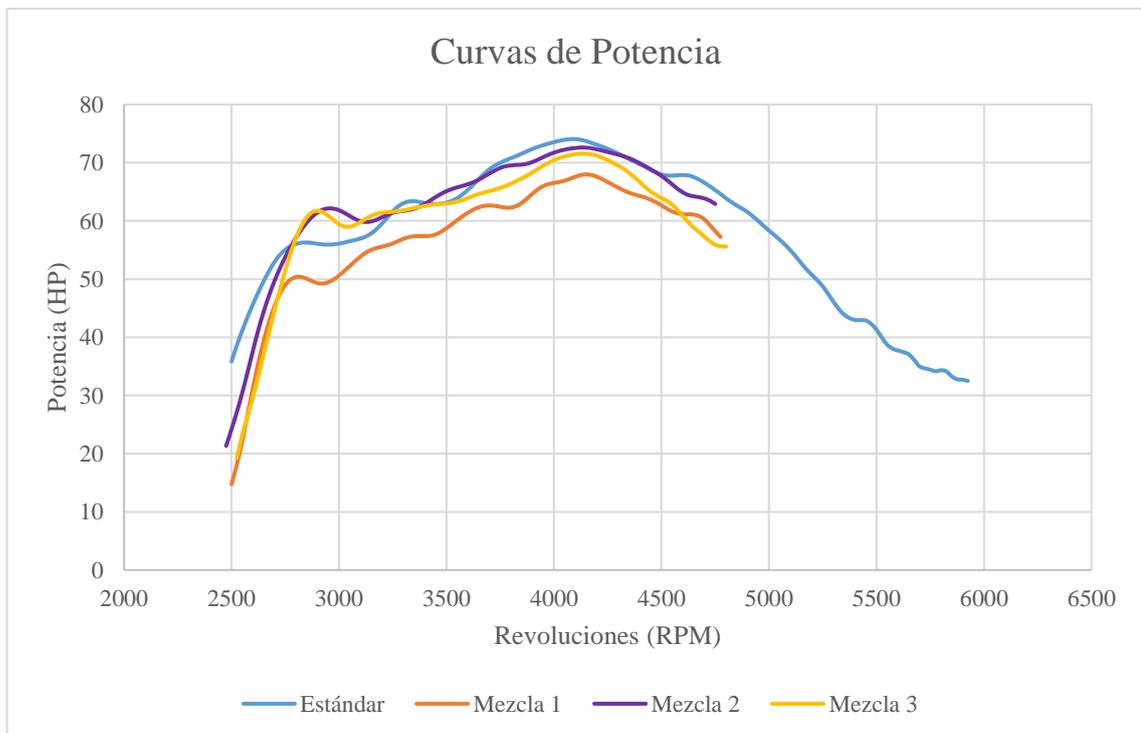


Ilustración 6-4: Curva de Potencia Vs RPM de las muestras

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

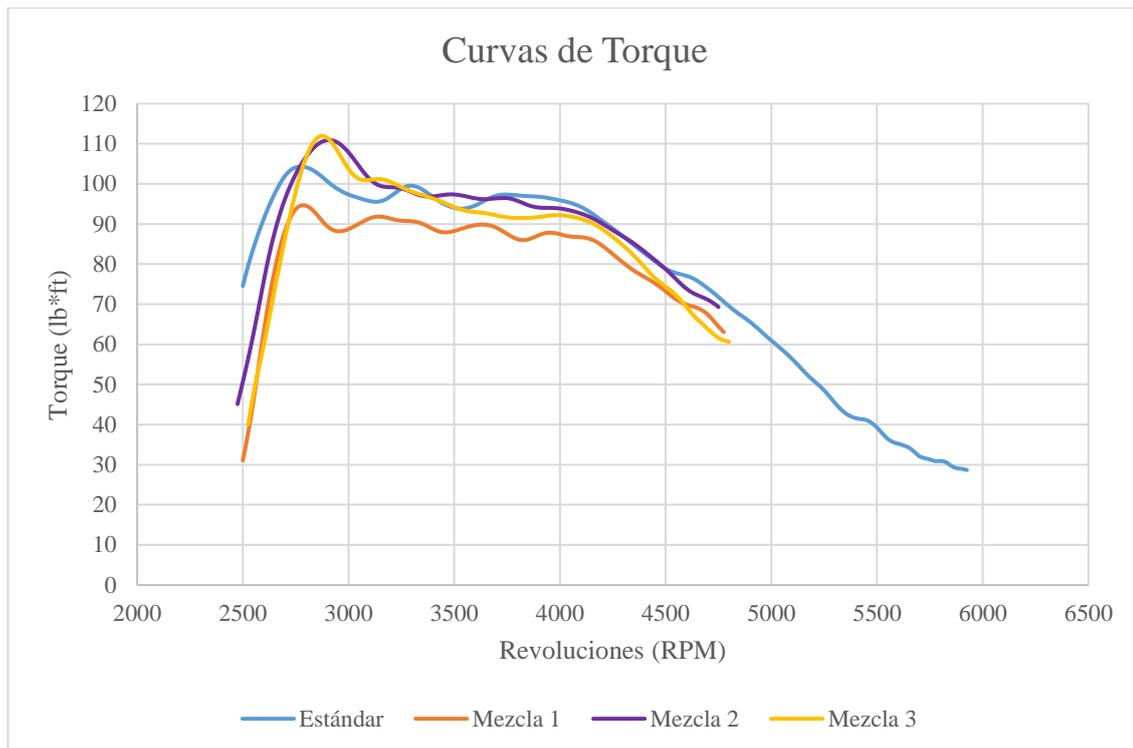


Ilustración 7-4: Curva de Torque Vs RPM de las muestras

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

En la Ilustración 7-4, se puede observar las curvas de potencia de cada una de las muestras obtenidas de un dinamómetro de rodillos marca DYNOCOM Wheel, que utiliza la normativa americana SAE J1349 y un automóvil de la marca Kia Stonic 2021 motor 1.0 Turbo a condiciones de la ciudad de Riobamba (542,036 mmHg, 20,6 °C y 29 % Humedad). Se revisó la ficha técnica del automóvil al ser turbo tiene una relación de compresión de 10, es decir, un motor con turbo tiene un sistema de sobrealimentación que comprime más aire en la cámara de combustión antes de que entre la gasolina, lo que aumenta la potencia y el rendimiento del motor (Ortiz, 2008, p. 92). Se realizaron las pruebas y se evidenció que el motor generaba mayor potencia y torque a partir de las 3500 – 4200 RPM; demostrando que la mezcla 2, compuesta de gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe_2O_3 posee un torque de 90,08 lb*ft y una potencia de 72,3 Hp similares al estándar (gasolina extra) con un torque de 90,8 lb*ft y una potencia de 73,09 Hp. Mientras que la mezcla 1 (gasolina extra con nanopartículas) tuvo una reducción de la potencia en % 7,53 y el torque en 6,82 %. Otros autores Valihesari et al. (2019, p. 8), en su investigación utilizaron nanopartículas de Fe_2O_3 con gasolina e hicieron pruebas en un motor de 4 velocidades y obtuvieron mejor potencia (37,20 Kw) y torque (112,21 Nm) a 3000 RPM con una reducción de emisiones contaminantes. En otro estudio, publicado en la revista "Renewable and Sustainable Energy Reviews" en 2013, se encontró que la adición de un 5% de bio oil a la gasolina aumentó la potencia y el torque en un motor de 2 tiempos. Sin embargo, los resultados variaron dependiendo del tipo de bio oil utilizado y las condiciones operativas. Es importante destacar que

la máxima potencia se logra en un régimen de revoluciones por minuto (RPM) alto, mientras que el máximo torque se logra en un régimen de (RPM) más bajo. En el estudio realizado por (Yaqoob et al. 2022, p. 10), demostró que el uso de nanopartículas de Fe_2O_3 atribuye oxígeno adicional que reacciona con el oxígeno (O_2) presente en el aire de entrada para producir especies altamente activas que ayudan en la combustión completa del combustible. La presencia de exceso de oxígeno (O_2) en Fe_2O_3 permite la quema de más moléculas de combustible, lo que resulta en una mayor eficiencia energética. En este análisis, se encontró que la máxima eficiencia energética para una mezcla de gasolina y 40 mg/L de Fe_2O_3 , fue del 21.94% a una carga del motor de 8 Nm.

4.7. Emisión de gases

4.7.1. Método indirecto

4.7.1.1. Captadores pasivos de NO_2

Las muestras de los captadores pasivos se deben medir en un espectrofotómetro UV-visible a una longitud de onda 541 nm para determinar la cantidad de absorbancia de las mismas. Por lo tanto, se debe preparar Reactivo de Griess formado por dos componentes principales:

- Solución A: Ácido sulfanílico más ácido acético 5 N
- Solución B: α Naftilamina más ácido acético 5 N

Se procede a preparar 50 ml de reactivo de Griess para analizar 6 tubos con la solución captadora de NO_2 en la Tabla 14-4, se especifica las cantidades exactas. Una vez preparado el reactivo de Griess se debe colocar 5 ml de la solución A y 5 ml de la solución B en las muestras con los captadores pasivos, se deja reposar 20 minutos y se podrá observar que la solución final cambiará de color a una tonalidad rosa o fucsia y la intensidad del color dependerá de la cantidad de NO_2 que están absorbidos (Miranda 2017, pp. 24-25).

Para la medición en el espectrofotómetro se debe calibrar con agua destilada y posteriormente se coloca una pequeña cantidad de la muestra en la celda de cuarzo para su respectiva lectura de absorbancia. Una vez medida todas las muestras a la longitud de onda de 541nm se debe reportar los datos a ppm, por lo que se debe utilizar una curva de calibración (Miranda 2017, pp. 24-25).

Tabla 14-4: Reactivo de Griess.

| Solución A | | Solución B | |
|-------------------|----------|---------------|----------|
| Ácido Sulfanílico | 0,4 g | α Naftilamina | 0,25 g |
| Ácido Acético | 14,29 ml | Ácido Acético | 14,29 ml |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

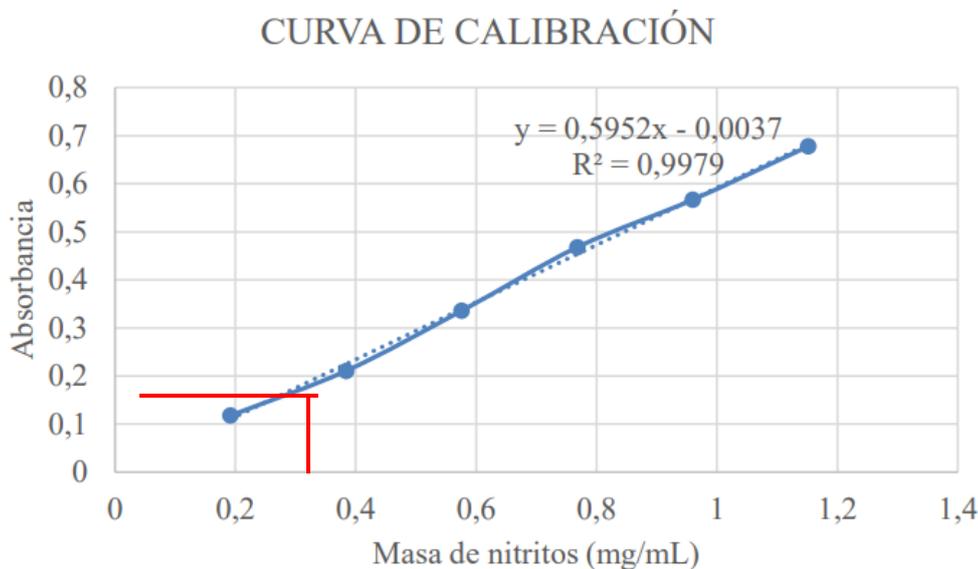


Ilustración 8-4: Curva de calibración respecto a la masa nitritos

Fuente: (Nieto 2019, p. 40)

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

Tabla 15-4: Datos obtenidos de la calibración

| Muestras | Absorbancia a 541 nm | Concentración de NO ₂ (ppm) |
|------------------|----------------------|--|
| Tubo 1: Estándar | 0,169 | 0,338 |
| Tubo 2: Mezcla 1 | 0,158 | 0,316 |
| Tubo 3: Mezcla 2 | 0,092 | 0,184 |
| Tubo 3: Mezcla 2 | 0,089 | 0,178 |
| Tubo 4: Mezcla 3 | 0,163 | 0,326 |
| Tubo 4: Mezcla 3 | 0,181 | 0,362 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R.,2023

Los resultados obtenidos mediante los captadores pasivos de NO₂ demuestran que la mezcla 2 “M2” gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe₂O₃ es la que menor cantidad de emisiones de NO₂ produce cuando se utiliza en un motor de combustión interna con una disminución del 44,48 – 45 % comparado con la muestra estándar de gasolina extra. De esta manera se puede constatar que las nanopartículas de óxido de hierro ayudan a reducir las emisiones y según la cantidad permitida de dióxido de nitrógeno NO₂ en los vehículos de

combustión interna depende de la regulación del país o la región en la que se encuentre. En la Unión Europea (UE), la normativa Euro 6 establece límites para la emisión de NO₂. Según esta normativa, a partir de septiembre de 2019, los vehículos nuevos no deben emitir más de 60 mg de NO₂ por kilómetro recorrido (Sánchez A 2020, p. 49).

4.7.2. Método directo

4.7.2.1. Testo

Tabla 16-4: Resultados de la medición de NO₂, NOx y eficiencia.

| Muestra | NO ₂ | NOx | Eficiencia |
|---|-----------------|------|------------|
| | Ppm | Ppm | % |
| Estándar | 0,4 | 60 | 84,5 |
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 0,3 | 51,3 | 82,9 |
| Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 0,2 | 29,4 | 89,5 |
| Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 0,3 | 45,3 | 83,2 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

En la Tabla 16-4, se detalla los valores de los ciclos de prueba de cada muestra: estándar, M1, M2 y M3, datos obtenidos del equipo Testo 340 (06323340) Flue gas analyzer. En la prueba estándar se tiene un valor de 60 ppm, el cual está dentro del parámetro de la norma NTE INEN 2204:2002 y la norma Euro 6, donde el límite de concentración NOx permitido en un vehículo de gasolina es de 60mg/Km. En cambio, los resultados de las tres mezclas se evidencia una reducción considerable de la emisión de NOx debido a la adición de nanopartículas de Fe₂O₃, las cuales son convertidores catalíticos que poseen un potencial de reducción de emisiones contaminantes, principalmente de los óxidos de nitrógeno (NOx) de motores de combustión interna.

También se detalla el valor de eficiencia de las cuatro muestras, donde la muestra de gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe₂O₃ tiene un valor del 89,5%, siendo el más alto por la combustión completa del combustible en el motor.

4.7.2.2. Analizador de gases de emisión

Tabla 17-4: Resultados de emisiones de gases.

| Muestra | CO | CO ₂ | HC | Λ | O ₂ | NO _x |
|---|-------|-----------------|-----|-------|----------------|-----------------|
| | % | % | ppm | - | % | Ppm |
| Estándar | 2,448 | 101,199 | 40 | 0,912 | 0,05 | 21,37 |
| Gasolina extra y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 0,222 | 124,3 | 1 | 0,931 | 0,05 | 14,16 |
| Gasolina extra, bio oil al 2 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 0,202 | 149,80 | 0 | 1,007 | 0,03 | 8,50 |
| Gasolina extra, bio oil al 5 % y nanopartículas de Fe ₂ O ₃ | 0,334 | 148,1 | 0 | 0,992 | 0,04 | 9,33 |

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

En la Tabla 17-4, se detallan los valores de los ciclos de pruebas de cada muestra: estándar, M1, M2 y M3, datos obtenidos del equipo “Analizador de gases de emisión MAHA MET6”, en el cual los resultados dentro del parámetro de análisis de CO₂ en las M1, M2 y M3 existe un incremento, esto debido a la adición de nanopartículas, las cuales actúan como un catalizador, acelerando la reacción interna que se produce en el cilindro del motor, logrando una mejor comprensión interna y retardando la detonación del combustible, esto se argumenta con el incremento del octanaje que se obtuvo de las mezclas, ya que gasolina con mayor octanaje soporta mejor la presión sin explotar antes que salte la chispa. En el análisis realizado de CO, la M1, M2 y M3 presenta una reducción porque el carbono se oxida y se convierte en dióxido de carbono por lo tanto disminuye el monóxido de carbono al igual que el oxígeno. Dentro del análisis realizado de hidrocarburos no quemados (HC) la cual representa los hidrocarburos que salen del motor sin quemarse, cuyos resultados están en comparación con la muestra estándar, se pudo apreciar una reducción muy notable del 90,47% de la M1, en la cambio en la M2 y M3 dio un resultado de 0 ppm porque la reacción de combustión fue completa.

El análisis del lambda, es la relación en peso aire/combustible real que tiene el motor en funcionamiento. Los valores obtenidos de las cuatro muestras se acercan a 1, lo cual indica que el aire y el combustible han sido mezclados correctamente dentro del motor.

4.7.2.3. Gasolina extra

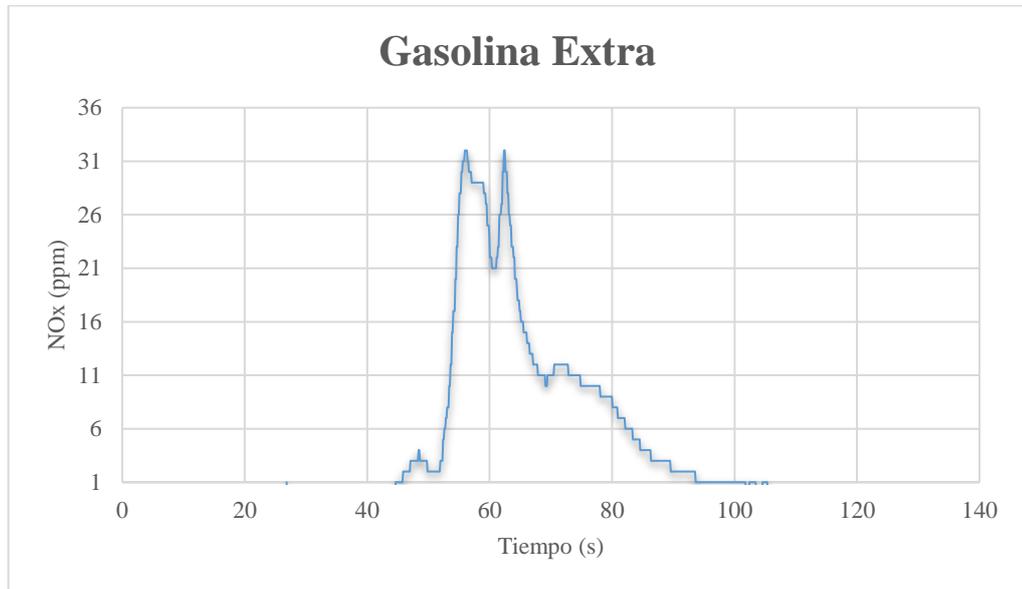


Ilustración 9-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

4.7.2.4. Gasolina extra nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

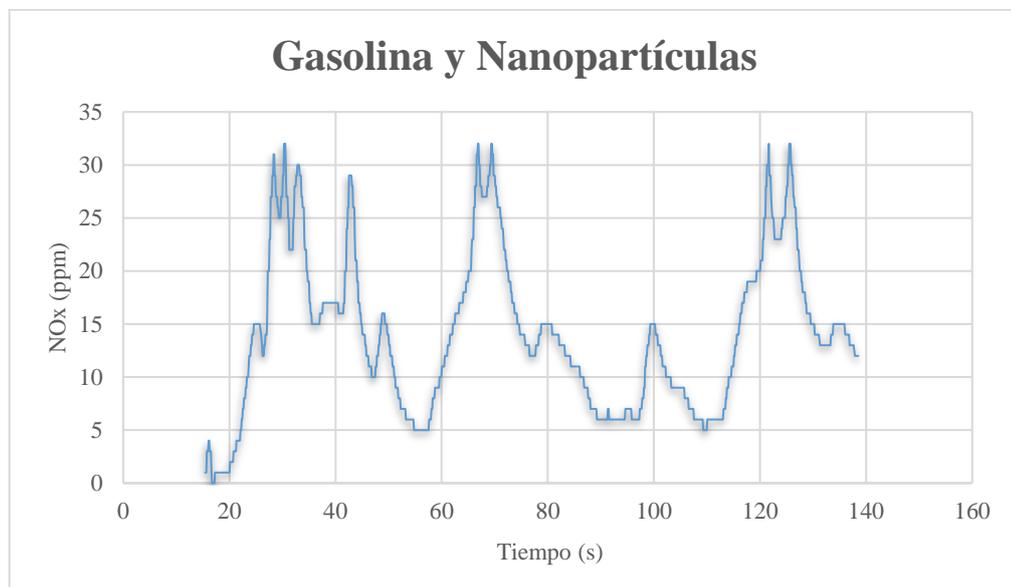


Ilustración 10-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

4.7.2.5. Gasolina extra con bio oil al 2% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

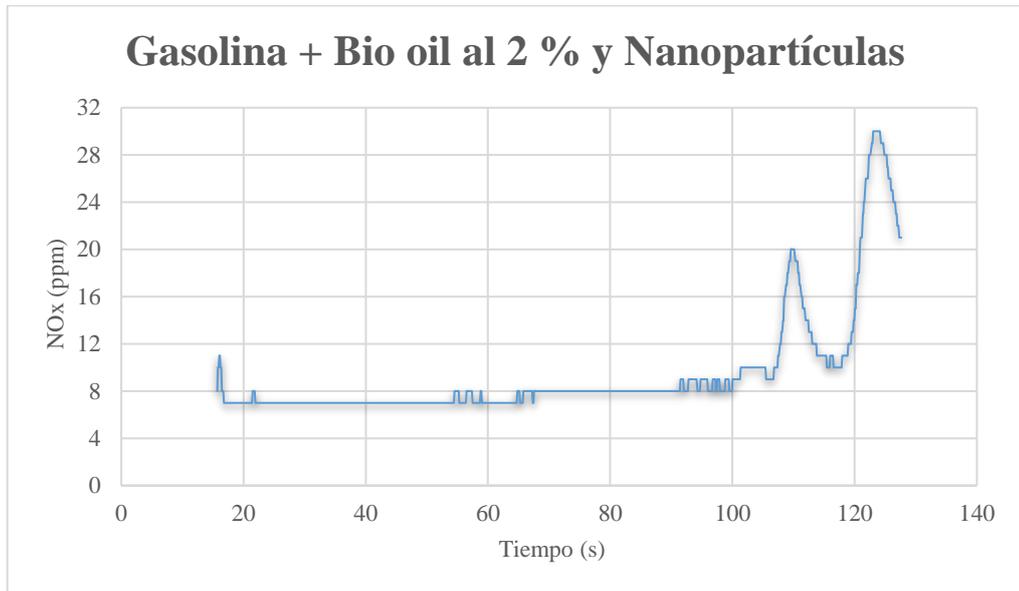


Ilustración 11-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

4.7.2.6. Gasolina extra con bio oil al 5% y nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)

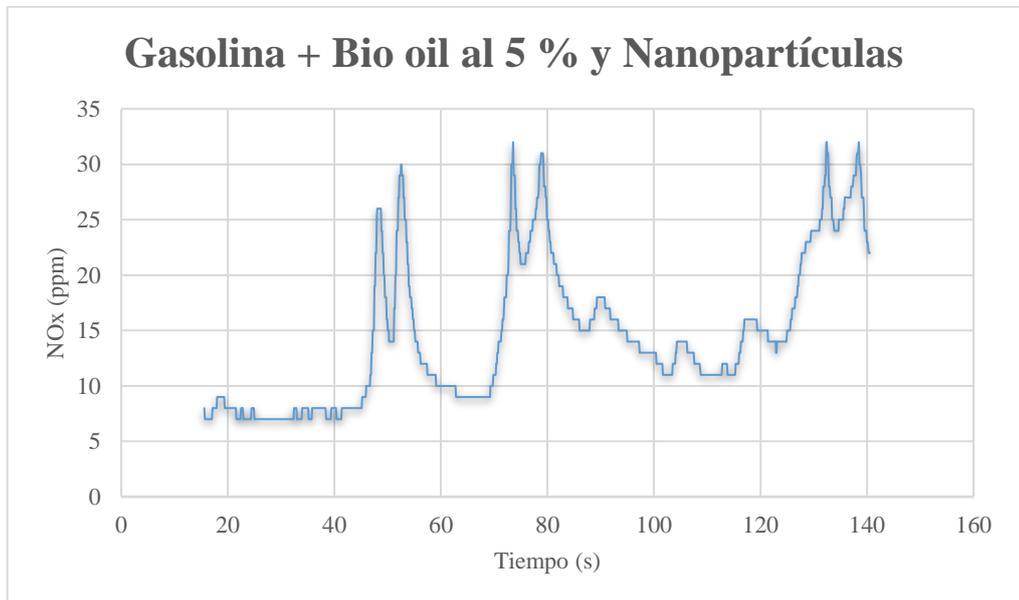


Ilustración 12-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

4.7.2.2.5 Comparación de los resultados obtenidos de cada muestra

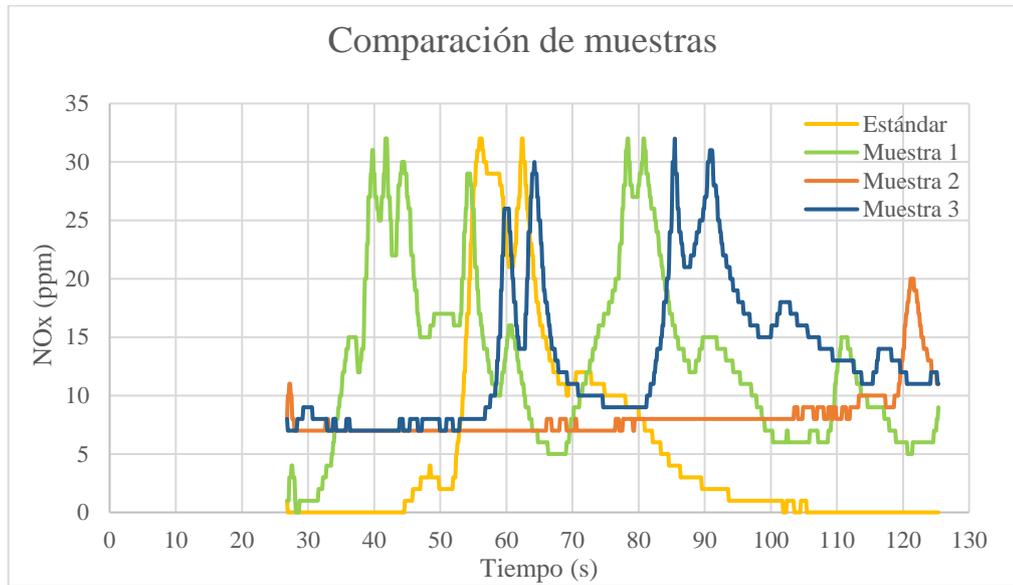


Ilustración 13-4: Gráfica de Tiempo Vs Concentración de NOx

Realizado por: Quinaluisa D., & Robalino R., 2023

En la Ilustración 13-4, se observa los ciclos de pruebas de cada muestra: estándar, M1, M2 y M3. Donde se observa que la M2 se mantiene constante en un periodo de tiempo además se reduce la concentración de NOx considerablemente de 8,50 ppm a comparación de la estándar 21,370 ppm esto debido que en la M2 se utilizó nanopartículas de óxido de hierro, las cuales actúan como un catalizador para disminuir la concentración de gases contaminantes, en este caso del NOx. Según Heras, et al. (2014, p. 7), al utilizar nanopartículas en mezcla de gasolina con bio oil, provoca una reacción donde se genera pequeñas explosiones en el interior de la mezcla, generando la evaporación del mismo logrando una mejor relación combustible/aire, por lo tanto una mejor combustión, consiguiendo la reducción NOx.

4.8. Análisis estadístico

4.8.1. Tamaño de muestra

Población finita:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

Z= Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

e= Error de estimación máximo aceptado

p= probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q= probabilidad de que no ocurra el evento (1-p)

- **Cálculo del tamaño de la muestra**

N= 92

Z= 1,96

e= 5,00%

p= 50 %

q= 50 %

$$n = \frac{92 * 1,96^2 * 50 * 50}{5^2 * (92 - 1) + 1,96^2 * 50 * 50}$$

$n = 74$ *Tamaño de muestra*

4.8.1.1. Muestra estándar: Gasolina Extra

Tabla 18-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 3621,96 | 3662,5 | -40,54 |
| Varianza | 379913,574 | 440781,25 | -60867,68 |
| Desviación estándar | 616,371 | 663,914 | -47,542 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 19-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 61,67 | 63,569 | -1,90 |
| Varianza | 84,93 | 73,914 | 11,02 |
| Desviación estándar | 9,216 | 8,597 | 0,62 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 20-4: Muestreo simple aleatorio del torque

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 92,44 | 92,135 | 0,31 |
| Varianza | 82,97 | 74,662 | 8,30 |
| Desviación estándar | 9,109 | 8,641 | 0,47 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Muestra 1: Gasolina extra y nanopartículas

Tabla 21-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 3708,45 | 3637,5 | 70,95 |
| Varianza | 462402,004 | 440781,25 | 21620,75 |
| Desviación estándar | 680,001 | 663,914 | 16,088 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 22-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 56,87 | 56,8659783 | 0,01 |
| Varianza | 137,745293 | 114,210859 | 23,53 |
| Desviación estándar | 11,736 | 10,687 | 1,050 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 23-4: Muestreo simple aleatorio del torque

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 83,43 | 82,5319565 | 0,90 |
| Varianza | 118,147583 | 139,909683 | -21,76 |
| Desviación estándar | 10,870 | 11,828 | -0,959 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Muestra 2: Gasolina extra, nanopartículas y bio oil al 2 %

Tabla 24-4: Muestreo simple aleatorio de las revoluciones

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Media | 3705,74 | 3612,5 | 93,24 |
| Varianza | 436773,07 | 440781,25 | -4008,18 |
| Desviación estándar | 660,888 | 663,914 | -3,025 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 25-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|-----------|------------|-------------------|
| Media | 62,90 | 62,4273913 | 0,48 |
| Varianza | 112,61243 | 117,45958 | -4,85 |
| Desviación estándar | 10,612 | 10,838 | -0,226 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 26-4: Muestreo simple aleatorio del torque

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------|------------|-------------------|
| Media | 90,69 | 91,1431522 | -0,46 |
| Varianza | 173,872016 | 172,773989 | 1,10 |
| Desviación estándar | 13,186 | 13,144 | 0,042 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Muestra 3: Gasolina extra, nanopartículas y bio oil al 5 %**Tabla 27-4:** Muestreo simple aleatorio de las revoluciones

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------|------------|-------------------|
| Media | 3589,53 | 3662,5 | -72,97 |
| Varianza | 417568,609 | 440781,25 | -23212,64 |
| Desviación estándar | 646,195 | 663,914 | -17,718 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 28-4: Muestreo simple aleatorio de la potencia

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------|------------|-------------------|
| Media | 60,99 | 60,801413 | 0,19 |
| Varianza | 109,140812 | 107,846351 | 1,29 |
| Desviación estándar | 10,447 | 10,385 | 0,062 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

Tabla 29-4: Muestreo simple aleatorio del torque

| | Estimados | Parámetros | Error de muestreo |
|---------------------|------------|------------|-------------------|
| Media | 86,87 | 87,9628261 | -1,09 |
| Varianza | 204,537948 | 222,071379 | -17,53 |
| Desviación estándar | 14,302 | 14,902 | -0,600 |

Realizado por: Quinaluisa, D. & Robalino, R., 2023

El análisis estadístico se efectuó mediante el uso del software Excel, donde las variables son: revoluciones, potencia y torque obtenida de cada mezcla. Por ello, se empleó principalmente el muestreo aleatorio simple, asimismo se consideró el análisis de similitud, dado que permite determinar y comparar las estadísticas de las muestras, como la media o la varianza, con las estadísticas de la población total (gasolina y la mezcla de gasolina con bio oil y nanopartículas) para observar que tan similares resultan.

En el análisis se estableció 4 muestras de 4 poblaciones diferentes, las cuales son: gasolina extra (M1), gasolina y nanopartículas (M2), gasolina con bio oil al 2% y nanopartículas (M3) y gasolina con bio oil al 5% y nanopartículas. Para determinar cuál muestra se asemeja a la población total se compara el error de muestreo de la variable de potencia. En la M2, el error de muestreo se incrementó un 21,32% en comparación con la población total (M1). En la M3, el error de muestreo hubo una disminución considerable del 3,06% en comparación a la población total (M1). En la M4, el error de muestreo se incrementó un 11,71% en comparación a la población total (M1). Con los resultados obtenidos, se determinó que la M3 tienen una mayor similitud en los análisis estadísticos de media, varianza y desviación estándar con la de su población. Y esto se puede verificar con las pruebas realizadas en el dinamómetro de rodillo y la prueba de RON, donde posee un mejor rendimiento en un motor de combustión interna.

4.9 Aprobación de la hipótesis

Se comprobó que la adición de nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3) en las mezclas de gasolina extra comercial con bio oil mejoró el rendimiento, potencia y torque en el automóvil utilizando un dinamómetro de rodillo. Además, se evidencio la reducción de gases de emisión, principalmente del NOx.

CONCLUSIONES

- Se mejoraron las propiedades de mezclas de gasolina con la adición de aceite de pirólisis obtenido de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) mediante la incorporación de nanopartículas de Fe_2O_3 . De tal manera que se obtuvo un combustible de mayor octanaje, menor emisiones de gases y de excelente poder calorífico, además se propuso un valor agregado al bio oil con el objetivo de reducir el consumo de gasolina.
- Se prepararon mezclas de gasolina extra comercial, aceite de pirólisis al 2 % y 5 % de concentración volumétrica y la adición de nanopartículas de Fe_2O_3 . Se utilizó un agitador magnético con calentamiento durante todo el proceso y se logró obtener una mezcla homogénea con una dispersión total de las nanopartículas en el medio. Se pudo observar una buena afinidad entre la gasolina y el bio oil, evitando la solidificación de las parafinas. Sin embargo, las nanopartículas no se disolvieron y contribuyeron a darle a la mezcla final un color verde amarronado característico.
- Se caracterizaron cada una de las mezclas preparadas y se demostró que la mezcla de gasolina extra con bio oil al 2% y 40 mg/l de Fe_2O_3 presentaba un mejor octanaje de 89,8 en comparación con la mezcla de gasolina con bio oil al 5% y 40 mg/l, la cual tenía un octanaje de 88,3. Los °API disminuyeron ligeramente a 57,46, manteniéndose dentro de la norma como combustible liviano, y similar al °API de la gasolina extra comercial de 58,56. La viscosidad disminuyó pero se mantuvo dentro de los márgenes de una gasolina comercial, mientras que el punto de ignición fue mucho menor que la temperatura ambiente. Los puntos de ebullición no sufrieron cambios significativos entre las mezclas, manteniéndose dentro de los rangos de temperatura de 70 °C al 10% de volumen condensado, 77 °C a 121 °C al 50% de volumen condensado y un máximo de 189 °C de temperatura al 90% de volumen condensado.
- Se realizó un diseño experimental aleatorio para las mezclas de gasolina, aceite pirolítico y nanopartículas de Fe_2O_3 . Se determinó la media, varianza y desviación estándar de los datos de revoluciones, potencia y torque obtenidos en el dinamómetro, considerándolos como población total. La muestra de la población fue de 74, y se realizó un análisis de similitud para comparar los datos de la muestra con la población. Como resultado, se concluyó que la muestra de gasolina con bio oil al 2% y nanopartículas es la mejor para ser utilizada en un automóvil.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una mezcla homogénea entre la gasolina extra y las nanopartículas de óxido de hierro, debe existir un medio dispersante además la adición de un estabilizante en la mezcla para evitar la forma de precipitados.
- Controlar la temperatura del agitador magnético en el transcurso de la agitación de la mezcla para evitar que llegue al punto de ebullición.
- Para las pruebas realizadas en el dinamómetro se debe considerar el estado del automóvil porque al presentar fallas los valores obtenidos no son reales causando que se repita de nuevo las pruebas.
- Al realizar la destilación de las muestras verificar el estado de los corchos y que en las conexiones entre el balón de destilación y la entrada del equipo de destilación ASTM no exista fugas de gases, evitando un posible accidente en el laboratorio.
- Los envases en los cuales se almacenarán las mezclas deben estar completamente secos y esterilizado.

BIBLIOGRAFÍA

AGUADO, J.; et al. "El papel de la Química en la valorización de los residuos plásticos" Química y Medio Ambiente. [en línea], 2011, (España) 107(1), p.80. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwisgq7o09rAhW_RjABHQP3AtsQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fdia.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F3434017.pdf&usg=AOvVaw3yddqoE7m3a8rX6Ag13e sg

AGUALONGO, J. Caracterización de mezclas de gasolina extra comercial con bioil obtenido a partir de pirólisis de mezclas de Polipropileno y Poliestireno. [en línea]. (Proyecto de titulación) (Ingeniero). Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ciencias Técnicas, Ecuador. 2022. pp. 31-57. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4236/1/T-UIDE-0054.pdf>

AGUIRRE, G.; & VACA, A. Estudio de las propiedades fisicoquímicas de la gasolina Extra aditivada con alcoholes, en la Refinería Esmeraldas. [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química, Ecuador. 2017. pp. 1-21 [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9783>

ALEMÁN, L. Síntesis, caracterización y evaluación del efecto detergente-dispersante en gasolina oxigenada de α -polialquenilsuccinimidias [en línea]. (Tesis). (Maestro). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Exactas, México. 1999. pp. 33-55. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/45>

ÁLVAREZ, C. Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. [en línea]. (Tesis). (Posgrado). Universidad Autónoma México, Facultad de Ingeniería, México. 2009. pp. 16-17. [Consulta: 26 enero 2023]. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf>

ANDRADE, M. Determinación de la densidad API. [en línea]. (Guía de laboratorio). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Ecuador. [Consulta: 26 enero 2023]. Disponible en:

<http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/7891/1/96T00408.pdf>

ARACIL, I. Formación de contaminantes y estudio cinético de la pirólisis y combustión de plásticos (PE, PVC y PCP). [en línea]. (Tesis). (Grado). Universidad de Alicante, Departamento de Ingeniería Química, España. 2008. pp. 39-24. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9608/1/tesis_doctoral_ignacio_aracil.pdf

ARANDES, J., et al. "Reciclado de residuos plásticos". Revista Iberoamericana de polímeros [en línea], 2004, (México) 5(1), p.28-30. [Consulta: 14 febrero 2023]. ISSN 1988-4206 Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1048871&orden=30219&info=link>.

ASTM D- 93-02. *Punto de Inflamación por el Probador de Copa Cerrada Pensky-Martens.*

CAJAS, A. & CAMPAÑA, B. Obtención Y Caracterización De Un Combustible Obtenido a Partir De Los Desechos Del Pet Y Polipropileno. [en línea]. (Tesis). (Grado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Ecuador. 2019. pp. 19-21. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39910/1/401-1352%20-%20Obtenc%20caracterizac%20combust%20obtenido%20de%20desechos.pdf>

CASTILLO, P., et al. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol. Revista ingeniería, investigación y tecnología [en línea], 2012, (México) volumen (XIII), p.10. [Consulta: 22 febrero 2023]. ISSN 1405-7743 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/404/40423270011.pdf>

COVARRUBIAS, H., et al. Resinas Termoestables De Fenol-Formaldehído. Revista Iberoamericana de Polímeros [en línea], 2016, (España) 17(6), p.10. [Consulta: 4 febrero 2023]. ISSN 1988-4206 Disponible en: <https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/07/2016-covarrubias.pdf>

GALLEGOS, M. Análisis Termoquímico De Los Motores De Combustión Interna a Gasolina Mediante El Antidetonante Metil Terbutil Eter [en línea]. (Tesis). (Ingeniera). Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ingeniería Automotriz, Ecuador. 2005. p. 18. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/4155/T-ESPEL-0186.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GONZALES, A. Caracterización fisicoquímica de biodiésel de aceite de higuera producido a partir de catálisis enzimática con lipasas de *Ricinus communis* L. [en línea]. (Tesis). (Ingeniero). Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, México. 2018. pp. 56-57. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/26854/Gonzalez%20Rivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GREGORIO, K.; et al. Las nanopartículas magnéticas y sus múltiples aplicaciones. [en línea]. (Tesis). (Ingeniera). Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, México. 2018. pp. 400-409. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/494/1/Las%20nanopart%C3%ADculas%20magn%C3%A9ticas%20y%20sus%20m%C3%BAltiples%20aplicaciones.pdf>

HERAS, M., et al. "Toxicidad de nanoaditivos aplicados a mezclas de combustible", Revista Ciencias e Ingeniería al Día, [en línea], 2014, (Colombia) 9(1), pp. 5-7. [Consulta: 18 enero 2023]. ISSN 1900-768X Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5207/Toxicidad%20de%20nano%20aditivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NTE INEN 935. *Productos derivados del Petróleo. Gasolina*

NTE INEN 376:2023. *Alcohol Etílico Industrial. Requisitos*

JUÁREZ, D., et al. "Estudio, análisis y clasificación de elastómeros termoplásticos", Revista de investigación 3 ciencias [en línea], 2012, (Colombia) 3(1), pp. 4-8. [Consulta: 28 enero 2023]. ISSN 2254-3376 Disponible en: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/08/2.clasificacion-elastomeros.pdf>

LOJANO, F. & AMAYA, J. Obtención de combustibles a partir de Tereftalato de Polietileno (PET) a escala de laboratorio mediante procesos de pirólisis y gasificación [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniero). Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental, Ecuador. 2020. pp. 25-89. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18901/1/UPS-CT008803.pdf>

MANRICH, S. & SANTOS, A. *Plastic Recycling*. Nueva York - EE.UU: Nova Science Publisher, 2008. pp. 1-2.

MÁRQUEZ, E., et al. *Las nanopartículas y sus aplicaciones biomédicas* [en línea]. Cáceres-España: Dosgraphic, 2021. [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/11784/1/978-84-09-25218-3.pdf>

MIRANDA, G. Evaluación del comportamiento de los contaminantes atmosféricos O₃, NO₂ y COVs en el efecto fin de semana en el centro histórico de la ciudad de Riobamba [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniera). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2017. pp. 23-25. [Consulta: 26 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7849/1/236T0285.pdf>

MONZÓ, R. Investigación de la influencia del tipo de gas utilizado en el plasma atmosférico, en la modificación superficial del polipropileno [en línea]. (Tesis). (Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, España. 2015. pp. 23-31. [Consulta: 26 febrero 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58776/Monz%C3%B3-20Investigaci%C3%B3n-de-20la-20influencia-20del-20tipo-20de-20gas-20utilizado-20en-20el-20plasma-20atmosf%C3%A9rico-20en-20la-20....pdf?sequence=1>

NIETO, J. Evaluación de contaminantes atmosféricos provenientes del sector automotriz en la Avenida 9 de Octubre de la ciudad de Riobamba [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2019. p. 40. [Consulta: 28 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11164/1/236T0448.pdf>

ORTIZ, J. Optimización de la potencia y condiciones de operación de motores otto 4 tiempos, 4 cilindros para competencias tipo turismo [en línea]. (Tesis). (Ingeniería). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco, México. 2002. p. 92. [Consulta: 28 enero 2023]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/11660?show=full>

PALMAY, P. Revalorización energética de residuos plásticos urbanos mediante pirólisis: estudio termodinámico, experimentación, aplicación y usos. [en línea]. (Tesis). (Maestría). Universitat Rovira I Virgili, Departament d' Enginyeria Mecànica, España, 2022. pp. 29-56. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/675657#page=1>

PALMAY, P., et al. "Production and Analysis of the Physicochemical Properties of the Pyrolytic Oil Obtained from Pyrolysis of Different Thermoplastics and Plastic Mixtures", *Molecules*, [en

línea], 2012, (España) 1(1). pp.1-16. [Consulta: 24 febrero 2023]. ISSN 1420-3043 Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27103287>

PAUCAR-SÁNCHEZ, M.F., et al. "Characterization of liquid fraction obtained from pyrolysis of post-consumer mixed plastic waste: A comparing between measured and calculated parameters". *Process Safety and Environmental Protection* [en línea], 2022, (España) Vol 159, p.5. [Consulta: 1 febrero 2023]. ISSN 0957-5820 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.01.081>.

PROAÑO, O., et al. "Obtención de combustibles a partir de residuos plásticos", *Revista Politécnica* [en línea], 2009, (Ecuador) Vol 1. p.137. [Consulta: 4 febrero 2023]. ISSN 1390-0129 Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5522>.

ROBALINO, R. "*Point Data Report*" [blog]. 2019. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.tuugo.ec/Companies/mundo-tuerca-2/12600060363#!>

RODRÍGUEZ, L.; & ZEA, H. "Modificación del proceso de reducción expansiva para la síntesis de nanopartículas de hierro" *Universitas Scientiarum* [en línea], 2019, (Colombia) 19(2). pp. 20-38. [Consulta: 4 febrero 2023]. ISSN 2310-2799. Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC19-2.mpre>

NORMA EURO 5. *Reducción de los gases contaminantes emitidos por los turismos y vehículos comerciales ligeros.*

SEGOVIA, C., et al. "Mejoramiento del Rendimiento de un Motor Diésel mediante la adición de nanopartículas de ZnO al diésel", *Revista Bionatura* [en línea], 2022, (Ecuador) Vol 7, p.137. [Consulta: 19 febrero 2023]. ISSN 1390-9355 Disponible en: <https://revistabionatura.com/files/2022.07.01.27.pdf>

SHEMFE, M., et al. "Techno-economic performance analysis of biofuel production and miniature electric power generation from biomass fast pyrolysis and bio-oil upgrading". *Fuel* [en línea], 2015, (USA) Vol 143, p.10. [Consulta: 18 febrero 2023]. ISSN 1873-7153 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.11.078>.

TAIPE, J. *Obtención De Combustibles a Partir De Residuos De Polipropileno Reciclado, Mediante Pirólisis Catalítica.* [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniera). Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. 2020. pp. 20-29.

[Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en:
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23134/1/T-ESPEL-IPE-0064.pdf>

TORRE, J., et al. "Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. evaluación de propiedades fisicoquímicas". Ciencia, Tecnología y Futuroo [en línea], 2002, (Colombia) 2(3), p.80. [Consulta: 1 febrero 2023]. ISSN 1873-7153 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832002000100007

YAQOOB, H., et al. "Energy, exergy, sustainability and economic analysis of waste tire pyrolysis oil blends with different nanoparticle additives in spark ignition engine". Energy, [en línea], 2022, (Reino Unido) Vol 251, pp.4-13. [Consulta: 9 febrero 2023]. ISSN 1873-6785 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222006004>

ZAMBRANO, A. Reciclaje Químico De Plástico Mediante Pirólisis Catalítica Usando Un Catalizador Regenerado [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Ingeniera). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera Ingeniería Química, Ecuador. 2022. p. 40. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/16994/1/236T0586.pdf>

ZAMBRANO, M. Obtención de combustible a partir de la pirólisis térmica de mezclas de polipropileno y poliestireno reciclados. [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Ingeniera). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera Ingeniería Química, Ecuador. 2022. p. 98. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/16917>

ZAMBRANO, J. Correlación de viscosidades para mezclas de biocombustibles [en línea]. (Trabajo de titulación). (Posgrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ecuador. 2017. p. 9. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17553?locale=en>



ANEXOS

ANEXO A: DESECADO DEL BIOCOMBUSTIBLE

a.



b.



c.



| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Quinaluisa, D. & Robalino, R. | DESECADO DEL BIOCOMBUSTIBLE | | |
|---|---|--|-----------------------------|--------|------------|
| | | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| a. Sulfato de calcio sin hidratar b. Mezcla del sulfato de calcio sin hidratar con bio oil. c. Biocombustible desecado. | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar | | 1 | 1:1 | 2023/02/15 |

ANEXO B: PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS

a.



b.



c.



NOTAS

- a. Nanopartículas de óxido de hierro (Fe_2O_3)
 b. Pesaje de las nanopartículas de óxido de hierro.
 c. Mezcla de gasolina extra con las nanopartículas.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Aprobado
 Preliminar
 Certificado
 Por aprobar
 Información
 Por calificar

ESCUELA SUPERIOR
 POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORADO POR:
 Quinaluisa, D. & Robalino, R.

Preparación de las mezclas

LÁMINA

ESCALA

FECHA

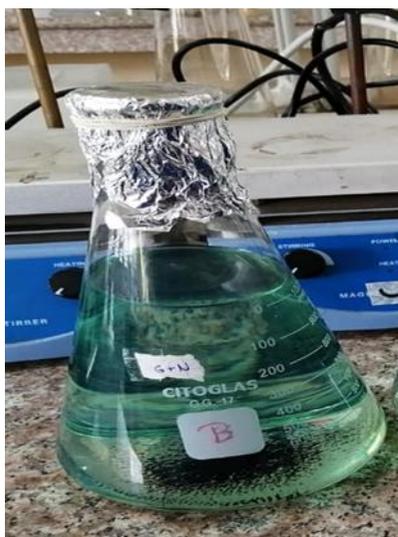
2

1:1

2023/02/15

ANEXO C: AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M1)

a.



b.



c.



NOTAS

- a. M1 antes de la agitación magnética.
- b. Agitación magnética de la mezcla.
- c. M1 después de la agitación magnética.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**

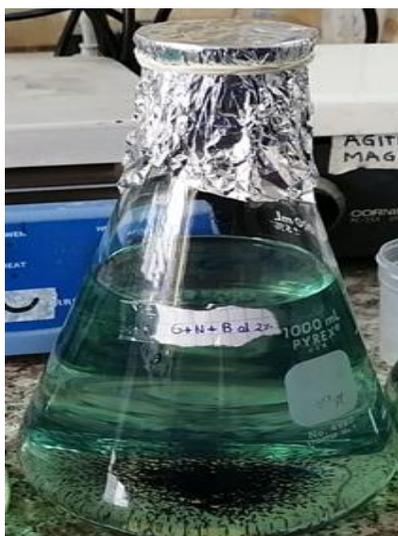
ELABORADO POR:
Quinaluisa, D. & Robalino, R.

AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE
GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE
ÓXIDO DE HIERRO

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 3 | 1:1 | 2023/02/15 |

ANEXO D: AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE GASOLINA EXTRA CON BIO OIL (2%) Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M2)

a.



b.



c.



NOTAS

- a. M2 antes de la agitación magnética.
- b. Agitación magnética de la mezcla.
- c. M2 después de la agitación magnética.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Quinaluisa, D. & Robalino, R.

AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE
GASOLINA EXTRA CON BIO OIL (2%) Y
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M2)

LÁMINA

ESCALA

FECHA

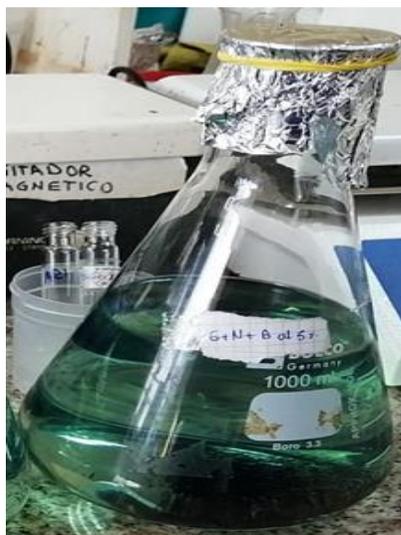
4

1:1

2023/02/15

ANEXO E: AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE GASOLINA EXTRA CON BIO OIL (5%) Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M3)

a.



b.



c.



NOTAS

- a. M3 antes de la agitación magnética.
- b. Agitación magnética de la mezcla.
- c. M3 después de la agitación magnética.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Quinaluisa, D. & Robalino, R.

AGITACIÓN MAGNÉTICA DE LA MEZCLA DE
GASOLINA EXTRA CON BIO OIL (5%) Y
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO (M3)

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 5 | 1:1 | 2023/02/15 |

ANEXO F: DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD API°

a.



b.



c.



| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA | | |
|---|---|---|---------------|--------------|
| a. Hidrómetros b. Selección de hidrómetros. c. Medición de la densidad API° | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar | DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD API° | | |
| | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | 6 | 1:1 | 2023/02/15 |

**ESCUELA SUPERIOR
 POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**

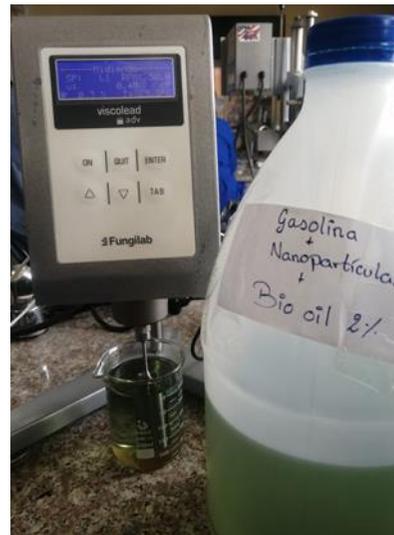
ELABORADO POR:
 Quinaluisa, D. & Robalino, R.

ANEXO G: DETERMINACIÓN DE LA VISCOCIDAD

a.



b.



c.



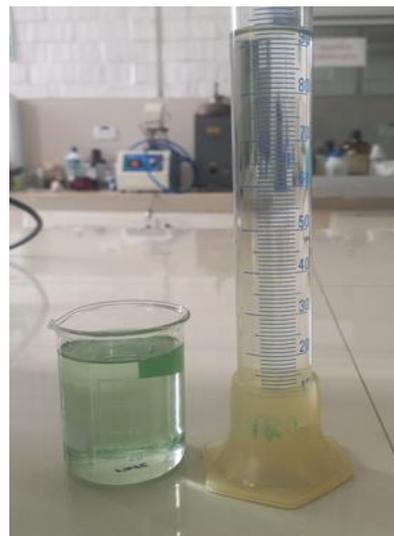
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | <p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">ELABORADO POR: Quinaluisa, D. & Robalino, R.</p> | DETERMINACIÓN DE LA VISCOCIDAD | | |
|--|---|---|--------------------------------|--------|------------|
| <p>a. Medición de la viscosidad de la mezcla 1</p> <p>b. Medición de la viscosidad de la mezcla 2</p> <p>c. Medición de la viscosidad de la mezcla 3</p> | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 7 | 1:1 | 2023/02/15 |

ANEXO H: DESTILACIÓN ASTM

a.



b.



c.



| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | <p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">ELABORADO POR: Quinaluisa, D. & Robalino, R.</p> | DESTILACIÓN ASTM | | |
|---|---|--|------------------|--------|------------|
| <p>a. Equipo de destilación ASTM b. Producto destilado c. Recolección del residuo</p> | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 8 | 1:1 | 2023/02/15 |

ANEXO I: PRUEBAS EN EL DINAMÓMETRO

a.



b.



c.



| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | PRUEBAS EN EL DINAMÓMETRO | | | | | |
|---|---|---|-----|------------|---------------|---------------|--------------|
| a. Mezclas. b. Montaje del automóvil en el dinamómetro c. Colocación de la mezcla en la bomba de combustible. | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Quinaluisa, D. & Robalino, R. | | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | 9 | 1:1 | 2023/02/15 | | | |

ANEXO J: MEDICIÓN DE NO_x MEDIANTE EL MÉTODO INDIRECTO

a.



b.



c.



| | | | | | |
|---|---|--|---|---------------|--------------|
| NOTAS | CATEGORÍA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Quinaluisa, D. & Robalino, R. | MEDICIÓN DE NO _x MEDIANTE EL MÉTODO INDIRECTO | | |
| a. Viales con la solución captadora b. Toma de la muestra. c. Medición de la concentración de NO _x | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 10 | 1:1 | 2023/02/15 |

**ANEXO K: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMBUSTIBLE ESTÁNDAR
(GASOLINA EXTRA)**

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible estandar

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | Γ |
|----|------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 1 | 0.05 | 46.99 | 2525 | 35.87 | 74.57 | 0.00 | - |
| 2 | 0.19 | 47.46 | 2550 | 38.66 | 79.58 | 0.00 | 6 |
| 3 | 0.31 | 47.92 | 2575 | 41.18 | 83.95 | 0.00 | 1 |
| 4 | 0.43 | 48.39 | 2600 | 43.53 | 87.87 | 0.00 | 2 |
| 5 | 0.54 | 48.85 | 2625 | 45.72 | 91.42 | 0.00 | 3 |
| 6 | 0.64 | 49.32 | 2650 | 47.78 | 94.64 | 0.00 | 3 |
| 7 | 0.74 | 49.78 | 2675 | 49.68 | 97.49 | 0.00 | 4 |
| 8 | 0.84 | 50.25 | 2700 | 51.42 | 99.97 | 0.00 | 5 |
| 9 | 0.94 | 50.71 | 2725 | 52.96 | 102.02 | 0.00 | 6 |
| 10 | 1.03 | 51.18 | 2750 | 54.17 | 103.39 | 0.00 | 6 |
| 11 | 1.13 | 51.64 | 2775 | 55.04 | 104.10 | 0.00 | 7 |
| 12 | 1.22 | 52.11 | 2800 | 55.66 | 104.33 | 0.00 | 8 |
| 13 | 1.31 | 52.58 | 2825 | 56.04 | 104.12 | 0.00 | 8 |
| 14 | 1.41 | 53.04 | 2850 | 56.25 | 103.59 | 0.00 | 9 |
| 15 | 1.50 | 53.51 | 2875 | 56.29 | 102.76 | 0.00 | 1 |
| 16 | 1.60 | 53.97 | 2900 | 56.22 | 101.75 | 0.00 | 1 |
| 17 | 1.69 | 54.44 | 2925 | 56.08 | 100.64 | 0.00 | 1 |
| 18 | 1.79 | 54.90 | 2950 | 55.96 | 99.57 | 0.00 | 1 |
| 19 | 1.89 | 55.37 | 2975 | 55.93 | 98.68 | 0.00 | 1 |
| 20 | 1.98 | 55.83 | 3000 | 55.98 | 97.94 | 0.00 | 1 |
| 21 | 2.08 | 56.30 | 3025 | 56.10 | 97.34 | 0.00 | 1 |
| 22 | 2.18 | 56.76 | 3050 | 56.29 | 96.88 | 0.00 | 1 |
| 23 | 2.28 | 57.23 | 3075 | 56.52 | 96.47 | 0.00 | 1 |
| 24 | 2.38 | 57.69 | 3100 | 56.73 | 96.06 | 0.00 | 1 |
| 25 | 2.48 | 58.16 | 3125 | 56.99 | 95.72 | 0.00 | 1 |
| 26 | 2.59 | 58.62 | 3150 | 57.33 | 95.53 | 0.00 | 1 |
| 27 | 2.69 | 59.09 | 3175 | 57.86 | 95.66 | 0.00 | 2 |
| 28 | 2.79 | 59.55 | 3200 | 58.61 | 96.13 | 0.00 | 2 |
| 29 | 2.89 | 60.02 | 3225 | 59.56 | 96.93 | 0.00 | 2 |
| 30 | 2.99 | 60.48 | 3250 | 60.61 | 97.89 | 0.00 | 2 |
| 31 | 3.09 | 60.95 | 3275 | 61.64 | 98.79 | 0.00 | 2 |
| 32 | 3.18 | 61.42 | 3300 | 62.49 | 99.39 | 0.00 | 2 |
| 33 | 3.28 | 61.88 | 3325 | 63.05 | 99.53 | 0.00 | 2 |
| 34 | 3.38 | 62.35 | 3350 | 63.34 | 99.24 | 0.00 | 2 |
| 35 | 3.48 | 62.81 | 3375 | 63.38 | 98.57 | 0.00 | 2 |
| 36 | 3.58 | 63.28 | 3400 | 63.26 | 97.66 | 0.00 | 2 |
| 37 | 3.67 | 63.74 | 3425 | 63.08 | 96.67 | 0.00 | 2 |
| 38 | 3.78 | 64.21 | 3450 | 62.96 | 95.80 | 0.00 | 3 |
| 39 | 3.88 | 64.67 | 3475 | 62.91 | 95.02 | 0.00 | 3 |
| 40 | 3.98 | 65.14 | 3500 | 62.98 | 94.45 | 0.00 | 3 |
| 41 | 4.08 | 65.60 | 3525 | 63.15 | 94.03 | 0.00 | 3 |
| 42 | 4.18 | 66.07 | 3550 | 63.46 | 93.82 | 0.00 | 3 |
| 43 | 4.29 | 66.53 | 3575 | 63.93 | 93.87 | 0.00 | 3 |
| 44 | 4.39 | 67.00 | 3600 | 64.58 | 94.15 | 0.00 | 3 |
| 45 | 4.49 | 67.46 | 3625 | 65.35 | 94.63 | 0.00 | 3 |
| 46 | 4.59 | 67.93 | 3650 | 66.25 | 95.28 | 0.00 | 3 |

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible estandar

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | I |
|----|------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 47 | 4.70 | 68.39 | 3675 | 67.21 | 95.99 | 0.00 | 3 |
| 48 | 4.80 | 68.86 | 3700 | 68.11 | 96.62 | 0.00 | 3 |
| 49 | 4.90 | 69.33 | 3725 | 68.88 | 97.06 | 0.00 | 4 |
| 50 | 5.00 | 69.79 | 3750 | 69.51 | 97.30 | 0.00 | 4 |
| 51 | 5.10 | 70.26 | 3775 | 69.99 | 97.32 | 0.00 | 4 |
| 52 | 5.20 | 70.72 | 3800 | 70.41 | 97.25 | 0.00 | 4 |
| 53 | 5.30 | 71.19 | 3825 | 70.79 | 97.14 | 0.00 | 4 |
| 54 | 5.40 | 71.65 | 3850 | 71.16 | 97.02 | 0.00 | 4 |
| 55 | 5.49 | 72.12 | 3875 | 71.57 | 96.95 | 0.00 | 4 |
| 56 | 5.59 | 72.58 | 3900 | 71.98 | 96.88 | 0.00 | 4 |
| 57 | 5.69 | 73.05 | 3925 | 72.38 | 96.79 | 0.00 | 4 |
| 58 | 5.79 | 73.51 | 3950 | 72.73 | 96.65 | 0.00 | 5 |
| 59 | 5.90 | 73.98 | 3975 | 73.02 | 96.42 | 0.00 | 5 |
| 60 | 6.00 | 74.44 | 4000 | 73.30 | 96.18 | 0.00 | 5 |
| 61 | 6.10 | 74.91 | 4025 | 73.55 | 95.91 | 0.00 | 5 |
| 62 | 6.20 | 75.37 | 4050 | 73.78 | 95.62 | 0.00 | 5 |
| 63 | 6.30 | 75.84 | 4075 | 73.95 | 95.26 | 0.00 | 5 |
| 64 | 6.40 | 76.30 | 4100 | 74.05 | 94.80 | 0.00 | 5 |
| 65 | 6.50 | 76.77 | 4125 | 74.07 | 94.25 | 0.00 | 5 |
| 66 | 6.61 | 77.23 | 4150 | 73.94 | 93.52 | 0.00 | 5 |
| 67 | 6.71 | 77.70 | 4175 | 73.72 | 92.69 | 0.00 | 6 |
| 68 | 6.82 | 78.17 | 4200 | 73.40 | 91.73 | 0.00 | 6 |
| 69 | 6.92 | 78.63 | 4225 | 73.09 | 90.80 | 0.00 | 6 |
| 70 | 7.03 | 79.10 | 4250 | 72.77 | 89.87 | 0.00 | 6 |
| 71 | 7.14 | 79.56 | 4275 | 72.39 | 88.88 | 0.00 | 6 |
| 72 | 7.25 | 80.03 | 4300 | 72.00 | 87.89 | 0.00 | 6 |
| 73 | 7.36 | 80.49 | 4325 | 71.55 | 86.84 | 0.00 | 6 |
| 74 | 7.47 | 80.96 | 4350 | 71.09 | 85.78 | 0.00 | 6 |
| 75 | 7.58 | 81.42 | 4375 | 70.62 | 84.73 | 0.00 | 7 |
| 76 | 7.70 | 81.89 | 4400 | 70.18 | 83.72 | 0.00 | 7 |
| 77 | 7.81 | 82.35 | 4425 | 69.72 | 82.70 | 0.00 | 7 |
| 78 | 7.93 | 82.82 | 4450 | 69.28 | 81.71 | 0.00 | 7 |
| 79 | 8.05 | 83.28 | 4475 | 68.79 | 80.69 | 0.00 | 7 |
| 80 | 8.17 | 83.75 | 4500 | 68.35 | 79.72 | 0.00 | 7 |
| 81 | 8.29 | 84.21 | 4525 | 67.98 | 78.86 | 0.00 | 7 |
| 82 | 8.42 | 84.68 | 4550 | 67.81 | 78.23 | 0.00 | 8 |
| 83 | 8.54 | 85.14 | 4575 | 67.78 | 77.77 | 0.00 | 8 |
| 84 | 8.67 | 85.61 | 4600 | 67.85 | 77.42 | 0.00 | 8 |
| 85 | 8.79 | 86.07 | 4625 | 67.89 | 77.05 | 0.00 | 8 |
| 86 | 8.92 | 86.54 | 4650 | 67.82 | 76.56 | 0.00 | 8 |
| 87 | 9.04 | 87.01 | 4675 | 67.53 | 75.82 | 0.00 | 8 |
| 88 | 9.17 | 87.47 | 4700 | 67.09 | 74.92 | 0.00 | 9 |
| 89 | 9.30 | 87.94 | 4725 | 66.55 | 73.93 | 0.00 | 9 |
| 90 | 9.43 | 88.40 | 4750 | 65.95 | 72.88 | 0.00 | 9 |
| 91 | 9.57 | 88.87 | 4775 | 65.30 | 71.78 | 0.00 | 9 |
| 92 | 9.70 | 89.33 | 4800 | 64.61 | 70.65 | 0.00 | 9 |

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible estandar

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | I |
|-----|-------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 93 | 9.84 | 89.80 | 4825 | 63.90 | 69.51 | 0.00 | 9 |
| 94 | 9.98 | 90.26 | 4850 | 63.25 | 68.45 | 0.00 | 1 |
| 95 | 10.13 | 90.73 | 4875 | 62.66 | 67.46 | 0.00 | 1 |
| 96 | 10.27 | 91.19 | 4900 | 62.13 | 66.55 | 0.00 | 1 |
| 97 | 10.42 | 91.66 | 4925 | 61.52 | 65.56 | 0.00 | 1 |
| 98 | 10.57 | 92.12 | 4950 | 60.79 | 64.46 | 0.00 | 1 |
| 99 | 10.72 | 92.59 | 4975 | 59.99 | 63.29 | 0.00 | 1 |
| 100 | 10.87 | 93.05 | 5000 | 59.15 | 62.09 | 0.00 | 1 |
| 101 | 11.03 | 93.52 | 5025 | 58.35 | 60.95 | 0.00 | 1 |
| 102 | 11.19 | 93.98 | 5050 | 57.57 | 59.84 | 0.00 | 1 |
| 103 | 11.35 | 94.45 | 5075 | 56.77 | 58.71 | 0.00 | 1 |
| 104 | 11.52 | 94.91 | 5100 | 55.90 | 57.54 | 0.00 | 1 |
| 105 | 11.69 | 95.38 | 5125 | 54.93 | 56.25 | 0.00 | 1 |
| 106 | 11.86 | 95.85 | 5150 | 53.89 | 54.93 | 0.00 | 1 |
| 107 | 12.04 | 96.31 | 5175 | 52.75 | 53.50 | 0.00 | 1 |
| 108 | 12.22 | 96.78 | 5200 | 51.66 | 52.15 | 0.00 | 1 |
| 109 | 12.41 | 97.24 | 5225 | 50.72 | 50.95 | 0.00 | 1 |
| 110 | 12.60 | 97.71 | 5250 | 49.81 | 49.80 | 0.00 | 1 |
| 111 | 12.80 | 98.17 | 5275 | 48.77 | 48.53 | 0.00 | 1 |
| 112 | 13.00 | 98.64 | 5300 | 47.47 | 47.01 | 0.00 | 1 |
| 113 | 13.21 | 99.10 | 5325 | 46.11 | 45.45 | 0.00 | 1 |
| 114 | 13.43 | 99.57 | 5350 | 44.86 | 44.02 | 0.00 | 1 |
| 115 | 13.65 | 100.03 | 5375 | 43.90 | 42.87 | 0.00 | 1 |
| 116 | 13.88 | 100.50 | 5400 | 43.30 | 42.09 | 0.00 | 1 |
| 117 | 14.11 | 100.96 | 5425 | 42.98 | 41.58 | 0.00 | 1 |
| 118 | 14.35 | 101.43 | 5450 | 42.96 | 41.37 | 0.00 | 1 |
| 119 | 14.58 | 101.89 | 5475 | 42.90 | 41.12 | 0.00 | 1 |
| 120 | 14.82 | 102.36 | 5500 | 42.32 | 40.39 | 0.00 | 1 |
| 121 | 15.06 | 102.82 | 5525 | 41.32 | 39.26 | 0.00 | 1 |
| 122 | 15.31 | 103.29 | 5550 | 39.97 | 37.80 | 0.00 | 1 |
| 123 | 15.57 | 103.76 | 5575 | 38.73 | 36.46 | 0.00 | 1 |
| 124 | 15.84 | 104.22 | 5600 | 38.04 | 35.65 | 0.00 | 1 |
| 125 | 16.11 | 104.69 | 5625 | 37.74 | 35.22 | 0.00 | 1 |
| 126 | 16.39 | 105.15 | 5650 | 37.46 | 34.80 | 0.00 | 1 |
| 127 | 16.67 | 105.62 | 5675 | 37.07 | 34.28 | 0.00 | 1 |
| 128 | 16.96 | 106.08 | 5700 | 36.14 | 33.28 | 0.00 | 2 |
| 129 | 17.25 | 106.55 | 5725 | 35.01 | 32.10 | 0.00 | 2 |
| 130 | 17.56 | 107.01 | 5750 | 34.67 | 31.64 | 0.00 | 2 |
| 131 | 17.87 | 107.48 | 5775 | 34.45 | 31.31 | 0.00 | 2 |
| 132 | 18.18 | 107.94 | 5800 | 34.16 | 30.91 | 0.00 | 2 |
| 133 | 18.49 | 108.41 | 5825 | 34.34 | 30.94 | 0.00 | 2 |
| 134 | 18.80 | 108.87 | 5850 | 34.16 | 30.65 | 0.00 | 2 |
| 135 | 19.13 | 109.34 | 5875 | 33.29 | 29.74 | 0.00 | 2 |
| 136 | 19.45 | 109.80 | 5900 | 32.78 | 29.16 | 0.00 | 2 |
| 137 | 19.79 | 110.27 | 5925 | 32.71 | 28.98 | 0.00 | 2 |
| 138 | 20.12 | 110.73 | 5950 | 32.51 | 28.68 | 0.00 | 2 |

**ANEXO L: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEZCLA 1 (GASOLINA EXTRA
CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)**

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD
Phone: +593 2317026 - 099 597 4028
Fax:

Combustible -1

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | Γ |
|----|------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 1 | 0.27 | 46.15 | 2525 | 14.00 | 29.20 | 0.00 | 1 |
| 2 | 0.56 | 46.61 | 2550 | 19.13 | 39.52 | 0.00 | 3 |
| 3 | 0.77 | 47.06 | 2575 | 24.01 | 49.12 | 0.00 | 4 |
| 4 | 0.95 | 47.52 | 2600 | 29.03 | 58.80 | 0.00 | 5 |
| 5 | 1.10 | 47.98 | 2625 | 33.73 | 67.68 | 0.00 | 6 |
| 6 | 1.23 | 48.43 | 2650 | 37.88 | 75.30 | 0.00 | 7 |
| 7 | 1.35 | 48.89 | 2675 | 41.52 | 81.75 | 0.00 | 8 |
| 8 | 1.46 | 49.35 | 2700 | 44.59 | 86.99 | 0.00 | 9 |
| 9 | 1.56 | 49.81 | 2725 | 47.06 | 90.96 | 0.00 | 1 |
| 10 | 1.67 | 50.26 | 2750 | 48.94 | 93.74 | 0.00 | 1 |
| 11 | 1.77 | 50.72 | 2775 | 50.30 | 95.47 | 0.00 | 1 |
| 12 | 1.86 | 51.18 | 2800 | 51.22 | 96.34 | 0.00 | 1 |
| 13 | 1.96 | 51.63 | 2825 | 51.85 | 96.68 | 0.00 | 1 |
| 14 | 2.06 | 52.09 | 2850 | 52.31 | 96.67 | 0.00 | 1 |
| 15 | 2.16 | 52.55 | 2875 | 52.69 | 96.54 | 0.00 | 1 |
| 16 | 2.25 | 53.00 | 2900 | 52.99 | 96.24 | 0.00 | 1 |
| 17 | 2.35 | 53.46 | 2925 | 53.14 | 95.69 | 0.00 | 1 |
| 18 | 2.45 | 53.92 | 2950 | 53.09 | 94.79 | 0.00 | 1 |
| 19 | 2.55 | 54.38 | 2975 | 52.82 | 93.51 | 0.00 | 1 |
| 20 | 2.65 | 54.83 | 3000 | 52.38 | 91.96 | 0.00 | 1 |
| 21 | 2.75 | 55.29 | 3025 | 51.92 | 90.40 | 0.00 | 1 |
| 22 | 2.86 | 55.75 | 3050 | 51.60 | 89.11 | 0.00 | 2 |
| 23 | 2.96 | 56.20 | 3075 | 51.56 | 88.31 | 0.00 | 2 |
| 24 | 3.07 | 56.66 | 3100 | 51.80 | 88.01 | 0.00 | 2 |
| 25 | 3.17 | 57.12 | 3125 | 52.22 | 88.02 | 0.00 | 2 |
| 26 | 3.28 | 57.57 | 3150 | 52.71 | 88.13 | 0.00 | 2 |
| 27 | 3.38 | 58.03 | 3175 | 53.22 | 88.28 | 0.00 | 2 |
| 28 | 3.49 | 58.49 | 3200 | 53.83 | 88.60 | 0.00 | 2 |
| 29 | 3.60 | 58.94 | 3225 | 54.67 | 89.28 | 0.00 | 2 |
| 30 | 3.70 | 59.40 | 3250 | 55.88 | 90.56 | 0.00 | 2 |
| 31 | 3.80 | 59.86 | 3275 | 57.48 | 92.44 | 0.00 | 2 |
| 32 | 3.90 | 60.32 | 3300 | 59.28 | 94.61 | 0.00 | 2 |
| 33 | 4.00 | 60.77 | 3325 | 61.11 | 96.80 | 0.00 | 2 |
| 34 | 4.10 | 61.23 | 3350 | 62.74 | 98.65 | 0.00 | 3 |
| 35 | 4.19 | 61.69 | 3375 | 64.05 | 99.96 | 0.00 | 3 |
| 36 | 4.28 | 62.14 | 3400 | 64.94 | 100.61 | 0.00 | 3 |
| 37 | 4.38 | 62.60 | 3425 | 65.47 | 100.69 | 0.00 | 3 |
| 38 | 4.47 | 63.06 | 3450 | 65.72 | 100.34 | 0.00 | 3 |
| 39 | 4.56 | 63.51 | 3475 | 65.83 | 99.78 | 0.00 | 3 |
| 40 | 4.66 | 63.97 | 3500 | 65.91 | 99.19 | 0.00 | 3 |
| 41 | 4.75 | 64.43 | 3525 | 66.02 | 98.65 | 0.00 | 3 |
| 42 | 4.85 | 64.88 | 3550 | 66.15 | 98.15 | 0.00 | 3 |
| 43 | 4.94 | 65.34 | 3575 | 66.32 | 97.71 | 0.00 | 3 |
| 44 | 5.04 | 65.80 | 3600 | 66.46 | 97.24 | 0.00 | 3 |
| 45 | 5.14 | 66.26 | 3625 | 66.53 | 96.67 | 0.00 | 4 |
| 46 | 5.23 | 66.71 | 3650 | 66.54 | 96.02 | 0.00 | 4 |

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible -1

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | I |
|----|-------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 47 | 5.33 | 67.17 | 3675 | 66.47 | 95.27 | 0.00 | 4 |
| 48 | 5.43 | 67.63 | 3700 | 66.42 | 94.56 | 0.00 | 4 |
| 49 | 5.53 | 68.08 | 3725 | 66.41 | 93.90 | 0.00 | 4 |
| 50 | 5.63 | 68.54 | 3750 | 66.41 | 93.28 | 0.00 | 4 |
| 51 | 5.73 | 69.00 | 3775 | 66.43 | 92.69 | 0.00 | 4 |
| 52 | 5.83 | 69.45 | 3800 | 66.44 | 92.09 | 0.00 | 4 |
| 53 | 5.93 | 69.91 | 3825 | 66.31 | 91.31 | 0.00 | 4 |
| 54 | 6.04 | 70.37 | 3850 | 66.09 | 90.42 | 0.00 | 4 |
| 55 | 6.14 | 70.83 | 3875 | 65.74 | 89.36 | 0.00 | 5 |
| 56 | 6.24 | 71.28 | 3900 | 65.37 | 88.29 | 0.00 | 5 |
| 57 | 6.35 | 71.74 | 3925 | 65.09 | 87.35 | 0.00 | 5 |
| 58 | 6.46 | 72.20 | 3950 | 65.00 | 86.67 | 0.00 | 5 |
| 59 | 6.57 | 72.65 | 3975 | 65.15 | 86.33 | 0.00 | 5 |
| 60 | 6.67 | 73.11 | 4000 | 65.55 | 86.31 | 0.00 | 5 |
| 61 | 6.78 | 73.57 | 4025 | 66.12 | 86.53 | 0.00 | 5 |
| 62 | 6.89 | 74.02 | 4050 | 66.75 | 86.81 | 0.00 | 5 |
| 63 | 7.00 | 74.48 | 4075 | 67.37 | 87.08 | 0.00 | 5 |
| 64 | 7.11 | 74.94 | 4100 | 67.86 | 87.18 | 0.00 | 6 |
| 65 | 7.21 | 75.39 | 4125 | 68.26 | 87.16 | 0.00 | 6 |
| 66 | 7.32 | 75.85 | 4150 | 68.51 | 86.96 | 0.00 | 6 |
| 67 | 7.43 | 76.31 | 4175 | 68.69 | 86.67 | 0.00 | 6 |
| 68 | 7.54 | 76.77 | 4200 | 68.85 | 86.34 | 0.00 | 6 |
| 69 | 7.65 | 77.22 | 4225 | 69.01 | 86.03 | 0.00 | 6 |
| 70 | 7.75 | 77.68 | 4250 | 69.20 | 85.77 | 0.00 | 6 |
| 71 | 7.86 | 78.14 | 4275 | 69.45 | 85.56 | 0.00 | 6 |
| 72 | 7.97 | 78.59 | 4300 | 69.74 | 85.43 | 0.00 | 7 |
| 73 | 8.08 | 79.05 | 4325 | 70.06 | 85.32 | 0.00 | 7 |
| 74 | 8.19 | 79.51 | 4350 | 70.35 | 85.19 | 0.00 | 7 |
| 75 | 8.30 | 79.96 | 4375 | 70.60 | 85.00 | 0.00 | 7 |
| 76 | 8.41 | 80.42 | 4400 | 70.79 | 84.75 | 0.00 | 7 |
| 77 | 8.52 | 80.88 | 4425 | 70.90 | 84.40 | 0.00 | 7 |
| 78 | 8.63 | 81.33 | 4450 | 70.99 | 84.02 | 0.00 | 7 |
| 79 | 8.75 | 81.79 | 4475 | 71.01 | 83.58 | 0.00 | 7 |
| 80 | 8.86 | 82.25 | 4500 | 70.97 | 83.07 | 0.00 | 8 |
| 81 | 8.97 | 82.71 | 4525 | 70.81 | 82.43 | 0.00 | 8 |
| 82 | 9.09 | 83.16 | 4550 | 70.58 | 81.71 | 0.00 | 8 |
| 83 | 9.20 | 83.62 | 4575 | 70.17 | 80.79 | 0.00 | 8 |
| 84 | 9.32 | 84.08 | 4600 | 69.61 | 79.70 | 0.00 | 8 |
| 85 | 9.44 | 84.53 | 4625 | 68.84 | 78.40 | 0.00 | 8 |
| 86 | 9.56 | 84.99 | 4650 | 67.95 | 76.97 | 0.00 | 8 |
| 87 | 9.68 | 85.45 | 4675 | 66.93 | 75.41 | 0.00 | 9 |
| 88 | 9.80 | 85.90 | 4700 | 65.81 | 73.75 | 0.00 | 9 |
| 89 | 9.93 | 86.36 | 4725 | 64.63 | 72.05 | 0.00 | 9 |
| 90 | 10.06 | 86.82 | 4750 | 63.37 | 70.27 | 0.00 | 9 |
| 91 | 10.20 | 87.27 | 4775 | 62.12 | 68.53 | 0.00 | 9 |
| 92 | 10.34 | 87.73 | 4800 | 60.91 | 66.84 | 0.00 | 9 |

**ANEXO M: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA
CON BIO OIL 2% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)**

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD
Phone: +593 2317026 - 099 597 4028
Fax:

Combustible-2

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | Γ |
|----|------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 1 | 0.11 | 45.86 | 2475 | 21.34 | 45.11 | 0.00 | 0 |
| 2 | 0.33 | 46.33 | 2500 | 24.20 | 50.66 | 0.00 | 1 |
| 3 | 0.51 | 46.79 | 2525 | 27.20 | 56.38 | 0.00 | 2 |
| 4 | 0.67 | 47.25 | 2550 | 30.49 | 62.58 | 0.00 | 3 |
| 5 | 0.82 | 47.72 | 2575 | 34.06 | 69.21 | 0.00 | 4 |
| 6 | 0.95 | 48.18 | 2600 | 37.78 | 76.05 | 0.00 | 5 |
| 7 | 1.07 | 48.64 | 2625 | 41.33 | 82.39 | 0.00 | 6 |
| 8 | 1.18 | 49.11 | 2650 | 44.46 | 87.80 | 0.00 | 7 |
| 9 | 1.29 | 49.57 | 2675 | 47.25 | 92.43 | 0.00 | 8 |
| 10 | 1.39 | 50.03 | 2700 | 49.69 | 96.31 | 0.00 | 8 |
| 11 | 1.49 | 50.50 | 2725 | 51.86 | 99.59 | 0.00 | 9 |
| 12 | 1.58 | 50.96 | 2750 | 53.81 | 102.39 | 0.00 | 1 |
| 13 | 1.68 | 51.42 | 2775 | 55.55 | 104.76 | 0.00 | 1 |
| 14 | 1.77 | 51.89 | 2800 | 57.13 | 106.77 | 0.00 | 1 |
| 15 | 1.86 | 52.35 | 2825 | 58.53 | 108.42 | 0.00 | 1 |
| 16 | 1.95 | 52.81 | 2850 | 59.74 | 109.69 | 0.00 | 1 |
| 17 | 2.03 | 53.28 | 2875 | 60.71 | 110.51 | 0.00 | 1 |
| 18 | 2.12 | 53.74 | 2900 | 61.45 | 110.89 | 0.00 | 1 |
| 19 | 2.21 | 54.20 | 2925 | 61.94 | 110.81 | 0.00 | 1 |
| 20 | 2.29 | 54.67 | 2950 | 62.15 | 110.25 | 0.00 | 1 |
| 21 | 2.38 | 55.13 | 2975 | 62.10 | 109.22 | 0.00 | 1 |
| 22 | 2.47 | 55.59 | 3000 | 61.84 | 107.86 | 0.00 | 1 |
| 23 | 2.56 | 56.06 | 3025 | 61.38 | 106.18 | 0.00 | 1 |
| 24 | 2.65 | 56.52 | 3050 | 60.85 | 104.40 | 0.00 | 1 |
| 25 | 2.74 | 56.98 | 3075 | 60.34 | 102.68 | 0.00 | 1 |
| 26 | 2.83 | 57.45 | 3100 | 59.97 | 101.23 | 0.00 | 2 |
| 27 | 2.93 | 57.91 | 3125 | 59.82 | 100.17 | 0.00 | 2 |
| 28 | 3.02 | 58.37 | 3150 | 59.91 | 99.52 | 0.00 | 2 |
| 29 | 3.12 | 58.84 | 3175 | 60.21 | 99.24 | 0.00 | 2 |
| 30 | 3.22 | 59.30 | 3200 | 60.64 | 99.16 | 0.00 | 2 |
| 31 | 3.31 | 59.76 | 3225 | 61.07 | 99.09 | 0.00 | 2 |
| 32 | 3.41 | 60.23 | 3250 | 61.40 | 98.85 | 0.00 | 2 |
| 33 | 3.50 | 60.69 | 3275 | 61.61 | 98.45 | 0.00 | 2 |
| 34 | 3.60 | 61.15 | 3300 | 61.73 | 97.89 | 0.00 | 2 |
| 35 | 3.70 | 61.62 | 3325 | 61.87 | 97.38 | 0.00 | 2 |
| 36 | 3.80 | 62.08 | 3350 | 62.11 | 97.02 | 0.00 | 2 |
| 37 | 3.90 | 62.54 | 3375 | 62.47 | 96.86 | 0.00 | 2 |
| 38 | 4.00 | 63.01 | 3400 | 62.95 | 96.88 | 0.00 | 3 |
| 39 | 4.09 | 63.47 | 3425 | 63.52 | 97.05 | 0.00 | 3 |
| 40 | 4.19 | 63.93 | 3450 | 64.11 | 97.24 | 0.00 | 3 |
| 41 | 4.29 | 64.40 | 3475 | 64.65 | 97.36 | 0.00 | 3 |
| 42 | 4.39 | 64.86 | 3500 | 65.12 | 97.36 | 0.00 | 3 |
| 43 | 4.49 | 65.32 | 3525 | 65.47 | 97.19 | 0.00 | 3 |
| 44 | 4.59 | 65.79 | 3550 | 65.78 | 96.96 | 0.00 | 3 |
| 45 | 4.68 | 66.25 | 3575 | 66.03 | 96.65 | 0.00 | 3 |
| 46 | 4.78 | 66.71 | 3600 | 66.32 | 96.40 | 0.00 | 3 |

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible-2

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | I |
|----|------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 47 | 4.88 | 67.18 | 3625 | 66.66 | 96.23 | 0.00 | 3 |
| 48 | 4.98 | 67.64 | 3650 | 67.09 | 96.18 | 0.00 | 4 |
| 49 | 5.08 | 68.10 | 3675 | 67.62 | 96.29 | 0.00 | 4 |
| 50 | 5.18 | 68.57 | 3700 | 68.15 | 96.39 | 0.00 | 4 |
| 51 | 5.28 | 69.03 | 3725 | 68.67 | 96.47 | 0.00 | 4 |
| 52 | 5.38 | 69.49 | 3750 | 69.11 | 96.44 | 0.00 | 4 |
| 53 | 5.48 | 69.96 | 3775 | 69.40 | 96.20 | 0.00 | 4 |
| 54 | 5.58 | 70.42 | 3800 | 69.53 | 95.75 | 0.00 | 4 |
| 55 | 5.68 | 70.88 | 3825 | 69.61 | 95.23 | 0.00 | 4 |
| 56 | 5.78 | 71.35 | 3850 | 69.67 | 94.69 | 0.00 | 4 |
| 57 | 5.88 | 71.81 | 3875 | 69.84 | 94.32 | 0.00 | 4 |
| 58 | 5.98 | 72.27 | 3900 | 70.13 | 94.10 | 0.00 | 5 |
| 59 | 6.08 | 72.74 | 3925 | 70.53 | 94.03 | 0.00 | 5 |
| 60 | 6.18 | 73.20 | 3950 | 70.97 | 94.02 | 0.00 | 5 |
| 61 | 6.28 | 73.66 | 3975 | 71.38 | 93.97 | 0.00 | 5 |
| 62 | 6.39 | 74.12 | 4000 | 71.74 | 93.86 | 0.00 | 5 |
| 63 | 6.49 | 74.59 | 4025 | 72.03 | 93.65 | 0.00 | 5 |
| 64 | 6.59 | 75.05 | 4050 | 72.25 | 93.36 | 0.00 | 5 |
| 65 | 6.69 | 75.51 | 4075 | 72.43 | 93.01 | 0.00 | 5 |
| 66 | 6.80 | 75.98 | 4100 | 72.54 | 92.59 | 0.00 | 5 |
| 67 | 6.90 | 76.44 | 4125 | 72.62 | 92.12 | 0.00 | 6 |
| 68 | 7.00 | 76.90 | 4150 | 72.59 | 91.53 | 0.00 | 6 |
| 69 | 7.11 | 77.37 | 4175 | 72.49 | 90.86 | 0.00 | 6 |
| 70 | 7.21 | 77.83 | 4200 | 72.30 | 90.08 | 0.00 | 6 |
| 71 | 7.32 | 78.29 | 4225 | 72.08 | 89.28 | 0.00 | 6 |
| 72 | 7.43 | 78.76 | 4250 | 71.84 | 88.45 | 0.00 | 6 |
| 73 | 7.54 | 79.22 | 4275 | 71.61 | 87.66 | 0.00 | 6 |
| 74 | 7.65 | 79.68 | 4300 | 71.37 | 86.85 | 0.00 | 6 |
| 75 | 7.76 | 80.15 | 4325 | 71.10 | 86.03 | 0.00 | 7 |
| 76 | 7.87 | 80.61 | 4350 | 70.77 | 85.13 | 0.00 | 7 |
| 77 | 7.98 | 81.07 | 4375 | 70.36 | 84.16 | 0.00 | 7 |
| 78 | 8.10 | 81.54 | 4400 | 69.89 | 83.12 | 0.00 | 7 |
| 79 | 8.21 | 82.00 | 4425 | 69.39 | 82.06 | 0.00 | 7 |
| 80 | 8.33 | 82.46 | 4450 | 68.86 | 80.98 | 0.00 | 7 |
| 81 | 8.45 | 82.93 | 4475 | 68.31 | 79.88 | 0.00 | 7 |
| 82 | 8.57 | 83.39 | 4500 | 67.73 | 78.76 | 0.00 | 7 |
| 83 | 8.69 | 83.85 | 4525 | 67.03 | 77.52 | 0.00 | 8 |
| 84 | 8.81 | 84.32 | 4550 | 66.28 | 76.23 | 0.00 | 8 |
| 85 | 8.94 | 84.78 | 4575 | 65.51 | 74.93 | 0.00 | 8 |
| 86 | 9.07 | 85.24 | 4600 | 64.90 | 73.82 | 0.00 | 8 |
| 87 | 9.20 | 85.71 | 4625 | 64.44 | 72.92 | 0.00 | 8 |
| 88 | 9.33 | 86.17 | 4650 | 64.23 | 72.28 | 0.00 | 8 |
| 89 | 9.46 | 86.63 | 4675 | 64.07 | 71.72 | 0.00 | 9 |
| 90 | 9.60 | 87.10 | 4700 | 63.86 | 71.10 | 0.00 | 9 |
| 91 | 9.73 | 87.56 | 4725 | 63.48 | 70.31 | 0.00 | 9 |
| 92 | 9.87 | 88.02 | 4750 | 62.92 | 69.32 | 0.00 | 9 |

**ANEXO N: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEZCLA 3 (GASOLINA EXTRA
CON BIO OIL 5% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)**

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible 3

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | Γ |
|----|------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 1 | 0.13 | 47.73 | 2550 | 36.67 | 75.61 | 0.00 | 1 |
| 2 | 0.26 | 48.20 | 2575 | 38.33 | 78.26 | 0.00 | 1 |
| 3 | 0.39 | 48.67 | 2600 | 40.04 | 80.97 | 0.00 | 1 |
| 4 | 0.51 | 49.13 | 2625 | 41.84 | 83.80 | 0.00 | 2 |
| 5 | 0.63 | 49.60 | 2650 | 43.72 | 86.74 | 0.00 | 3 |
| 6 | 0.74 | 50.07 | 2675 | 45.70 | 89.82 | 0.00 | 4 |
| 7 | 0.85 | 50.54 | 2700 | 47.74 | 92.97 | 0.00 | 5 |
| 8 | 0.95 | 51.00 | 2725 | 49.83 | 96.14 | 0.00 | 6 |
| 9 | 1.05 | 51.47 | 2750 | 51.78 | 99.00 | 0.00 | 6 |
| 10 | 1.15 | 51.94 | 2775 | 53.56 | 101.48 | 0.00 | 7 |
| 11 | 1.25 | 52.41 | 2800 | 55.15 | 103.56 | 0.00 | 8 |
| 12 | 1.34 | 52.88 | 2825 | 56.61 | 105.35 | 0.00 | 9 |
| 13 | 1.43 | 53.34 | 2850 | 57.85 | 106.72 | 0.00 | 9 |
| 14 | 1.53 | 53.81 | 2875 | 58.88 | 107.68 | 0.00 | 1 |
| 15 | 1.62 | 54.28 | 2900 | 59.64 | 108.13 | 0.00 | 1 |
| 16 | 1.71 | 54.75 | 2925 | 60.11 | 108.04 | 0.00 | 1 |
| 17 | 1.80 | 55.22 | 2950 | 60.27 | 107.41 | 0.00 | 1 |
| 18 | 1.89 | 55.68 | 2975 | 60.19 | 106.37 | 0.00 | 1 |
| 19 | 1.99 | 56.15 | 3000 | 59.93 | 105.03 | 0.00 | 1 |
| 20 | 2.08 | 56.62 | 3025 | 59.57 | 103.54 | 0.00 | 1 |
| 21 | 2.18 | 57.09 | 3050 | 59.23 | 102.11 | 0.00 | 1 |
| 22 | 2.27 | 57.56 | 3075 | 59.00 | 100.87 | 0.00 | 1 |
| 23 | 2.37 | 58.02 | 3100 | 58.84 | 99.80 | 0.00 | 1 |
| 24 | 2.47 | 58.49 | 3125 | 58.82 | 98.97 | 0.00 | 1 |
| 25 | 2.57 | 58.96 | 3150 | 58.89 | 98.30 | 0.00 | 1 |
| 26 | 2.67 | 59.43 | 3175 | 59.06 | 97.81 | 0.00 | 1 |
| 27 | 2.77 | 59.90 | 3200 | 59.33 | 97.47 | 0.00 | 2 |
| 28 | 2.87 | 60.36 | 3225 | 59.69 | 97.31 | 0.00 | 2 |
| 29 | 2.97 | 60.83 | 3250 | 60.12 | 97.26 | 0.00 | 2 |
| 30 | 3.07 | 61.30 | 3275 | 60.59 | 97.28 | 0.00 | 2 |
| 31 | 3.18 | 61.77 | 3300 | 61.10 | 97.35 | 0.00 | 2 |
| 32 | 3.28 | 62.24 | 3325 | 61.57 | 97.36 | 0.00 | 2 |
| 33 | 3.38 | 62.70 | 3350 | 62.02 | 97.33 | 0.00 | 2 |
| 34 | 3.48 | 63.17 | 3375 | 62.42 | 97.24 | 0.00 | 2 |
| 35 | 3.58 | 63.64 | 3400 | 62.78 | 97.07 | 0.00 | 2 |
| 36 | 3.68 | 64.11 | 3425 | 63.11 | 96.88 | 0.00 | 2 |
| 37 | 3.78 | 64.58 | 3450 | 63.37 | 96.57 | 0.00 | 3 |
| 38 | 3.89 | 65.04 | 3475 | 63.60 | 96.22 | 0.00 | 3 |
| 39 | 3.99 | 65.51 | 3500 | 63.73 | 95.74 | 0.00 | 3 |
| 40 | 4.09 | 65.98 | 3525 | 63.83 | 95.21 | 0.00 | 3 |
| 41 | 4.19 | 66.45 | 3550 | 63.99 | 94.77 | 0.00 | 3 |
| 42 | 4.30 | 66.91 | 3575 | 64.20 | 94.41 | 0.00 | 3 |
| 43 | 4.40 | 67.38 | 3600 | 64.50 | 94.20 | 0.00 | 3 |
| 44 | 4.51 | 67.85 | 3625 | 64.91 | 94.15 | 0.00 | 3 |
| 45 | 4.61 | 68.32 | 3650 | 65.32 | 94.08 | 0.00 | 3 |
| 46 | 4.72 | 68.79 | 3675 | 65.69 | 93.98 | 0.00 | 3 |

Point Data Report

RICARDO ROBALINO

H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD

Phone: +593 2317026 - 099 597 4028

Fax:

Combustible 3

| # | Time | Speed I | RPM | Power | Torque | Speed II | I |
|----|-------|---------|------|-------|--------|----------|---|
| 47 | 4.82 | 69.25 | 3700 | 65.93 | 93.69 | 0.00 | 4 |
| 48 | 4.93 | 69.72 | 3725 | 66.04 | 93.21 | 0.00 | 4 |
| 49 | 5.03 | 70.19 | 3750 | 66.03 | 92.58 | 0.00 | 4 |
| 50 | 5.14 | 70.66 | 3775 | 65.97 | 91.87 | 0.00 | 4 |
| 51 | 5.25 | 71.13 | 3800 | 65.95 | 91.24 | 0.00 | 4 |
| 52 | 5.35 | 71.59 | 3825 | 66.03 | 90.77 | 0.00 | 4 |
| 53 | 5.46 | 72.06 | 3850 | 66.25 | 90.47 | 0.00 | 4 |
| 54 | 5.57 | 72.53 | 3875 | 66.50 | 90.23 | 0.00 | 4 |
| 55 | 5.68 | 73.00 | 3900 | 66.81 | 90.07 | 0.00 | 4 |
| 56 | 5.79 | 73.47 | 3925 | 67.08 | 89.86 | 0.00 | 5 |
| 57 | 5.90 | 73.93 | 3950 | 67.40 | 89.71 | 0.00 | 5 |
| 58 | 6.01 | 74.40 | 3975 | 67.73 | 89.58 | 0.00 | 5 |
| 59 | 6.12 | 74.87 | 4000 | 68.16 | 89.59 | 0.00 | 5 |
| 60 | 6.23 | 75.34 | 4025 | 68.70 | 89.74 | 0.00 | 5 |
| 61 | 6.34 | 75.81 | 4050 | 69.27 | 89.92 | 0.00 | 5 |
| 62 | 6.45 | 76.27 | 4075 | 69.79 | 90.04 | 0.00 | 5 |
| 63 | 6.56 | 76.74 | 4100 | 70.14 | 89.94 | 0.00 | 5 |
| 64 | 6.67 | 77.21 | 4125 | 70.27 | 89.56 | 0.00 | 6 |
| 65 | 6.78 | 77.68 | 4150 | 70.19 | 88.93 | 0.00 | 6 |
| 66 | 6.89 | 78.15 | 4175 | 69.94 | 88.08 | 0.00 | 6 |
| 67 | 7.00 | 78.61 | 4200 | 69.63 | 87.17 | 0.00 | 6 |
| 68 | 7.12 | 79.08 | 4225 | 69.29 | 86.23 | 0.00 | 6 |
| 69 | 7.23 | 79.55 | 4250 | 68.97 | 85.33 | 0.00 | 6 |
| 70 | 7.35 | 80.02 | 4275 | 68.63 | 84.40 | 0.00 | 6 |
| 71 | 7.46 | 80.49 | 4300 | 68.16 | 83.34 | 0.00 | 6 |
| 72 | 7.58 | 80.95 | 4325 | 67.51 | 82.07 | 0.00 | 7 |
| 73 | 7.70 | 81.42 | 4350 | 66.69 | 80.61 | 0.00 | 7 |
| 74 | 7.83 | 81.89 | 4375 | 65.75 | 79.02 | 0.00 | 7 |
| 75 | 7.95 | 82.36 | 4400 | 64.82 | 77.45 | 0.00 | 7 |
| 76 | 8.08 | 82.83 | 4425 | 64.07 | 76.12 | 0.00 | 7 |
| 77 | 8.21 | 83.29 | 4450 | 63.50 | 75.02 | 0.00 | 7 |
| 78 | 8.34 | 83.76 | 4475 | 63.14 | 74.19 | 0.00 | 7 |
| 79 | 8.48 | 84.23 | 4500 | 62.88 | 73.46 | 0.00 | 8 |
| 80 | 8.61 | 84.70 | 4525 | 62.70 | 72.85 | 0.00 | 8 |
| 81 | 8.75 | 85.16 | 4550 | 62.57 | 72.30 | 0.00 | 8 |
| 82 | 8.88 | 85.63 | 4575 | 62.39 | 71.70 | 0.00 | 8 |
| 83 | 9.02 | 86.10 | 4600 | 62.12 | 71.00 | 0.00 | 8 |
| 84 | 9.16 | 86.57 | 4625 | 61.71 | 70.15 | 0.00 | 9 |
| 85 | 9.30 | 87.04 | 4650 | 61.21 | 69.21 | 0.00 | 9 |
| 86 | 9.44 | 87.50 | 4675 | 60.69 | 68.25 | 0.00 | 9 |
| 87 | 9.59 | 87.97 | 4700 | 60.13 | 67.27 | 0.00 | 9 |
| 88 | 9.74 | 88.44 | 4725 | 59.51 | 66.22 | 0.00 | 9 |
| 89 | 9.89 | 88.91 | 4750 | 58.69 | 64.96 | 0.00 | 9 |
| 90 | 10.04 | 89.38 | 4775 | 57.65 | 63.47 | 0.00 | 1 |
| 91 | 10.20 | 89.84 | 4800 | 56.42 | 61.80 | 0.00 | 1 |
| 92 | 10.36 | 90.31 | 4825 | 55.14 | 60.08 | 0.00 | 1 |

**ANEXO O: RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DEL COMBUSTIBLE ESTÁNDAR
(GASOLINA EXTRA)**

Session Report

RICARDO ROBALINO

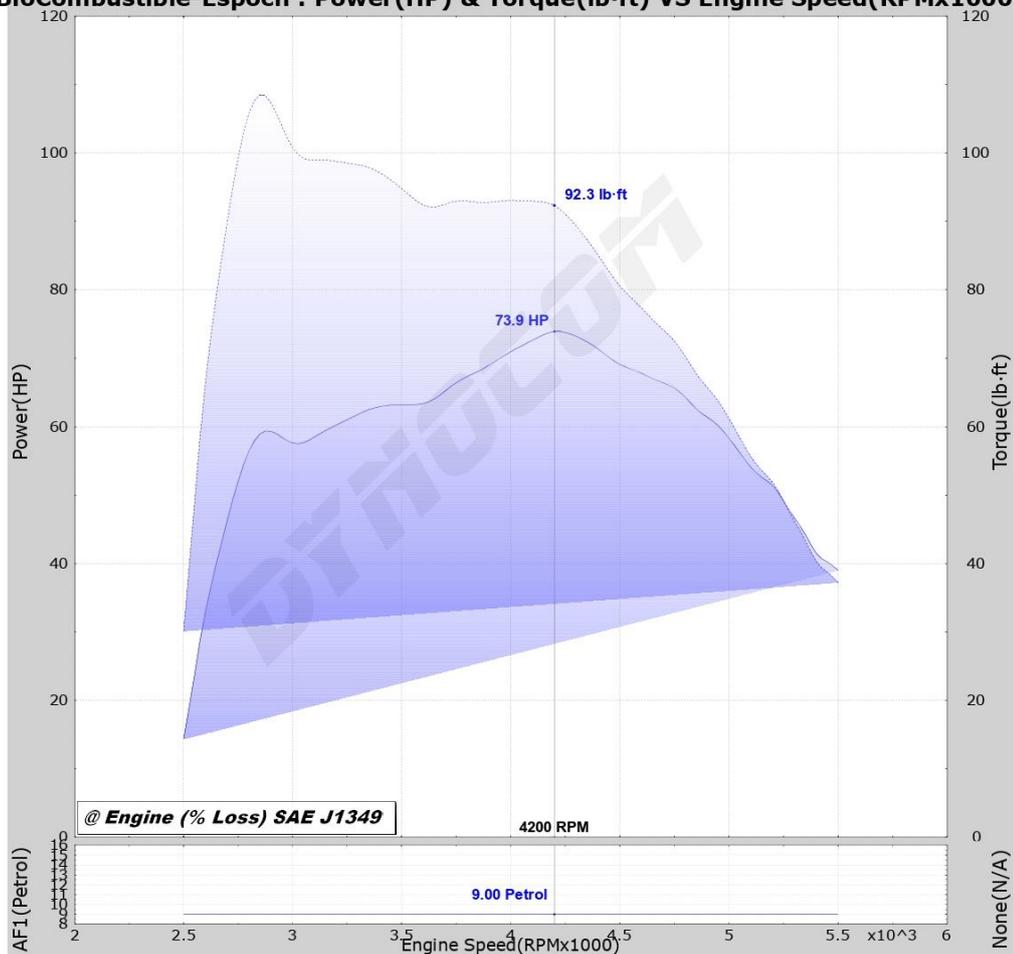
H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD
Phone: +593 2317026 - 099 597 4028
Fax:

RESULTS

BioCombustible-Espoch : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx1000)



| Color | Run | Title | Date | Time | Max HP | Eng HP | Avg HP | Gain | Max Torque | Eng Torque | Avg Torque | CF | Description |
|-------|-----|----------------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|------------|-------------|------------|------|-------------|
| Blue | 3 | Combustible estandar | 1/31/23 | 16:33 | 64.3 HP | 73.9 HP | 59.6 HP | -0.2% | 94.4 lb-ft | 108.5 lb-ft | 81.0 lb-ft | 1.44 | |

ANEXO P: RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DE LA MEZCLA 1 (GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)

Session Report

RICARDO ROBALINO

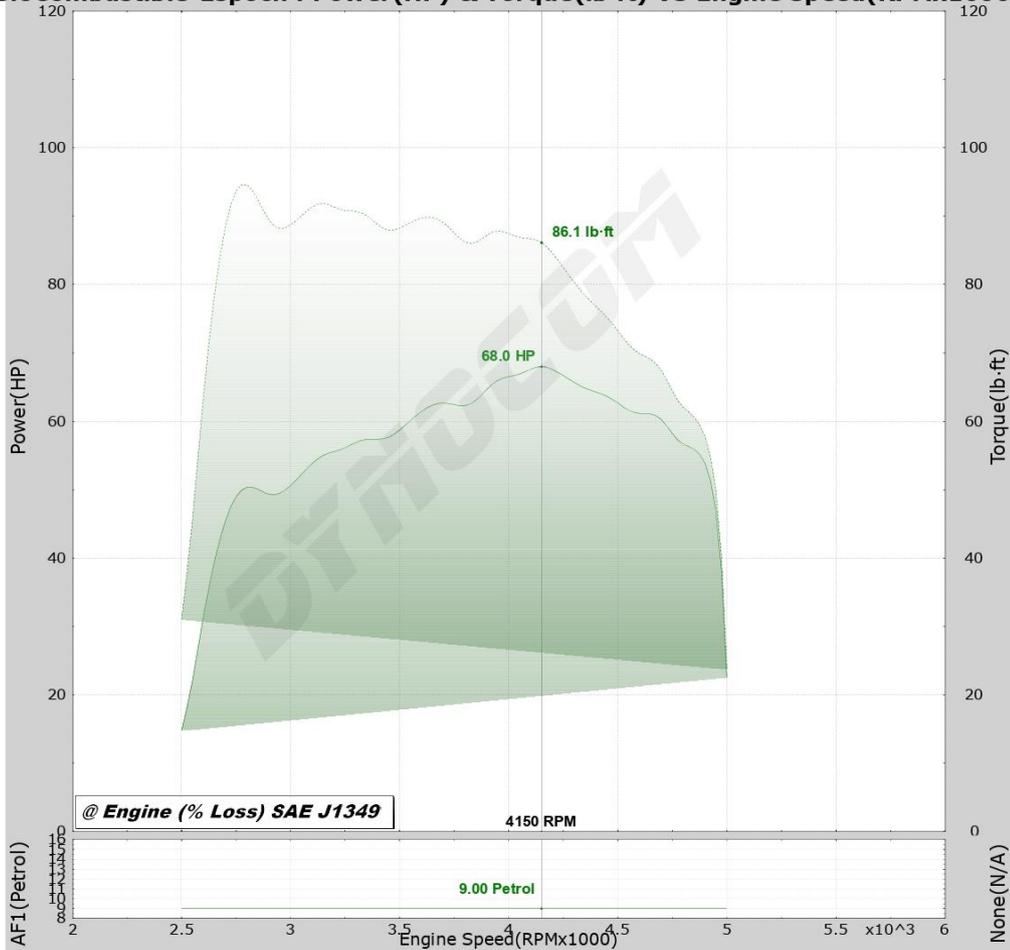
H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD
Phone: +593 2317026 - 099 597 4028
Fax:

RESULTS

BioCombustible-Espoch : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx1000)



| Color | Run | Title | Date | Time | Max HP | Eng HP | Avg HP | Gain | Max Torque | Eng Torque | Avg Torque | CF | Description |
|-------|-----|----------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|------------|------------|------------|------|-------------|
| ■ | 5 | Combustible -1 | 1/31/23 | 17:02 | 59.1 HP | 68.0 HP | 56.1 HP | -8.2% | 82.3 lb-ft | 94.6 lb-ft | 79.8 lb-ft | 1.44 | |

ANEXO Q: RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 2% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)

Session Report

RICARDO ROBALINO

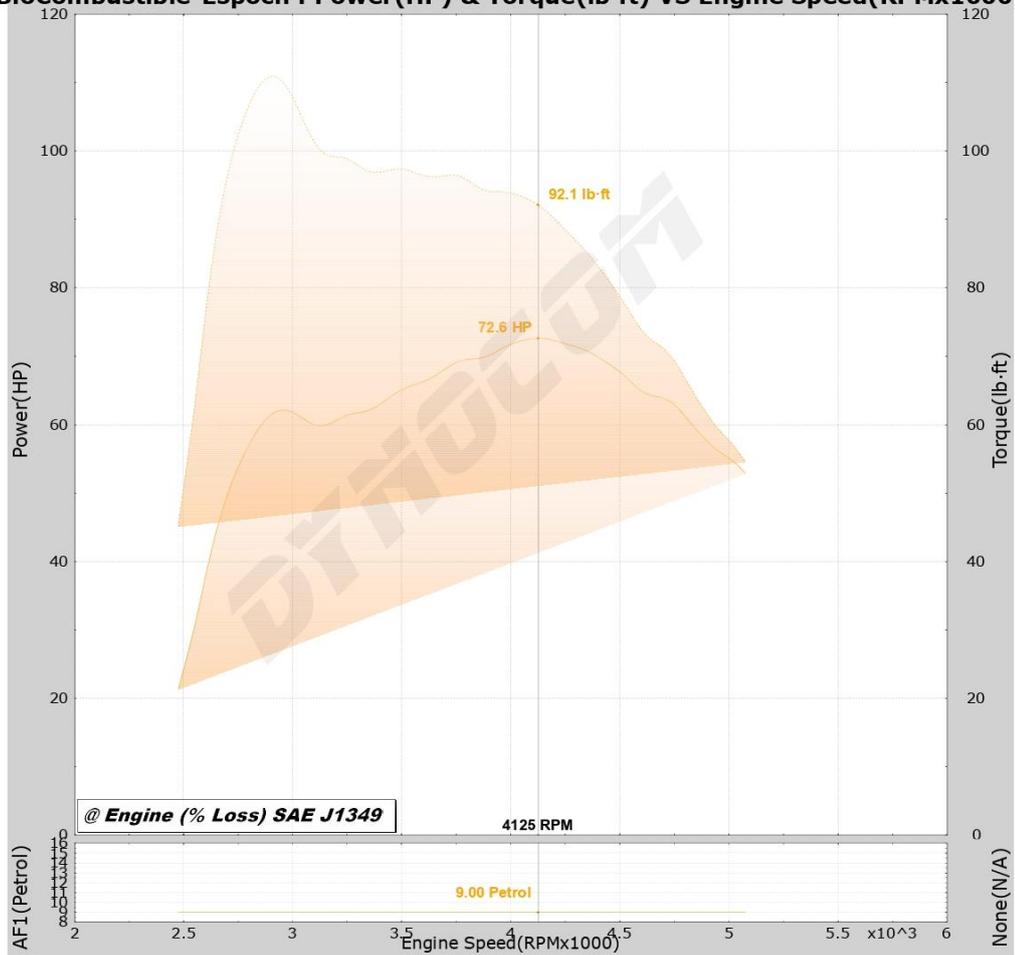
H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD
Phone: +593 2317026 - 099 597 4028
Fax:

RESULTS

BioCombustible-Espoch : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx1000)



| Color | Run | Title | Date | Time | Max HP | Eng HP | Avg HP | Gain | Max Torque | Eng Torque | Avg Torque | CF | Description |
|-------|-----|---------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|------------|-------------|------------|------|-------------|
| Blue | 7 | Combustible-2 | 1/31/23 | 17:09 | 63.1 HP | 72.6 HP | 61.8 HP | -2.0% | 96.4 lb-ft | 110.9 lb-ft | 87.4 lb-ft | 1.44 | |

ANEXO R: RESULTADOS DE TORQUE Y POTENCIA DE LA MEZCLA 3 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 5% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)

Session Report

RICARDO ROBALINO

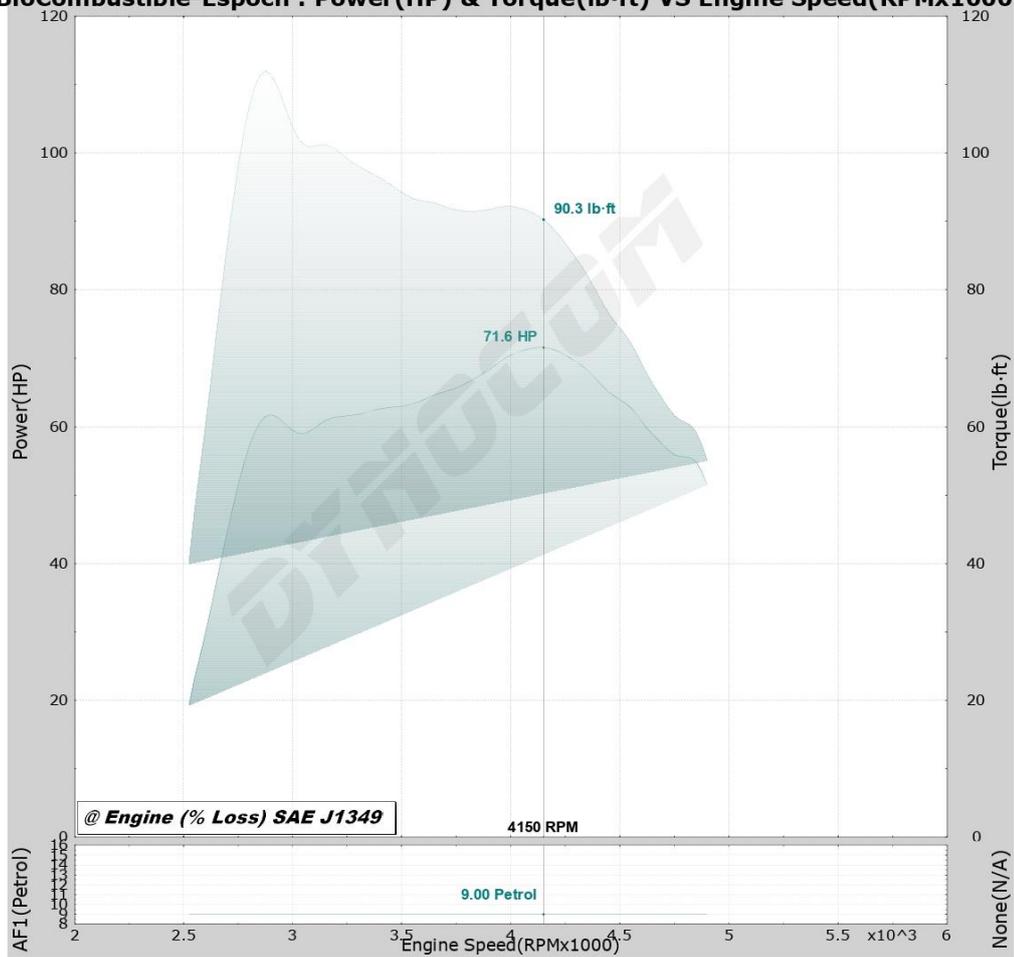
H: W: E:
2020 KIA Rio

MUNDO TUERCA

Mecanica Automotriz - Dyno AWD
Phone: +593 2317026 - 099 597 4028
Fax:

RESULTS

BioCombustible-Espoch : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx1000)



| Color | Run | Title | Date | Time | Max HP | Eng HP | Avg HP | Gain | Max Torque | Eng Torque | Avg Torque | CF | Description |
|-------|-----|---------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|------------|-------------|------------|------|-------------|
| ■ | 11 | Combustible 3 | 1/31/23 | 17:18 | 62.2 HP | 71.6 HP | 60.5 HP | -3.4% | 97.4 lb-ft | 112.0 lb-ft | 86.7 lb-ft | 1.44 | |

ANEXO S: OCTANAJE DE LA MEZCLA 1 1 (GASOLINA EXTRA CON NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA DE PETRÓLEOS

Informe N°: 22-279.1
Fecha de emisión: 2022-12-21

Cliente*: RAXEL RICARDO ROBALINO PASQUEL
Contacto*: Sr. Raxel Robalino
Dirección*: Riobamba
Teléfono*: 0967904084 **Correo-e*:** raxel.robalino@espoch.edu.ec
Tipo de muestra*: GASOLINA EXTRA CON ACEITE PIROLÍTICO BASE PLÁSTICO
Descripción de la muestra*: Gasolina extra + nano partículas
Condiciones de la Muestra: Muestra en envases de plástico en refrigeración
Fecha de ingreso de muestra: 2022-12-14
Código de la muestra: 22-279.1
Fecha de realización de ensayos: 14/12/2022
Lugar donde se realizaron los ensayos: Laboratorio DPEC – Área de Petróleos

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | MÉTODO / TÉCNICA | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) |
|-------------------|--------|---|-----------|---------------------|
| Número de Octano* | RON | Correlación con el método ASTM 2699 (Espectroscopía Infrarroja) | 87,5 | - |

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

Nota: Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.

Nota: Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

Condiciones Ambientales. - Presión: 541,9 a 543,8 mm Hg; **Temperatura:** 16,9 a 19,8 °C

* Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Análisis: PLL/DRA
Elaborado por: DRA

Revisado por:

Ing. Richard Herrera V.
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:

Ing. Fernanda Toasa L.
RESPONSABLE DE CALIDAD

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Dirección: Enrique Rither s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
QUITO - ECUADOR

E-mail: fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec

MC2201-P01-8

Hoja 1 de 3

ANEXO T: OCTANAJE DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 2% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA DE PETRÓLEOS

Informe N°: 22-279.2
Fecha de emisión: 2022-12-21

Cliente: RAXEL RICARDO ROBALINO PASQUEL
Contacto: Sr. Raxel Robalino
Dirección: Riobamba
Teléfono: 0967904084 **Correo-e:** raxel.robalino@esPOCH.edu.ec
Tipo de muestra: GASOLINA EXTRA CON ACEITE PIROLÍTICO BASE PLÁSTICO
Descripción de la muestra: Gasolina extra +nano partículas +bio oil al 2%
Condiciones de la Muestra: Muestra en envases de plástico en refrigeración
Fecha de ingreso de muestra: 2022-12-14
Código de la muestra: 22-279.2
Fecha de realización de ensayos: 14/12/2022
Lugar donde se realizaron los ensayos: Laboratorio DPEC – Área de Petróleos

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | MÉTODO / TÉCNICA | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) |
|-------------------|--------|---|-----------|---------------------|
| Número de Octano* | RON | Correlación con el método ASTM 2699 (Espectroscopía Infrarroja) | 89,8 | - |

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
Nota: Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.
Nota: Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

Condiciones Ambientales. - Presión: 541,9 a 543,8 mm Hg; **Temperatura:** 16,9 a 19,8 °C

* Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analistas: PLL/DRA
Elaborado por: DRA

Revisado por:

Ing. Richard Herrera V.
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por:

Ing. Fernanda Toasa L.
RESPONSABLE DE CALIDAD

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO.
EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

Dirección: Enrique Rither s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26
QUITO - ECUADOR

E-mail: fic.secretaria.dpec@uce.edu.ec

MC2201-P01-8

Hoja 2 de 3

ANEXO U: OCTANAJE DE LA MEZCLA 2 (GASOLINA EXTRA CON BIO OIL 5% Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE HIERRO)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
ÁREA DE PETRÓLEOS

Informe N°: 22-279.3
Fecha de emisión: 2022-12-21

Cliente¹: RAXEL RICARDO ROBALINO PASQUEL
Contacto²: Sr. Raxel Robalino
Dirección²: Riobamba
Teléfono²: 0967904084 **Correo-e²:** raxel.robalino@esPOCH.edu.ec
Tipo de muestra²: GASOLINA EXTRA CON ACEITE PIROLÍTICO BASE PLÁSTICO
Descripción de la muestra²: Gasolina extra +nano partículas +bio oil al 5%
Condiciones de la Muestra: Muestra en envases de plástico en refrigeración
Fecha de ingreso de muestra: 2022-12-14
Código de la muestra: 22-279.3
Fecha de realización de ensayos: 14/12/2022
Lugar donde se realizaron los ensayos: Laboratorio DPEC – Área de Petróleos

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | MÉTODO / TÉCNICA | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) |
|-------------------|--------|---|-----------|---------------------|
| Número de Octano* | RON | Correlación con el método ASTM 2699 (Espectroscopía Infrarroja) | 88,3 | - |

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
Nota: Los resultados que constan en el presente informe solo están relacionados con la muestra entregada por el cliente al DPEC.
Nota: Los resultados se aplican a la muestra, tal y como se recibió

Condiciones Ambientales. - Presión: 541,9 a 543,8 mm Hg; **Temperatura:** 16,9 a 19,8 °C

¹ Información proporcionada por el cliente, el Laboratorio DPEC no se responsabiliza por esta información

Analistas: PLL/DRA
Elaborado por: DRA

Revisado por:

Ing. Richard Herrera V.
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:

Ing. Fernanda Toasa L.
RESPONSABLE DE CALIDAD

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL DEL INFORME COMPLETO O SOLICITAR UNA COPIA CONTROLADA DEL MISMO.
EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME

ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL

■ Especificaciones técnicas Nuevo Kia Stonic

| DIMENSIONES | | | | |
|--------------------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | | GASOLINA | | DIESEL |
| | | 1.0 T-GDi 120CV | 1.2 CVVT 84CV | 1.6 CRDi VGT 110CV |
| Exterior (mm) | Longitud / Anchura / Altura (1.2 Gasolina) | | 4,140 x 1,760 x 1,500 | |
| | Longitud / Anchura / Altura (1.0 Gasolina / 1.6 Diesel) | | 4,140 x 1,760 x 1,520 | |
| | Distancia entre ejes | | 2,580 | |
| | Paso de Rueda | Delantera | 1,537 (185/65R15) / 1,532 (205/55R17) | |
| | | Trasera | 1,544 (185/65R15) / 1,539 (205/55R17) | |
| Voladizo (Delantera / Trasera) | | 830 / 730 | | |
| Distancia mínima al suelo (mm) | | 165 (15") / 183 (17") | | |
| Interior (mm) | Longitud x Anchura x Altura | | 1,821 x 1,468 x 1,222 | |
| | Espacio piernas (Delantera / Trasera) | 1,070 / 850 | | |
| | Espacio cabeza (Delantera / Trasera) | 996 / 975 | | |
| | Espacio hombros (Delantera / Trasera) | 1,375 / 1,355 | | |
| | Espacio cadera (Delantera / Trasera) | 1,344 / 1,330 | | |
| Capacidad de Carga (VDA, t) | Mínimo (área de carga) | | 332 | |
| | Máximo (asientos traseros plegados) | | 1,135 | |

| MOTORIZACIÓN | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | 1.0 T-GDi 120CV | 1.2 CVVT 84CV | 1.6 CRDi VGT 110CV | |
| Tipo | | Transmisión Manual 6 velocidades | Transmisión Manual 5 velocidades | Transmisión Manual 6 velocidades | |
| Motorización | Cilindrada (cc) | 998 | 1,248 | 1,582 | |
| | Diámetro x carrera (mm) | 71.0 x 84.0 | 71.0 x 78.8 | 77.2 x 84.5 | |
| | Ratio de compresión | 10.0 | 10.5 | 16.0 | |
| | Potencia Máxima | (cv / rpm) | 120 / 6,000 | 84 / 6,000 | 110 / 4,000 |
| | | (kw / rpm) | 88.3 / 6,300 | 61.8 / 6,000 | 81 / 4,000 |
| | Par Máximo | (kg.m / rpm) | 17.5 / 1,500 ~ 4,000 | 12.4 / 4,000 | 26.5 / 1,500 ~ 2,750 |
| (Nm / rpm) | | 171.5 / 1,500 ~ 4,000 | 121.6 / 4,000 | 260 / 1,500 ~ 2,750 | |
| Capacidad del depósito de combustible (l) | | 45 | | | |

| TRANSMISIÓN | | | | | |
|-------------|--------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|--|
| | | 1.0 T-GDi 120CV | 1.2 CVVT 84CV | 1.6 CRDi VGT 110CV | |
| Transmisión | Relación de Cambio | 1ª | 3,615 | 3,909 | 3,636 (1.2 CVVT) 3,615 (1.0 T-GDi & 1.6 CRDi) |
| | | 2ª | 1,955 | 2,167 | 1,962 |
| | | 3ª | 1,286 | 1,346 | 1,257 |
| | | 4ª | 0,971 | 1,065 | 0,905 |
| | | 5ª | 0,794 | 0,861 | 0,702 |
| | | 6ª | 0,667 | - | 0,596 |
| | | Marcha Atrás | 3,700 | 3,636 | 3,583 |
| | Relación Final | 4,400 (15") 4,563 (17") | 4,438 | 3,941 (15") 4,188 (17") | |

| PESO | | | | |
|------------------------------|-----------|-----------------|---------------|--------------------|
| | | 1.0 T-GDi 120CV | 1.2 CVVT 84CV | 1.6 CRDi VGT 110CV |
| Peso en orden de marcha (kg) | Min. | 1,185 | 1,145 | 1,255 |
| | Max | 1,278 | 1,238 | 1,349 |
| Peso Bruto (kg) | | 1,640 | 1,600 | 1,700 |
| Capacidad de Arrastre (kg) | Sin Freno | 450 | 450 | 450 |
| | Con Freno | 1,110 | 910 | 1,110 |

| RENDIMIENTO | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------------|
| | | 1.0 T-GDi 120CV | 1.2 CVVT 84CV | 1.6 CRDi VGT 110CV |
| Velocidad Máxima (km/h) | | 184 | 165 | 175 |
| Aceleración (seg) | 0 → 100 km/h | 10.3 | 13.2 | 11.3 |
| | 80 → 120 km/h | 11.6 | 20.6 | 11.1 |

| CONSUMO COMBUSTIBLE & EMISIONES DE CO ₂ | | | | | |
|--|---|-----------------|---------------|--------------------|-----|
| | | 1.0 T-GDi 120CV | 1.2 CVVT 84CV | 1.6 CRDi VGT 110CV | |
| Consumo Combustible (l/100km) | Llantas de 15" (1.2 Gasolina) | Urbano | - | 6,4 | - |
| | | Extra-Urbano | - | 4,5 | - |
| | | Combinado | - | 5,2 | - |
| | Llantas de 17" (1.0 Gasolina/ 1.6 CRDi) | Urbano | 6 | - | 4,9 |
| | | Extra-Urbano | 4,5 | - | 3,8 |
| | | Combinado | 5 | - | 4,2 |
| Emisiones de CO ₂ (g/km) | Llantas de 15" (1.2 Gasolina) | Urbano | - | 144 | - |
| | | Extra-Urbano | - | 103 | - |
| | | Combinado | - | 118 | - |
| | Llantas de 17" (1.0 Gasolina/ 1.6 CRDi) | Urbano | 137 | - | 127 |
| | | Extra-Urbano | 102 | - | 99 |
| | | Combinado | 115 | - | 109 |



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 04 / 07 / 2023

| |
|---|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: Dayana Lisbeth Quinaluisa Chamorro y Raxel Ricardo Robalino Pasquel |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: Ciencias |
| Carrera: Ingeniería Química |
| Título a optar: Ingeniero Químico |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo |



0849-DBRA-UPT-2023

