

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de
inyección

Emilio Leonardo Jiménez González

Nota del Autor

Emilio Jiménez, Facultad de Arquitectura e Ingeniería,
Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Juan Carlos Rocha, M.Sc,

Codirector: PhD. Edilberto Llanes.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

ejimenez.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Emilio Leonardo Jiménez González, con cédula de identidad 1711910925, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

El presente trabajo pertenece al programa de Desarrollo Tecnológico correspondiente a la línea de Eficiencia, impacto ambiental e innovación en la industria a fin a la Facultad de Arquitectura e Ingeniería

EMILIO LEONARDO JIMÉNEZ GONZÁLEZ

CI: 171191092-5

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Antecedentes.....	17
Justificación.....	18
Estado del Arte	20
Características de los Combustibles.	20
Biocombustibles.....	22
Aditivos para Combustibles.....	24
Emisiones de Gases Contaminantes.	25
Ciclo de Conducción.....	27
Factores de emisión.	29
Bujías.	33
Potencia Específica del Vehículo (VSP).	39
Método	41
Fase 1	42
Síntesis del Método.....	42

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Características del vehículo a estudiar.....	42
Tipos de Combustibles.....	43
Pruebas ON BOARD.....	44
Fase 2.....	47
Conexión de equipos Prueba On Board en el vehículo.....	47
Ruta.....	51
Número de pruebas.....	53
Medición de los gases de escape. NORMA INEN 2 204 y EURO.....	54
Pruebas Torque y Potencia.....	56
Fase 3.....	58
Análisis de la chispa de la bujía de encendido.....	58
Presentación del diseño asistido por computador (CAD) en NX.....	58
Presentación de la simulación de la bujía en ANSYS.....	60
Resultados.....	70
Pruebas ON BOARD en el vehículo KIA R STYLUS 1.5 L.....	70
Análisis del CO en tramo-carretera.....	70
Análisis del CO ₂ en tramo-carretera.....	71
Análisis del NO _x en tramo-carretera.....	72
Análisis del O ₂ en tramo-carretera.....	72
Emisiones de HC ppm en tramo-carretera.....	73

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Análisis del CO en tramo-ciudad.....	74
Análisis del CO ₂ en tramo-ciudad.	74
Análisis del NO _x en tramo-ciudad.....	75
Análisis del O ₂ en tramo-ciudad.	76
Emisiones de HC ppm en tramo-ciudad.	76
Pruebas Torque y Potencia	77
Combustible Extra - Torque y Potencia.....	77
Combustible Extra Ferox - Torque y Potencia.	79
Combustible Ecopaís - Torque y Potencia.....	81
Combustible Ecopaís Ferox - Torque y Potencia.	83
Pruebas Estáticas de Gases	85
Gasolina Extra.....	86
Gasolina Extra+Ferox.	87
Gasolina Ecopaís.....	88
Gasolina Ecopaís+Ferox	89
Potencia especifica del vehículo VSP	90
VSP Extra.	90
VSP Ecopaís.	91
VSP Extra+Ferox.....	91
VSP Ecopaís+Ferox.....	92

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Presentación de resultados de Simulación en la bujía de encendido	92
Discusión de Resultados	95
Presentación de Resultados	95
Factores de emisión	95
Factores de contaminación en vehículo de pruebas KIA R STYLUS.....	95
Pruebas de Torque y Potencia en el vehículo de pruebas KIA R STYLUS.....	100
Análisis de Potencia.....	100
Análisis de Torque.....	101
Análisis de las Pruebas Estáticas de Gases.....	102
Análisis del CO en ralentí.....	102
Análisis del HC en ralentí.....	103
Análisis del CO en régimen de giro alto.....	104
Análisis del HC en régimen de giro alto.....	105
Potencia específica del vehículo VSP	106
Potencia específica del vehículo para carretera en ascenso.....	106
Potencia específica del vehículo para plano-ciudad.....	107
Potencia específica del vehículo para ciudad ascenso.....	108
Análisis del consumo de combustible	109
Análisis Térmico de la bujía de encendido con diferentes combustibles	110
Temperatura.....	110

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Flujo total del calor.....	113
Conclusiones.....	116
Recomendaciones.....	118
Bibliografía.....	119
Anexos.....	126
Anexo 1. Datos de potencia y torque con diferentes combustibles.....	126
Anexo 2. CCICEV registro de datos de factores de emisión, gases estáticos, consumo de combustible, torque y potencia con diferentes combustibles.....	138
Anexo 3. Tablas de valores medios velocidad y aceleración para el cálculo del VSP.....	155
Anexo 4. STATGRAPHICS resumen estadístico, pruebas múltiples rangos y gráfica caja de bigotes.....	157

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Índice de Tablas

Tabla 1 Características del Solido Ferox	24
Tabla 2 Gasolina de 87 octanos a 2860 m.....	27
Tabla 3 Fórmula molecular equivalente CH ₃	30
Tabla 4 Definición de los modos VSP	40
Tabla 5 Parámetros de la cámara de cilindro del vehículo KIA R STYLUS.....	43
Tabla 6 Tipos de combustibles a utilizar.....	44
Tabla 7 Componentes del sistema ON BOARD	45
Tabla 8 Rangos de medición equipo AXION GO.....	47
Tabla 9 Protocolo de pruebas On Board y propuestas de combustibles con su densidad.....	54
Tabla 10 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. (Prueba dinámica) a partir del año 2000 (ciclos americanos)	55
Tabla 11 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. (Prueba dinámica) a partir del año 2000 (ciclos europeos)	55
Tabla 12 Limitaciones a las emisiones para vehículos nuevos con motor de gasolina.....	56
Tabla 13 Parámetros establecidos en el dinamómetro	57
Tabla 14 Torque y Potencia máxima	57
Tabla 15 Prueba emisión de gases estática gasolina Extra	86
Tabla 16 Prueba emisión de gases estática gasolina Extra-Ferox.....	87
Tabla 17 Prueba emisión de gases estática gasolina Ecopaís	88
Tabla 18 Prueba emisión de gases estática gasolina Ecopaís-Ferox	89
Tabla 19 Potencia especifica del vehículo con el combustible Extra.	90
Tabla 20 Potencia especifica del vehículo con el combustible Ecopaís.	91

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 21 Potencia especifica del vehículo con el combustible Extra-Ferox.....	91
Tabla 22 Potencia especifica del vehículo con el combustible Ecopaís-Ferox.....	92
Tabla 23 Presentación de resultados de análisis térmico estático y flujo de calor.....	93
Tabla 24 Factores de contaminación combustible Extra.....	96
Tabla 25 Factores de contaminación combustible Extra+Ferox	96
Tabla 26 Factores de contaminación combustible Ecopaís.....	96
Tabla 27 Factores de contaminación combustible Ecopaís+Ferox	97
Tabla 28 Consumo de combustible promedio con varias propuestas de combustibles	109

Índice de Figuras

Figura 1. Porcentaje en ventas de las marcas de vehículos	19
Figura 2. Porcentaje en ventas por provincia	19
Figura 3. Ciclo de Conducción Modal NEDC.	28
Figura 4. Ciclo de Conducción Transitorio FTP-75.....	28
Figura 5. Rutas de prueba de LDGVs en Beijing.....	29
Figura 6. Distancia del electrodo central con el de masa	34
Figura 7. Distancia del electrodo central con el de masa	34
Figura 8. Emisiones contaminantes vs relación estequiométrica	35
Figura 9. Partes de la bujía de cobre	37
Figura 10. Mallado de la cámara de combustión	38
Figura 11. Distribución de ER en el momento de la chispa	38
Figura 12. Diagrama de la metodología del proyecto	41
Figura 13. Conexión de equipo para medición de gases y consumo de combustible	48
Figura 14. Dispositivo On Board en el vehículo.....	48
Figura 15. Inspección visual del sistema de escape	49
Figura 16. Tanque de combustible instalado en el vehículo	49
Figura 17. Equipo de mediciones ON BOARD.....	50
Figura 18. Pastilla Ferox	50
Figura 19. Medición de combustible en probetas	51
Figura 20. Ruta On Board	52
Figura 21. Perfil de elevación de la Ruta On Board	53
Figura 22. Roscado de la bujía.....	58

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Figura 23. Elemento cerámico de la bujía.....	59
Figura 24. Modelado de la bujía	59
Figura 25. Software ANSYS opción análisis térmico estático	60
Figura 26. Opción Enginnerig Data	61
Figura 27. Opción Enginnerig Data.	62
Figura 28. Opciones Geometry, Import Geometry y Bujía 1 (igs).	63
Figura 29. Opciones Model y Edit.	63
Figura 30. CAD de la bujía en ANSYS	64
Figura 31. Selección de materiales.....	64
Figura 32. Ingreso de materiales de la bujía.	65
Figura 33. Ingreso de materiales de la bujía.	65
Figura 34. Mallado automático.	66
Figura 35. Malla de la bujía.	66
Figura 36. Temperatura en el electrodo	67
Figura 37. Ingreso de dato de convección térmica.....	68
Figura 38. Ingreso de dato de convección térmica.....	68
Figura 39. Análisis Térmico.....	69
Figura 40. Porcentaje de CO en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	71
Figura 41. Porcentaje de CO ₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	71
Figura 42. Porcentaje de NO _x en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	72

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Figura 43. Porcentaje de O ₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra-Ferox y Ecopaís-Ferox	73
Figura 44. Porcentaje de HC en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	73
Figura 45. Porcentaje de CO en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	74
Figura 46. Porcentaje de CO ₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	75
Figura 47. Porcentaje de NO _x en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	75
Figura 48. Porcentaje de O ₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox	76
Figura 49. Porcentaje de HC en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra-Ferox y Ecopaís-Ferox	77
Figura 50. Potencia con el combustible Extra-Prueba 1	78
Figura 51. Potencia con el combustible Extra-Prueba 2	78
Figura 52. Potencia con el combustible Extra-Prueba 3	79
Figura 53. Potencia con el combustible Extra Ferox-Prueba 1	80
Figura 54. Potencia con el combustible Extra Ferox-Prueba 2	80
Figura 55. Potencia con el combustible Extra Ferox-Prueba 3	81
Figura 56. Potencia con el combustible Ecopaís-Prueba 1	82
Figura 57. Potencia con el combustible Ecopaís-Prueba 2	82
Figura 58. Potencia con el combustible Ecopaís-Prueba 3	83

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Figura 59. Potencia con el combustible Ecopaís Ferox-Prueba 1	84
Figura 60. Potencia con el combustible Ecopaís Ferox-Prueba 2	84
Figura 61. Potencia con el combustible Ecopaís Ferox-Prueba 3	85
Figura 62. Factores Contaminantes de CO	98
Figura 63. Factores Contaminantes de HC	99
Figura 64. Factores Contaminantes de NOx	100
Figura 65. Análisis de Potencia con diferentes combustibles	101
Figura 66. Análisis de Torque con diferentes combustibles	102
Figura 67. Análisis de %V CO con diferentes combustibles en ralentí	103
Figura 68. Análisis de ppm HC con diferentes combustibles en ralentí	104
Figura 69. Análisis de %V CO con diferentes combustibles en régimen alto	105
Figura 70. Análisis de ppm HC con diferentes combustibles en régimen alto	106
Figura 71. Análisis de Potencia con diferentes combustibles en carretera	107
Figura 72. Análisis de Potencia con diferentes combustibles en la ciudad	108
Figura 73. Análisis de Potencia con diferentes combustibles en la ciudad en el tramo de ascenso	108
Figura 74. Consumo de combustible del vehículo a prueba	110
Figura 75. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Extra	111
Figura 76. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Ecopaís	111
Figura 77. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Extra+Ferox	112
Figura 78. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Ecopaís+Ferox	112
Figura 79. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Extra	113
Figura 80. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Ecopaís.	114

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Figura 81. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Extra+Ferox.	114
Figura 82. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Ecopaís+Ferox.	115

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo demostrar que el uso de un biocombustible es una alternativa para minimizar los daños a la salud y al ambiente, mediante recolección de datos por medio de pruebas On Board, Torque, Potencia, Gases Estáticos, VSP (Potencia Especifica del Vehículo) y consumo de combustible, ayudado de la simulación térmica estática de la bujía de encendido en el software ANSYS para comparar dichos resultados.

En este estudio se utiliza cuatro propuestas de combustibles, dos de comercialización nacional y los mismos mezclados con un aditivo sólido (Ferox), con el propósito de comprobar cuál es el combustible que emite menores factores de contaminación para CO, NOx y HC y también que genere mayor torque y potencia en el motor del vehículo de estudio. Se utiliza una ruta aceptada y establecida en el Distrito Metropolitano de Quito de 2399 hasta 2870 msnm, que combina el tramo en carretera con una distancia de 9 km y un tramo en la ciudad con un recorrido de 8 km, en el que consta con ascensos y descensos con varios ángulos de inclinación en pendiente.

En conclusión se obtiene que la interacción del componente en el software es de 14876 nodos y 7464 elementos estudiados con el mallado automático, obteniendo que los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox tienen el mayor flujo de calor con una diferencia significativa del 5% del combustible Extra y una reducción significativa de emisiones contaminantes del 2 y 2.5% del FCO con el uso del Ecopaís en comparación del combustible Extra y Extra+Ferox respectivamente, en el caso de FHC los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox con un 3% menor en emisiones en comparación al combustible Extra, y por último en el FNOx los combustibles que tienen aditivo sólido Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox son menores en un 3 y 3.3% con respecto al combustible Extra respectivamente.

Palabras claves: etanol, Biocombustibles, emisiones, On Board, ignición.

Abstract

This work aims to demonstrate that the use of a biofuel is an alternative to minimize damage to health and the environment, through data collection through On Board, Torque, Power, Static Gases, VSP (Vehicle Specific Power)) and fuel consumption, assisted by the static thermal simulation of the spark plug in the ANSYS software to compare these results.

In this study four fuels proposals are used, two of national commercialization and the same ones mixed with a solid additive (Ferox), with the purpose of checking which is the fuel that emits less pollution factors for CO, NO_x and HC and also that generate more torque and power in the engine of the study vehicle. An accepted and established route is used in the Metropolitan District of Quito from 2399 to 2870 meters above sea level, which combines the section on the road with a distance of 9 km and a section in the city with a route of 8 km, in which there are ascents and descents with several angles of inclination in slope.

In conclusion, it is obtained that the interaction of the component in the software is of 14876 nodes and 7464 elements studied with automatic meshing, obtaining that the Ecopaís and Ecopaís+Ferox fuels have the highest heat flow with a significant difference of 5% of the Extra fuel and a significant reduction in pollutant emissions of 2 and 2.5% of the FCO with the use of the Ecopais compared to Extra and Ferox fuel respectively, in the case of FHC, the Ecopaís and Ecopaís+Ferox fuels with a 3% lower emissions in Comparison to the Extra fuel, and finally in the FNO_x the fuels that have extra solid Extra+Ferox and Ecopais+Ferox are smaller by 3 and 3.3% with respect to the Extra fuel respectively.

Keywords: ethanol, static thermal, On Board, Ferox, emissions.

Introducción

Antecedentes

En el informe de calidad del aire en la ciudad de Quito, se menciona que no se ha registrado superaciones a la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA), durante el año 2015, tanto en concentraciones para períodos de 1 hora (30 mg/m^3) y en 8 horas (10 mg/m^3). La concentración máxima promedio de 1 hora fue de 10 mg/m^3 en febrero en la estación los Chillos, 60% mayor a la máxima alcanzada en 2014 y la máxima promedio de 8 horas fue de $3,7 \text{ mg/m}^3$, registrada en la estación Centro en febrero, 15% mayor a la alcanzada en el 2014 (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

En el mundo están vigentes las normativas Euro y TIER, que controlan las emisiones de azufre y gases de los combustibles. La norma europea establece requisitos que regulan los límites para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos que se comercializan en la Unión Europea, la TIER, en Estados Unidos, define estándares para una gasolina más limpia mediante la reducción de azufre y de las emisiones de gases. En Ecuador entró en vigencia la normativa que promueve el uso de combustibles con calidad Euro III, sin embargo en el Informe de Calidad de Combustibles de Petro-comercial, nuestra gasolina es de calidad inferior (Euro II). La normativa Euro III establece que la gasolina tenga mínimo 95 octanos y la de Ecuador tiene 91 octanos, de igual forma debería tener como máximo 100 mg/kg y tiene 150 mg/kg de contenido de azufre (AEADE, 2016).

La calidad de los combustibles afecta considerablemente al medioambiente, por ello es importante que su calidad sea la que las normas vigentes determinen o incluso superen en calidad los estándares mínimos determinados (AEADE, 2016).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Justificación

La alta contaminación medioambiental en el Ecuador, lleva a estudiar la factibilidad del uso de nuevos combustibles que produzcan prestaciones similares y reduzcan las emisiones contaminantes producidas por los automóviles que actualmente trabajan con gasolina. Actualmente existe un aumento de temperatura global de 2 °C debido a la contaminación medioambiental (Yusri, 2017).

El aumento del parque automotor en el Ecuador, específicamente en la ciudad de Quito, ha aumentado las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente. En el 2017, del primer semestre hubo 2456 operativos de opacidad, por parte de la AMT (Agencia Metropolitana de Tránsito), el cual inspeccionó el estado de 10523 vehículos y 2607 fueron sancionados (Romero, 2017).

Según el Informe de Calidad de Aire del año 2016 “los óxidos de nitrógeno (NO_x) es la suma de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Las emisiones en ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular, teniendo como el lugar más contaminado el sector de la Marín de la ciudad de Quito. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno donde aproximadamente el 80 % es monóxido de nitrógeno (NO). Sin embargo, este se transforma rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO₂)” (Secretaría del Ambiente, 2015).

Es por esto que se realizará una prueba On Board que se presentará para las condiciones de altitud y topografía particulares de la ciudad de Quito. A una altura promedio de 2810 msnm se tiene 27% menos de oxígeno no quemados, monóxido de carbono y dióxido de azufre (Ministerio del Ambiente, 2010).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

El tipo de vehículo para las pruebas será un Kia Rio Stylus, ya que según la AEADE los vehículos que están en segundo lugar son los de la marca Kia en el año 2016, con un 15% de ventas en comparación a todas las marcas, y por provincias en Pichincha con un 39 %, como se muestran en las figuras 1 y 2 respectivamente.

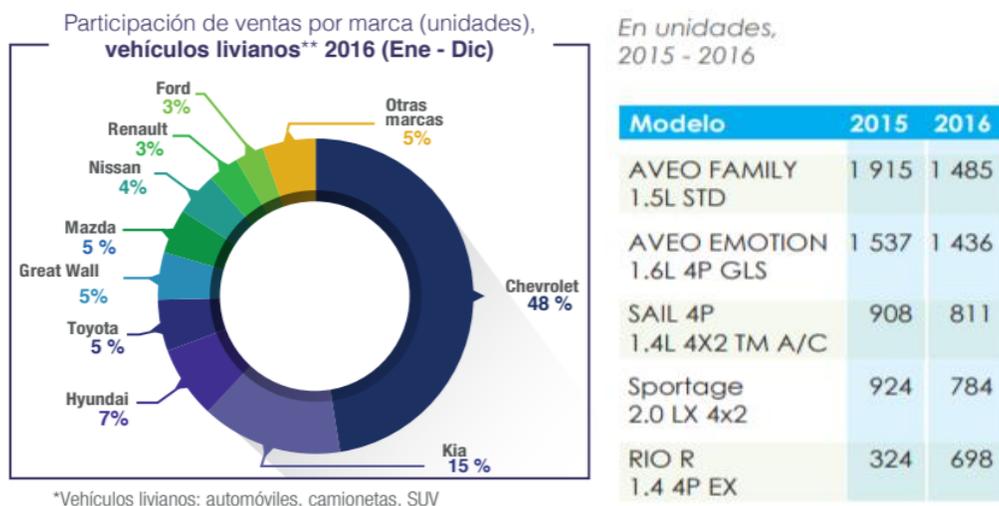


Figura 1. Porcentaje en ventas de las marcas de vehículos (AEADE, SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS, 2017)

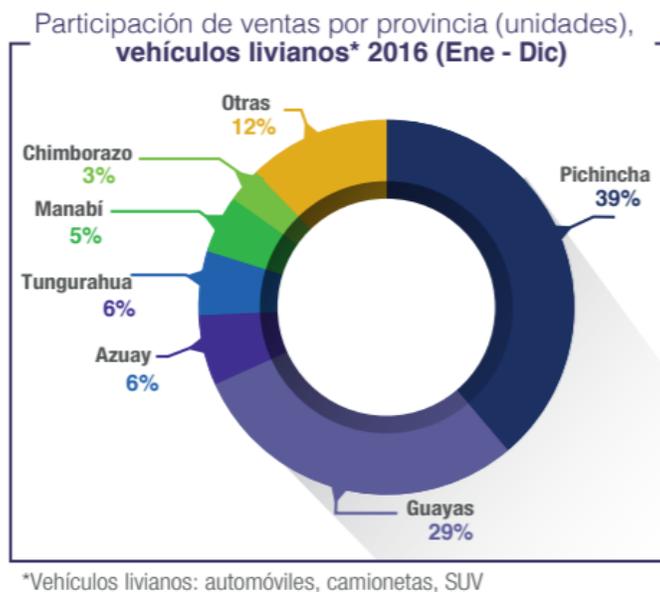


Figura 2. Porcentaje en ventas por provincia (AEADE, SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS, 2017)

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Por lo que se va tratar específicamente de un tipo de combustible E5 (5% de etanol y 95% de gasolina) y del aditivo Ferox en los combustibles de menor precio y más utilizados, para comprobar el porcentaje de gases contaminantes, consumo de combustible, potencia y par motor del vehículo a estudiar.

Por lo tanto, también dependerá de una simulación en NX Siemens de la chispa de la bujía, para obtener una comprensión más profunda de los procesos físicos en los motores de combustión interna y corroborar que este tipo de biocombustible permite reducir las emisiones de gases, teniendo como principal ventaja la verificación de los procesos a alta velocidad, debido a dicha simulación.

Estado del Arte

Características de los Combustibles.

La gasolina es un líquido volátil e inflamable que está formado por hidrocarburos que tienen en sus moléculas entre 4 y 10 carbonos, se obtiene a partir del fraccionamiento del petróleo con un intervalo de ebullición de 50°C a 200 °C, es utilizada en motores de combustión interna de encendido por chispa eléctrica; cuya combustión en presencia de aire permite el funcionamiento de dichos motores ya sean estos a carburador o inyección. En las instalaciones de la Refinería Esmeraldas se produce gasolina extra y súper con la norma de calidad NTE INEN 935:2015 con excepción del octanaje debido a la Resolución No 15 386 Modificatoria 1 (2015-11-23) en la cual se indica que el octanaje se reduce de 87 RON a 85 RON en la gasolina extra y 92 RON a 90 RON para la gasolina súper (Quichimbla P. & Solís S., 2017).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Propiedades fisicoquímicas de la gasolina.

Poder antidetonante.- Esta propiedad se encuentra directamente relacionada con la temperatura de inflamación de cada uno de sus componentes, esto también no permite conocer la capacidad antidetonante de las gasolinas propiedad que influye directamente en el desempeño de los motores de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.

Número de octano experimental (RON).- Este valor es cuantificado a una velocidad de 600 revoluciones por minuto (rpm) y a una temperatura de entrada de aire de 51.7 °C (Barroso, 2013).

Número de octano del motor (MON).- Este valor es medido con el motor estático es decir como si estuviera en la carretera con pocas aceleraciones, pero a velocidades mayores que en la ciudad. Para determinar el MON se utiliza el mismo motor que determina el RON pero con una diferencia es que se utiliza una mezcla precalentada con un motor que este más revolucionado. Por lo general este valor se encuentra 10 puntos por debajo del valor del RON.

Presión de vapor.- Este valor no permite conocer la estabilidad de los compuestos tomando en cuenta su volatilidad, además no permite analizar si un combustible se evapora o no en cantidades notorias cuando su temperatura se eleva a 37.8 °C. Si un combustible tiene cantidades significativas de componentes volátiles este tendrá una pérdida del producto y un peligro latente ya que se crea una atmósfera.

Poder Caloríficos de los Combustibles.

El Poder Calorífico de un combustible es la cantidad de calor que se puede obtenerse de un combustible cuando se quema en forma completa y sus productos son enfriados hasta la temperatura original de la mezcla aire- combustible, su unidad básica es KJ/Kg. Si el poder calorífico es de un nivel inferior al del combustible base (Extra) este tiene un mayor consumo,

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

“Por ejemplo, si se ejecuta una combustión con un combustible con una cierta cantidad de alcohol, la llama de este tendrá poca fuerza, ya que la oxidación no se va a realizar como se desea, este elemento químico posee un bajo poder calorífico debido a que el alcohol contiene agua y este reduce el calor” (Castillo, Mendoza, & Caballero, 2011).

El poder calorífico de la gasolina común (Extra) es de 43950 (KJ/Kg) y el de la mezcla al 5% de etanol es de 42792 (KJ/Kg) (Guzmán B., 2013).

Biocombustibles.

Los biocombustibles están conformados por componentes derivados a partir de biomasa, es decir, organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos. Actualmente son provenientes de la caña de azúcar, trigo, maíz o semillas aceitosas. Estos reducen el volumen total de CO₂ que se emite en la atmósfera, y no emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman.

El uso del etanol como combustible tiene la característica de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que emanan los vehículos. En los últimos tiempos, el etanol se ha utilizado comúnmente como un aditivo de combustible, también como un combustible alternativo en motores de encendido por chispa (gasolina) y motores de encendido por compresión (diésel).

Entre las propiedades que pueden mejorar los aditivos están el octanaje, el contenido de oxígeno, su capacidad detergente, y su coloración.

Ecopaís es un biocombustible compuesto en un 5% de etanol proveniente de la caña de azúcar y 95% de gasolina extra (Ministerio de Hidrocarburos, 2017).

El sector de los biocombustibles se desarrolla sobre tres condiciones básicas que tienen relación con seguridad alimentaria, donde se garantiza el stock suficiente de azúcar para consumo local; sostenibilidad ambiental e inclusión productiva. El usuario de Ecopaís, además

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL de contribuir al cuidado ambiental, incrementa la vida útil de su vehículo. El alcohol que contiene esta gasolina permite mantener limpio el motor. Además, el consumo de este biocombustible, no sólo reduce las emisiones de gases contaminantes al ambiente, sino que impulsa el desarrollo de la agroindustria nacional (Saragosín L., 2016).

Además comercialmente existen dos tipos de alcohol:

1. Alcohol hidratado: Se obtiene de la destilación convencional y contiene alrededor de un 5% de agua (Etanoles Del Magdalena S.A.S, 2012).

2. Alcohol anhidro: Se obtiene de procesar el alcohol hidratado y contiene menos de 1% de agua (Etanoles Del Magdalena S.A.S, 2012).

Sin embargo el uso de etanol con un alto contenido de agua puede ser una fuente de energía más amigable con el medio ambiente y más barato que el uso de 100% gasolina, siempre y cuando se tenga elementos automotrices que sean compatibles con el etanol (Saragosín L., 2016).

Según la British Petroleum (2018), el etanol es un biocombustible que ofrece grandes ventajas en virtud de sus características, materias primas de origen, costos de producción relacionados y efectos ambientales. Para la Asociación de Combustibles Renovables (2014) las ventajas son:

- Puede ser mezclado en grandes cantidades con carburantes convencionales, los cuales pueden ser usados en vehículos sin modificar su motor.
- Se fomenta el comercio y el empleo en las zonas rurales deprimidas, incentivando al sector agropecuario.
- El etanol es un combustible de alta combustión limpia, no tóxico.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

- Cumple con la misma norma de calidad que la "Extra".

Aditivos para Combustibles.

Un aditivo es una sustancia química agregada para mejorar sus propiedades, en el caso de los combustibles dicha sustancia es utilizada en pequeñas cantidades añadida durante su elaboración por el fabricante, para cambiar las características del mismo.

La mayoría de los fabricantes afirman que sus productos de aditivos de combustibles, ofrecen dos funciones, la primera sirve como lubricante en la mezcla, generando que el pistón tenga un recorrido liviano y menos forzado, y la segunda actúan como comburente de la mezcla, mejorando su combustión y su rendimiento (WRT BV., 2014).

El aditivo Ferox ayuda a problemas del motor, tales como consumo excesivo de combustible, exceso de emisiones dañinas de escape y altos costos de mantenimiento. Problemas en el combustible y la combustión incompleta finalmente causan la falla completa del motor (Ferox, s.f). Sus características físico-químicas del aditivo Ferox se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Características del Solido Ferox

DATOS TÉCNICOS	
Apariencia: Visual	Solido en polvo o en tabletas
Punto de ebullición	255 °C
Punto de fusión	70 °C
Densidad de Vapor	5.3 (aire = 1)
Presión de Vapor	< 1 psi
Gravedad Específica	1.04
Densidad	0.992
Solubilidad en agua	Insignificante
Estabilidad	Estable
Incompatibilidad	Agentes Oxidantes Fuertes

Nota: Ficha Técnica (FEROX, 2019).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Emisiones de Gases Contaminantes.

El motor de combustión de ciclo Otto no es capaz de quemar en su totalidad la mezcla de aire-combustible dentro de los cilindros, es decir se produce una combustión incompleta. Entre las sustancias expulsadas en los gases de escape encontramos: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y oxígeno (O₂), los cuales representan una fracción del total de la cantidad de gases combustionados.

Monóxido de carbono (CO).

Se produce en la combustión incompleta, es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Aumenta con mezclas ricas (factor lambda menor a 1), el oxígeno existente no es suficiente para completar la combustión, por lo cual el contenido de CO en los gases de escape es alto. En cambio el CO disminuye con mezclas pobres (factor lambda mayor a 1), el oxígeno presente es elevado y la combustión tiende a completarse, por lo cual el contenido de CO en los gases de escape es bajo (Blancarte, 2011).

Dióxido de carbono (CO₂).

Es un gas incoloro y no combustible, producidos al quemarse los combustibles compuestos de carbono, es el responsable de reducir el capa de la atmosfera que sirve de protección contra los rayos U.V. Las emisiones del dióxido de carbono son un tema de mayor preocupación dentro de todo el tema del calentamiento global puesto que es un gas que origina el efecto invernadero, cada vez más común (Pérez, 2017).

Hidrocarburo (HC).

Son residuos no combustionados del combustible, aparecen en los gases de escape luego de una combustión incompleta. La combustión ineficiente es debido a la falta de oxígeno durante la

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL
combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre). La concentración de hidrocarburos sin combustionar se reduce a valores mínimos para relaciones aire-combustible ligeramente superiores a la estequiométrica, es decir, para mezclas pobres (λ mayor a 1). Con mezclas ricas es imposible quemar por completo los hidrocarburos por falta de oxígeno (Blancarte, 2011).

Óxidos de nitrógeno (NO_x).

Son combinaciones de nitrógeno N₂ y oxígeno O₂ como por ejemplo: NO, NO₂, N₂O, etc. Los óxidos de nitrógeno se producen al existir altas presiones y temperaturas con exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. El monóxido de nitrógeno (NO), es un gas incoloro, inodoro e insípido (Blancarte, 2011).

Oxígeno (O₂).

Es necesario para el proceso de combustión, forma el aire en un 21% del total. Con una mezcla ideal de combustible, el oxígeno debería ser consumido de manera total, pero en caso de una combustión incompleta, el sobrante de oxígeno es expulsado por el escape (Tipanluisa, Remache, Ayabaca, & Reina, 2017).

Los datos técnicos de emisiones de gases a 2860 m sobre el nivel del mar, del combustible de 87 octanos, se presentan en la tabla 2.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 2

Gasolina de 87 octanos a 2860 m

Parámetros	Promedio Media	
	Ralentí	Rpm alta
CO (%V)	0.04	0.07
CO ₂ (%V)	14.27	14.54
HC (ppm)	6.66	6.75
O ₂ (%V)	0.77	0.52

Nota: Resumen de gases contaminantes (Tipanluisa, Remache, Ayabaca, & Reina, 2017)

Ciclo de Conducción.

Un ciclo de conducción de es la herramienta más extendida a la hora de hacer pruebas de homologación de consumo de combustible y emisiones contaminantes (CO₂, HC, NO_x). Los resultados obtenidos de estos ciclos de conducción, suponen una gran influencia sobre las ventas de un determinado vehículo (Martínez, 2014).

Los ciclos de conducción se pueden dividir en dos tipos: modales y transitorios. Los modales o poligonales son aquellos donde hay lapsos de tiempo prolongado a velocidad constante y los transitorios o ciclos reales muestran perfiles más complejos donde la velocidad puede variar cada segundo. En la figura 3 se observa el ciclo modal que se compone de secuencias poligonales técnicas como el ciclo Europeo NEDC o el ciclo japonés 10-15 MODE. El ciclo transitorio refleja una variación de velocidad cada segundo como el ciclo FTP-75 observado en la figura 4. La diferencia es que en el ciclo modal los trayectos tomados en la ruta hacen que exista aceleración lineal con periodos de velocidad constante y no presenta el comportamiento real del conductor, mientras que en el ciclo transitorio se aprecia mejor los cambios de aceleración (Fotouhi, 2012).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

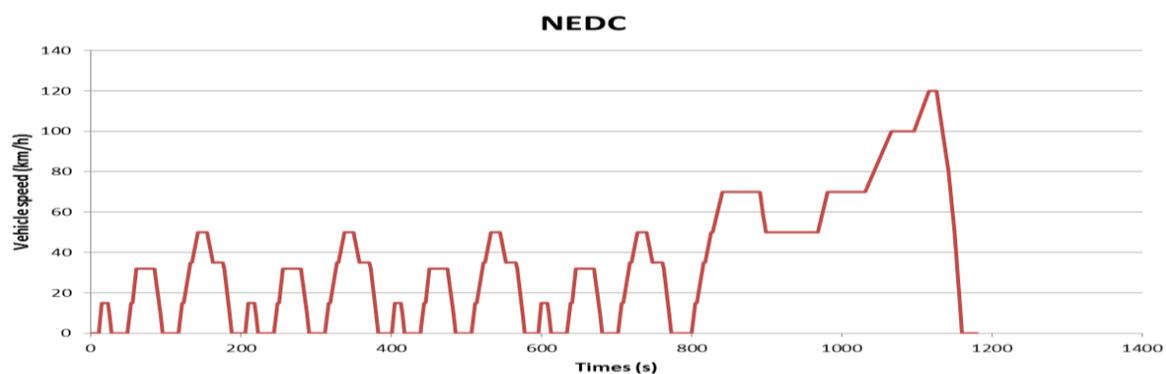


Figura 3. Ciclo de Conducción Modal NEDC
(Charlie & Romain, 2013)

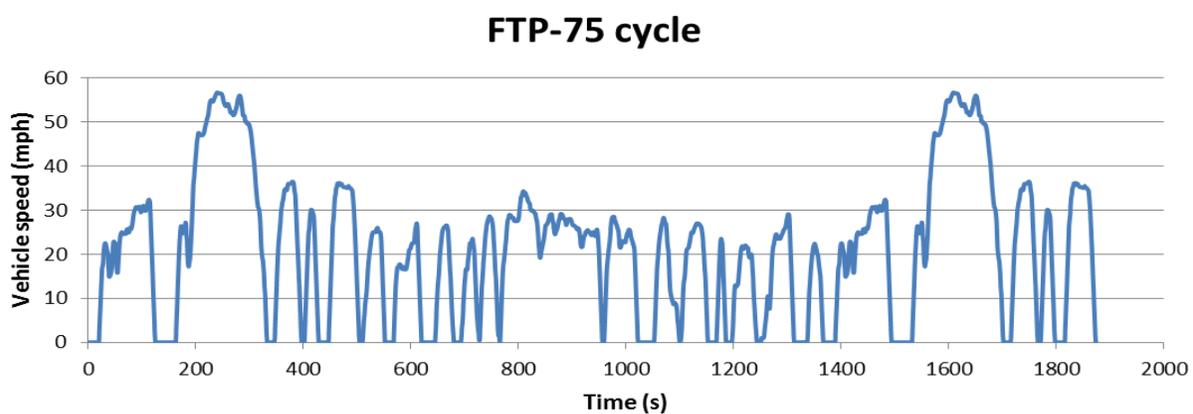


Figura 4. Ciclo de Conducción Transitorio FTP-75
(Charlie & Romain, 2013)

Las rutas de prueba, mostrado en la figura 5, deben incluir diferentes tipos de caminos (como autopistas, arterias, caminos residenciales) para que las emisiones de los vehículos en diferentes ciclos de conducción puedan ser comparados y medidos, para un mejor estudio de este tipo de investigación (HE, Yao, & Zhang, 2010).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Figura 5. Rutas de prueba de LDGVs en Beijing
(HE, Yao, & Zhang, 2010)

También un ciclo de manejo es un perfil de velocidades trazado en un plano velocidad–tiempo, que representa una forma típica de conducir en una ciudad o autopista, tomando en cuenta la tecnología del vehículo, las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas y geográficas (altitud, entre las más importantes) y también características de los mismos conductores (González & Oropeza, 2005).

Factores de emisión.

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad.

Con el conocimiento del peso molecular y la densidad del combustible utilizado es posible calcular la cantidad de CO, HC y NO emitidos por galón de combustible quemado. Sin embargo, la mayoría de los inventarios de emisiones se presenta en gramos de contaminante por kilómetro recorrido, para lo cual es necesario introducir el consumo de combustible promedio del vehículo de prueba (Recalde & Revelo, 2015).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

En la tabla 3 se aprecia el peso molecular para un combustible con 80% peso de carbono y 20% peso hidrogeno, para obtener una formula CH₃.

Tabla 3

Fórmula molecular equivalente CH₃

Componente	Lb por 100 lb de combustible	Peso molecular	Lb mol por 100 lb de combustible	Lb mol por lb mol de carbono
Carbono	80.0	12.0	6.7	1.0
Hidrogeno	20.0	1.0	20.0	3.0

Nota: Fórmula molecular equivalente CH₃, con un combustible con 80% de peso de carbono y 20% de peso de hidrogeno (Urbina, 2016)

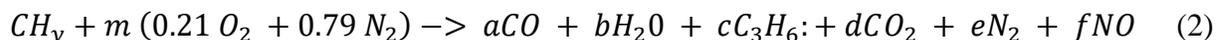
Para este estudio la formula molecular equivalente CH₃, va relacionado con el peso molecular del combustible (Caiza J. & Portilla A., 2010).

$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (1)$$

Dónde:

- MWC = peso molecular del carbono
- MWH = peso molecular del hidrógeno

En la ecuación 2, se presenta los productos de combustión con mayor repercusión ambiental. Para tal se considera CO, H₂O, C₃H₆, CO₂, N₂ y NO que tienen gran importancia en el balance de la masa para la combustión (Frey & Eichenberger, 1997).



Donde las variables **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, **f** y **m** son coeficiente estequiométricos desconocidos y definidos según Caiza J. & Portilla A. (2010), donde:

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

- m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido
- a = moles formados de CO por mol de combustible consumido
- b = moles formados de H₂O por mol de combustible consumido
- c = moles formados de C₃H₆ por mol de combustible consumido
- d = moles formados de CO₂ por mol de combustible consumido
- e = moles formadas de N₂ por mol de combustible consumido
- f = moles formados de NO por mol de combustible consumido

Los átomos de combustión no pueden ser creados ni destruidos, es tal que la presentación del balance de la masa se describe como:

Elemento	Recatarte		Productos
Carbono	1	$=$	$a + 3c + d$ (3)

Elemento	Recatarte		Productos
Hidrógeno	y	$=$	$2b + 6c$ (4)

Elemento	Recatarte		Productos
Oxígeno	$0.42 m$	$=$	$a + b + 2d + f$ (5)

Elemento	Recatarte		Productos
Nitrógeno	$1.58 m$	$=$	$2e + f$ (6)

Al ser el CO₂ el gas predominante, en los residuos de combustión se pretende relacionar este gas con el resto de residuos que son indispensables en la relación de este estudio para tal se presenta las siguientes ecuaciones, según (Caiza J. & Portilla A., 2010):

$$R_{NO} = \left(\frac{NO}{CO_2} \right) = \frac{f}{d} \quad (7)$$

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

$$R_{CO} = \left(\frac{CO}{CO_2} \right) = \frac{a}{d} \quad (8)$$

$$R_{HC} = \left(\frac{HC}{CO_2} \right) = \frac{c}{d} \quad (9)$$

Dónde:

R_{CO} = Razón de CO con respecto al CO₂

R_{HC} = Razón de HC con respecto al CO₂

R_{NO} = Razón de NO con respecto al CO₂

De las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$a = d * R_{CO} \quad (10)$$

$$c = d * R_{HC} \quad (11)$$

$$d = \left(\frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \right) \quad (12)$$

Al obtener los valores de a, c y f en las ecuaciones anteriores se pretende analizar los factores de emisión (EF') en gramos de contaminante por gramo de combustible consumido según (Llanes Cedeño, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018):

$$EF'_{CO} = a * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{CO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \quad (13)$$

$$EF'_{HC} = a * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{HC}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \quad (14)$$

$$EF'_{NO} = a * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{NO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \quad (15)$$

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Se considera como base principal del combustible al octano C_8H_{18} (equivalente $CH_{2.25}$), se presenta la ecuación del peso molecular del combustible según (Caiza J. & Portilla A., 2010).

$$MW_{Fuel} = \frac{12gC}{mol C} \left(\frac{1mol C}{mol Fuel} \right) + \frac{1gH}{mol H} * \left(\frac{2.25mol H}{mol Fuel} \right) \quad (16)$$

$$MW_{Fuel} = 14.25 * \frac{g Fuel}{mol Fuel} \quad (17)$$

La densidad del combustible (Kg/m^3) y consumo por distancia recorrida FC (m^3/Km), se obtiene el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido, como se muestra en las ecuaciones, las cuales se ejecutan para el cálculo de factores de emisión de los vehículos de prueba que son proporcionados por el análisis ON BOARD (Caiza J. & Portilla A., 2010).

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (18)$$

$$FCO = \frac{gCO}{Km} = \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (19)$$

$$FHC = \frac{gHC}{Km} = \frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (20)$$

$$FNO = \frac{gNO}{Km} = \frac{30 \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (21)$$

Bujías.

Las bujías necesitan un determinado rango térmico para poder funcionar correctamente. Si el índice de grado térmico es demasiado alto, la bujía no puede disipar con suficiente rapidez el calor producido. Eso provoca encendidos incandescentes; es decir, no es la chispa de encendido

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

sino la bujía excesivamente caliente lo que enciende la mezcla. Si el índice de grado térmico es demasiado bajo, con una potencia del motor reducida no se alcanza la temperatura de combustión libre necesaria para la auto-limpieza de la bujía. Consecuencia: Fallos de encendido, consumo elevado y emisiones crecientes, como se observa en la figura 6 (BERU, 2014).

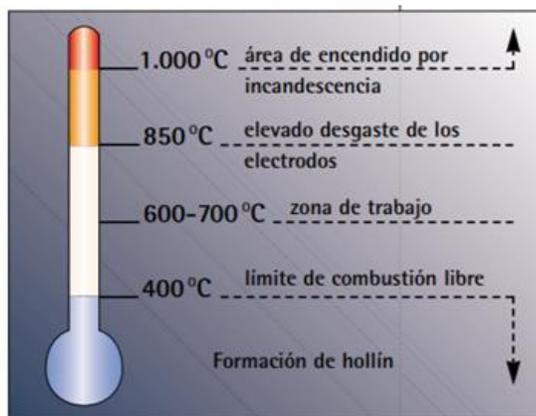


Figura 6. Distancia del electrodo central con el de masa (BERU, 2014)

Una bujía aísla una corriente eléctrica de varios miles de voltios que entra en la cámara de combustión. Esta proporciona un sellado eficiente a los súbitos incrementos de presión de la combustión (Codesis, 2002).

En la figura 7 se encuentra el electrodo de masa y central.



Figura 7. Distancia del electrodo central con el de masa (BERU, 2014)

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

La ubicación angular de la bujía es insensible en su posición siempre que se encuentre a la distancia determinada por las condiciones geométricas. No se puede simular la geometría de la bujía, aunque se reconoce que tiene un efecto sobre el campo de velocidades (Z. Tan, 2006).

La concentración de sustancias nocivas en los gases de escape, depende de la relación aire/combustible mostrado en la Figura 8 (Pardiñas, 2012). El factor lambda se obtiene de procesar datos recogidos por el analizador de gases e intentar determinar la relación que existe entre el aire ya la gasolina. Cuando la dosificación es correcta, el valor λ es igual a 1. Mientras si la mezcla es rica (exceso de combustible), el valor desciende hasta 0.9. Si la mezcla es pobre (falta de combustible) puede subir hasta 1.1, esta medida carece de unidades.

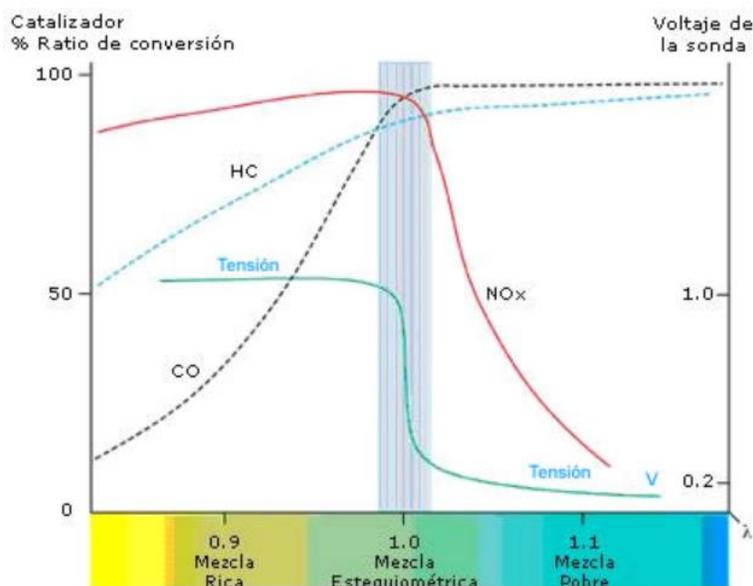


Figura 8. Emisiones contaminantes vs relación estequiométrica (meganeboy, 2018)

La temperatura de los gases de escape es un parámetro muy importante de determinar, ya que una temperatura arriba de los valores comunes (entre 400 °C y 600 °C) puede significar un alto contenido de NOx en los gases, ya que éstos se forman durante la combustión a temperaturas

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

arriba de 2.000 °C, por lo tanto, es de esperarse que los gases de escape salgan a una temperatura mayor.

Una elevada temperatura de gases de escape también determina una combustión más acelerada, la cual la puede ocasionar el contenido de etanol, ya que aumenta significativamente la velocidad de combustión, por lo tanto, la temperatura elevada puede ser causa de un alto contenido de etanol en el combustible (Serpa & Zumba, 2016).

Bujía de Cobre.

Esta bujía es la mejor conductora de electricidad, tiene una durabilidad de 25 mil kilómetros debido a que en cada encendida, se pierde una pequeña cantidad de su material (cobre) (Medina, 2017).

El material que presenta menos resistencia al flujo eléctrico es el cobre, lo cual garantiza un flujo elevado de corriente eléctrica al interior del cilindro (NGK N. , 2019).

La carbonización de una bujía ocurre cuando existe acumulación de carbón en la punta ignífera de la misma. El carbón es conductor de energía eléctrica, por lo tanto la bujía carbonizada sufrirá pérdida de aislación provocando fallas de encendido.

Conforme aumentamos la rotación y la carga del motor, aumentamos la temperatura en la punta de la bujía. Cuando la temperatura de la punta ignífera de la bujía supera los 450° entramos en una zona de temperatura que llamamos de auto limpieza de la bujía de encendido. Donde la propia bujía quema los residuos de carbón de la punta ignífera.

Debemos observar que combustibles como etanol (alcohol) no generan residuos de carbonización. Esto se debe a una característica del combustible que poseen cadenas carbónicas menores (NGK N. , 2019).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

En la figura 9 se observa las partes de una bujía con electrodo central de cobre.

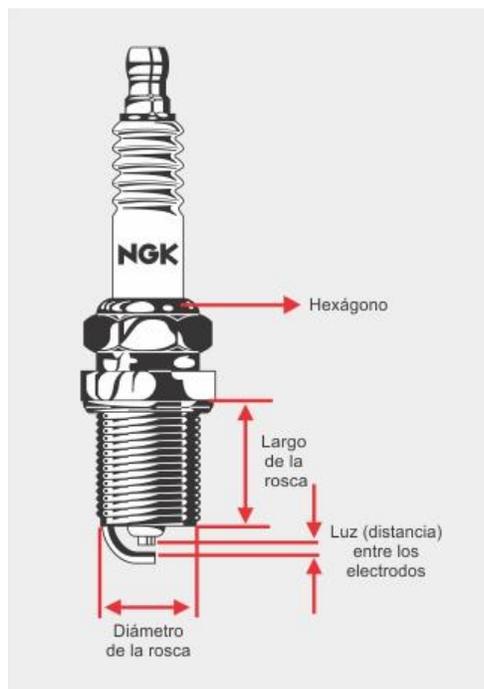


Figura 9. Partes de la bujía de cobre
(NGK N. , 2019)

Los factores que influyen sobre el comportamiento de la chispa se categorizan de dos formas, la primera en base a la estructura de la bujía y la segunda por parámetros del motor. De acuerdo con los parámetros establecidos por los fabricantes de vehículos, los fabricantes de autopartes homologan las bujías; consecuentemente en el mercado se encuentran bujías originales, homologadas y sustitutas (Serpa & Zumba, 2016).

- Parámetros de la Bujía: Separación de electrodos, geometría de los electrodos, material de los electrodos, polaridad de la tensión de encendido y grado térmico.
- Parámetros del motor: Compresión, composición de la mezcla y movimiento de la mezcla.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Simulación de la chispa de la bujía.

Una malla cartesiana, se genera durante el tiempo de ejecución para la geometría dada. El tamaño de la rejilla base utilizada se mantiene a 4 mm. Se inicializa utilizando los datos de presión y temperatura en las regiones respectivas que se obtienen al final del cuarto ciclo. La presión atmosférica de 1 bar y la temperatura de 310 K se utilizan como las condiciones de contorno en la entrada y en la salida, porque el motor considera una aspiración natural (Raj Gnana Sagaya Raj, Maharudrappa Mallikarjuna, & Venkitachalam, 2013). En la figura 10 se muestra el mallado de la cámara de combustión durante la ignición.

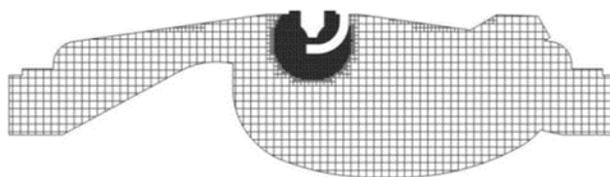


Figura 10. Mallado de la cámara de combustión
(O. P. Saw, 2017)

La relación de equivalencia (ER) tiene una mejor propagación de la llama entre 0.99 y 1.18, que a su vez produce una mejor combustión (O P Saw, 2017). En la figura 11 se muestra la distribución de ER en el plano central en el momento de la chispa.

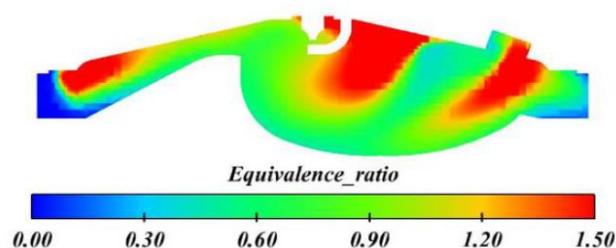


Figura 11. Distribución de ER en el momento de la chispa.
(O P Saw, 2017)

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Potencia Específica del Vehículo (VSP).

La metodología VSP consiste en un balance simplificado de todas las fuerzas aplicadas en el vehículo durante su conducción, permitiendo obtener una estimación de la potencia por unidad de masa del vehículo en cada uno instantáneo. Así, el VSP es función de la velocidad y de la aceleración del vehículo, así como de la pendiente y se suele expresar en kilogramos por tonelada [W / Kg].

La potencia específica del vehículo traduce cuantitativamente los parámetros característicos de un modo de conducción instantáneo a niveles de demanda energética del motor como menciona (Araya, 2008). Además Tolvett (2011), corrobora que el VSP posee la ventaja de ser una unidad básica, permitiendo comparaciones efectivas entre datos obtenidos en distintos sitios.

$$VSP = V(1.1\alpha + g\gamma + C_R) + C_D V^3 \left[\frac{W}{Kg} \right] \quad (22)$$

Donde:

V = velocidad del vehículo (m/s)

α = Aceleración del vehículo (m/s²)

g = gravedad (m/s)

γ = elevación vertical del vehículo y relación de distancia horizontal

C_R = Coeficiente de resistencia a la rodadura

C_D = Coeficiente de arrastre dinámico

En la tabla 4, se observa que los modos 1 y 2 corresponden a gamas de potencia negativa, queriendo esto significar que, en virtud de un evento específico, que puede corresponder a un frenado o descenso (respectivamente aceleración e inclinación negativas), que en estas circunstancias es posible regenerar energía. Por su parte, el modo 3 engloba puntos de VSP nulo,

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL asociados en su mayoría a situaciones de "ralenti", con el coche parado (velocidad nula) (Dias de Carvalho, 2014).

Tabla 4

Definición de los modos VSP

Modo VSP	Gama VSP [W / Kg]	Modo VSP	Gama VSP [W / Kg]
1	$VSP < -2$	8	$13 \leq VSP < 16$
2	$-2 \leq VSP < 0$	9	$16 \leq VSP < 19$
3	$0 \leq VSP < 1$	10	$19 \leq VSP < 23$
4	$1 \leq VSP < 4$	11	$23 \leq VSP < 28$
5	$4 \leq VSP < 7$	12	$28 \leq VSP < 33$
6	$7 \leq VSP < 10$	13	$33 \leq VSP < 39$
7	$10 \leq VSP < 13$	14	$39 \leq VSP$

Nota: Resumen tramo a tramo VSP (Dias de Carvalho, 2014)

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Método

La modalidad de la investigación se basará en un enfoque cuantitativo de cómo afecta la mezcla de etanol-gasolina en la bujía. Se determinará la cantidad de la mezcla para usarse en el KIA R Stylus 1.5 Litros; se realizará una recolección de datos numéricos de las diferentes pruebas, lo cual permitirá el resultado de consumo de combustible, porcentaje de gases contaminantes, potencia, torque y factores de emisiones. En el diagrama que se muestra en la figura 12 es el orden en el que se va a realizarla la metodología de estudio, y está compuesto por 3 fases.

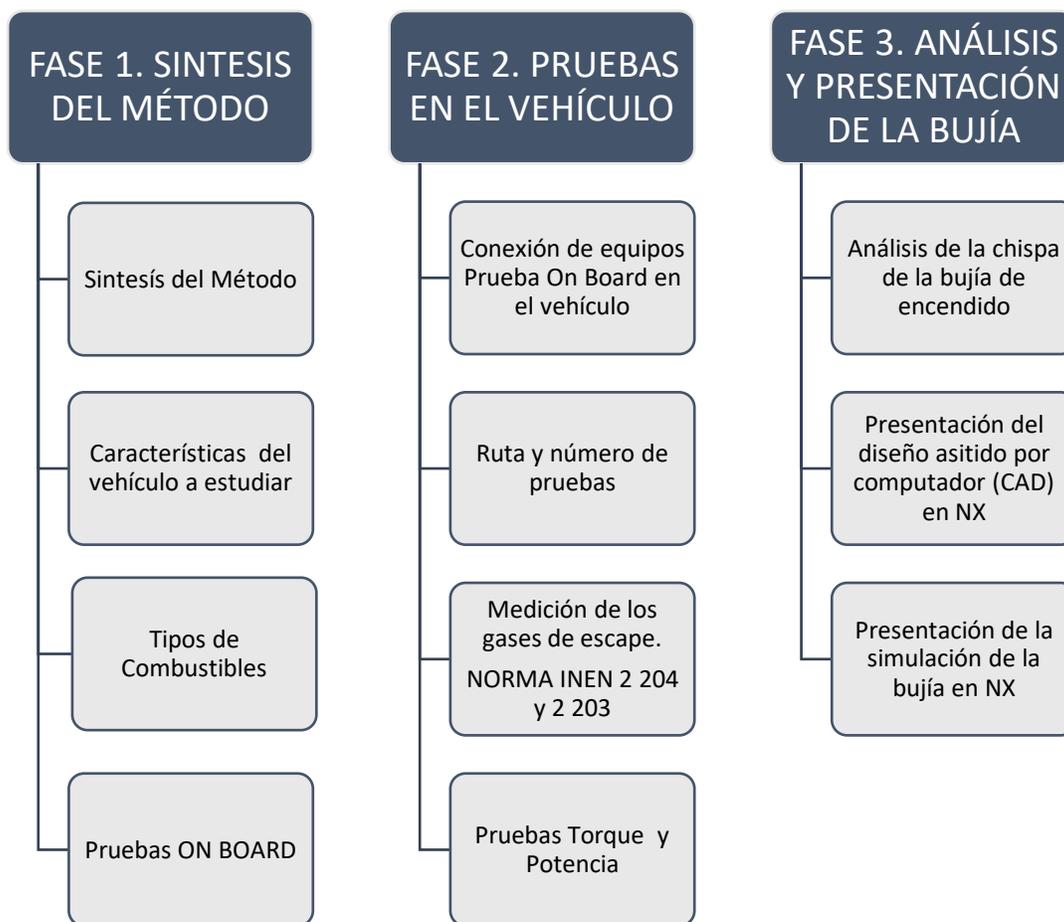


Figura 12. Diagrama de la metodología del proyecto

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Fase 1

Síntesis del Método.

Mediante la recopilación de los resultados generados por las pruebas On Board, torque, potencia, pruebas estáticas de gases, cálculo del VSP y consumo de combustible, se puede obtener datos que permitan comparar con los valores obtenidos de la simulación de la bujía, dado como condiciones de entrada el poder calorífico de los combustibles y la temperatura de la cámara de combustión.

Características del vehículo a estudiar.

Se optó por un vehículo de la marca KIA modelo, ya que es la segunda mejor posesionada en la venta de vehículos en todo el país, el kilometraje es de 87000 km, tomando en cuenta que para las pruebas que se van a desarrollar en este vehículo las condiciones del motor, dirección y transmisión deben tener un mínimo deterioro en sus elementos.

Por lo general se deben utilizar vehículos con tecnología Euro III y IV, ya que significativamente las emisiones de gases contaminantes son bajas con vehículos respecto a Euro I (Faria, Varella, Duarte, Farias, & Baptista, 2018).

La mayoría de estos estudios utilizan procedimientos de medición que son costosos y consumen tiempo, y por lo tanto, se tiende a centrarse en un solo parámetro o una pequeña muestra de vehículos (Duarte, Gonçalves, & Farias, 2016).

Adicionalmente, se toma en cuenta que las emisiones de este tipo de vehículo se verifican en ciclos europeos de acuerdo a la norma NTE INEN 2204:2002.

En la tabla 5 se encuentra los parámetros de la cámara de combustión, diámetro del pistón, carrera y relación de compresión del vehículo KIA R STYLUS.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 5

Parámetros de la cámara de cilindro del vehículo KIA R STYLUS

Parámetros	Magnitud
Diámetro del Pistón	75,5 mm
Carrera	75 mm
Relación de Compresión	9,5:1
Calidad de Combustible	RON 87
Torque	125.4 Nm
Potencia	97 HP
Angulo de Chispa	345°
Duración de la Chispa	8°
Distancia Horizontal de la bujía	43,9 mm
Revoluciones del motor	6000 rpm

Nota: Resumen de gases contaminantes (KIA, 2013)**Tipos de Combustibles.**

Para el estudio se toma cuatro propuestas de combustibles, dos de uso convencional Extra y Ecopaís, y dos mezclas con el aditivo Ferox, utilizando 75 litros de combustible y una pastilla de este aditivo de 1 gramo, en la tabla 6 se muestra los combustibles con la cantidad del aditivo.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 6

Tipos de combustibles a utilizar

Tipo de combustible	Características
Extra	Gasolina convencional
Ecopaís	Gasolina convencional adicionada 5% de etanol
Extra+Ferox	Gasolina convencional+0.5 gramos de Ferox
Ecopaís+Ferox	Gasolina convencional adicionada 5% de etanol+0.5 gramos de Ferox

Pruebas ON BOARD.

Para el presente estudio se plantea realizar pruebas ON BOARD, la prueba de medición a bordo es una aproximación deseable de la cuantificación en lo que respecta a emisiones vehiculares en condiciones reales. La finalidad de este estudio es obtener la masa real de cada contaminante en función del tiempo, distancia de recorrido y consumo de combustible. Para su posterior análisis en relación a cada combustible utilizado (Lopez T., 2013).

El protocolo de pruebas On Board, se encuentra normalizadas en laboratorio por NTE INEN, entre los cuales se indica los equipos a utilizar en el proceso de medición de emisiones contaminantes en ruta, previamente establecida (Pilliza & Montalvo , 2016).

El principal reto es analizar la concentración de emisiones, consumo de combustible en determinados tramos del Distrito Metropolitano de Quito, para los cuales se determina una medición en carretera ascenso, carretera descenso y en el sector urbano en determinadas horas del día y diferentes flujos de tráfico. Con la finalidad de obtener la masa de cada contaminante, en función del tiempo, distancia de recorrido y consumo de combustible.

La característica principal de esta prueba, radica en tiempo, ya que los resultados se obtienen en tiempo real y en las condiciones reales de operación del vehículo de esta forma se aprecia los

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

factores de contaminación de manera más precisa y en tramos determinados. La principal desventaja o inconveniente de esta prueba, se realiza al momento de su instalación, ya que se necesita un gran espacio interior, mayor tiempo para su puesta en marcha y disponibilidad de los diferentes vehículos para cada prueba.

Este tipo de pruebas de experimentación On Board, se utiliza principalmente en obtener valores reales de emisiones contaminantes en relación a: CO, CO₂, O₂, HC y NO_x en condiciones reales de operación, clima, temperatura ambiente, velocidad y tráfico. Para la ejecución de esta prueba se necesita el equipo adecuado que se detalla a continuación, elegir adecuadamente una ruta validada ya que de esto depende valores de factores de contaminación y consumo de combustible en la presente investigación y finalmente la conducción por parte de una persona capacitada. En la tabla 7 se encuentra las características de cada componente del sistema On Board.

Tabla 7

Componentes del sistema ON BOARD

COMPONENTES DEL SISTEMA ON BOARD	
EQUIPO	CARACTERÍSTICA
Sonda de gases	Se instala en el sistema de escape
Canister o tanque de combustible	El equipo se instala en el sistema de alimentación de combustible
Equipo ON BOARD	Se instala en el vehículo y va conectado a la sonda de escape.
Computador	Recibe la información del equipo ON BOARD
Conexiones al sistema de inyección del vehículo	Son mangueras que permiten la conexión entre el vehículo y el Canister

Sonda de gases.

Se instala en el sistema de escape del vehículo y su principal función es detectar las emisiones contaminantes en forma de gases y las direcciona a equipo ON BOARD para su posterior análisis.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tanque de combustible.

Es el encargado de suministrar la cantidad de combustible y la presión necesaria para movilizar el vehículo. Entre las características del equipo se denota la capacidad de medir la cantidad de combustible consumido en la ruta del recorrido. Consta de dos mangueras una de ingreso y otra de retorno de gasolina en el motor, adicional incluye una bomba manual para proporcionar la presión necesaria, de forma que simula la presión de la bomba de combustible.

Equipo ON BOARD.

Es el encargado de analizar y transformar los datos enviados por la sonda y almacenarlos en el ordenador.

Computador (Laptop).

El ordenador mediante programas preestablecidos se encarga de obtener los resultados y transformarlos en formato EXCEL para su posterior análisis.

Conexiones al sistema de inyección del vehículo.

Son conexiones establecidas entre el canister y el riel de inyectores para poder enviar el combustible al motor.

Para este estudio se realiza el análisis con determinadas propuestas de combustible, en determinadas condiciones climáticas, de tráfico y condiciones geográficas como la división en diferentes tramos para aprovechar las determinadas condiciones que puede ofrecer el Distrito Metropolitano de Quito, ya sean estas en altura ya que el análisis se realizará a 2860 msnm aproximadamente. En la tabla 8 se aprecia las características técnicas del Equipo a utilizarse, de la misma manera los rangos de medición, precisión y resolución que el equipo arroja para el posterior análisis.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 8

Rangos de medición equipo AXION GO

Tipo	Rango de medición	Precisión	Resolución
Medición de O₂ Sensor	Mayor o igual de (0,01 a 25% Vol)	Mayor o igual a +/- 0,1% abs	Mayor o igual a 0,01% Vol
Medición de CO NDIR	Mayor o igual de (0,001 a 10% Vol)	Mayor o igual a +/- 0,02% abs	Mayor o igual a 0,001% Vol
Medición de NOX Sensor	Mayor o igual de (0 a 4000 ppm)	Mayor o igual a +/- 25 ppm abs	Mayor o igual a 1 ppm
Medición de CO NDIR	Mayor o igual de (0,01 a 16% Vol)	Mayor o igual a +/- 0,30% abs	Mayor o igual a 0,01% Vol
Medición de HC NDIR	Mayor o igual de (1 a 15000 ppm)	Mayor o igual a +/- 4 ppm abs	Mayor o igual a 1 ppm

Nota: Manual de usuario equipo ON BOARD, Marca GLOBAL MRV, Modelo AXION GO

Fase 2

Conexión de equipos Prueba On Board en el vehículo.

Se realizarán pruebas y mediciones bajo estándares de operación en base a la norma INEN y SAE, en el CCICEV, con una prueba de ruta a 2860 msnm, para el análisis de consumo de combustible y gases de escape en un motor a gasolina sin y con mezcla de etanol E5, obteniendo resultados de comparación acerca de lo anteriormente mencionado.

Se determina medir el consumo másico de combustible por el método de la estequiometría, es decir, conociendo el caudal de aire de admisión en kg/hr y el valor de la relación aire/combustible (A/F), donde se conoce el valor real del consumo másico de combustible en kg/hr.

En la figura 13 se observa cómo va conectado el equipo para la medición de gases de escape dinámica y consumo de combustible en el vehículo de prueba.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

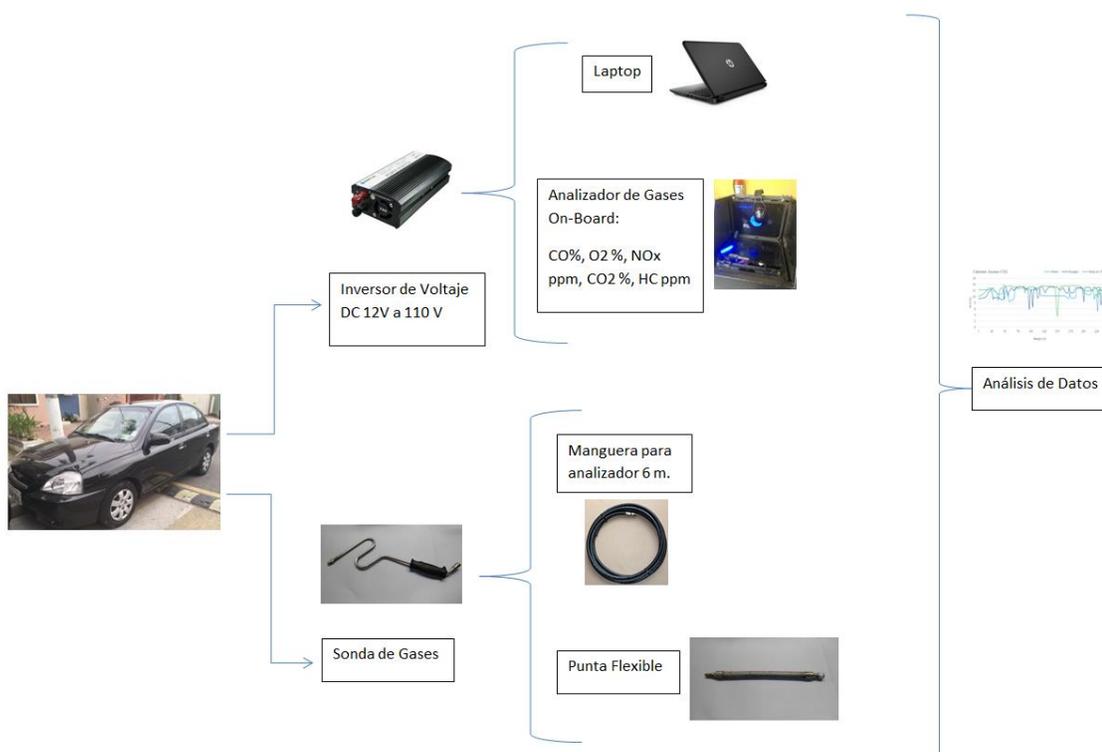


Figura 13. Conexión de equipo para medición de gases y consumo de combustible

A continuación se encuentra detallado los pasos para la conexión del equipo y mediciones que se realiza en el vehículo KIA R STYLUS:

1. El vehículo se encuentra apagado para la instalación de los equipos, ya que el analizador de gases On Board debe estar seguro, como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Dispositivo On Board en el vehículo

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

2. La instalación en el sistema de escape se debe realizar con cuidado, se debe verificar las mangueras que estén limpias, ya que en el dispositivo On Board se pueden variar los resultados como se aprecia en la figura 15.



Figura 15. Inspección visual del sistema de escape

3. Retirar el relé de la bomba de combustible para luego instalar el tanque de combustible externo y luego utilizar los combustibles que permitirán hacer las pruebas de consumo y emisiones de gases. La presión estimada es de 50 PSI que se proporciona manualmente, bombeando el combustible al riel de inyectores, para todo el trayecto y tiempo que demore la ruta. En la figura 16, se aprecia el tanque externo de combustible.



Figura 16. Tanque de combustible instalado en el vehículo

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

4. Encender el equipo On Board, utilizar las pastillas de FEROX para la combinación en los combustibles EXTRA y ECOPAÍS. En las figuras 17 y 18 se muestra el equipo de mediciones de gases y las pastillas de FEROX para el combustible, respectivamente.



Figura 17. Equipo de mediciones ON BOARD



Figura 18. Pastilla Ferox

5. Antes de seguir la ruta, se debe calibrar el equipo para este caso se deja en ralentí el vehículo unos cinco minutos para la calibración automática del equipo, los datos variarán de acuerdo a la forma de conducir, tráfico, clima, y otro tipo de circunstancias. La ruta comienza en el redondel de Cumbayá diagonal a la Universidad San Francisco.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

6. Al terminar cada trayecto el restante de combustible es enviado desde el tanque externo a una probeta, se compara los valores iniciales y finales, como se pueden observar en la figura 19, para obtener el consumo de combustible en cada prueba.



Figura 19. Medición de combustible en probetas

7. Para finalizar la ruta, se debe registrar los datos con el equipo ON BOARD para obtener los valores de emisiones contaminantes y repetir el procedimiento para cada prueba a efectuarse.

Ruta.

La ruta se escogió por diferentes parámetros como: distancia, tráfico, sector (urbano o rural) y situación geográfica, de acorde a esto se inicia desde el SUPERMAXI de Cumbayá (cerca del redondel de la Universidad San Francisco) para después continuar a través de la Av. Interoceánica, Libertador Simón Bolívar, De los Granados, Eloy Alfaro, Río Coca, Shyris, 6 de Diciembre, Francisco de Orellana, Coruña, 12 de Octubre y finaliza en la Universidad Católica (intersección Av. 12 de Octubre y Jorge Washington); recorriendo una distancia de 9990 m de

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

parte Suburbana y 8100 m de parte urbana, con una distancia total de recorrido de 18090 m. En la figura 20 se puede apreciar la ruta.

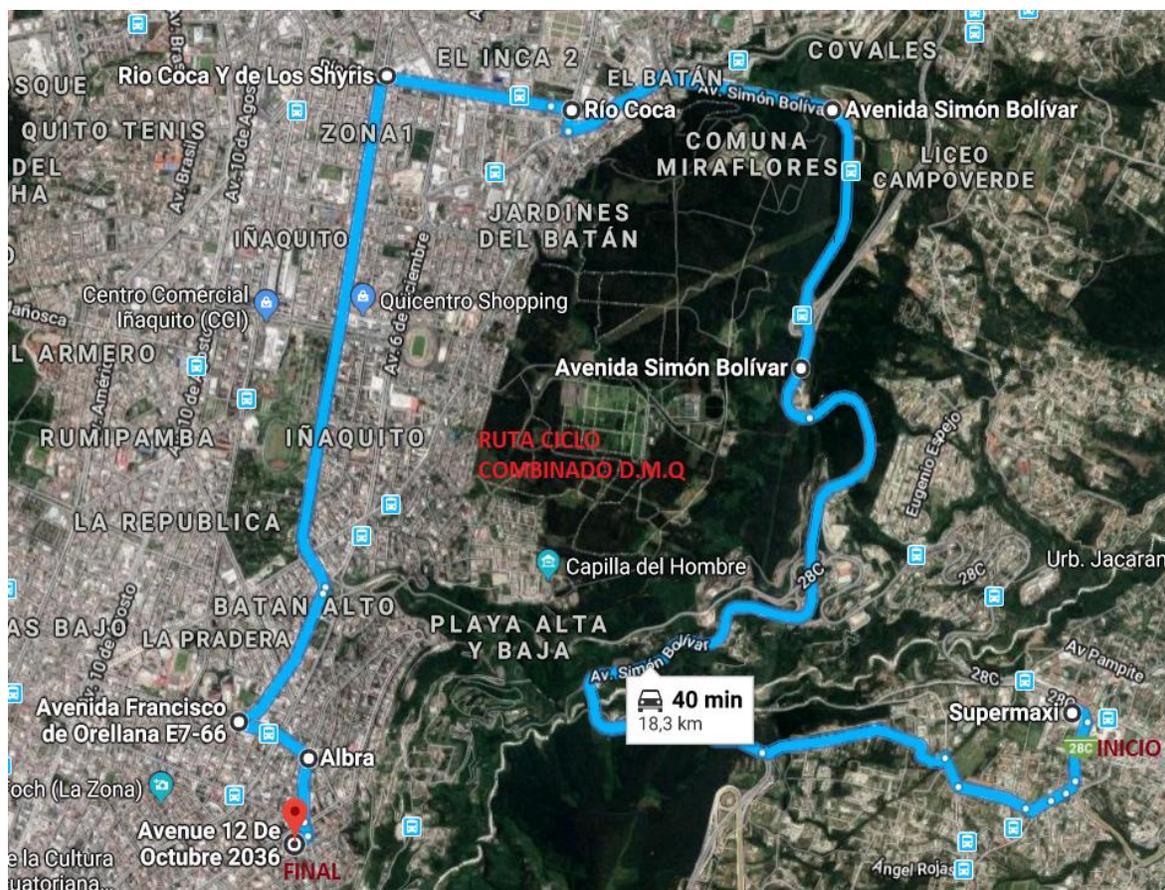


Figura 20. Ruta On Board
(Google Maps, 2018)

Se puede establecer que el punto más alto de elevación está ubicado en la Av. Libertador Simón Bolívar (altura del Camposanto Monteolivo, 2870 m), mientras que el punto con menos altura está en la Av. Interoceánica (altura del Supermaxi de Cumbayá, 2399 m; ya que está ubicado en el inicio de la trayectoria y el menor valor de altura es debido a que se encuentra al ingreso del Valle de Tumbaco (Quichimbla P. & Solís S., 2017).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

En la figura 21 se puede apreciar con el software Google Earth, la longitud de la ruta de la siguiente manera: el 47% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 10% contiene pendientes de grado 4, el 26% contiene pendientes de grado 6, el 12% contiene pendientes de grado -4, el 5% contiene pendientes de grado -6 (Quichimbla P. & Solís S., 2017).

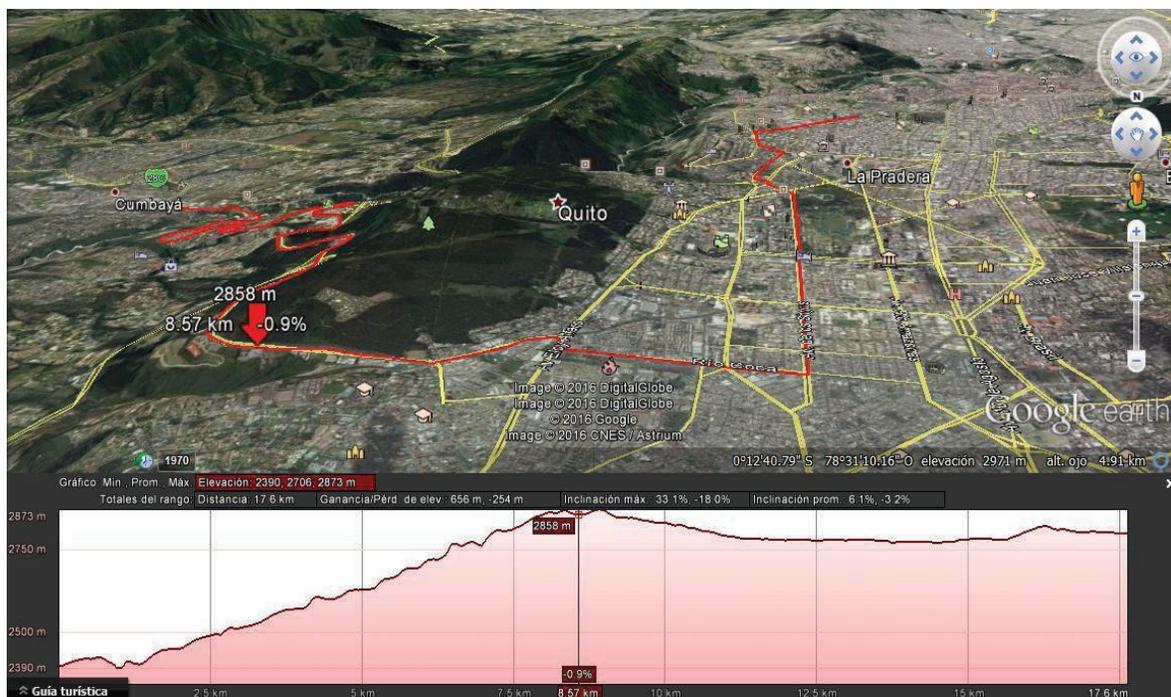


Figura 21. Perfil de elevación de la Ruta On Board
(Google Earth, 2018)

Número de pruebas.

Para el análisis del estudio en el vehículo KIA R STYLUS se realizaron 12 pruebas de ruta en total, utilizando 4 tipos de combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox (3 pruebas cada uno), para este estudio se tomó una ruta, para aprovechar las características normales de funcionamiento del automotor, así como la cantidad de emisiones arrojadas al ambiente en una adecuada operación de trabajo del motor.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

En la tabla 9, se describe el número de pruebas de los combustibles en el vehículo y las diferentes mezclas de combustibles con su determinada densidad.

Tabla 9

Protocolo de pruebas On Board y propuestas de combustibles con su densidad

COMBUSTIBLES	NUMERO DE PRUEBAS	DENSIDAD a 20°C
Extra	3	744 Kg/m ³
Extra+Ferox	3	620.2 Kg/m ³
Ecopaís	3	791.5 Kg/m ³
Ecopaís+Ferox	3	643.8 Kg/m ³

Medición de los gases de escape. NORMA INEN 2 204 y EURO.

Las normas ecuatorianas de emisiones de gases contaminantes se basan en: NTE INEN 2203:2000 y NTE INEN 2204:2002; la primera menciona que los límites permitidos de emisiones de gases contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores a gasolina) y la segunda establece el método de ensayo para determinar las concentraciones provenientes del sistema de gases de escape equipados de un motor con encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o ralentí. En las tablas 10 y 11 indican los límites de emisiones máximos que establecen las normas en ciclos americanos y europeos a partir del año 2000.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 10

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. (Prueba dinámica) a partir del año 2000 (ciclos americanos)

Categoría	Peso bruto del vehículo en kg	Peso del vehículo cargado	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP – 75	2
Vehículos Medianos	=<3860	=<1700	6,2	0,5	0,75		2
		1700 – 3860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	>3860=<6350		14,4	1,1	5,0	Transiente	3
	>6350		37,1	1,9	5,0	Pesado	4

* Prueba realizada a nivel del mar

** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

Nota: Norma técnica 2204

Tabla 11

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. (Prueba dinámica) a partir del año 2000 (ciclos europeos)

Categoría	Peso bruto del vehículo en kg	Peso del vehículo cargado	CO g/km	HC +NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 ⁽¹⁾	=<3500		2.72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 ⁽²⁾ , N1		<1250	2.72	0,97		2
		>1250 <1700	5.17	1.4		2
		>1700	6.9	1.7		2

* Prueba realizada a nivel del mar

⁽¹⁾ Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2.5 toneladas

⁽²⁾ Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2.5 toneladas

Nota: Norma técnica 2204

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Las normas EURO fijan valores de las emisiones de gases contaminantes de los vehículos nuevos, ya que estas normas aprueban el permiso de circulación y comercialización de los automotores. Las exigencias legislativas cada vez son más altas, es por ello que la normativa EURO 6 (Euro, 2015) para la industria automotriz tiene limitaciones para los vehículos nuevos, observado en la tabla 12.

Tabla 12

Limitaciones a las emisiones para vehículos nuevos con motor de gasolina

	Valido a partir de	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)	PM
Euro I	12/92	2.72	-	-	0.97	-
Euro II	01/97	2.20	-	-	0.5	-
Euro III	01/00	2.30	0.20	0.15	-	-
Euro IV	01/05	1.00	0.10	0.08	-	-
Euro V	09/09	1.00	0.10	0.06	-	0.005*
Euro VI	08/14	1.00	0.10	0.06	-	0.005*

*** Con inyección directa**

Nota: Norma técnica Euro VI

Pruebas Torque y Potencia

Este procedimiento se realiza para cuatro tipos de combustibles, basada en la NTE INEN 0961. Lo que se tiene en una cuenta es encender el motor y acelerar hasta que llegue a la temperatura normal de funcionamiento.

Se define los parámetros de funcionamiento en el software del dinamómetro para el vehículo de prueba, como se especifica en la siguiente tabla 13, para ello se debe conocer los valores de torque y potencia máxima definidos en la tabla 14.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 13

Parámetros establecidos en el dinamómetro

Parámetros	Selección
Tipo de vehículo	vehículo ligero
Motor	Otto
Sobre Alimentación	Sin sobrealimentación
Caja de velocidades	Manual
Deslizamiento	Sin deslizamiento
Accionamiento	Tracción delantera
Rango de potencia	130 HP
Corrección de potencia	SAE
Factores adicionales	Ninguno
Valores limites	V. Max (mph) 124
	V. Max (rpm) 6400
	T. Max (°F) 203
Masa rotativa	60 g

Nota: Datos Técnicos del CCICEV

Tabla 14

Torque y Potencia máxima

Marca	KIA
Modelo	RIO STYLUS LS AC
Cilindrada (cc)	1500
Placa	PCG1864
N° de Motor	A5D407356
Cilindros	4 EN LINEA
Motor Max. Potencia	97 HP / 6000 rpm
Max. Torque	125.4 Nm / 4700 rpm
Kilometraje (Km)	87000

Nota: Resumen de gases contaminantes (KIA, 2013)

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Fase 3

Análisis de la chispa de la bujía de encendido.

Para este análisis de la chispa de la bujía de encendido, se efectúa con el software Siemens NX que nos permite realizar el modelo CAD de la pieza a trabajar y también la simulación en cargas térmicas y de convección con los datos obtenidos anteriormente.

Presentación del diseño asistido por computador (CAD) en NX.

A continuación, se describe el procedimiento para la obtención del modelo CAD;

1. Se inicia el programa Siemens NX, y se procede a realizar el modelamiento de cada componente que contiene la bujía de encendido en la figura 22, 23 y 24, se aprecia la bujía y sus componentes en el software NX.

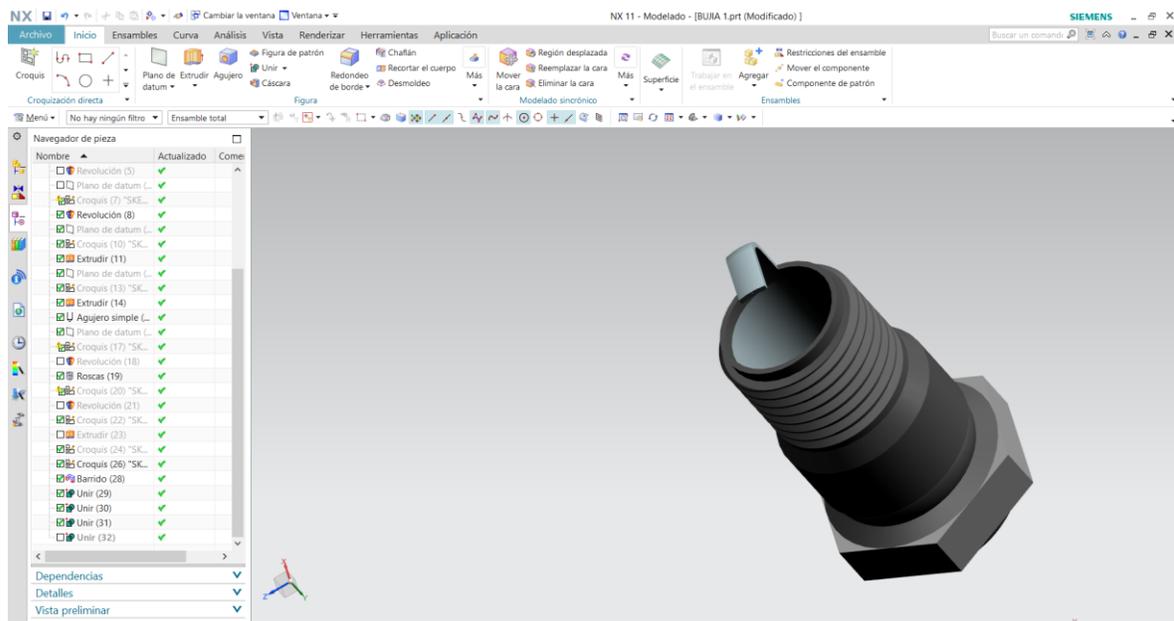


Figura 22. Roscado de la bujía

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

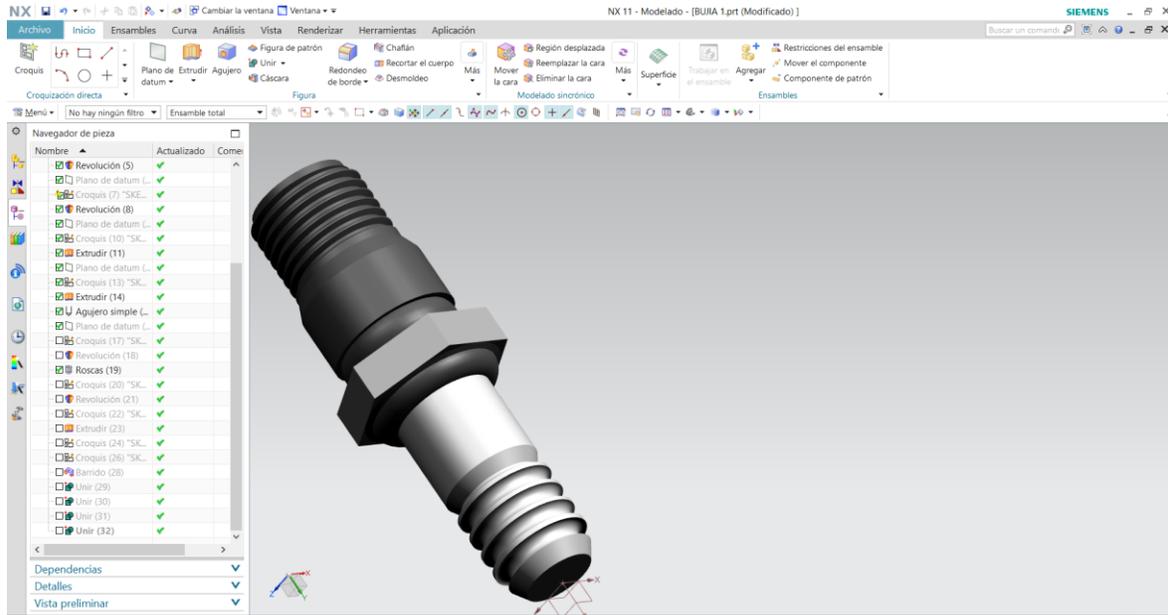


Figura 23. Elemento cerámico de la bujía

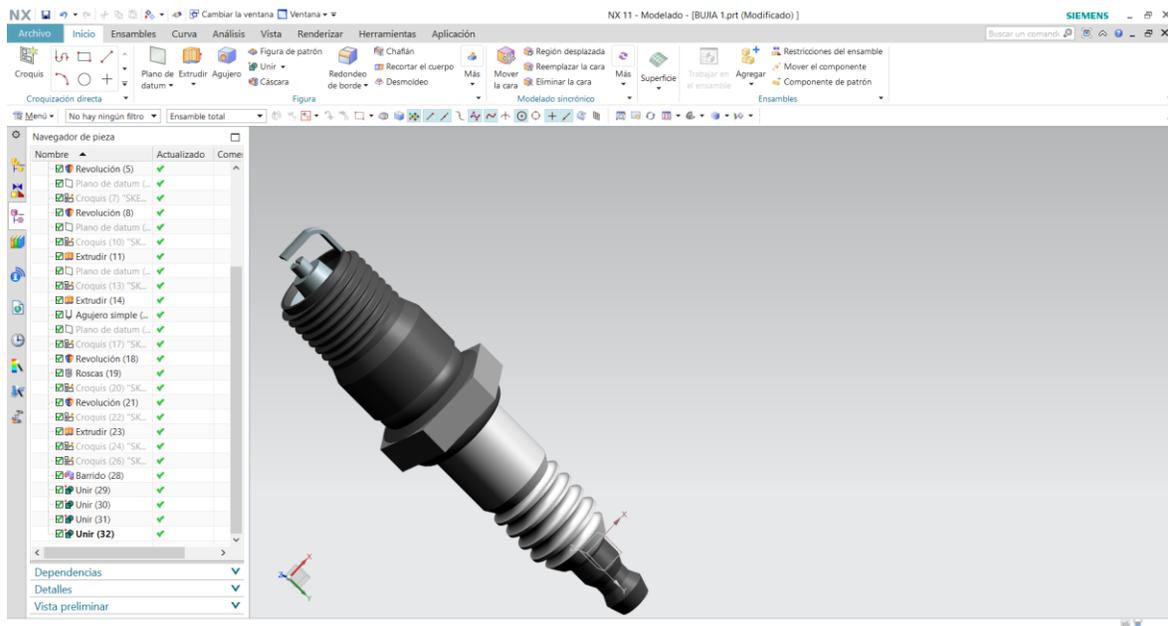


Figura 24. Modelado de la bujía

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Presentación de la simulación de la bujía en ANSYS.

En esta parte del estudio de la bujía se presenta el análisis térmico del elemento ensamblado en el software ANSYS.

Con respecto a la utilización de las temperaturas para conocer el flujo de calor; se muestra el desarrollo de un modelo predictivo de la combustión de mezclas de gas natural para motores de encendido por chispa, este modelo se basa en el de giro del cigüeñal (ángulo) para el cálculo de las temperaturas y presión en la cámara de combustión (Espinoza, Patino, González, & Irving, 2007).

1. Antes del post-procesamiento de la bujía, abrir el programa ANSYS, luego seleccionar análisis térmico estático, como en la figura 25.

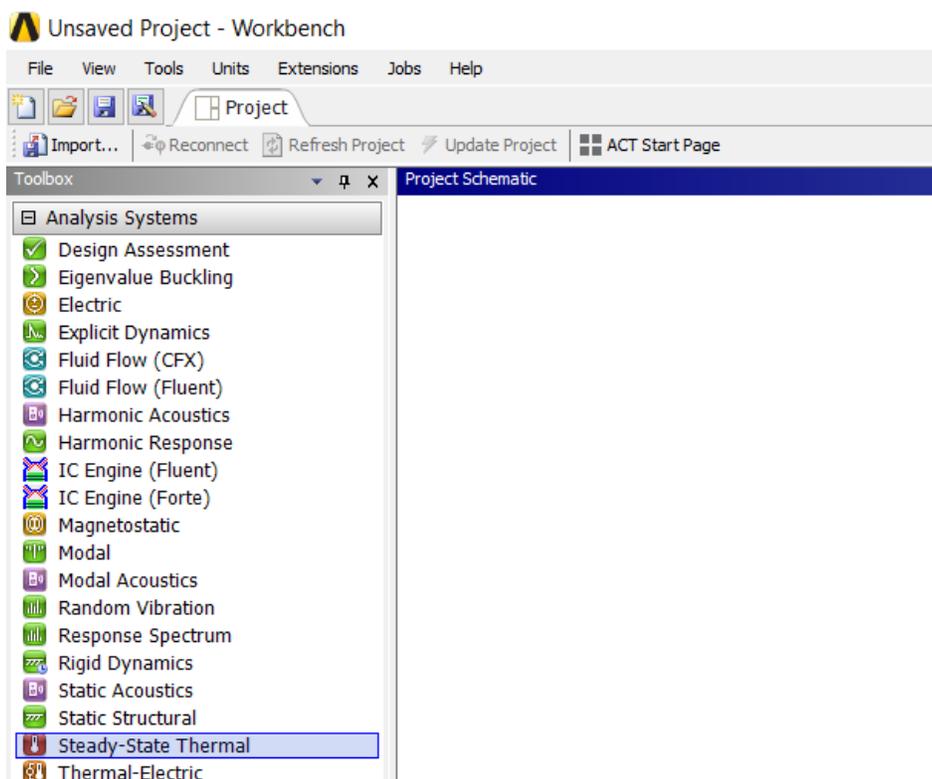


Figura 25. Software ANSYS opción análisis térmico estático

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

2. Clic derecho en Engineering data, seleccionar editar, como en la figura 26. Para adicionar los materiales, en este caso escoger cobre para el electrodo, acero al carbono para el roscado, la tuerca y cerámica para el cuerpo de la bujía de encendido como en la figura 27.

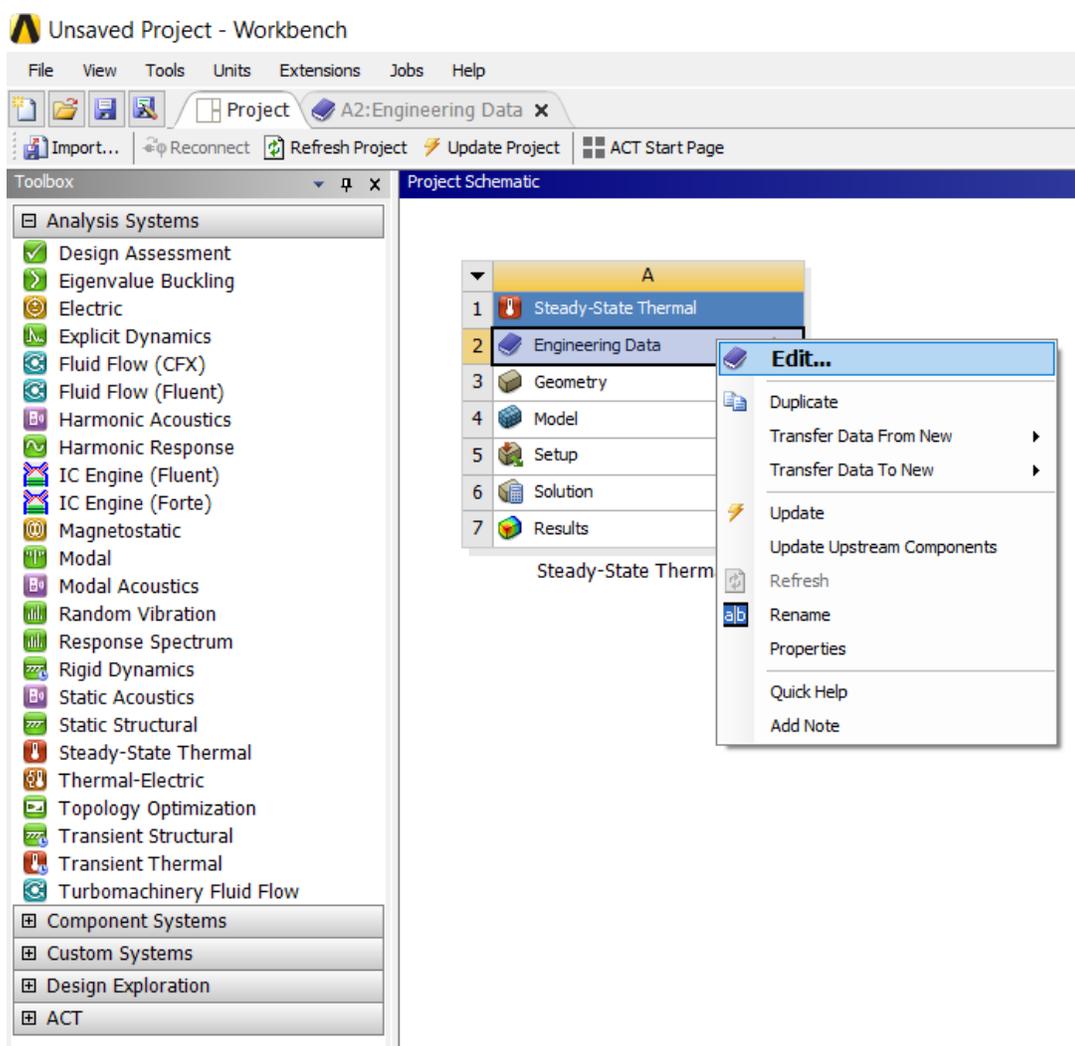


Figura 26. Opción Enginnerig Data

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

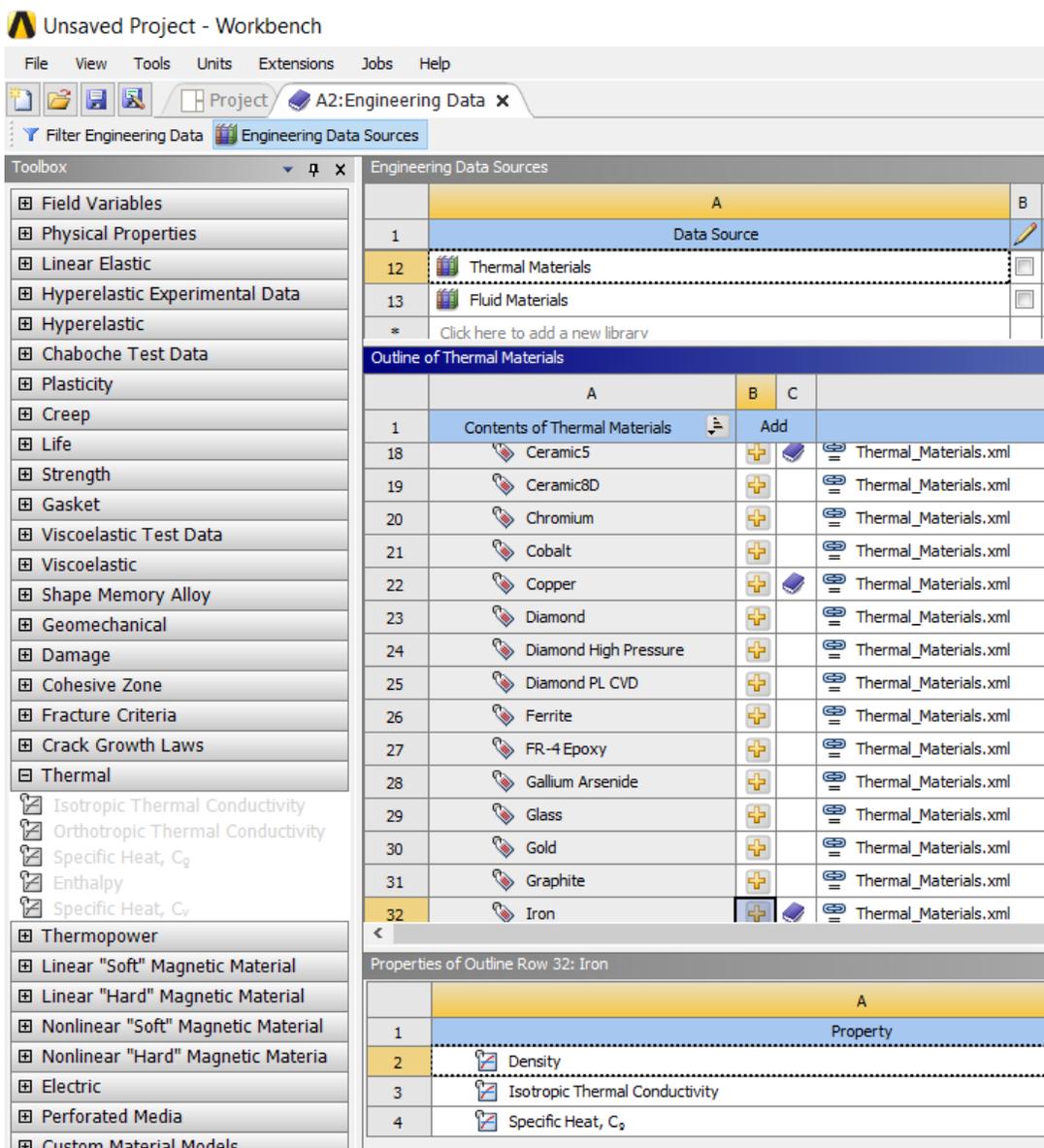


Figura 27. Opción Enginnerig Data.

- Dirigirse a geometría, para importar el archivo CAD en formato (igs) de la pieza antes mencionada, dibujada en NX 11, debe estar en ese formato para que pueda ser reconocido por ANSYS, como se observa en la figura 28.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

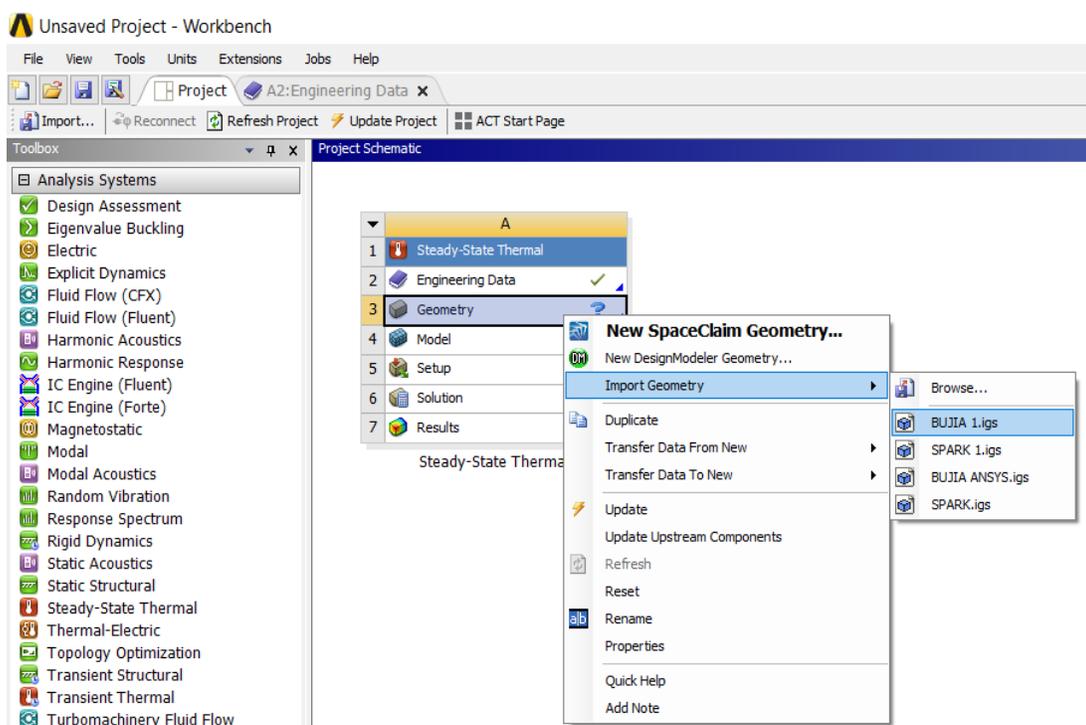


Figura 28. Opciones Geometry, Import Geometry y Bujía 1 (igs).

4. Seleccionar Model, clic derecho y escoger editar, como en la figura 29. La opción permite colocar las cargas, temperaturas, conexiones, mallado, entre otras, que la pieza dibujada será posteriormente sometida, observada en la figura 30.

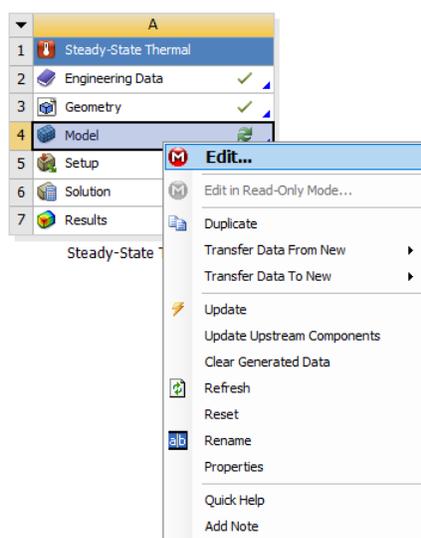


Figura 29. Opciones Model y Edit.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

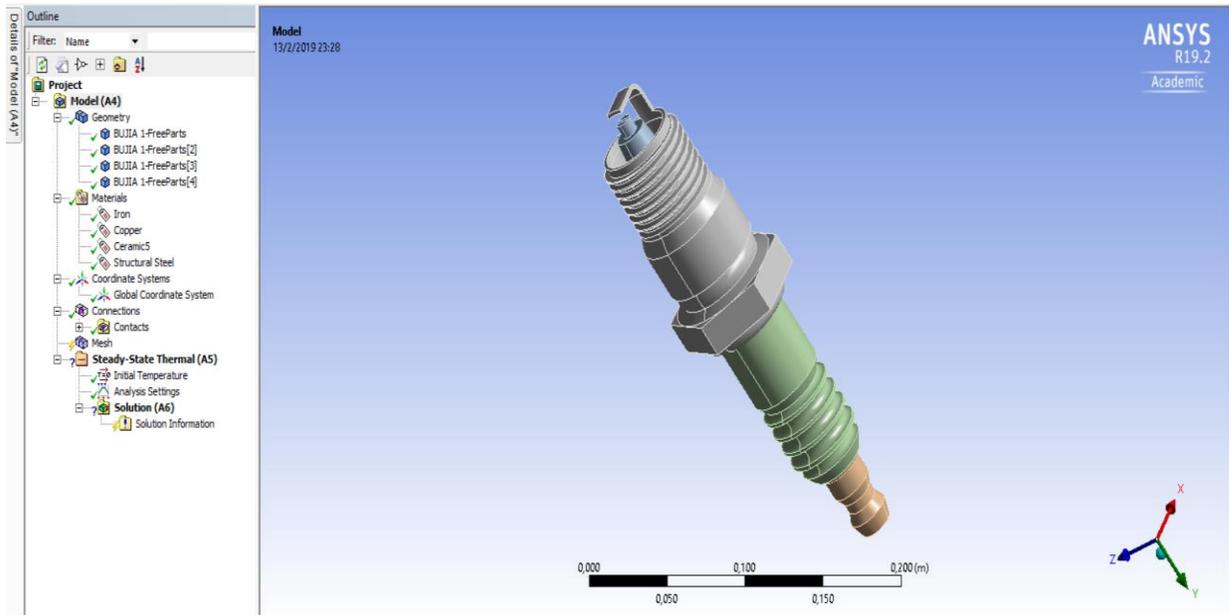


Figura 30. CAD de la bujía en ANSYS

5. Seleccionar el elemento de la pieza para ingresar el tipo de material como en la figura 31, en este caso escogemos el material Steel 1008; realizar el mismo procedimiento para los demás elementos de la bujía, indicadas en las figuras 32 y 33.

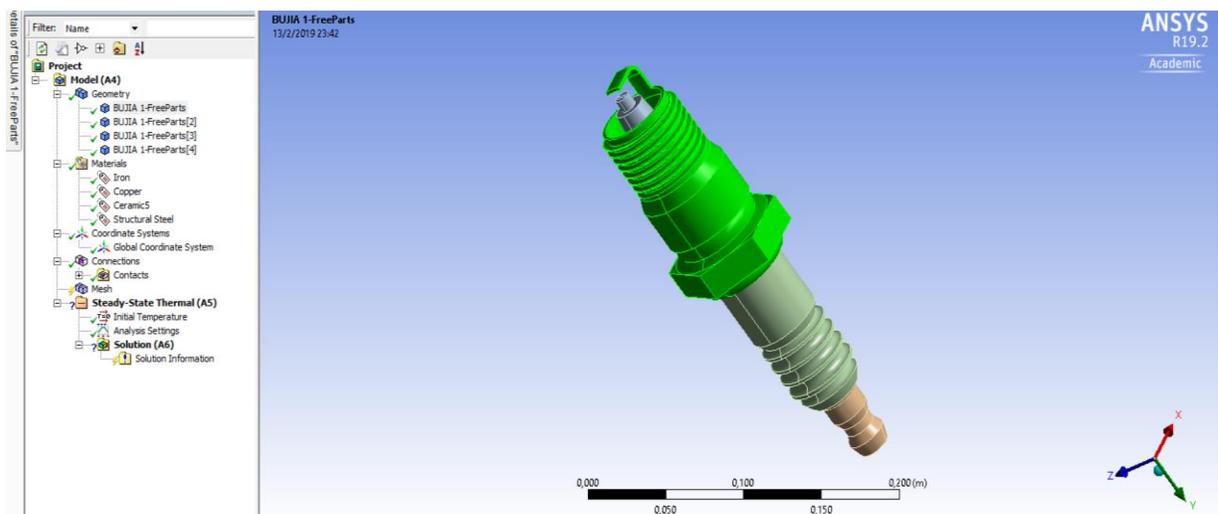


Figura 31. Selección de materiales.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

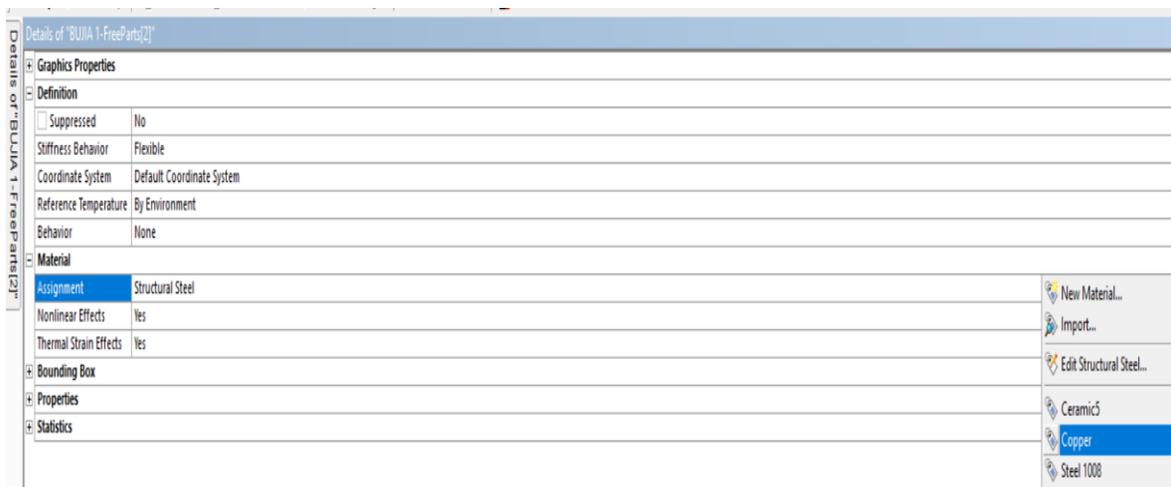


Figura 32. Ingreso de materiales de la bujía.

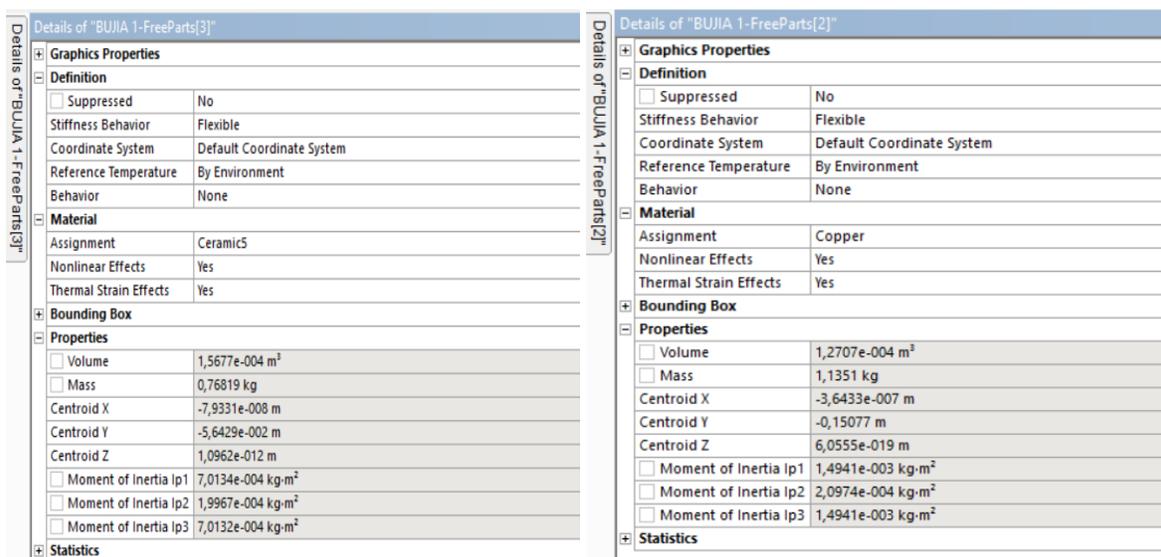


Figura 33. Ingreso de materiales de la bujía.

6. Luego se procede a definir las uniones de cada componente con otros. A continuación, se genera un mallado automático para este tipo de análisis, como se observa en las figuras 34 y 35, donde el proceso de mallado genera un total de 14876 nodos y 7464 en elementos a estudiar.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

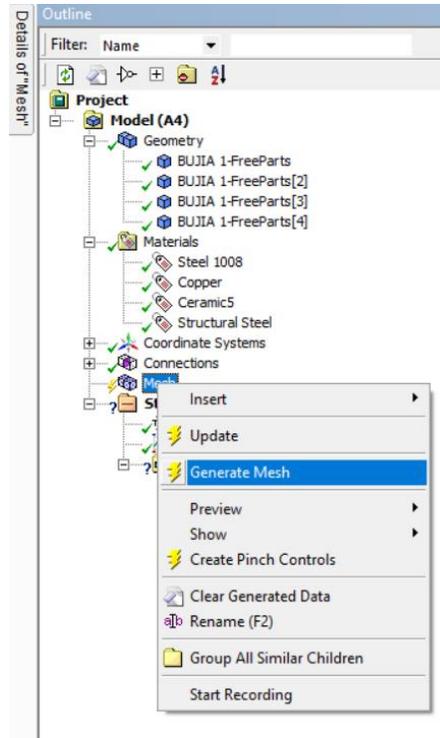


Figura 34. Mallado automático.

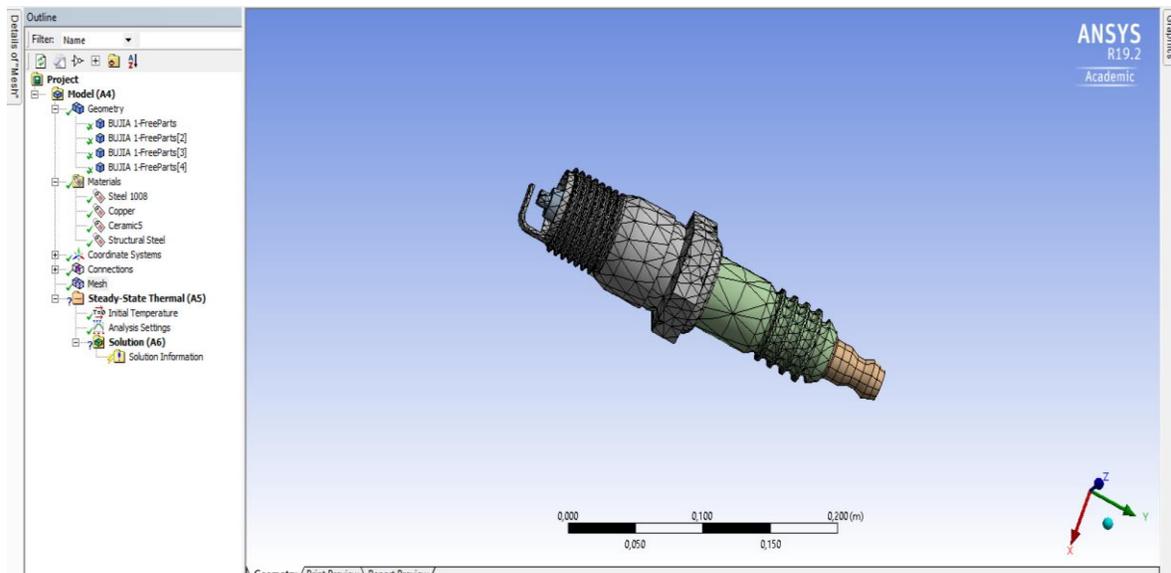


Figura 35. Malla de la bujía.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

7. Posteriormente al obtener el mallado, se coloca las cargas térmicas. Se inserta la máxima temperatura que es bordea los 1000°C y la mínima que es cerca de los 110°C y seleccionar el componente donde se ejecutar la máxima carga de temperatura, como se aprecia en la figura 36.

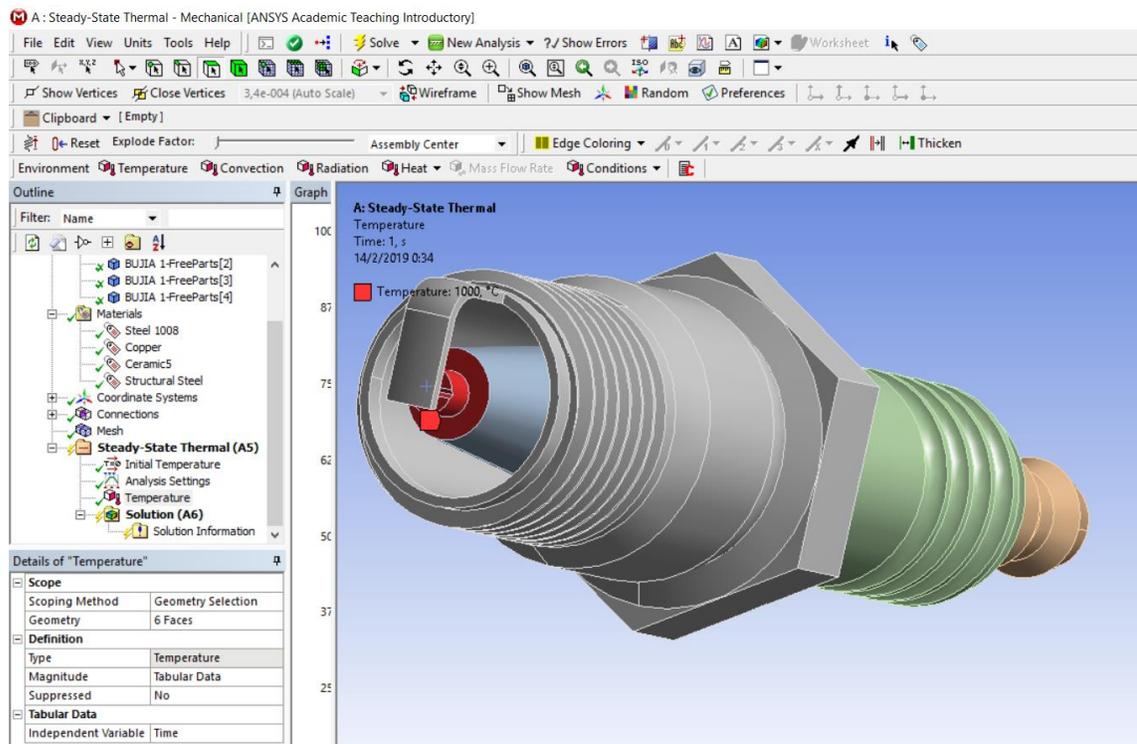


Figura 36. Temperatura en el electrodo

8. Una vez puesta la condición de temperatura ingresar el coeficiente de convección térmico que es dado por el uso de combustibles para el caso del extra el coeficiente es de $1800 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura ambiente que es 110°C , como se observa en las figuras 37 y 38.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

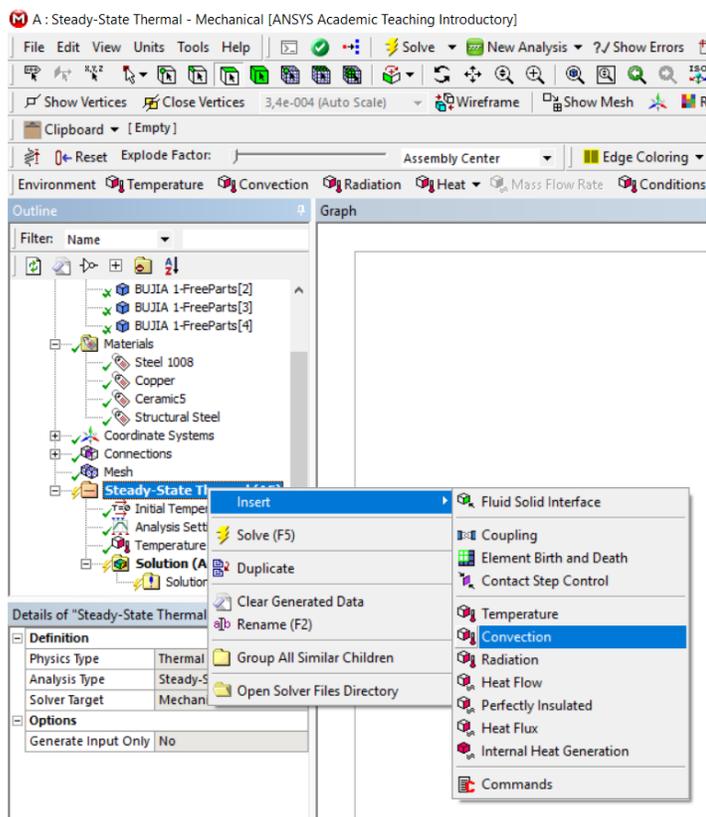


Figura 37. Ingreso de dato de convección térmica

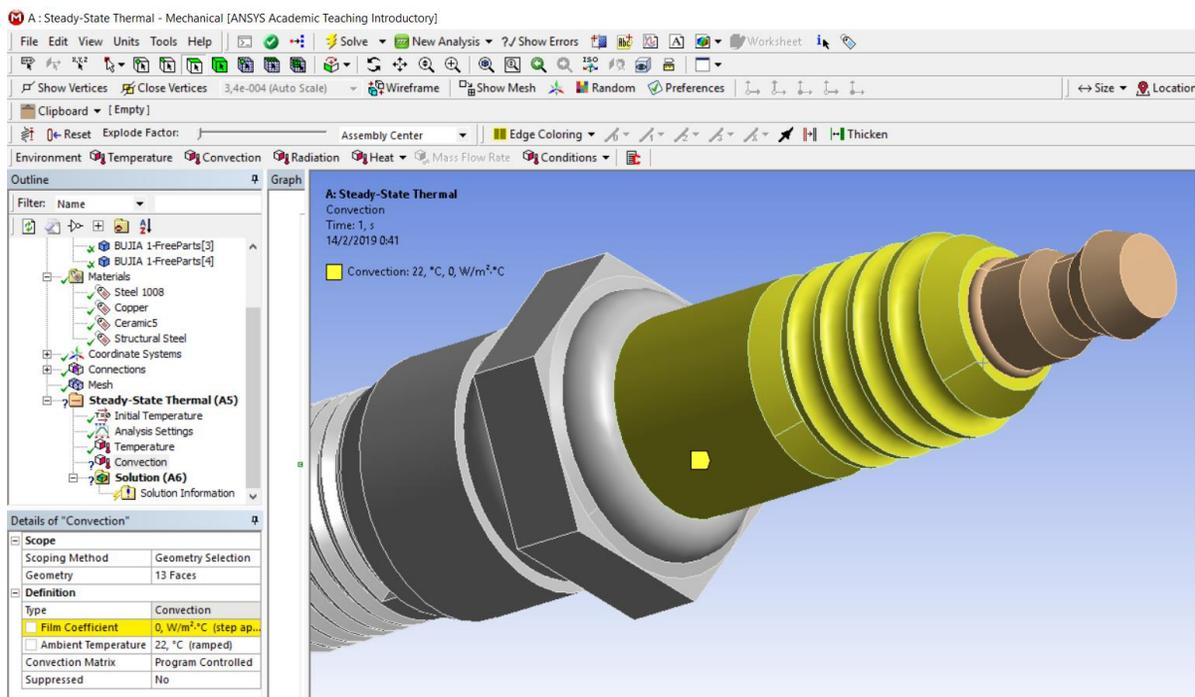


Figura 38. Ingreso de dato de convección térmica

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

9. Se realiza la solución mediante la opción Solve. Esperar el resultado del análisis térmico en la bujía para el proceso de combustión. Finalmente se obtiene los resultados del análisis térmico estático, como se aprecia en la figura 39.

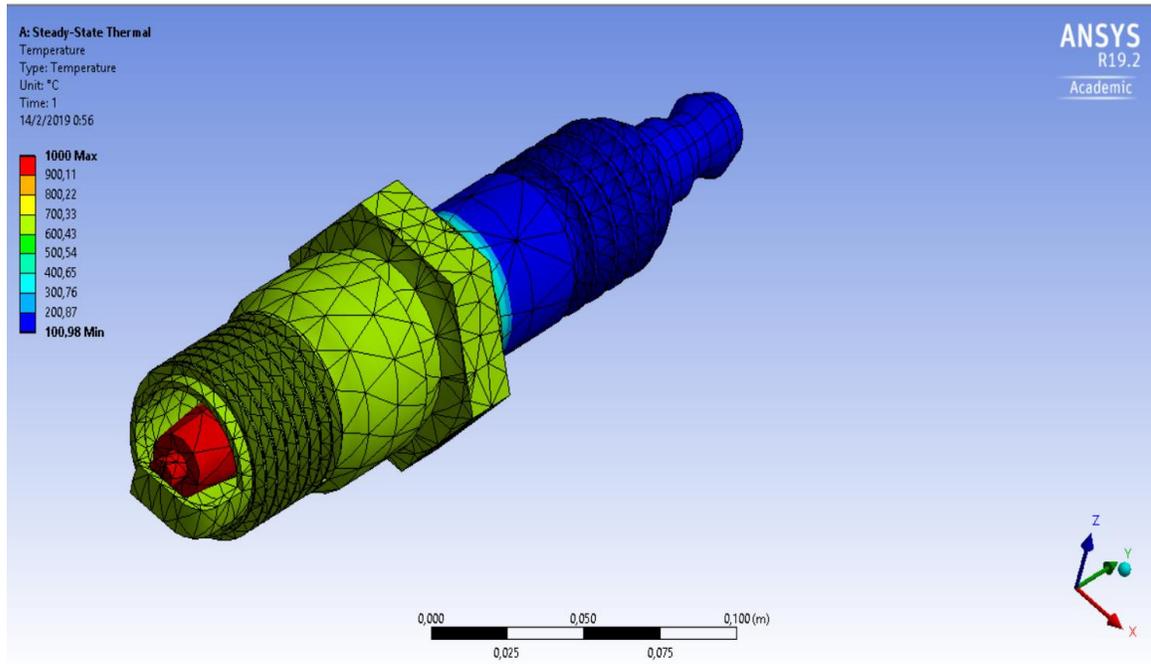


Figura 39. Análisis Térmico

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Resultados

En el resumen de resultados se exponen los de las pruebas ON BOARD, emisiones, factores de emisión, consumo de combustible y distancia de recorrido, por consiguiente se aplica las ecuaciones expuestas en la metodología, teniendo como resultado final los factores de emisión.

Pruebas ON BOARD en el vehículo KIA R STYLUS 1.5 L

Los resultados de emisiones de gases contaminantes de %CO₂, %CO, HC ppm, %O₂ y NO_x en ppm, relacionados en un ruta combinada de carretera y ciudad para el vehículo de pruebas, se realiza el análisis de factores contaminantes por combustibles los cuales son: Extra, Extra+Ferox (1 tableta de Ferox de 0.5 g se aplica en 25-30 litros de combustible), Ecopaís (95% gasolina y 5% de etanol) y Ecopaís+Ferox (1 tableta Ferox de 0.5 g se aplica en 25-30 litros de combustible). Las gráficas que se describirán a continuación están relacionadas con el tiempo, ya que las mediciones de gases contaminantes van variando de acuerdo al tipo de recorrido, forma de conducir y el tráfico.

Análisis del CO en tramo-carretera.

En la figura 40 se observa el porcentaje de las emisiones emitidas de CO vs tiempo de recorrido en la carretera con los combustibles de estudio, teniendo una menor cantidad en emisiones de este tipo de gas en el combustible Ecopaís con respecto a los combustibles Ecopaís +Ferox en 2%, con el Extra+Ferox en 2.5% y con el Extra en 3%.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

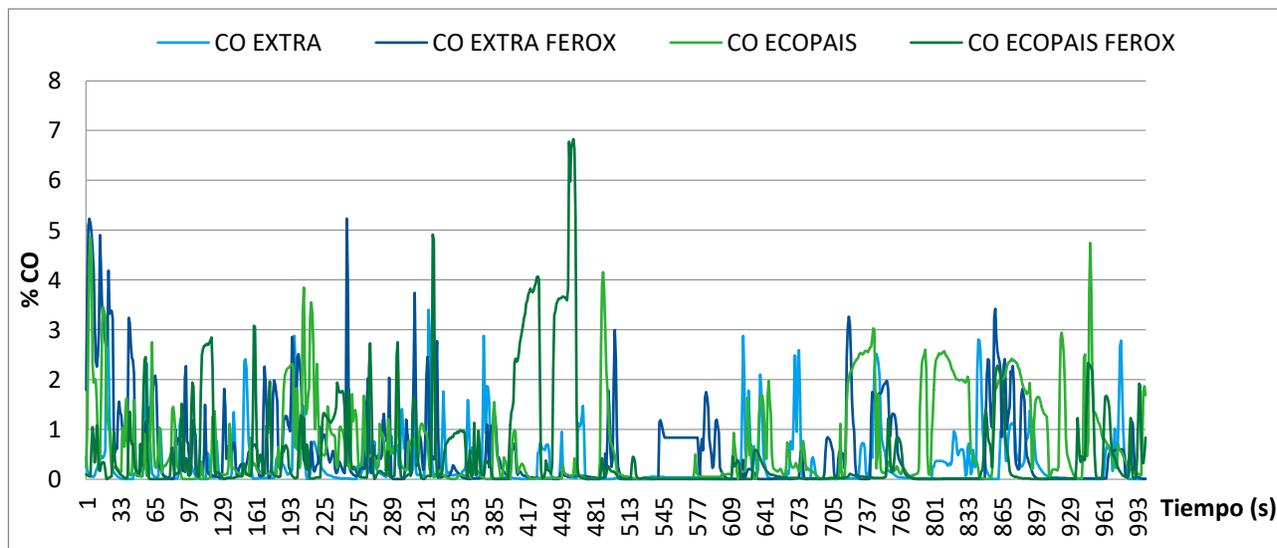


Figura 40. Porcentaje de CO en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

Análisis del CO₂ en tramo-carretera.

En este caso el análisis del porcentaje de CO₂ vs tiempo de recorrido se aprecia en la figura 41, teniendo una cantidad menor en el combustible Ecopaís con respecto a los combustibles Extra+Ferox una diferencia del 2.5%, con el Ecopaís+Ferox en 4% y con el Extra en 5%.

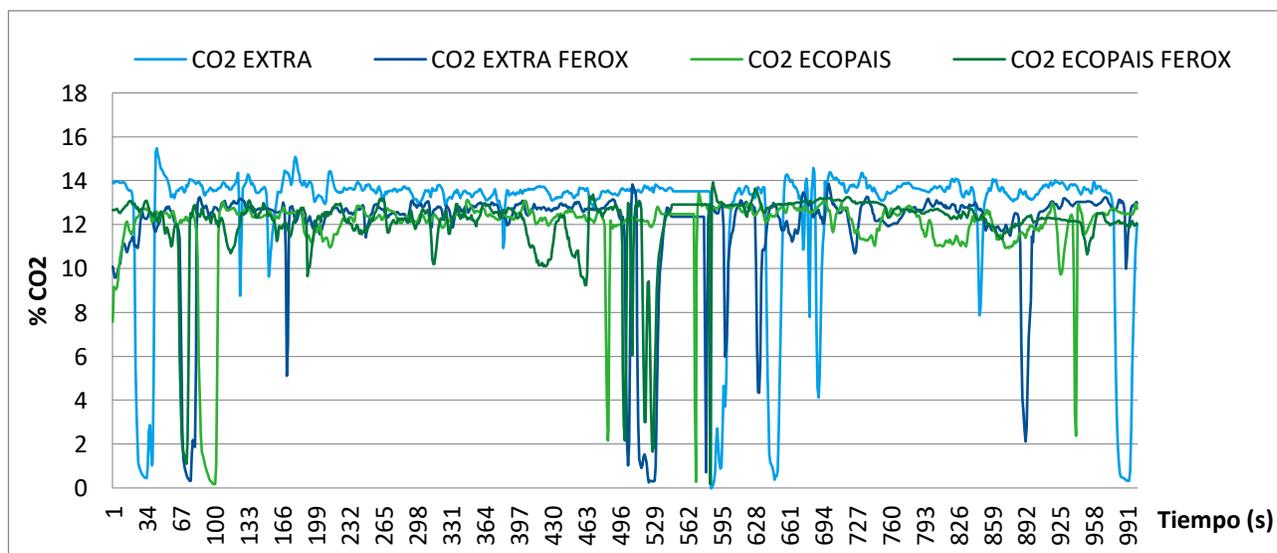


Figura 41. Porcentaje de CO₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Análisis del NO_x en tramo-carretera.

En el análisis del NO_x vs tiempo que se aprecia en la figura 42, los mejores resultados se obtienen con Ecopaís y Extra, lo que implica menos porcentaje de emisiones a comparación con el Ecopaís+Ferox y Extra+Ferox, en un 3% y 5% respectivamente.

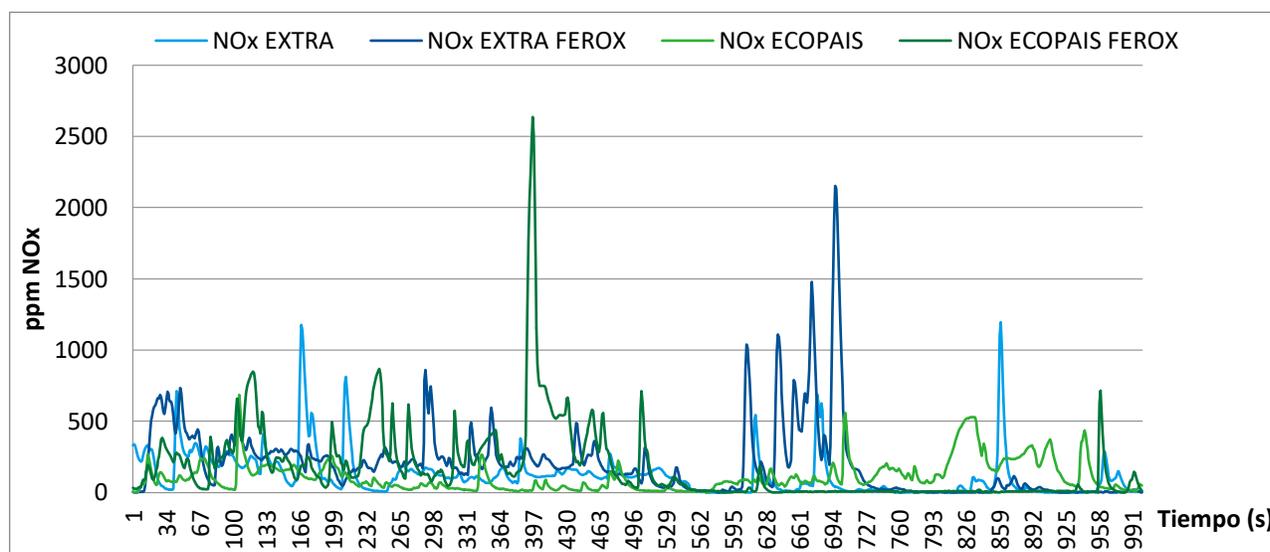


Figura 42. Porcentaje de NO_x en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

Análisis del O₂ en tramo-carretera.

Para el estudio del O₂ vs tiempo en donde se puede observar en la figura 43, la de menor emisión es en los combustibles Ecopaís y Extra, en 2% y 3% respectivamente con respecto a los combustibles Ecopaís+Ferox y Extra+Ferox.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

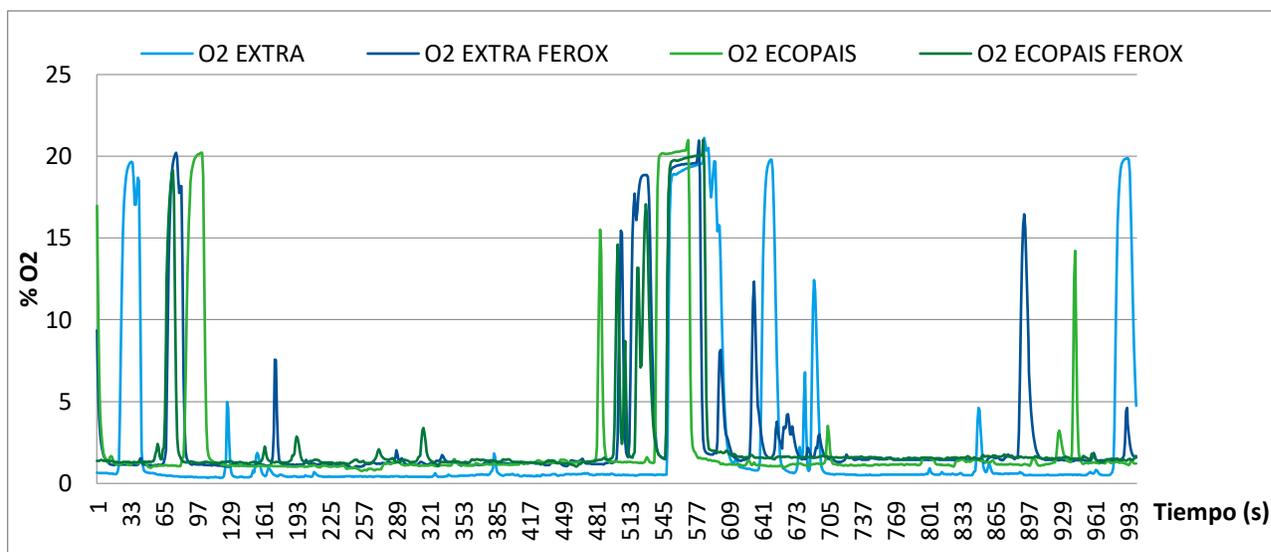


Figura 43. Porcentaje de O_2 en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra-Ferox y Ecopaís-Ferox

Emissiones de HC ppm en tramo-carretera.

Las partículas por millón de HC vs tiempo se pueden observar en la figura 44, teniendo como menor el combustible Ecopaís+Ferox, obteniendo una comparación con los combustibles del 3% con Extra, 3.5% con Extra+Ferox y 4% con Ecopaís.

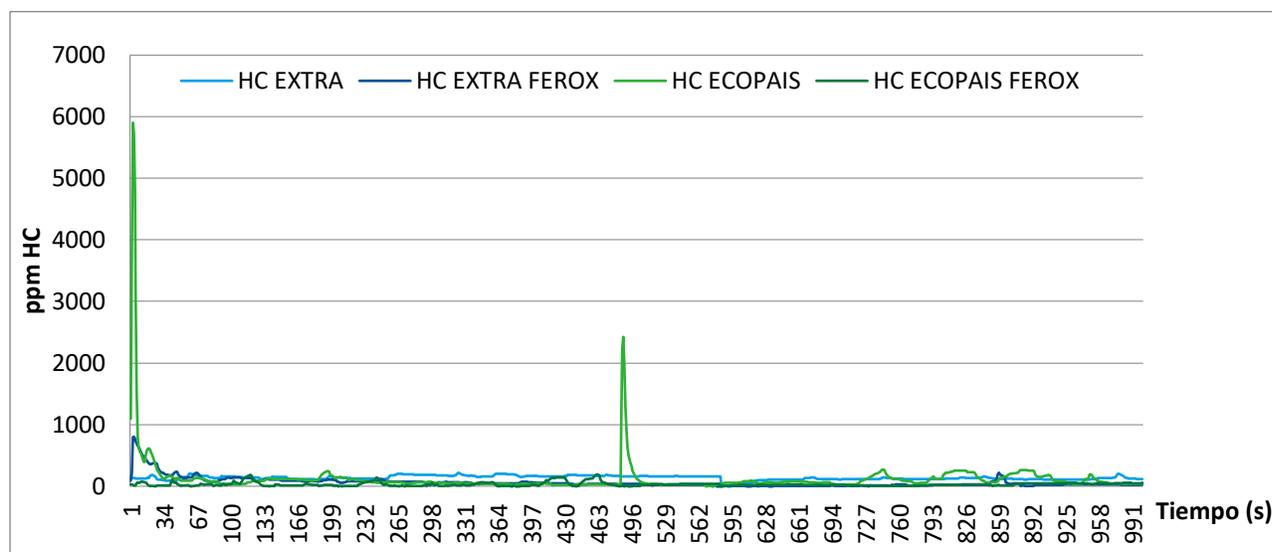


Figura 44. Porcentaje de HC en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Análisis del CO en tramo-ciudad.

En la figura 45 se observa el porcentaje de las emisiones emitidas de CO vs el tiempo de recorrido en la ciudad (zona urbana) de los combustibles Extra, Extra+Ferox (1 tableta de Ferox de 0.5 g se aplica en 25-30 litros de combustible), Ecopaís (95% gasolina y 5% de etanol) y Ecopaís+Ferox (1 tableta de Ferox de 0.5 g se aplica en 25-30 litros de combustible), teniendo una cantidad menor en emisiones en el combustible Ecopaís, en comparación con 2.5% en Ecopaís+Ferox, 3% en Extra y 5% en Extra+Ferox.

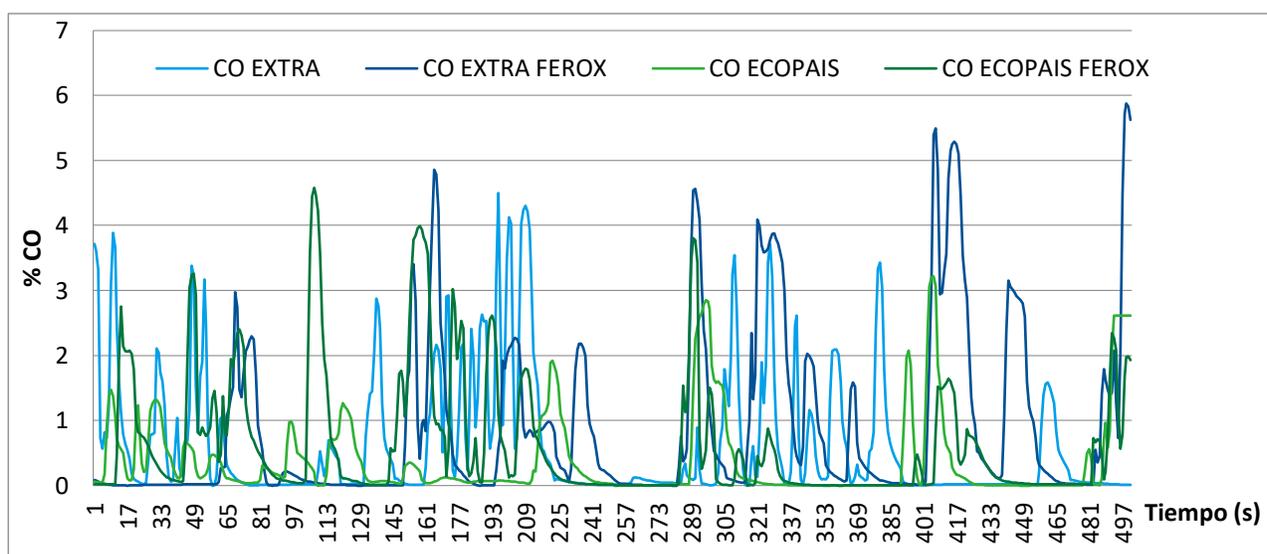


Figura 45. Porcentaje de CO en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

Análisis del CO₂ en tramo-ciudad.

En este caso el análisis de CO₂ vs tiempo se aprecia en la figura 46, teniendo una cantidad menor en el combustible Ecopaís y Ecopaís+Ferox en emisiones, a comparación con los combustibles Extra en 1,5% y Extra+Ferox en 5%.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

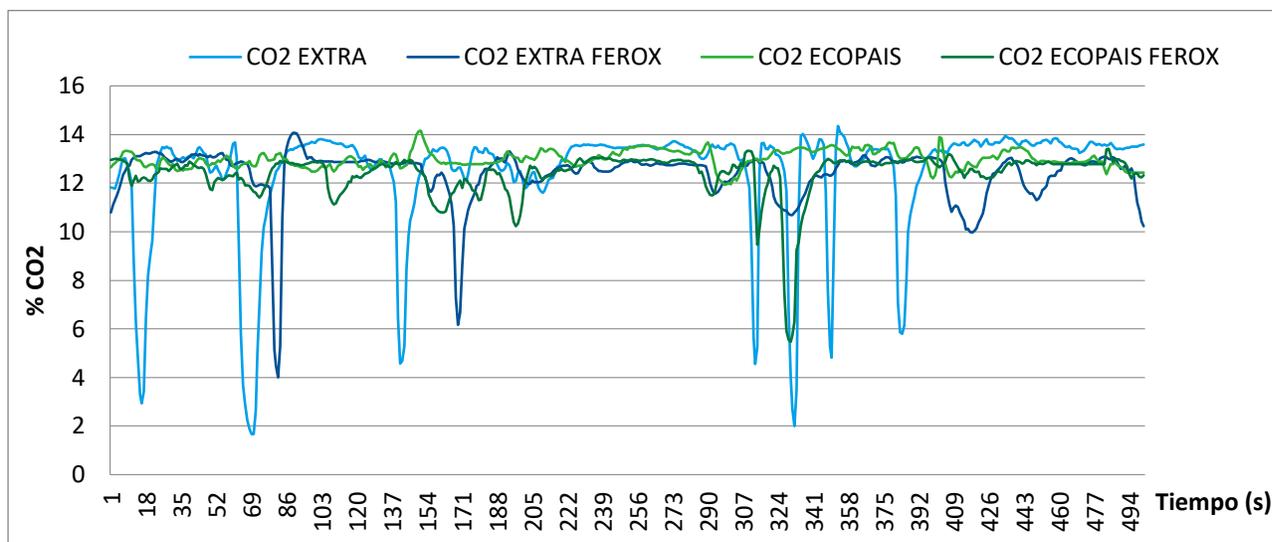


Figura 46. Porcentaje de CO₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

Análisis del NO_x en tramo-ciudad.

En el análisis del NO_x vs tiempo que se aprecia en la figura 47, los mejores resultados se obtienen con Ecopaís y Ecopaís+Ferox significativamente parecidos, ya que el porcentaje de emisiones es menor a comparación con el Extra+Ferox en 3% y con Extra en 6%.

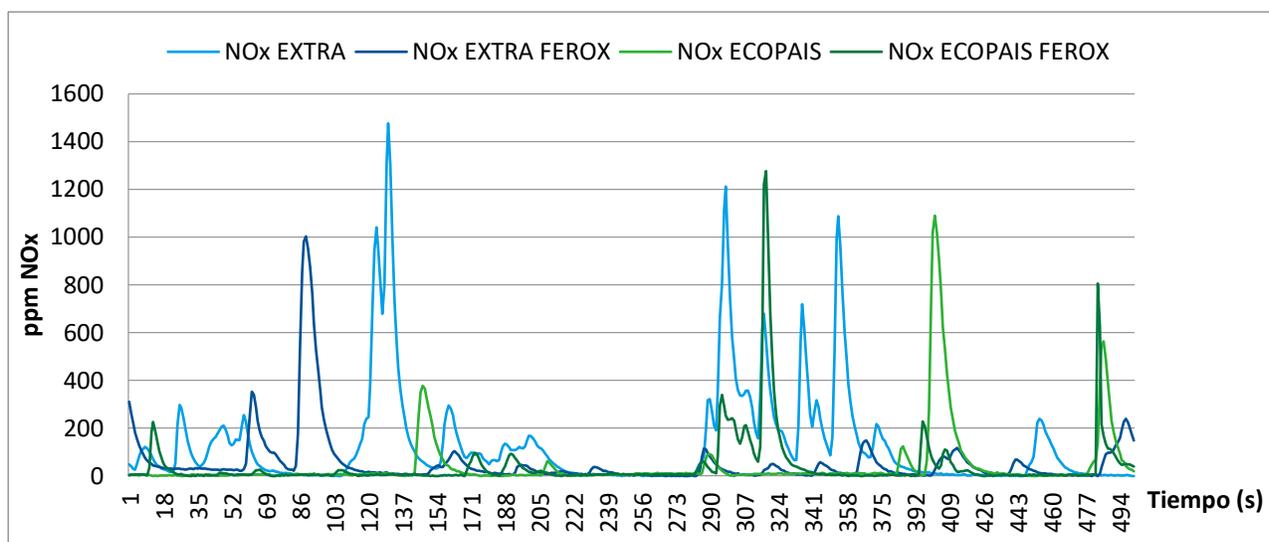


Figura 47. Porcentaje de NO_x en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Análisis del O₂ en tramo-ciudad.

Para el estudio del porcentaje de O₂ vs tiempo donde se observa en la figura 48, el pico de emisión más bajo en este factor se aprecia en el combustible Ecopaís con un 4%, 5% y 5.5% de diferencia, con los combustibles Extra+Ferox, Extra y Ecopaís+Ferox respectivamente.

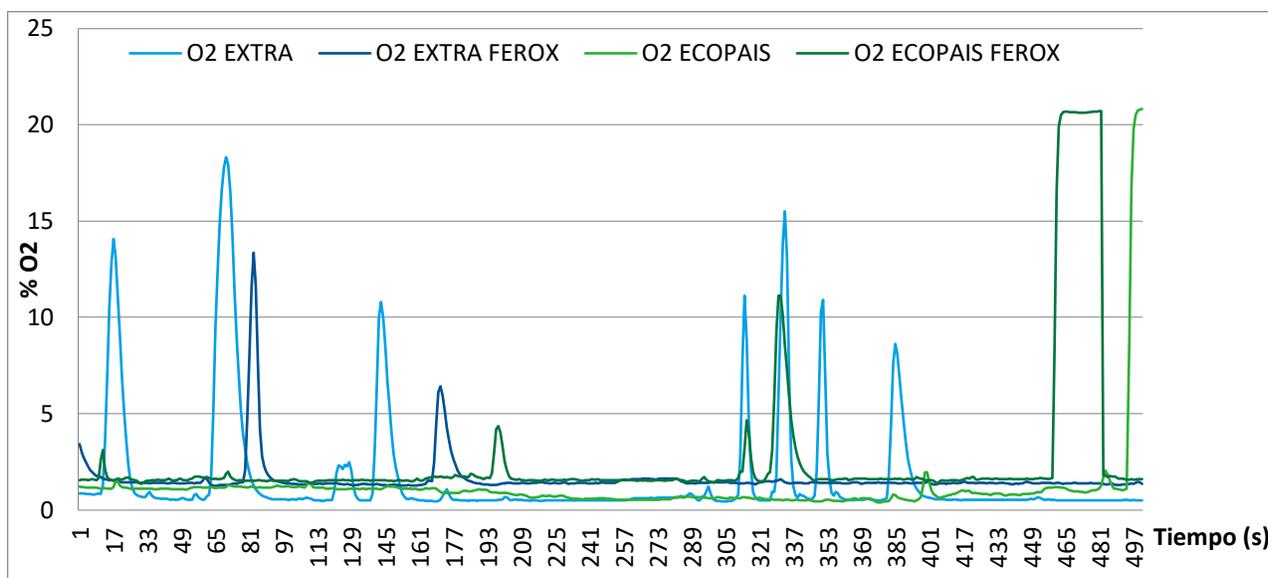


Figura 48. Porcentaje de O₂ en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

Emisiones de HC ppm en tramo-ciudad.

Para el estudio del HC vs tiempo donde se puede observar en la figura 49, los picos de emisiones contaminantes altos en este factor se aprecian en los combustibles Ecopaís+Ferox en 2%, Extra+Ferox en 4% y Extra 6%, comparado con la gasolina Ecopaís que es la de menor emisión.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

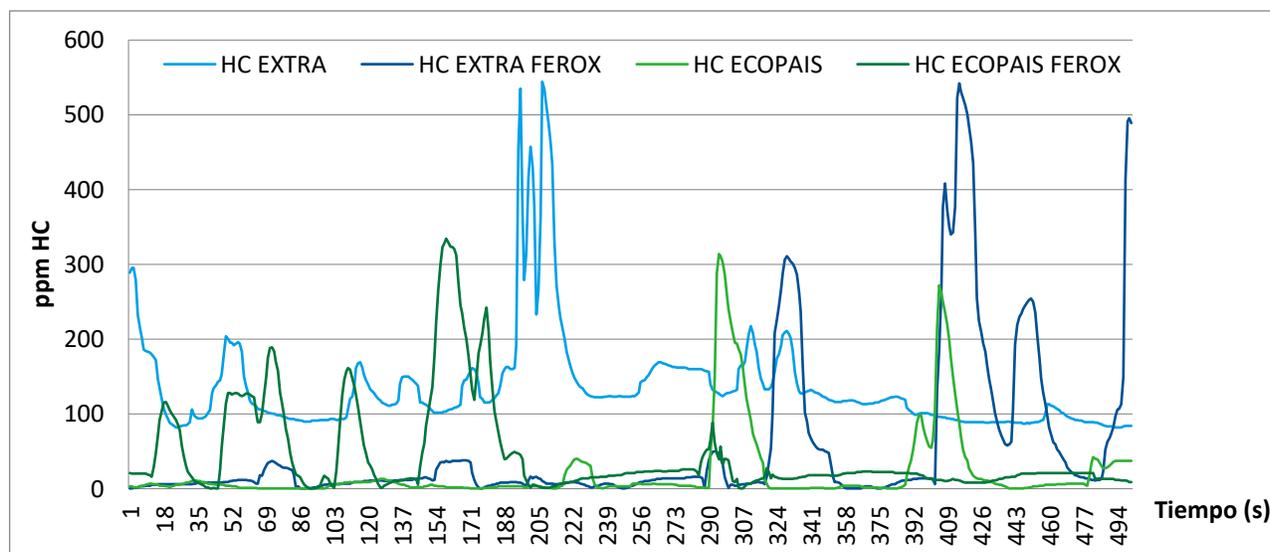


Figura 49. Porcentaje de HC en los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox

Pruebas Torque y Potencia

Se realiza tres pruebas por cada combustible para utilizar y verificar los datos en el análisis de resultados, con la finalidad de conocer que combustible permitió desarrollar mayor potencia y torque, rigiéndose a la norma NTE INEN 0961 en el vehículo de prueba.

Combustible Extra - Torque y Potencia.

Prueba 1.

Con el combustible Extra el torque en la prueba 1 fue de 106.97 Nm a 5305 RPM y su potencia fue de 87.8 Hp a 6100 RPM, mostrada en la figura 50.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

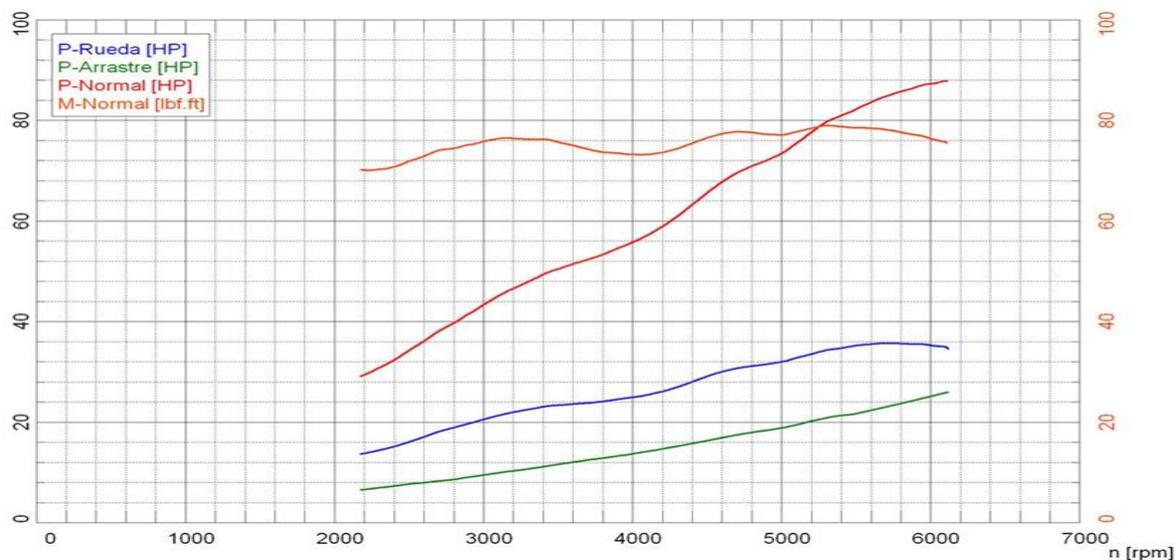


Figura 50. Potencia con el combustible Extra-Prueba 1

Prueba 2.

Con el combustible Extra el torque en la prueba 2 fue de 107.52 Nm a 5440 RPM y su potencia fue de 88.7 Hp a 6090 RPM, mostrada en la figura 51.

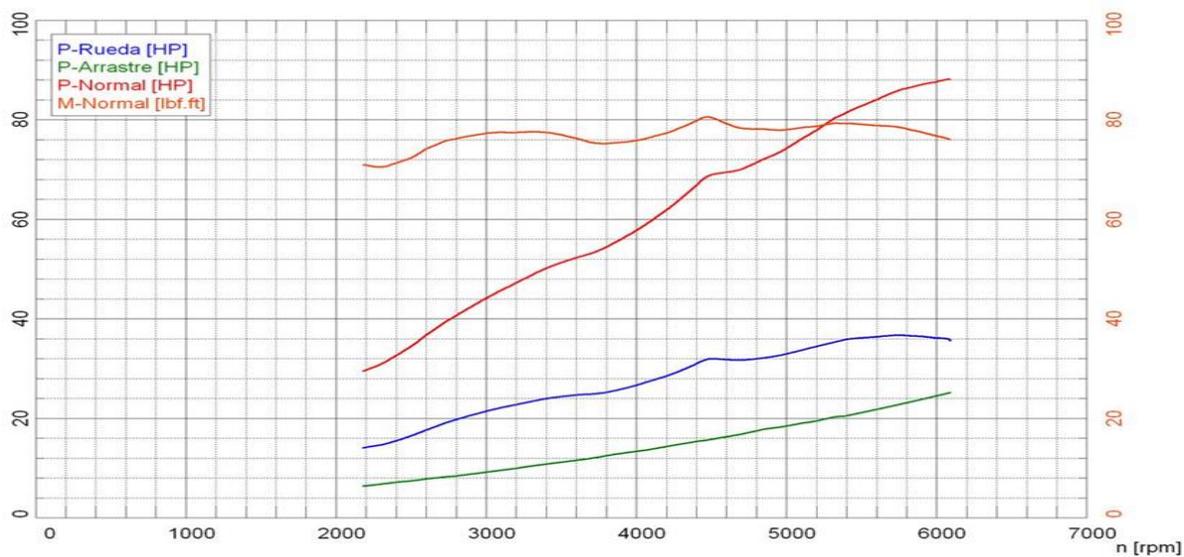


Figura 51. Potencia con el combustible Extra-Prueba 2

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Prueba 3.

En este caso con el combustible Extra el torque en la prueba 3 fue de 109.14 Nm a 4475 RPM y su potencia fue de 88.1 Hp a 6080 RPM, mostrada en la figura 52.

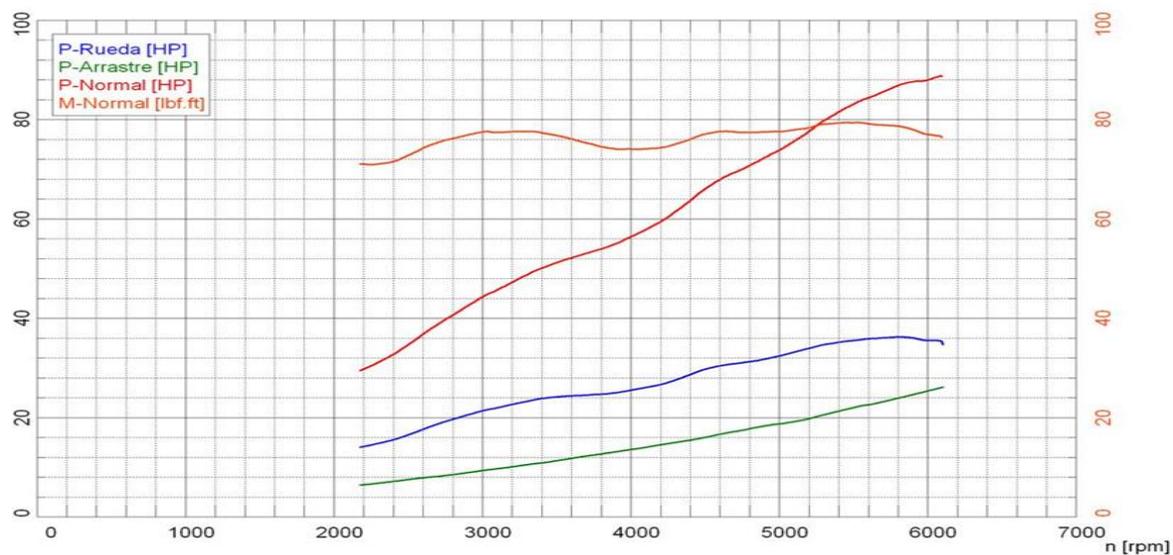


Figura 52. Potencia con el combustible Extra-Prueba 3

Combustible Extra+Ferox - Torque y Potencia.

Prueba 1.

Con el combustible Extra+Ferox el torque en la prueba 1 fue de 104.8 Nm a 5305 RPM y su potencia fue de 87.5 Hp a 6070 RPM, mostrada en la figura 53.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

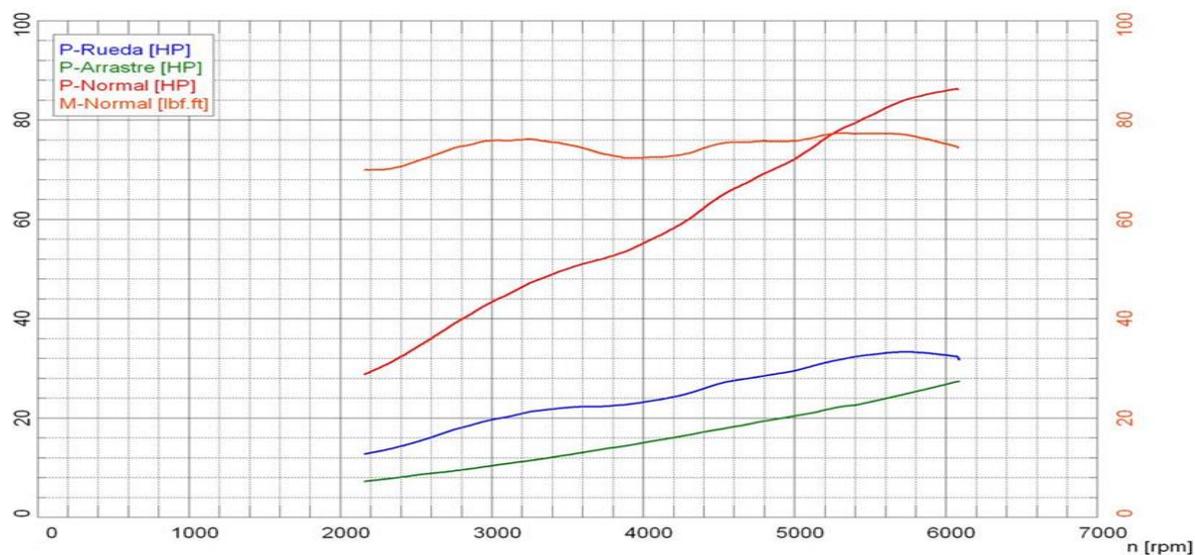


Figura 53. Potencia con el combustible Extra Ferox-Prueba 1

Prueba 2.

Con el combustible Extra+Ferox el torque en la prueba 2 fue de 107.25 Nm a 5380 RPM y su potencia fue de 87.3 Hp a 6080 RPM, mostrada en la figura 54.

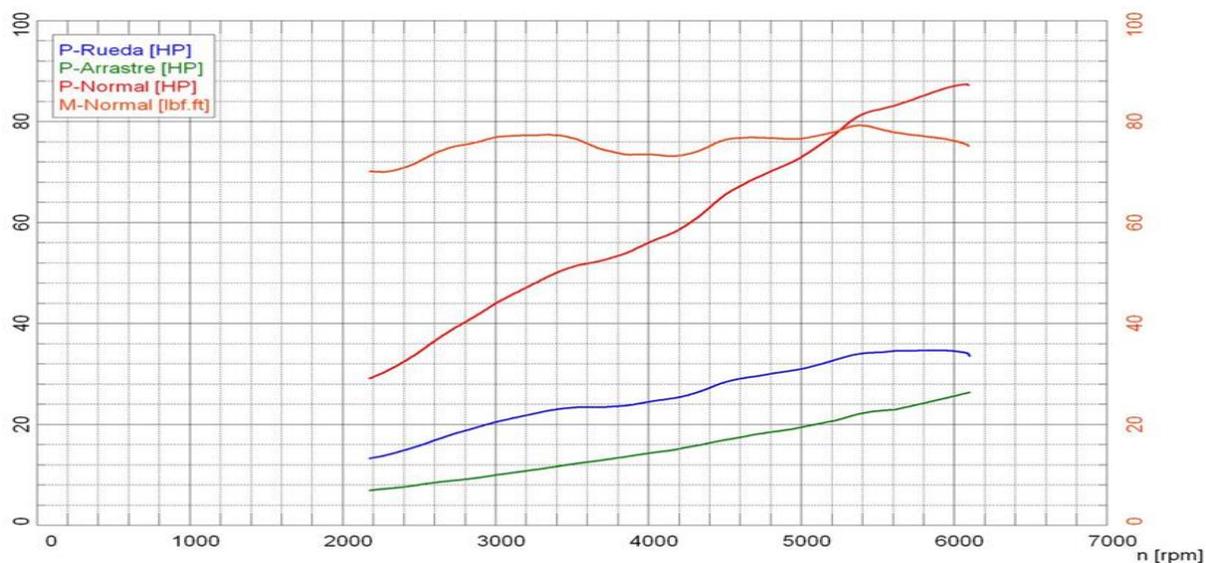


Figura 54. Potencia con el combustible Extra Ferox-Prueba 2

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Prueba 3.

Con el combustible Extra+Ferox el torque en la prueba 3 fue de 107.52 Nm a 5455 RPM y su potencia fue de 87.5 Hp a 6085 RPM, mostrada en la figura 55.

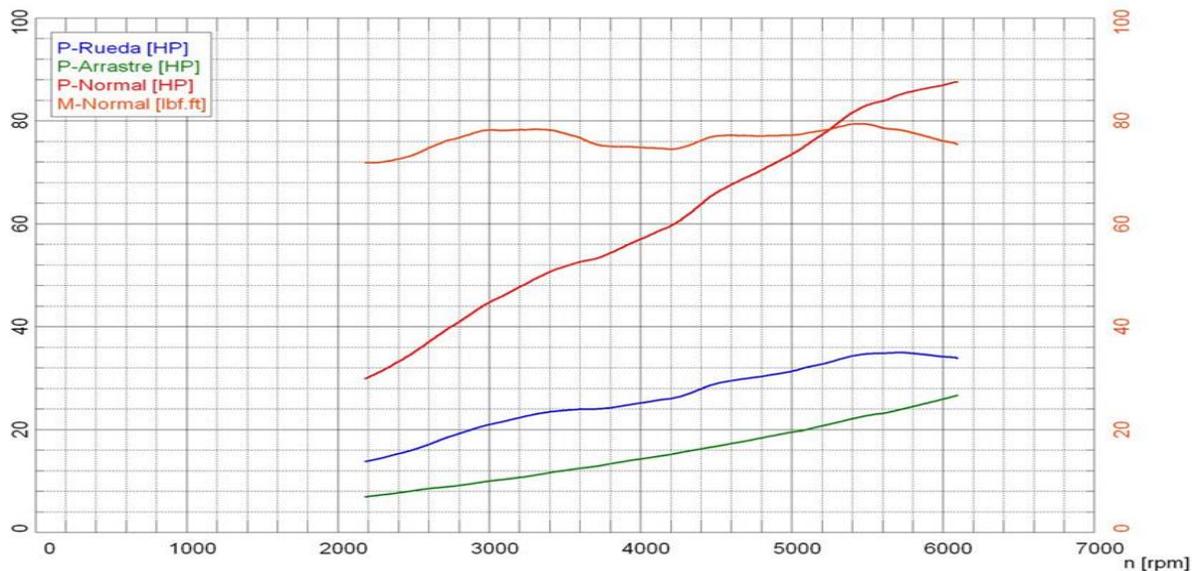


Figura 55. Potencia con el combustible Extra Ferox-Prueba 3

Combustible Ecopaís - Torque y Potencia.**Prueba 1.**

Con el combustible Ecopaís el torque en la prueba 1 fue de 108.97 Nm a 5405 RPM y su potencia fue de 88.3 Hp a 6065 RPM, mostrada en la figura 56.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

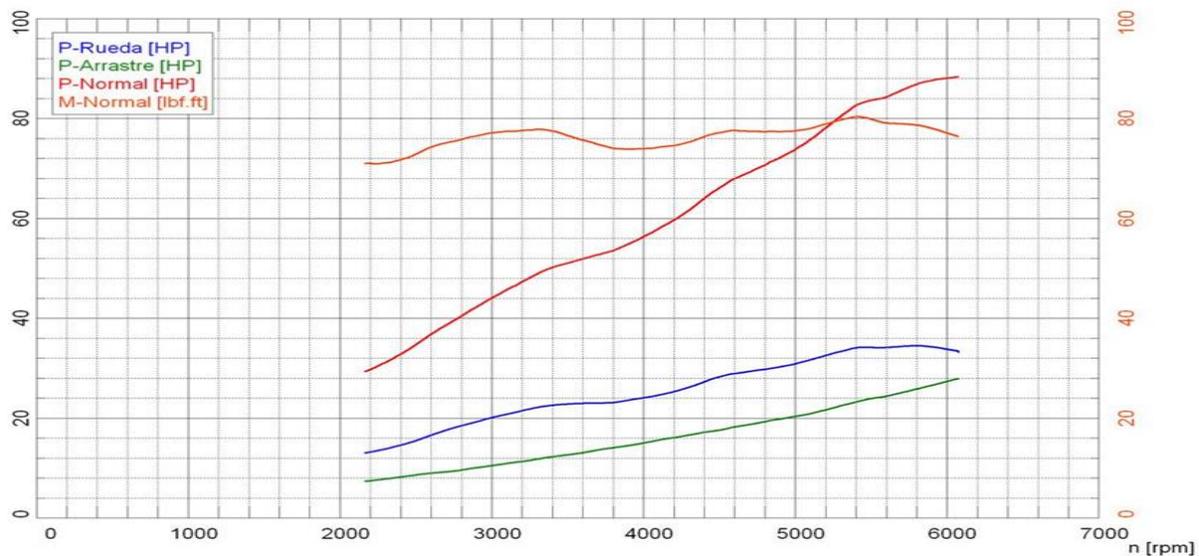


Figura 56. Potencia con el combustible Ecopais-Prueba 1

Prueba 2.

Con el combustible Extra Ferox el torque en la prueba 2 fue de 108.97 Nm a 5365 RPM y su potencia fue de 88.2 Hp a 6065 RPM, mostrada en la figura 57.

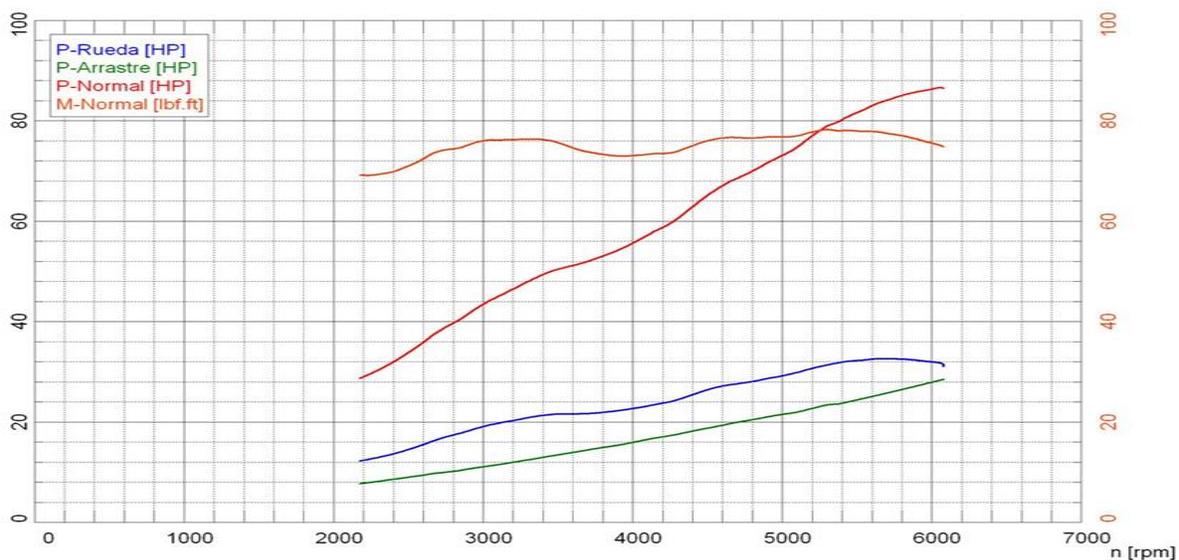


Figura 57. Potencia con el combustible Ecopais-Prueba 2

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Prueba 3.

En este caso con el combustible Ecopaís el torque en la prueba 3 fue de 109 Nm a 5435 RPM y su potencia fue de 89.3 Hp a 6070 RPM, mostrada en la figura 58.

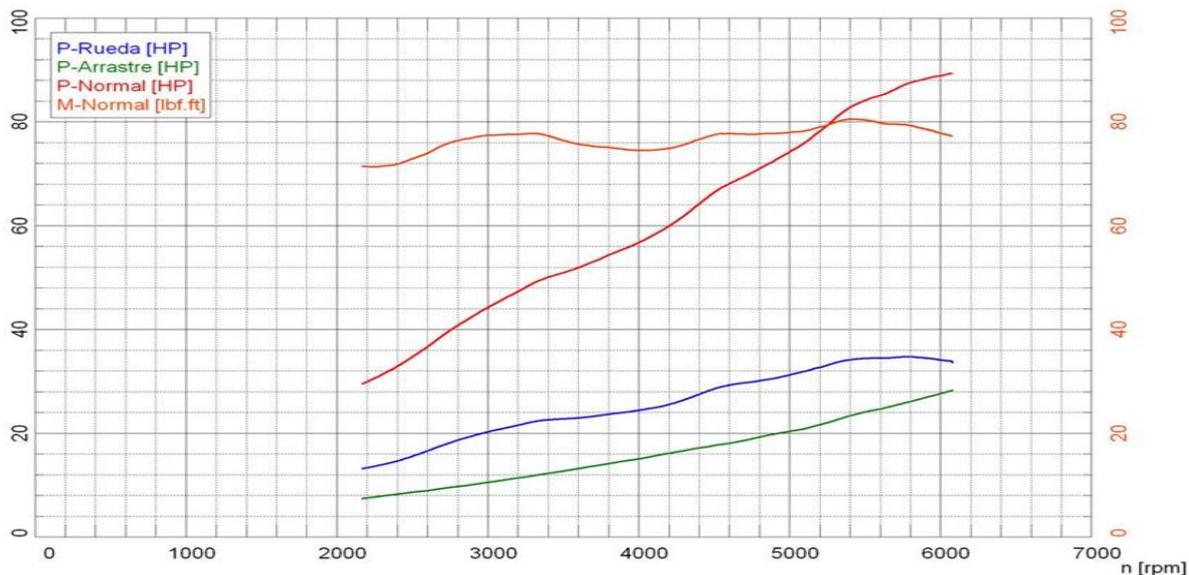


Figura 58. Potencia con el combustible Ecopaís-Prueba 3

Combustible Ecopaís+Ferox - Torque y Potencia.

Prueba 1.

Con el combustible Ecopaís+Ferox el torque en la prueba 1 fue de 107.79 Nm a 5485 RPM y su potencia fue de 89.3 Hp a 6095 RPM, mostrada en la figura 59.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

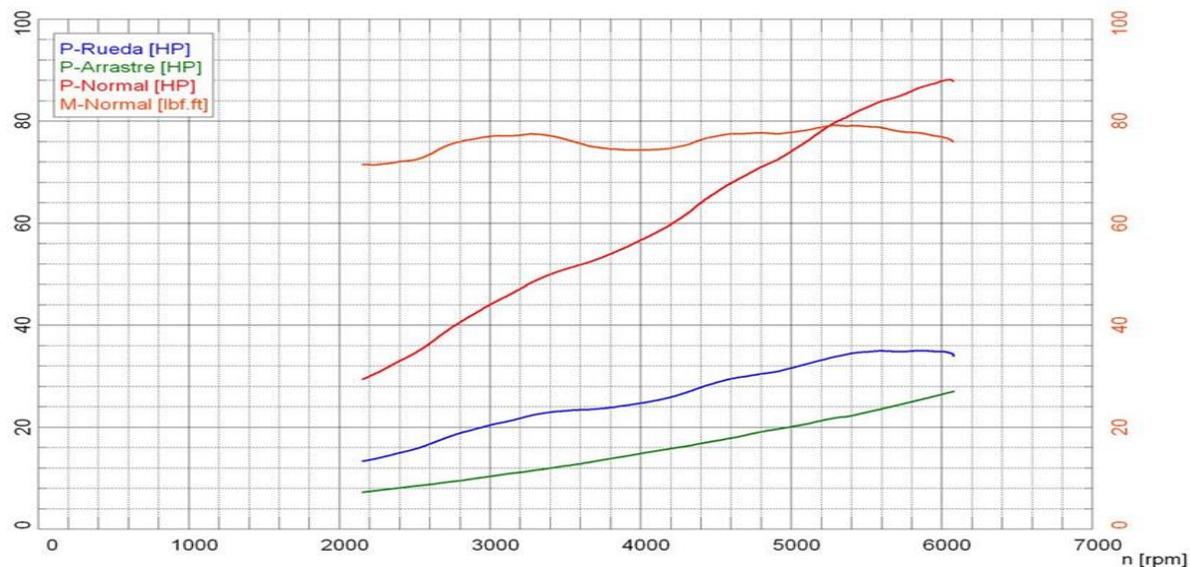


Figura 59. Potencia con el combustible Ecopaís Ferox-Prueba 1

Prueba 2.

Con el combustible Ecopaís+Ferox el torque en la prueba 2 fue de 108.47 Nm a 5340 RPM y su potencia fue de 87.9 Hp a 6070 RPM, mostrada en la figura 60.

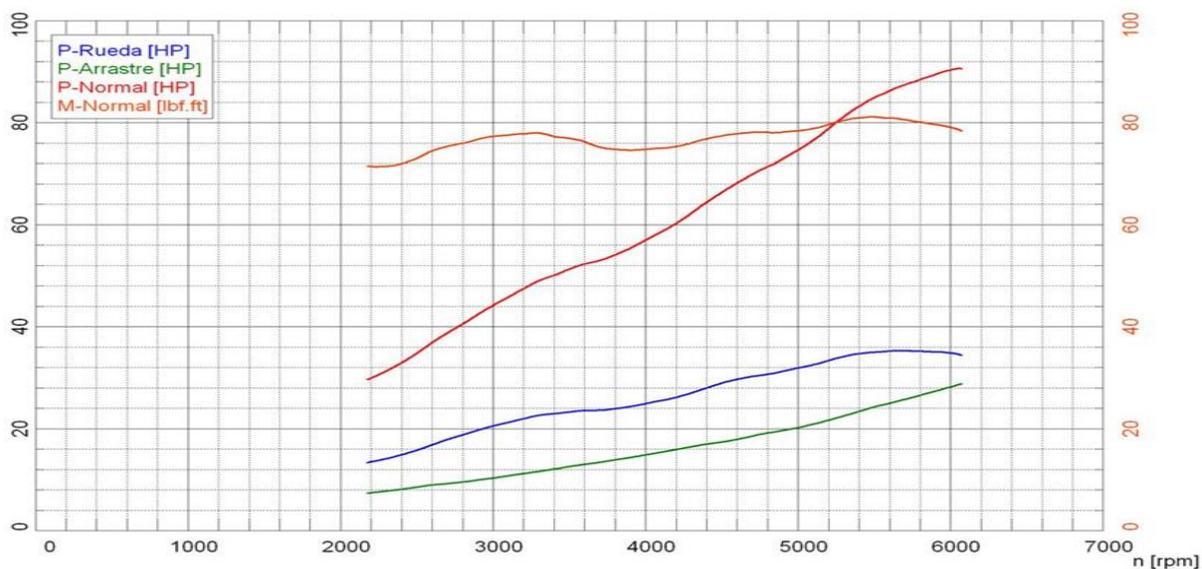


Figura 60. Potencia con el combustible Ecopaís Ferox-Prueba 2

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Prueba 3.

Con el combustible Ecopaís+Ferox el torque en la prueba 3 fue de 107.25 Nm a 5285 RPM y su potencia fue de 88 Hp a 6050 RPM, mostrada en la figura 61.

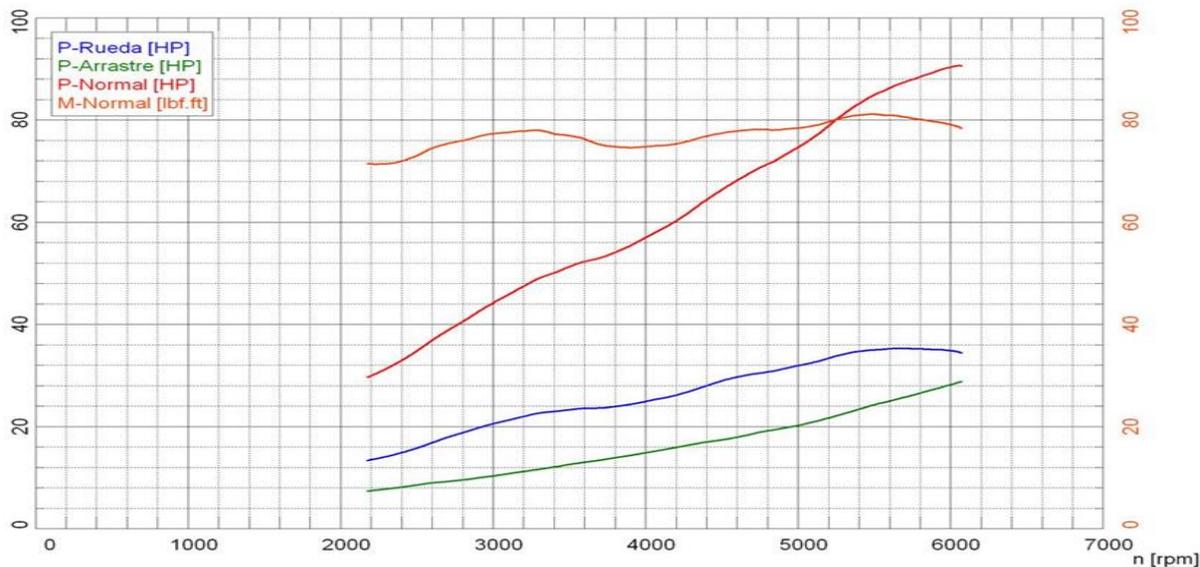


Figura 61. Potencia con el combustible Ecopaís Ferox-Prueba 3

Pruebas Estáticas de Gases

Se realiza tres mediciones por cada combustible, para poder verificar los ensayos de pruebas estáticas mediante la norma NTE INEN 2204 en el vehículo, en dos instantes ralentí y altas revoluciones, estos datos se encuentran en el Anexo 2.

De acuerdo a los límites permitidos de porcentaje de Monóxido de Carbono no debe exceder del 1% y en Hidrocarburos el límite permisible es hasta 200 ppm (Recalde & Revelo, 2015).

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Gasolina Extra.

Con el combustible Extra se realizaron tres mediciones en pruebas estáticas, dando como resultado dicho análisis, mostrado en la tabla 15.

En las mediciones 1 y 3 el factor lambda (λ) es mayor a 1 tanto en ralentí como en Rpm altas, considerada una mezcla pobre (exceso de aire), lo que quiere decir más porcentaje de O₂ y CO y menos ppm de HC; pero en Rpm altas de dichas mediciones la cantidad de O₂ es mayor entre un 16 hasta 17% ya que trata de equiparar la mezcla aire-combustible la Unidad Electrónica Central (ECU) y en la medición 2 el factor lambda (λ) es menor a 1 en ralentí y Rpm altas considerada una mezcla rica (escasez de aire) menos porcentaje de O₂ y CO y más ppm de HC, lo que en Rpm altas el porcentaje de CO y O₂ aumenta para equilibrar la cantidad de aire.

Tabla 15

Prueba emisión de gases estática gasolina Extra

Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta
CO [% V]	0.02	0.02	0.01	0.39	0.01	0.01
CO ₂ [% V]	15.24	15.03	15.07	14.98	15.1	14.88
CO _{corregido} [% V]	0.02	0.02	0.01	0.39	0.01	0.01
HC [ppm]	22	37	22	112	17	43
O ₂ [% V]	0.11	0.27	0.01	0.03	0.04	0.21
λ [Lambda]	1.005	1.01	0.999	0.995	1.001	1.008
NO _x [ppm]	760	2460	770	2480	750	2480

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Gasolina Extra+Ferox.

Con el combustible Extra+Ferox se realizaron tres mediciones en pruebas estáticas, dando como resultado dicho análisis, mostrado en la tabla 16.

En las mediciones 1, 2 y 3 el factor lambda (λ) es menor a 1 tanto en ralentí como Rpm altas, considerada una mezcla rica (escasez de aire) escasez de O₂ y menos porcentaje de emisiones de CO, en Rpm altas en las tres mediciones existe un aumento de CO que va desde el 12 hasta el 14%, ya que al aumentar las revoluciones del motor ingresa más cantidad de oxígeno. Y en el caso del HC en la medición 1 el aumento es de un 10.5% en régimen alto, lo que sobrepasa los límites permisibles que llegan hasta 200 ppm, debido a un excesiva inyección de combustible por parte de la ECU en la cámara de combustión.

Tabla 16

Prueba emisión de gases estática gasolina Extra+Ferox

Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta
CO [%V]	0.07	2.1	0.06	2.01	0.07	1.92
CO ₂ [%V]	15.1	13.7	15.1	13.9	15.1	14
CO _{corregido} [%V]	0.07	2.1	0.06	2.01	0.07	1.92
HC [ppm]	66	210	52	184	53	178
O ₂ [%V]	0	0	0	0	0	0
λ [Lambda]	0.995	0.993	0.996	0.937	0.995	0.939
NO _x [ppm]	750	2520	750	2580	740	2590

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Gasolina Ecopaís

Con el combustible Ecopaís se realizaron tres mediciones en pruebas estáticas, dando como resultado dicho análisis, mostrada en la tabla 17.

En las mediciones 1, 2 y 3 el factor lambda (λ) es menor a 1 tanto en ralentí como Rpm altas, dando una mezcla rica. El valor de CO en la medición 3 en régimen de giro alto es elevado que va desde 9 hasta 14% en comparación con las otras mediciones, en este caso se debe a un aumento de aire. También en la misma medición en el caso de HC el pico es alto pero no sobrepasa el límite permisible, dando como resultado un aumento de inyección de combustible en la cámara de combustión.

Tabla 17

Prueba emisión de gases estática gasolina Ecopaís

Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta
CO [% V]	0.04	0.07	0.05	0.99	0.1	1.8
CO ₂ [% V]	15.2	15.2	15.2	14.7	15.1	14
CO _{corregido} [% V]	0.04	0.07	0.05	0.99	0.1	1.8
HC [ppm]	1	12	21	65	38	171
O ₂ [% V]	0	0	0	0	0	0
λ [Lambda]	0.998	0.997	0.997	0.969	0.995	0.943
NO _x [ppm]	750	2590	740	2550	750	2540

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Gasolina Ecopaís+Ferox

Con el combustible Ecopaís+Ferox se realizaron tres mediciones en pruebas estáticas, dando como resultado dicho análisis, mostrada en la tabla 18.

En las mediciones 1, 2 y 3 el factor lambda (λ) es menor a 1 tanto en ralentí como Rpm altas, dando una mezcla rica. El valor de CO en la medición 3 en régimen de giro alto es elevado que va desde 5 hasta 11% en comparación con las otras mediciones, en este caso se debe a un aumento de aire. También en la misma medición en el caso de HC el pico es alto pero no sobrepasa el límite permisible, dando como resultado un aumento de inyección de combustible en la cámara de combustión, ya que su lambda es el menor valor que va desde 4 hasta 5% comparado con las otras mediciones en régimen de giro alto.

Tabla 18

Prueba emisión de gases estática gasolina Ecopaís+Ferox

Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta	Ralentí	Rpm alta
CO [% V]	0.01	0.73	0.05	0.41	0.03	1.21
CO ₂ [% V]	15.22	14.8	15.09	14.93	15.07	14.77
CO _{corregido} [% V]	0.01	0.73	0.05	0.41	0.03	1.21
HC [ppm]	37	108	65	62	47	126
O ₂ [% V]	0	0.06	0	0	0	0
λ [Lambda]	0.998	0.979	0.996	0.978	0.997	0.974
NO _x [ppm]	760	2520	740	2490	750	2560

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Potencia específica del vehículo VSP

En el VSP se incluye la resistencia a la rodadura, la resistencia al aire, la energía cinética para acelerar el vehículo y el efecto de la pendiente. Esta variable es considerada como la mejor unidad para estimar emisiones vehiculares, según los modelos internacionales más recientes de emisiones (IVE y MOVES) (Jiménez, 1999).

En este tipo de pruebas se toma tres tramos cada una con siete muestras, para cuatro tipos de combustibles. Los valores considerados para el coeficiente de arrastre dinámico (C_D) y coeficiente de resistencia a la rodadura (C_R) son $0.132 \text{ (m/s}^2\text{)}$ y $0.000302 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ respectivamente, valores expuestos por (Dias de Carvalho, 2014). Y en el caso de la velocidad, aceleración y pendiente se tomó valores medios para el cálculo del VSP, mostrado en el Anexo 3.

VSP Extra.

En la tabla 19, se presentan los datos de potencia específica del vehículo para este tipo de combustible en la ruta, con velocidades que oscilan de 36 hasta 75 Km/h y en las aceleraciones de 0.10 hasta 0.16 m/s^2 , obteniendo un mejor desempeño en la ruta plano ciudad ya que no existen pendientes y sus valores de VSP son menores comparados con los otros tramos.

Tabla 19

Potencia específica del vehículo con el combustible Extra

TRAMOS	PRUEBAS VSP (w/kg)						
	1	2	3	4	5	6	7
Ascenso Carretera	47,77	44,76	43,28	45,50	48,54	44,76	41,81
Plano Ciudad	21,18	22,04	18,62	21,18	23,83	22,04	22,93
Ascenso Ciudad	29,35	25,28	27,39	22,89	26,73	30,02	24,16

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

VSP Ecopaís.

En la tabla 20, se presentan los datos de potencia específica del vehículo, las velocidades oscilan de 37 hasta 74 Km/h y en las aceleraciones de 0.10 hasta 0.16 m/s², existe un mejor desempeño en la ruta plano ciudad ya que sus valores de VSP tienen una variancia del 2 al 3%, mientras que en los otros tramos hay gran diferencia entre los datos.

Tabla 20

Potencia específica del vehículo con el combustible Ecopaís

TRAMOS	PRUEBAS VSP (w/kg)						
	1	2	3	4	5	6	7
Ascenso Carretera	47,08	45,22	43,15	44,31	46,39	38,88	43,84
Plano Ciudad	22,51	21,18	21,90	21,11	19,93	21,18	21,70
Ascenso Ciudad	28,81	27,39	25,28	24,16	30,41	23,45	26,73

VSP Extra+Ferox.

En la tabla 21, se presentan los datos de potencia específica del vehículo, las velocidades oscilan de 36 hasta 86 Km/h y en las aceleraciones de 0.12 hasta 0.16 m/s², en el tramo de ascenso carretera hay una variancia del 2 al 11%, debido a que existe una mayor velocidad y aceleración.

Tabla 21

Potencia específica del vehículo con el combustible Extra+Ferox

TRAMOS	PRUEBAS VSP (w/kg)						
	1	2	3	4	5	6	7
Ascenso Carretera	55,65	46,25	44,76	49,31	45,50	50,86	52,44
Plano Ciudad	23,38	21,18	19,17	25,68	23,31	24,29	22,93
Ascenso Ciudad	29,35	25,44	27,39	22,89	28,04	22,26	25,44

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

VSP Ecopaís+Ferox.

En la tabla 22, se presentan los datos de potencia específica del vehículo, las velocidades oscilan de 39 hasta 72 Km/h y en las aceleraciones de 0.12 hasta 0.16 m/s², existe un mejor desempeño en la ruta plano ciudad ya que sus valores de VSP tienen una variancia del 1 al 3%, mientras que en los otros tramos hay gran diferencia entre los datos.

Tabla 22

Potencia específica del vehículo con el combustible Ecopaís+Ferox

TRAMOS	PRUEBAS VSP (w/kg)						
	1	2	3	4	5	6	7
Ascenso Carretera	55,65	52,44	44,76	45,50	46,25	43,28	47,77
Plano Ciudad	21,61	19,90	20,75	19,90	22,48	23,38	21,18
Ascenso Ciudad	29,35	25,44	22,89	27,39	24,16	25,44	27,39

Presentación de resultados de Simulación en la bujía de encendido

Para este estudio se analiza las características constructivas de la bujía de encendido, en un elemento en CAD en el software Siemens NX y una simulación térmica en ANSYS.

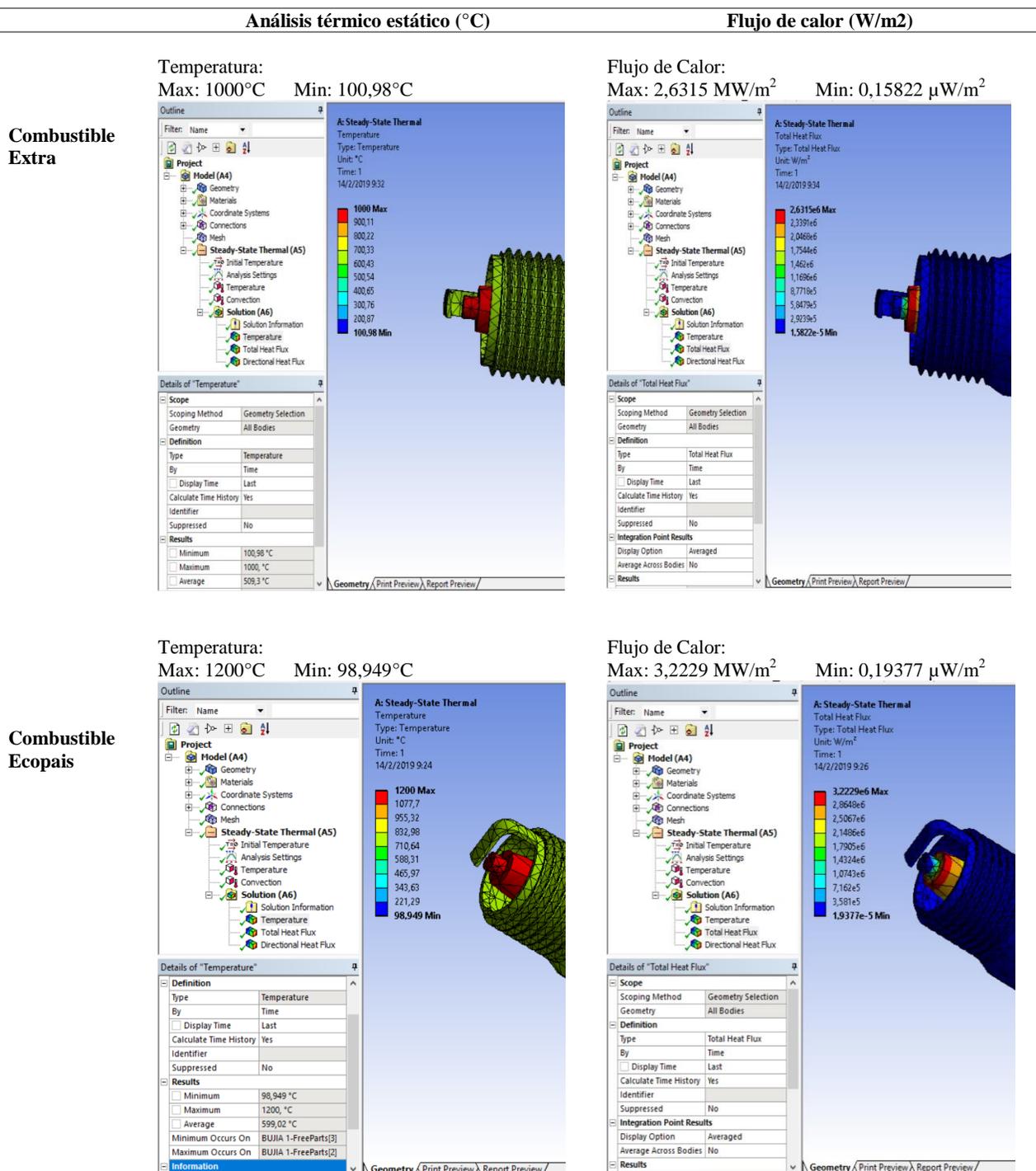
En la tabla 23 se presentan el análisis térmico estático y el flujo de calor con los cuatro combustibles mencionados, se realiza 14876 nodos con el mallado automático del software ANSYS. Con el combustible Extra la temperatura máxima alcanzada fue de 1000 °C y su flujo de calor máximo fue 2,3391 MW/m², con Ecopaís su máxima temperatura fue de 1200 °C alcanzando un flujo de calor máximo de 3,2229 MW/m². En el caso de los combustibles con aditivos el Extra+Ferox su temperatura máxima y flujo de calor máximo fueron de 1040 °C y 2,7498 MW/m² respectivamente, y por ultimo Ecopaís+Ferox fue de 1210 °C y 3,2525 MW/m².

Lo que implica que los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox tuvieron los más altos valores con estos factores de estudio, y por ende la combustión fue casi completa y una reducción emisiones de gases contaminantes.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

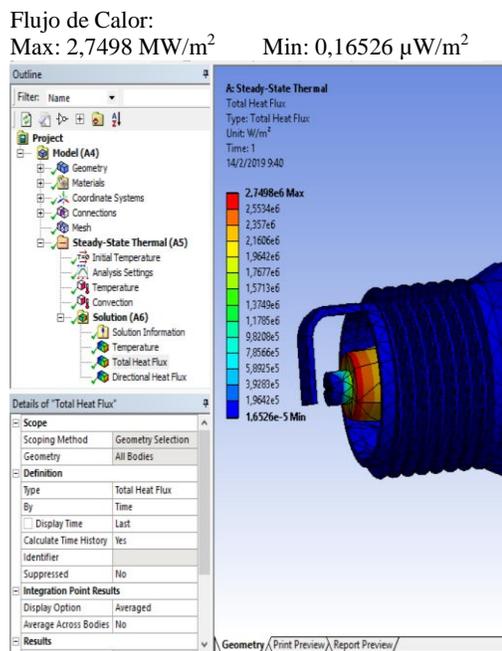
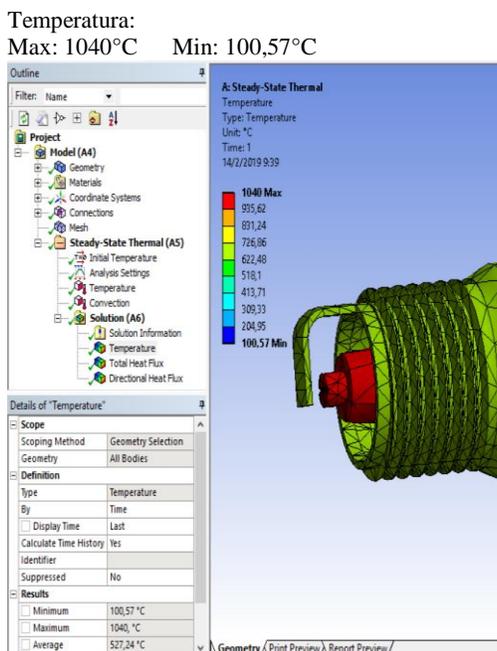
Tabla 23

Presentación de resultados de análisis térmico estático y flujo de calor

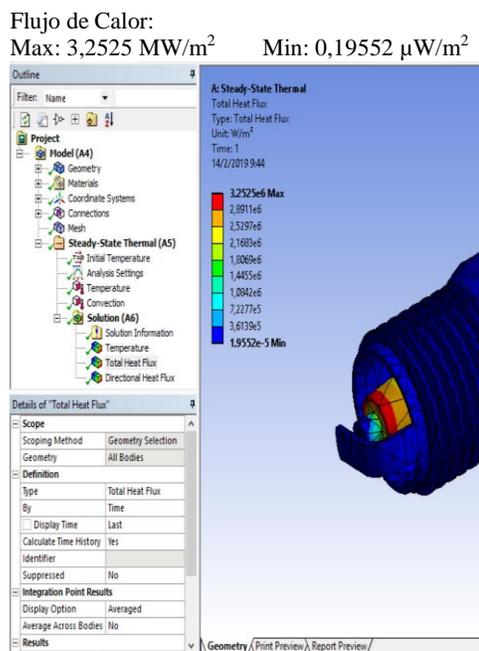
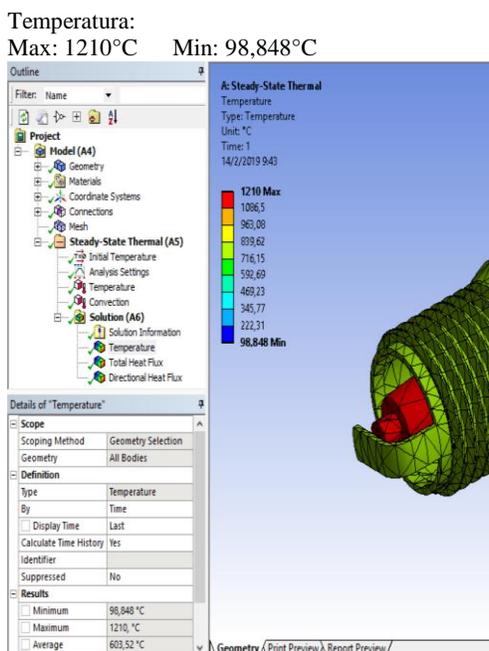


EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

**Combustible
Extra+Ferox**



**Combustible
Ecopais+Ferox**



Discusión de Resultados

Presentación de Resultados

En esta parte se presenta los resultados obtenidos en relación a los factores de contaminación que son: CO, HC y NOx en el vehículo a prueba antes detallado y posterior con los valores presentados se realiza un cálculo de Poder Especifico del Vehículo VSP con los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox.

Factores de emisión

Los resultados de las pruebas On Board de emisiones de gases, factores de contaminación y consumo de combustible; con 2 tipos de combustibles y 2 mezclas que llevan el aditivo Ferox en una ruta establecida, que comienza en Cumbayá (cerca del redondel de la Universidad San Francisco) y finaliza en la Universidad Católica (intersección Av. 12 de Octubre y Jorge Washington).

Factores de contaminación en vehículo de pruebas KIA R STYLUS.

Para el desarrollo del análisis se aplican las ecuaciones propuestas en el Estado del Arte que tienen que ver con los factores de contaminación, en el Anexo 4 se encuentra las tablas de múltiple rangos, que permiten un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Las partículas por millón de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, y el porcentaje de emisiones de CO para la ruta combinada en diferentes circunstancias, ya sea el tráfico, condiciones climáticas y ambientales. Con el estudio de Iñiguez Izquierdo, Reyes Campaña, & Andrés (2017), quienes presentan estudios con combustibles Extra y E5 donde realizan pruebas dinámicas de gases; en el caso del CO que hay una reducción del 100% con el uso de combustible E5, en los HC existe una reducción del 65% con el uso del combustible E5

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL comparado con la gasolina común, en los CO₂ existe una reducción de 1% con el combustible E5, a 2880 msnm. También en el estudio de Tutunea & Dumitru (2017) que trata sobre el efecto de añadir bioetanol en el motor de encendido por chispa, obteniendo una reducción en CO (2,89% con E5 y 12,34% con E20) y HC (3,84% con E5 y 14,62% con E20) y un aumento en CO₂ (1,32% con E5 y 3,73 % con E20) y NOX (6.86% con E5 y 46.37% con E20).

En las tablas 24, 25, 26 y 27, se muestran los factores de emisión de los diferentes combustibles en la ruta establecida, del vehículo de pruebas.

Tabla 24

Factores de contaminación combustible Extra

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	9,084
FHC (g/Km)	0,195
FNOX (g/Km)	0,175

Tabla 25

Factores de contaminación combustible Extra+Ferox

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	9,458
FHC (g/Km)	0,131
FNOX (g/Km)	0,143

Tabla 26

Factores de contaminación combustible Ecopaís

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	7,161
FHC (g/Km)	0,147
FNOX (g/Km)	0,148

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tabla 27

Factores de contaminación combustible Ecopaís+Ferox

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	7,825
FHC (g/Km)	0,146
FNOX (g/Km)	0,144

Factores de emisión para el monóxido de carbono.

Los factores de contaminación para el monóxido de carbono se presentan en la figura 62, donde se realiza la comparación entre los combustibles. En esta muestra el combustible que presenta una diferencia significativa de menos factores de emisión en CO es el Ecopaís de 2 y 2.5% en comparación Extra y Extra+Ferox respectivamente. Para este caso Camarillo Montero (2011) afirma que la emisión de los gases de escape presenta una ligera disminución para todas las mezclas utilizadas (E10, E20, E30 y E40), debido a una combustión más completa por el mayor contenido de oxígeno presente en el etanol. También se asemeja con el estudio de Iñiguez Izquierdo, Reyes Campaña, & Andrés (2017), donde se evidencia mejores resultados al utilizar un combustible con un porcentaje de etanol mayor. De igual forma mencionan Kannan, Saleh, & Nasir (2016), que entre mayor sea el porcentaje de etanol, menor es la cantidad de CO que emite al ambiente, con la E5 hay una reducción significativa del monóxido de carbono. Para este caso Llanes Cedeño, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo (2018), emiten una conclusión, que el factor altura influye en la emisión de gases contaminantes.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

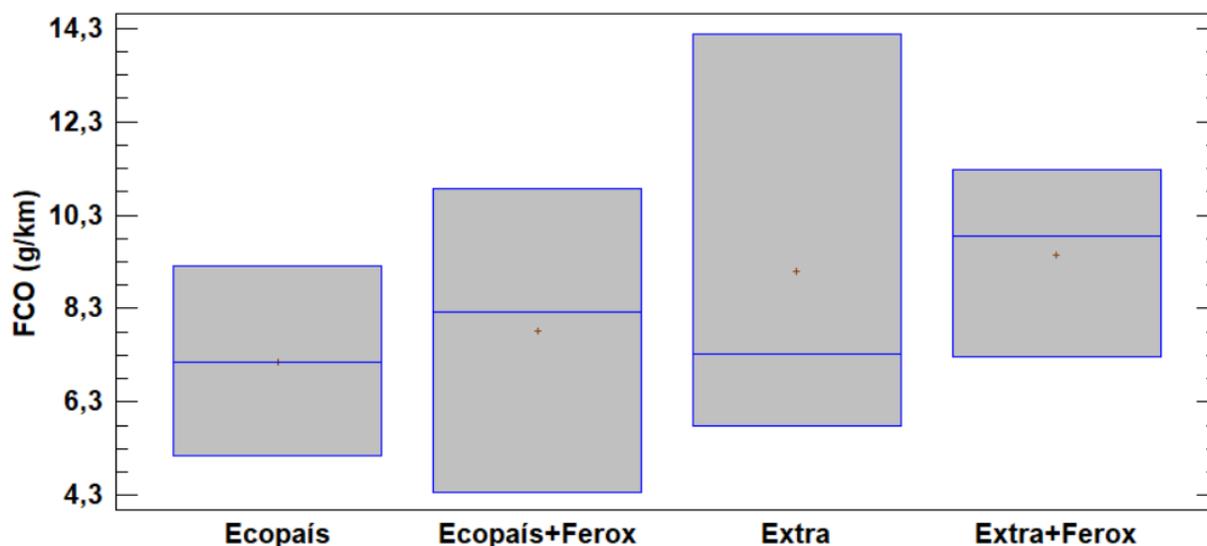


Figura 62. Factores Contaminantes de CO

Factores de emisión para hidrocarburos.

El estudio de los factores de emisión de hidrocarburos se observa en la figura 63, obteniendo el mejor resultado con menores emisiones en los combustibles que contienen aditivos y etanol, en el caso de Ecopaís, Ecopaís+Ferox y en Extra+Ferox con un 3%, 3% y 3.3% respectivamente, en comparación del combustible Extra. Por tal motivo el análisis afirma que añadir específicamente el aditivo Ferox al combustible tradicional y al combustible mezcla de etanol de un 5%, reduce significativamente este tipo de emisión, el estudio expuesto por Dogan, Erol, Yaman, & Kodanli (2016), contribuye que los valores en la cantidad de HC se reduce a medida que el porcentaje de etanol sea menor a E30 (30% de etanol), y con el estudio realizado por Camarillo (2011), menciona que al utilizar etanol como combustible tradicional o tipos de mezclas es disminuye las emisiones de HC, debido a una combustión más completa por el mayor contenido de oxígeno.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

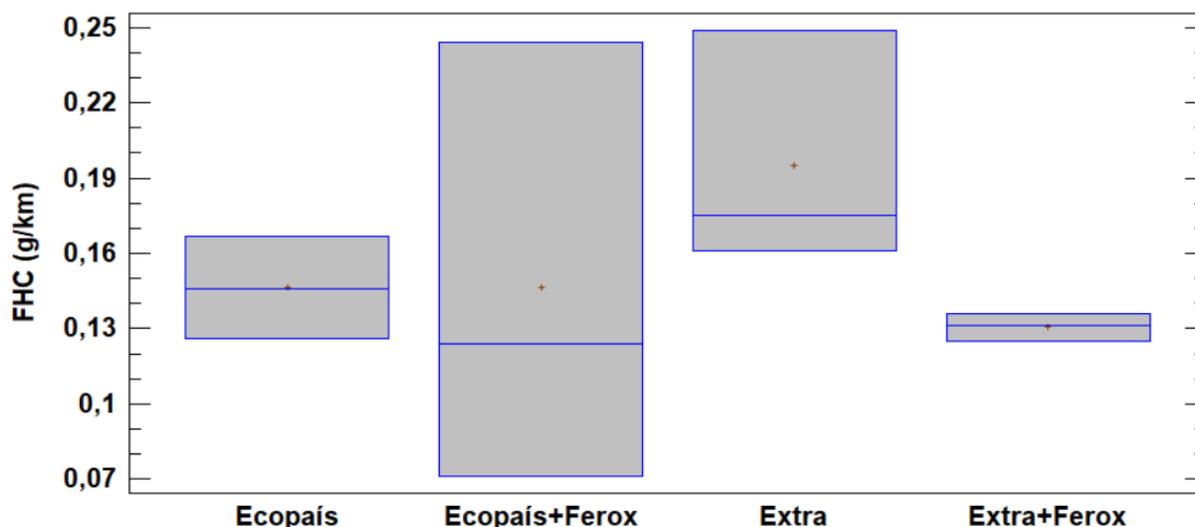


Figura 63. Factores Contaminantes de HC

Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 64, se aprecia los factores de emisión para el NOx, donde los resultados significativos son favorables para los combustibles con aditivos en el caso de Extra+Ferox un 3% y en Ecopaís+Ferox un 3.3% en comparación del combustible Extra; el estudio expuesto por Dogan, Erol, Yaman, & Kodanli (2016), mencionan que el valor más alto para la emisión de NOx se mide para el combustible que tenga 0% de etanol, mientras que los combustibles con mezcla etanol tienen bajos valores de emisión de NOx, y el estudio realizado por Kannan, Saleh, & Nasir (2016), menciona que el uso de etanol hidratado puede reducir significativamente la emisión de NOx. Además, el contenido de agua premezclado en etanol es más favorable que la inyección de agua por separado.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Figura 64. Factores Contaminantes de NOx

Pruebas de Torque y Potencia en el vehículo de pruebas KIA R STYLUS

Análisis de Potencia.

En la figura 65 se observa el comportamiento de la potencia usando los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox, se sustenta un incremento gradual del 1.6 % de 88.6 Hp a 6000 Rpm utilizando el combustible Ecopaís con respecto al Extra. También muestra que la potencia máxima alcanzada por dicho combustible, se da a menores regímenes de giro. A altas revoluciones el proceso de renovación de la carga no se da correctamente y con el poder calorífico inferior no llegan a combustionarse la mezcla de manera eficiente, por ende se necesita vehículos que tengan un ajuste electrónico de inyección. Lo que menciona Camarillo (2011), se corrobora con este estudio ya que el torque y la potencia indicados no experimentan un cambio resaltable en mezclas con altos contenidos de etanol. Y en el caso de Rocha & Zambrano (2015), señalan que hay un incremento de 2% en la Potencia con el uso de aditivos sólidos.

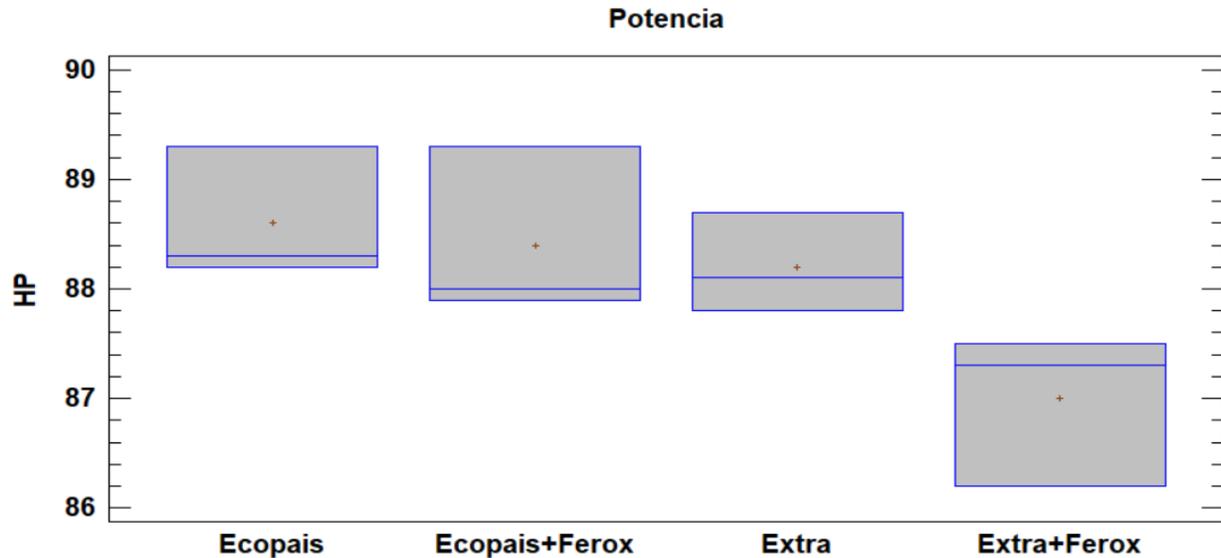


Figura 65. Análisis de Potencia con diferentes combustibles

Análisis de Torque.

La figura 66 muestra el comportamiento del Par motor o Torque usando los combustibles anteriormente mencionados, donde se sustenta un valor de 109 N.m a 5600 Rpm, en el combustible Ecopaís. Teniendo un aumento significativo del 2% en su Par motor con respecto al combustible Extra. Con el aditivo Ferox, las dos mezclas de combustibles no tienen algún beneficio en el Torque del motor. Concordando con lo expuesto por Rocha & Zambrano (2015), al utilizar aditivo solido en la mezcla hay una reducción del 2% en el par motor, y en el caso del combustible con etanol el torque no experimenta un cambio resaltable en mezclas con altos contenidos de etanol. (Camarillo Montero, 2011)

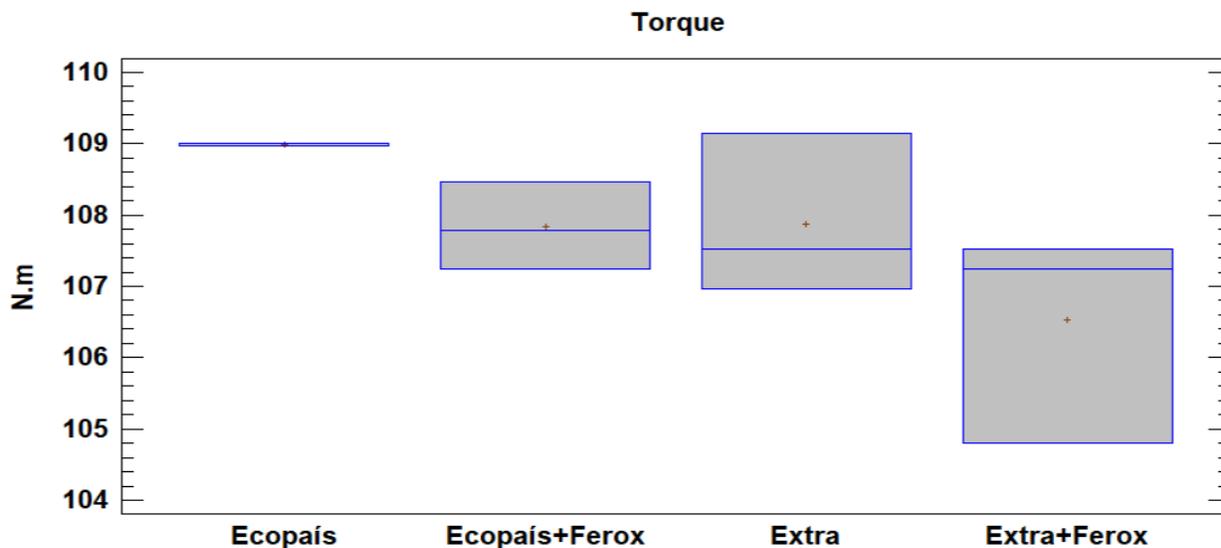


Figura 66. Análisis de Torque con diferentes combustibles

Análisis de las Pruebas Estáticas de Gases

Análisis del CO en ralentí.

En la figura 67, se encuentra el porcentaje de gases en volumen de monóxido de carbono en marcha mínima o ralentí, teniendo el menor combustible el Extra con una diferencia que va del 2% al 5% con respecto a los demás combustibles, cumpliendo con la norma INEN 2204:2002, todos los combustibles no sobrepasan el límite permisible. Se obedece a estándares como ASM 5015, ASM 2525, para un mejor cuidado del medio ambiente, mencionado por Tipanluisa, Remache, Ayabaca, & Reina (2017).

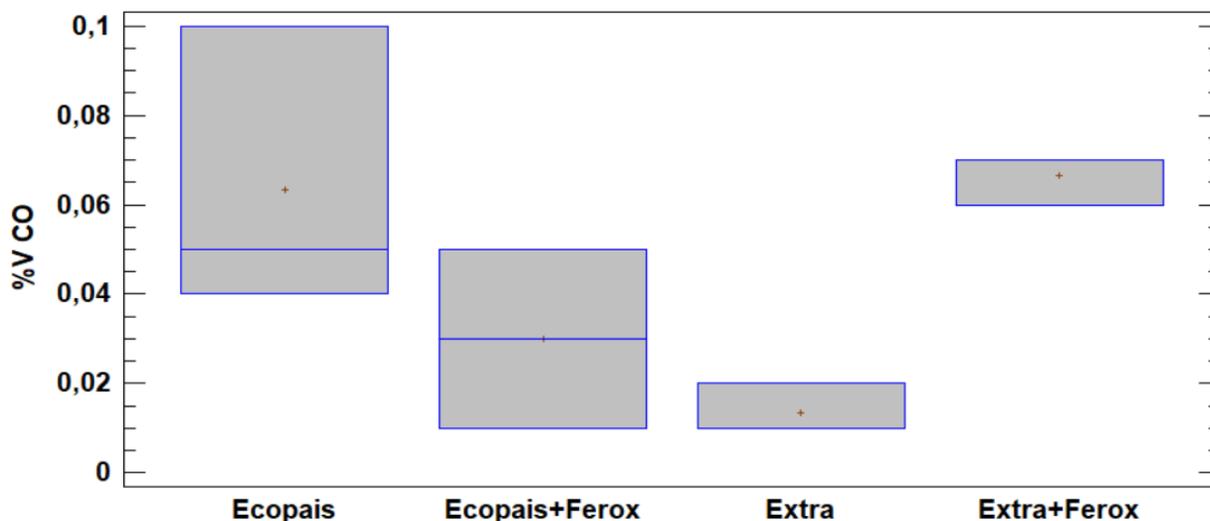


Figura 67. Análisis de %V CO con diferentes combustibles en ralentí

Análisis del HC en ralentí.

En la figura 68, se encuentra el valor de las partículas por millón en marcha mínima o ralentí, teniendo a los combustibles el Ecopais y el Extra de 20 y 20.3 (ppm) respectivamente con las menores emisiones, y con los combustibles Extra+Ferox y Ecopais+Ferox los valores se disparan con un 19% y 20% en comparación a los otros dos. Discrepando con Guasgua, Campaña, & Paredes (2016), ya que mencionan que una gasolina de mejor calidad con un número mayor de octanaje ayuda en la disminución de las emisiones de gases contaminantes, por su composición y la reducción del contenido de azufre.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

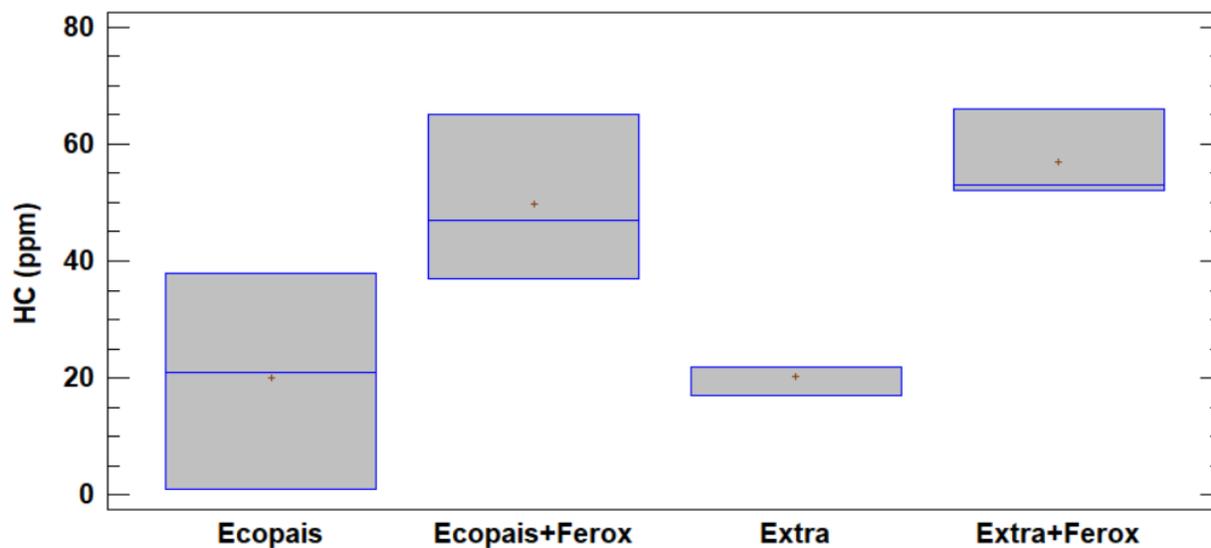


Figura 68. Análisis de ppm HC con diferentes combustibles en ralentí

Análisis del CO en régimen de giro alto.

En la figura 69, se encuentra el porcentaje de gases en volumen de monóxido de carbono en régimen alto, teniendo el menor combustible el Extra, donde se concuerda con Guasgua, Campaña, & Paredes (2016), ya que mencionan que las emisiones de monóxido de carbono se producen en mayor nivel antes de los 30 km/h de velocidad, por ello, en horas picos de tránsito, la calidad del combustible no tendrá influencia en las emisiones de este tipo de contaminante.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

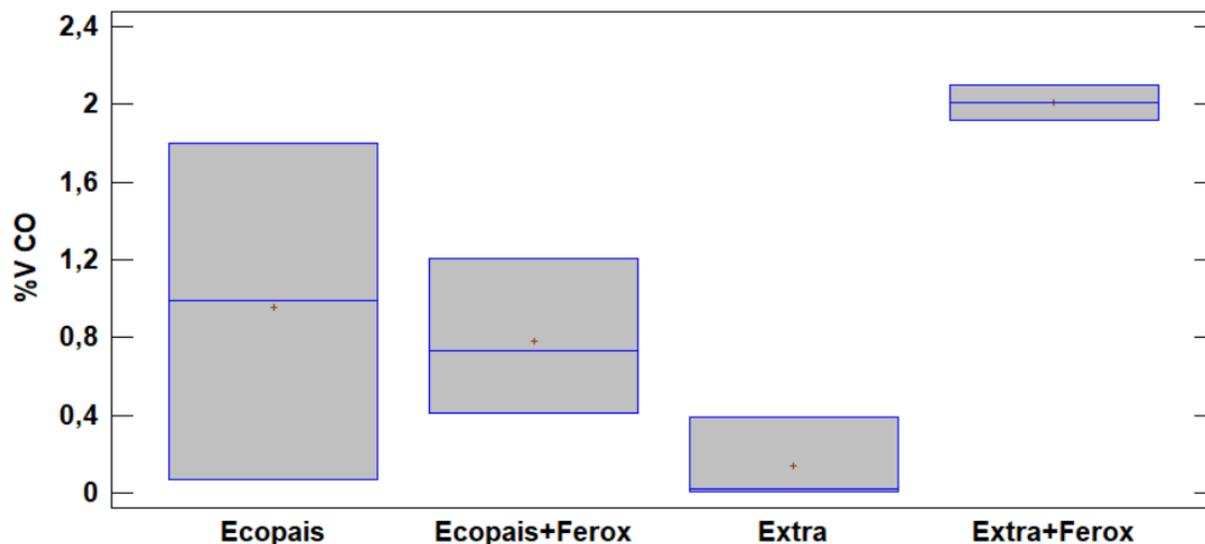


Figura 69. Análisis de % V CO con diferentes combustibles en régimen alto

Análisis del HC en régimen de giro alto.

En la figura 70, se encuentra el valor de las partículas por millón en régimen alto, teniendo al combustible Extra el menor en este caso de prueba, y los combustibles Extra+Ferox y Ecopais+Ferox, cumplen con la norma INEN 2204:2002 que es un límite de 200 ppm, y con Ecopais un 18% de diferencia. Se concuerda con Guasgua, Campaña, & Paredes (2016), ya que mencionan que una gasolina de mejor calidad con un número mayor de octanaje ayuda en la disminución de las emisiones de gases contaminantes, por su composición y la reducción del contenido de azufre.

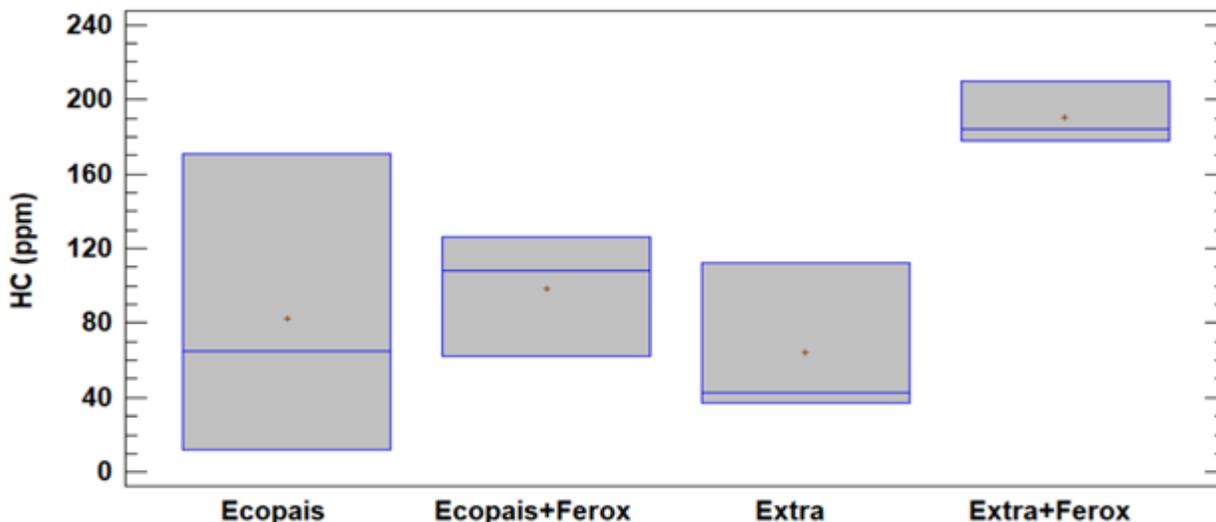


Figura 70. Análisis de ppm HC con diferentes combustibles en régimen alto

Potencia específica del vehículo VSP

Como se mencionó anteriormente, la metodología VSP no contabiliza la rotación del motor y puede originar algunas faltas de precisión al agrupar en una misma clase de puntos o eventos que no son similares. A continuación se estudia la influencia de los factores que depende el VSP (velocidad, aceleración y gradiente de la carretera).

Potencia específica del vehículo para carretera en ascenso.

En la figura 71, se aprecia el factor de potencia específica del vehículo en el tramo de ascenso con siete muestras, para el caso se emite un análisis con diferentes propuestas de combustibles. En este tramo de ruta las condiciones de la forma de conducción, aceleración y velocidad son favorables para tres combustibles Ecopaís, Extra y Ecopaís+Ferox, donde existe una diferencia significativa con el combustible Extra+Ferox del 1 al 6%, razón por la cual en este tramo existe una gran influencia de tráfico en horas pico, según Frey et al. (2014) la potencia específica del

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

vehículo depende del tramo a estudiar, factor que varía en determinadas horas del día y varia los resultados en VSP, estudio que concuerda con Policarpo et al., (2018).

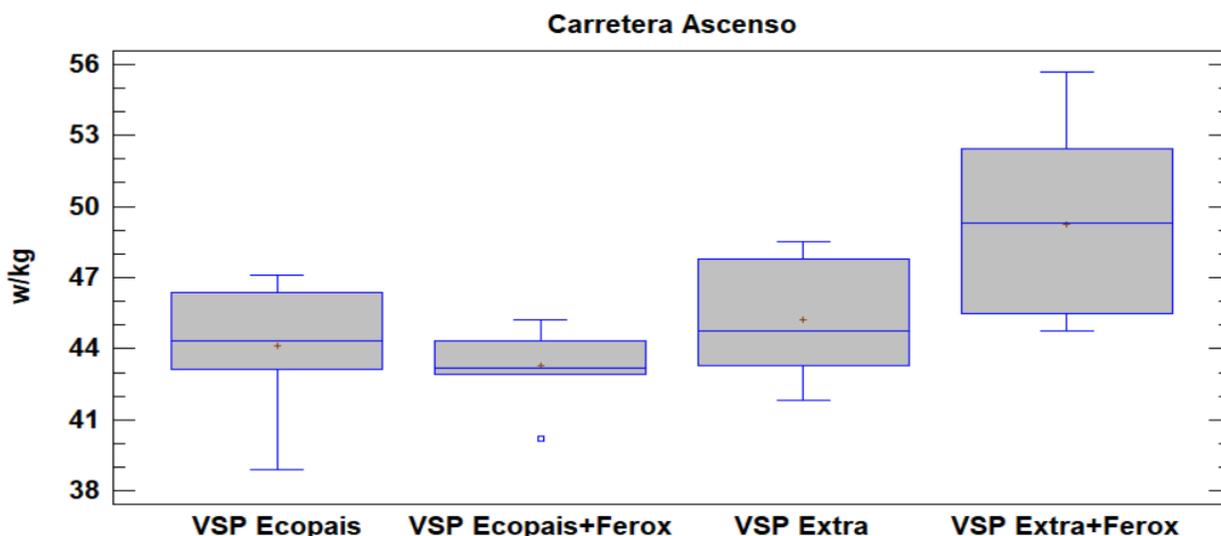


Figura 71. Análisis de Potencia con diferentes combustibles en carretera

Potencia específica del vehículo para plano-ciudad.

En las figura 72, se presenta el análisis de VSP para el tramo urbano o ciudad, donde el menor resultado es para el combustible Ecopaís+Ferox, ya que el hecho de encontrarse con frenadas constantes, señales de tránsito y circunstancias adversas al momento de la conducción, se evidencia una diferencia significativa con el combustible Extra+Ferox del 2%, mientras con Extra y Ecopaís no existe comparación alguna, Frey et al. (2014), discute que la desaceleración genera VSP negativos, pero es el hecho de obtener tramos variados que salen de las condiciones normales de operación. Este estudio se concuerda con Policarpo et al., (2018), ya que el desarrollo de VSP presenta resultados mixtos al ser obtenidos de tramos urbanos.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

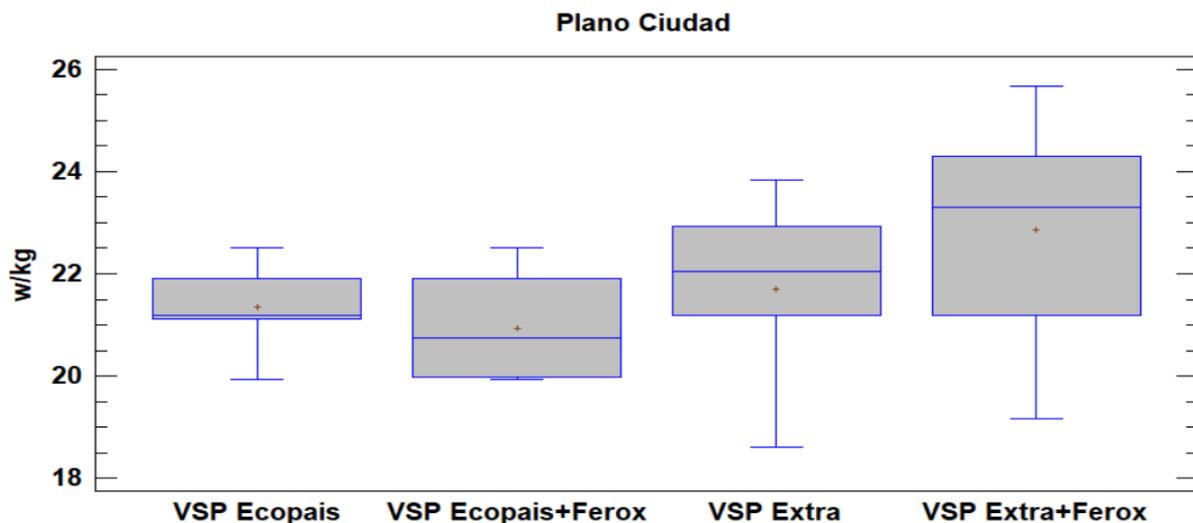


Figura 72. Análisis de Potencia con diferentes combustibles en la ciudad

Potencia específica del vehículo para ciudad ascenso.

En la figura 73, se observa los resultados de VSP para el tramo de ciudad en ascenso. En donde los valores del VSP no tienen ninguna diferencia significativa entre los combustibles. Concordando con Frey, Unal, Chen, & Li (2003), la implicación de un alto VSP tiene un impacto más sustancial sobre las emisiones de CO que para los otros contaminantes. Esto parece plausible, ya que es probable que un alto VSP, tiende a tener más efecto sobre las emisiones de CO que por las emisiones de NOx.

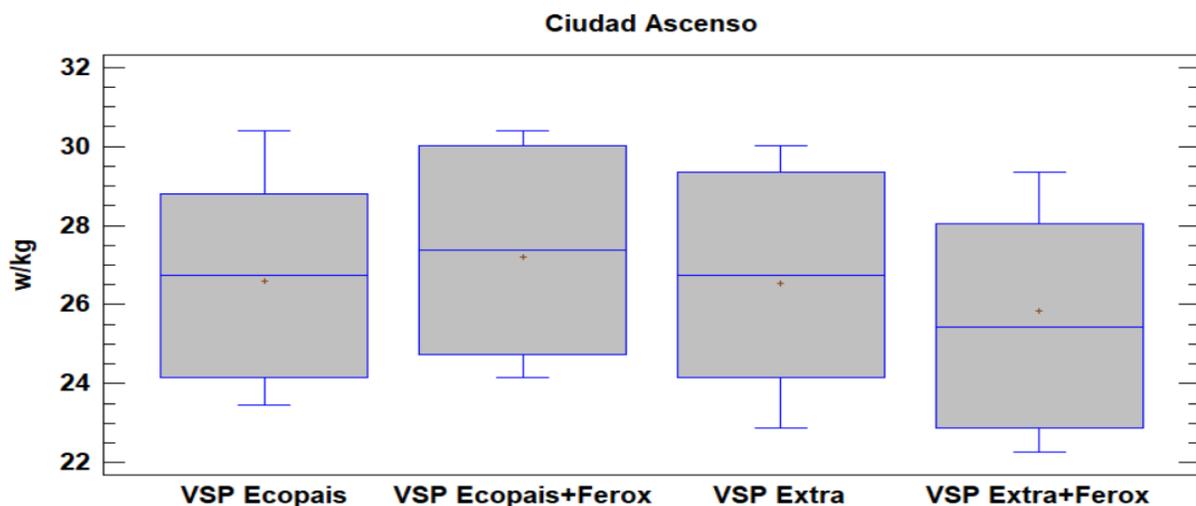


Figura 73. Análisis de Potencia con diferentes combustibles en la ciudad en el tramo de ascenso

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Análisis del consumo de combustible

El consumo de combustible promedio del vehículo se presenta en la tabla 28.

Tabla 28

Consumo de combustible promedio con varias propuestas de combustibles

Combustibles	(Km/L)
Extra	8,78
Ecopaís	7,80
Extra+Ferox	9,14
Ecopaís+Ferox	8,39

El rendimiento de combustible para el vehículo en ruta, se encuentra en el rango de 7.80 hasta 9.14 Km/L observado en la figura 74. En este estudio se define que hay 1% hasta 1.3% de ahorro de combustible con el combustible Ecopaís a diferencia de los otros combustibles. El factor tráfico, horas pico y cambios climáticos se relacionan mucho con el consumo de combustible. Lo que se discrepa en el caso de Rocha & Zambrano (2015), indican que cuando se usan aditivos sólidos en el combustible Extra hay una reducción en un 4%. Y se relaciona con el estudio realizado por Guzmán B. (2013), que el uso de biocombustibles con base de etanol tiene una reducción significativa en el consumo de combustible en la ciudad de Quito.

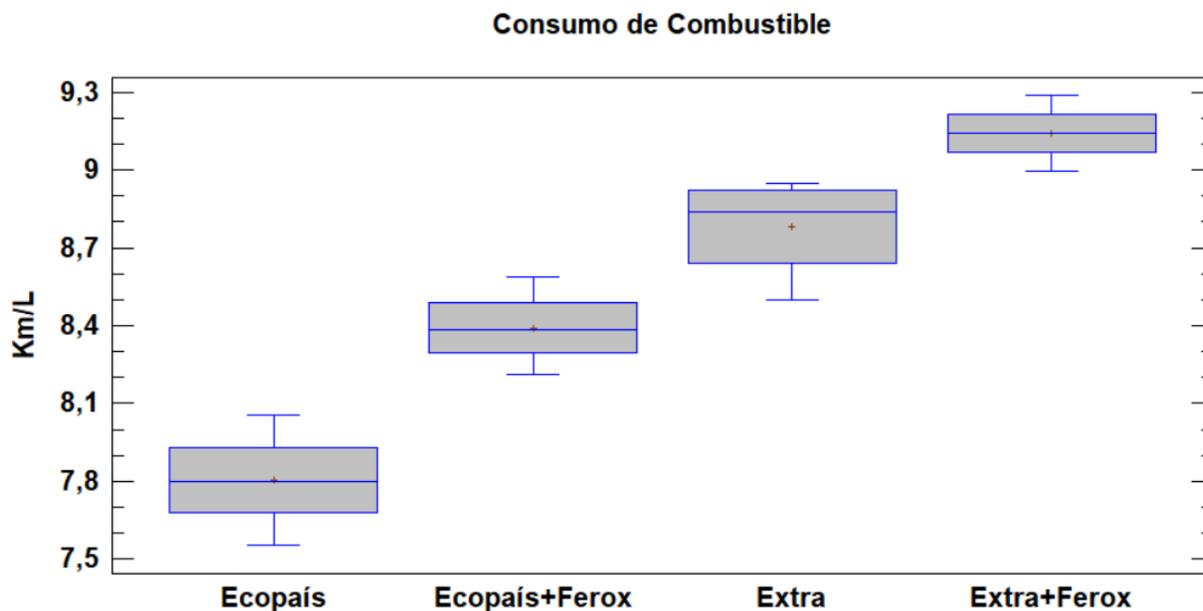


Figura 74. Consumo de combustible del vehículo a prueba

Análisis Térmico de la bujía de encendido con diferentes combustibles

Temperatura.

Los resultados del análisis térmico de la bujía de encendido se encuentran en las figuras 75, 76, 77 y 78; al usar combustibles Extra y Extra+Ferox las temperaturas son inferiores al del combustible Ecopaís. Las temperaturas promedio de los combustibles anteriormente mencionados son de 509.3 °C y 527.24 °C respectivamente, mientras que en Ecopaís es de 599.02 °C, datos obtenidos mediante ANSYS. Y en el caso de la Ecopaís+Ferox su temperatura promedio es de 603.52 °C, obteniendo una diferencia significativa del 4.5% con el combustible Ecopaís, teniendo la mayor temperatura Ecopaís+Ferox. Cuando el motor consume mezclas pobres (cantidad de NOx alto, O₂ sobrante y altas concentraciones de CO) los procesos de combustión presentan una duración prolongada durante la expansión lo que ocasiona ciclos de potencia que tienen bajas velocidades de quemado (Araque, Martín, & Fygueroa, 2006). Se concuerda CON Pardiñas (2012) la temperatura que se alcanza en la cámara de combustión varía

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL de unos motores a otros en función de la refrigeración, de la relación de compresión, etc. Sin embargo, la temperatura de funcionamiento de una bujía debe mantenerse por encima del límite de autolimpieza (500 °C) y por debajo del límite de inflamaciones prematuras (900 °C), independientemente del motor que se trate. En la Figura 14 se observa el mayor grado térmico en la bujía.

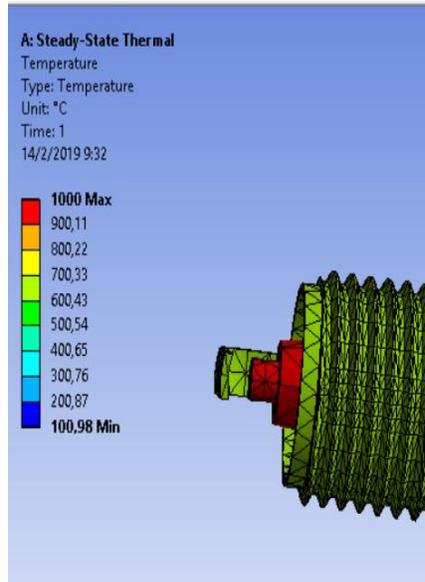


Figura 75. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Extra

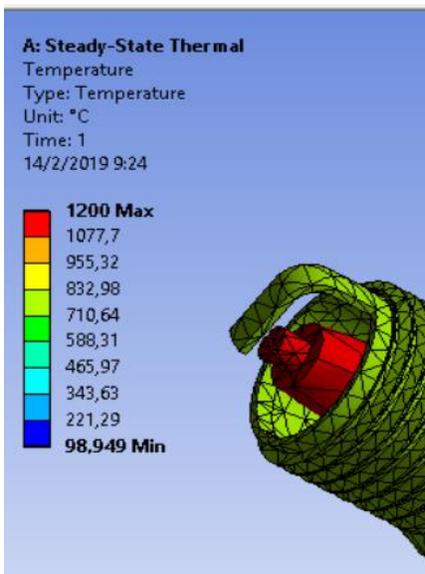


Figura 76. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Ecopáfs

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

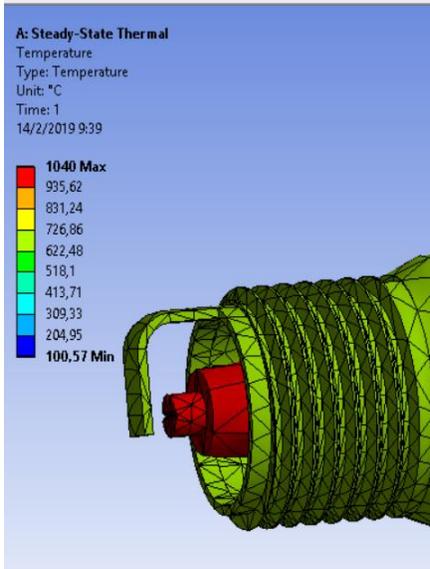


Figura 77. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Extra+Ferox

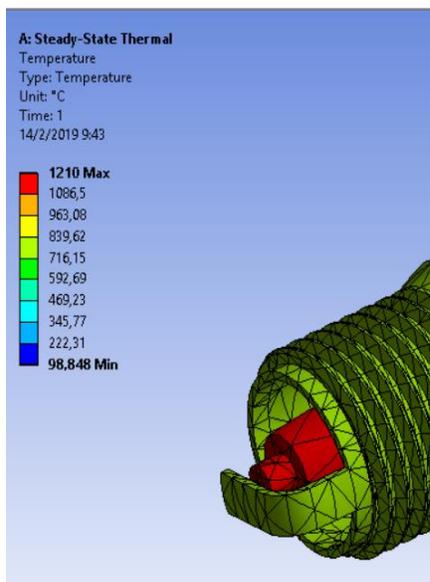


Figura 78. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Ecopaís+Ferox

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Flujo total del calor.

En las figuras 79, 80, 81 y 82, se aprecian el análisis de flujo de calor de los combustibles estudiados, en el que se representa la intensidad de calor relacionada con la velocidad del movimiento molecular del calor que tiene un cuerpo determinado. Según Netto (2018), menciona que un cuerpo con gran velocidad molecular tiene más temperatura o más nivel de calor que otro. Estudio que confirma con el uso de dos propuestas de combustible en la que se fijan parámetros comparativos que permiten determinar dicho nivel de calor, al que se denomina temperatura. En este caso al usar combustible Extra y Extra+Ferox es inferior al flujo de calor del combustible Ecopaís, el flujo de calor promedio de estos combustibles son de 48361 W/m^2 y 50534 W/m^2 respectivamente, mientras que en Ecopaís es de 59228 W/m^2 , y en el caso de la Ecopaís+Ferox el flujo de calor promedio es de 59767 W/m^2 , existiendo una diferencia del 5% con el combustible Ecopaís, teniendo el mayor flujo de calor de Ecopaís+Ferox. Se concuerda con Kannan & Srivathsan (2016), que al aumentar la temperatura dentro de la cámara, la reacción de las moléculas del combustible hacen que el flujo de calor sea mayor.

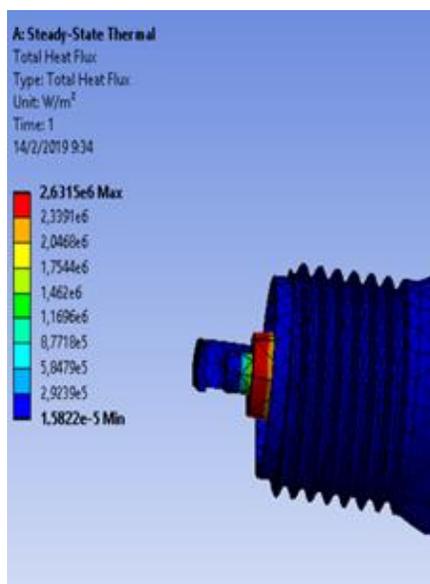


Figura 79. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Extra.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

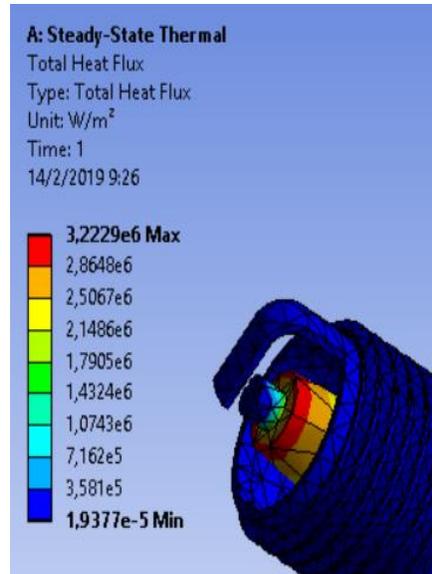


Figura 80. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Ecopaís.

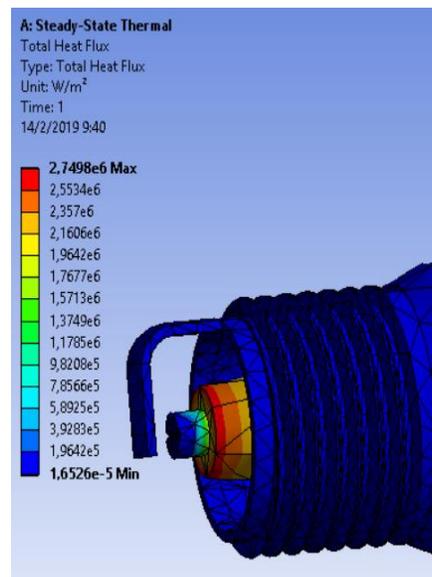


Figura 81. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Extra+Ferox.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

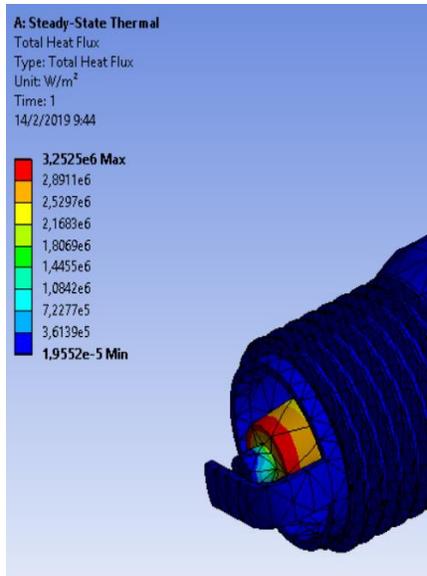


Figura 82. Flujo de calor de la bujía de encendido combustible Ecopaís+Ferox.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Conclusiones

- Se demuestra con este estudio una significativa reducción de emisiones contaminantes del 2 y 2.5% del FCO con el uso del Ecopaís en comparación del combustible Extra y Extra+Ferox respectivamente, en el caso de FHC los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox con un 3% menor en emisiones en comparación al combustible Extra, y por último en el FNOx los combustibles que tienen aditivo sólido Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox son menores en un 3 y 3.3% con respecto al combustible Extra respectivamente.

- El software utilizado fue la herramienta que permitió la interacción del componente con 14876 nodos y 7464 en elementos a estudiar con el mallado automático, obteniendo con los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox el mayor flujo de calor con una diferencia significativa del 5% entre ellos, de tal manera se evidencia la máxima temperatura de trabajo de la bujía de encendido y el mayor aprovechamiento de energía térmica emitido por estos combustibles.

- El rendimiento óptimo en consumo de combustible fue el combustible Ecopaís con un valor de 7.80 (Km/L), teniendo una diferencia significativa con el combustible Extra del 1.3%, esto significa un ahorro económico. Se entiende que los ciclos de conducción y el tipo de ruta también influyen en el consumo.

- Con la metodología de Potencia específica del vehículo (VSP), en el primer y segundo tramo de la ruta los combustibles Extra, Ecopaís y Ecopaís+Ferox tienen valores semejantes; mientras que con el combustible Extra+Ferox los tres combustibles anteriormente mencionados tienen una diferencia del 4, 5 y 6% respectivamente y en el tramo final ciudad-ascenso no existe diferencia en sus VSP con los combustibles de estudio.

- Se sustenta un incremento gradual del 1.6 % de 88.6 Hp a 6000 Rpm utilizando el combustible Ecopaís con respecto al Extra. También muestra que la potencia máxima alcanzada por dicho combustible, se da a menores regímenes de giro. Y comparando con los combustibles Extra y Ecopaís+Ferox, no existe diferencia significativa.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

- El comportamiento del Par motor o Torque usando los combustibles de estudio, se sustenta un valor de 108,91 N.m a 5402 Rpm, en el combustible Ecopaís, considerando un aumento significativo del 2% en su Par motor con respecto al combustible Extra. Con el aditivo Ferox, las dos mezclas de combustibles no tienen algún beneficio en el Torque del motor. Teniendo una disminución del 1% al 2% en su Par motor con respecto a los demás combustibles.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Recomendaciones

- Se debe modificar la normativa vigente en cuanto a fuentes móviles, ya que los vehículos que ingresan al país la mayoría oscilan entre EURO II y EURO III, teniendo problemas en combustibles con mayor porcentaje de etanol al de la Ecopaís.
- Se tendría un mayor potencial al utilizar aditivos sólidos en el combustible Extra y Ecopaís, cuando se transite con los vehículos en lugares al nivel del mar, ya que existe mayor cantidad de oxígeno dentro la mezcla, lo cual ayuda a mejorar la combustión.
- Es necesario utilizar un equipamiento GPS que registre velocidad, ubicación, altura y número satelital segundo a segundo. Estos datos pueden ser categorizados según la potencia específica vehicular (VSP), y nos ayudaría a tener datos más exactos.
- Se debe utilizar un programa de registro de datos, ya que con los ciclos de conducción y los factores de emisión desagregados por tipo de vía y horario, permiten conocer rápidamente el porcentaje de emisiones de gases. Esto supone ahorros monetarios y de tiempo.
- Se recomienda no abusar el uso de aditivos en los combustibles, donde se puede mejorar la propiedad física de este, pero se puede afectar otros sistemas del vehículo, uno de ellos sistema de encendido, ya que el aumento de temperatura es directamente proporcional a la degradación de la bujía.
- Para mejorar este estudio, se recomienda utilizar por lo menos dos tipos de vehículos, para tener una comparación más amplia acerca de la evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Bibliografía

AEADE. (2016). *AEADE*, 34.

AEADE. (2017). SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS. *AEADE*, 7.

Araque, J., Martín, M., & Fygueroa, S. (2006). Estudio de la combustión en un motor de gasolina. *Ciencia e Ingeniería*, 119-127.

Araya, A. (Enero de 2008). Metodología de cálculo de emisiones vehiculares basada en modos de conducción y potencia específica vehicular. Santiago de Chile, Chile.

Barroso, J. (2013). *¿Que es Octanaje?* Obtenido de Cultura Científica:

http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/rmro/2906019/sem06/QUE_ES_OCTANAJE.pdf

BERU. (2014). *Todo sobre bujías de encendido*. Obtenido de BERU:

emisia.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf

Blancarte, J. (2011). *Autocosmos*. Obtenido de <http://noticias.ve.autocosmos.com/2011/01/03/cuales>

British Petroleum. (Junio de 2018). *BP Statistical Review of World Energy*. Obtenido de

<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>

Caiza J., P. G., & Portilla A., Á. A. (2010). *Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina*. Quito: Escuela Politecnica Nacional Master Thesis.

Camarillo Montero, J. A. (Agosto de 2011). ESTUDIO DE LA COMBUSTIÓN DE UN MOTOR

MONOCILÍNDRICO DE IGNICIÓN ALIMENTADO CON MEZCLAS GASOLINA-ETANOL ANHIDRO E HIDRATADO A DISTINTAS CONCENTRACIONES. 287-293.

Castillo, P., Mendoza, A., & Caballero, P. (2011). Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol. *Scielo*.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Charlie, C., & Romain, N. (2013). *Car-Engineer*. Obtenido de <http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>

Codesis. (2002). *Técnica en mecánica y electrónica automotriz*. Bogotá: LTDA Codesis.

Dias de Carvalho, R. (2014). Metodologia de Cálculo de Consumos de Combustível e Emissões de Poluentes Baseada em Perfis de Condução. Lisboa.

Dogan, B., Erol, D., Yaman, H., & Kodanli, E. (2016). The effect of ethanol-gasoline blends on performance and exhaust emissions of a spark ignition engine through exergy analysis. *ELSEVIER*, 433-443.

Duarte, G., Gonçalves, G., & Farias, T. (2016). Analysis of fuel consumption and pollutant emissions of regulated and alternative driving cycles based on real-world measurements. *Transportation Research, Part D 44*, 43–54.

Espinoza, H., Patino, L., González, Y., & Irving, L. (2007). Modelo predictivo de combustiÔn de mezclas de gas odelo predictivo de combustiÔn de mezclas de gas natural en motores de encendido por chispa (MECH). *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 11-17.

Etanoles Del Magdalena S.A.S. (2012). *ALCOHOL ANHIDRO*. Obtenido de www.talmag.com/alcoholanhidro.html

Faria, M., Varella, R., Duarte, G., Farias, T., & Baptista, P. (2018). Engine cold start analysis using naturalistic driving data: City level impacts on local pollutants emissions and energy consumption. *Elsevier*, 1-16.

FEROX, F. T. (9 de febrero de 2019). *FEROX*. Obtenido de <https://www.ferox.com.mx/wp-content/uploads/Ficha-Tecnica-Ferox.pdf>

Fotouhi, A. (2012). Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*, 283-293.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

- Frey, C., & Eichenberger, D. (1997). Variability and Uncertainty in On-Board Emissions Estimates of Carbon Monoxide and Hydrocarbons for School and Transit Buses. *Center for Transportation Engineering Studies*.
- Frey, C., Delavarrafiee, M., & Singh, S. (2014). Real-World Freeway and Ramp Activity and Emissions for Light-Duty Gasoline Vehicles. *Transportation and Air Quality*.
- Frey, H., Unal, A., Chen, J., & Li, S. (2003). Modeling Mobile Source Emissions Based Upon In-Use and Second-by-Second Data: Development of Conceptual Approaches for EPA's New MOVES Model. *In Proceedings of Annual Meeting of the Air and Waste Management Association*, 1-20.
- González, R., & Oropeza. (2005). Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. *Ingeniería Investigación y Tecnología, ISSN* , 1-16.
- Google Earth. (2018). Obtenido de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Google Maps. (2018). Obtenido de [https://www.google.com/maps/dir/Supermaxi,+V%C3%ADa+Interoce%C3%A1nica+s%2Fn+\(C.C.+Villas+de+Cumbay%C3%A1\),+170157/-0.1787768,-78.4551195/-0.164806,-78.4535587/-0.1647662,-78.468046/Rio+Coca+Y+de+Los+Shyris,+Quito/-0.1980181,-78.4866736/-0.1999809,-78.482](https://www.google.com/maps/dir/Supermaxi,+V%C3%ADa+Interoce%C3%A1nica+s%2Fn+(C.C.+Villas+de+Cumbay%C3%A1),+170157/-0.1787768,-78.4551195/-0.164806,-78.4535587/-0.1647662,-78.468046/Rio+Coca+Y+de+Los+Shyris,+Quito/-0.1980181,-78.4866736/-0.1999809,-78.482)
- Guasgua, J. F., Campaña, G. G., & Paredes, M. E. (2016). Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina. *Enfoque UTE*, 110-119.
- Guzmán B., L. (2013). Estudio de factibilidad del uso de etanol anhidrido en mezclas con gasolina en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador.
- HE, K., Yao, Z., & Zhang, Y. (2010). Characteristics of Vehicle Emissions in China Based on Portable Emission Measurement System. 1-12. Obtenido de <https://www3.epa.gov/ttn/chief/conference/ei19/session6/he.pdf>

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

INEN. (2009). *NORMA NTE 2 478:2009*. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización :

<http://www.normalizacion.gob.ec/>

INEN. (2012). Gasolina Requisitos. *NTE INEN 935:2012*, 2.

Iñiguez Izquierdo, J. F., Reyes Campaña, G. G., & Andrés, R. R. (2017). Estudio De Emisiones

Contaminantes Producidas Por Un Motor Otto Con El Uso De Gasolina Y Un Combustible A Base De 95% De Gasolina Y 5% De Etanol. *Universidad Internacional del Ecuador*, 8.

Jiménez, J. L. (1999). Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing. *Massachusetts Institute of Technology*.

Kannan, B., & Srivathsan, P. (2016). Numerical simulation of spark ignition engine using OpenFOAM. *ELSEVIER*, 13-15.

Kannan, S., Saleh, A., & Nasir, F. (2016). Review on bioethanol as alternative fuel for spark ignition engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 830-833.

KIA. (1 de febrero de 2013). R STYLUS. *Ficha Técnica*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., & Leguisamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enforque UTE*, 149-158.

Lopez T., J. L. (2013). *Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano De Quito* (Vol. Master Thesis). Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Martínez, J. (2014). Desarrollo de un ciclo de conducción en sustitución del NDEC.

Medina, C. (28 de julio de 2017). *BUJÍAS DE COBRE, PLATINO, IRIDIO Y LÁSER*. Obtenido de MOTOR Y DOMINIO: <http://www.motorydominio.com.mx/investigaciones/bujias-de-cobre-platino-iridio-y-laser#.XGJT07h7IPY>

meganeboy, D. (10 de 05 de 2018). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de Sistemas

Anticontaminación: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Balance Energético Nacional*. Quito: Sectores Estratégicos.

Ministerio de Hidrocarburos. (Marzo de 2017). *EP Petroecuador firma contrato con empresas productoras de alcohol para garantizar abastecimiento de Ecopais*. Obtenido de www.hidrocarburos.gob.ec/ep-petroecuador-firma-contrato-con-empresas-productoras-de-alcohol-para-garantizar-abastecimiento-de-ecopais/

Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la Calidad de Aire*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

NGK, N. (12 de 02 de 2019). *NGK*. Obtenido de <http://www.ngkntk.com.br/automotivo/es-ec/suporte-tecnico/perguntas-mais-frequentes/>

O P Saw, J. M. (2017). Effect of spark plug and fuel injector location on mixture stratification in a GDI engine - A CFD analysis. *OPEN ACCESS*, 8.

Ortiz, A., Romero, J. L., Cueva, I., Jacobo, V., & Schouwenaars, R. (2013). Spark plug failure due to a combination of strong magnetic fields and undesirable fuel additives. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, 1, 67-71.

Pardiñas, J. (2012). *Sistemas auxiliares del motor*. España: Editex S.A.

Pérez, D. (2017). Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales. *INNOVA*, 23-34.

Pilliza, C. I., & Montalvo, F. J. (NOVIEMBRE de 2016). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO Y EMISIONES EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA UTILIZANDO UNA MEZCLA DIÉSEL-QUEROSENO. QUITO, ECUADOR: MASTER THESIS EPN.

Policarpo, N., Frutuoso, F., Cassiano, D., Araújo, B., Bertoncini, B., & Oliveira, M. (2018). Emission estimates for an on-road flex-fuel vehicles operated by ethanol-gasoline in an urban region, Brazil. *Urban Climate*, 111-120.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Quichimbla P., F. E., & Solís S., J. M. (2017). DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN CIUDAD,

CARRETERA Y COMBINADO PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO REAL DEL COMBUSTIBLE DE UN

VEHÍCULO CON MOTOR DE CICLO OTTO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Quito,

Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Raj Gnana Sagaya Raj, A., Maharudrappa Mallikarjuna, J., & Venkitachalam, G. (2013). Energy efficient

piston configuration for effective air motion—A CFD study. *Applied Energy*, 347-354.

Recalde, M., & Revelo, R. (Abril de 2015). Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando

pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240. Quito.

Rocha, J., & Zambrano, D. (Febrero de 2015). Analisis del funcionamiento del motor de encendido

provocado, debido a la presencia de aditivos. Quito.

Romero, D. (3 de Noviembre de 2017). *EL COMERCIO*. Obtenido de

www.elcomercio.com/actualidad/aumento-parque-automotor-quito-movilidad.html

Saragosín L., M. (2016). Incremento en la producción de etanol proveniente de la caña de azúcar.

Fundamentos para disminuir la contaminación.

Secretaria del Ambiente. (2015). Informe de la Calidad del Aire de Quito. 3-58.

Serpa, G., & Zumba, X. (Abril de 2016). DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA EN EMISIONES

CONTAMINANTES, TORQUE, POTENCIA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO CON

MOTOR CICLO OTTO, DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA, MEDIANTE LA VARIACIÓN DE

6 TIPOS DE BUJÍAS. . Quito.

Tipanluisa, L., Remache, A., Ayabaca, C., & Reina, S. (2017). *Emisiones Contaminantes de un Motor de*

Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. Obtenido de

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000100002&script=sci_arttext&tlng=en

Tolvett, S. (Enero de 2011). Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción

específicos para la región Metropolitana. Santiago de Chile, Chile.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Tutunea, D., & Dumitru, I. (2017). Experimental study on the effect of adding bioethanol in spark ignition engine. *Scientific Bulletin* , 8-20.

WRT BV. (2014). *Descripción de los aditivos*. Obtenido de <http://www.wrtbv.com/espanol/aditivos-para-combustibles>

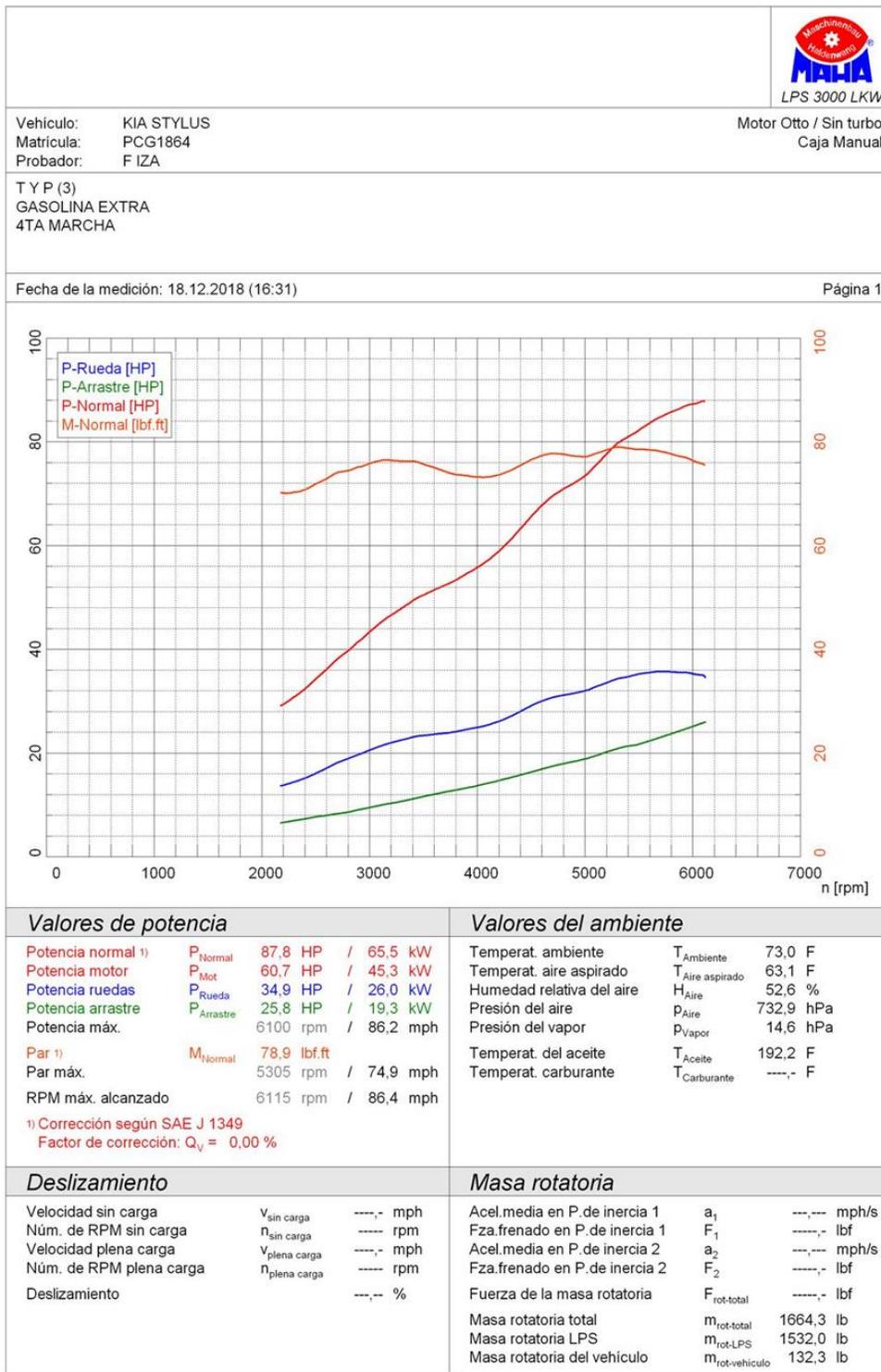
Yusri, I. (2017). Alcohol based automotive fuels from first four alcohol family in compression and spark ignition engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169.

Z. Tan, R. R. (2006). An ignition and combustion model based on the level-set method for sparking ignition engine multidimensional modeling. *Combustion and Flame* 145.

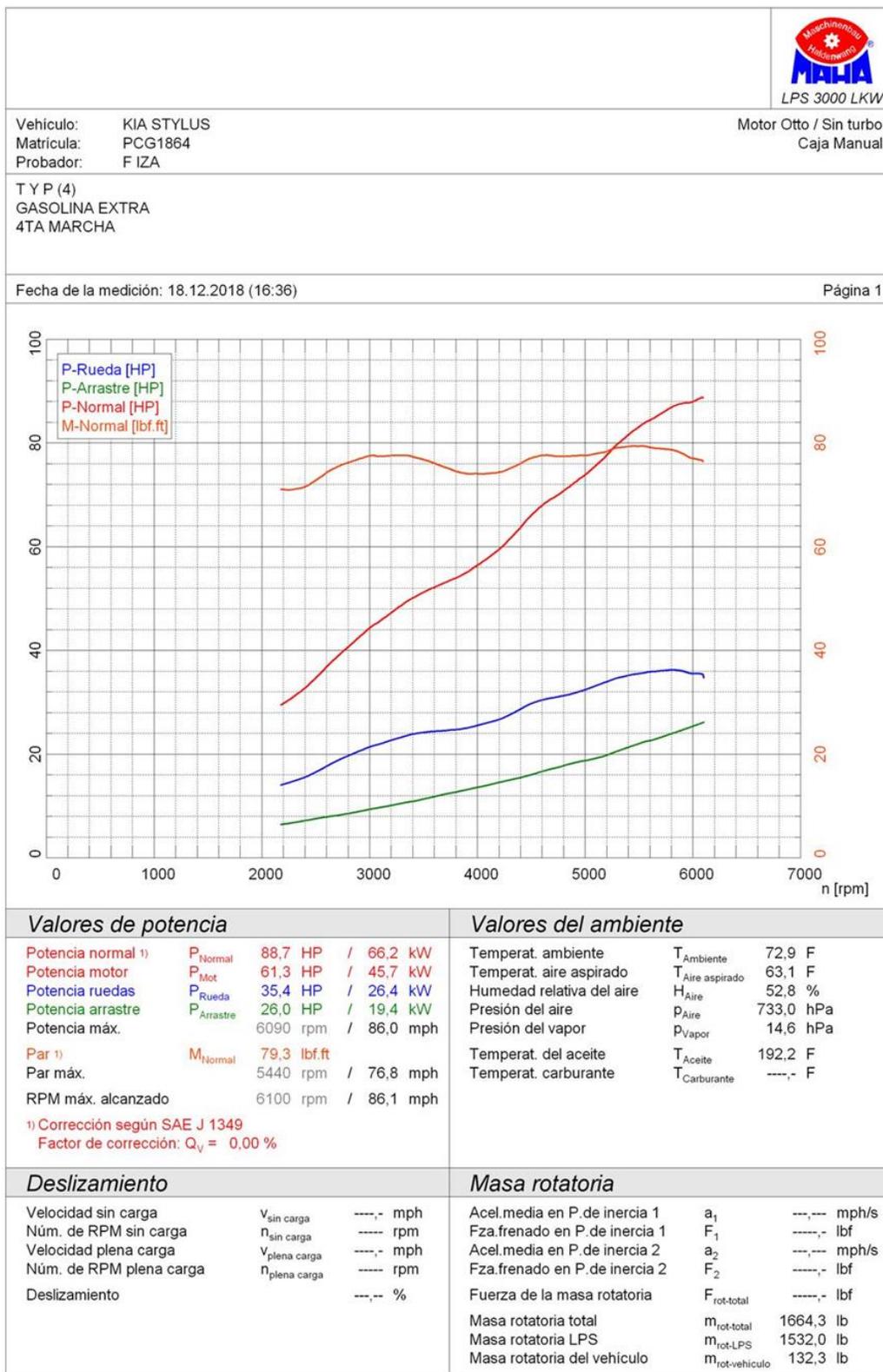
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Anexos

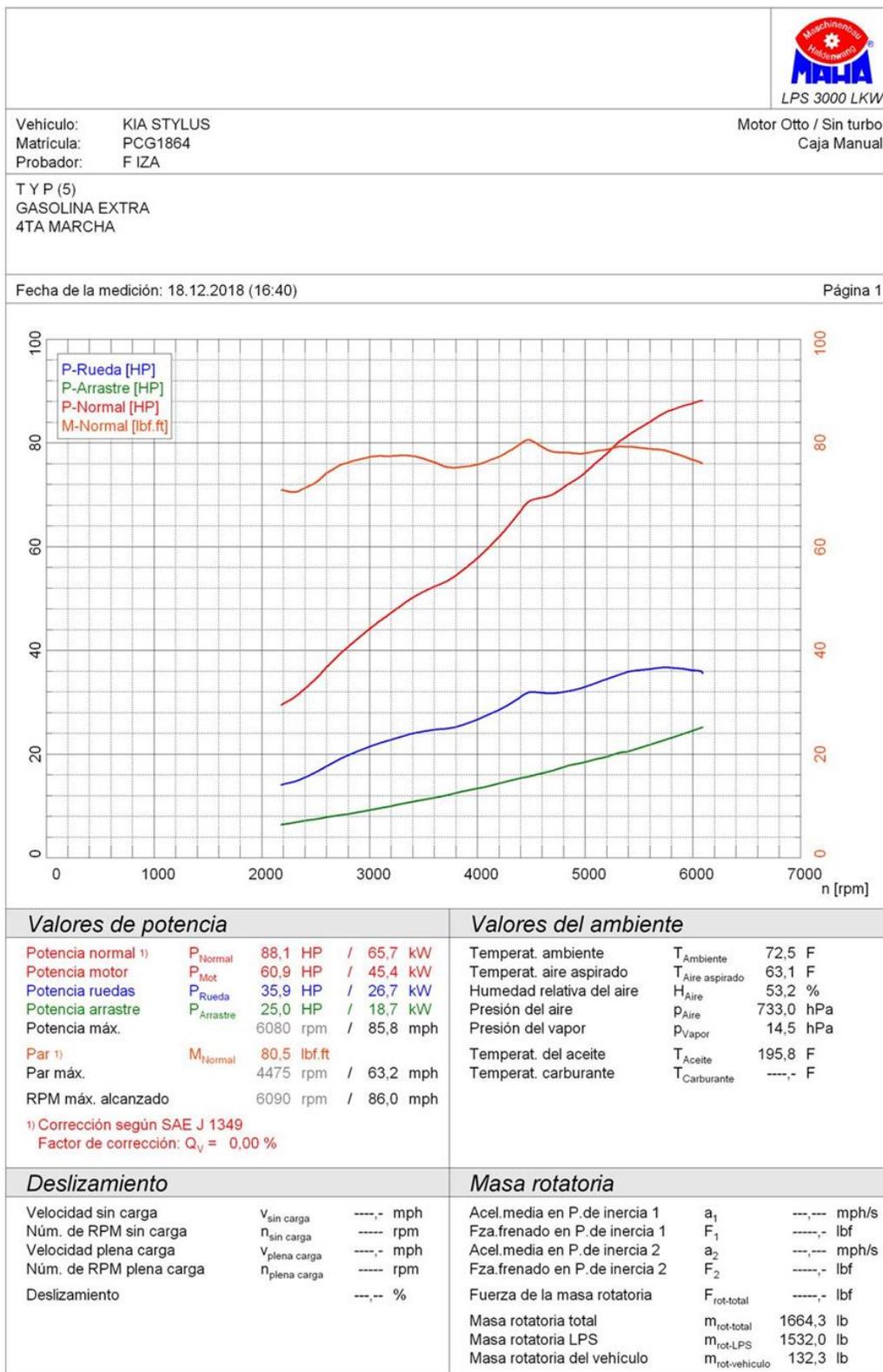
Anexo 1. Datos de potencia y torque con diferentes combustibles



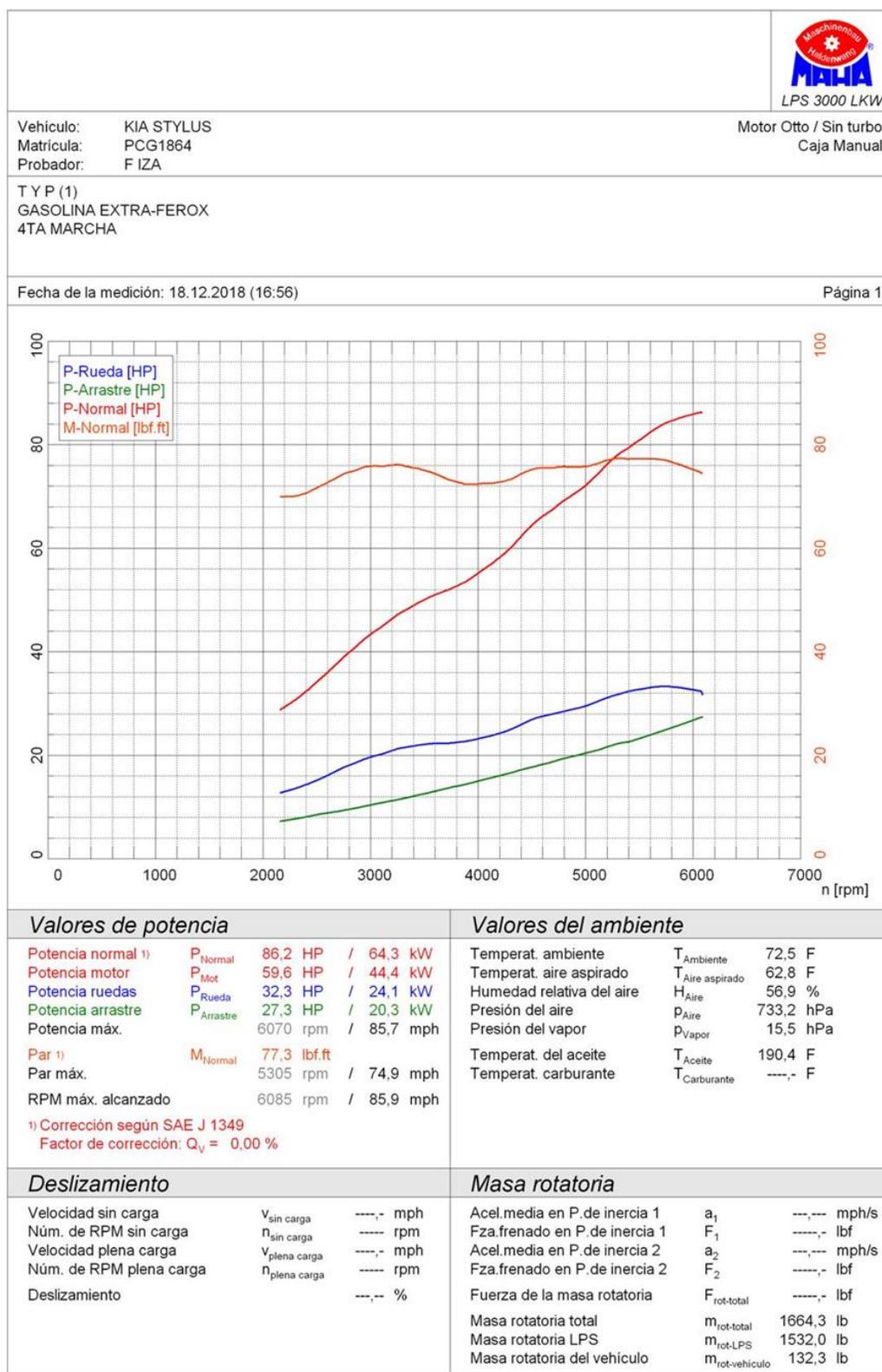
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



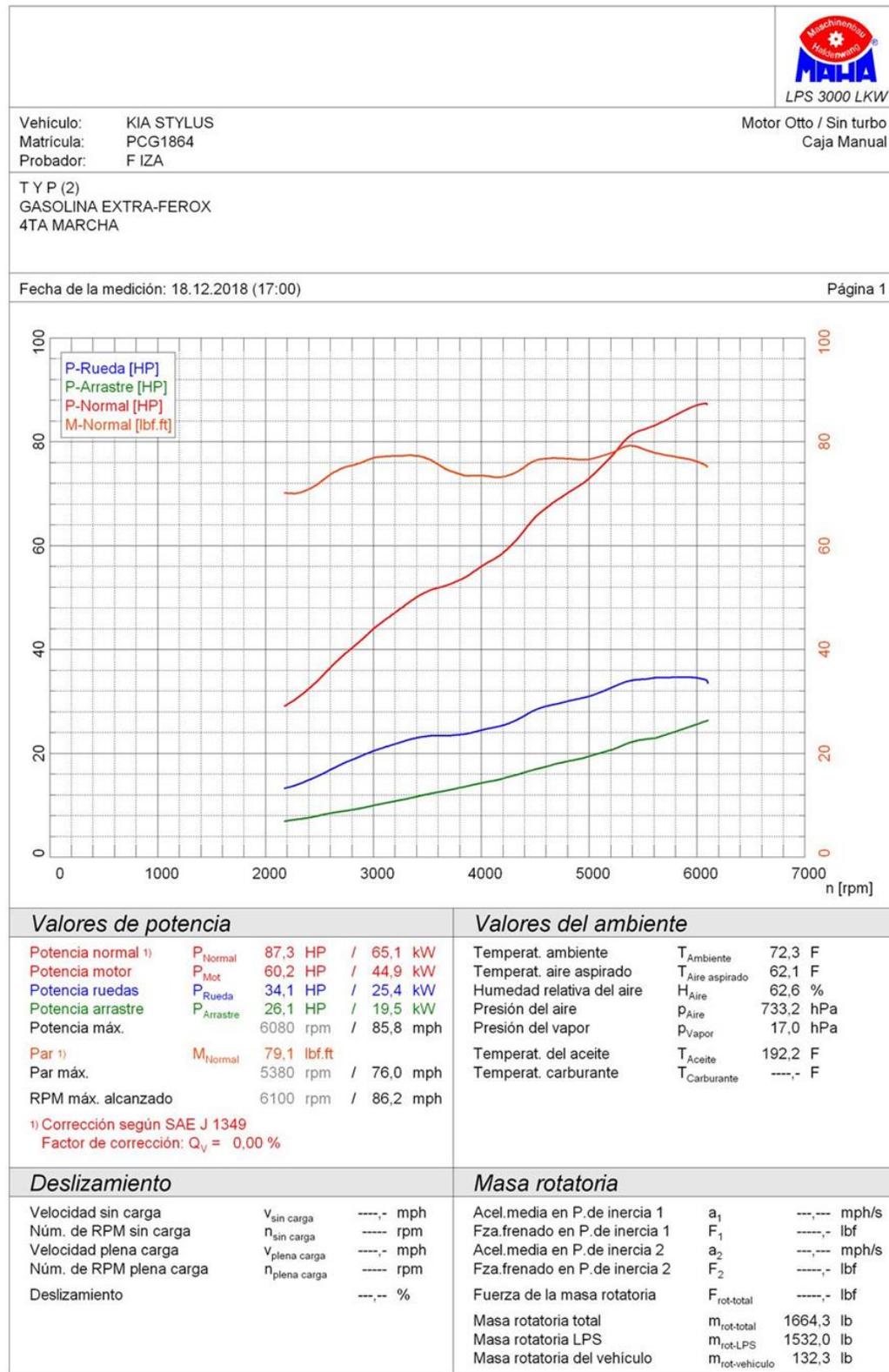
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



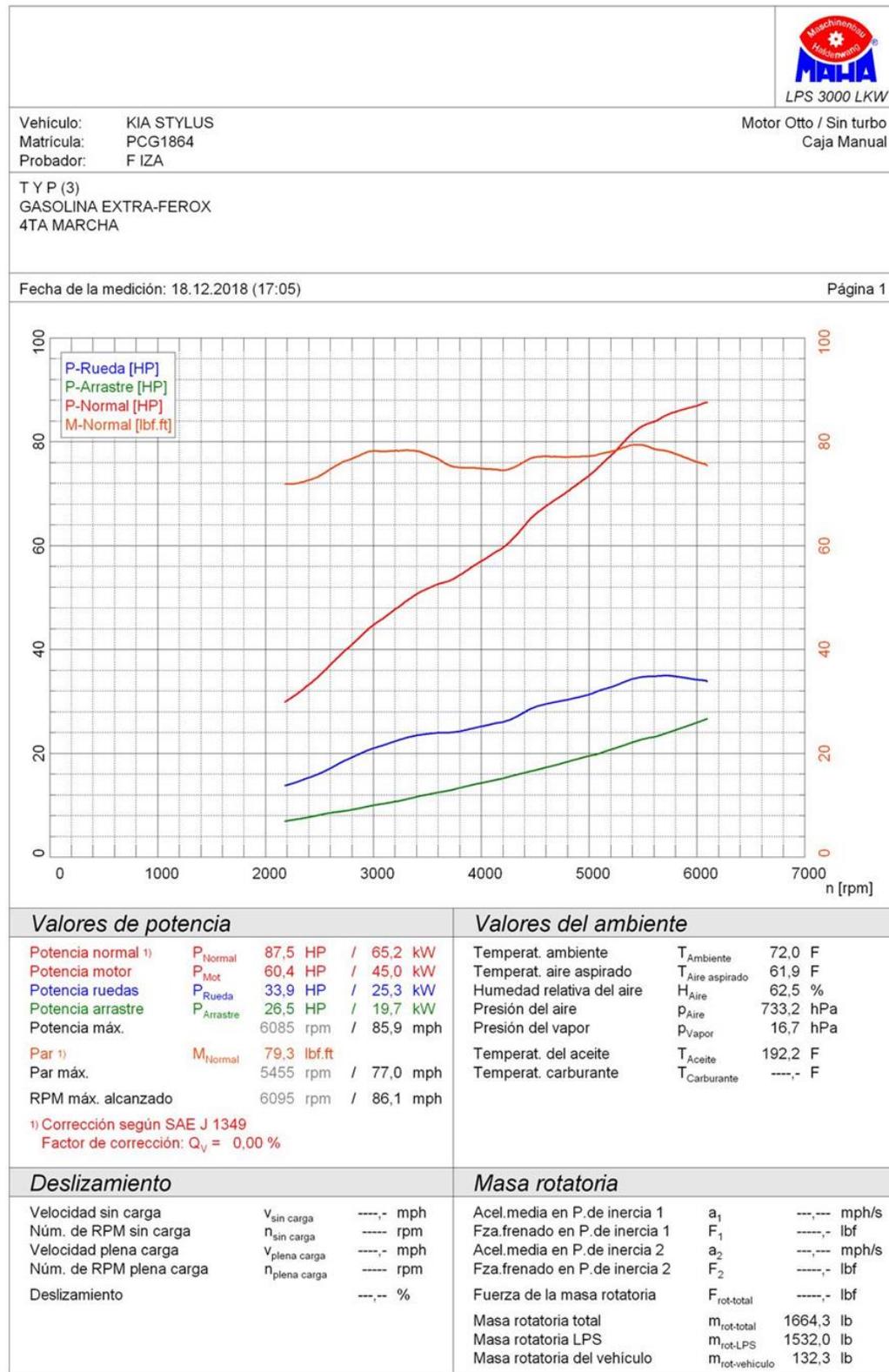
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



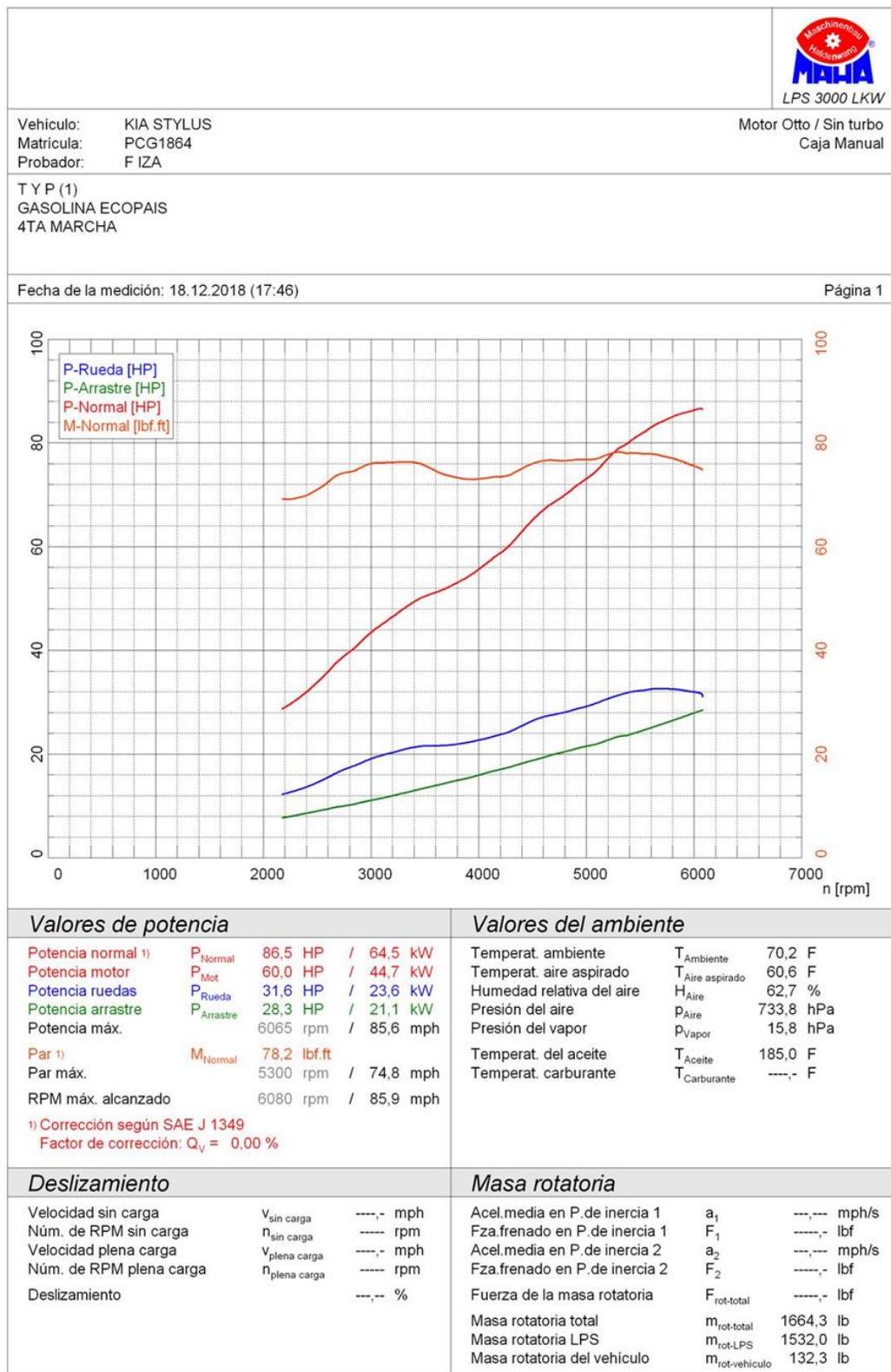
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



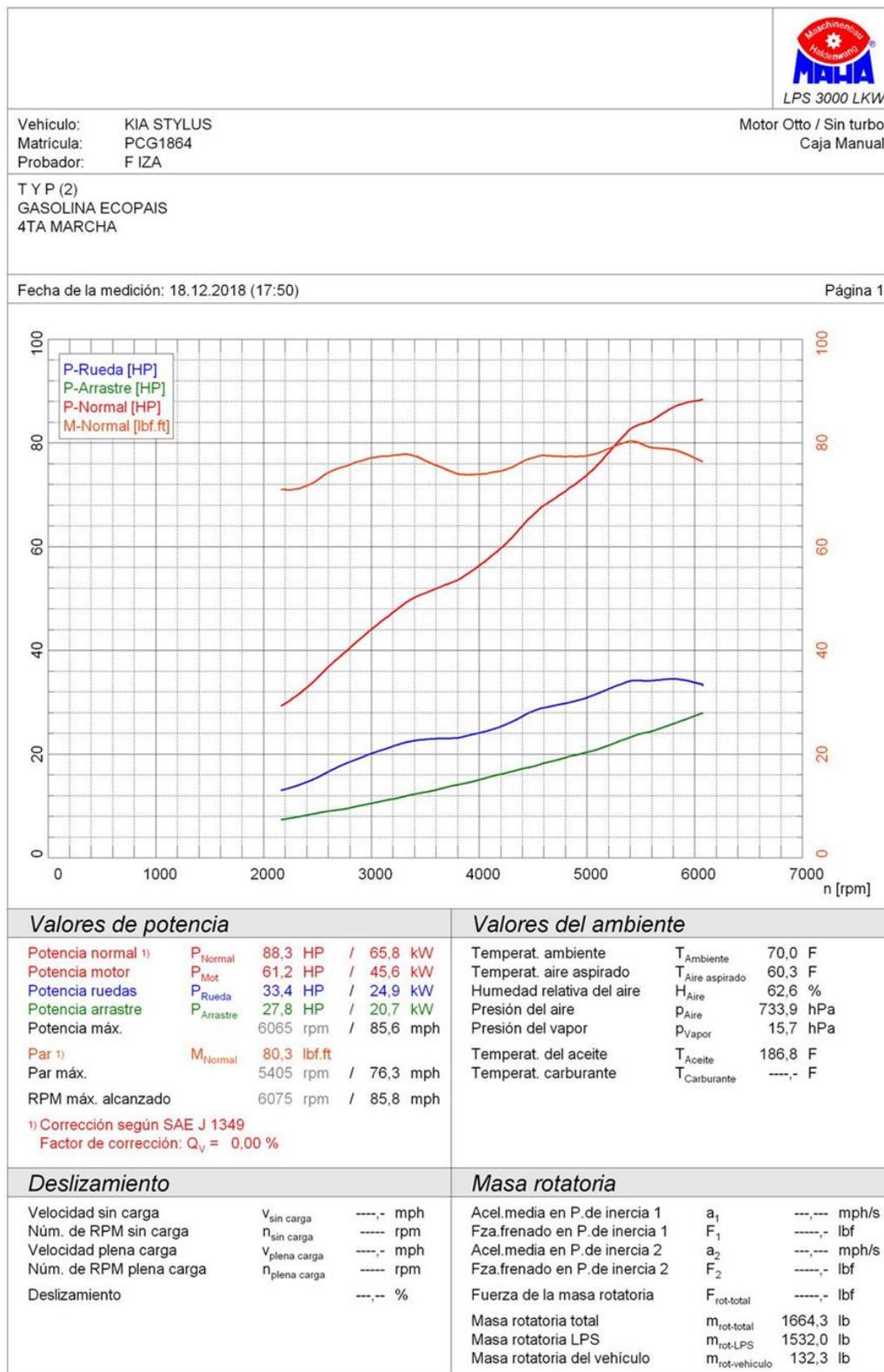
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



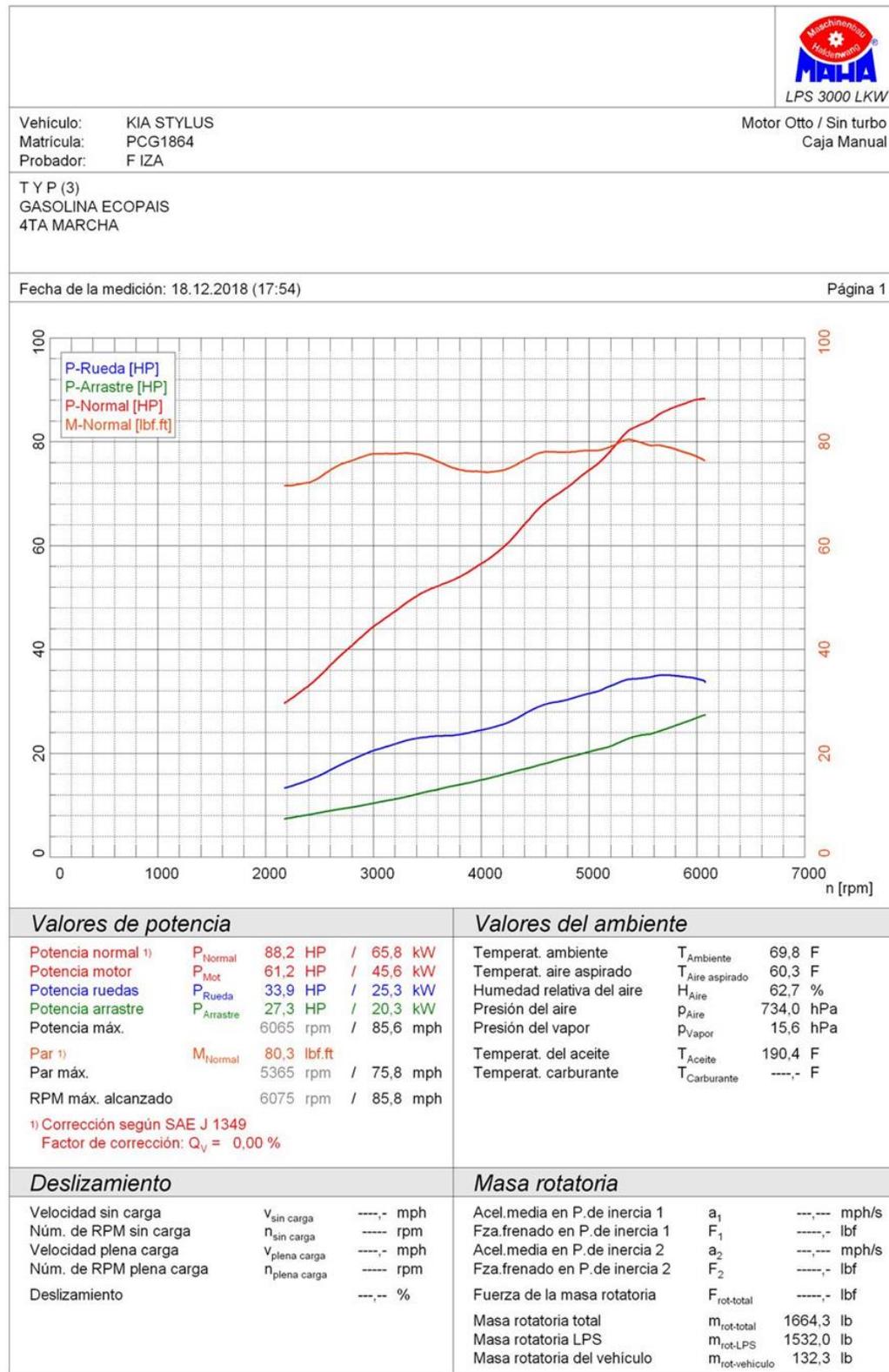
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



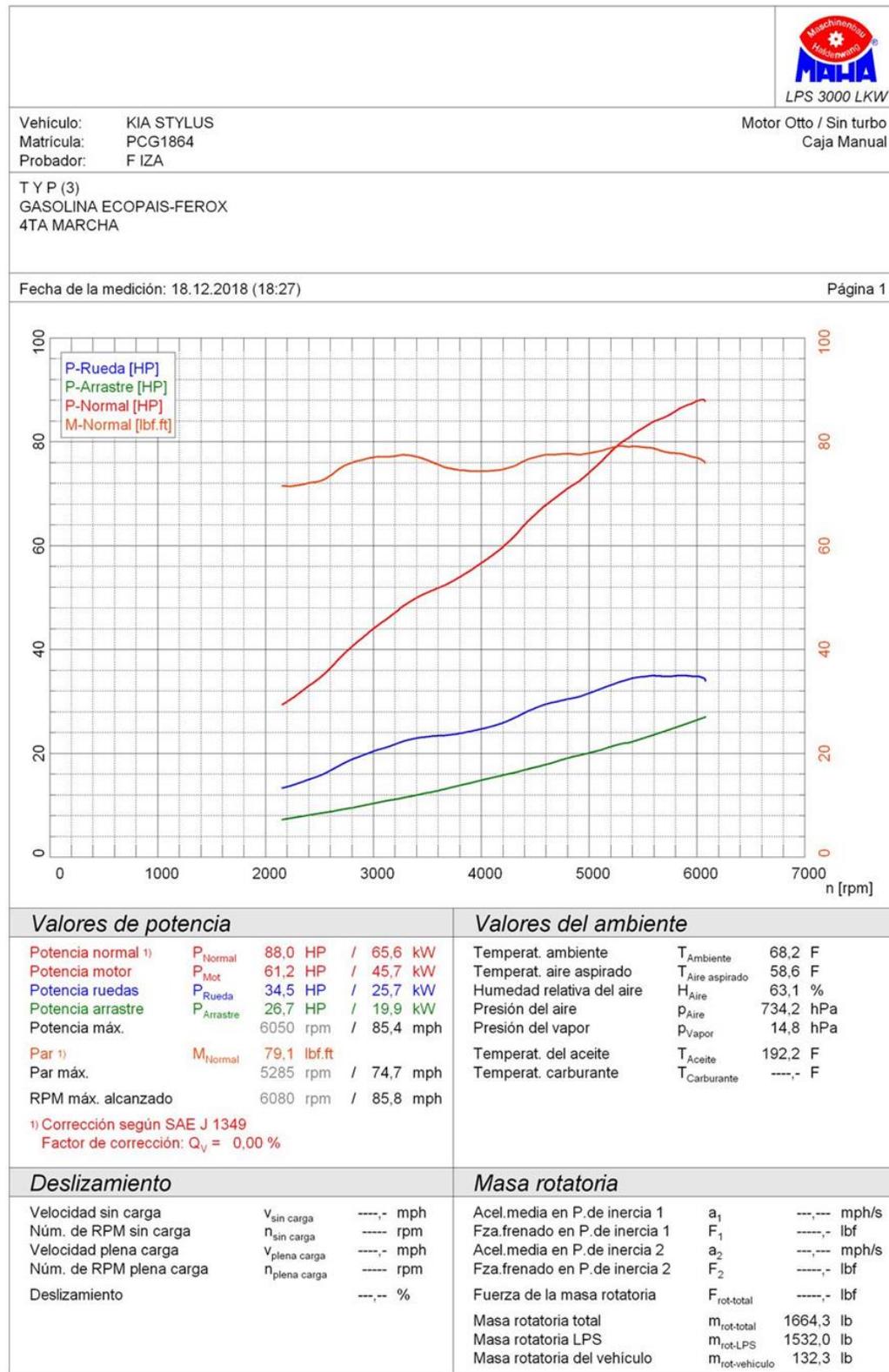
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



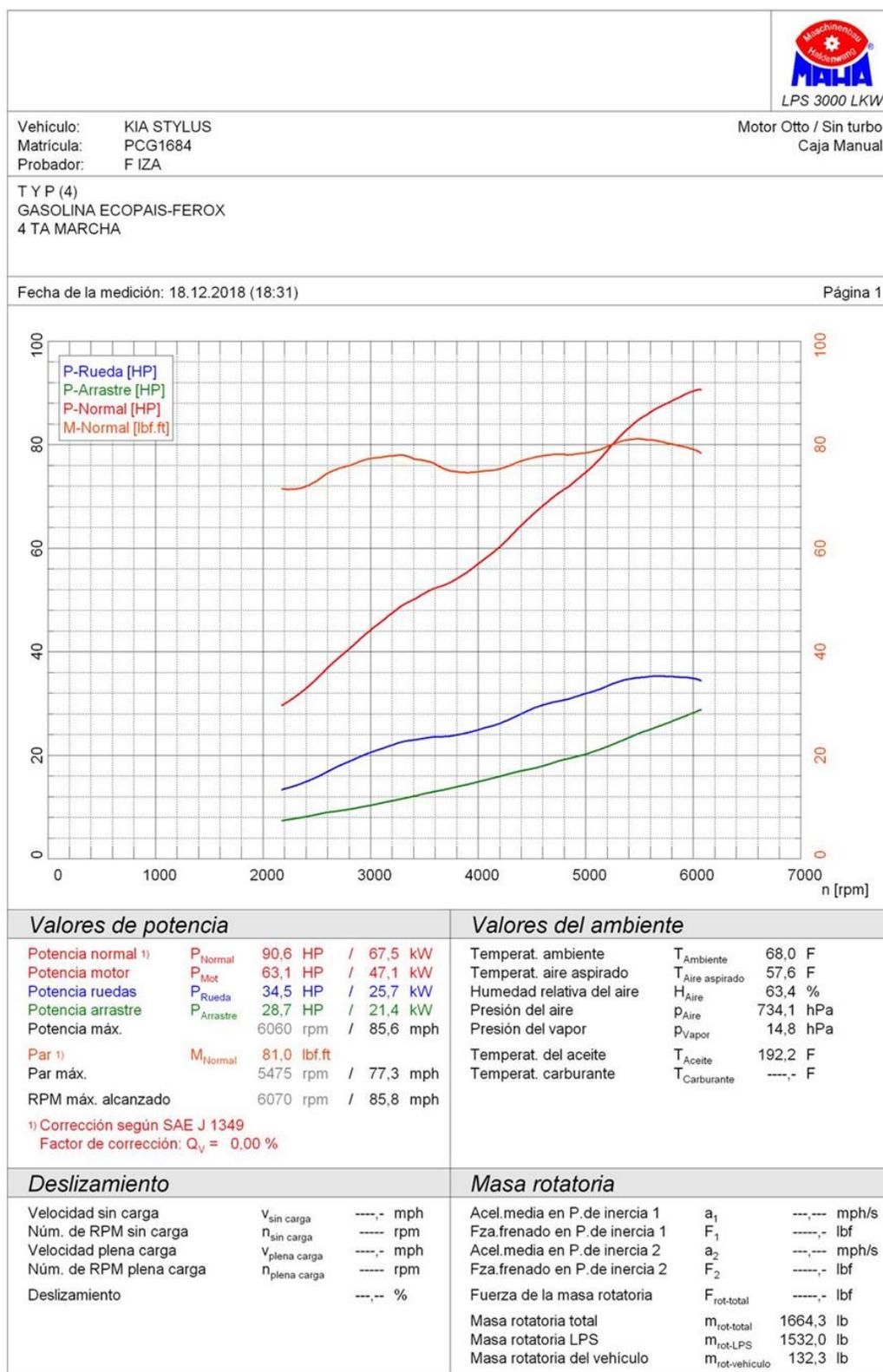
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



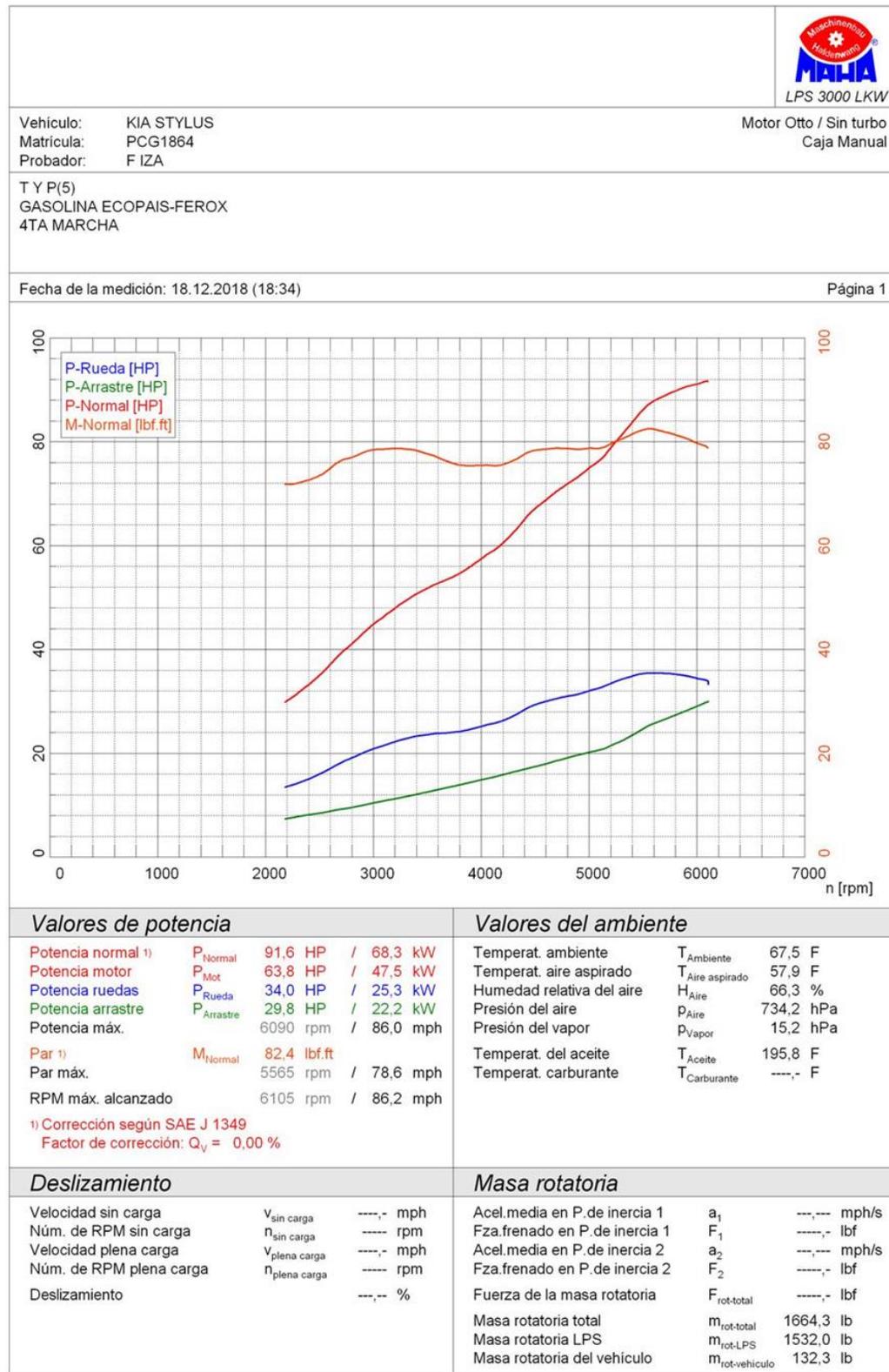
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL
Anexo 2. CCICEV registro de datos de factores de emisión, gases estáticos, consumo de combustible, torque y potencia con diferentes combustibles



Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Quito, 28 de diciembre de 2018

CCICEV-CER-TEISIS19 - 044

CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos 958 por parte del Sr. JIMÉNEZ GONZÁLEZ EMILIO LEONARDO, certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en el ensayo de:

- FACTORES DE EMISIÓN EN RUTA
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE
- TORQUE Y POTENCIA
- ANÁLISIS DE EMISIONES ESTÁTICO EN CICLO OTTO

Los combustibles proporcionados por el solicitante son:

- Extra
- Ecopais
- Extra – Ferox Fuel Tabs
- Ecopais – Ferox Fuel Tabs

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Máxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm ³]	1500	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

Fecha de ejecución del ensayo: 20, 21, 22, 23 de noviembre 18, 19 y 20 diciembre de 2018

Los informes técnicos de resultados de evaluación de los ensayos han sido remitidos al solicitante, pudiendo este utilizarlos dentro de su investigación.

El CCICEV no se hace responsable por el mal uso de la documentación entregada y que motivo de esto ocasiona repercusiones en el ámbito en que se dé uso.

Es todo cuanto se puede indicar en honor a la verdad.

Atentamente,

Ing. Diego Lincango

**RESPONSABLE TÉCNICO DE LA UNIDAD DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
 CCICEV**

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTÁTICOS OTTO

CODIGO: CCICEV-LI-GEO	Revisión 0	Nº	18-958 - P1
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* ₄ rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157

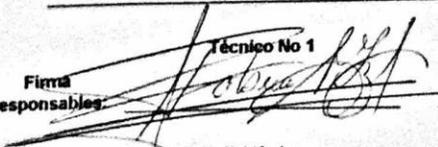
MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	09 h 00	Hora final	09 h 20 min	Código equipo		
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES						
PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204						
Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
CO [%v]	0,02	0,02	0,01	0,39	0,01	0,01
CO ₂ [%v]	15,24	15,03	15,07	14,98	15,1	14,88
CO _{correctado} [%v]	0,02	0,02	0,01	0,39	0,01	0,01
HC [ppm]	22	37	22	112	17	43
O ₂ [%v]	0,11	0,27	0,01	0,03	0,04	0,21
λ [Lambda]	1,005	1,01	0,999	0,995	1,001	1,008
RPM	760	2460	770	2480	750	2480

OBSERVACIONES: El Combustible y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Firma Responsables:  Técnico No 1
 Nombre: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 
 Nombre: Ing. Diego Lincango

Los resultados de emisiones de gases estáticos en fuentes móviles están OTTO. Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA			
CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	Nº	18-958 - P1
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 _{re} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

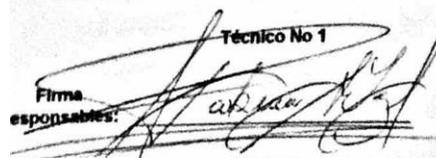
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

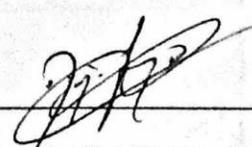
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Máxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	N/D
Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO		
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Conelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

*Opcional en RTV

Hora de inicio	08 h 00	Hora final	09 h 00	Código equipo		
RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA						
Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
PRUEBA 1	65,5	87,8	6100	106,97	78,9	5305
PRUEBA 2	66,2	88,7	6090	107,52	79,3	5440
PRUEBA 3	65,7	88,1	6080	109,14	80,5	4475
Norma de Corrección	SAE J1349					

OBSERVACIONES: El Combustible y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1 
Firma responsables: _____
Nombre: Fabián Iza

Técnico No 2 
Firma Responsable de Unidad: _____
Nombre: Ing. Diego Lincango

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-958 - P1
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de noviembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabían Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/> Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/> Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	87591

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Máxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	20/11/2018 ; 08 h 00	Hora final	21/11/2018 ; 16 h 00
Prueba en ruta o laboratorio	Empieza en Av. Oswaldo Guayasamin (Cumbaya), Av. Simón Bolívar, De los Granados, Avl. Eloy Alfaro, Río Coca, Av. de los Shirys, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la Av. 12 de Octubre)		

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,559	0,469	1,092	-	-
CO2 [%v]	11,97	12,76	12,14	-	-
HC [ppm]	82	135	90	-	-
O2 [%v]	3,02	2,46	2,8	-	-
NOx [ppm]	132	119	132	-	-

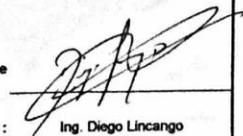
OBSERVACIONES: El Combustible y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabían Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formulario de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



 Centro de Transferencia Tecnológica
 para la Capacitación e Investigación
 en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		AV. OSWALDO GUAYASAMIN - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		17			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		17000			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	1,91	1,9	2	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,901	8,947	8,500	-	-
Consumo (Km/Gl)	33,448	33,624	31,943	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,559	0,469	1,092	-	-
CO2 [%v]	11,970	12,760	12,140	-	-
HC [%v]	0,008	0,014	0,009	-	-
O2 [%v]	3,020	2,460	2,800	-	-
NOx [%v]	0,013	0,012	0,013	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,047	0,037	0,090	-	-
RHC	0,001	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

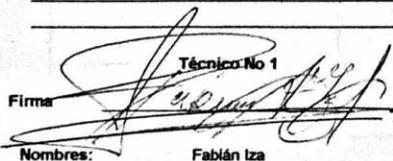
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	7,314	5,775	14,165	-	-
FHC (g/Km)	0,161	0,249	0,175	-	-
FNOX (g/Km)	0,185	0,157	0,183	-	-

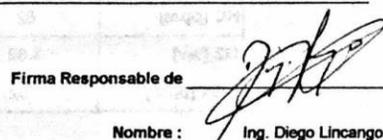
PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	9,084
FHC (g/Km)	0,195
FNOX (g/Km)	0,175

OBSERVACIONES:

 Técnico No 1
 Firma 
 Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

 Firma Responsable de 
 Nombre: Ing. Diego Lincango

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS OTTO

CODIGO: CCICEV-LI-GEO	Revisión 0 Página 1 / 1	N°	18-958 - P2
		FECHA:	20 de diciembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza	

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial

Reevaluación

No. Visita

TIPO DE EVALUACIÓN

Evaluación Regular

Evaluación RTV*_{4a} rev

Otros

Prechequeo RTV*

Evaluación Tesis

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	Pais de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	10 h 20 min	Hora final	10 h 40 min	Código equipo	
----------------	-------------	------------	-------------	---------------	--

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204						
Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralenti	rpm alta	Ralenti	rpm alta	Ralenti	rpm alta
CO [%v]	0,07	2,1	0,06	2,01	0,07	1,92
CO ₂ [%v]	15,1	13,7	15,1	13,9	15,1	14
CO _{correctado} [%v]	0,07	2,1	0,06	2,01	0,07	1,92
HC [ppm]	66	210	52	184	53	178
O ₂ [%v]	0	0	0	0	0	0
λ [Lambda]	0,995	0,933	0,996	0,937	0,995	0,939
RPM	750	2520	750	2580	740	2590

OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables:

Nombres: Fabián Iza

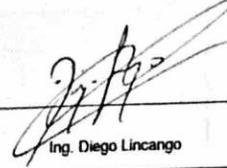
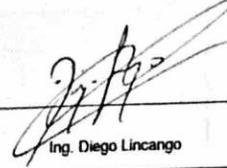
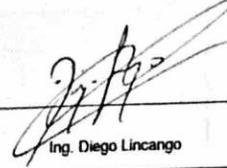
Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad:

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para pruebas de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Otto / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares						
REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA								
CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	Nº	18-958 - P2					
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018					
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza							
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN							
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>						
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 _m rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>						
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>							
<small>*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV</small>								
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO								
Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D					
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157					
MOTOR (Datos del fabricante)**								
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356					
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D					
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm					
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	N/D					
Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO							
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL					
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN					
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013					
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR					
<small>**Opcional en RTV</small>								
RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA								
Hora de inicio	09 h 20 min	Hora final	10 h 20 min	Código equipo				
Parámetros	POTENCIA			TORQUE				
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm		
PRUEBA 1	64,3	86,2	6070	104,8	77,3	5305		
PRUEBA 2	65,1	87,3	6080	107,25	79,1	5380		
PRUEBA 3	65,2	87,5	6085	107,52	79,3	5455		
Norma de Corrección	SAE J1349							
OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante								
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: bottom;"> <p style="text-align: center;">Técnico No 1</p> <p>Firma Responsables: </p> <p style="text-align: center;">Nombres: Fabián Iza</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: bottom;"> <p style="text-align: center;">Técnico No 2</p> <p>Firma Responsable de Unidad: </p> <p style="text-align: center;">Nombre: Ing. Diego Lincango</p> </td> </tr> </table>							<p style="text-align: center;">Técnico No 1</p> <p>Firma Responsables: </p> <p style="text-align: center;">Nombres: Fabián Iza</p>	<p style="text-align: center;">Técnico No 2</p> <p>Firma Responsable de Unidad: </p> <p style="text-align: center;">Nombre: Ing. Diego Lincango</p>
<p style="text-align: center;">Técnico No 1</p> <p>Firma Responsables: </p> <p style="text-align: center;">Nombres: Fabián Iza</p>	<p style="text-align: center;">Técnico No 2</p> <p>Firma Responsable de Unidad: </p> <p style="text-align: center;">Nombre: Ing. Diego Lincango</p>							
<small>Formato de registro primario para ensayo de torque y potencia / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado</small>								

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-958 - P2
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de noviembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 _{re} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	87822

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Máxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Prueba en ruta o laboratorio	Hora de inicio: 22/11/2018 ; 08 h 00 Hora final: 22/11/2018 ; 16 h 00 Empieza en Av. Oswaldo Guayasamin (Cumbaya), Av. Simón Bolívar, De los Granados, Avl. Eloy Alfaro, Río Coca, Av. de los Shiry, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la Av. 12 de Octubre)
-------------------------------------	--

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,594	0,835	0,711	-	-
CO2 [%v]	12,75	11,06	11,26	-	-
HC [ppm]	74	62	63	-	-
O2 [%v]	2,59	3,6	3,5	-	-
NOx [ppm]	122	99	84	-	-

OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No. 1

Firma Responsables: 

Nombre: Fabián Iza

Técnico No. 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		AV. OSWALDO GUAYASAMIN - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		17			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		17000			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	1,86	1,83	1,89	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lit)	9,140	9,290	8,995	-	-
Consumo (Km/Gl)	34,347	34,910	33,802	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,594	0,835	0,711	-	-
CO2 [%v]	12,750	11,060	11,260	-	-
HC [%v]	0,007	0,006	0,006	-	-
O2 [%v]	2,590	3,600	3,500	-	-
NOx [%v]	0,012	0,010	0,008	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,047	0,075	0,063	-	-
RHC	0,001	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

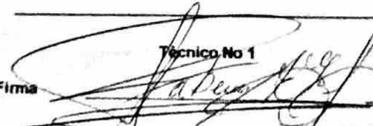
FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			760	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	7,261	11,267	9,845	-	-
FHC (g/Km)	0,136	0,125	0,131	-	-
FNOX (g/Km)	0,160	0,143	0,125	-	-

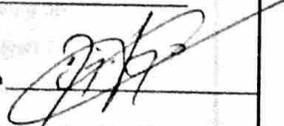
PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	9,458
FHC (g/Km)	0,131
FNOX (g/Km)	0,143

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1
Firma: 
Nombres: Fabián Iza

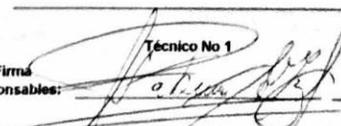
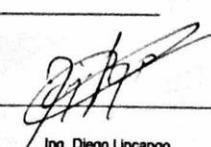
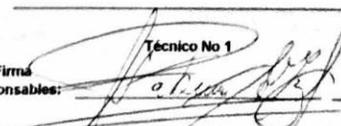
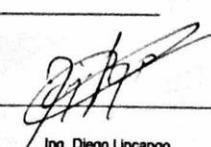
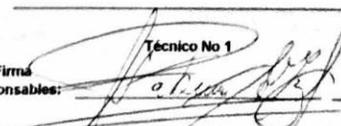
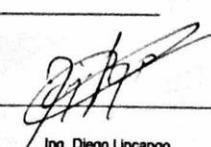
Técnico No 2

Firma Responsable de: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formulario de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares							
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS OTTO									
CODIGO: CCICEV-LI-GEO	Revisión 0	N°	18-958 - P3						
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018						
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza								
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN								
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>							
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* _{4m} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>							
No. Visita <input type="text" value="3"/>	Otros <input type="checkbox"/>								
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV									
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO									
Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D						
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157						
MOTOR (Datos del fabricante)**									
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356						
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D						
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm						
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO						
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL						
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN						
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013						
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR						
**Opcional en RTV									
Hora de inicio	11 h 40 min	Hora final	12 h 00 min						
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES									
PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204									
Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3				
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta			
CO [%v]	0,04	0,07	0,05	0,99	0,1	1,8			
CO ₂ [%v]	15,2	15,2	15,2	14,7	15,1	14			
CO corregido [%v]	0,04	0,07	0,05	0,99	0,1	1,8			
HC [ppm]	1	12	21	65	38	171			
O ₂ [%v]	0	0	0	0	0	0			
λ [Lambda]	0,998	0,997	0,997	0,969	0,995	0,943			
RPM	750	2590	740	2550	750	2540			
OBSERVACIONES: <u>Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante</u>									
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: none;"> Firma Responsables:  Nombres: Fabián Iza </td> <td style="width: 33%; border: none;"> Técnico No 2 </td> <td style="width: 33%; border: none;"> Firma Responsable de Unidad:  Nombre: Ing. Diego Lincango </td> </tr> </table>							Firma Responsables:  Nombres: Fabián Iza	Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:  Nombre: Ing. Diego Lincango
Firma Responsables:  Nombres: Fabián Iza	Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:  Nombre: Ing. Diego Lincango							
Formato de registro primario para pruebas de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Otto / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado									

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA

CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	Nº	18-958 - P3
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="3"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Máxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	N/D
Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Cilindrada [cm3]	1500	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS	Año modelo vehículo	2013
Tipo	M_1	País de origen	ECUADOR
Tonelaje	0,5		

**Opcional en RTV

Hora de inicio	10 h 40 min	Hora final	11 h 40 min	Código equipo
----------------	-------------	------------	-------------	---------------

RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA

Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
PRUEBA 1	65,8	88,3	6065	108,87	80,3	5405
PRUEBA 2	65,8	88,2	6065	108,87	80,3	5365
PRUEBA 3	66,6	89,3	6070	109	80,4	5435
Norma de Corrección	SAE J1349					

OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables:

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad:

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de torque y potencia / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-958 - P3
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de noviembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 _{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="3"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Máxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	23/11/2018 ; 08 h 00	Hora final	23/11/2018 ; 17 h 00
Prueba en ruta o laboratorio	Empieza en Av. Oswaldo Guayasamin (Cumbaya), Av. Simón Bolívar, De los Granados, Avl. Eloy Alfaro, Río Coca, Av. de los Shirys, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la Av. 12 de Octubre)		

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,349	0,61	0,480	-	-
CO2 [%v]	12,06	12,3	12,18	-	-
HC [ppm]	57	74	66	-	-
O2 [%v]	2,95	2,45	2,70	-	-
NOx [ppm]	137	49	93	-	-

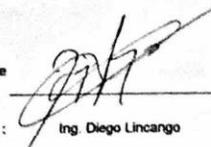
OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



 Centro de Transferencia Tecnológica
 para la Capacitación e Investigación
 en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		AV. OSWALDO GUAYASAMIN - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		17			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		17000			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,11	2,25	2,18	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,057	7,556	7,798	-	-
Consumo (Km/Gl)	30,278	28,394	29,306	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,349	0,610	0,480	-	-
CO2 [%v]	12,060	12,300	12,180	-	-
HC [%v]	0,006	0,007	0,007	-	-
O2 [%v]	2,950	2,450	2,700	-	-
NOx [%v]	0,014	0,005	0,009	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,029	0,050	0,039	-	-
RHC	0,000	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,001	0,000	0,001	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			750	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	5,137	9,200	7,147	-	-
FHC (g/Km)	0,126	0,167	0,146	-	-
FNOX (g/Km)	0,216	0,079	0,149	-	-

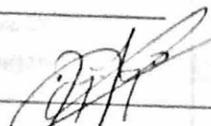
PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	7,161
FHC (g/Km)	0,147
FNOX (g/Km)	0,148

OBSERVACIONES:

 Técnico No 1
 Firma 
 Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS OTTO

CODIGO: CCICEV-LI-GEO	Revisión 0	N°	18-958 - P4
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* _{4m} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="4"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	14 h 00 min	Hora final	14 h 20 min	Código equipo	
----------------	-------------	------------	-------------	---------------	--

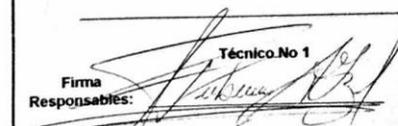
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204

Parámetros	Medición 1						Medición 2		Medición 3	
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		Medición 3		Medición 3	
	Ralentí	rpm alta								
CO [%v]	0,01	0,73	0,05	0,41	0,03	1,21				
CO ₂ [%v]	15,22	14,8	15,09	14,93	15,07	14,77				
CO _{correctado} [%v]	0,01	0,73	0,05	0,41	0,03	1,21				
HC [ppm]	37	108	65	62	47	126				
O ₂ [%v]	0	0,06	0	0	0	0				
λ [Lambda]	0,998	0,979	0,996	0,978	0,997	0,974				
RPM	760	2520	740	2490	750	2560				

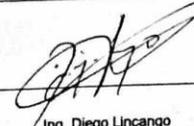
OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para pruebas de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Otto / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares				
REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA						
CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	N°	18-958 - P4			
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de diciembre de 2018			
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza					
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN					
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>				
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>				
No. Visita <input type="text" value="4"/>	Otros <input type="checkbox"/>					
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV						
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO						
Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D			
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157			
MOTOR (Datos del fabricante)**						
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356			
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D			
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm			
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	N/D			
Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO					
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL			
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN			
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013			
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR			
**Opcional en RTV						
RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA						
Hora de inicio	12 h 00	Hora final	13 h 00	Código equipo		
Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lb.ft	rpm
PRUEBA 1	66,6	89,3	6095	107,79	79,5	5485
PRUEBA 2	65,6	87,9	6070	108,47	80	5340
PRUEBA 3	65,6	88	6050	107,25	79,1	5285
Norma de Corrección	SAE J1349					
OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante						
Firma Responsables:		Técnico No 1		Técnico No 2		Firma Responsable de Unidad:
Nombres: Fabián Iza						Nombre : Ing. Diego Lincango
Formato de registro primario para ensayo de torque y potencia / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado						

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-958 - P4
TÉCNICOS RESPONSABLES	Página 1 / 1	FECHA:	20 de noviembre de 2018
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		Fabián Iza	

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 _{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tests <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="4"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	KIA	VIN Chasis / Placa:	PCG1864 / N/D
Modelo:	RIO STILYS LS AC	Kilometraje:	91157

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	A5D407356
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/D
Maxima Potencia (kw/rpm)	97 HP @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	116 Nm
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAIS-FEROX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	18/12/2018 ; 08 h 00	Hora final	19/12/2018 ; 16 h 00
Prueba en ruta o laboratorio	Empieza en Av. Oswaldo Guayasamin (Cumbaya), Av. Simón Bolívar, De los Granados, Av. Eloy Alfaro, Río Coca, Av. de los Shirys, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la Av 12 de Octubre)		

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,775	0,573	0,317	-	-
CO2 [%v]	12,05	12,24	12,49	-	-
HC [ppm]	116	33	60	-	-
O2 [%v]	3,13	2,84	2,79	-	-
NOx [ppm]	89	104	93	-	-

OBSERVACIONES: Los combustibles y sus densidades fueron proporcionados por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL



Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		AV. OSWALDO GUAYASAMIN - PLAZA ARTIGAS				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		17				
DISTANCIA RECORRIDA (m)		17000				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	
Consumo en litros	2,03	2,07	1,98	-	-	

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/l)	8,374	8,213	8,586	-	-
Consumo (Km/Gl)	31,471	30,863	32,266	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,775	0,573	0,317	-	-
CO2 [%v]	12,050	12,240	12,490	-	-
HC [%v]	0,012	0,003	0,006	-	-
O2 [%v]	3,130	2,840	2,790	-	-
NOx [%v]	0,009	0,010	0,009	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,064	0,047	0,025	-	-
RHC	0,001	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			770	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	10,888	8,232	4,356	-	-
FHC (g/Km)	0,244	0,071	0,124	-	-
FNOX (g/Km)	0,134	0,160	0,137	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	7,825
FHC (g/Km)	0,146
FNOX (g/Km)	0,144

OBSERVACIONES:

Firma Técnico No 1

Técnico No 2

Firma Responsable de

Nombres:

Fabían Iza

Nombre:

Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Anexo 3. Tablas de valores medios velocidad y aceleración para el cálculo del VSP.

EXTRA VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	47,77	44,76	43,28	45,50	48,54	44,76	41,81
PLANO-CIUDAD	21,18	22,04	18,62	21,18	23,83	22,04	22,93
ASCENSO-CIUDAD	29,35	25,28	27,39	22,89	26,73	30,02	24,16
VELOCIDAD (Km/h)	74	71	70	72	75	70	65
	64	65	55	61	66	63	64
	47	40	44	36	42	47	39
ACELERACIÓN (m/s²)	0,16	0,16	0,13	0,16	0,15	0,15	0,15
	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
	0,12	0,15	0,12	0,14	0,14	0,16	0,14

ECOPAÍS VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	47,08	45,22	43,15	44,31	46,39	38,88	43,84
PLANO-CIUDAD	22,51	21,18	21,90	21,11	19,93	21,18	21,70
ASCENSO-CIUDAD	28,81	27,39	25,28	24,16	30,41	23,45	26,73
VELOCIDAD (Km/h)	74	72	69	71	74	63	70
	66	64	63	61	58	64	62
	46	44	40	39	48	37	42
ACELERACIÓN (m/s²)	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15
	0,12	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,16
	0,12	0,12	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14

EXTRA+FEROX VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	55,65	46,25	44,76	49,31	45,50	50,86	52,44
PLANO-CIUDAD	23,38	21,18	19,17	25,68	23,31	24,29	22,93
ASCENSO-CIUDAD	29,35	25,44	27,39	22,89	28,04	22,26	25,44
VELOCIDAD (Km/h)	86	73	71	78	72	79	82
	66	61	56	72	65	68	65
	46	42	44	36	45	36	40
ACELERACIÓN (m/s²)	0,16	0,16	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16
	0,16	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16
	0,15	0,13	0,12	0,13	0,15	0,14	0,14

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

ECOPAÍS+FEROX VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	43,19	45,22	43,15	44,31	42,94	40,22	43,84
PLANO-CIUDAD	22,51	19,98	21,90	21,11	19,93	20,74	20,33
ASCENSO-CIUDAD	30,02	27,39	25,94	24,16	30,41	24,75	27,77
VELOCIDAD (Km/h)	70	72	69	71	69	65	70
	66	60	63	61	58	61	59
	47	44	41	39	48	39	44
ACELERACIÓN (m/s²)	0,12	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15
	0,12	0,11	0,15	0,15	0,15	0,13	0,15
	0,16	0,12	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Anexo 4. STATGRAPHICS resumen estadístico, pruebas múltiples rangos y gráfica caja**de bigotes.****Comparación de Varias Muestras CO**

Muestra 1: VP1 Ecopais (CO)

Muestra 2: VP1 Ecopais+Ferox (CO)

Muestra 3: VP1 Extra (CO)

Muestra 4: VP1 Extra+Ferox (CO)

Muestra 1: 3 valores en el rango de 5,137 a 9,2

Muestra 2: 3 valores en el rango de 4,356 a 10,888

Muestra 3: 3 valores en el rango de 5,775 a 14,165

Muestra 4: 3 valores en el rango de 7,261 a 11,267

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
VP1 Ecopais	3	7,16133	2,03154	28,3682%	5,137
VP1 Ecopais+Ferox	3	7,82533	3,28493	41,9782%	4,356
VP1 Extra	3	9,08467	4,46648	49,1651%	5,775
VP1 Extra+Ferox	3	9,45767	2,03089	21,4735%	7,261
Total	12	8,38225	2,83382	33,8074%	4,356

	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
VP1 Ecopais	9,2	4,063	0,0224491	
VP1 Ecopais+Ferox	10,888	6,532	-0,387884	
VP1 Extra	14,165	8,39	1,0632	
VP1 Extra+Ferox	11,267	4,006	-0,584795	
Total	14,165	9,809	0,780339	0,0110294

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
VP1 Ecopais	3	7,16133	X
VP1 Ecopais+Ferox	3	7,82533	X
VP1 Extra	3	9,08467	X
VP1 Extra+Ferox	3	9,45767	X

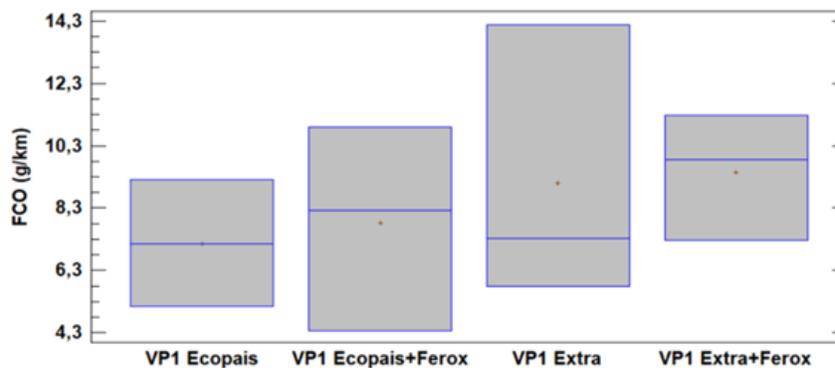
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
VP1 Ecopais - VP1 Ecopais+Ferox	*	-0,664	5,87859
VP1 Ecopais - VP1 Extra	*	-1,92333	5,87859
VP1 Ecopais - VP1 Extra+Ferox	*	-2,29633	5,87859
VP1 Ecopais+Ferox - VP1 Extra		-1,25933	5,87859
VP1 Ecopais+Ferox - VP1 Extra+Ferox		-1,63233	5,87859
VP1 Extra - VP1 Extra+Ferox		-0,373	5,87859

* indica una diferencia significativa.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 1 grupo homogéneo según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Comparación de Varias Muestras HC

Muestra 1: PV1 Ecopaís (HC)

Muestra 2: PV1 Ecopaís+Ferox (HC)

Muestra 3: PV1 Extra (HC)

Muestra 4: PV1 Extra+Ferox (HC)

Muestra 1: 3 valores en el rango de 0,126 a 0,167

Muestra 2: 3 valores en el rango de 0,071 a 0,244

Muestra 3: 3 valores en el rango de 0,161 a 0,249

Muestra 4: 3 valores en el rango de 0,125 a 0,136

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
PV1 Ecopaís	3	0,146333	0,020502	14,0105%	0,126
PV1 Ecopaís+Ferox	3	0,146333	0,088636	60,5713%	0,071
PV1 Extra	3	0,195	0,0472864	24,2494%	0,161
PV1 Extra+Ferox	3	0,130667	0,00550757	4,21498%	0,125
Total	12	0,154583	0,0505523	32,7023%	0,071

	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
PV1 Ecopaís	0,167	0,041	0,0517207	
PV1 Ecopaís+Ferox	0,244	0,173	0,750853	
PV1 Extra	0,249	0,088	1,10508	
PV1 Extra+Ferox	0,136	0,011	-0,191877	
Total	0,249	0,178	1,05728	0,477362

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

ADVERTENCIA: Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza assume que las desviaciones estándar de todos los niveles es igual. Seleccione Verificación de Varianza de la lista de Opciones Tabulares para ejecutar una prueba estadística formal para la diferencia entre las sigmas. Tal vez quisiera considerar transformar los datos para eliminar cualquier dependencia de la desviación estándar sobre la media.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00702492	3	0,00234164	0,89	0,4874
Intra grupos	0,021086	8	0,00263575		
Total (Corr.)	0,0281109	11			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,888415, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

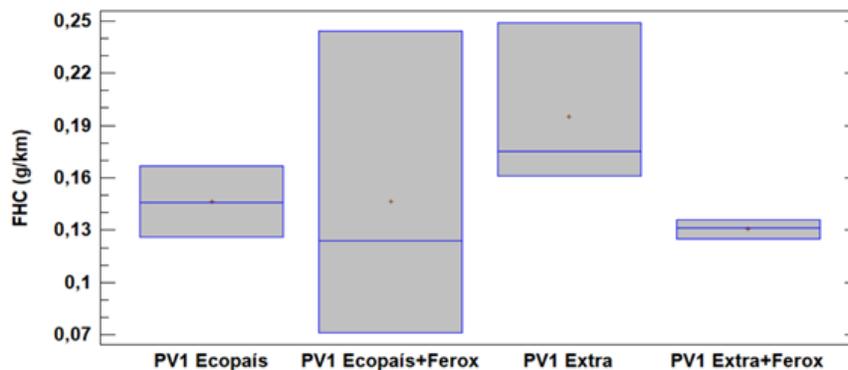
	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PV1 Extra+Ferox	3	0,130667	X
PV1 Ecopaís+Ferox	3	0,146333	X
PV1 Ecopaís	3	0,146333	X
PV1 Extra	3	0,195	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PV1 Ecopaís - PV1 Ecopaís+Ferox		0	0,0966646
PV1 Ecopaís - PV1 Extra	*	-0,0486667	0,0966646
PV1 Ecopaís - PV1 Extra+Ferox		0,0156667	0,0966646
PV1 Ecopaís+Ferox - PV1 Extra	*	-0,0486667	0,0966646
PV1 Ecopaís+Ferox - PV1 Extra+Ferox		0,0156667	0,0966646
PV1 Extra - PV1 Extra+Ferox	*	0,0643333	0,0966646

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 1 grupo homogéneo según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Comparación de Varias Muestras NOx

Muestra 1: PV1 Ecopais (NOx)

Muestra 2: PV1 Ecopais+Ferox (NOx)

Muestra 3: PV1 Extra (NOx)

Muestra 4: PV1 Extra+Ferox (NOx)

Muestra 1: 3 valores en el rango de 0,079 a 0,216

Muestra 2: 3 valores en el rango de 0,134 a 0,16

Muestra 3: 3 valores en el rango de 0,157 a 0,185

Muestra 4: 3 valores en el rango de 0,125 a 0,16

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
PV1 Ecopais	3	0,148	0,0685055	46,2875%	0,079
PV1 Ecopais+Ferox	3	0,143667	0,0142244	9,90097%	0,134
PV1 Extra	3	0,175	0,0156205	8,926%	0,157
PV1 Extra+Ferox	3	0,142667	0,0175024	12,268%	0,125
Total	12	0,152333	0,0343705	22,5627%	0,079

	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
PV1 Ecopais	0,216	0,137	-0,0464387	
PV1 Ecopais+Ferox	0,16	0,026	1,16374	
PV1 Extra	0,185	0,028	-1,2022	
PV1 Extra+Ferox	0,16	0,035	-0,0605789	
Total	0,216	0,137	-0,389986	0,98963

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

ADVERTENCIA: Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza assume que las desviaciones estándar de todos los niveles es igual. Seleccione Verificación de Varianza de la lista de Opciones Tabulares para ejecutar una prueba estadística formal para la diferencia entre las sigmas. Tal vez quisiera considerar transformar los datos para eliminar cualquier dependencia de la desviación estándar sobre la media.

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00210333	3	0,000701111	0,51	0,6834
Intra grupos	0,0108913	8	0,00136142		
Total (Corr.)	0,0129947	11			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,514986, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

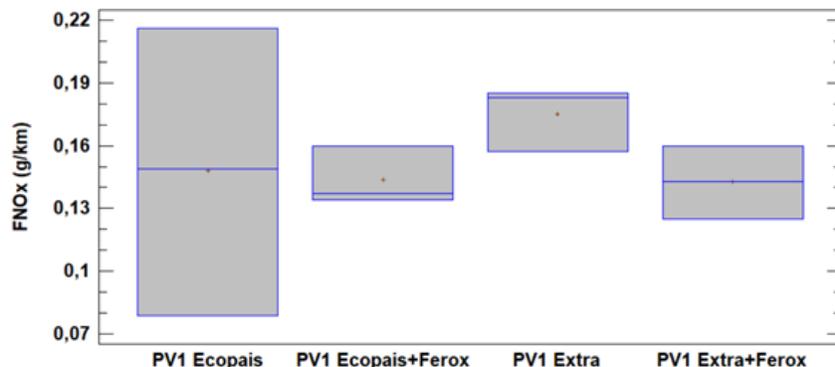
	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PV1 Extra+Ferox	3	0,142667	X
PV1 Ecopais+Ferox	3	0,143667	X
PV1 Ecopais	3	0,148	X
PV1 Extra	3	0,175	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PV1 Ecopais - PV1 Ecopais+Ferox	*	0,00433333	0,0694722
PV1 Ecopais - PV1 Extra		-0,027	0,0694722
PV1 Ecopais - PV1 Extra+Ferox	*	0,00533333	0,0694722
PV1 Ecopais+Ferox - PV1 Extra	*	-0,0313333	0,0694722
PV1 Ecopais+Ferox - PV1 Extra+Ferox		0,001	0,0694722
PV1 Extra - PV1 Extra+Ferox	*	0,0323333	0,0694722

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 2 pares, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Comparación de Varias Muestras Consumo de Combustible

Muestra 1: VP1 Ecopais (Km/Gl)

Muestra 2: VP1 Ecopais+Ferox (Km/Gl)

Muestra 3: VP1 Extra (Km/Gl)

Muestra 4: VP1 Extra+Ferox (Km/Gl)

Muestra 1: 3 valores en el rango de 28,394 a 30,278

Muestra 2: 3 valores en el rango de 30,863 a 32,266

Muestra 3: 3 valores en el rango de 31,943 a 33,624

Muestra 4: 3 valores en el rango de 33,802 a 34,91

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
VP1 Ecopais	3	29,326	0,942159	3,21271%	28,394
VP1 Ecopais+Ferox	3	31,5333	0,703574	2,23121%	30,863
VP1 Extra	3	33,005	0,923919	2,79933%	31,943
VP1 Extra+Ferox	3	34,353	0,554024	1,61274%	33,802
Total	12	32,0543	2,06255	6,43454%	28,394

	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
VP1 Ecopais	30,278	1,884	0,0675161	
VP1 Ecopais+Ferox	32,266	1,403	0,279696	
VP1 Extra	33,624	1,681	-1,17494	
VP1 Extra+Ferox	34,91	1,108	0,0344563	
Total	34,91	6,516	-0,528117	-0,623519

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	41,7086	3	13,9029	21,87	0,0003
Intra grupos	5,0865	8	0,635813		
Total (Corr.)	46,7951	11			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 21,8663, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
VP1 Ecopais	3	29,326	x
VP1 Ecopais+Ferox	3	31,5333	x
VP1 Extra	3	33,005	xx
VP1 Extra+Ferox	3	34,353	x

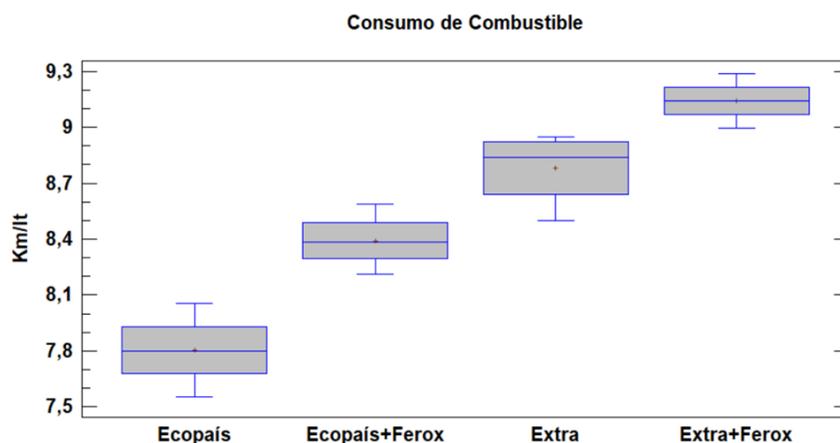
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
VP1 Ecopais - VP1 Ecopais+Ferox	*	-2,20733	1,50134
VP1 Ecopais - VP1 Extra	*	-3,679	1,50134
VP1 Ecopais - VP1 Extra+Ferox	*	-5,027	1,50134
VP1 Ecopais+Ferox - VP1 Extra		-1,47167	1,50134
VP1 Ecopais+Ferox - VP1 Extra+Ferox	*	-2,81967	1,50134
VP1 Extra - VP1 Extra+Ferox		-1,348	1,50134

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Comparación de Varias Muestras Carretera Ascenso

Muestra 1: VSP Ecopais (Ascenso-Carretera)

Muestra 2: VSP Ecopais+Ferox (Ascenso-Carretera)

Muestra 3: VSP Extra (Ascenso-Carretera)

Muestra 4: VSP Extra+Ferox (Ascenso-Carretera)

Muestra 1: 7 valores en el rango de 45,5 a 54,03

Muestra 2: 7 valores en el rango de 43,28 a 55,65

Muestra 3: 7 valores en el rango de 41,81 a 48,54

Muestra 4: 7 valores en el rango de 44,76 a 55,65

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
VSP Ecopais	7	50,2229	2,9157	5,80553%	45,5
VSP Ecopais+Ferox	7	47,95	4,47884	9,34064%	43,28
VSP Extra	7	45,2029	2,35995	5,2208%	41,81
VSP Extra+Ferox	7	49,2529	4,01983	8,16162%	44,76
Total	28	48,1571	3,85577	8,00664%	41,81

	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
VSP Ecopais	54,03	8,53	-0,524825	-0,220775
VSP Ecopais+Ferox	55,65	12,37	1,10275	-0,0695744
VSP Extra	48,54	6,73	0,148961	-0,367239
VSP Extra+Ferox	55,65	10,89	0,49545	-0,530631
Total	55,65	13,84	0,948721	-0,858683

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	99,6693	3	33,2231	2,64	0,0723
Intra grupos	301,738	24	12,5724		
Total (Corr.)	401,408	27			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2,64254, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
VSP Extra	7	45,2029	X
VSP Ecopais+Ferox	7	47,95	XX
VSP Extra+Ferox	7	49,2529	X
VSP Ecopais	7	50,2229	X

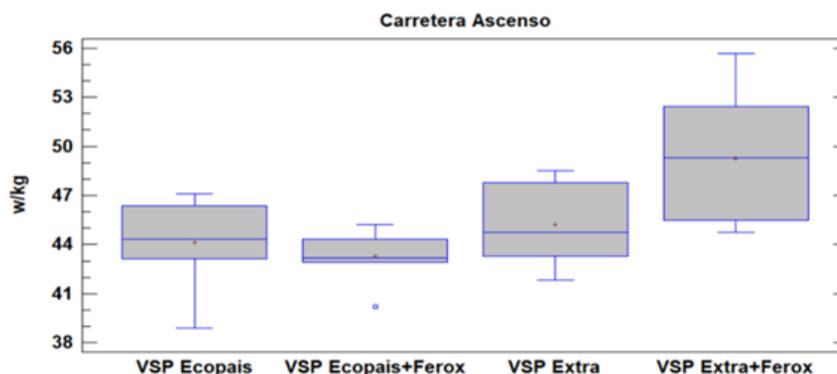
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
VSP Ecopais - VSP Ecopais+Ferox		2,27286	3,91169
VSP Ecopais - VSP Extra	*	5,02	3,91169
VSP Ecopais - VSP Extra+Ferox		0,97	3,91169
VSP Ecopais+Ferox - VSP Extra		2,74714	3,91169
VSP Ecopais+Ferox - VSP Extra+Ferox		-1,30286	3,91169
VSP Extra - VSP Extra+Ferox	*	-4,05	3,91169

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Comparación de Varias Muestras Ciudad Ascenso

Muestra 1: VSP Ecopais (Ciudad ascenso)

Muestra 2: VSP Ecopais+Ferox (Ciudad ascenso)

Muestra 3: VSP Extra (Ciudad ascenso)

Muestra 4: VSP Extra+Ferox (Ciudad ascenso)

Muestra 1: 7 valores en el rango de 22,26 a 29,35

Muestra 2: 7 valores en el rango de 22,89 a 29,35

Muestra 3: 7 valores en el rango de 22,89 a 30,02

Muestra 4: 7 valores en el rango de 22,26 a 29,35

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
VSP Ecopais	7	25,6429	2,54497	9,92469%	22,26
VSP Ecopais+Ferox	7	26,0086	2,18979	8,41949%	22,89
VSP Extra	7	26,3857	2,7462	10,4079%	22,89
VSP Extra+Ferox	7	25,83	2,62681	10,1696%	22,26
Total	28	25,9668	2,4067	9,26837%	22,26

	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
VSP Ecopais	29,35	7,09	0,221065	-0,637035
VSP Ecopais+Ferox	29,35	6,46	0,133589	-0,303121
VSP Extra	30,02	7,13	0,125747	-0,917409
VSP Extra+Ferox	29,35	7,09	-0,178337	-0,690512
Total	30,02	7,76	0,145336	-1,29065

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,10621	3	0,70207	0,11	0,9539
Intra grupos	154,283	24	6,42846		
Total (Corr.)	156,389	27			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,109213, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
VSP Ecopais	7	25,6429	X
VSP Extra+Ferox	7	25,83	X
VSP Ecopais+Ferox	7	26,0086	X
VSP Extra	7	26,3857	X

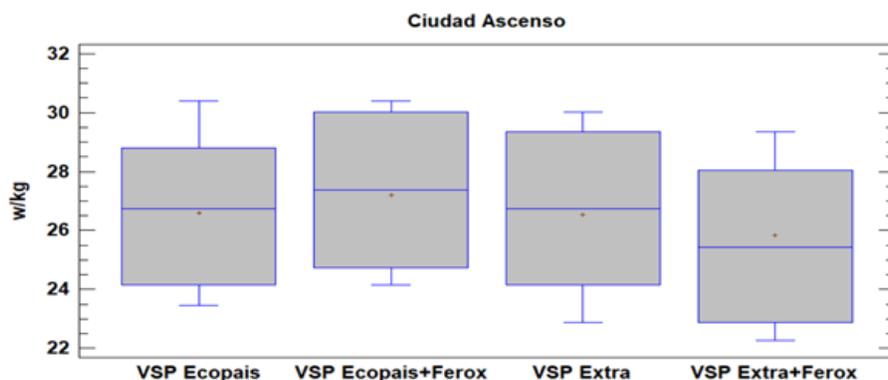
EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
VSP Ecopais - VSP Ecopais+Ferox		-0,365714	2,7971
VSP Ecopais - VSP Extra		-0,742857	2,7971
VSP Ecopais - VSP Extra+Ferox		-0,187143	2,7971
VSP Ecopais+Ferox - VSP Extra		-0,377143	2,7971
VSP Ecopais+Ferox - VSP Extra+Ferox		0,178571	2,7971
VSP Extra - VSP Extra+Ferox		0,555714	2,7971

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

Comparación de Varias Muestras Ciudad Plano

Muestra 1: VSP Ecopais (Ciudad)

Muestra 2: VSP Ecopais+Ferox (Ciudad)

Muestra 3: VSP Extra (Ciudad)

Muestra 4: VSP Extra+Ferox (Ciudad)

Muestra 1: 7 valores en el rango de 20,32 a 24,75

Muestra 2: 7 valores en el rango de 19,9 a 23,38

Muestra 3: 7 valores en el rango de 21,18 a 24,75

Muestra 4: 7 valores en el rango de 21,18 a 25,68

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
VSP Ecopais	7	22,4471	1,68471	7,50524%	20,32
VSP Ecopais+Ferox	7	21,3143	1,29424	6,07218%	19,9
VSP Extra	7	22,5643	1,34755	5,97206%	21,18
VSP Extra+Ferox	7	23,9171	1,5474	6,46985%	21,18
Total	28	22,5607	1,6798	7,44569%	19,9

	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
VSP Ecopais	24,75	4,43	0,197117	-1,00496
VSP Ecopais+Ferox	23,38	3,48	0,533006	-0,386341
VSP Extra	24,75	3,57	0,713242	-0,401563
VSP Extra+Ferox	25,68	4,5	-0,908382	0,165726
Total	25,68	5,78	0,38166	-1,18913

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
VSP Ecopais+Ferox	7	21,3143	X
VSP Ecopais	7	22,4471	XX
VSP Extra	7	22,5643	XX
VSP Extra+Ferox	7	23,9171	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
VSP Ecopais - VSP Ecopais+Ferox		1,13286	1,6292
VSP Ecopais - VSP Extra		-0,117143	1,6292
VSP Ecopais - VSP Extra+Ferox		-1,47	1,6292
VSP Ecopais+Ferox - VSP Extra		-1,25	1,6292
VSP Ecopais+Ferox - VSP Extra+Ferox	*	-2,60286	1,6292
VSP Extra - VSP Extra+Ferox		-1,35286	1,6292

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO DEL USO DE ETANOL

otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

