

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación De Autopartes De Vehículos

Caracterización De Degradación De La Bujía Del Sistema De Encendido A Efectos Del Combustible Y La Evolución De Las Emisiones De Los Motores De Encendido Provocado.

Luis Armando Caiza Quishpe

Nota del Autor

Luis Armando Caiza Quishpe, 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:

lcaiza.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Luis Armando Caiza Quishpe, con cédula de identidad 1002861027, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o 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.

LUIS ARMANDO CAIZA QUISHPE

CI: 100286102-7

Índice de Contenido

Declaración Juramentada.....	2
Resumen	17
Abstract.....	19
Introducción.....	20
Antecedentes.....	20
Justificación	20
Estado del Arte.....	23
Combustibles.	23
Biocombustibles.....	31
Descripción de la industria de biocombustibles en el Ecuador.....	32
Emisiones.....	35
Sistema de encendido.....	38
Factores de emisión	42
Método.....	47
Ciclo básico de la investigación experimental.....	47
Estrategia metodológica.....	50
Primera fase de la estrategia metodológica.....	51
Segunda fase de la estrategia metodológica.....	58
Tercera Fase de la estrategia metodológica.	82

CARACTERIZACIÓN DE DEGRADACIÓN DE LA BUJÍA DEL SISTEMA DE ENCENDIDO	4
Resultados.....	84
Presentación de resultados de pruebas ON BOARD vehículo Optra	84
Presentación de emisiones contaminantes en ascenso.	84
Presentación de emisiones contaminantes en descenso.	90
Presentación de emisiones contaminantes en urbano.	95
Presentación de resultados generales de pruebas ON BOARD vehículo Dmax.....	100
Presentación de emisiones contaminantes en carretera ascenso.	100
Presentación de emisiones contaminantes en carretera descenso.	105
Presentación de emisiones contaminantes en urbano.	110
Presentación de resultados generales con varias propuestas de combustibles.....	115
Emisiones de gases en vehículo Optra.....	116
Emisiones de gases en vehículo Dmax.	119
Presentación de resultados análisis estereoscópico digital	123
Presentación de resultados de Simulación en la bujía de encendido	126
Discusión de Resultados	128
Presentación de Resultados.....	128
Factores de emisión	128
Factores de contaminación en vehículo de pruebas OPTRA.....	128
Factores de contaminación en vehículo de pruebas Dmax.	130
Factores de emisión de gases en tramo de ascenso.....	131
Factores de emisión de gases en tramo de descenso.....	135

Factores de emisión de gases en tramo urbano	138
Factores de emisión de gases en ruta combinada Total	141
Consumo de combustible.....	144
Índice de consumo de combustible	144
Potencia especifica del vehículo VSP.....	146
Potencia especifica del vehículo para carretera ascenso.....	148
Potencia especifica del vehículo para carretera descenso.....	149
Potencia especifica del vehículo para tramo urbano.....	150
Análisis Estereoscópico	151
Análisis Estereoscópico OPTRA	152
Análisis Estereoscópico DMAX.....	153
Análisis Térmico dela bujía de encendido con dos propuestas de combustibles.....	155
Flujo total del calor	157
Dirección del flujo de calor	158
Conclusiones.....	160
Recomendaciones	162
Bibliografía	163
Anexos	170
Anexo 1. Ficha Técnica Dmax	170
Anexo 2. Ficha Técnica Optra 1.8 limited.....	171
Anexo 3. Condiciones climáticas, kilometras y consumo de combustible por prueba en vehículo Optra.	172

Datos combustibles Extra	172
Datos combustibles Extra al 5%	172
Datos combustibles Extra al 15%	173
Datos combustibles Súper al 5%	173
Datos combustibles Súper al 15%.....	174
Anexo 4. Condiciones climáticas, kilometras y consumo de combustible por prueba en vehículo	
Dmax.....	174
Datos combustibles Extra	174
Datos combustibles Extra al 5%	175
Datos combustibles Extra al 15%	175
Datos combustibles Súper al 5%	176
Datos combustibles Súper al 15%.....	176
Anexo 5. Reporte Ansys	
Reporte Ansys Extra	177
Project.....	177
Contents.....	179
Report Not Finalized.....	179
Units.....	179
Model (B4).....	180
Geometry	180
Coordinate Systems	183
Connections	184

Mesh	186
Named Selections	188
Steady-State Thermal (B5)	189
Solution (B6)	193
Material Data	196
Ceramic5.....	196
Carbon.....	196
Nickel.....	199
Reporte Ansys Ecopaís	200
Project	200
Contents	202
Units.....	202
Model (C4).....	202
Geometry	202
Coordinate Systems	206
Connections	207
Mesh	209
Steady-State Thermal (C5)	211
Solution (C6)	215
Material Data	218
Ceramic5.....	218

Carbon.....	218
Nickel.....	220
Anexo 6. Informe CCICEV Dmax.....	222
Anexo 7. Informe CCICEV Optra	234
Anexo 8. Elementos On-Board.....	245
Filtro de condensación On-Board	245
Filtro de aire On-Board.....	245
Regulador de voltaje instalación Optra.....	246
Instalación de línea de combustible a riel de inyección.....	246
Instalación On-Board habitáculo	247
Equipo Axion Go On-Board	247
Canister y probeta de medición de combustible	248
Inicio de recorrido Puente 5 Av. Gral. Rumiñahui	248
Anexo 9. Indicadores de consumo de combustible en ruta.....	249
Mediciones con combustible Extra.....	249
Mediciones con combustible Súper	251
Anexo 10. Ruta, velocidad y altitud GPS	252
Anexo 11. Equipo Estereoscópico Olympus SZx16.....	253
Anexo 12. Ficha Técnica Olympus SZX16.....	255
Anexo 13. Fotos bujías	263
Dmax comparación Ecopaís y Extra.....	263

Optra comparación Ecopaís y Extra	264
Anexo 14. Diseño en Software Siemens NX.....	264
Anexo 15. Análisis térmico estático en Software Ansys	268

Índice de Tablas

Tabla 1 Producción mundial en millones de litros.....	33
Tabla 2 Norma INEN 2009.....	34
Tabla 3 Normas Europeas en relación a emisiones Subcategorías COPERT	35
Tabla 4 Contaminantes considerados en COPERT	36
Tabla 5 Formula molecular equivalente CH ₃	42
Tabla 6 Características de los vehículos a utilizar para el estudio.....	53
Tabla 7 Tipos de combustibles a utilizar	53
Tabla 8 Componentes del sistema ON BOARD.....	56
Tabla 9 Rangos de medición equipo AXION GO	57
Tabla 10 Protocolo de pruebas On Board y propuestas de combustibles	66
Tabla 11 Especificaciones técnicas del estereoscopio digital	69
Tabla 12 Combustibles a utilizar para análisis ON BOARD.....	83
Tabla 13 Factores de contaminación en ascenso con diferentes propuestas de combustibles en Optra.	129
Tabla 14 Factores de contaminación en descenso con diferentes propuestas de combustibles en Optra	129
Tabla 15 Factores de contaminación en urbano con diferentes propuestas de combustibles en Optra	129
Tabla 16 Factores de contaminación en ascenso con diferentes propuestas de combustibles en Dmax.	130
Tabla 17 Factores de contaminación en descenso con diferentes propuestas de combustibles en Dmax.	131
Tabla 18 Factores de contaminación en urbano con diferentes propuestas de combustibles en Dmax.	131
Tabla 19 Poder Especifico del vehículo con varias propuestas de combustibles.	146
Tabla 20 Análisis Estereoscópico de Bujía de encendido Caso: Optra	153

Tabla 21 Análisis Estereoscópico de Bujía de encendido Caso: DMAX	154
Tabla 22 Análisis Estereoscópico de Bujía de encendido Caso: Bujías Nuevas	155
Tabla 23 Análisis Térmico de la bujía de encendido	157

Índice de Figuras

Figura 1. Consumo de gasolina por sectores	21
Figura 2. Participación porcentual por tipo de combustible	22
Figura 3. Comparación entre gasolina y etanol	26
Figura 4. Ciclo de trabajo motor OTTO	29
Figura 5. Proceso de obtención Ecopaís	34
Figura 6. Ruta para pruebas On Board Seúl Corea.....	37
Figura 7. Sistema de encendido componentes	39
Figura 8. Estado bujía	40
Figura 9. Distancia entre electrodos.....	41
Figura 10. Análisis espectro métrico de la bujía.....	42
Figura 11. Flujograma de ciclo básico de investigación experimental	48
Figura 12. Flujograma caracterización del sistema de encendido	49
Figura 13. Fases metodológicas.....	50
Figura 14. Primera fase de la estrategia metodológica	51
Figura 15. Segunda parte estrategia metodológica	58
Figura 16. Análisis de datos sistema ON BOARD	59
Figura 17. Inspección visual del sistema de escape	60
Figura 18. Instalación del equipo ON BOARD en el habitáculo.....	60
Figura 19. Instalación del sistema eléctrico.....	61
Figura 20. Conexión del canister a la riel de inyectores.	61
Figura 21. Canister, conexiones y probeta normalizada para mediciones.	62
Figura 22. Colocación de la sonda de gases en el sistema de escape del vehículo.....	62
Figura 23. Tanques de calibración.....	63
Figura 24. Equipo ON BOARD.....	63
Figura 25. Inicio de ruta.....	64

CARACTERIZACIÓN DE DEGRADACIÓN DE LA BUJÍA DEL SISTEMA DE ENCENDIDO	13
Figura 26. Probetas normalizadas para medir consumo de combustible.	65
Figura 27. Ruta ON BOARD.....	67
Figura 28. Altitud establecida en la ruta combinada.....	68
Figura 29. Bujías Optra previas análisis estereoscópico.....	70
Figura 30. Equipo estereoscópico digital.....	71
Figura 31. Análisis estereoscópico en bujía de encendido.....	71
Figura 32. Análisis de información de bujías de encendido.	72
Figura 33. Roscado bujía de encendido NX	73
Figura 34. Electrodo bujía de encendido NX.....	73
Figura 35. Conexión bujía de encendido NX.....	74
Figura 36. Cuerpo bujía de encendido NX.	74
Figura 37. Pieza a ensamblar NX	75
Figura 38. Ensamble final bujía de encendido NX	75
Figura 39. Selección análisis térmico ANSYS	76
Figura 40. Varias propuestas de materiales para el estudio.	77
Figura 41. Importación del CAD para el análisis.	77
Figura 42. Asignación de materiales a componentes de la bujía de encendido.	78
Figura 43. Asignación de materiales a componentes de la bujía de encendido.	78
Figura 44. Generación de la malla para análisis.	79
Figura 45. Visualización de la bujía con mallado.....	79
Figura 46. Designación de cargas para análisis.	80
Figura 47. Asignación de temperatura máxima	80
Figura 48. Convección térmica.....	81
Figura 49. Ingreso de convección térmica en análisis.	81
Figura 50. Análisis de resultados.....	82
Figura 51. Tercera parte de la estrategia metodológica	82

CARACTERIZACIÓN DE DEGRADACIÓN DE LA BUJÍA DEL SISTEMA DE ENCENDIDO	14
Figura 52. Porcentaje de CO en ascenso combustible Extra OPTRA.	85
Figura 53. Porcentaje de CO en ascenso con combustible Súper OPTRA.	85
Figura 54. Interacciones de los hidrocarburos con Extra OPTRA.	86
Figura 55. Interacciones de los hidrocarburos con Extra OPTRA.	86
Figura 56. Emisiones por Partículas por millón (ppm) en Óxidos de nitrógeno combustible Extra OPTRA.	87
Figura 57. Emisiones por Partículas por millón (ppm) en Óxidos de nitrógeno combustible Extra OPTRA.	87
Figura 58. Porcentaje de CO ₂ en Ascenso combustible Ertra OPTRA.	88
Figura 59. Porcentaje de CO ₂ en Ascenso combustible Súper OPTRA.	88
Figura 60. Porcentaje de Oxígeno en ascenso Extra OPTRA.	89
Figura 61. Porcentaje de Oxígeno en ascenso Súper OPTRA.	89
Figura 62. Emisiones de CO en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.	91
Figura 63. Emisiones de CO en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.	92
Figura 64. Emisiones de oxígeno en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.	93
Figura 65. Emisiones de CO ₂ en descenso de carretera Combustibles Extra y Súper.	94
Figura 66. Emisiones de oxígeno en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.	95
Figura 67. Emisiones de CO en tramo urbano combustibles Extra y Súper.	96
Figura 68. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.	97
Figura 69. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.	98
Figura 70. Emisiones de Dióxido de carbono en tramo urbano combustibles Extra y Súper.	99
Figura 71. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.	100
Figura 72. Emisiones de CO en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.	101
Figura 73. Emisiones de HC en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.	102
Figura 74. Emisiones de NO _x en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.	103
Figura 75. Emisiones de CO ₂ en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.	104

Figura 76. Emisiones de O ₂ en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.	105
Figura 77. Emisiones de CO en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.....	106
Figura 78. Emisiones de HC en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.....	107
Figura 79. Emisiones de NO _x en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.....	108
Figura 80. Emisiones de CO ₂ en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.....	109
Figura 81. Emisiones de O ₂ en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.	110
Figura 82. Emisiones de CO en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.....	111
Figura 83. Emisiones de HC en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.....	112
Figura 84. Emisiones de NO _x en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.....	113
Figura 85. Emisiones de CO ₂ en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.....	114
Figura 86. Emisiones de O ₂ en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.	115
Figura 87. Emisiones de monóxido de carbono en porcentaje.	116
Figura 88. Emisiones de oxígeno en porcentaje.	117
Figura 89. Emisiones de Monóxido de carbono.	117
Figura 90. Emisiones de hidrocarburos en partículas por millón.	118
Figura 91. Emisiones de óxidos de nitrógeno en partículas por millón.	119
Figura 92. Emisiones de monóxido de carbono en porcentaje.	120
Figura 93. Emisiones de Monóxido de carbono.	120
Figura 94. Emisiones de hidrocarburos en partículas por millón.	121
Figura 95. Emisiones de oxígeno en porcentaje.	122
Figura 96. Emisiones de óxidos de nitrógeno en partículas por millón.	122
Figura 97. OPTRA Extra y Ecopaís.....	124
Figura 98. DMAX Extra y Ecopaís.....	125
Figura 99. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible extra.....	126
Figura 100. Diferentes temperaturas de trabajo de la bujía de encendido	127
Figura 101. Componentes en estudio bujía de encendido.....	127

Figura 102. Factores de emisión monóxido de carbono Ascenso.....	132
Figura 103. Factores de emisión monóxido de carbono Ascenso.....	133
Figura 104. Factores de emisión hidrocarburos ascenso.....	134
Figura 105. Factores de emisión monóxido de carbono descenso.....	136
Figura 106. Factores de emisión hidrocarburos descenso.....	137
Figura 107. Factores de emisión monóxido de carbono descenso.....	138
Figura 108. Factores de emisión monóxido de carbono tramo urbano.....	139
Figura 109. Factores de emisión hidrocarburos tramo urbano.....	140
Figura 110. Factores de emisión monóxido de carbono descenso.....	141
Figura 111. Factores de emisión monóxido de carbono generales.	142
Figura 112. Factores de emisión hidrocarburos generales.	143
Figura 113. Factores de emisión monóxido de carbono generales.	144
Figura 114. Índice de consumo de combustible en litros/kilómetros.	145
Figura 115. Potencia específica del vehículo promedio general (VSP) en w/kg.	147
Figura 116. VSP para tramo de ascenso Optra.	148
Figura 117. VSP para tramo de ascenso Dmax.....	149
Figura 118. VSP para tramo de descenso Optra.	150
Figura 119. VSP para tramo de ascenso Dmax.....	150
Figura 120. VSP para tramo urbano Optra.	151
Figura 121. VSP para tramo urbano Dmax.....	151
Figura 122. Flujo total de calor análisis térmico estático.	158
Figura 123. Dirección de flujo de calor Extra y Ecopaís.	159

Resumen

El propósito de esta investigación propone el estudio de degradación del sistema de encendido con varias propuestas de combustibles Extra y Ecopaís, por medio del estado de bujías. Mediante un análisis estereoscópico electrónico, donde se aprecia el funcionamiento del sistema de encendido, por medio de capturas fotográficas en diferentes ángulos y posiciones para comprobar las diferentes causas de desgaste en las mismas.

Esta investigación define el uso de cinco propuestas de combustibles convencionales de comercialización nacional, con varios porcentajes de etanol, entre los cuales varían del 5 % al 15 % en dependencia del combustible a utilizar, con la finalidad de determinar el factor de contaminación para CO, NO_x y HC a 2800 msnm. Para este caso, se utiliza un analizador de emisiones On Board o móvil, en una ruta validada y establecida en el Distrito metropolitano de Quito, que combina tramos de carretera con una distancia de 7.5 km y un tramo urbano con un recorrido de 7.6 km, en el que cuenta con ascensos, descensos y varios ángulos de inclinación en pendiente.

La culminación del estudio presenta un análisis de emisiones de gases contaminantes con los combustibles detallados, con el enfoque directo de dar a conocer al público el efecto que estos ocasionan en el estado mecánico del motor, la repercusión ambiental y las enfermedades respiratorias ocasionadas por diversos factores de contaminación.

Los beneficios de esta investigación recaen; en la influencia de utilizar etanol en los diferentes combustibles de comercialización nacional y lograr evidenciar sus repercusiones en las emisiones contaminantes y consumo de combustible en una ruta específica. Así como dar a conocer los consumos de combustible, emisiones contaminantes y comportamiento del motor al utilizar los

combustibles Ecopaís y Extra como medio de propulsión en la degradación del sistema de encendido.

Palabras claves: altura, consumo de combustible, emisiones contaminantes; factor de emisión; en ruta; análisis On Board; Análisis estereoscópico.

Abstract

The purpose of this investigation is the study of the degradation of the ignition system with several sources of Extra and Ecopaís fuels, by means of the state of spark plugs. Through an electronic stereoscopic analysis, where the functioning of the ignition system is appreciated, by means of photographic captures in different degrees and positions to verify the different causes of wear in them.

This research defines the use of five proposals of conventional fuels of national commercialization, with several percentages of ethanol, between the variables of 5% to 15% in the dependence of the fuel, in order to determine the pollution factor for the CO, NO_x and HC at 2800 masl. For this case, use an emissions analyzer aboard a validated route established in the Metropolitan District of Quito, which combines a distance of 7.5 km and an urban section with a route of 7.6, in which it has promotions, descents and several inclination angles in slope.

The culmination of the study presents an analysis of emissions of polluting gases with the detailed fuels, with the direct approach of making known to the public the effect that these cause in the mechanical state of the engine, the environmental repercussion and the respiratory diseases caused by the factors Adverse pollution.

The benefits of this investigation fall; in the influence of using ethanol in the different fuels of national commercialization and achieving evidence of their influences on polluting emissions and fuel consumption in a specific route. As well as publicize fuel consumption, pollutant emissions and engine behavior when using Ecopaís and Extra fuels as a means of propulsion in the degradation of the ignition system.

Keywords: height, fuel consumption, polluting emissions; emission factor; on Route; on-board analysis; Stereoscopic analysis.

Introducción

Antecedentes

En el país, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) entre 2010 y 2015 se registró un aumento de vehículos motorizados del 57%, es decir 1 925 368. De los cuales Pichincha presenta el mayor parque automotor del país con 492.568 vehículos matriculados, seguido de Guayas y Manabí. En relación a marca Chevrolet lidera el podio con 554.042 vehículos a nivel nacional (INEC, 2015).

Según fuente de la Agencia Nacional de Tránsito ANT (2016) y INEC, el 95.9% de vehículos matriculados de uso particular utilizan gasolina para su funcionamiento que equivale a 1'553.231 hasta el 2014, y con el incremento del parque automotor esta cifra sigue en aumento, lo que conlleva al aumento de residuos de combustión emitidos al ambiente cada vez mayores y dañinos para la salud humana (ANT, 2016; INEC,2015).

El Plan Nacional de Biocombustibles en el país, busca reducir el 5 % de gasolina y remplazar por etanol anhídrido con la finalidad de: la reducción parcial de las importaciones de naftas de alto octano utilizadas en la industrialización de los combustibles, disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, desarrollo del sector agroindustrial, mejorar la calidad de los combustibles con la reducción de benceno, azufre y aromáticos. (Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador, 2016).

Justificación

La demanda de energía en el país, va en aumento debido al transporte ya que es el sector que más consume energía con un 42% entre los cuales se incluye el consumo propio por tipo de

fuentes de energía entre las cuales se concentra el diésel con un 31%, gasolina con un 28%, electricidad 14%, gas licuado de petróleo 8% y fuel oil 8%. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

Según el Balance Energético Nacional 2015; El consumo nacional de gasolina es del 61% y en el caso de diésel con un 65% en su mayoría utilizada por el sector del transporte. En la figura 1, se aprecia el consumo de gasolina a nivel nacional en un margen de millones de galones. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015)

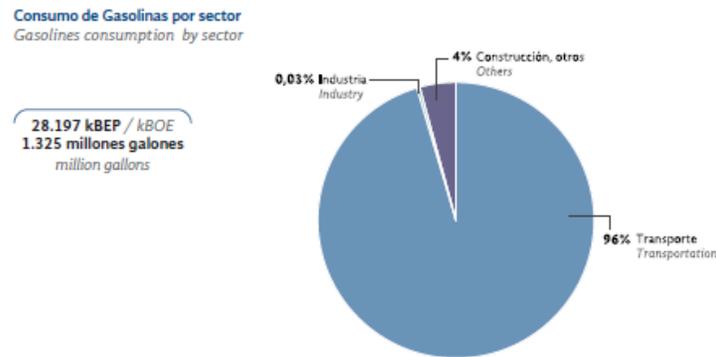


Figura 1. Consumo de gasolina por sectores (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015)

La CINAIE (2017) en su estudio indica; En el periodo 2017 se vendieron 105.101 unidades de las cuales el 38.9% fueron vehículos ensamblados en el país, es decir 40.843 unidades, lo que indica que la mayor parte de estos vehículos son automóviles (45.732 unidades), seguidos de SUV (33.532 unidades), camionetas (18.050 unidades) y Vehículos pesados (7.787 unidades), en la figura 2, se aprecia la participación porcentual por tipo de combustible (2017). (Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2017)

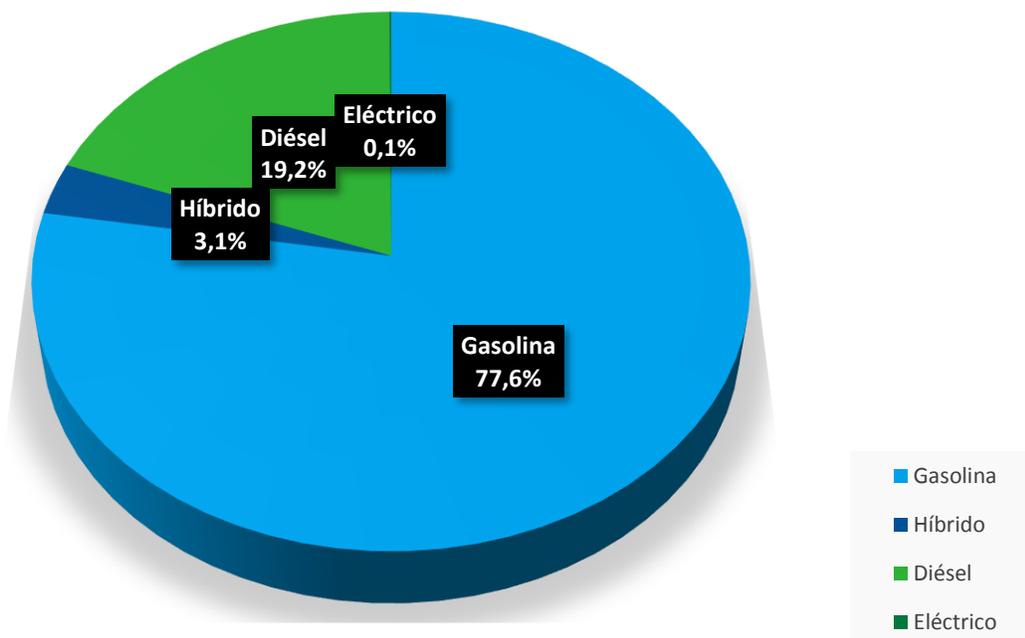


Figura 2. Participación porcentual por tipo de combustible (Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2017)

El Sistema de encendido del vehículo es el mecanismo, encargado de proporcionar la chispa necesaria en el proceso de combustión del MCI (motor de combustión interna), por medio de la bujía. Es por tal que el correcto análisis de esta proporciona, una mejor idea del funcionamiento del motor, las emisiones contaminantes arrojadas al medio ambiente y principales efectos nocivos en la salud por enfermedades respiratorias.

Según la organización mundial de la salud afirma, “cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo” (Organizacion Mundial de la Salud, 2015).

El presente proyecto propone el estudio de degradación del sistema de encendido con varias propuestas de combustibles Extra y Ecopaís, por medio del estado de bujías. La culminación del estudio presentará un análisis de emisiones de gases contaminantes con los combustibles

detallados, con el enfoque directo de dar a conocer al público el efecto que estos ocasionan en el estado mecánico del motor, la repercusión ambiental y las enfermedades respiratorias ocasionadas por las emisiones contaminantes. Además, la propuesta comprende el diseño de la bujía de encendido, como mecanismo receptor de la degradación del sistema de encendido.

Los beneficios que busca la investigación consiste: en determinar la incidencia del combustible Ecopaís y Extra en el motor, analizar el estado de las bujías del vehículo en la ruta especificada, disminuir enfermedades respiratorias ocasionadas por residuos de combustión, además de ser un aporte técnico para el público en general, sobre los beneficios de los combustibles que se expenden en el país en las determinadas regiones y las consecuencias de estas emisiones en relación a las enfermedades respiratorias.

Estado del Arte

Combustibles.

El Plan Nacional de Biocombustibles en el país, busca reducir el 5 % de gasolina y remplazar por etanol anhídrido con la finalidad de: la reducción parcial de las importaciones de naftas de alto octano utilizadas en la industrialización de los combustibles, disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, desarrollo del sector agroindustrial, mejorar la calidad de los combustibles con la reducción de benceno, azufre y aromáticos. (Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador, 2016)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014) en su estudio, estima que la producción de etanol se incrementara en casi el 70% en el periodo 2012-2022 y que alcanzara 167.000 millones de litros. Este proceso ocupara el 12% de la producción mundial de cereales secundarios y el 29% de la caña de azúcar. Brasil en su proceso de

industrialización, se estima que el 54% y 55% de la producción de caña de azúcar obtenida se transformara en etanol en lugar de azúcar (FAO, 2014).

La CEPAL (2008) en su estudio indica, Ecuador produce y exporta etanol y biodiesel a partir de la caña de azúcar y del aceite de palma africana respectivamente. Esas actividades tienen como antecedentes a las industrias del azúcar y alcohol y a la de producción de aceite, desarrolladas inicialmente para cubrir necesidades del mercado interno (CEPAL, 2008). La producción de combustibles derivados de la caña de azúcar, ya se comercializa en el país con el nombre de Ecopaís, siendo la costa ecuatoriana la pionera en la venta de este hidrocarburo, con vista a una comercialización a nivel nacional en los posteriores años según (Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador, 2016).

PETROECUADOR EP (2012) informa; el octanaje de las gasolinas, Extra eleva su calidad de 81 a 87 octanos y la Súper, de 90 a 92 octanos. Además, reduce el contenido de azufre, de 2000 a 650 partes por millón (ppm), tanto en la gasolina Extra como en la Súper. Esta medida proporcionará gasolinas de estándares internacionales a la totalidad de consumidores de combustibles del país, de los cuales, un 75% son usuarios de la actual gasolina Extra y el 25 por ciento restante, de gasolina Súper (EP Petroecuador, 2012).

Beckman (2013) afirma: “Los biocombustibles líquidos, la mayoría de los sistemas de producción producen menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otras alternativas a los combustibles fósiles”. En su estudio presenta un enfoque en la obtención de alcohol a partir de la caña de azúcar y de la melaza que es un subproducto del proceso de elaboración del azúcar. Para la elaboración de biocombustibles a partir de este alcohol. (Beckman, 2013)

Hernández et al. (2014), menciona en su estudio; “El gobierno de México está exigiendo un mayor uso de mezclas de gasolina y etanol como método para reduciendo la contaminación del aire.” Se busca a nivel mundial nuevas alternativas amigables con el medio ambiente para poder movilizar motores de combustión interna con gasolina. Se realizan, pruebas en vehículos ligeros revelando resultados mixtos en términos de combustible economía y emisiones. Además, existe poca información sobre el rendimiento de los vehículos ligeros alimentados por mezclas de gasolina y etanol. En relación a economía de combustible y emisiones. En este estudio se comparan los factores para gasolina comercial regular (87 octanos) y Premium (92 octanos) con las correspondientes mezclas de etanol al 5% v / v (E05R / E05P) y 15% v / v (E15R / E15P) bajo las condiciones del tercer centro más poblado de México, Monterrey. (Hernandez, Menchaca, & Mendoza, 2014). Se midieron las emisiones de CO₂, CO, NO_x e hidrocarburos no quemados (HC) para las pruebas de arranque en frío y en caliente, así como para la conducción real en la ciudad a velocidad constante (40 km / h). (Hernandez, Menchaca, & Mendoza, 2014).

Existe varias delimitaciones en el consumo de combustible como lo informa, Zhoun et al (2016), en su estudio; “Determinar las limitaciones de los modelos de consumo de combustible existentes y determinar los modelos más adecuados para ser utilizados en los sistemas de eco-routing y eco-driving, comparaciones entre el consumo de combustible de caja blanca, caja gris y caja negra los modelos se presentan con respecto a los factores de influencia, ventajas, desventajas y precisión”. Es por tal que se necesita caracterizar las emisiones contaminantes con determinados combustibles, para obtener un margen de emisiones contaminantes en el país conocer cuál es la mejor opción para el conductor, medio ambiente y salud pública. (Zhou, Jin , & Wang, 2016).

En su estudio El-Faroug et al (2016); indica que los usos de Combustibles con Etanol muestran presiones de trabajo mayores y la temperatura inferior en el múltiple de admisión las cuales son obtenidas con el uso de mezclas de etanol hidratado como resultado obtuvieron a una mayor eficiencia volumétrica. La combustión del motor de encendido por chispa, rendimiento y productos de emisión de etanol hidratado y sus mezclas con gasolina expone que como el contenido de agua en etanol absorbe eficazmente el calor y disminuye la temperatura pico durante el proceso de combustión. En la figura 3, se aprecia la diferencia en rendimiento del motor utilizando gasolina normal y etanol. (El-Faroug , Fuwu, & Luo , 2016).

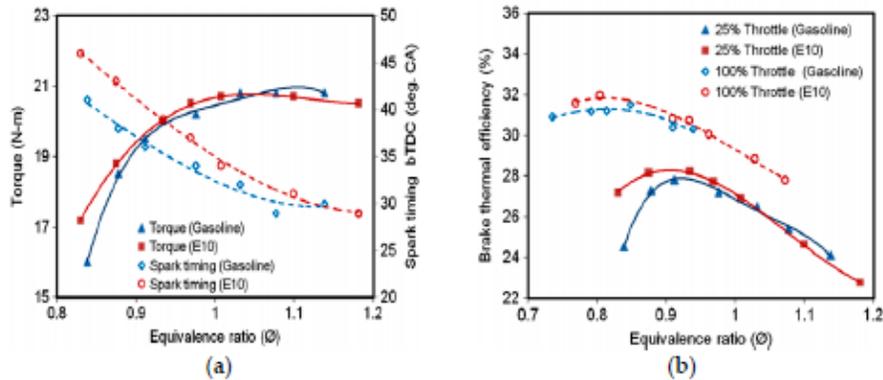


Figura 3. Comparación entre gasolina y etanol (El-Faroug , Fuwu, & Luo , 2016)

Ortiz et al. (2013), en su estudio; concluye que las mezclas de etanol hidratado son más eficaces en la reducción de emisiones de NOx en comparación con la gasolina. Sin embargo, las emisiones de CO, CO2 y HC fueron reducidas en pequeños márgenes para las mezclas de gasolina de etanol hidratado, debido a la menor relación molar H / C para el etanol hidratado en comparación con la gasolina y el alto contenido de agua en etanol diluye las mezclas de combustible y baja la temperatura de combustión, lo que conduce a la combustión incompleta, resultando en HC más alto. (Ortiz, Romero, Cueva, Jacobo, & Schouwenaars, 2013).

En su estudio Shah et al. (2016); “Los resultados de la prueba se discuten para caracterizaciones de combustible y caracterizaciones de motor. Cada el parámetro se analiza en tres pasos. En el primer paso, la discusión arrojó luz sobre la comparación entre el diésel y el aceite vegetal. En el segundo paso, la discusión se centra en la comparación entre el aceite comestible (SF) y el aceite no comestible (KO) sin aditivo y en el tercer paso se discute la influencia de los aditivos de combustible tanto en aceites comestibles como no comestibles” De tal manera se caracteriza los combustibles orgánicos como el Biodiesel y el Etanol para proceso de la combustión, denotando que el uso de combustibles naturales o biocombustibles, tiene menor incidencia en emisiones contaminantes arrojadas al medio ambiente. (Shah & Ganesh, 2016).

D’silvaa et al. (2015) afirma; Las propiedades fisicoquímicas del combustible se observa que el punto de combustión, la densidad y la viscosidad de la muestra de combustible aumenta con la adición de nano partículas de Titanio. Hay un pequeño aumento del 0.59% en el poder calorífico del combustible, denotando en el aumento de las emisiones de NOx del 32% a la carga máxima, la disminución en la emisión de hidrocarburos no quemados en un 18.36% y monóxido de carbono en un 25% a carga máxima (D’Silvaa, Bhatc, & Binu , 2015).

Propiedades de los combustibles.

La gasolina es de origen fósil, en su composición va desde hidrocarburos con carbono C5 hasta C11, su uso es para motores de combustión interna con encendido por chispa. 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. (Aguirre Ibarra & Vaca Burgos, 2017)

La gasolina extra de Refinería Esmeraldas cuya composición aproximada de naftas es: 22% alto octano 93 RON (NAO), 21% tratada 92 RON (NT), 15% reformada 70-92 RON (NR), 15% pesada 54 RON (NP), 8% liviana 73 RON y 22% otras gasolinas, dando como producto final la gasolina de 87 octanos. (EP PETROECUADOR, 2016).

Propiedades fisicoquímicas de los combustibles fósiles.

- Octanaje. - “Octanaje o número de octano es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil” (Barroso Castillo, 2013).

El octanaje no es otra cosa que la medida de la calidad antidetonante que se requiere en el combustible para que este resista a la auto detonación o autoencendido del mismo, por lo que el número de octanos requerido depende directamente de la relación de compresión del motor.

- Detonación y deflagración. - Es una propiedad que se encuentra relacionada directamente con la temperatura de inflamación de cada uno de sus componentes. Hay dos tipos de combustión rápida, que se distinguen precisamente por la rapidez de la combustión. Si la combustión es rápida, pero sucede a una velocidad menor que la del sonido, se dice que es una deflagración. Si se produce a una velocidad

mayor que la del sonido, es una detonación. Como se aprecia en la figura 4 la imagen del ciclo de trabajo de un motor de combustión interna ciclo OTTO.

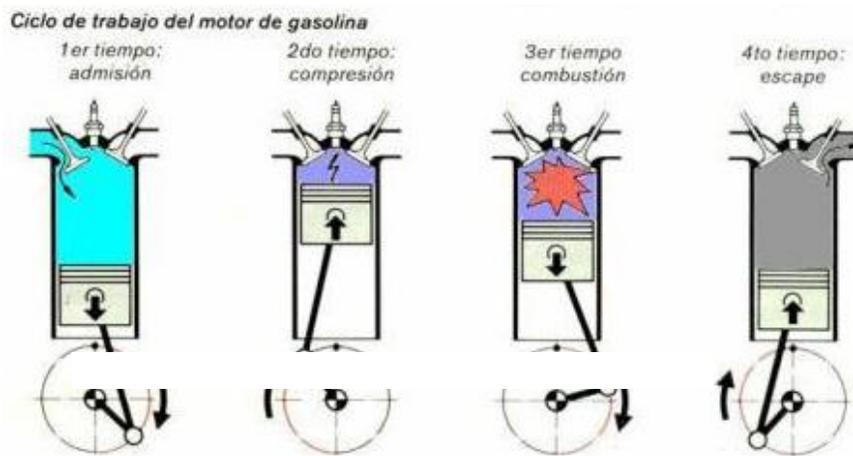


Figura 4. Ciclo de trabajo motor OTTO
(Barroso Castillo, 2013)

- Poder Antidetonante. - la capacidad antidetonante de las gasolinas propiedad que influye en el desempeño de las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil. (Castillo Hernández, Mendoza Domínguez, & Caballero Mata, 2012).

Para determinar los parámetros de medición de los hidrocarburos se debe tomar en cuenta ciertos factores los cuales son:

- 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 125 °F (51.7 °C)”. (Barroso Castillo, 2013)

Este valor es con el cual se comercializa en las estaciones de servicio y cuyo proveedor es Refinería de Esmeraldas. Puede mostrar el comportamiento que tendrá el combustible por varias aceleraciones.

- Número de octano del motor (MON): este valor es obtenido “mediante una corrida de prueba en una máquina operada a una velocidad de 900 revoluciones por minuto y con una temperatura de entrada de aire de 300 °F (149 °C)”. (Barroso Castillo, 2013).

Este valor es medido con el motor estático es decir como si estuviera en la carretera con pocas aceleraciones para a velocidades mayores que en la ciudad.

- Presión de vapor. - Es un valor que permite conocer la estabilidad de los compuestos considerando su volatilidad y determinar si un combustible se evaporará o no en cantidades apreciables cuando su temperatura se eleve a 37,8 °C. Si un combustible tiene cantidades significativas de componentes volátiles estos pueden vaporizarse dando como resultado una pérdida de producto y un peligro latente debido a que se crea una atmósfera.

- Aromáticos, benceno y olefinas. - Son componentes que se miden para conocer la calidad de las gasolinas, hay 5 tipos de componentes que pueden estar presentes como: parafinas normales o ramificadas, ciclo pentano, ciclo hexano, benceno y sus derivados.

La gasolina extra tiene un contenido de aromáticos (28.54 % V/V), benceno (0.81 % V/V), olefinas (10,90%), azufre (0,0453%), número de octano research (85 RON), presión de vapor (45,5 kPa). (Aguirre Ibarra & Vaca Burgos, 2017).

Biocombustibles

Según Llanes et al. (2017), afirma “Los biocombustibles son una alternativa que ha despertado una especial atención en gobiernos e instituciones por la significativa reducción de emisiones nocivas emanadas de los motores de combustión interna.” Es por tal que el uso de biocombustibles es una alternativa amigable con el medio ambiente, ya que en el país no cumple con parámetros de calidad de aire, donde el transporte es un factor esencial que produce este defecto, es por tal que el uso de biocombustibles es una alternativa para minimizar daños ambientales y a la salud. (Edilberto Antonio, Juan Carlos, Paolo, & Johanna, 2017).

El consumo de etanol para combustibles es impulsado por gobiernos alrededor del mundo como mecanismo para reducir la dependencia frente a las importaciones de petróleo, fomento de áreas rurales, mejora de la calidad del ambiente y como mecanismo para mejorar la base de conocimiento tecnológico.

En la industria nacional la producción de biocombustibles está en aumento, desde octubre de 2014, “se incrementó la venta del combustible de 3000 barriles a 12 barriles por día en las estaciones de servicio de los cantones Guayaquil, Daule, Durán y Samborondón.” (EP PETROECUADOR, 2014). En todos los 4 cantones del Guayas el volumen vendido de Ecopaís, fue de 13'808.928 galones de gasolina anual a través de 146 gasolineras de la provincia, la ventaja es que el biocombustible posee el mismo octanaje que la gasolina extra (87 octanos) y el mismo valor comercial de 1.48 USD/por galón.

El biocombustible con similares características que la gasolina extra se denomina Ecopaís, el cual contiene una mezcla de naftas y 5 % de etanol (alcohol anhídrido). En la elaboración de este

se obtiene a partir de la melaza, un subproducto resultante de la producción de azúcar, de los ingenios azucareros del país.

La importancia de los biocombustibles en el país parte de la iniciativa de reducir el impacto ambiental y el uso eficiente de los recursos energéticos; esto crea nuevas formas de reducir combustibles derivados del petróleo. Ya que el consumo de gasolina extra fue de 1499.8 miles de barriles de consumo promedio mensual. (Banco Central del Ecuador, 2016), se trata de reducir la cantidad de consumo y con este también reducir la cantidad de emisiones contaminantes emitidas.

El-Faroug et al. (2016) afirma; “Los combustibles alternativos son cada vez más relevantes para los vehículos debido al agotamiento de los combustibles fósiles reservas y preocupaciones ambientales.” El etanol hidratado se considera como un producto verde y limpio renovable combustible alternativo para motores de encendido por chispa. En su estudio examinó el etanol hidratado y sus mezclas con gasolina, con un enfoque específico en los siguientes temas: Propiedades de los combustibles hídricos de etanol, Estabilidad de mezclas de etanol-gasolina-agua, Combustión y rendimiento del combustible de etanol hidratado en motores y emisiones de combustible etanol. (El-Faroug , Fuwu, & Luo , 2016).

Descripción de la industria de biocombustibles en el Ecuador.

El aumento de la superficie plantada de caña para la elaboración de azúcar aumento en 13% a 106.926 hectáreas. El 89% de las plantaciones de caña cosechadas, incremento de 10% en relación al año anterior. En la última década, el rendimiento promedio fue de 80 toneladas de caña por hectárea cosechada. En 2012, la producción de caña para la elaboración de azúcar fue

de 7,4 millones de toneladas. Para 2013, Fenazucar1 estima que la producción total de caña de azúcar se incremente en 2%.

También se espera una expansión en la producción de biodiesel de 24.011 millones de litros en el periodo 2010-2012 a 40.620 millones de litros en 2022. Este nivel de producción utilizará un 15% de la producción mundial de aceite vegetal. Los mercados de biodiesel seguramente estarán dominados por la Unión Europea y en menor grado por EE.UU., Argentina y Brasil (PRO ECUADOR, 2013).

Tabla 1

Producción mundial en millones de litros

Países	Promedio 2010-2012	Proyección 2022
Canadá	1572	1474
EEUU	47906	79997
Colombia	352	598
Perú	181	402
Japón	101	101

Nota: Resumen de los países (PRO ECUADOR, 2013).

Producción de gasolina mezclada con etanol.

El proceso productivo de la gasolina Ecopaís se basa en el procesamiento de la caña y la obtención de etanol a partir del jugo de caña o guarapo. Por otro lado, se trabaja con el resultado de la refinación de petróleo para realizar una mezcla en base a naftas de alto octano y nafta base.

A continuación, se presenta gráficamente el proceso:

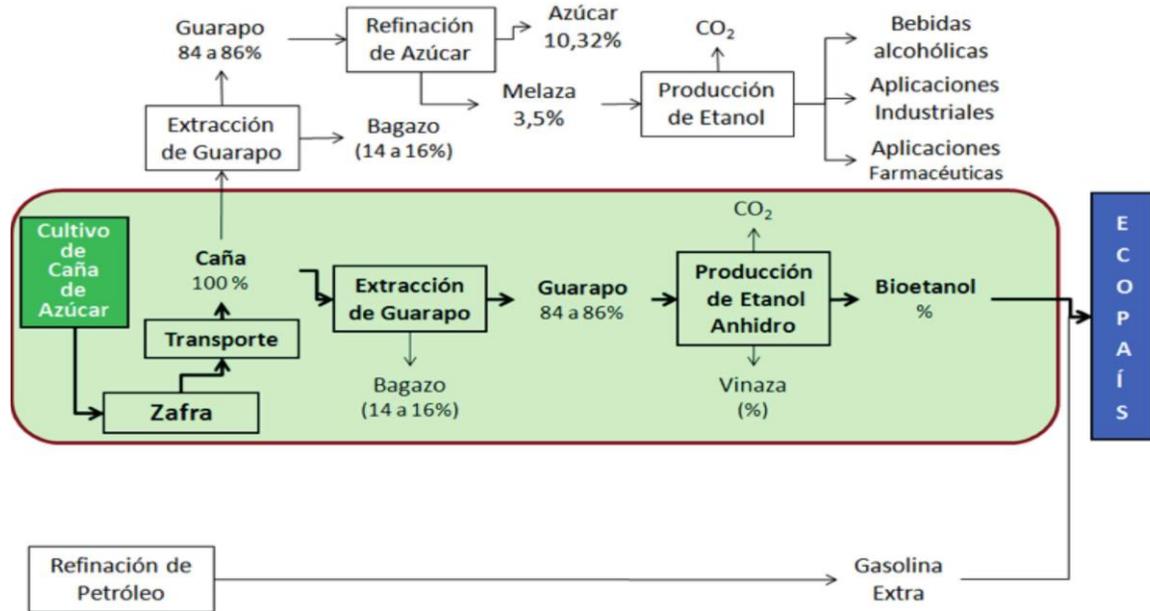


Figura 5. Proceso de obtención Ecopaís (PRO ECUADOR, 2013)

En la tabla 2 se aprecia los requisitos que debe cumplir el Etanol como combustible según la norma NTE INEN 2 478:2009, destaca el contenido de etanol para el combustible, acidez total y densidad que debe cumplir el etanol para ser utilizado como combustible. (INEN, 2009).

Tabla 2

Norma INEN 2009

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Metodo ensayo
Contenido de etanol	%	96.3	-----	ASTM D 5501
Densidad a 20°C	Kg/m3	-----	791.5	ASTM D 4052
Acidez total	Mg/100ml	-----	3	NTE INEN 341

Nota: (INEN, 2009)

Emisiones

Tolvett (2009), en su estudio afirma; “La mayoría de los inventarios de emisiones de fuentes móviles en Latinoamérica provienen de modelos internacionales de estimación de emisiones, en su mayoría estadounidenses o europeos. Modelos como COPERT, Mobile o IVE en sus distintas versiones se han utilizado completa o parcialmente en orden de establecer los inventarios que sirven como herramienta a los tomadores de decisión locales”. (Tolvett Caro, 2009).

Al tener un modelo Copert, el cual es un sistema de modelación de emisiones vehiculares llamado Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport (COPERT), es un programa elaborado en Visual Studio.NET 2003 de Microsoft y funciona en cualquier PC con Windows. Fue desarrollado como la herramienta europea para calcular las emisiones provenientes de los vehículos automotores en circulación. Es utilizado en la actualidad con su última actualización en Mayo 2017, posee normas Americanas, Europeas en relación a emisiones contaminantes emitidas por automotores (EMISA SA, 2017).

Tabla 3

Normas Europeas en relación a emisiones Subcategorías COPERT

Tipo de combustible	Peso del vehículo (toneladas)	Tamaño del motor (litros)	Tecnología del motor
Gasolina	Menor 3.5	Menor 1.4	PRE ECE
Diésel	Mayor 3.5	1.4 – 2.0	ECE 15/00-01
Gas Licuado de Petróleo	Mayor 7.5	Mayor 2.0	ECE 15/02
	7.5 – 16		EURO III
	32		EURO IV
			EURO V

Nota: (ECE, 2010)

En la tabla 3 se aprecia subcategorías en el modelo COPERT de emisiones basadas en el tipo de combustible, peso del vehículo, cilindraje y la tecnología del motor, en relación a estas se

evidencia en la tabla 4 mediante una descripción de las emisiones contaminantes ocasionadas por cada combustible utilizado.

Tabla 4

Contaminantes considerados en COPERT

Contaminante	Descripción
COV	Compuesto Organico Volatil
CO	Monoxido de Carbono
NO _x	Oxidos de Nitrogeno
PM	Particulas
CO ₂	Dioxido de carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Oxido Nitroso
NH ₃	Amoniaco

Nota: (Tolvett Caro, 2009)

O'Driscoll et al (2016) en su estudio afirma; que para la medición de emisiones en ruta se utiliza el modelo COPERT, que se encuentra instalado en el Sistema de Medición de Emisiones (PEMS). El estudio analiza 39 vehículos de pasajeros diésel Euro 6 en una prueba ruta compuesta por secciones urbanas y de autopistas. La muestra incluye vehículos instalados con escape recirculación de gas (EGR), trampas de NO_x pobre (LNT) o reducción catalítica selectiva (SCR). Los resultados muestran amplia variabilidad en las emisiones de NO_x de 1 a 22 veces el límite de aprobación de emisiones promedio de NO_x y 4.5 veces el límite de Euro 6. (O'Driscoll, y otros, 2016).

Duarte et al. (2016) en su estudio afirma; El consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes, tienen repercusión en el medio ambiente en este estudio se realizó un seguimiento de dieciséis vehículos de servicio equipados con diferentes tecnologías de propulsión (motor de encendido por chispa, motor de encendido por compresión, híbrido paralelo

e híbrido completo) fueron monitoreados usando un portátil sistema de medición de emisiones en condiciones reales de conducción para determinar los efectos que estos causan al medio ambiente. (Duarte, Gonçalves, & Farias, 2016).

Para el análisis de emisiones en ruta ON BOARD Kwon et al. (2017) informa; el manejo de Normas Euro 6 para emisiones de gases contaminantes y conocer el efecto de estos en la ciudad de Seúl, Corea. Para este estudio se probaron seis vehículos diésel y se analizaron los resultados de emisiones de NO_x de acuerdo con las rutas de conducción, las condiciones de manejo, los métodos de análisis de datos y la temperatura ambiente. En la figura 6 se aprecia la ruta de recorrido para pruebas ON BOARD, en la ciudad de Corea. (Kwon, y otros, 2017).

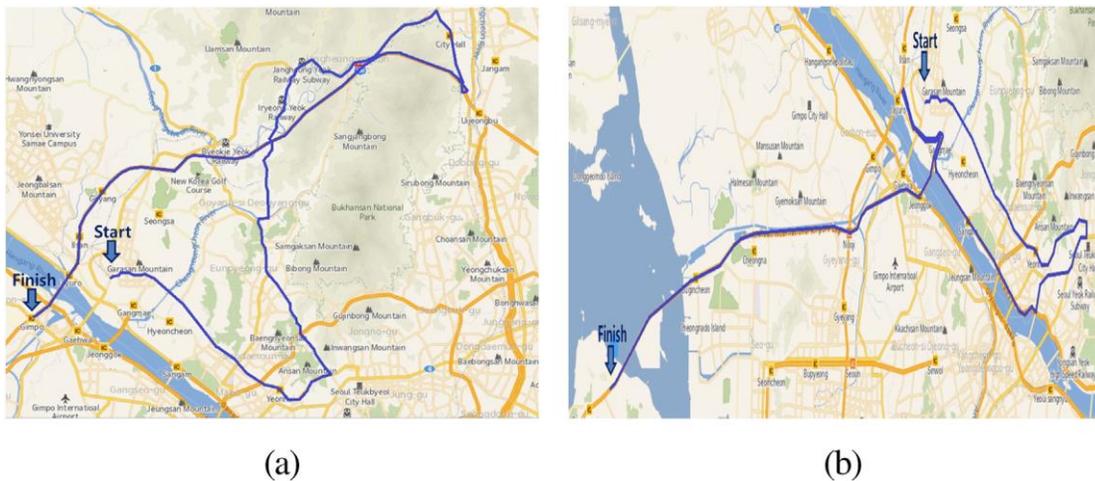


Figura 6. Ruta para pruebas On Board Seúl Corea (Kwon, y otros, 2017)

En su estudio Jung et al (2016) indica; “El objetivo de este estudio es estimar el kilometraje del vehículo recorrido (VKT) y las emisiones en la carretera utilizando el volumen de tráfico en zonas urbanas”. El alcance de este estudio está basado en las emisiones contaminantes por combustibles en la ciudad Incheon, Corea. Determinaron la incidencia del combustible en las

emisiones y la calidad de aire en Corea, aportando una alternativa ambiental que se encuentra en la Academia China de ciencias. (Jung, Jounghwa , Jeongsoo, Hong, & Park, 2016).

Wang & Fu (2012) en su investigación informa; “Las emisiones relacionadas con el tráfico en ruta se han convertido en las principales fuente de contaminación del aire en el área urbana de China”, demostrando en si la calidad de aire y las emisiones contaminantes arrojadas al medio ambiente por residuos de combustión. (Wang & Fu, 2012)

Sistema de encendido

Según Vallejo et al. (2006), menciona que los factores de contaminación ambiental son generados por fuentes móviles, donde la combustión deficiente de la mezcla aire-gasolina en los cilindros es el factor primordial para esta emisión de contaminantes. Por tal presenta su modelo de manipulación de energía y avance de la chispa para reducir la emisión de gases nocivos al ambiente y lograr el aumento de eficiencia. Este estudio demuestra que el sistema de encendido es parte vital en las emisiones ya que es el encargado de inflamar la mezcla y obtener el trabajo útil en un MCI (Calle-Vallejo, Echeverry, & Murillo, 2006).

La caracterización de degradación del sistema de encendido del motor, en relación al estado de las bujías producto de la combustión de los cilindros. Existen dos formas de conocer el estado del motor y la toxicidad que este emite al medio ambiente, la primera el análisis de gases del vehículo en ruta y el análisis estereoscópico del estado de la bujía en laboratorio.

Concepto. - Los sistemas de encendido tienen la función de producir la chispa con potencia suficiente para realizar una buena combustión. Los sistemas de encendido, en constante desarrollo, ofrecen alta tecnología, adecuada

especialmente para atender las exigencias de las diferentes ensambladoras de vehículos y el mercado de reposición automotriz, buscando siempre el mejor desempeño de los motores con la mínima emisión de gases contaminantes.

Los nuevos sistemas de alimentación de los motores modernos ya incorporan el encendido e inyección en un solo sistema, también conocido por gestión del motor. En general, estos motores utilizan una sola unidad de mando para controlar todo el sistema de alimentación (chispa y combustible). Sin embargo, antes de llegar a ese nivel, por muchos años los vehículos fueron equipados con el sistema de encendido convencional, compuesto de platino, condensador, etc.

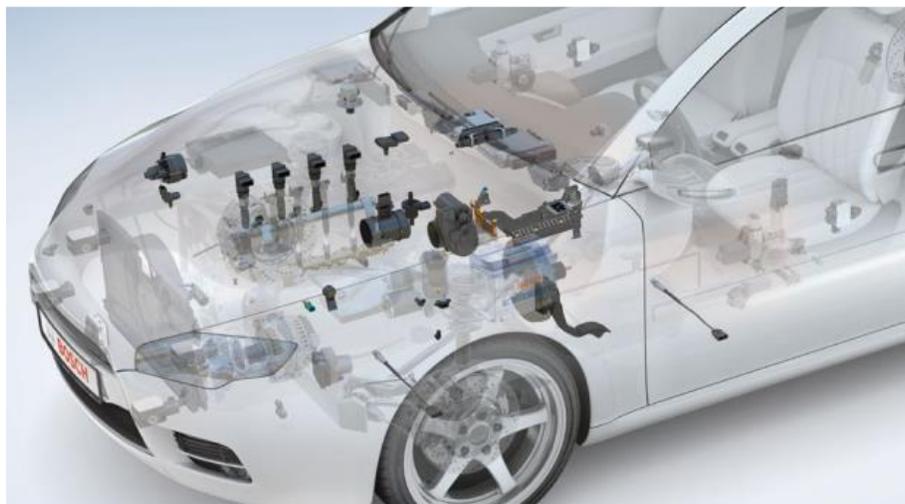


Figura 7. Sistema de encendido componentes (Bosch, 2015)

Tensión de la bobina de encendido. - La alta tensión necesaria para la producción de la chispa depende de muchos factores, incluso varía de vehículo en vehículo. Por ejemplo: cuando un vehículo es nuevo (cero kilómetros), todos los componentes del sistema de encendido están nuevos. A la medida que los componentes del sistema de encendido se desgastan, mayor será la

exigencia (demanda) de alta tensión es decir: cuanto mayor el desgaste de los electrodos (distancia), mayor será la necesidad de alta tensión y, consecuentemente, mayor el desgaste de la bobina. (Bosch, 2015)

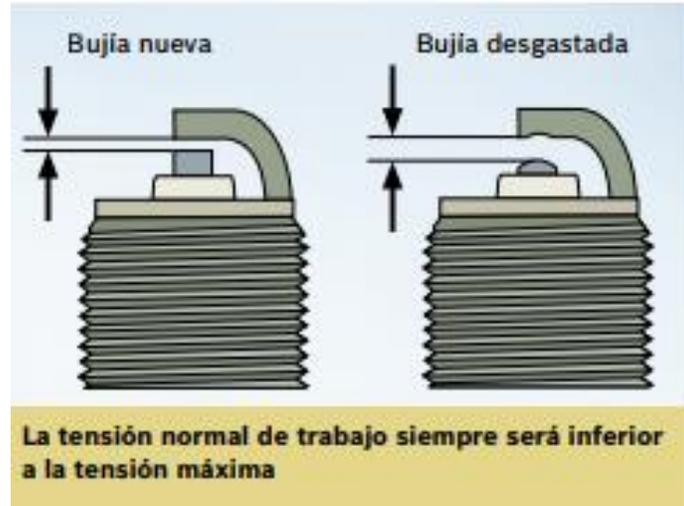


Figura 8. Estado bujía
(Bosch, 2015)

Exigencia de las bujías. - los motores de gasolina necesitan chispa para que se inicie la combustión: en el tiempo de compresión se inicia la combustión de la mezcla comprimida de combustible y aire, mediante una chispa eléctrica. La misión de la bujía de encendido es generar esa chispa. La chispa se produce a la alta tensión generada por la bobina de encendido y salta entre los electrodos. Partiendo de la chispa, se expande un frente de llamas por toda la cámara de combustión, hasta que se ha quemado la mezcla. El calor liberado aumenta la temperatura y la presión en el cilindro crece rápidamente presionándose así el émbolo hacia abajo. El movimiento es transmitido por la biela al cigüeñal – el cigüeñal propulsa al vehículo a través del embrague y los ejes. (BERU, 2014)

Distancia entre electrodos. - El espacio más corto entre los electrodos central y de masa de la bujía se denomina distancia entre electrodos. Se trata de la distancia a través del cual debe saltar la chispa de encendido. La distancia óptima entre electrodos de cada situación particular depende en parte del motor, y se determina en estrecha colaboración con el fabricante del vehículo. Es importante mantener una distancia entre electrodos con la máxima precisión, ya que si el espacio no es el correcto puede afectar negativamente a la función de la bujía y, por consiguiente, al rendimiento del motor.



Figura 9. Distancia entre electrodos
(BERU, 2014)

Ortiz et al. (2013) afirma; “La observación final presenta las mediciones mostradas en el campo magnético cerca de los electrodos en el diseño de un solo ánodo. Es tres veces más débil que en el diseño de alto rendimiento” Como se aprecia en la figura 10, existen varios residuos de combustión resultantes que se pueden analizar para conocer el funcionamiento del motor y la relación combustible-eficiencia. (Ortiz, Romero, Cueva, Jacobo, & Schouwenaars, 2013)

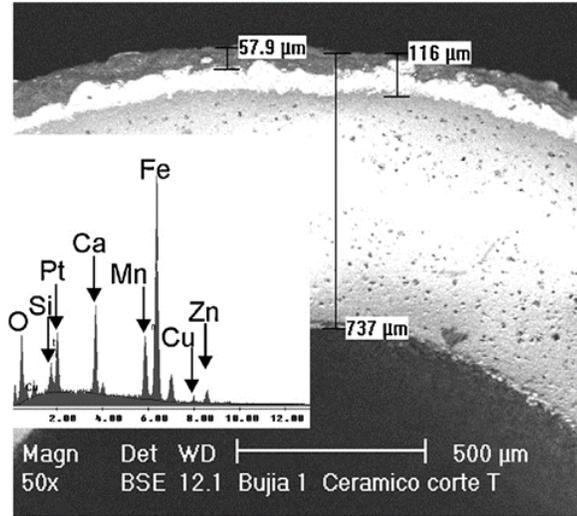


Figura 10. Análisis espectro métrico de la bujía (Ortiz, Romero, Cueva, Jacobo, & Schouwenaars, 2013)

Factores de emisión

Según Urbina (2016), el procedimiento para el cálculo de los factores de emisión parte del punto de desarrollar una formula molecular equivalente para el combustible. Es tal que el combustible contiene componentes de carbono e hidrogeno con cantidades despreciables de otros elementos para el propósito del balance de masa.

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

Tabla 5

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

Para el caso de la formula molecular equivalente CH_3 , va relacionado con el peso molecular del combustible y está dado por la ecuación 1 según Urbina, (2017):

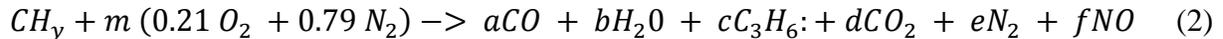
$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (1)$$

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 , H_2O , C_3H_6 , CO_2 , N_2 y NO que tienen gran importancia en el balance de la masa para la combustión según Frey & Einchenberger, (1997):



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

- m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido
- a = moles formados de CO por mol de combustible consumido
- b = moles formados de H_2O por mol de combustible consumido
- c = moles formados de C_3H_6 por mol de combustible consumido
- d = moles formados de CO_2 por mol de combustible consumido
- e = moles formadas de N_2 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	l	=	$a + 3c + d$	(3)

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

Elemento	Recatarte	=	Productos	
Oxigeno	$0.42 m$	=	$a + b + 2d + f$	(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 Jacome & Portilla Aguilar, 2010):

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

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

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

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):

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

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

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

Se considera como base principal del combustible al octano C₈H₁₈ (equivalente CH_{2.25}), se presenta la ecuación del peso molecular del combustible según (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010):

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

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

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 siguientes 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 según Frey & Eichenberger, (1997):

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

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

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

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

Método

Para alcanzar los objetivos propuestos dentro de la investigación, se debe determinar los parámetros por los cuales se va a llevar el estudio, es por tal razón que el presente trabajo se desarrolla en dos fases, la primera fase es la investigación exploratoria y la segunda es experimental con el desarrollo del estudio para alcanzar los objetivos planteados.

La fase de la investigación exploratoria está en base a estudios, artículos e investigaciones compartidas por diferentes autores, entre los cuales se determina la incidencia del combustible en el medio ambiente, factores de emisiones contaminantes, rutas para realizar el estudio, en la salud humana y en el correcto funcionamiento del motor. Toda esta información se presenta en tesis realizadas en el país y en el continente, así como en artículos científicos a nivel mundial donde se expone información relacionada al tema de forma más general.

Ciclo básico de la investigación experimental

El desarrollo de la investigación experimental parte de un problema al cual se observa para definir hechos, y poder generar la hipótesis con la finalidad de generar posibles predicciones o soluciones mediante pruebas a realizar para lograr una validación, con la finalidad de contribuir con un nuevo conocimiento que contribuya a la solución de un problema y ayudar al enriquecimiento personal. En la figura 11 se aprecia lo expuesto.

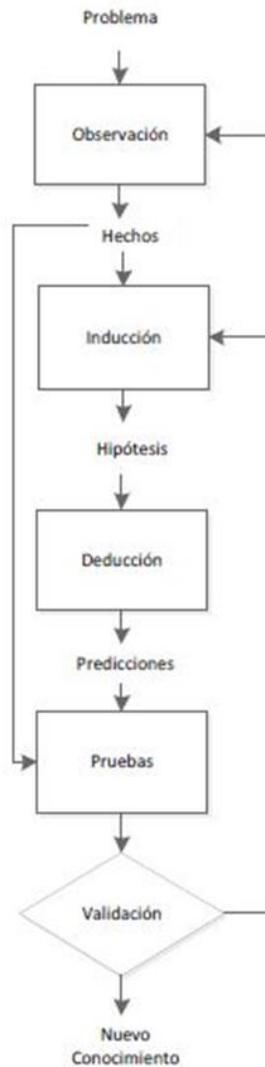


Figura 11. Flujograma de ciclo básico de investigación experimental (Lopez Teran, 2013)

Con base a lo expuesto se determina el flujograma de “Caracterización De Degradación De La Bujía Del Sistema De Encendido A Efectos Del Combustible Y La Evolución De Las Emisiones De Los Motores De Encendido Provocado.”, para determinar los alcances que debe llegar la investigación.

No existe información específica en el país sobre degradación del sistema de encendido con mezclas de combustible convencional y varios porcentajes de etanol.



Existe información importante sobre emisiones, consumo de combustible, factores de emisión, sistemas de encendido en el Distrito Metropolitano de Quito



El consumo de Ecopais esta en aumento a nivel nacional y sus perspectivas a futuro van en aumento con el hecho de que en los proximos años se comercializara en el DMQ



El desarrollo del estudio, fue recopilado con articulos cientificos que utilizaron biocombstibles y su incidencia en el medio ambiente, ademas de analizar tesis de maestrias con temas relacionados a la salud, emisiones contaminantes, factores en bujias de encendido a nivel nacional y mundial.



La eficiencia del motor está relacionada al tipo de combustible y el proceso de combustión y estos a su vez presentan una correlación con la altura en la que se encuentre el vehículo.



Conocer las estrategias metodologicas para el desarrollo de la investigación y desarrollo de las pruebas experimentales.



Determinar los factores externos que puedan afectar la investigación y las pruebas experimentales



PRUEBAS EXPERIMENTALES



Definir los resultados de la investiugacion y pruebas experimentales



Determinar la degradacion del sistema de encendido en el motor

Figura 12. Flujograma caracterización del sistema de encendido

Estrategia metodológica

La investigación se basa en una cadena lógica de pasos que se aprecia en la figura 13, en la que consta de una estrategia metodológica dividida en tres fases para obtener el resultado del estudio y alcanzar los objetivos.

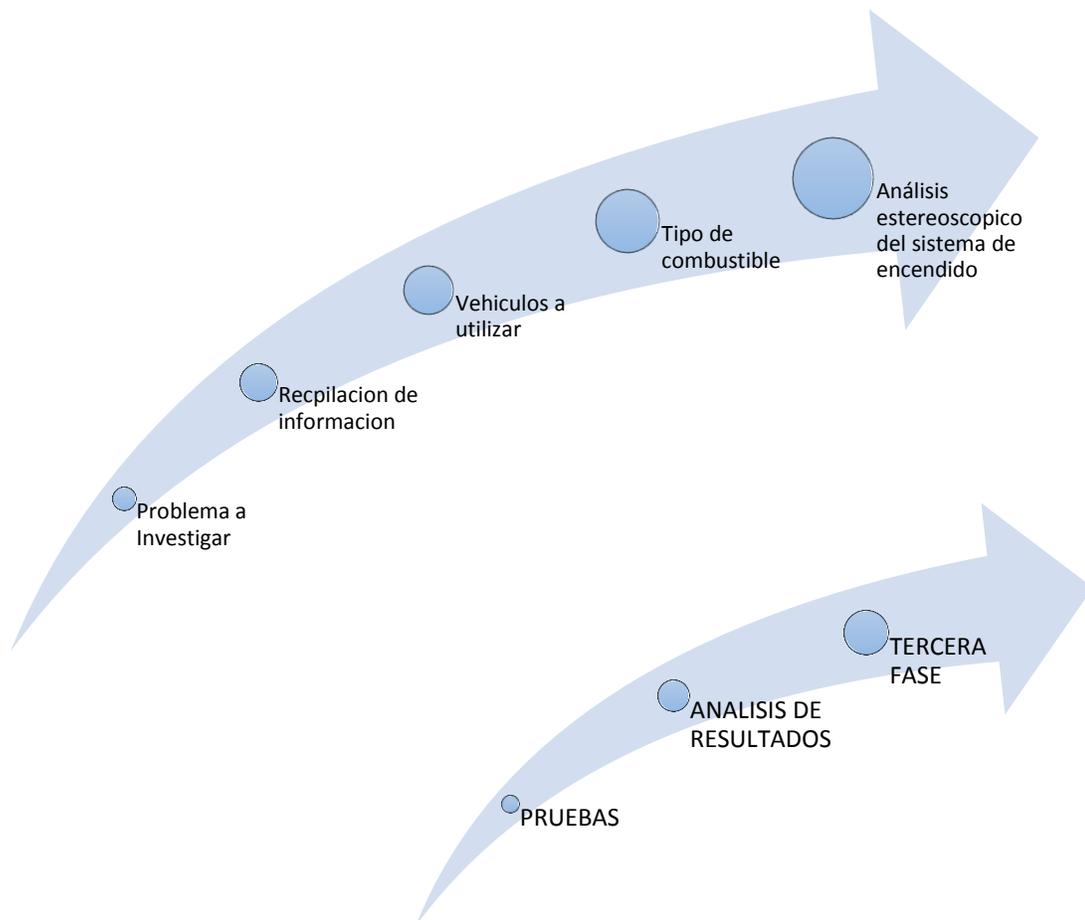


Figura 13. Fases metodológicas

Primera fase de la estrategia metodológica.

Esta etapa define el problema a investigar, la recopilación de información referente al mismo, los vehículos a utilizarse, el tipo de combustible determinado en cada prueba, análisis estereoscópico del sistema de encendido, el tipo de pruebas on board y los equipos a utilizarse durante la prueba.

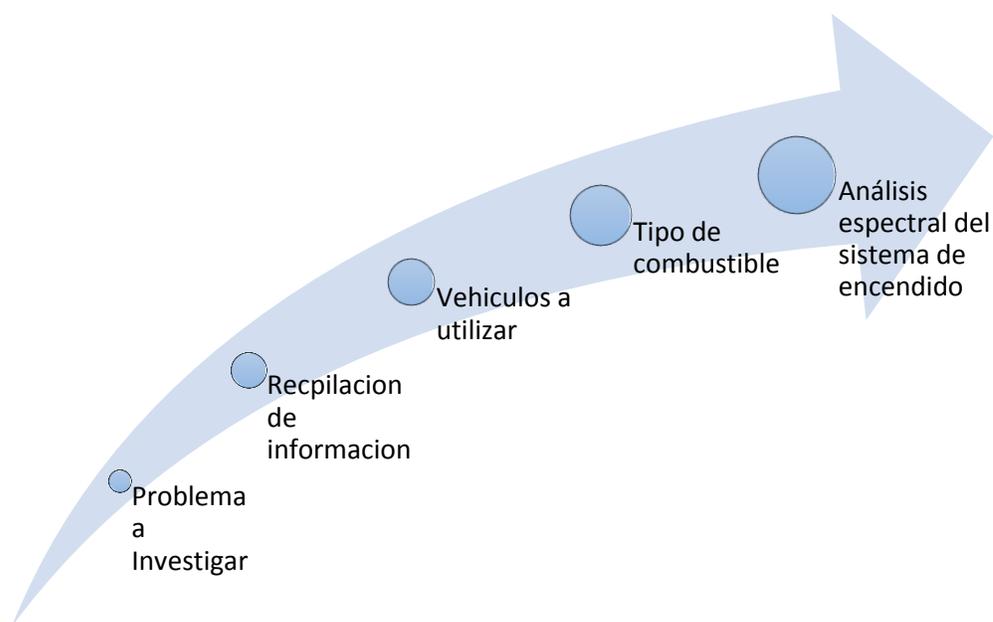


Figura 14. Primera fase de la estrategia metodológica

Problema a investigar.

El problema a investigar consiste en estudiar la degradación del sistema de encendido del vehículo (bujías) mediante un análisis estereoscópico de las bujías de encendido con la utilización de combustible convencional (Extra) y etanol (Ecopaís) para su funcionamiento. Además, analizar la variación positiva o negativa en las emisiones contaminantes mediante pruebas ON BOARD en vehículos con la utilización de varias propuestas de combustibles con la

adición de etanol en el Distrito Metropolitano de Quito, considerando que la altitud de los 2800 metros es relevante respecto a los estudios revisados y desarrollados hasta la actualidad.

Recopilación de la información. – para la realizar este estudio se realizó la recopilación de información en determinadas fases; la primera consta de revisión de temas relacionados con la producción, comercialización e información sobre combustibles Ecopaís y Extra. La siguiente fase trata sobre estudios realizados con combustibles convencionales y etanol, en referencia a emisiones contaminantes y consumo de combustibles. En la última fase se evidencian estudios relacionados al sistema de encendido, claramente identificados al estado y repercusión de la combustión en las bujías de encendido. Como parte inicial de esta investigación se basa en normativa vigente sobre emisiones dentro del país, así como normas internacionales como las EURO que califican la calidad de aire en relación a los residuos de combustión.

Vehículos a utilizar.

Los vehículos a utilizar son dos, entres sus características se optó por vehículos de la Marca Chevrolet ya que es la firma que en su gran mayoría se comercializa en el país, se obtiene entonces un automóvil y una camioneta, con cilindrajes de 1800 cc y 2400 cc respectivamente, como se aprecia en el Anexo 1 y 2.

En la tabla 6 se aprecia la marca de los vehículos, las características como cilindrada, modelo y combustible que permite la propulsión.

Tabla 6

Características de los vehículos a utilizar para el estudio

Marca	Chevrolet	Chevrolet
Modelo	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2
Cilindrada (cc)	1800	2400
Placa	ICP0673	PCC4176
N° de Motor	F18D3093673K	C24SE31031865
Cilindros	4 EN LINEA	4 EN LINEA
Motor Max. Potencia (HP / rpm)	124 HP / 4800 rpm	119.40 HP / 5800 rpm
Max. Torque (Nm / rpm)	195 Nm / 3600 rpm	165 Nm / 4000 rpm
Transmisión (Manual/Automática) [N°]	Manual (5A + 1R)	Manual (5A + 1R)
Kilometraje (Km)	132528	196811

Tipo de combustible.

Para este estudio se toma en cuenta varias propuestas de combustible que se combina entre mezclas del 5%, 10% y 15% de etanol en mezclas de combustibles tradicionales que se comercializan en el país.

Tabla 7

Tipos de combustibles a utilizar

Tipo de combustible	Características
Gasolina extra	Gasolina convencional
Gasolina extra al 5%	Gasolina convencional adicionada 5% de etanol
Extra al 15%	Gasolina convencional adicionada 15% de etanol
Súper al 5%	Gasolina convencional adicionada 5% de etanol
Súper al 15%	Gasolina convencional adicionada 15% de etanol

Análisis estereoscópico del sistema de encendido.

Para el presente estudio se realiza pruebas estereoscópico en las bujías de encendido según Ortiz et al (2013), la eficiencia del motor depende en gran medida de la eficacia de encendido de las bujías, debido a la combustión en la bujía se forma, entre bordes agudos o protuberancias en las superficies del electrodo. Para esto se realiza pruebas en laboratorio para determinar estos efectos ocasionados por la combustión en la bujía. (Ortiz, Romero, Cueva, Jacobo, & Schouwenaars, 2013).

Mediante pruebas en laboratorio con microscopio se mide la degradación de la bujía por cada cilindro, en relación a los diferentes combustibles a utilizar, de tal manera se puede determinar el estado de cada cilindro en relación al trabajo a desarrollar y las diferentes temperaturas de funcionamiento por mezclas de etanol en los combustibles tradicionales que se comercializa en el país.

La característica de este ensayo en laboratorio, se puede caracterizar cada cilindro mediante capturas fotográficas, realizar mediciones de los componentes de la bujía en relación a la degradación al utilizar diferentes propuestas de combustibles.

La principal desventaja de este proceso, radica en la certeza y confiabilidad que el usuario de a las mediciones, es decir la forma que las realice entre ellas destaca, el tipo de lente a utilizar, la forma de ubicar la muestra, la capacidad de análisis y el progreso de cada muestra.

Pruebas ON BOARD

Para el presente estudio se plantea realizar pruebas ON BOARD, la prueba de medición a bordo “ON BOARD” 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 Teran, 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 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.

Tabla 8

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.

Canister o 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 brindar 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.

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 realizara a 2800 msnm aproximadamente. En la tabla 9 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.

Tabla 9

Rangos de medición equipo AXION GO

Tipo	Rango de medición	Precisión	Resolución
Medición de O ₂ 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

Segunda fase de la estrategia metodológica.

En esta etapa se define el protocolo de pruebas, y la ruta a elegir para la ejecución de las pruebas, como se muestra en la figura 15.

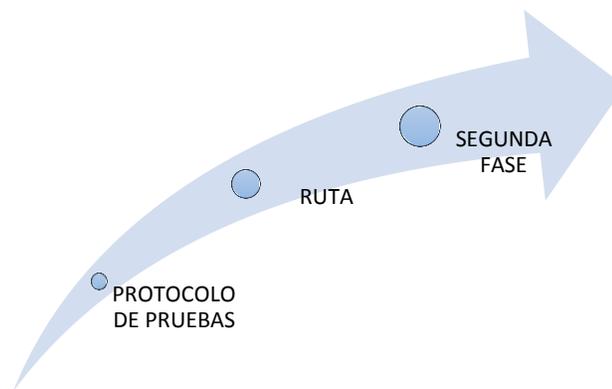


Figura 15. Segunda parte estrategia metodológica

Protocolo de pruebas.

La prueba se realiza en un ciclo real de ruta en el Distrito Metropolitano de Quito, según Urbina (2016); “esta prueba se realiza con un equipo de medición de gases ON BOARD, el mismo que va instalado en el interior del vehículo, permitiendo obtener mediciones de CO, CO₂, HC, O₂, NOX, en condiciones reales de funcionamiento, además se utiliza un ciclo de ruta que consta dos tramos: uno en ciudad y otro en carretera”. (Urbina Guzmán, 2016)

Para el estudio se propone realizar 30 pruebas de ruta, se considera 15 pruebas por cada vehículo (2 vehículos utilizados), cada automotor realizara 15 pruebas con varias propuestas de combustible en las que denotan combustibles de comercialización local y otras con diferentes mezclas de etanol anhidro al 99%. En la figura 16 se aprecia una distribución del análisis de datos al usar el sistema ON BOARD.

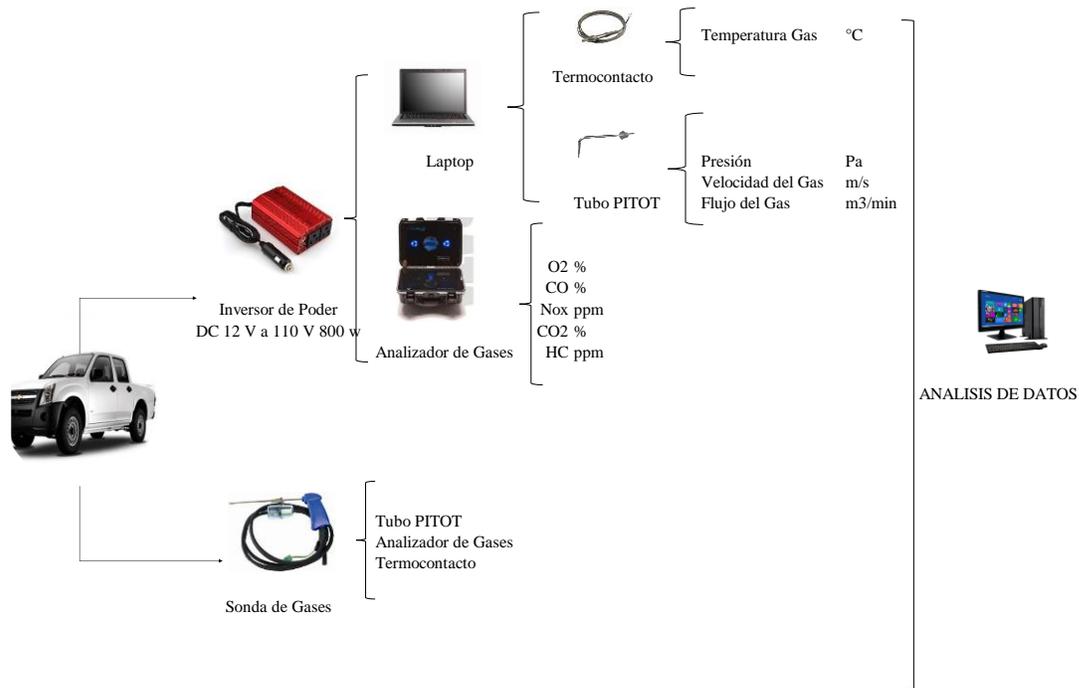


Figura 16. Análisis de datos sistema ON BOARD

A continuación, se presenta el procedimiento realizado para la toma de datos en el sistema ON BOARD:

1. El vehículo se encuentra en temperatura de funcionamiento, es decir previamente el automotor se encontró encendido alrededor de 15 a 20 minutos, para alcanzar la temperatura de operación.
2. Se debe verificar que el sistema de escape no presente fugas, ya que estas pueden alterar la validación de los resultados, como se aprecia en la figura 17.



Figura 17. Inspección visual del sistema de escape

3. Instalar el equipo ON BOARD, en el habitáculo del vehículo, como se aprecia en la figura 18.



Figura 18. Instalación del equipo ON BOARD en el habitáculo.

4. La fuente de energía es a partir de la batería, es decir 12 V, que conecta al equipo con conexiones el habitáculo, como se puede observar en la figura 19.



Figura 19. Instalación del sistema eléctrico.

5. Realizar las conexiones entre el Canister o tanque de combustible y el riel de inyección del vehículo mediante las cañerías preestablecidas que constan en el equipo, como se muestra en la figura 20.



Figura 20. Conexión del canister a la riel de inyectores.

6. Instalar el Canister con las conexiones ya establecidas, para simular el funcionamiento de la bomba de combustible del vehículo. En este caso la presión establecida es de 50 PSI que debe ser proporcionada por el copiloto el cual se encarga de

mantener esta presión de forma manual, por todo el trayecto y tiempo que demore la ruta. Este Canister trabajara con 5000 ml que serán proporcionados por el copiloto mediante una probeta normalizada, para mitigar el margen de error, y la misma probeta se ejecutara al finalizar la prueba para constatar el consumo de combustible en cada una de las 30 mediciones a realizar. En la figura 21, se aprecia el canister con sus respectivas conexiones.



Figura 21. Canister, conexiones y probeta normalizada para mediciones.

7. Colocar la sonda de gases en el circuito de escape del vehículo, es decir el tubo de escape, sujetar por medio de una amarra metálica para mantener fijo el equipo y asegurar las mediciones del mismo, en la figura 22, se puede observar la manera de instalar la sonda de gases.



Figura 22. Colocación de la sonda de gases en el sistema de escape del vehículo.

8. Asegurar la conexión entre el analizador de gases y la sonda para obtener los datos de cada medición en tiempo real para poder realizar el posterior análisis.

9. Encender el equipo ON BOARD, mediante dos tanques previamente cargados, el primero con Oxígeno y el segundo con CO, CO₂ y HC, se realiza la calibración del equipo para obtener medidas precisas en lo largo del trayecto. En las figuras 23 y 24 se muestra los tanques para la calibración y el equipo utilizado para las mediciones.



Figura 23. Tanques de calibración.



Figura 24. Equipo ON BOARD.

10. Se realiza una prueba de conexión para verificar que el equipo se encuentre en funcionamiento y los valores arrojados sean los necesarios para la medición, en el caso de obtener resultados positivos, se procede a desplazarse al lugar donde se empieza la ruta.

11. Seguir la ruta establecida, para este caso el conductor debe ser el mismo en cada una de las 30 pruebas a realizar, para evaluar los datos con la manera de conducir de la misma persona y no tener variación en los valores obtenidos, en la figura 25, se evidencia el inicio de la ruta en el puente 5 de la Autopista general Rumiñahui.



Figura 25. Inicio de ruta.

12. La cantidad de consumo de combustible, es proporcionada por el Canister. Al terminar cada trayecto el restante de combustible es enviado a una probeta y comparamos los valores iniciales y finales, como se puede observar en la figura 26, para obtener el consumo de combustible en cada prueba.

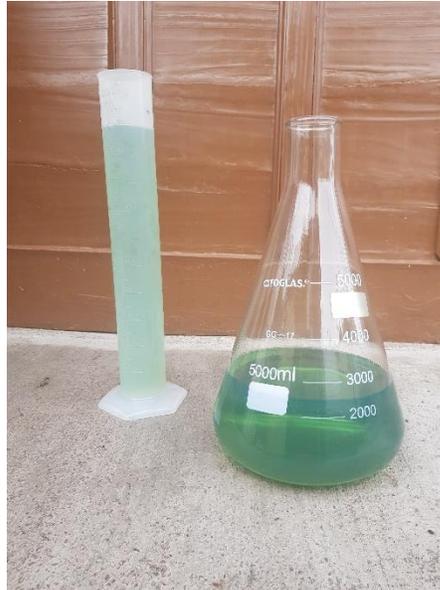


Figura 26. Probetas normalizadas para medir consumo de combustible.

13. 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.

Para el estudio cada vehículo debe completar 15 pruebas de ruta, divididas en 3 pruebas con Extra convencional, 3 pruebas con Extra adicionado el 5 % de Etanol (Ecopaís), 3 pruebas con Extra adicionada el 15 % de Etanol, 3 pruebas con Súper adicionado el 5% de Etanol y finalmente 3 pruebas con Súper adicionado el 15% de Etanol, para este estudio se tomó en cuenta que el vehículo realizara cada prueba en temperatura normal de operación, para aprovechar las características normales de funcionamiento del automotor, así como la cantidad de emisiones arrojadas al ambiente en un correcta operación de trabajo del motor por la temperatura ideal del mismo.

En la tabla 10, se describe el protocolo de pruebas por vehículo y las diferentes mezclas de combustibles con su determinada densidad.

Tabla 10

Protocolo de pruebas On Board y propuestas de combustibles

Combustibles	Número de pruebas	Densidad a 20°C
Extra	3	734 Kg/cm ³
Extra al 5% Etanol	3	738 Kg/cm ³
Extra al 15% Etanol	3	746 Kg/cm ³
Súper al 5% Etanol	3	750 Kg/cm ³
Súper al 15% Etanol	3	762 Kg/cm ³

Ruta.

Para la elección de la ruta se efectuó un análisis, sobre las diferentes propuestas a disposición, según Quinchimbla (2017) “los determinados ciclos de conducción proponen valores reales de consumo de combustible en el DMQ” es por tal que la ruta a escoger debe ser una mezcla entre carretera y ciudad, que tenga los puntos más altos y bajos en altitud. De tal manera la ruta establecida se describe a continuación ya que cumple con todos los rangos y características antes establecidas (Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017).

La ruta inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de la Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av. Colon con la 12 de Octubre); recorriendo una distancia de 7993 m de parte Suburbana y 7680 m de parte urbana, con una longitud total de 15673 m, en la figura 27, se aprecia la ruta especificada para las pruebas ON BOARD, que identifica de mejor manera el desempeño del vehículo en relación a la altura y emisiones contaminantes. (Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017)

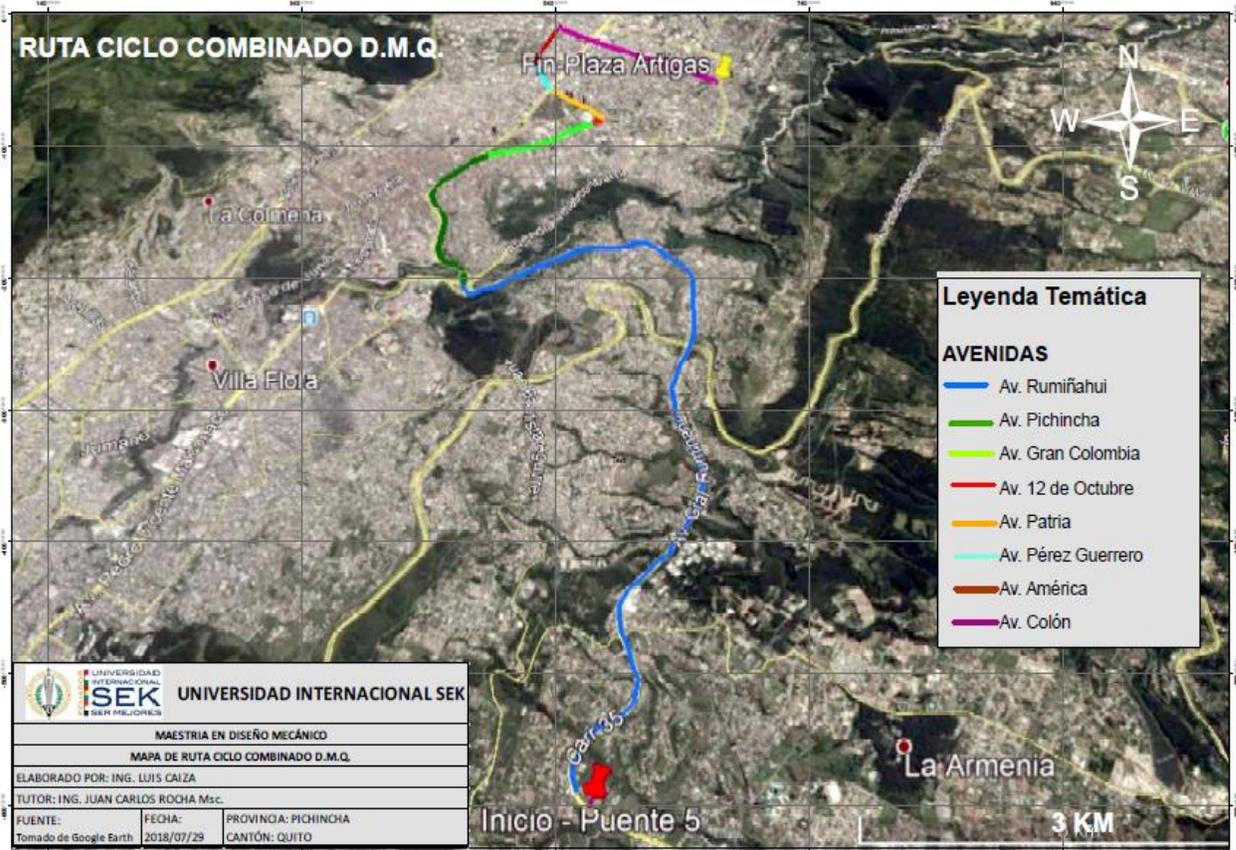


Figura 27. Ruta ON BOARD
(Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017)

Para el estudio se comprende que, en el perímetro de la ciudad, existen controles de velocidad alrededor de la misma, es por tal razón que la velocidad no debe sobrepasar los 50 km/h en el tramo urbano, en el caso de carretera la velocidad no debe sobrepasar los 90 km/h, debido a los constantes controles de velocidad y a los numerosos radares en el contorno urbano.

La ruta contempla los puntos más altos y bajos, que encontramos en el Distrito Metropolitano de Quito, es decir en la Avenida Gral. Rumiñahui a la altura del puente que se intersecta con la Av. Simón Bolívar, obtenemos 2877m (el punto más alto en la ruta), por el contrario, los puntos con menor altura son El trébol con 2755 m y en la Av. Rumiñahui con 2619 m (altura del puente 5), como se aprecia en la figura 28.



Figura 28. Altitud establecida en la ruta combinada.

La ruta inicia con dos tramos, el primero el tramo de Carretera se divide en dos secciones. La primera Ascenso por lo largo de la Av. Rumiñahui donde se obtendrá los datos para el análisis posterior, la segunda contempla el descenso en la carretera hasta el Trébol que nos arroja la segunda medición para la discusión. El Segundo tramo está basado en la zona urbana que empieza en el Trébol y finaliza en la plaza Artigas, para este estudio se contempla el clima, el tráfico, la cantidad de vehículos y la temperatura ambiente. Los datos arrojados por el equipo nos permiten tener una discusión sobre las diferentes alternativas de combustibles a utilizar y su repercusión al medio ambiente.

Análisis estereoscópico digital.

Para este estudio se plantea el análisis de dos combustibles, el primero un combustible convencional que se comercializa en a nivel nacional, y el segundo, un combustible basado en proporciones del 5 % de Etanol Anhidro al 99%.

Este análisis se enfoca en la degradación de la bujía de encendido, mediante la utilización de combustibles convencionales y con base de etanol. Para cumplir el objetivo de esta

investigación se utiliza dos automotores que se detallaron anteriormente, cada uno de estos debe realizar un recorrido de 4000 Km con cada mezcla de combustible.

Según El-Faroug et al. (2016), “Los efectos del etanol hidratado y sus mezclas con combustible de gasolina, denota el rendimiento y características de los motores en determinadas etapas del proceso de combustión”, para el análisis de este estudio, se realiza mezclas de etanol al 10% y 40% con combustibles comerciales. (El-Faroug , Fuwu, & Luo , 2016)

En la tabla 11, se detalla las características técnicas del equipo a utilizar para el análisis de estereoscopio.

Tabla 11

Especificaciones técnicas del estereoscopio digital

Características	Especificación	Detalles	
Método de observación	Fluorescencia (excitaciones verde/azul)	✓	
	Fluorescencia (excitaciones ultravioleta)	✓	
	Luz polarizada simple	✓	
	Campo claro	✓	
	Campo oscuro	✓	
Zoom	Índice de zoom	16.4	
	Indicación de aumento	0,7, 0,8, 1, 1,25, 1,6, 2, 2,5, 3,2, 4, 5, 6,3, 8, 10, 11,5	
	Motorizado AS	✓ ● Incorporado	
Revólver porta objetivos	Manual	Tipo estándar ✓	
	Tubos de observación	Gran campo (número de campo 22)	Trinocular ✓
Ángulo de inclinación del tubo		Trinocular inclinable	✓
		Cabezal trinocular ergonómico largo de inclinación variable	✓ (El aumento intermedio es 1.25X)
● Selección de la trayectoria de luz del cabezal trinocular (Cámara: Observación)			● 5 - 45° ● 30° 50 % : 50 %, 0 % : 100 % 0 % : 100 %, 100 % : 0 %
● Ajuste de la distancia interpupilar		● 51 - 76 mm ● 52 - 76 mm ● 57 - 80 mm	

A continuación, se describe el procedimiento a realizar para el análisis de estereoscopio;

1. Se realiza el mantenimiento preventivo del vehículo, entre los cuales se destaca la limpieza de inyectores, el cambio de bujías, remplazo de filtros de aire y combustible, etc.
2. Durante 4000 km, el vehículo debe abastecerse con la mezcla de combustible necesaria, para el análisis del estudio, en la figura 29 se aprecia las bujías desmontadas y listas para el análisis estereoscópico.



Figura 29. Bujías Optra previas análisis estereoscópico.

3. Al culminar este recorrido, se debe obtener las bujías del vehículo y separar cada una desde el cilindro de donde fue extraída.
4. Cada juego de bujías, debe ser analizada por el estereoscopio, en la figura 30 se muestra el equipo que se utiliza para el análisis.



Figura 30. Equipo estereoscópico digital.

5. Para el análisis de microscopio, se necesita cada juego de bujías obtenidas por las pruebas de recorrido, y un juego de bujías nuevas para realizar la comparación, como se puede observar en la figura 31, y poder caracterizar la degradación de cada bujía por cada cilindro.

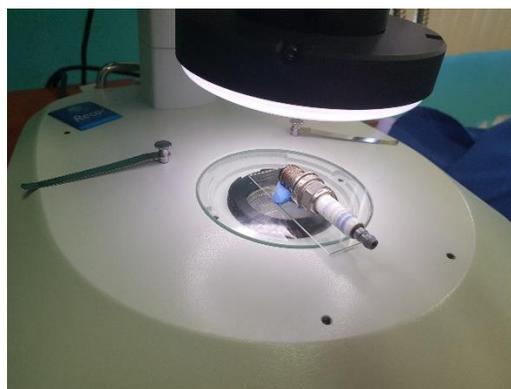


Figura 31. Análisis estereoscópico en bujía de encendido.

6. Cada bujía, ingresa en el microscopio y es analizada en los parámetros de desgaste, análisis térmico, capturas digitales y medición de la bujía, como se aprecia en la figura 32.



Figura 32. Análisis de información de bujías de encendido.

7. Para finalizar, los datos arrojados se analizan mediante un software especial conectado al equipo, en el cual permite realizar las mediciones, verificar fisuras y conocer el desgaste de cada bujía con la utilización de las dos propuestas de combustibles las cuales son Extra y Extra al 5%.

Análisis térmico Bujía de encendido.

Para este caso el análisis térmico de la bujía de encendido, se efectúa con la intervención de dos softwares el primero Siemens NX que nos permitió realizar el modelo CAD de la pieza a trabajar y el segundo ANSYS que nos permitió realizar 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 modelado de cada componente que contiene la bujía de encendido en la figura 33, 34, 35 y 36, se aprecia los diferentes componentes de la bujía en software NX.



Figura 33. Roscado bujía de encendido NX

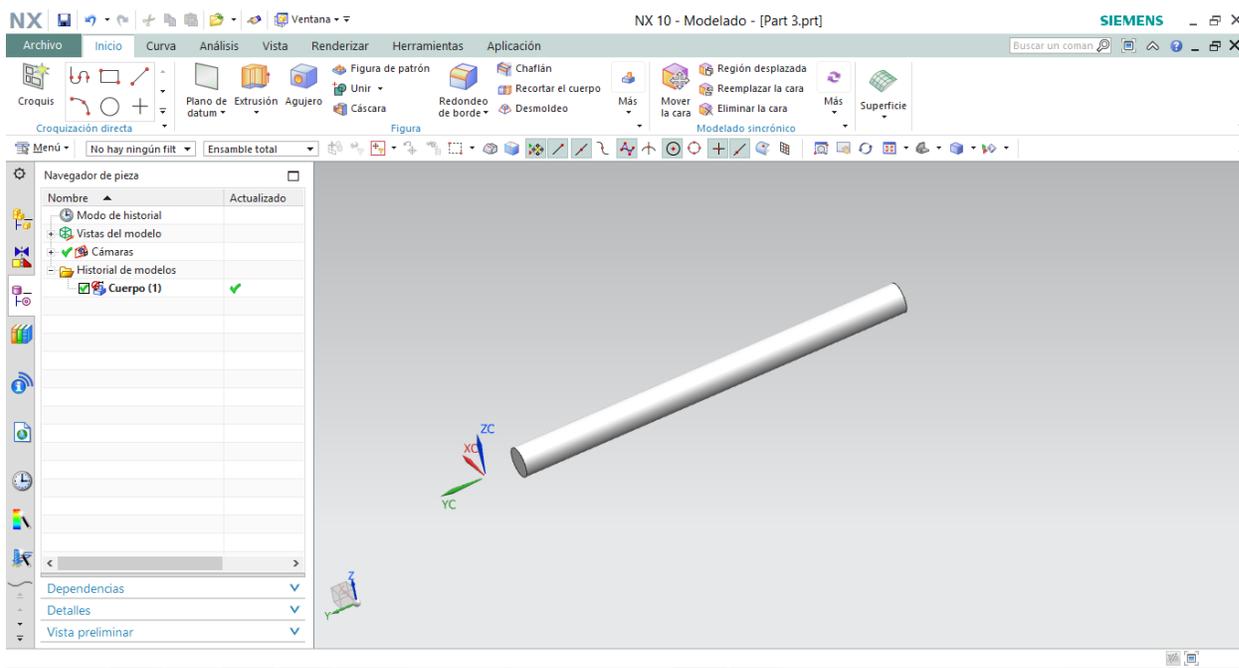


Figura 34. Electrodo bujía de encendido NX.

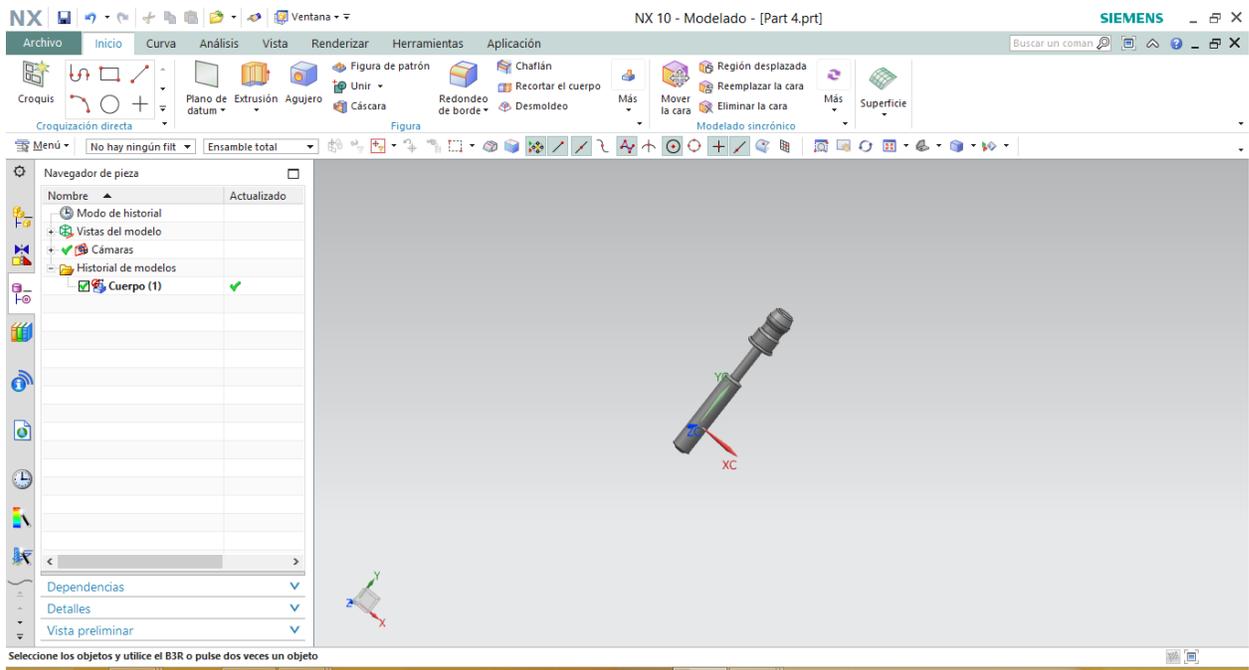


Figura 35. Conexión bujía de encendido NX.

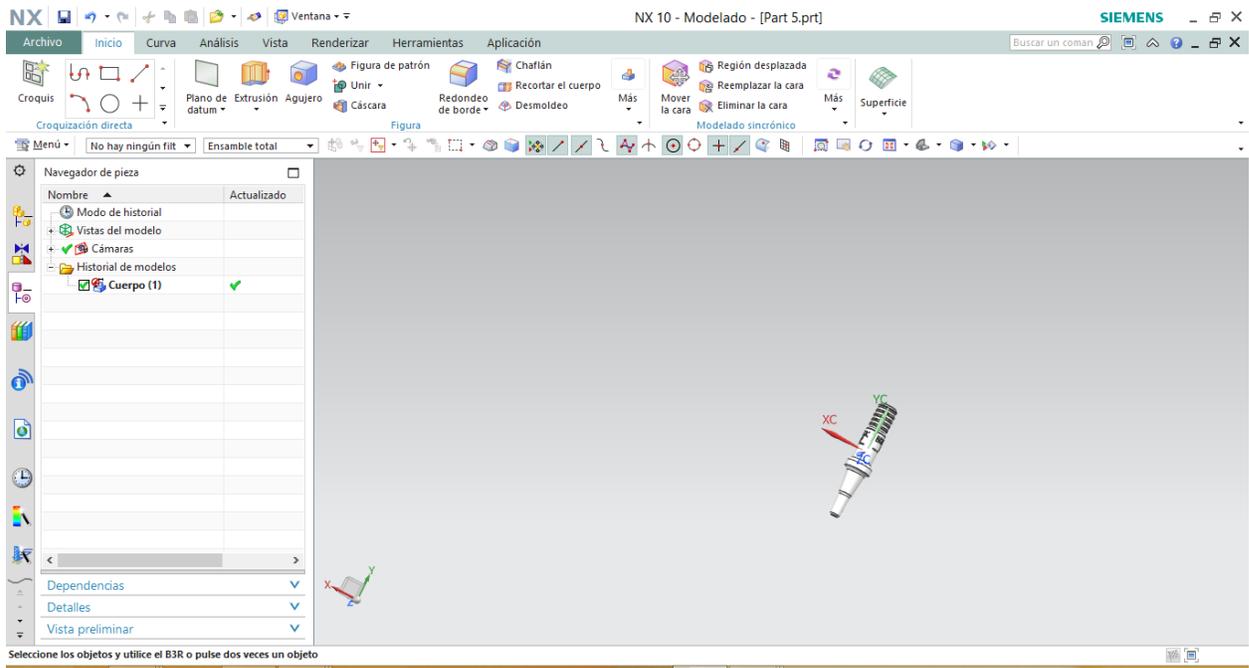


Figura 36. Cuerpo bujía de encendido NX.

- Una vez obtenidos los componentes de la bujía de encendido se procede a realizar el ensamble de la misma para obtener el componente final que nos servirá para la simulación, como se puede observar en la figura 37.



Figura 37. Pieza a ensamblar NX

- Una vez ensamblado cada uno de los componentes se obtiene ya la pieza final para el trabajo a realizar, como se aprecia en la figura 38.

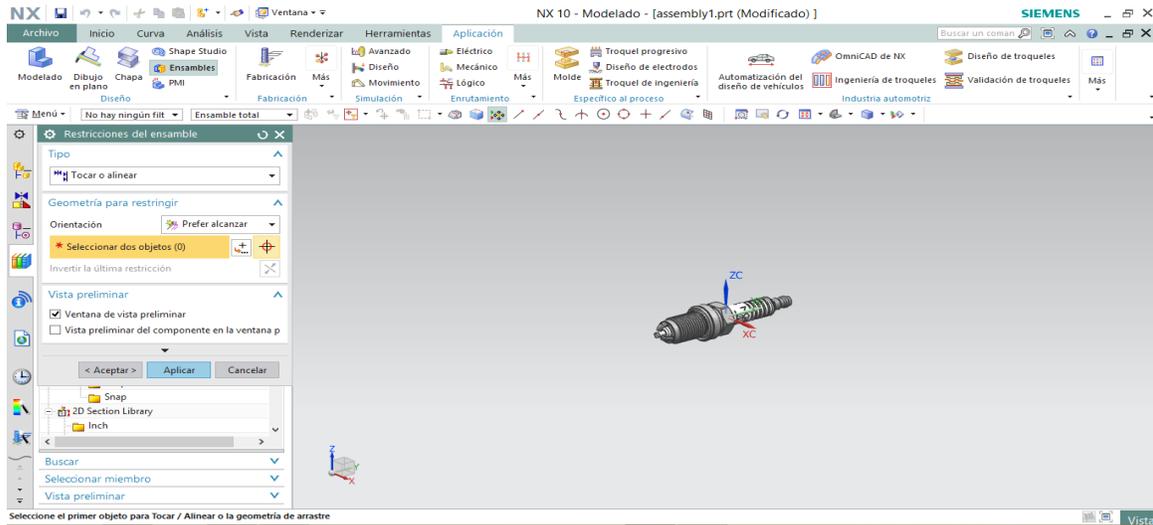


Figura 38. Ensamble final bujía de encendido NX

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

A continuación, se presenta el análisis térmico del componente ensamblado en el sistema ANSYS, para su posterior estudio;

1. Una vez abierto el programa ANSYS, seleccionar análisis térmico estático, como se muestra en la figura 39.

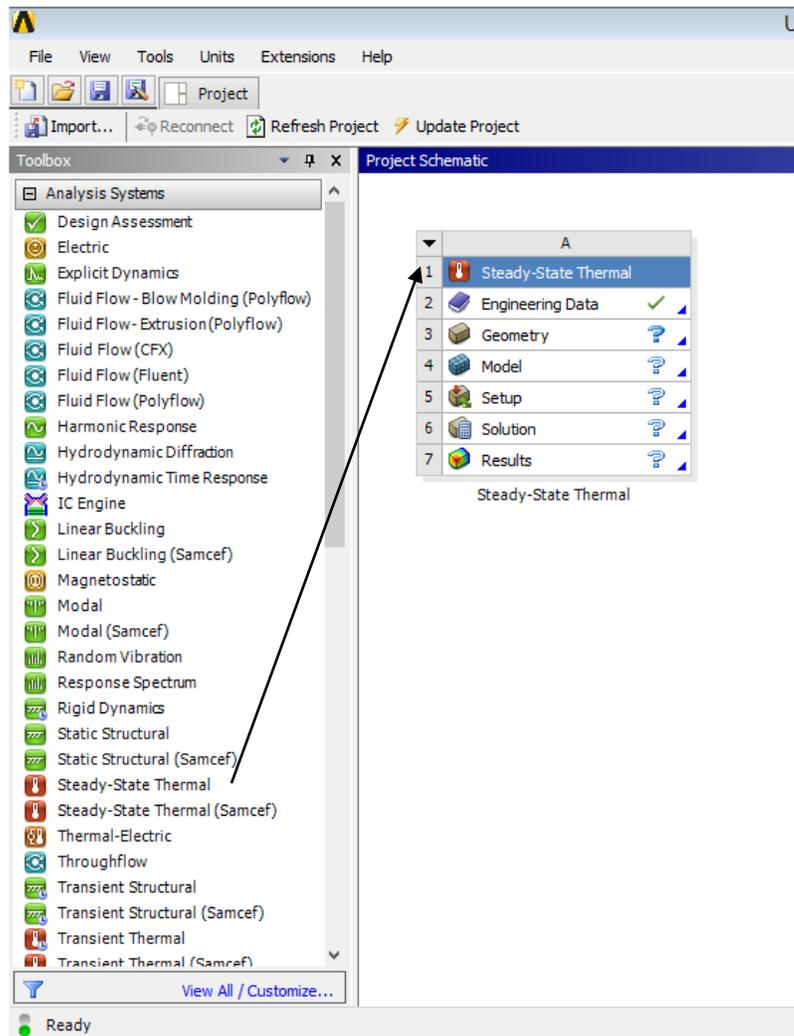


Figura 39. Selección análisis térmico ANSYS

2. En Engineering data, clic derecho, seleccionar editar. Para agregar los materiales, como se muestra en la figura 40, En la pestaña aparecen los materiales a seleccionar, en este

caso se escoge níquel para el electrodo, acero al carbono para el roscado, la tuerca y cerámica para el cuerpo de la bujía de encendido

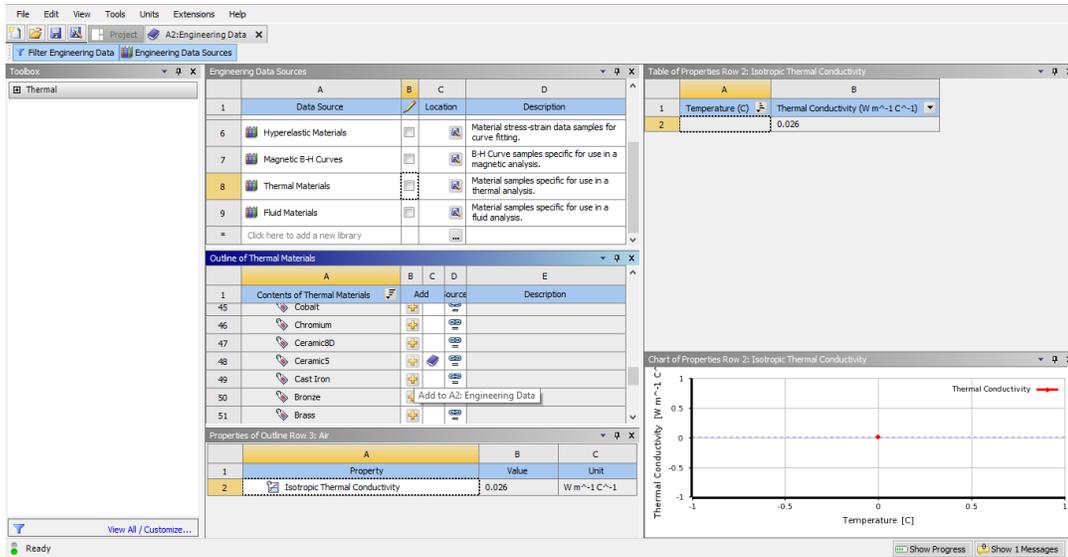


Figura 40. Varias propuestas de materiales para el estudio.

3. En geometría importar el archivo CAD de la pieza antes mencionada en formato NX, este archivo debe estar en formato stp para que pueda ser reconocido por ANSYS, como se observa en la figura 41.

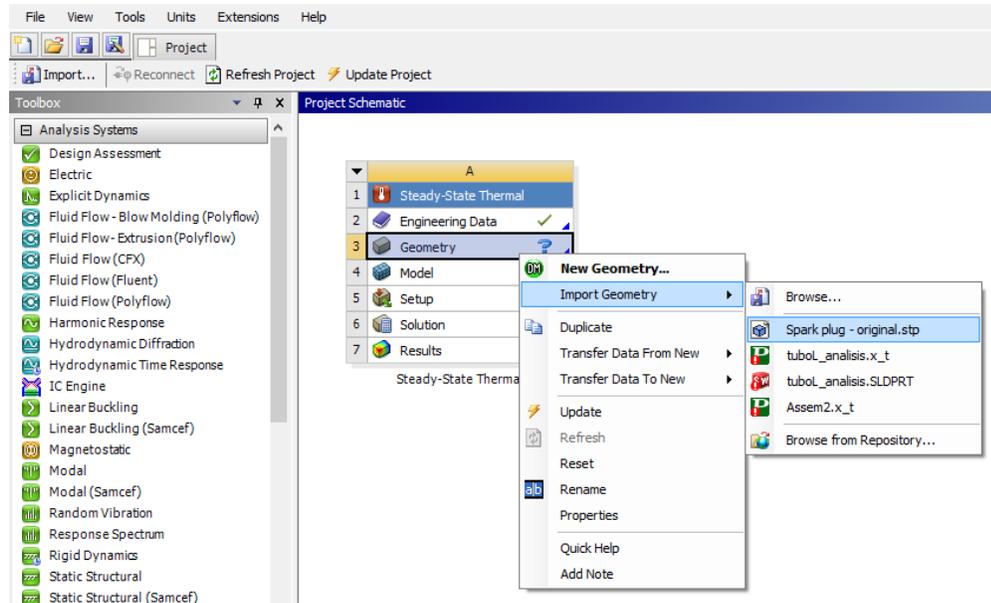


Figura 41. Importación del CAD para el análisis.

4. Seleccionar Model, clic derecho y editar. En esta opción colocar las cargas, temperaturas, conexiones, mallado, entre otras, que la pieza será sometida. Posteriormente se genera una ventana en la cual, se selecciona los materiales que forman parte de la bujía de encendido, tales como; níquel, aceros al carbono y cerámica, como se aprecia en las figuras 42 y 43.

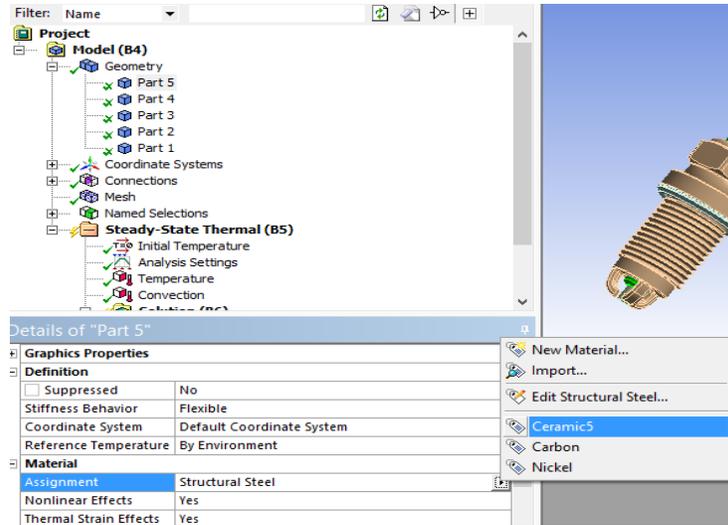


Figura 42. Asignación de materiales a componentes de la bujía de encendido.

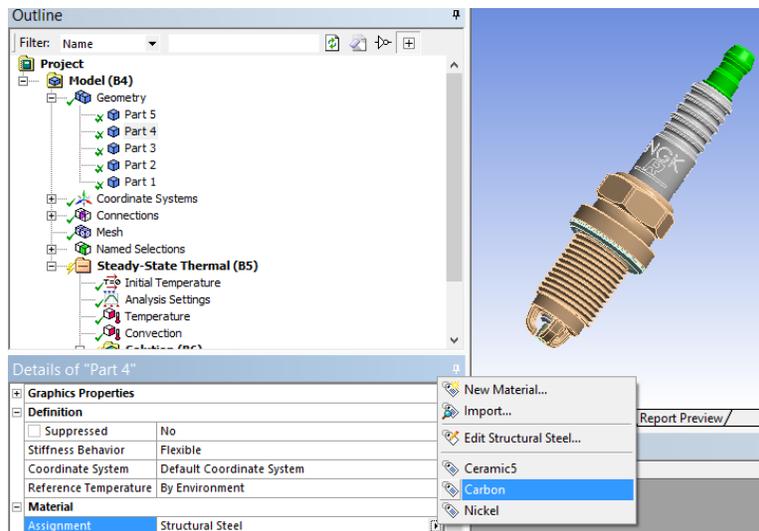


Figura 43. Asignación de materiales a componentes de la bujía de encendido.

- En conexión, 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 44 y 45, donde el proceso de mallado genera un total de 94873 nodos en 55342 elementos a estudiar.

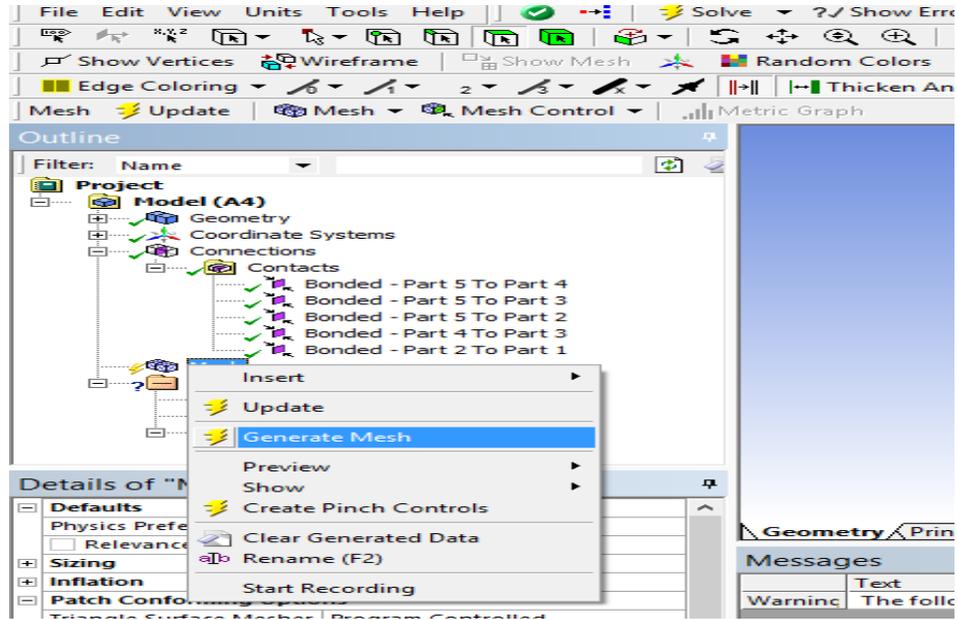


Figura 44. Generación de la malla para análisis.

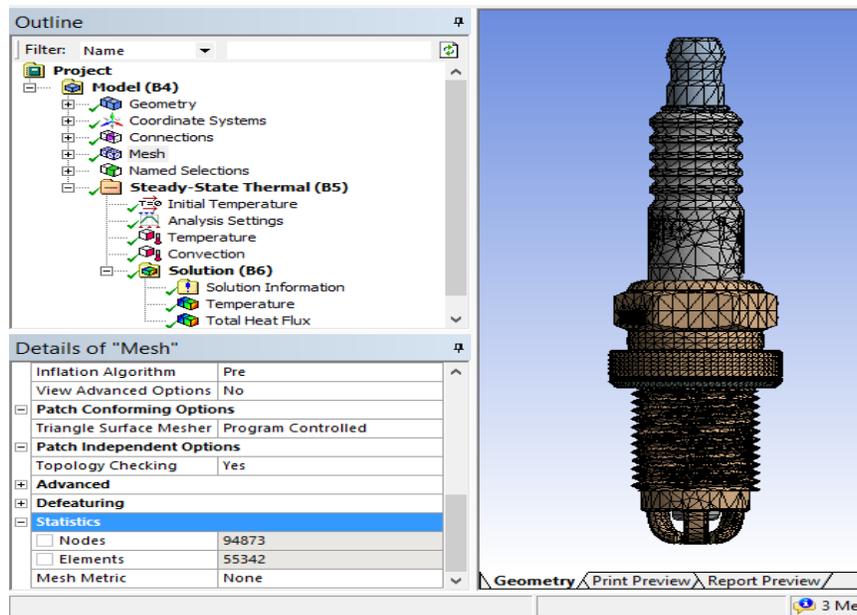


Figura 45. Visualización de la bujía con mallado.

6. Al obtener el mallado, se prosigue a colocar 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 ejecuta la máxima carga de temperatura, como se aprecia en las figuras 46 y 47.

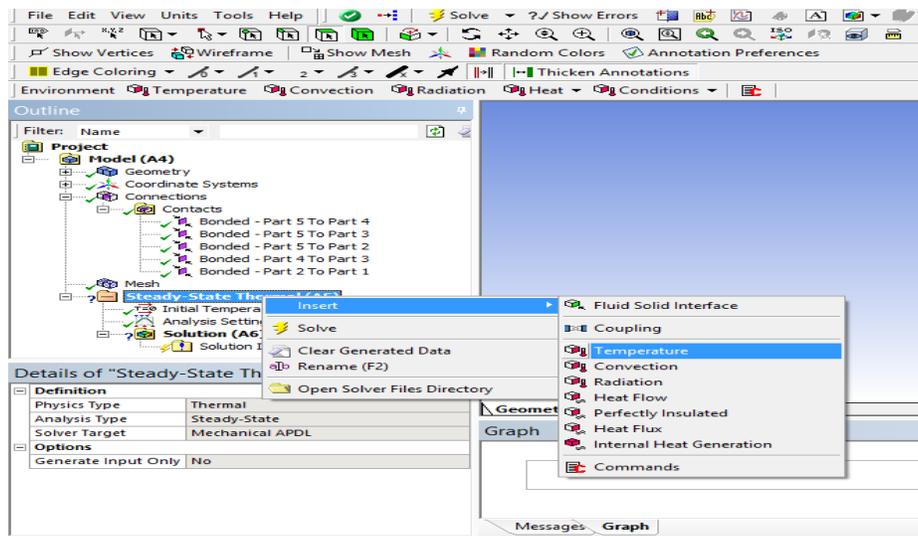


Figura 46. Designación de cargas para análisis.

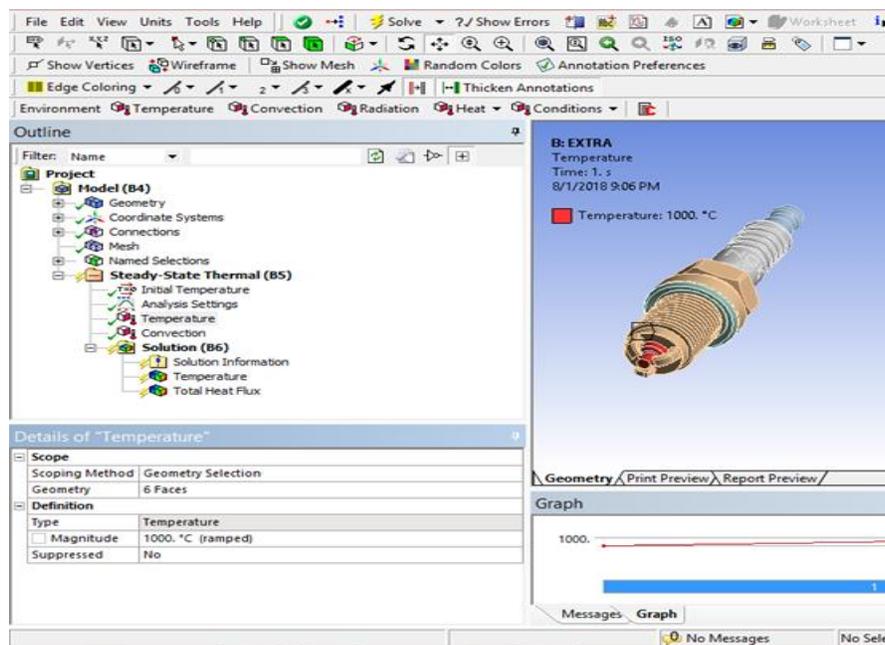


Figura 47. Asignación de temperatura máxima

7. A continuación, se coloca 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 $110 \text{ }^\circ\text{C}$, como se aprecia en las figuras 48 y 49.

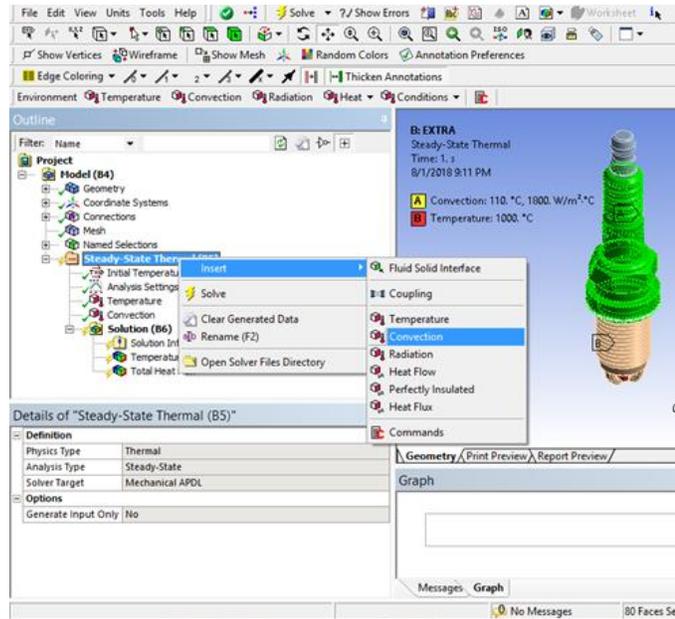


Figura 48. Convección térmica

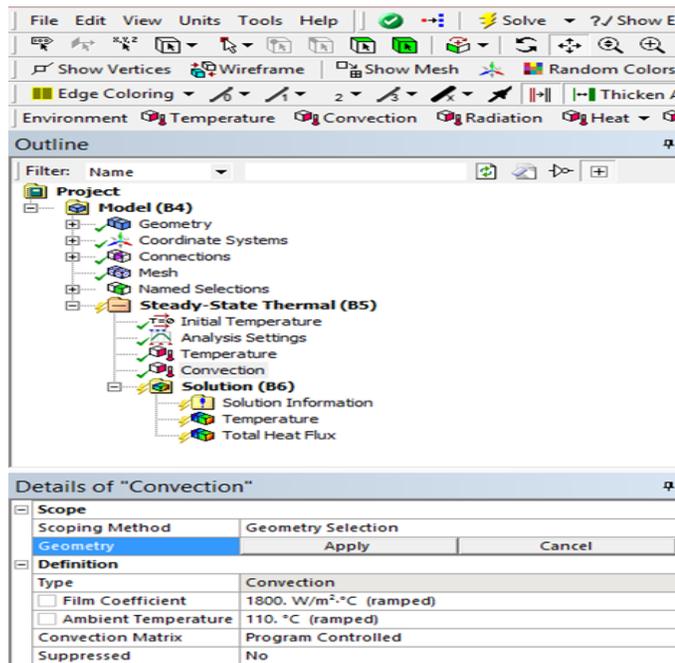


Figura 49. Ingreso de convección térmica en análisis.

8. Se realiza la solución mediante la opción Solve, y 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 50.

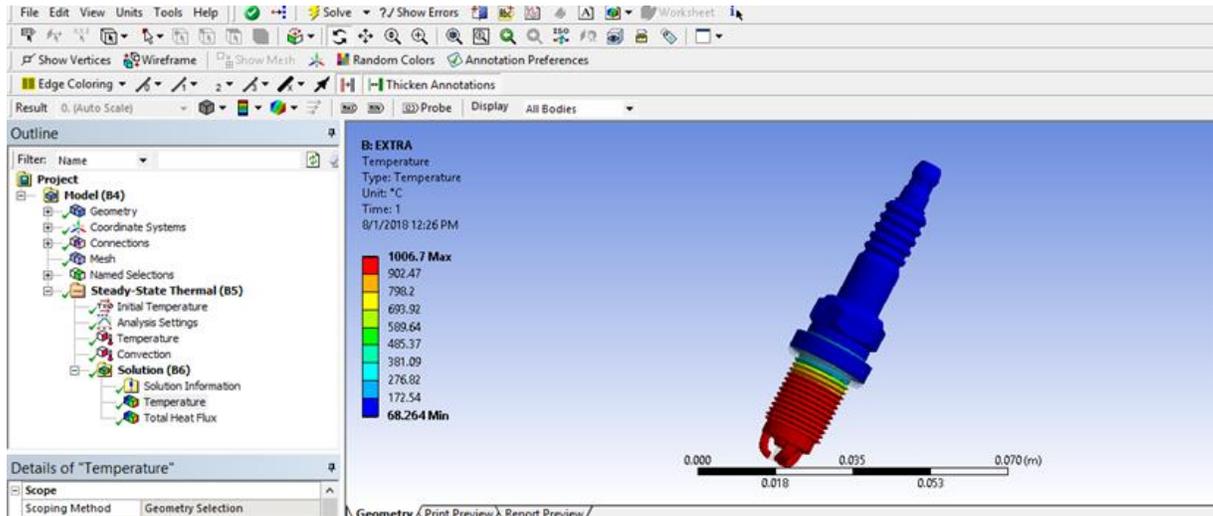


Figura 50. Análisis de resultados.

Tercera Fase de la estrategia metodológica.

En esta etapa se define los resultados de las pruebas y se analiza el alcance de estos resultados para la culminación de la investigación.



Figura 51. Tercera parte de la estrategia metodológica

Pruebas.

Para conseguir este propósito se debe realizar pruebas con el vehículo en temperatura de funcionamiento, pruebas de recorrido aproximadamente de 4000 km y análisis microscópico de barrido de las bujías de encendido.

Para el análisis ON BOARD, se realiza 30 pruebas en la ruta establecida, se tomará en cuenta que 15 pruebas son efectuadas por cada vehículo (2 vehículos a utilizar). Cada vehículo debe realizar el recorrido de 16 km aproximadamente en tramos Urbano y Carretera con las diferentes mezclas de combustibles y etanol descritas con anterioridad. En la tabla 12 se describe los diferentes combustibles a utilizar para la culminación de este estudio.

Para la realización de las pruebas se debe utilizar un tanque de combustible de 5 litros de capacidad, por medio de una probeta normalizada para evitar errores en las mediciones. En el caso del piloto y copiloto deben ser las mismas personas durante todo el recorrido de las pruebas para evitar las variaciones en los resultados obtenidos.

Tabla 12

Combustibles a utilizar para análisis ON BOARD

Combustibles a utilizar	Número de pruebas
extra	3
extra al 5% etanol	3
extra al 15% etanol	3
súper al 5% etanol	3
súper al 15% etanol	3

Para el caso del análisis estereoscópico digital, se realiza un estudio en laboratorio con las bujías utilizadas en el proceso de combustión en el caso de Extra y Extra al 5% de Etanol. Para analizar la degradación de las mismas y realizar una comparación entre sí y con un juego de bujías completamente nuevas.

Resultados

En este apartado se exponen los resultados de las pruebas ON BOARD, emisiones, factores de emisión, consumo de combustible y distancia de recorrido, para lo cual se aplican las ecuaciones detalladas en la metodología, en las que se denota la obtención de los factores de emisión, densidad del combustible y peso molecular del combustible.

Presentación de resultados de pruebas ON BOARD vehículo Optra

Los resultados de emisiones contaminantes en factores de CO₂, CO, HC en ppm, O₂ y NO_x en ppm, relacionados en ascenso y descenso de carretera y tramo urbano para el vehículo de pruebas 1, para tal caso se realiza el análisis de factores contaminantes por combustibles, por lo tanto, se ejecuta el estudio con extra, Ecopaís y extra al 15% de etanol y para el siguiente análisis se utiliza el combustible Súper al 5% de etanol y Súper al 15% de etanol; como se detalla a continuación.

Presentación de emisiones contaminantes en ascenso.

Emisiones de CO.

En este caso el análisis de CO se aprecia en la figura 52, para este caso el Combustible a analizar es el extra, para el análisis los mejores resultados se obtienen con Extra ya que el porcentaje de emisiones es menor a comparación con el resto de combustibles.

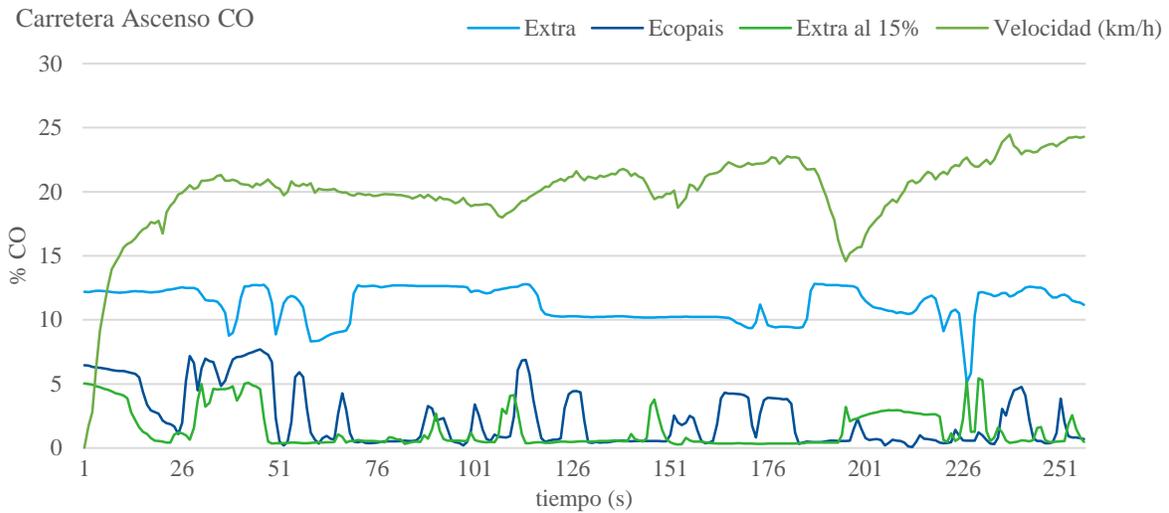


Figura 52. Porcentaje de CO en ascenso combustible Extra OPTRA.

Para el estudio del CO con combustible de mayor octanaje se observa en la figura 53, los picos de emisiones contaminantes de CO, donde se aprecia un menor grado de contaminación con Súper al 5 % de etanol.

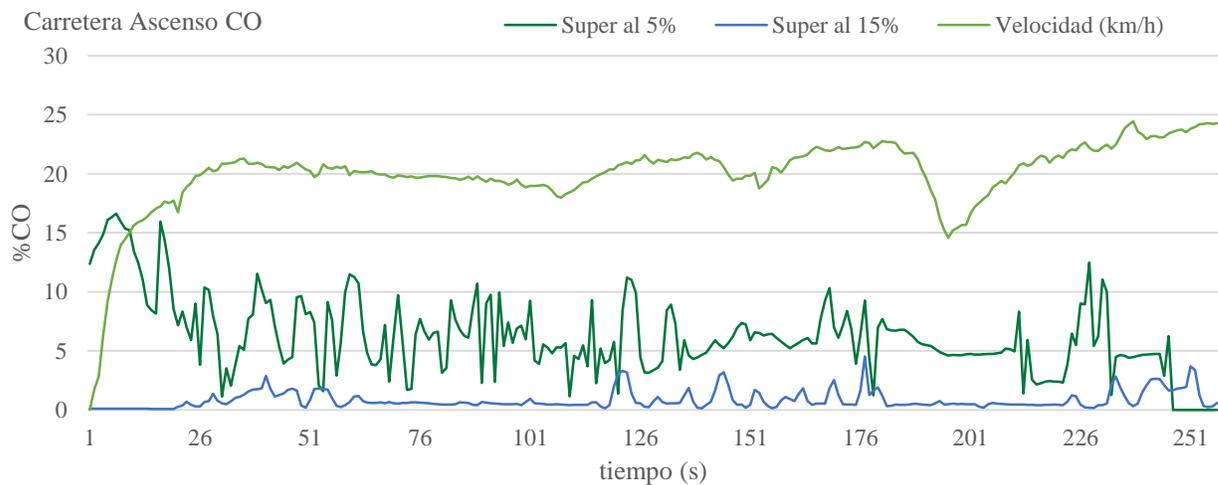


Figura 53. Porcentaje de CO en ascenso con combustible Súper OPTRA.

Emisiones de HC ppm.

El estudio de hidrocarburos es importante para el análisis, ya que estos son partículas no combustionadas, por tal razón en la figura 54, se muestra las observaciones de este contaminante,

donde los resultados con mayor índice de contaminación son proporcionados por el combustible Extra al 15% de etanol.

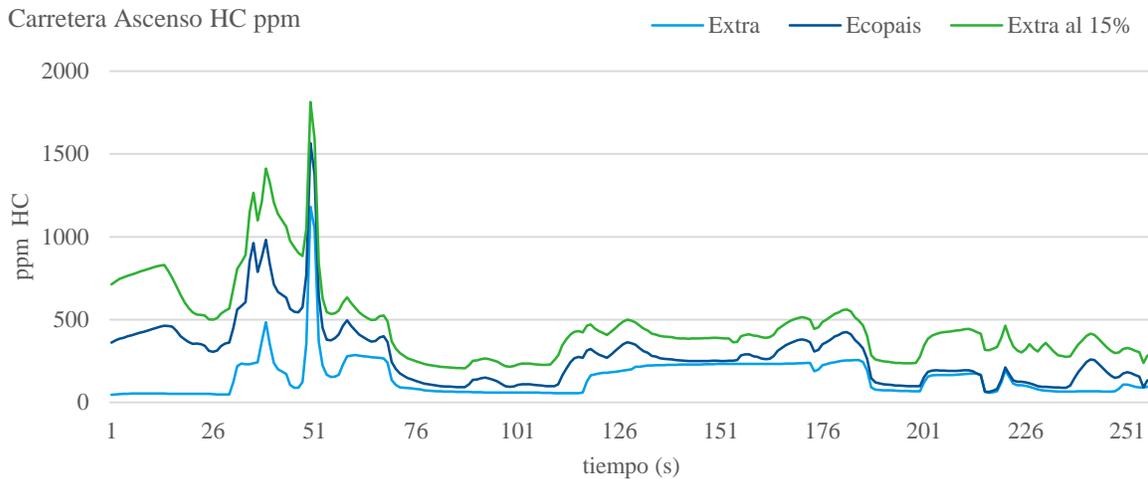


Figura 54. Interacciones de los hidrocarburos con Extra OPTRA.

Para el estudio con combustible Súper y sus porcentajes de etanol, se describe en la figura 55, donde se indica las múltiples curvas y picos de contaminación. El combustible Súper al 5% propone las mejores alternativas en emisiones, a comparación con su semejante.

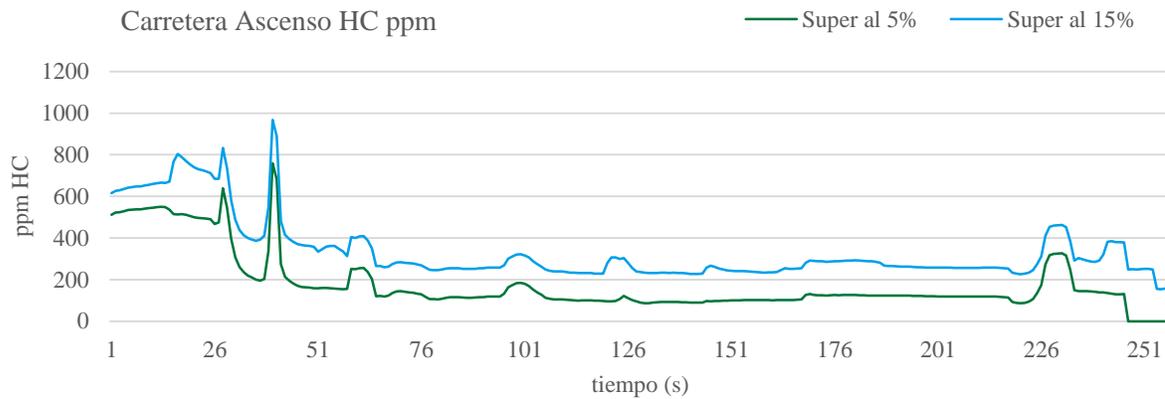


Figura 55. Interacciones de los hidrocarburos con Extra OPTRA.

Emisiones de NOx.

En el caso de los óxidos de nitrógeno (NOx), las mejores reacciones en emisiones contaminantes son proporcionadas con el combustible extra, ya que presentan picos más bajos a comparación de con sus semejantes, como se puede observar en la figura 56.

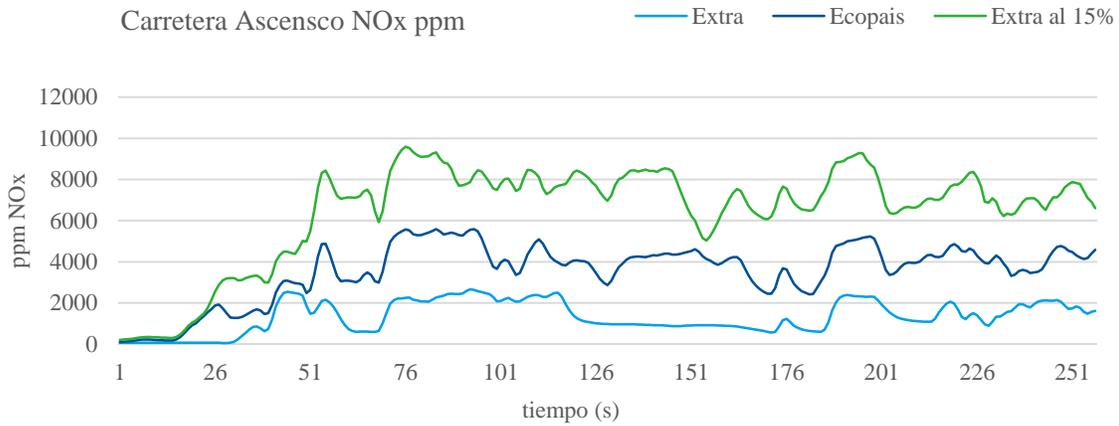


Figura 56. Emisiones por Partículas por millón (ppm) en Óxidos de nitrógeno combustible Extra OPTRA.

Para el caso del combustible súper, la mejor alternativa fue el uso de Súper al 5% de etanol, ya que presenta picos con menor emisión de contaminantes a comparación con súper al 15% de etanol.

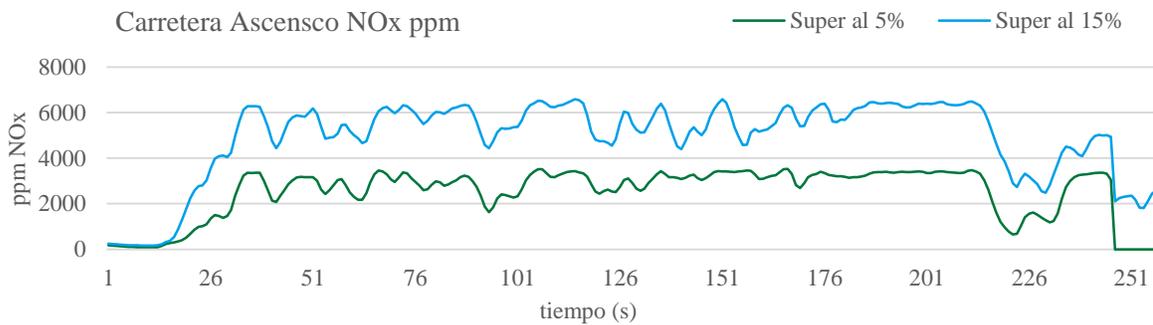


Figura 57. Emisiones por Partículas por millón (ppm) en Óxidos de nitrógeno combustible Extra OPTRA.

Emisiones de CO₂.

En la figura 58, se evidencia en el caso de Extra al 15% de etanol presenta, los mejores resultados en menores emisiones contaminantes y mayor emisión de oxígeno.

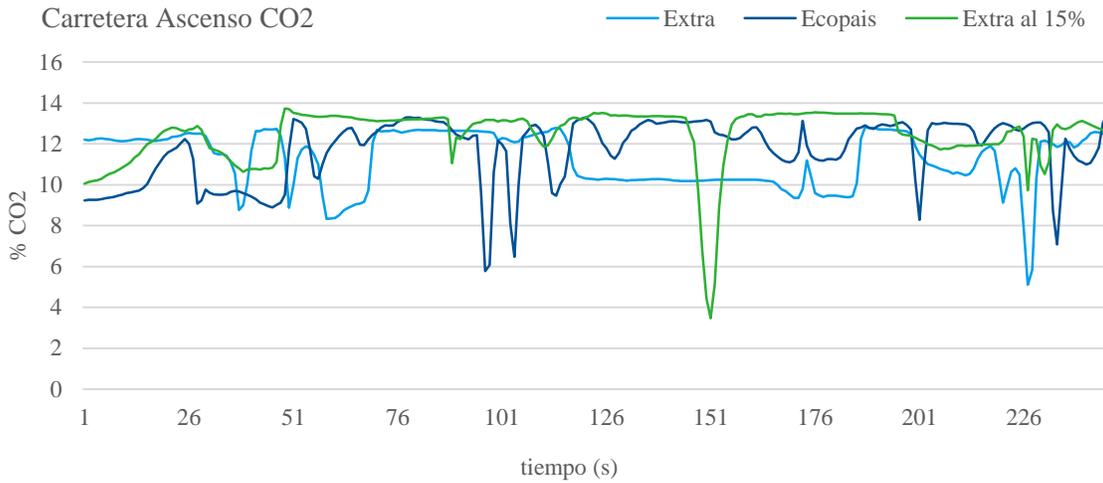


Figura 58. Porcentaje de CO₂ en Ascenso combustible Extra OPTRA.

El caso anexo presenta los mejores resultados con Súper al 15% de etanol, se obtiene las mejores graficas por picos en las mayores emisiones y mayor emisión de oxígeno, como se muestra en la figura 59.

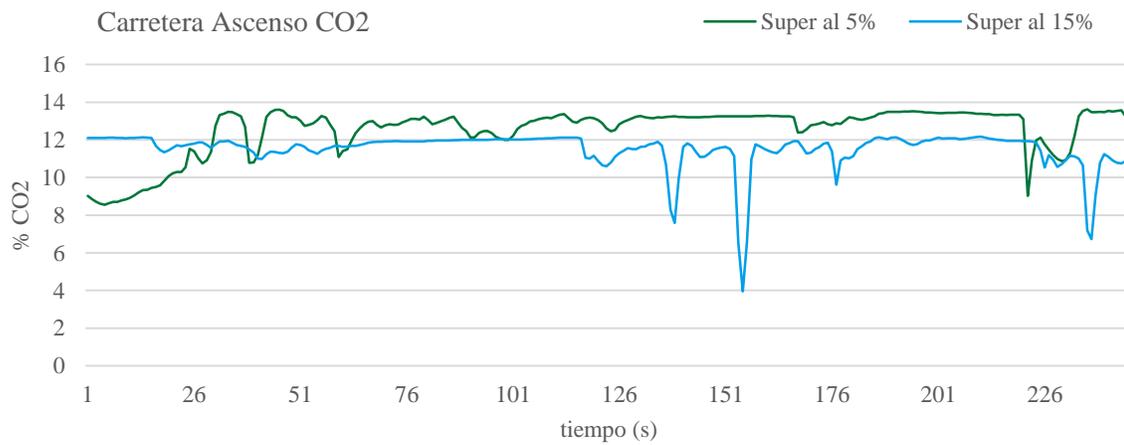


Figura 59. Porcentaje de CO₂ en Ascenso combustible Súper OPTRA.

Emisiones de O₂.

En la figura 60, se presenta el oxígeno con varios porcentajes de etanol en extra, para el caso se observa que los resultados obtenidos con Extra al 15%, presentan los picos más altos y al ser el oxígeno indefenso al ambiente se observa una mejor alternativa en emisiones.

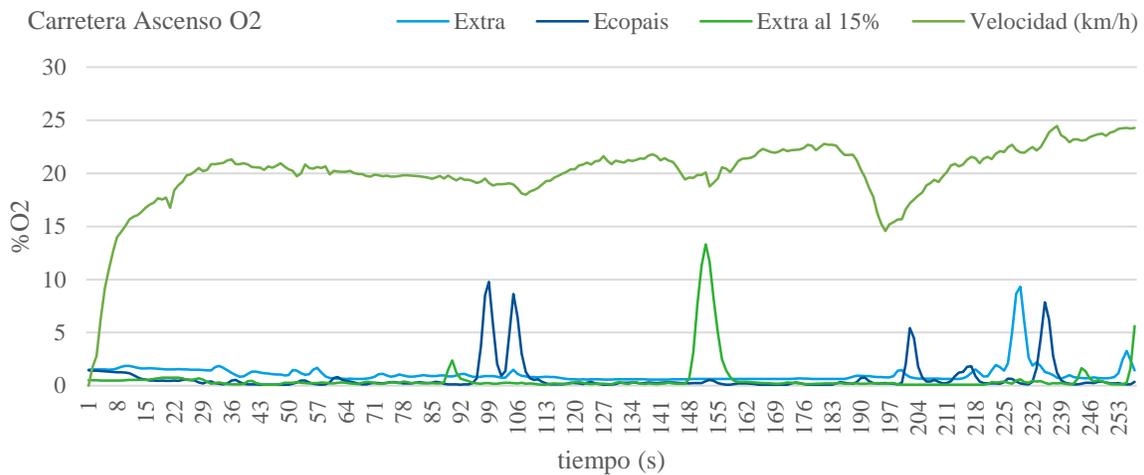


Figura 60. Porcentaje de Oxígeno en ascenso Extra OPTRA.

Para el estudio del Súper, se aprecia en la figura 61, la mejor alternativa se obtuvo con el Súper al 15% de etanol, para demostrar que entre mayor sea el porcentaje de etanol produce menor emisión de gases contaminantes

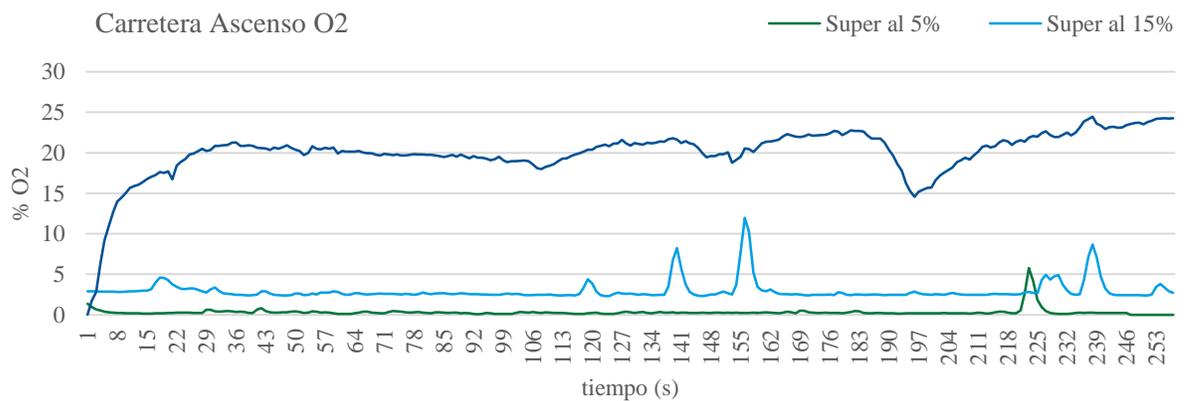


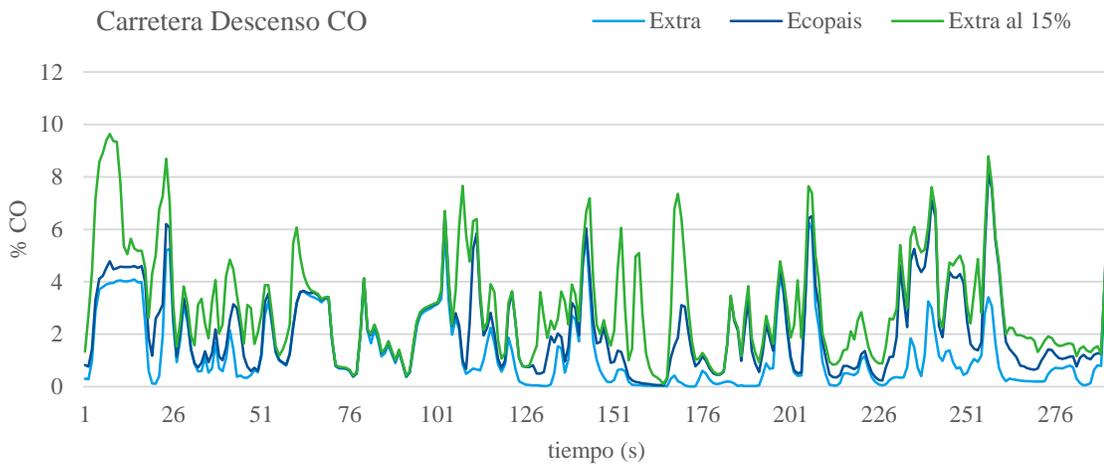
Figura 61. Porcentaje de Oxígeno en ascenso Súper OPTRA

Presentación de emisiones contaminantes en descenso.

Los resultados de emisiones contaminantes para el tramo de descenso en carretera que contempla la ruta combinada, para tal análisis se divide en dos propuestas de combustible. La primera evidencia el combustible Extra, Ecopaís y Extra al 5% de etanol, para este estudio la mezcla con mayor porcentaje de etanol presenta los mayores picos de emisiones de contaminantes que sus colaterales. Para la segunda evidencia se utiliza dos propuestas de combustible con base de Súper, para tal caso la mezcla con 15% de etanol es la que presenta mayores picos de contaminación en comparación con su semejante.

Emisiones contaminantes CO.

El análisis de Monóxido de carbono CO, se presenta en dos partes, la primera expone los resultados al utilizar combustibles extra con varios porcentajes de etanol, en este caso el combustible convencional sin añadir etanol, presenta mejores resultados y menores emisiones en relación a los picos presentados. Para el segundo caso, al usar súper con varios porcentajes de etanol, se aprecia un similar comportamiento en la ruta, pero con picos poco menores en el uso de Súper al 5% de etanol, como se expone en la figura 62.



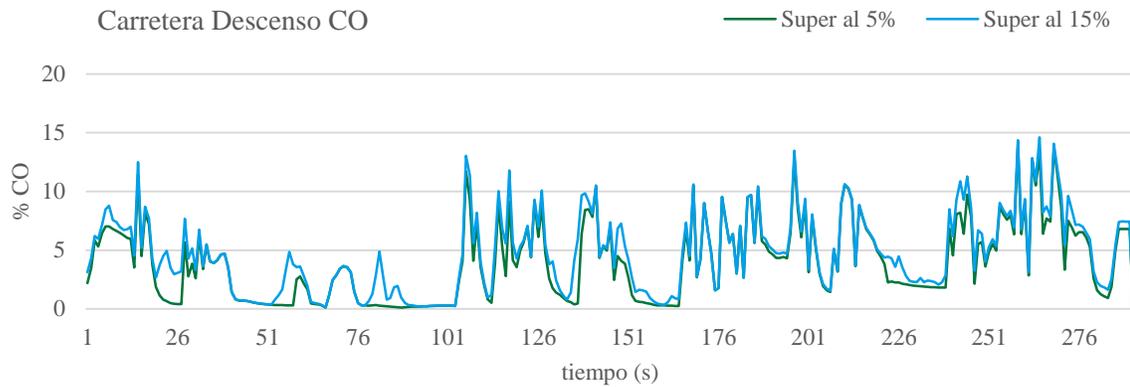
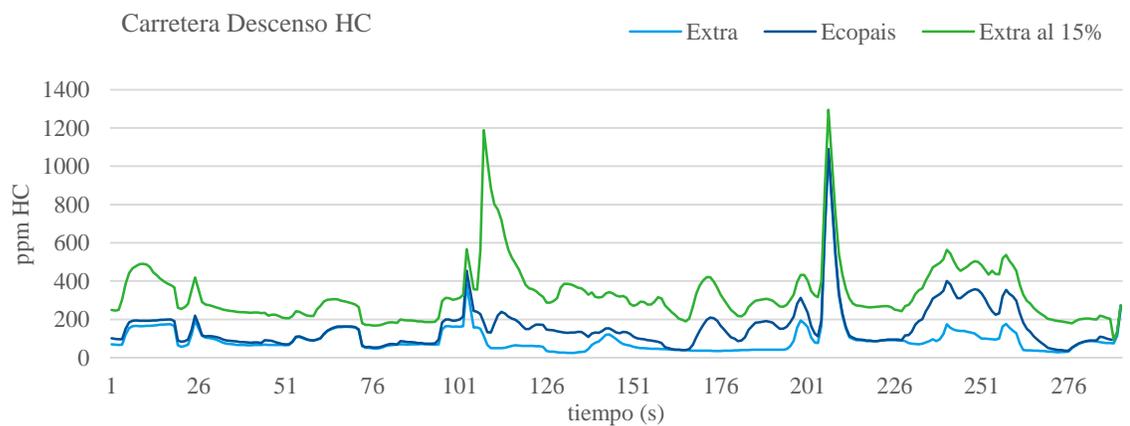


Figura 62. Emisiones de CO en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes HC ppm.

Los hidrocarburos HC se analizan en partículas por millón ppm, para este caso el estudio se divide en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que, el combustible Extra al 15% de etanol produce mayor cantidad de hidrocarburos en relación a sus similares. La segunda parte expone la propuesta de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 15% de etanol produce la mayor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se expone en la figura 63.



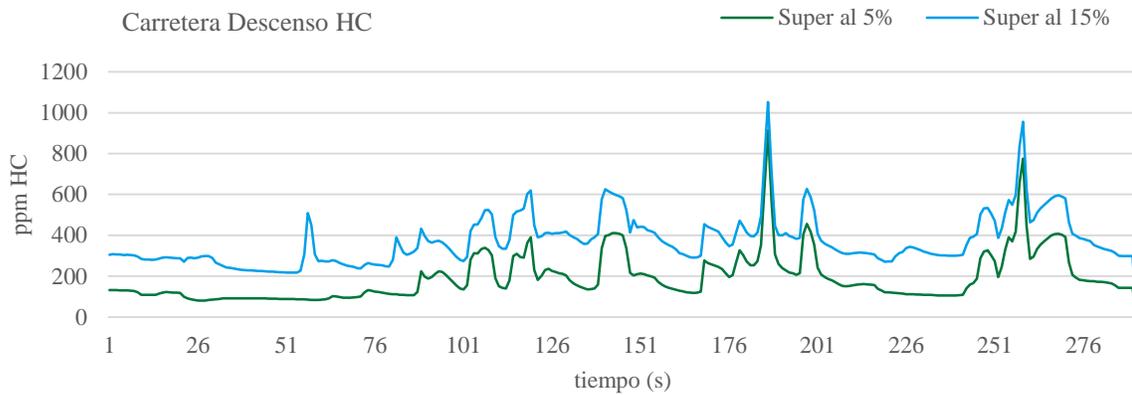
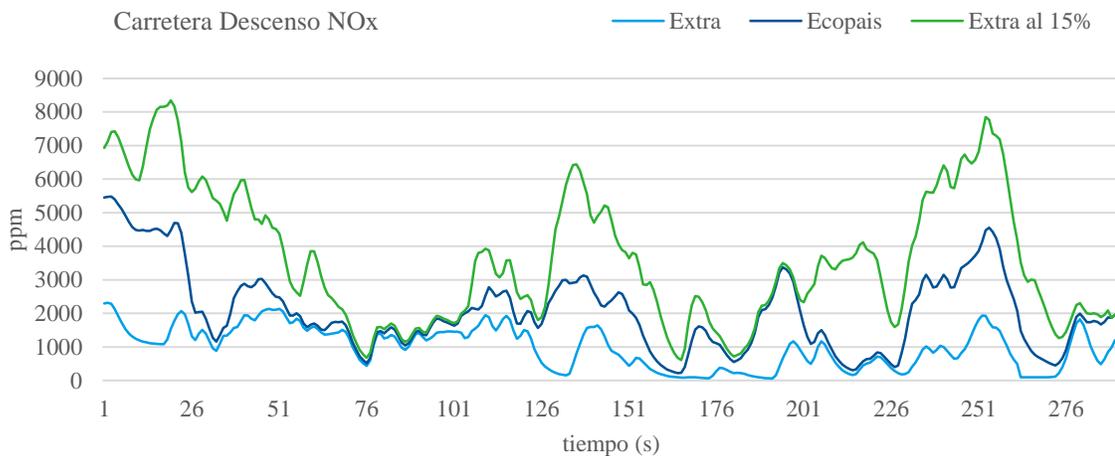


Figura 63. Emisiones de CO en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes NOx.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, se dividen en dos partes, la primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el combustible sin adición de etanol emite menor cantidad de contaminación en relación a las otras dos propuestas de combustibles. La segunda parte expone las propuestas del combustible súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol produce menor emisión de contaminantes, como se expone en la figura 64.



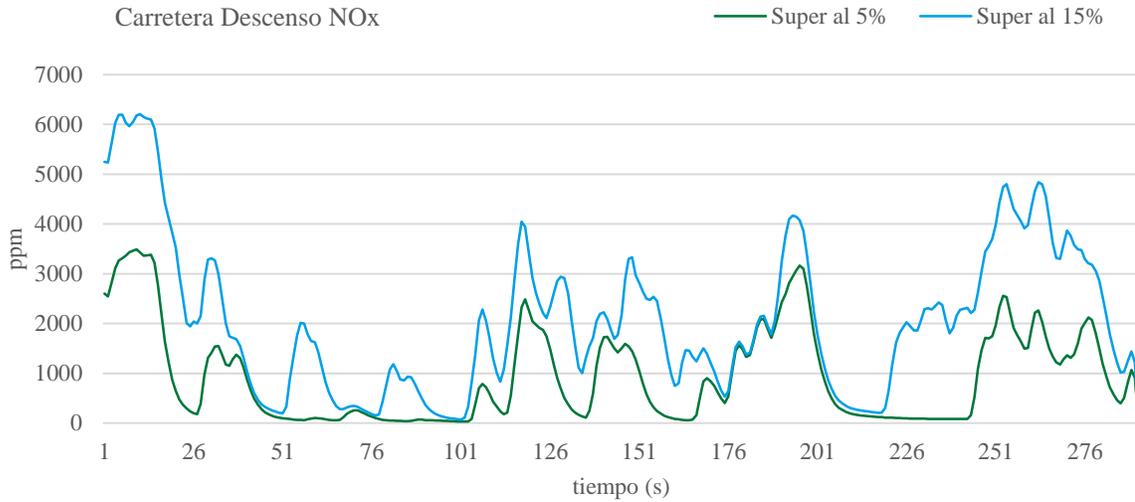
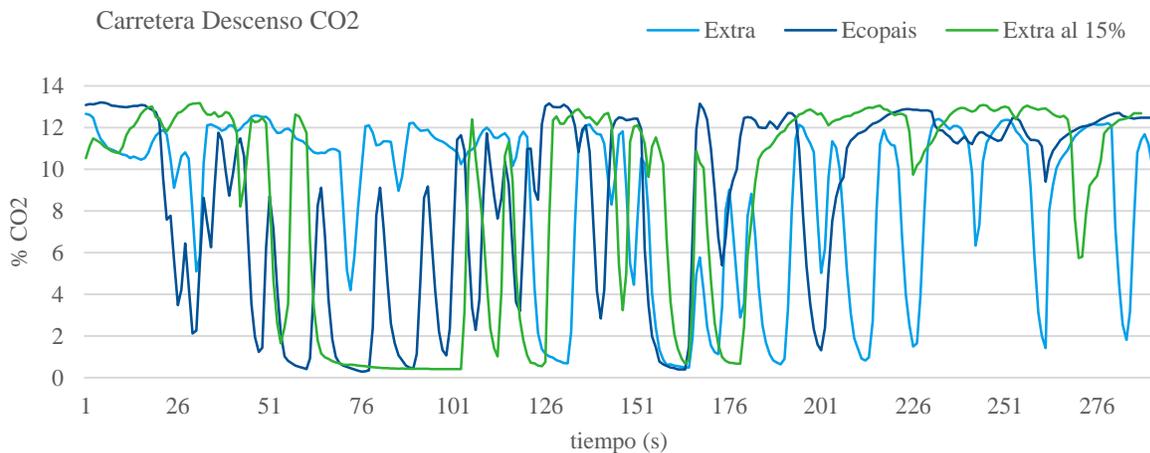


Figura 64. Emisiones de oxígeno en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes CO₂.

En el análisis de descenso en periférico o carretera, se obtiene dos resultados. El primero al usar combustibles de bajo octanaje como es el extra y sus variables con mezclas de etanol, para este caso el mejor resultado se obtuvo al utilizar Extra ya que los picos que presenta son menores y se evidencia menor emisión de gases contaminantes. Para el segundo caso se presenta los análisis al utilizar mezclas de etanol con súper, para tal se observa menor emisión de contaminantes al utilizar súper al 15% de etanol en relación a su similar, como se aprecia en la figura 65, donde se expone las diferentes mezclas de combustibles con etanol.



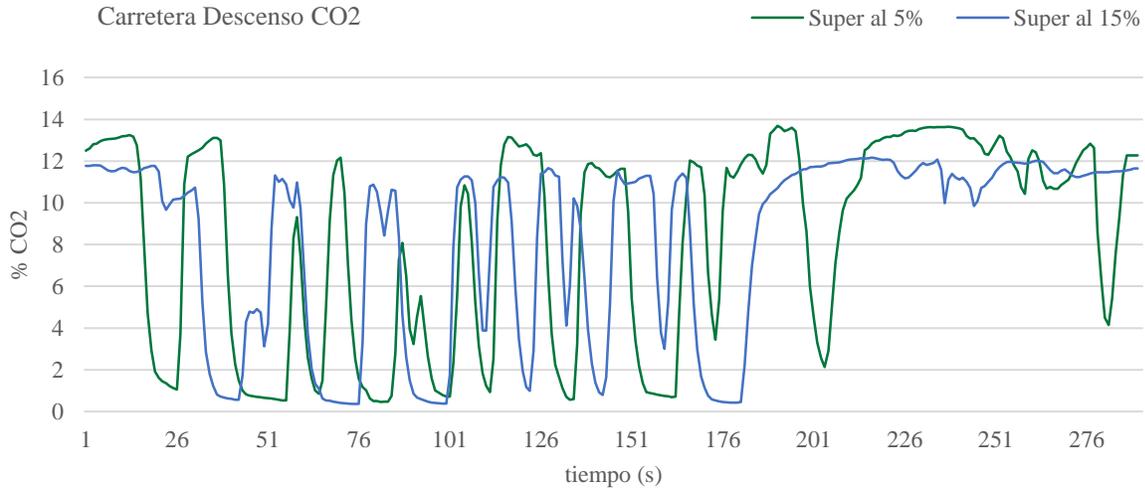
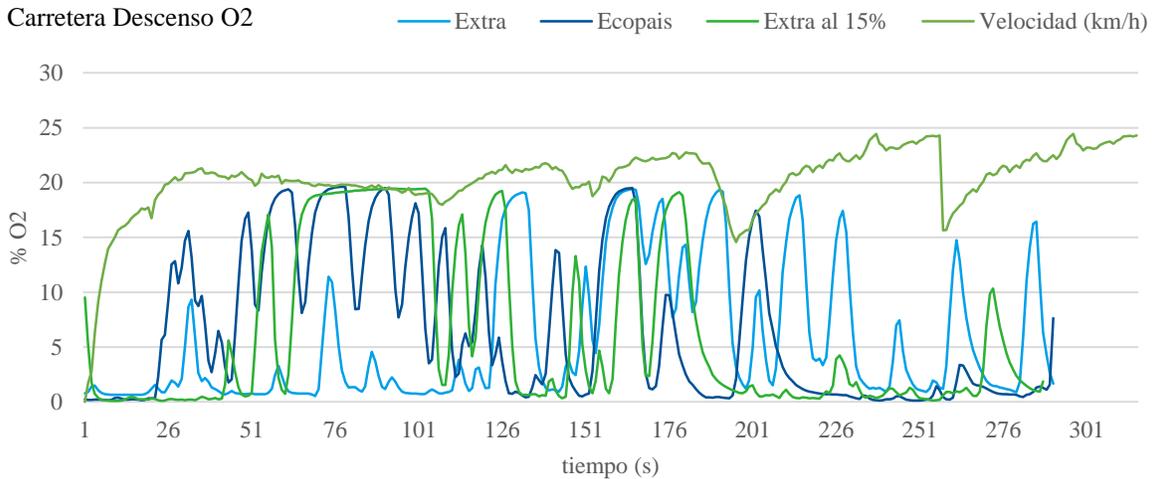


Figura 65. Emisiones de CO2 en descenso de carretera Combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes O₂.

Las emisiones de oxígeno O₂, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el Extra al 15% de etanol y Extra al 5 % de etanol presentan los mejores picos, ya que el oxígeno al ser un gas no dañino para el ambiente produce menos cantidad de contaminación. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 15% de etanol y súper al 5% de etanol produce una similar emisión de oxígeno que varía por mínimos picos y porcentajes de relación, como se expone en la figura 66.



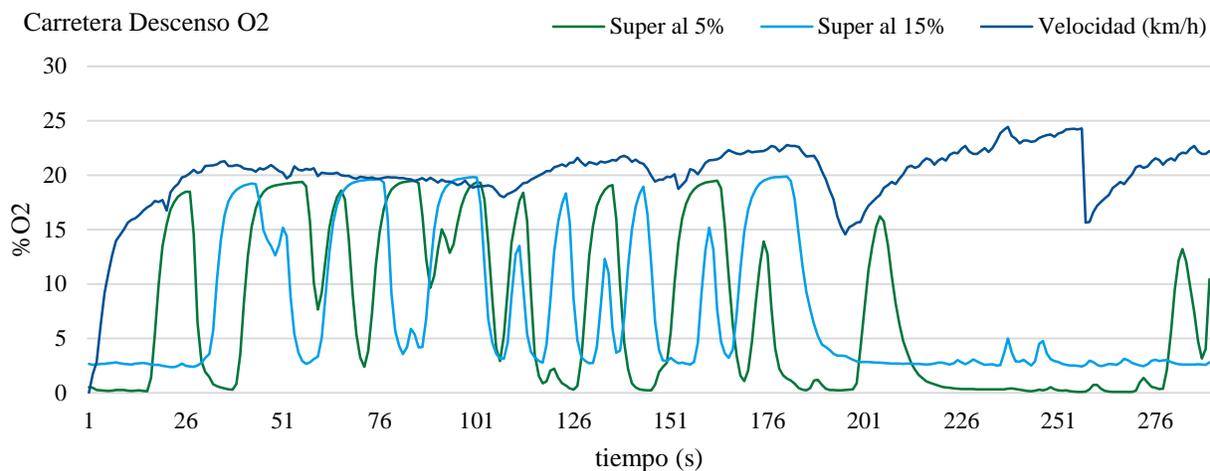


Figura 66. Emisiones de oxígeno en descenso de carretera combustibles Extra y Súper.

Presentación de emisiones contaminantes en urbano.

Los resultados de emisiones contaminantes para el tramo urbano en el Distrito Metropolitano de Quito se dividen en dos partes. La primera con mezclas de Combustible con bajo octano, en la que destacan los combustibles con mezclas mayores de etanol que generan menores emisiones contaminantes. Y en el caso de mezclas de mayor octanaje, los menores picos se generan con mezclas con mayor porcentaje de etanol.

Emisiones contaminantes CO.

El análisis de Monóxido de carbono CO, se presenta en dos partes, la primera expone los resultados al utilizar combustibles extra con varios porcentajes de etanol, en este caso el combustible extra al 15% de etanol, presenta mejores resultados, mejor comportamiento del motor y menores emisiones en relación a los picos presentados. Para el segundo caso, al usar súper con varios porcentajes de etanol, se aprecia un mejor comportamiento en la ruta, con picos menores de emisión de contaminantes en el uso de Súper al 15% de etanol, como se expone en la figura 67.

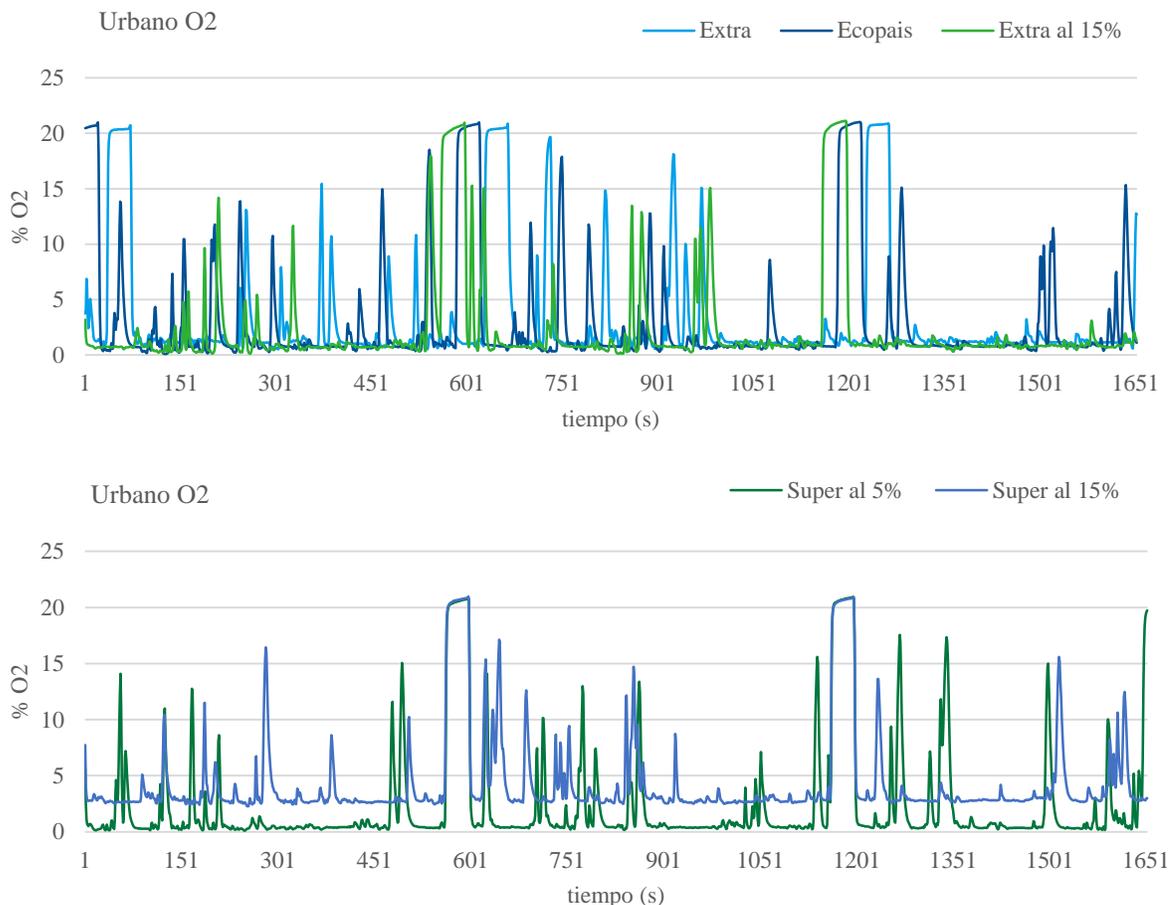


Figura 67. Emisiones de CO en tramo urbano combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes HC ppm.

Los hidrocarburos HC se analizan en partículas por millón ppm, para este caso el estudio se divide en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el combustible Extra al 15% de etanol produce mayor cantidad de hidrocarburos en relación a sus similares. La segunda parte expone la propuesta de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 15% de etanol produce la mayor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se aprecia en la figura 68.

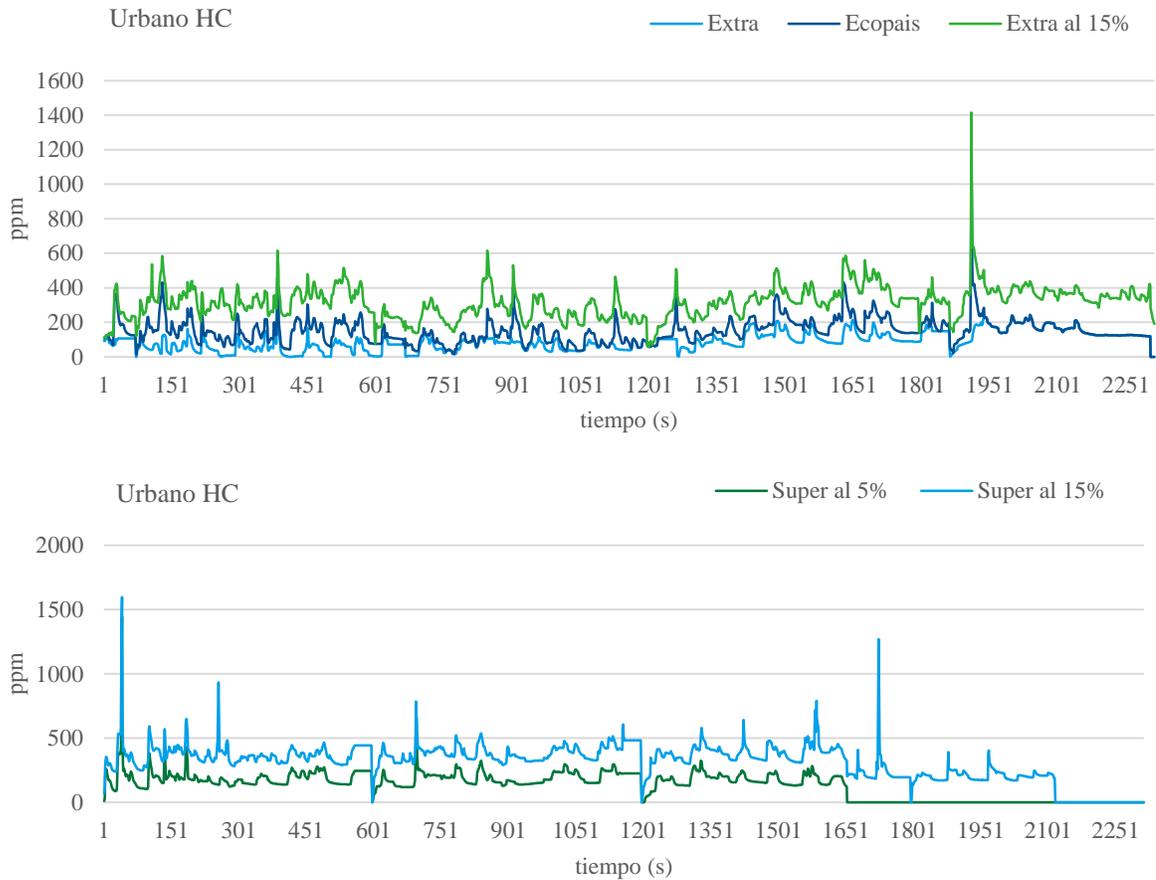


Figura 68. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes NOx.

Las emisiones de óxido de nitrógeno, se dividen en dos partes. La primera al usar combustible Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el combustible sin adición de etanol emite menor cantidad de contaminación en relación a las otras dos propuestas de combustibles. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol produce menor emisión de contaminantes, como se expone en la figura 69.

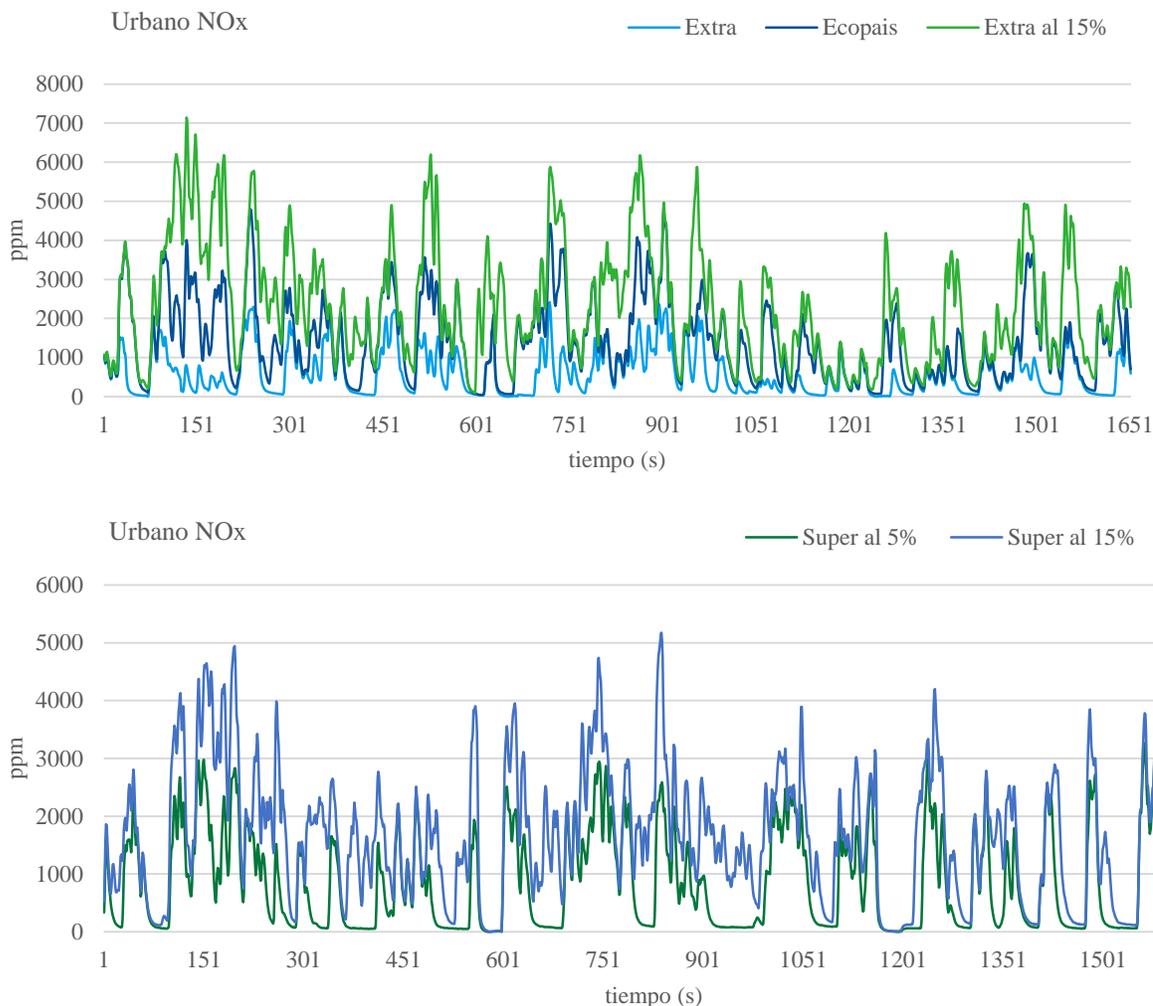


Figura 69. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes CO₂.

En el análisis del tramo urbano, se obtiene dos resultados. El primero al usar combustibles de bajo octanaje como es el extra y sus variables con mezclas de etanol, para este caso el mejor resultado se obtuvo al utilizar Extra ya que los picos que presenta son menores y se evidencia menor emisión de gases contaminantes. Para el segundo caso se presenta los análisis al utilizar mezclas de etanol con súper, para tal se observa menor emisión de contaminantes al utilizar súper al 15% de etanol en relación a su similar, como se aprecia en la figura 70, donde se expone las diferentes mezclas de combustibles con etanol.

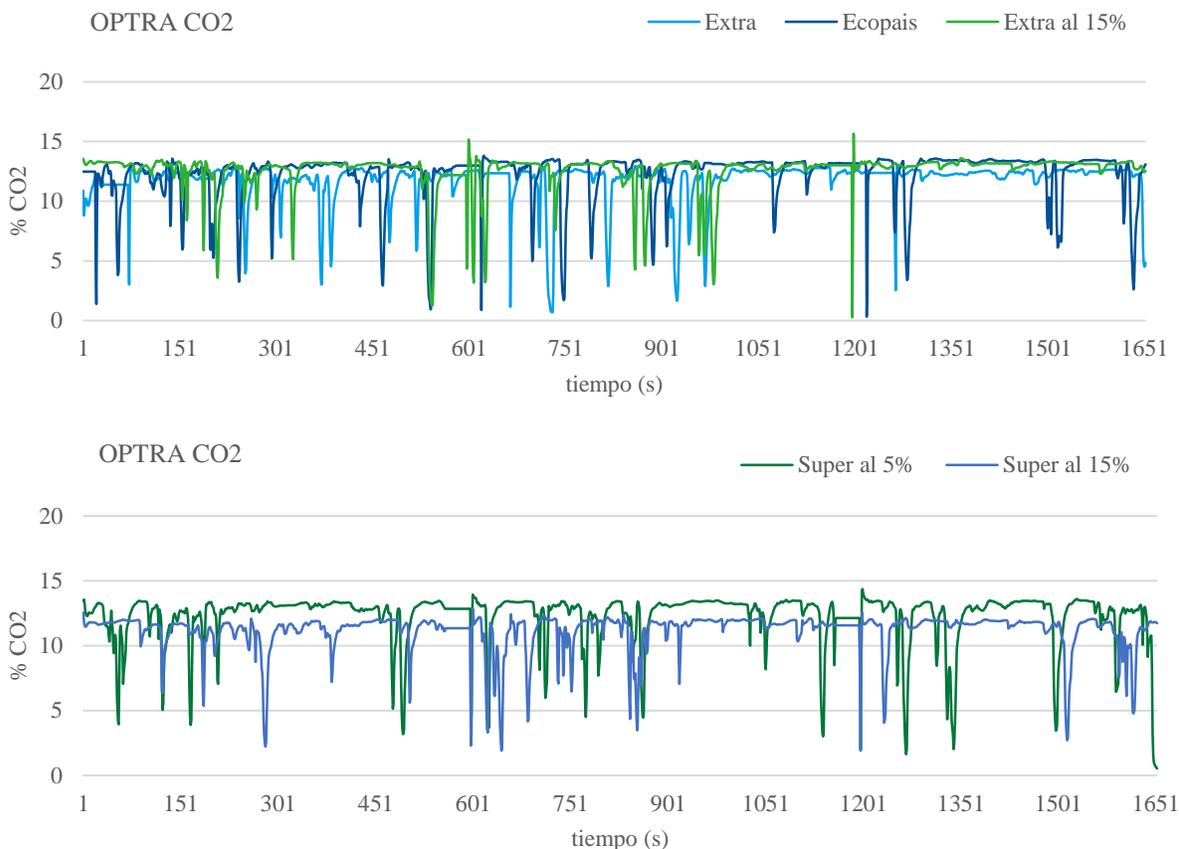


Figura 70. Emisiones de Dióxido de carbono en tramo urbano combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes O₂.

Las emisiones de oxígeno O₂, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el Extra, Extra al 15% de etanol y Extra al 5 % de etanol presentan picos similares, se demuestra que el comportamiento de los tres combustibles es similar, y al ser el oxígeno un gas no dañino para el ambiente produce menos cantidad de contaminación. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 15% de etanol produce mayor emisión de oxígeno que se aprecia en los picos y porcentajes de relación, como se expone en la figura 71.



Figura 71. Emisiones de HC en tramo urbano combustibles Extra y Súper.

Presentación de resultados generales de pruebas ON BOARD vehículo Dmax

Para este estudio se utiliza la camioneta DMAX 2009, donde se analizan las emisiones contaminantes en CO₂, CO, HC en ppm, O₂ y NO_x en ppm (partículas por millón).

Presentación de emisiones contaminantes en carretera ascenso.

Emisiones contaminantes CO.

El análisis de Monóxido de carbono CO, se presenta en dos partes. La primera expone los resultados al utilizar combustibles extra con varios porcentajes de etanol, en este caso el

combustible extra al 15% etanol, presenta mejores resultados, mejor comportamiento del motor y menores emisiones en relación a los picos presentados. Para el segundo caso, al usar súper con varios porcentajes de etanol, se aprecia un mejor comportamiento en la ruta, con picos menores de emisión de contaminantes en el uso de Súper al 15% de etanol, como se expone en la figura 72.

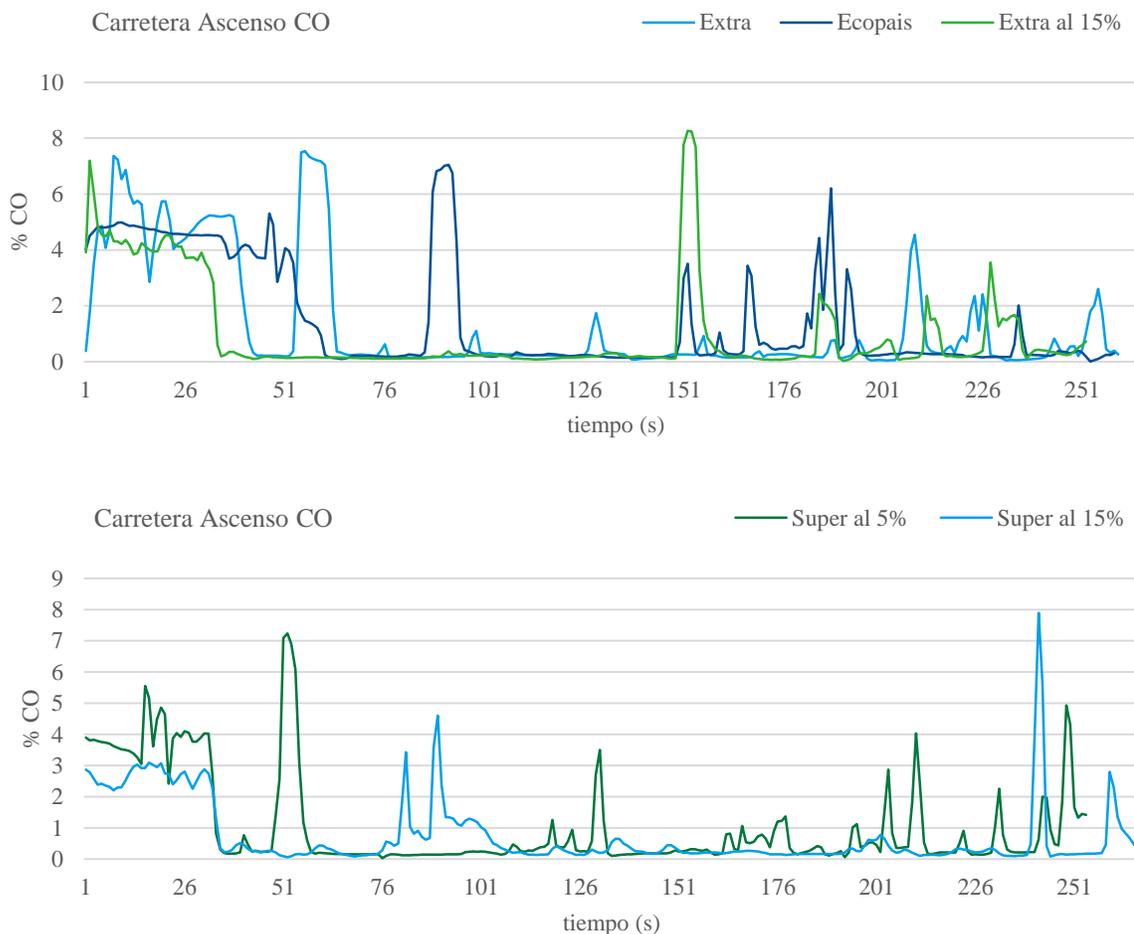


Figura 72. Emisiones de CO en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes HC ppm.

Los hidrocarburos HC se analizan en partículas por millón (ppm), para este caso el estudio se divide en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que las tres propuestas de combustibles generan similar cantidad de hidrocarburos. La segunda parte

expone la propuesta de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 15% de etanol produce la mayor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se puede observar en la figura 73.

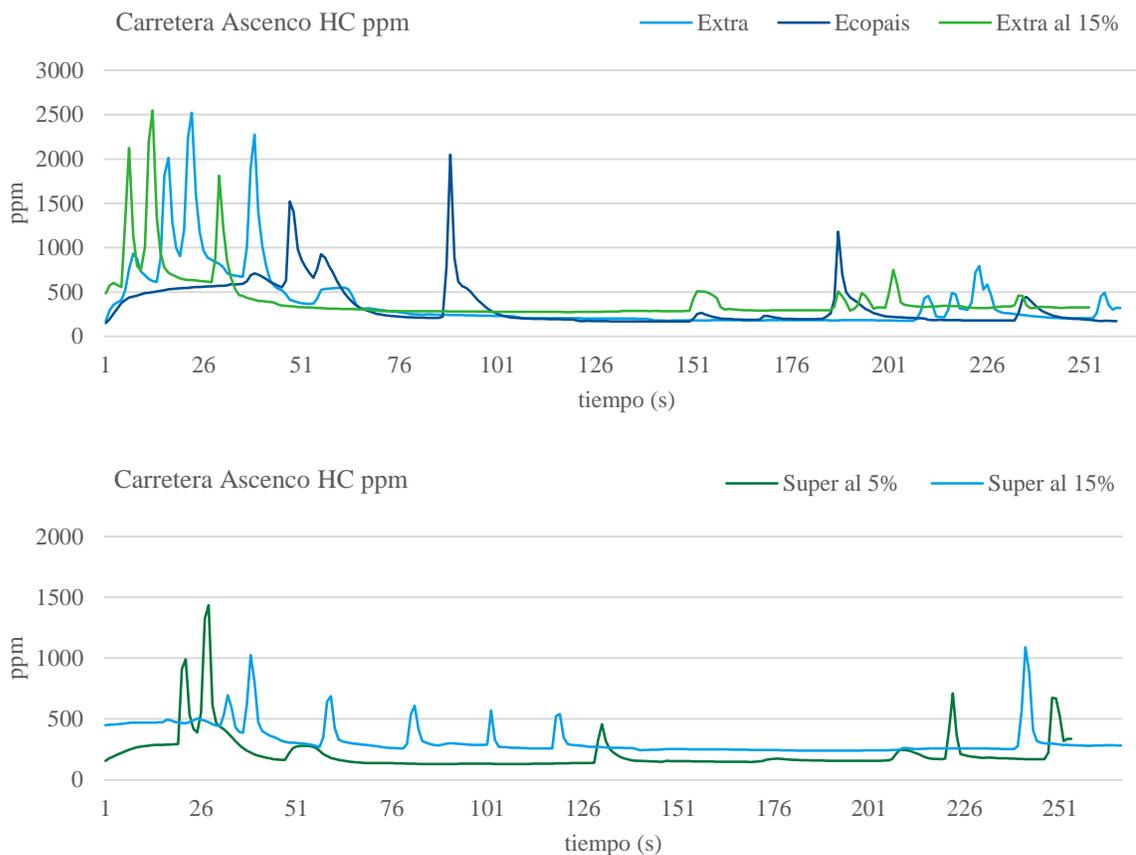


Figura 73. Emisiones de HC en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes NOx.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el combustible extra al 5% de etanol emite menor cantidad de contaminación en relación a las otras dos propuestas de combustibles. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol

produce menor emisión de contaminantes en relación a los picos, como se expone en la figura 74.

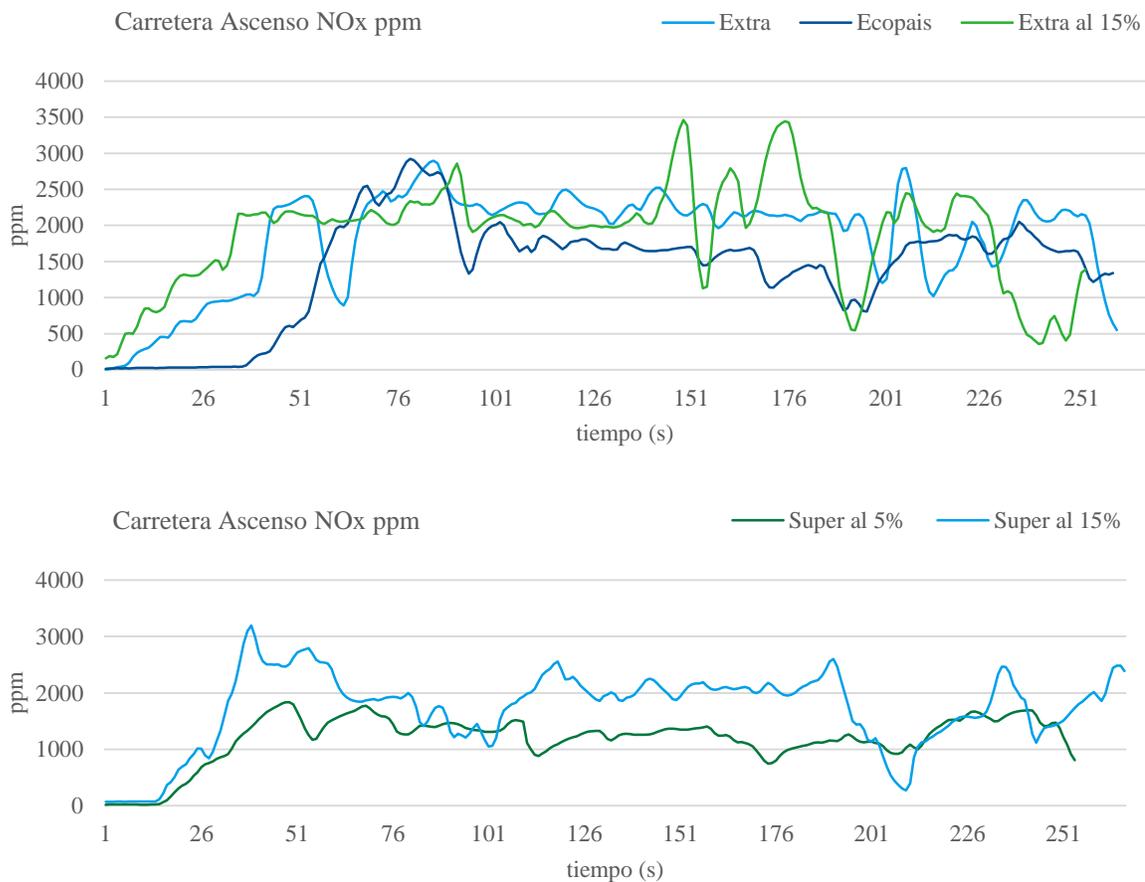


Figura 74. Emisiones de NOx en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes CO₂.

En el análisis del ascenso en el vehículo de pruebas 2, se obtiene dos resultados. El primero al usar combustibles de bajo octanaje como es el extra y sus variables con mezclas de etanol, para este caso el mejor resultado se obtuvo al utilizar Extra al 15% de etanol ya que los picos que presenta son menores y se evidencia menor emisión de gases contaminantes. Para el segundo caso se presenta los análisis al utilizar mezclas de etanol con súper, para tal se observa menor emisión de contaminantes al utilizar súper al 5% de etanol en relación a su similar, como se aprecia en la figura 75, donde se expone las diferentes mezclas de combustibles con etanol.

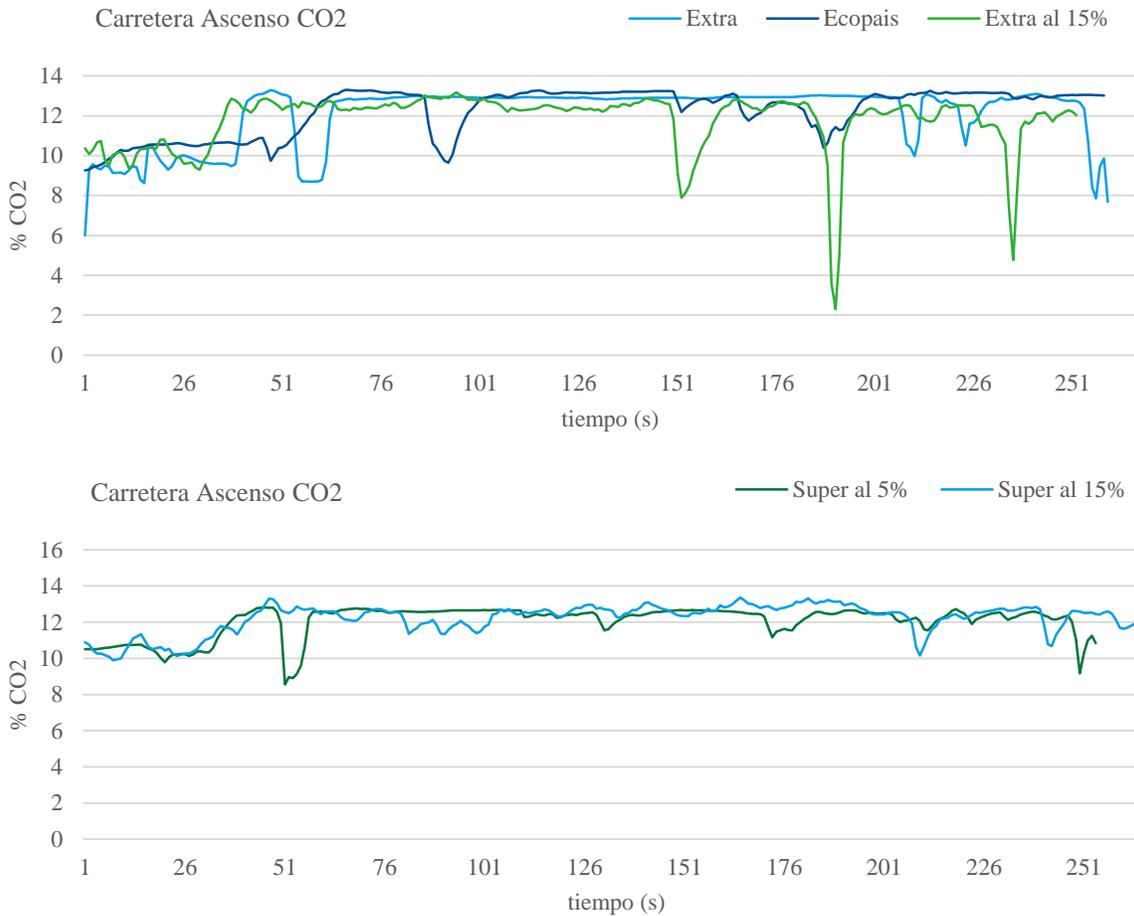


Figura 75. Emisiones de CO2 en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes O₂.

Las emisiones de oxígeno O₂, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el Extra al 15 % de etanol presentan picos mayores que sus similares, por lo tanto, se demuestra que el comportamiento de este combustible es mejor que los demás, y al ser el oxígeno un gas no dañino para el ambiente produce menos cantidad de contaminación. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol produce mayor emisión de oxígeno que se aprecia en los picos y porcentajes de relación, como se expone en la figura 76.

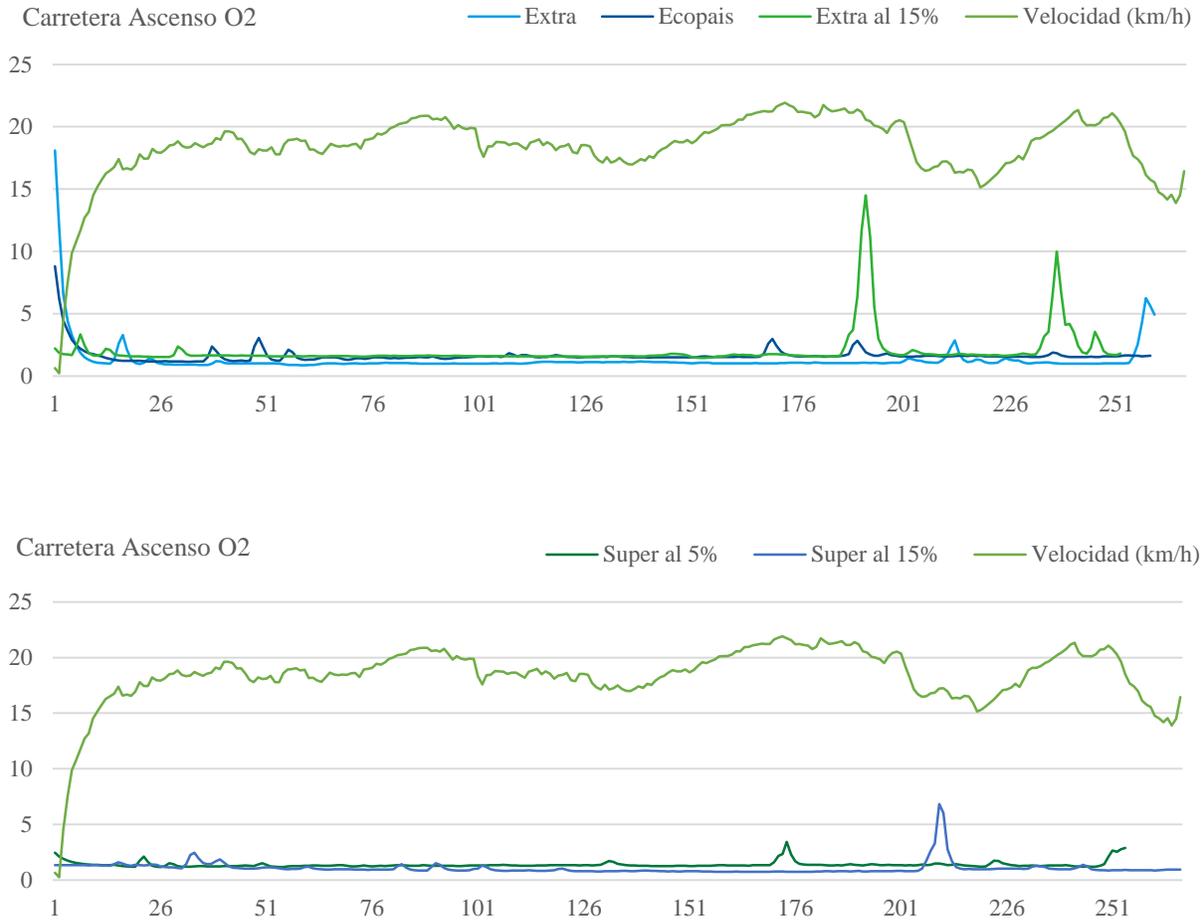


Figura 76. Emisiones de O2 en ascenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Presentación de emisiones contaminantes en carretera descenso.

Los resultados de emisiones contaminantes para el tramo de carretera en descenso, en este caso los resultados son mixtos. Para el uso de combustibles con bajo octanaje, los mejores resultados en picos de emisión son dados por combustibles con mayor porcentaje de etanol. Caso contrario es el uso de combustibles con mayor octanaje, para este análisis las mezclas con mayor porcentaje de etanol, generan mayores picos de contaminación.

Emisiones contaminantes CO.

El análisis de Monóxido de carbono CO, se presenta en dos partes. La primera expone los resultados al utilizar combustibles extra con varios porcentajes de etanol, en este caso el combustible extra, presenta mejores resultados, mejor comportamiento del motor y menores emisiones en relación a los picos presentados. Para el segundo caso, al usar súper con varios porcentajes de etanol, se aprecia un mejor comportamiento en la ruta, con picos menores de emisión de contaminantes en el uso de Súper al 15% de etanol, como se expone en la figura 77.

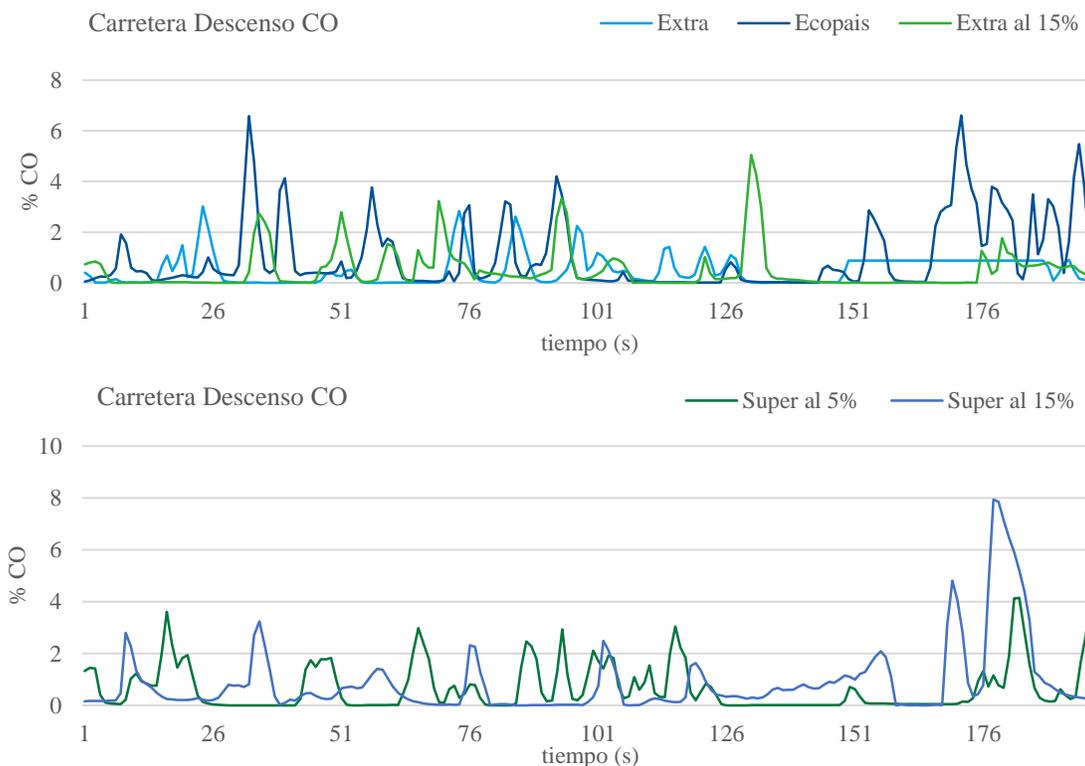


Figura 77. Emisiones de CO en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes HC ppm.

Los hidrocarburos HC se analizan en partículas por millón ppm, para este caso el estudio se divide en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que las

dos propuestas de combustibles Extra y Extra al 15% de etanol generan similar cantidad de hidrocarburos. La segunda parte expone la propuesta de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol produce la mayor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se expone en la figura 78.

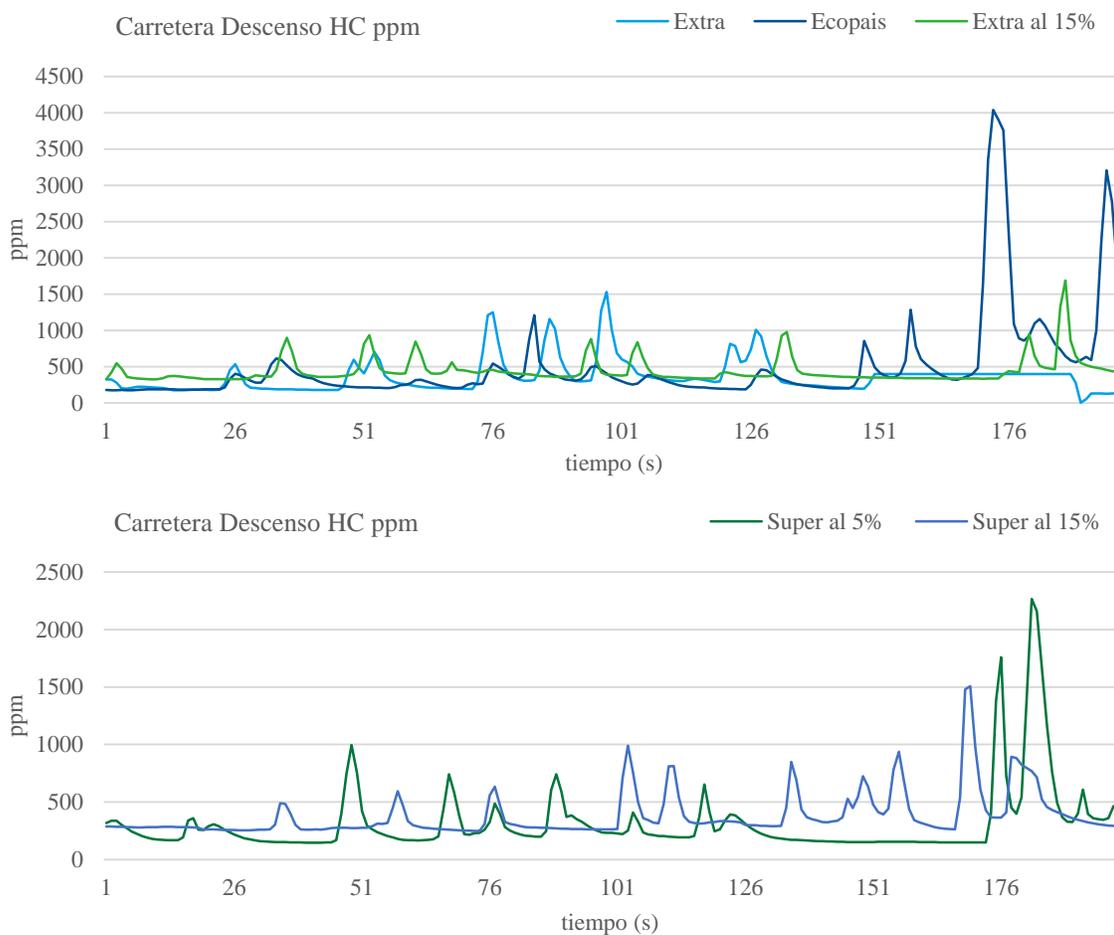


Figura 78. Emisiones de HC en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes NOx.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que el combustible extra al 5% de etanol emite menor cantidad de contaminación en relación a las otras dos propuestas de combustibles. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol

produce menor emisión de contaminantes en relación a los picos, como se expone en la figura 79.

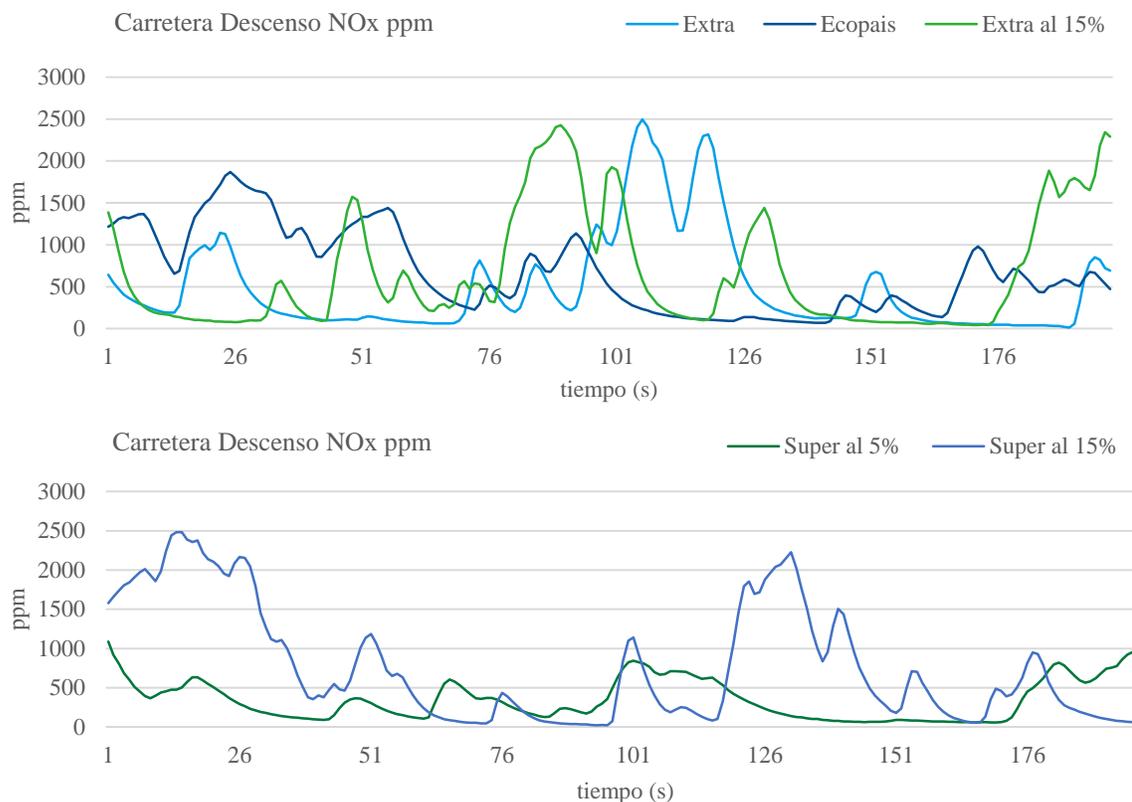


Figura 79. Emisiones de NOx en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes CO₂.

En el análisis del descenso en el vehículo de pruebas 2, se obtiene dos resultados. El primero al usar combustibles de bajo octanaje como es el extra y sus variables con mezclas de etanol, para este caso el mejor resultado se obtuvo al utilizar Extra al 5% de etanol ya que los picos que presenta son menores y se evidencia menor emisión de gases contaminantes. Para el segundo caso se presenta los análisis al utilizar mezclas de etanol con súper, para tal se observa menor emisión de contaminantes al utilizar súper al 15% de etanol en relación a su similar, como se aprecia en la figura 80, donde se expone las diferentes mezclas de combustibles con etanol.

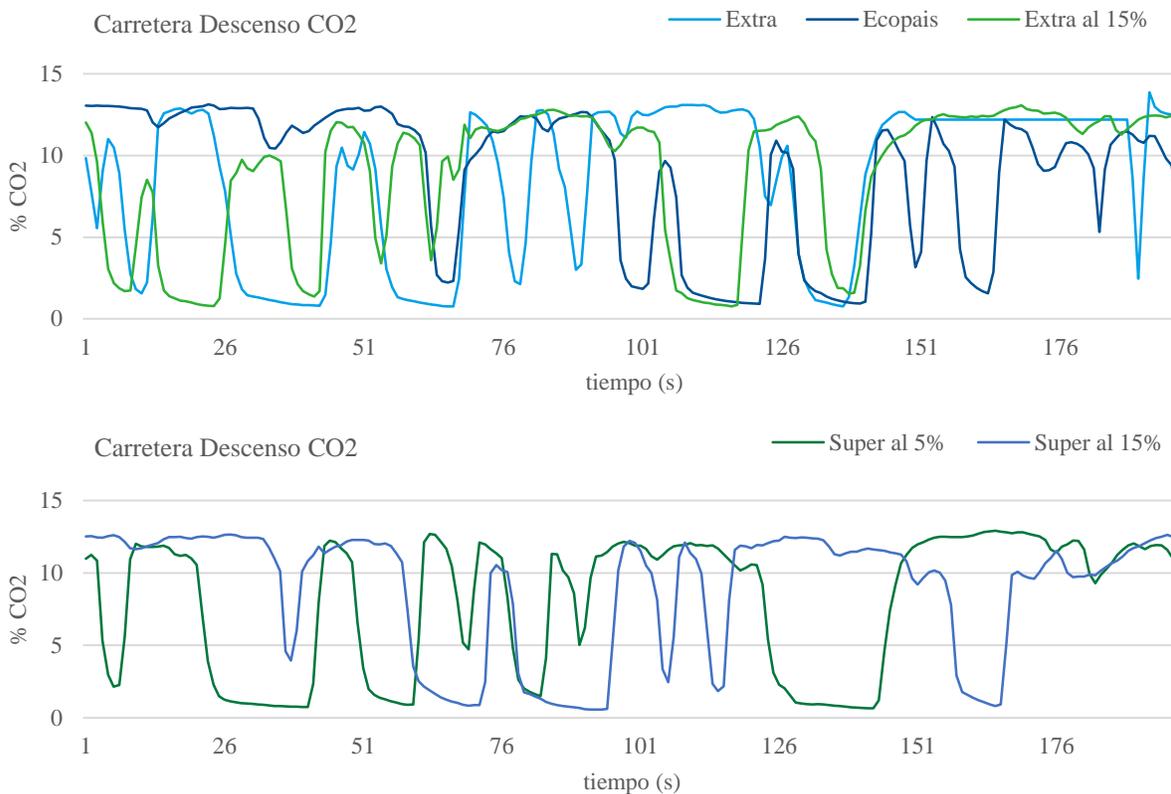


Figura 80. Emisiones de CO2 en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes O₂.

Las emisiones de oxígeno O₂, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que las tres propuestas de combustible presentan picos similares, por lo tanto, se demuestra que el comportamiento en este tramo es casi parecido, y al ser el oxígeno un gas no dañino para el ambiente produce menos cantidad de contaminación. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde las dos propuestas de combustibles producen similar emisión de oxígeno que se aprecian en los picos y porcentajes de relación, como se expone en la figura 81.

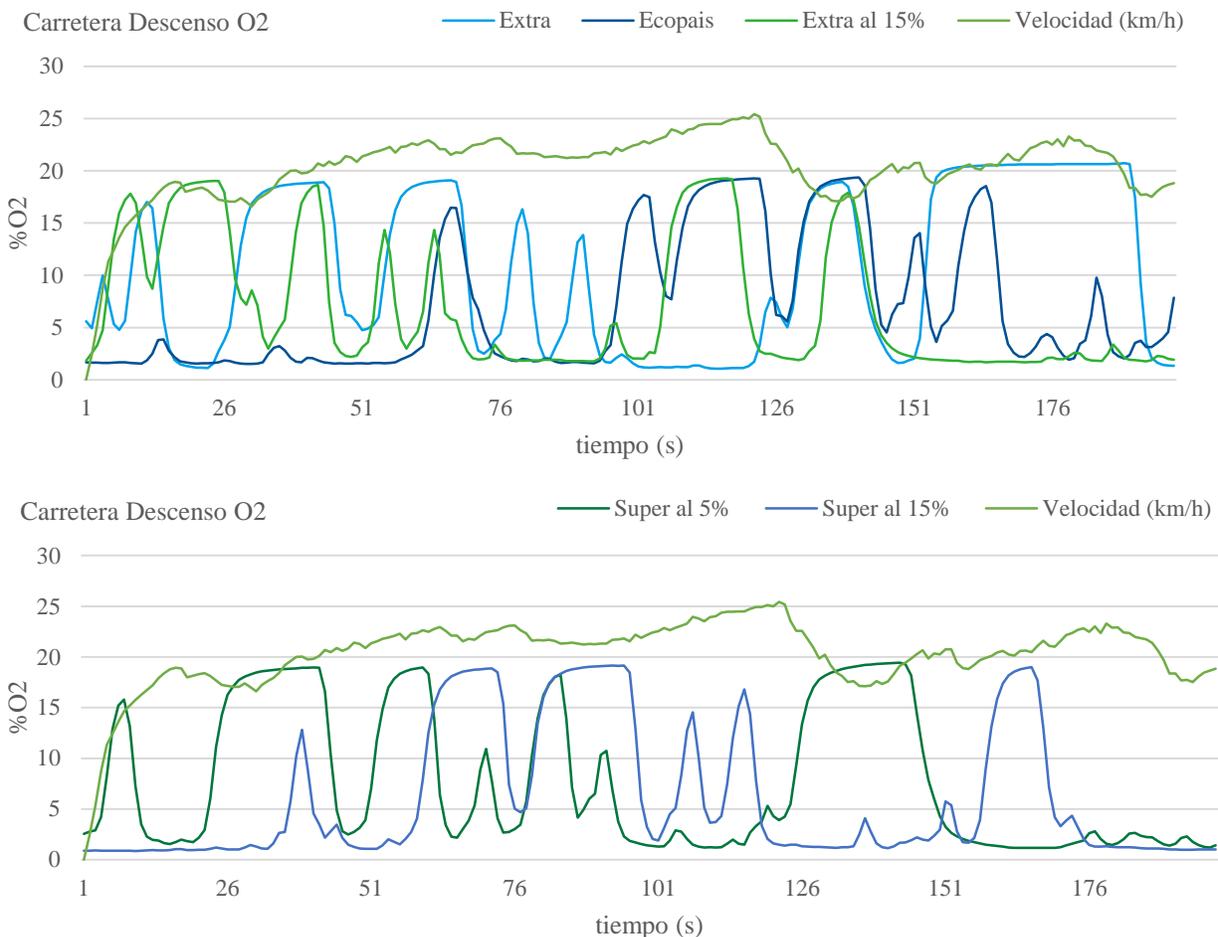


Figura 81. Emisiones de O2 en descenso al utilizar combustibles Extra y Súper.

Presentación de emisiones contaminantes en urbano.

Para las pruebas en tramo urbano en el Distrito Metropolitano de Quito, se utilizan dos propuestas de combustibles, extra con varios porcentajes de etanol y Súper con 2 porcentajes de etanol. En el caso del análisis del combustible con menor octanaje, los menores picos de emisión son emitidos por la mezcla con mayor porcentaje de etanol es decir el 15%. Para el análisis de combustible súper, la propuesta con el 5% de etanol, genera menor cantidad de emisiones contaminantes que su semejante.

Emisiones contaminantes CO.

El análisis de Monóxido de carbono CO, se presenta en dos partes. La primera expone los resultados al utilizar combustibles extra con varios porcentajes de etanol, en este caso el combustible extra, presenta mejores resultados, mejor comportamiento del motor y menores emisiones en relación a los picos presentados. Para el segundo caso, al usar súper con varios porcentajes de etanol, se aprecia un mejor comportamiento en la ruta, con picos menores de emisión de contaminantes en el uso de Súper al 15% de etanol, como se expone en la figura 82.

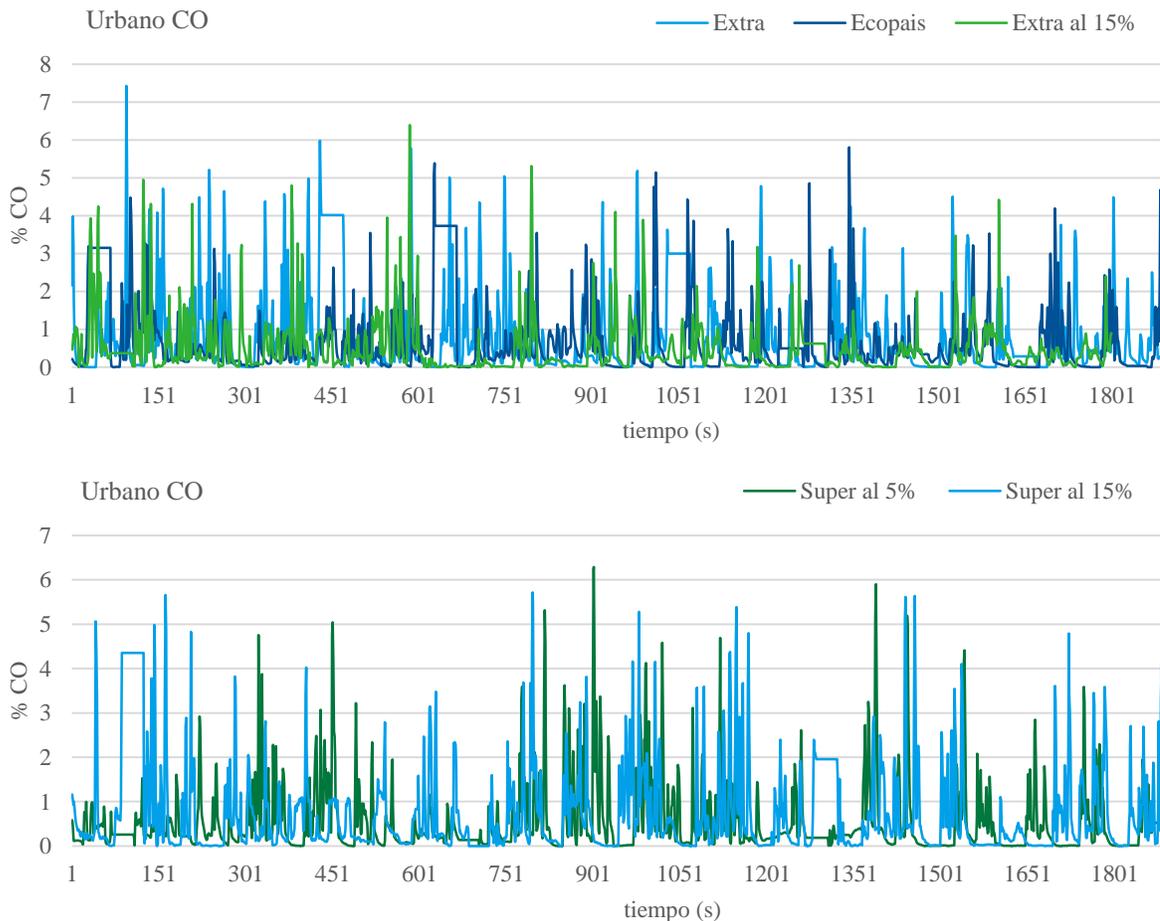


Figura 82. Emisiones de CO en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes HC ppm.

Los hidrocarburos HC se analizan en partículas por millón ppm, para este caso el estudio se divide en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol, se aprecia que el combustible Extra al 5% de etanol generan menor cantidad de hidrocarburos como se muestra en los picos de la gráfica. La segunda parte expone la propuesta de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol produce la mayor cantidad de hidrocarburos en relación a su similar, como se expone en la figura 83.

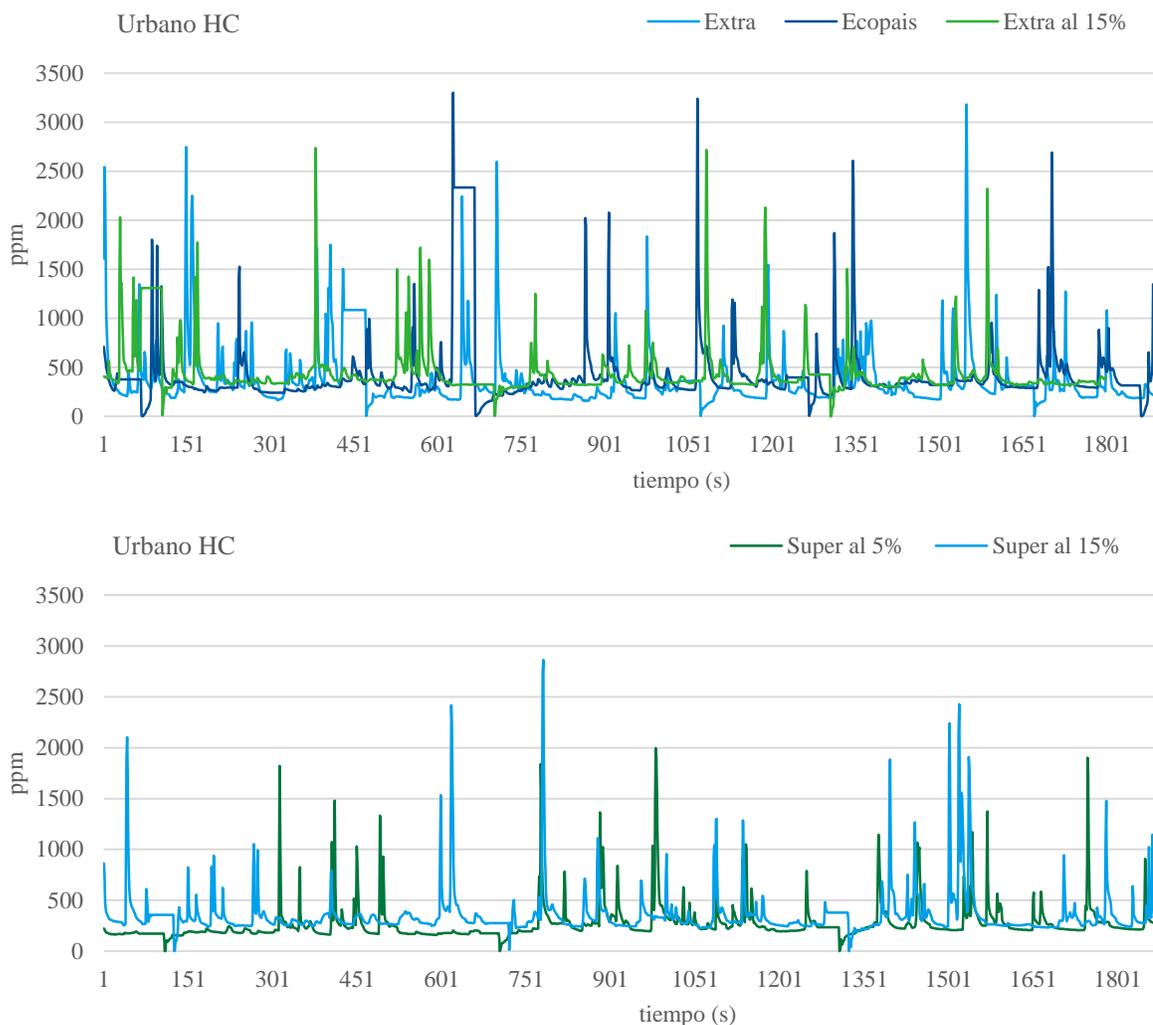


Figura 83. Emisiones de HC en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes NOx.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol, en el cual, el combustible extra al 5% de etanol emite menor cantidad de contaminación en relación a las otras dos propuestas de combustibles. La segunda parte expone las propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde súper al 5% de etanol produce menor emisión de contaminantes en relación a los picos, como se expone en la figura 84.

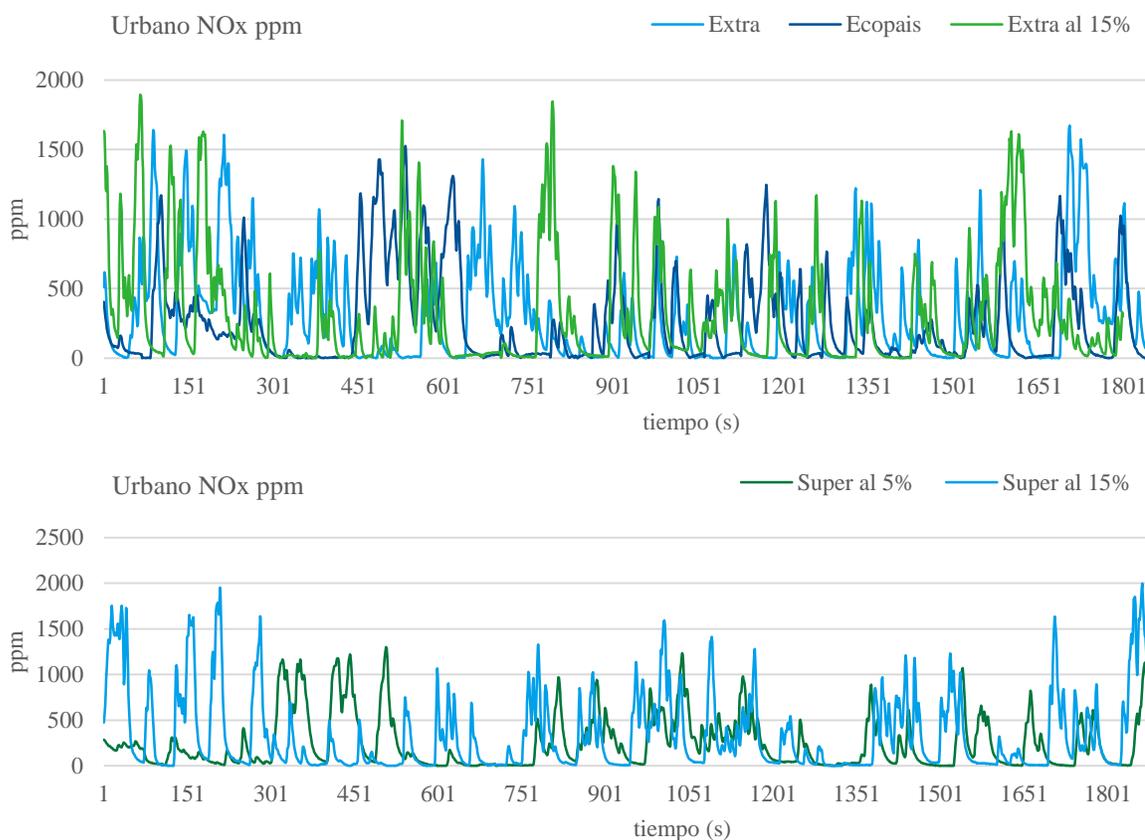


Figura 84. Emisiones de NOx en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes CO2.

En el análisis del tramo urbano en el vehículo de pruebas 2, se obtiene dos resultados. El primero al usar combustibles de bajo octanaje como es el extra y sus variables con mezclas de etanol, para este caso el mejor resultado se obtuvo al utilizar Extra al 15% de etanol ya que los picos que presenta son menores

y se evidencia menor emisión de gases contaminantes. Para el segundo caso se presenta los análisis al utilizar mezclas de etanol con súper, para tal se observa menor emisión de contaminantes al utilizar súper al 15% de etanol en relación a su similar, como se aprecia en la figura 85, donde se expone las diferentes mezclas de combustibles con etanol.

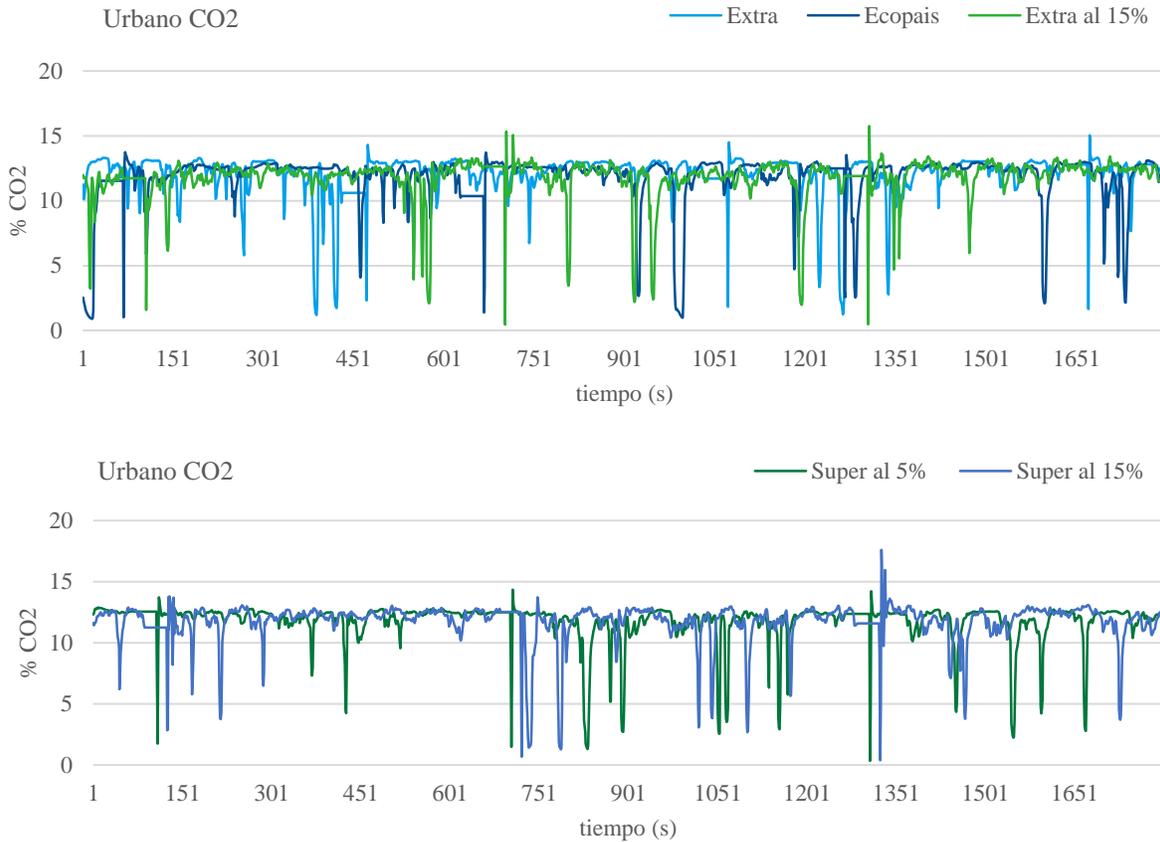


Figura 85. Emisiones de CO2 en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.

Emisiones contaminantes O₂.

Las emisiones de oxígeno O₂, se dividen en dos partes. La primera al usar Extra con varios porcentajes de etanol se aprecia que las tres propuestas de combustible presentan picos similares, por lo tanto, se demuestra que el comportamiento en este tramo es casi parecido, y al ser el oxígeno un gas no dañino para el ambiente produce menos cantidad de contaminación. La segunda parte expone las

propuestas de súper con porcentajes de etanol, donde las dos propuestas de combustibles producen similar emisión de oxígeno que se aprecian en los picos y porcentajes de relación, como se expone en la figura 86.



Figura 86. Emisiones de O2 en tramo urbano al utilizar combustibles Extra y Súper.

Presentación de resultados generales con varias propuestas de combustibles

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas ON BOARD de emisiones de gases con varias propuestas de combustibles:

Emisiones de gases en vehículo Optra

Ahora se presentan los resultados de factores de contaminación en el primer vehículo a estudiar, con las 5 propuestas de combustibles en tres diferentes tramos y en diferentes condiciones ambientales y de tráfico.

Emisiones de gases CO.

Al ser el monóxido de carbono un gas contaminante en la figura 87, se aprecia la emisión del mismo en función de las mezclas con contenido de etanol producen menor porcentaje de contaminantes en relación al uso de un combustible convencional.

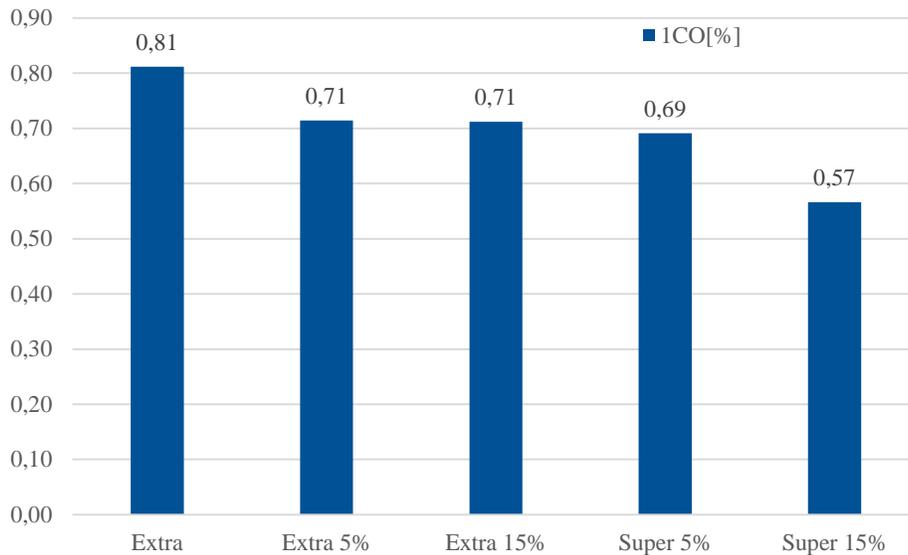


Figura 87. Emisiones de monóxido de carbono en porcentaje.

Emisiones de gases O₂.

En el caso del oxígeno entre mayor sea su producción, menor es la contaminación que este genera. Por el hecho de igualar las ecuaciones en el proceso de combustión entre mayor sea su producción, menor es la emisión del resto de contaminantes, en la figura 88, se aprecia que la mayor generación de oxígeno es proporcionada por S15, ya que entre mayor sea la proporción de etanol mejor es la producción de oxígeno.

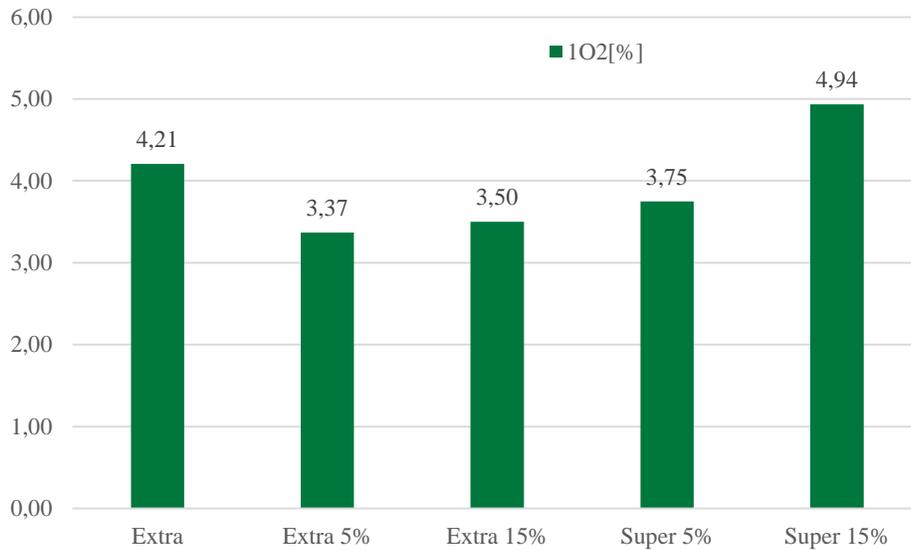


Figura 88. Emisiones de oxígeno en porcentaje.

Emisiones de gases CO₂

Para el caso del dióxido de carbono, el uso de etanol disminuye las emisiones de contaminantes en combustibles con alto octanaje. En la figura 89, se aprecia la emisión de este contaminante donde el Súper al 15% de etanol (S15), fue la mezcla emite menor contaminante.

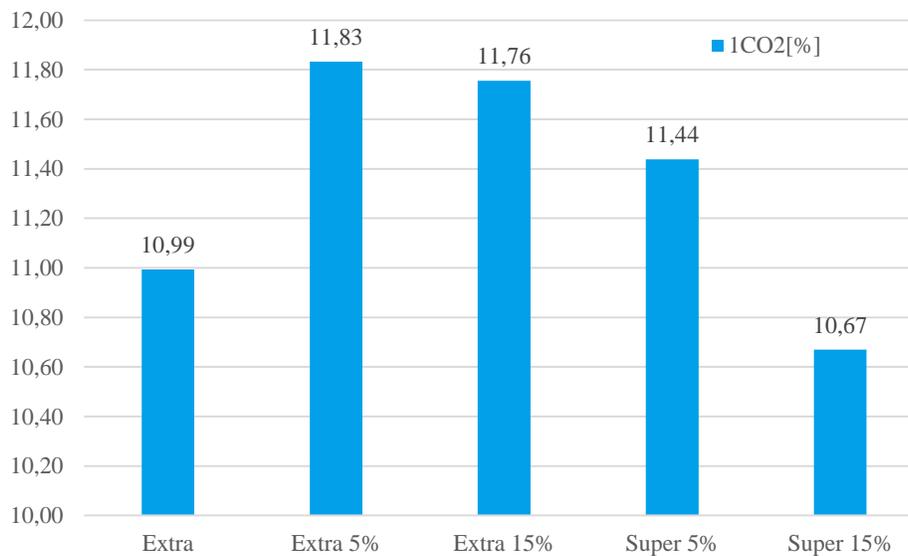


Figura 89. Emisiones de Monóxido de carbono.

Emissiones de gases HC

Para el caso de hidrocarburos la emisión es dada en partículas por millón, en la figura 90, se aprecia que la menor producción de este contaminante es proporcionada por E5 o Ecopaís.

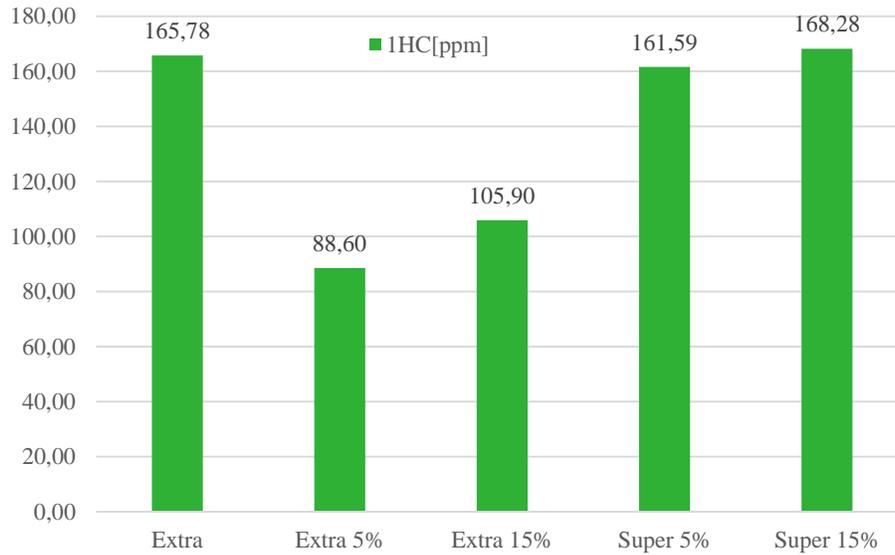


Figura 90. Emisiones de hidrocarburos en partículas por millón.

Emissiones de gases NOx.

Para el caso de los NOx, se produce reducción en el análisis de S15, ya que el proceso está relacionado con la relación de equivalencia, tal manera que la emisión de NOx alcanza un máximo cerca de la condición estequiometría.

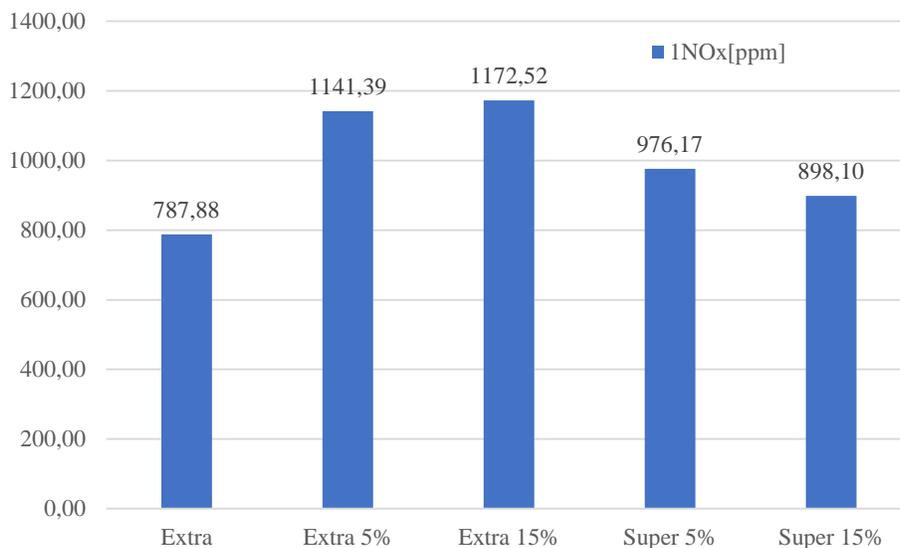


Figura 91. Emisiones de óxidos de nitrógeno en partículas por millón.

Emisiones de gases en vehículo Dmax.

Ahora se presentan los resultados de factores de contaminación en el segundo vehículo a estudiar, con las cinco propuestas de combustibles en tres diferentes tramos y en diferentes condiciones ambientales y de tráfico.

Emisiones de gases CO.

Al ser el monóxido de carbono un gas contaminante en la figura 92, se aprecia la emisión del mismo en función de las mezclas con contenido de etanol producen menor porcentaje de contaminantes en relación al uso de un combustible convencional, en este caso los mejores resultados son proporcionados por E15.

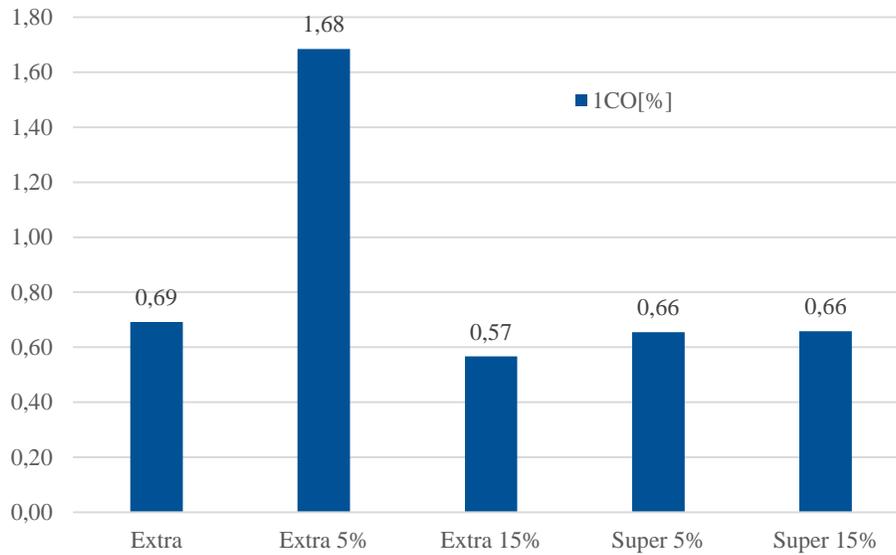


Figura 92. Emisiones de monóxido de carbono en porcentaje.

Emisiones de gases CO₂

Para el caso del dióxido de carbono, el uso de etanol disminuye las emisiones de contaminantes en combustibles con alto octanaje. En la figura 93, se aprecia la emisión de este contaminante donde el Extra al 5% de etanol (E5), fue la mezcla emite menor contaminante.

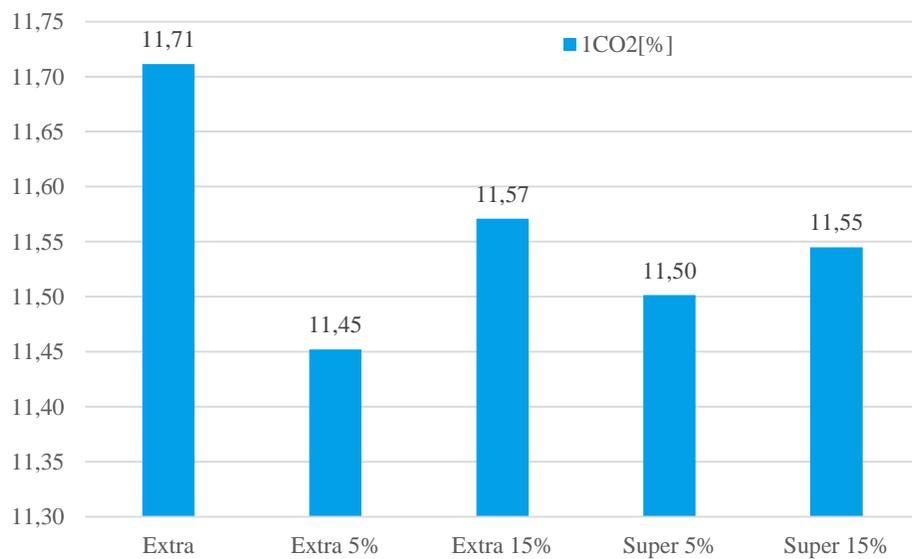


Figura 93. Emisiones de Monóxido de carbono.

Emisiones de gases HC.

La figura 94, muestra las concentraciones de emisiones de hidrocarburos para la ruta combinando en diferentes condiciones climáticas y ambientales. Para tal caso el uso de combustibles con adición de etanol genera emisiones mayores en el uso de combustibles con bajo octanaje es decir 87 octanos.

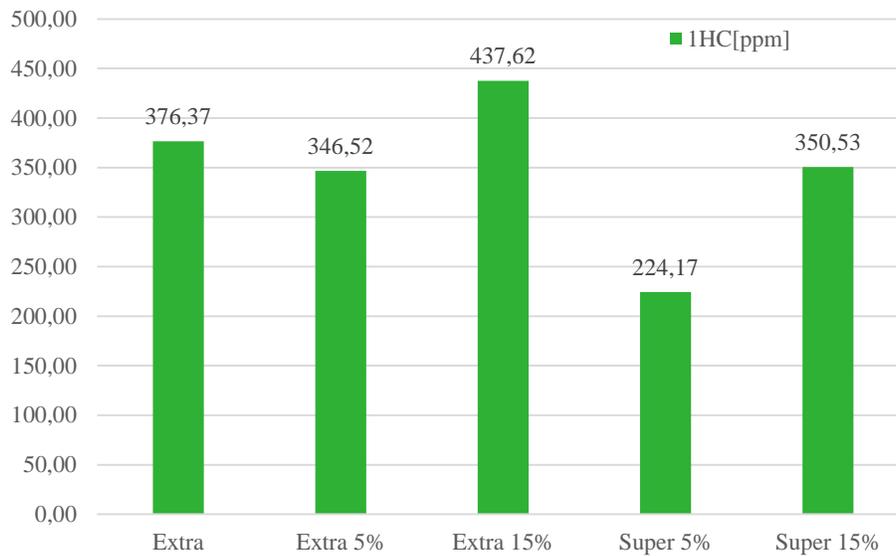


Figura 94. Emisiones de hidrocarburos en partículas por millón.

Emisiones de gases O₂.

En el caso del oxígeno entre mayor sea su producción, menor es la contaminación que este genera. Por el hecho de igualar las ecuaciones en el proceso de combustión entre mayor sea su producción, menor es la emisión del resto de contaminantes, en la figura 95 se aprecia que la mayor generación de oxígeno es proporcionada por E5, ya que entre mayor sea la proporción de etanol mejor es la producción de oxígeno.

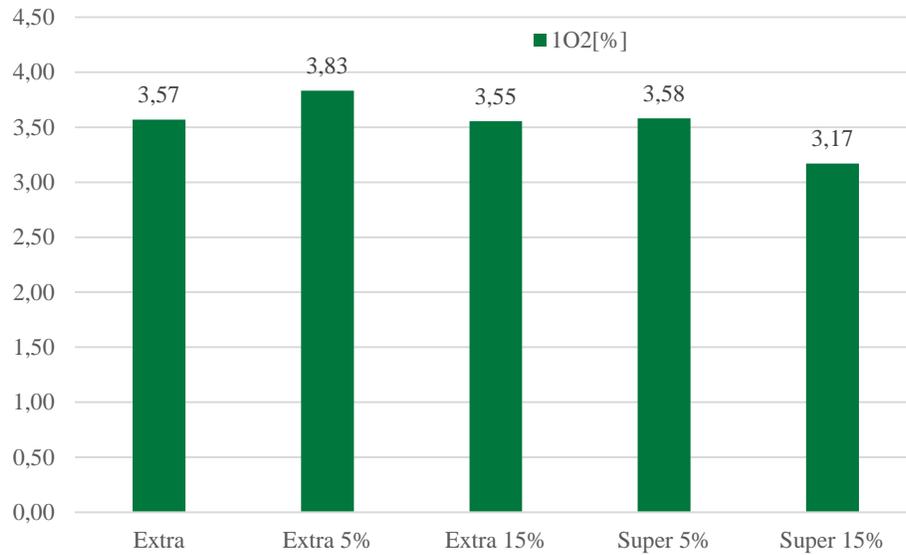


Figura 95. Emisiones de oxígeno en porcentaje.

Emisiones de gases NOx.

En la figura 96, se aprecia los óxidos de nitrógeno en partículas por millón para el caso de combustibles nacionales entre mayor porcentaje de etanol se añade a la mezcla, mayor es la cantidad de contaminante que esta emana.

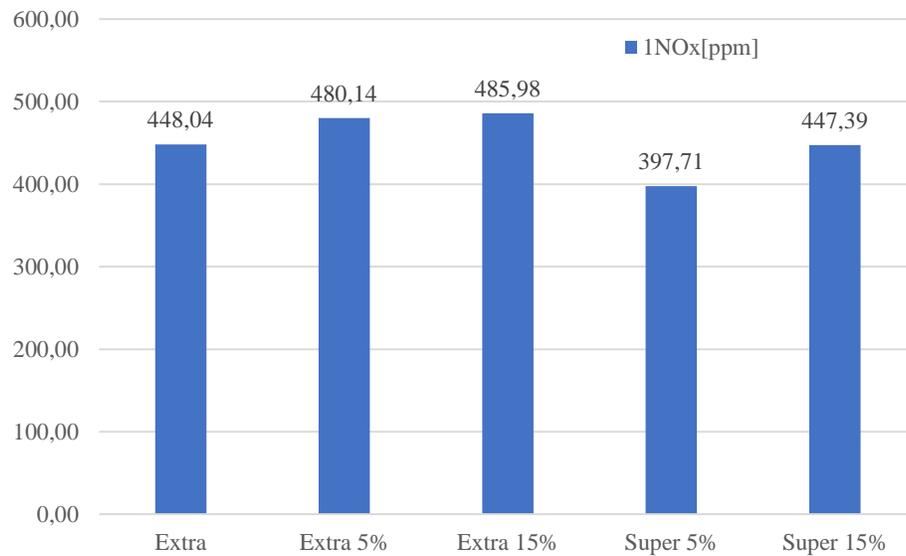


Figura 96. Emisiones de óxidos de nitrógeno en partículas por millón.

Presentación de resultados análisis estereoscópico digital

Se presentan los resultados de degradación de la bujía de encendido mediante capturas microscópicas por medio de un analizador digital microscópico de barrido. Para este estudio se evidencia que al usar Ecopaís, el desgaste de la bujía de encendido es mayor ya que genera mayor temperatura de trabajo. En la figura 97, se aprecia el desgaste por cada cilindro del vehículo.

Número de cilindros	Capturas de microscopio combustible: Extra	Capturas de microscopio combustible: Ecopaís
/		
1		
2		

3



4

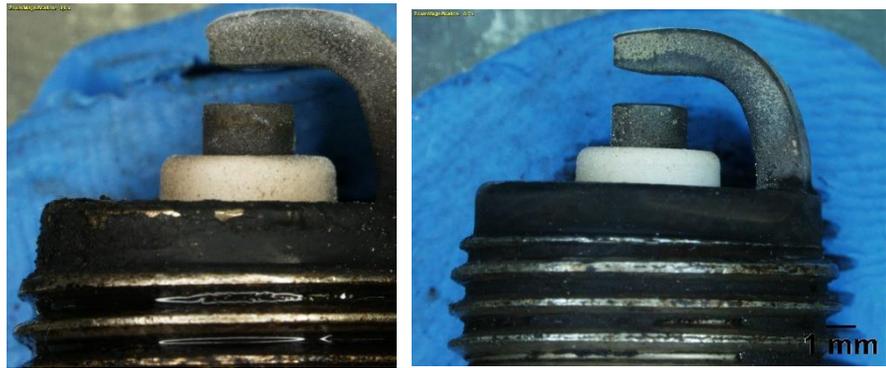


Figura 97. OPTRA Extra y Ecopaís

En la figura 98, se observa el diagnóstico del segundo vehículo con el uso de dos propuestas de combustible Extra y Ecopaís. Para este caso se evidencia el análisis de cada cilindro del vehículo, es evidente que la mayor degradación se produce al usar Ecopaís como medio de propulsión. Ya que el electrodo presenta mayor desgaste en el uso de Ecopaís que al usar combustible convencional.

Número de cilindros	Capturas de microscopio combustible: Extra	Capturas de microscopio combustible: Ecopaís
1		
2		
3		
4		

Figura 98. DMAX Extra y Ecopaís

Presentación de resultados de Simulación en la bujía de encendido

Para este estudio se toma en cuenta las características constructivas de la bujía de encendido, en un elemento en CAD (Diseño Asistido por Computador) proporcionado por el Software Siemens NX. En la figura 99, se representa un análisis térmico a la bujía de encendido en software ANSYS, donde se puede apreciar los puntos máximos de temperatura y el recorrido de esta por todo el cuerpo del elemento para el caso del combustible Extra.

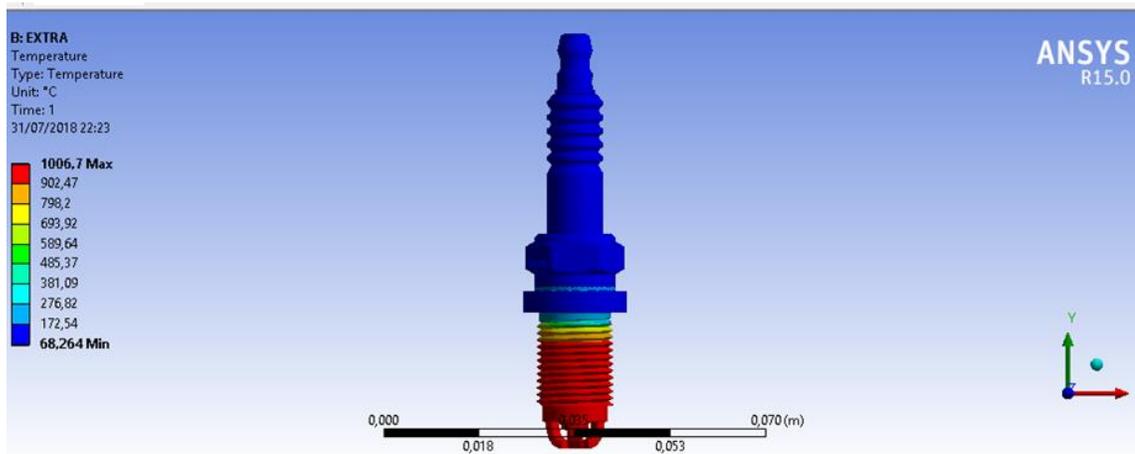


Figura 99. Análisis térmico de la bujía de encendido combustible extra

En la figura 100, se aprecia el análisis térmico realizado a la bujía de encendido que utiliza combustible Ecopaís, donde podemos evidenciar la mayor temperatura de trabajo se alcanzó con la utilización de este combustible.

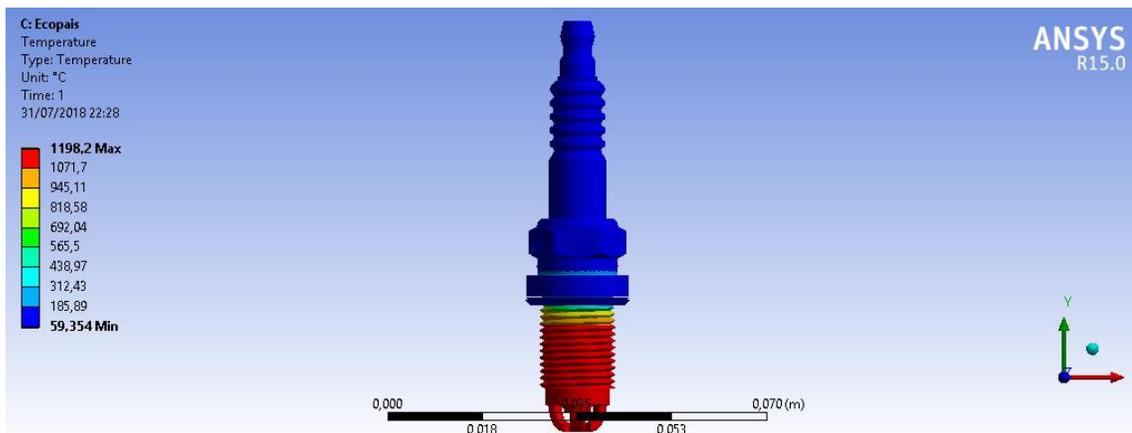


Figura 100. Diferentes temperaturas de trabajo de la bujía de encendido

Para completar el estudio térmico se presenta en la figura 101, los componentes de la bujía de encendido y las determinadas temperaturas a las que se encuentran sometidos.

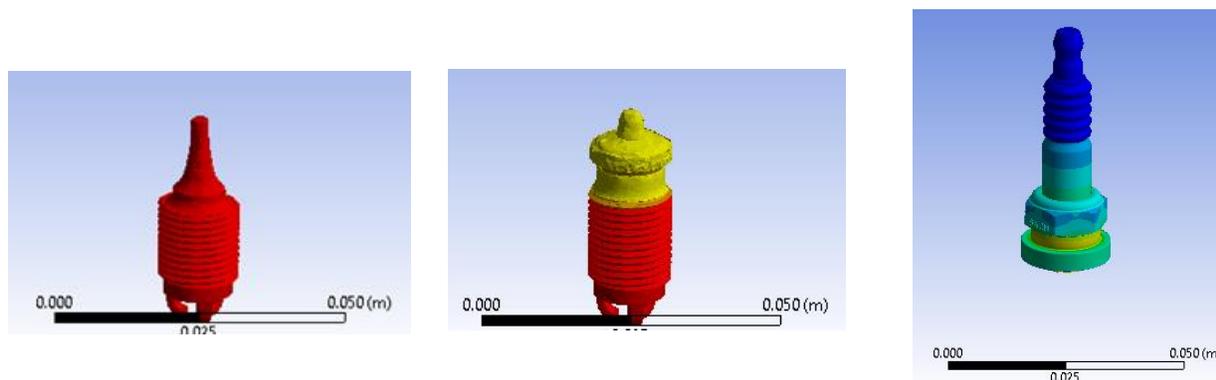


Figura 101. Componentes en estudio bujía de encendido

Discusión de Resultados

Presentación de Resultados

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en relación a los factores de contaminación que son; CO, HC y NO_x en dos vehículos de pruebas antes detallados y posterior con los valores presentados se realiza el cálculo de Poder Específico de Vehículo VSP con mezclas de combustibles convencionales y varias propuestas con porcentajes de etanol.

Factores de emisión

Resultados de las pruebas ON BOARD de emisiones de gases, factores de contaminación y consumo de combustible; con 5 propuestas de combustibles con varios porcentajes de etanol en ruta establecida, para lo cual se analizó en tres tramos que constan de Carretera en Ascenso, Carretera en Descenso y Urbano.

Factores de contaminación en vehículo de pruebas OPTRA.

Los datos obtenidos en las pruebas ciclo ON BOARD, con varias propuestas de combustibles. Para tal análisis se aplican las ecuaciones planteadas en el Estado del Arte en relación a los factores de contaminación.

Las concentraciones de emisiones de hidrocarburos y otros contaminantes para la ruta combinando en diferentes condiciones climáticas y ambientales. Para tal caso el uso de combustibles con adición de etanol genera emisiones mayores en el uso de combustibles con bajo octanaje es decir 87 octanos. Para el caso del combustible Premium con octanaje superior a los 90 octanos, el resultado es similar produce mayor emisión de HC. Lo que difiere, con el estudio de (Tutunea & Dumitru, 2017), quien presenta un estudio con combustibles que utilizan porcentajes de hasta 20% de etanol, donde presentan una disminución de 14% en hidrocarburos. Puede referirse ya que el estudio fue realizado con pruebas estática a un régimen de 3500 rpm,

caso contrario al estudio que planteamos ya que realizamos un ciclo combinado y el tema de altura a nivel del mar influye en los contaminantes como lo menciona (Llanes Cedeño, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018).

En las tablas 13, 14 y 15, se muestran los factores de emisión de los diferentes tramos de ascenso y descenso en carretera, así como el tramo urbano. En los diferentes vehículos de pruebas.

Tabla 13

Factores de contaminación en ascenso con diferentes propuestas de combustibles en Opra.

Factores de Emisión	Extra	Ecopaís	Extra al 5%	Súper al 5%	Súper al 15%
FCO (g/Km)	24,22	20,80	25,32	32,68	19,16
FHC (g/Km)	0,30	0,25	0,35	0,25	0,45
FNOX (g/Km)	1,86	2,77	4,00	3,48	3,35

Tabla 14

Factores de contaminación en descenso con diferentes propuestas de combustibles en Opra

Factores de emisión	Extra	Ecopaís	Extra al 5%	Súper al 5%	Súper al 15%
FCO (g/Km)	23,73	14,81	18,20	32,95	16,01
FHC (g/Km)	0,41	0,20	0,36	0,39	0,55
FNOX (g/Km)	2,02	2,59	3,73	2,12	2,59

Tabla 15

Factores de contaminación en urbano con diferentes propuestas de combustibles en Opra

Factores de emisión	Extra	Ecopaís	Extra al 5%	Súper al 5%	Súper al 15%
FCO (g/Km)	10,818	9,098	8,791	22,368	9,021
FHC (g/Km)	0,426	0,196	0,224	0,364	0,482
FNOX (g/Km)	1,222	1,693	1,594	1,278	1,590

Factores de contaminación en vehículo de pruebas Dmax.

Los datos obtenidos en las pruebas ciclo ON BOARD, con varias propuestas de combustibles. Para tal análisis se aplica las ecuaciones planteadas en el Estado del Arte en relación a los factores de contaminación, donde se aprecia los óxidos de nitrógeno en partículas por millón para el caso de combustibles nacionales entre mayor porcentaje de etanol se añade a la mezcla, mayor es la cantidad de contaminante que esta emana, lo que concuerda con (Tutunea & Dumitru, 2017) ya que el estudio estático a 3500rpm, demuestra que entre mayor sea el porcentaje de etanol en la mezcla mayor emisión de NOx emite, un tema importante en este estudio es que en ambos casos realizan el estudio en diferentes regímenes de trabajo del motor ya que el tema de altura es decir a 2800 metros sobre el nivel del mar afecta en las emisiones Llanes et al., (2018). Lo que no concuerda con el estudio realizado en Brasil a diferente altura según Policarpo et al., (2018), ya que el porcentaje de etanol influye en el contaminante. Es por tal que entre mayor porcentaje de etanol los NOx son menores a comparación con sus contrapartes.

En las tablas 16, 17 y 18, se muestran los factores de emisión de los diferentes tramos de ascenso y descenso en carretera, así como el tramo urbano. En los diferentes vehículos de pruebas.

Tabla 16

Factores de contaminación en ascenso con diferentes propuestas de combustibles en Dmax.

Factores de emisión	Extra	Ecopaís	Extra al 5%	Súper al 5%	Súper al 15%
FCO (g/Km)	22,97	32,46	17,71	18,80	19,39
FHC (g/Km)	1,07	0,76	1,17	0,62	0,95
FNOX (g/Km)	3,41	2,89	4,02	2,85	3,46

Tabla 17

Factores de contaminación en descenso con diferentes propuestas de combustibles en Dmax.

Factores de emisión	Extra	Ecopaís	Extra al 5%	Súper al 5%	Súper al 15%
FCO (g/Km)	13,42	36,06	12,27	19,03	16,65
FHC (g/Km)	1,21	1,82	1,75	1,06	1,38
FNOX (g/Km)	1,70	1,54	1,80	1,37	2,02

Tabla 18

Factores de contaminación en urbano con diferentes propuestas de combustibles en Dmax.

Factores de emisión	Extra	Ecopaís	Extra al 5%	Súper al 5%	Súper al 15%
FCO (g/Km)	12,20	26,83	10,78	11,97	13,54
FHC (g/Km)	1,09	0,88	1,37	0,66	1,16
FNOX (g/Km)	0,60	0,61	0,67	0,57	0,68

Factores de emisión de gases en tramo de ascenso.

Una de las partes esenciales en el estudio está dada en el tramo de ascenso, ya que el vehículo emite un comportamiento constante en cada tramo, por el hecho de tener menor cantidad de tráfico y mayor régimen de velocidad.

Factores de emisión para monóxido de carbono.

Los factores de contaminación para el monóxido de carbono se presentan en la figura 102, donde se realiza una comparación entre los dos vehículos en estudio. Para este caso (Costa & Sodré, 2009) afirma que el uso de etanol hidratado, minimiza las emisiones de CO y HC pero aumenta la cantidad de concentración de contaminantes de CO₂ y NO_x. Para este caso el v hculo que presenta menor cantidad de contaminantes de CO es la camioneta DMAX, con la utilización de E15, en comparación con el resto de contaminantes, lo que concuerda con el

estudio de (Tibaquira, Huertas, Ospina , Quirama, & Niño, 2018), donde se evidencia mejores resultados al utilizar un combustible con un porcentaje de etanol mayor. Según Policarpo et al., (2018), entre mayor sea el porcentaje de etanol, menor es la cantidad de CO que emite al ambiente, lo que concuerda con este estudio. Para este caso Llanes et al., (2018), evidencia al factor altura como medio importante en la emisión de gases contaminantes.

Canakci et al., (2012) en su estudio, evidencia el uso de mezclas con porcentajes de etanol en un vehículo comercial a una velocidad que oscila entre los 80 km/h y 100 km/h. Para este caso determina que las disminuciones de CO para E5 y E10 son de 18 y 17 % en promedio, comparado a un combustible comercial o E0. En el Caso de CO2 la disminución es el 3% en comparación con E0. En relación las disminuciones de contaminantes varían entre los 3% y 32%, dependiendo de la cantidad de etanol añadido en la mezcla a utilizar.

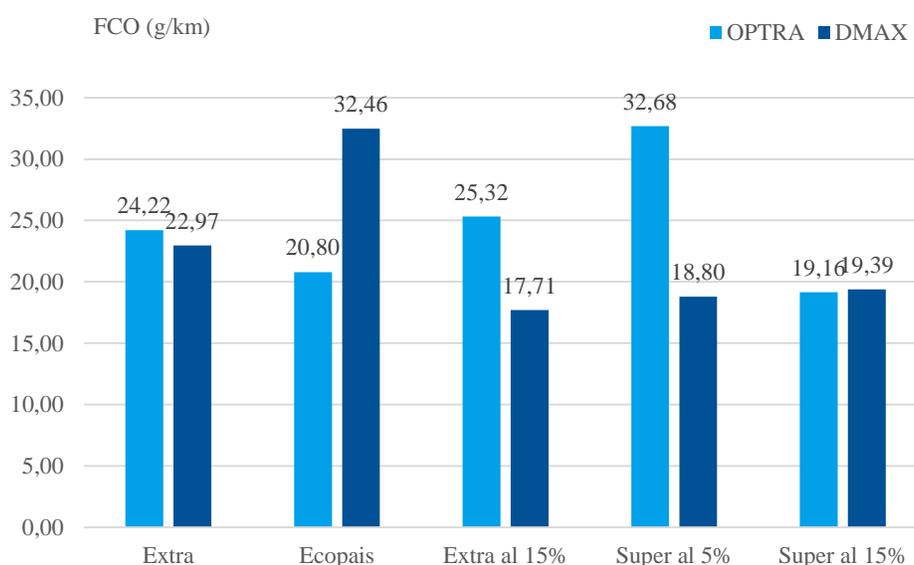


Figura 102. Factores de emisión monóxido de carbono Ascenso.

Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 103, se muestran los resultados de los dos vehículos a estudiar donde el mayor régimen de contaminación en el tramo de ascenso es arrojado por el combustible E15, en los dos

vehículos a estudiar. Según García et al., (2016), realiza una comparación entre mezclas con etanol E5, E10 y E15 donde estas emiten menor cantidad de contaminación, en relación al combustible convencional. Para este caso se obtiene de igual manera, que el factor altura y ascenso en carretera arrojan mayor emisión de contaminantes en E15, por el hecho de mantener una velocidad constante en tramo periférico. Sobre este tema el análisis de Menchaca et al., (2013), en la ciudad de México arroja un análisis diferente ya que el uso de combustible comercial arroja menos emisión de NOx que sus contrapartes. Para este estudio se toma en cuenta el análisis con dos vehículos, en el caso del vehículo con menor cilindraje el uso del combustible convencional proporciona una disminución del 30 % al 40 % en comparación con el resto de combustibles. Para el caso de la Dmax el combustible que menor emisión de contaminantes arroja es Súper adicionado al 5 % de etanol, con una disminución del 15 % al 30 %, en relación a las diferentes propuestas de combustible.

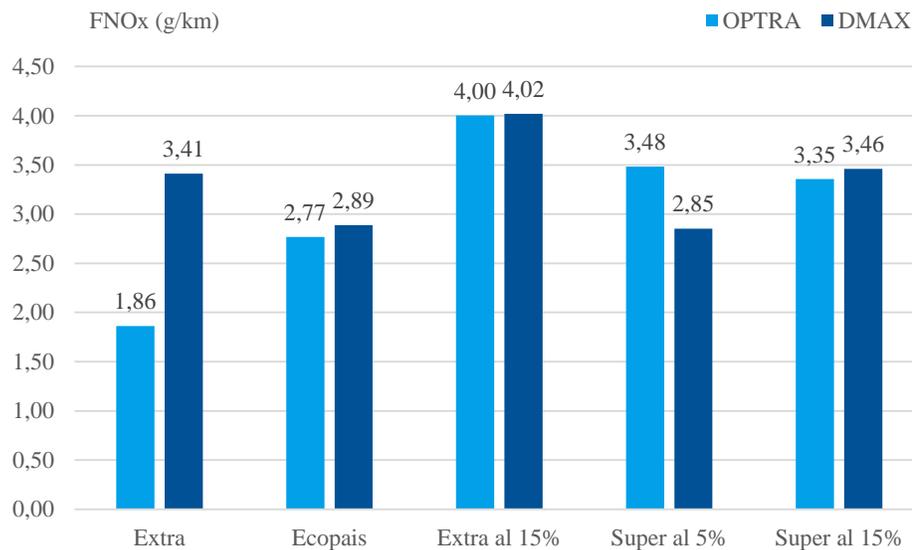


Figura 103. Factores de emisión monóxido de carbono Ascenso.

Factores de emisión para hidrocarburos.

En la figura 104, se muestra los resultados para hidrocarburos, donde la menor cantidad de emisión de los mismos es arrojada por el vehículo con menor cilindraje, caso que concuerda con el estudio de (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013), ya que en el estudio que realiza usa dos vehículos como medio de comparación donde el vehículo con cilindraje menor tiene una significativa cantidad de emisión a comparación con el de mayor cilindraje.

En este caso se evidencia que el S5 tiene menor emisión de contaminantes, que varía entre 30% y 40% de disminución de hidrocarburos en los dos vehículos, caso que se enfrenta con el estudio realizado por Costagliola et al., (2013), donde la mayor reducción se asocia a E85, con la cual obtuvo un 20% de reducción de hidrocarburos y 15 % de CO y NOx. Resultado que se asocia con el estudio de García et al., (2016), ya que entre mayor sea la cantidad de etanol en la mezcla menor contaminantes emite.

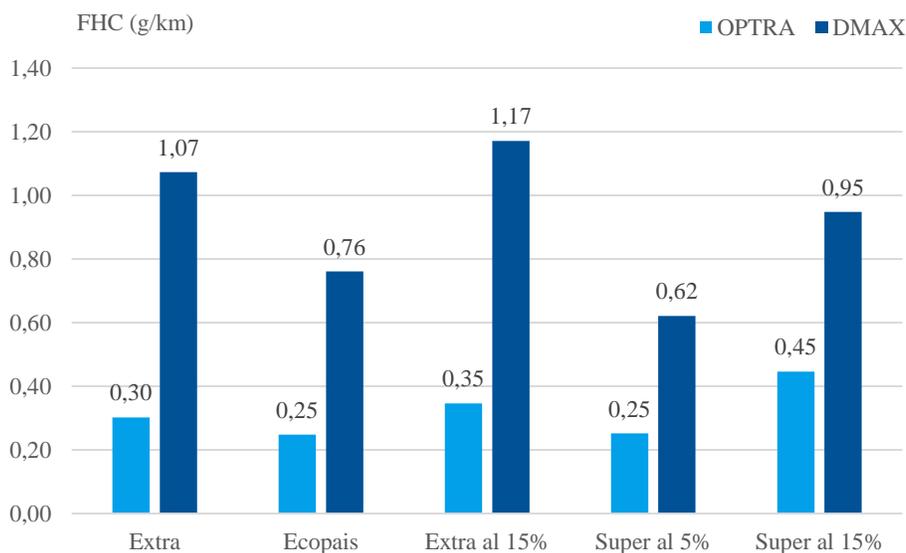


Figura 104. Factores de emisión hidrocarburos ascenso.

Factores de emisión de gases en tramo de descenso

En este caso se realiza el estudio en el tramo de carretera descenso, aquí se obtuvo la mayor velocidad de la ruta por tal manera que el estudio del mismo es vital en la culminación del proyecto para conocer el comportamiento del vehículo en determinados instantes del recorrido.

Factores de emisión para monóxido de carbono.

En la figura 105, se evidencia los factores de monóxido de carbono en los dos vehículos a estudiar para el caso se aprecia que los factores que menor emisión de contaminantes genera son resultados mixtos para cada caso ya que el factor cilindraje es esencial en este estudio ya que se lo realizó con un motor de 1800 cm³ y un motor con 2400 cm³. Resultado similar en el estudio de (Policarpo, y otros, 2018), donde el vehículo con menor cilindraje emite menores contaminantes. Las emisiones de CO se redujeron a medida que se utilizó combustibles con porcentajes de etanol mayor estudio que concuerda con el realizado por (Hernandez, Menchaca, & Mendoza, 2014). Por lo contrario, Llanes et al., (2018), mencionan que al usar combustibles tradicionales las emisiones de CO son menores que al usar mezclas con etanol. Para este estudio se evidencia que la disminución de Monóxido de carbono, se efectúa con propuestas de combustibles adicionadas etanol, cuyo porcentaje varía entre 30 % y 50 %, dependiendo de la cantidad de etanol que se añade a la mezcla.

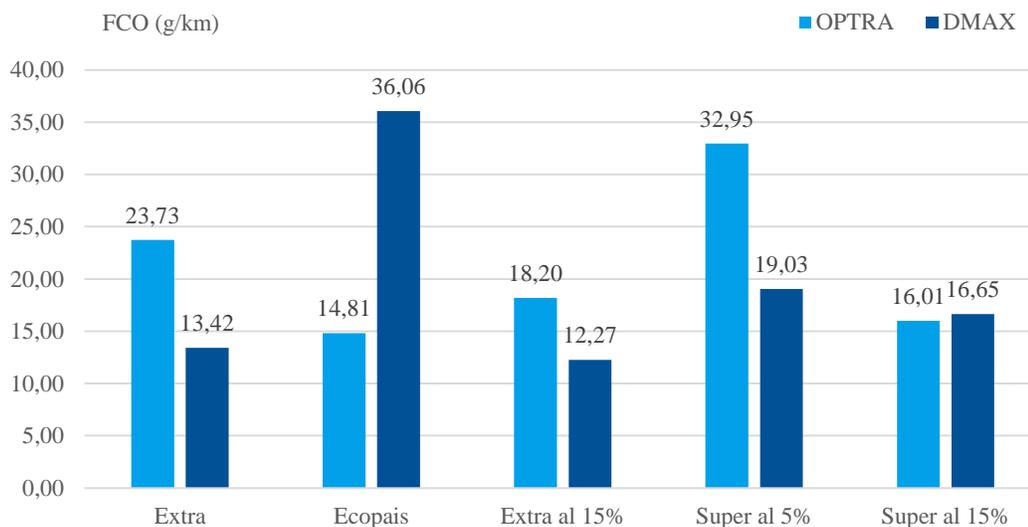


Figura 105. Factores de emisión monóxido de carbono descenso.

Factores de emisión para hidrocarburos.

Para este estudio se presenta la figura 106, donde los mejores resultados en cuanto a emisiones se muestran divididos para el caso del vehículo con menor cilindraje se presentó el mejor resultado al utilizar Ecopais (E5) con una disminución del 67 % de emisiones contaminantes en referencia al resto de combustibles, para el segundo automotor el mejor resultado es dado al utilizar S5, con una disminución del 42 % en comparación del resto de propuestas de combustibles. Por tal el estudio afirma que añadir etanol al combustible tradicional en diferentes porcentajes, reduce la emisión de hidrocarburos en cierto nivel que depende de cada vehículo, estudio que concuerda con lo expuesto por Llanes et al., (2018), ya que el factor altura de 2800msnm influye en la emisión de contaminantes y con el estudio realizado por (Tutunea & Dumitru, 2017), que menciona que al utilizar etanol como combustible tradicionales disminuye las emisiones de HC, por el hecho de obtener una combustión completa.

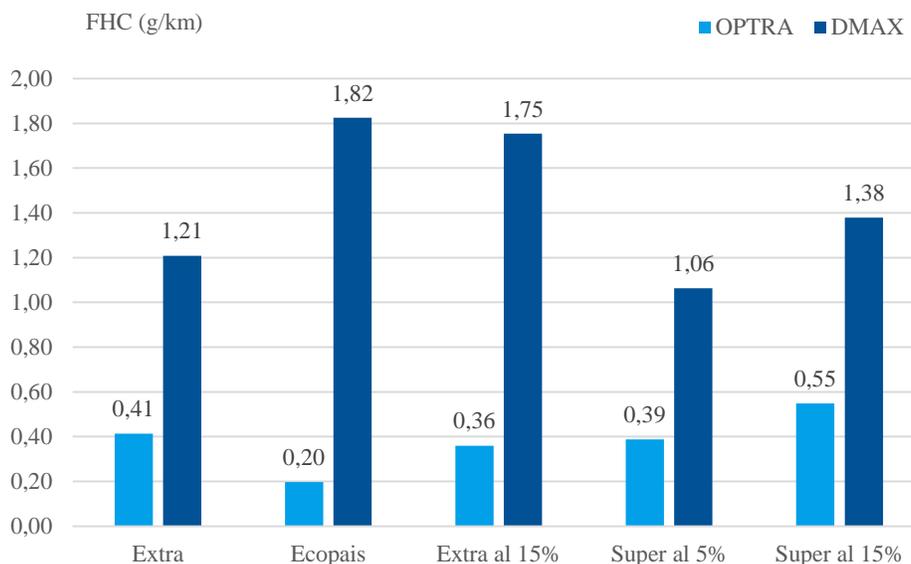


Figura 106. Factores de emisión hidrocarburos descenso.

Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 107, se aprecia los factores de emisión para NOx, donde los resultados favorables son dados por el vehículo con mayor cilindraje a diferencia con su contraparte con menor cilindraje, caso que difiere del estudio de (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013) por el hecho de tomar en cuenta el cilindraje como factor principal.

Para este estudio los resultados más favorables son dados por mezclas S5, con una disminución de emisiones que oscila entre 33 % y 43 %, ya que en los dos vehículos esta mezcla tuvo menor emisión de contaminantes en relación a los demás, estudio que concuerda con el realizado por (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013), al utilizar combustibles con porcentaje de etanol. Los resultados presentados por Llanes et al., (2018), muestran una perspectiva similar al utilizar.

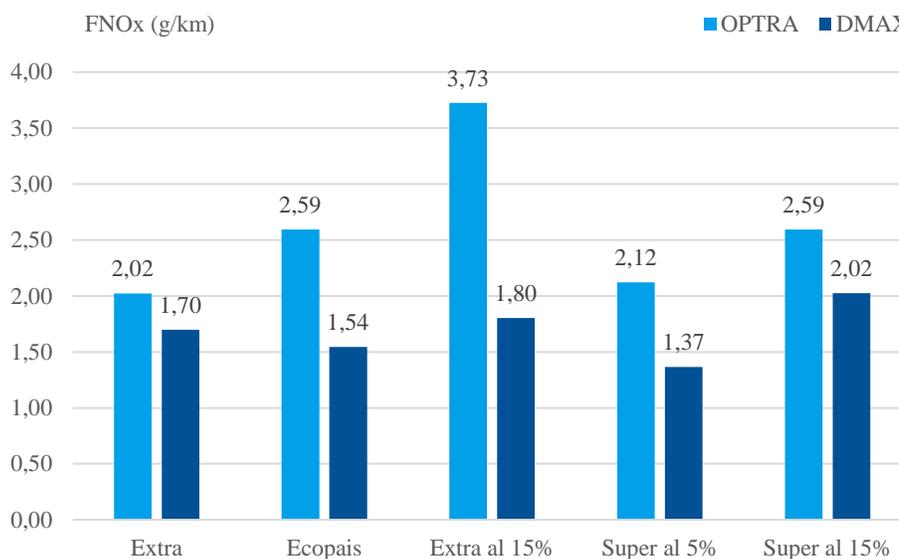


Figura 107. Factores de emisión monóxido de carbono descenso.

Factores de emisión de gases en tramo urbano

El tramo urbano, es parte esencial de este estudio ya que en este se efectuó el análisis de contaminantes en condiciones normales de operación en la ciudad de Quito, es decir con paradas constantes, clima variado, temperatura y humedad relativa diferente en cada toma de datos.

Factores de emisión para monóxido de carbono.

En la figura 108, se muestran los resultados para Factores de emisión de monóxido de carbono, en este caso los dos vehículos presentan menor contaminantes a utilizar la mezcla E15, con una disminución del 40 %, caso que concuerda con lo expuesto por (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010), ya que al utilizar etanol en los combustibles tradicionales emiten menores contaminantes. Según (Tutunea & Dumitru, 2017), entre mayor porcentaje de etanol tenga un combustible menor emisión de contaminantes produce, en nuestro caso el resultado difiere parcialmente ya que obtenemos mejores resultados al utilizar E15. Por lo contrario, D'Silva et al., (2015), obtiene resultados con mejores prestaciones al utilizar nano partículas de titanio en el combustible, por lo cual logra mejores resultados en la combustión.

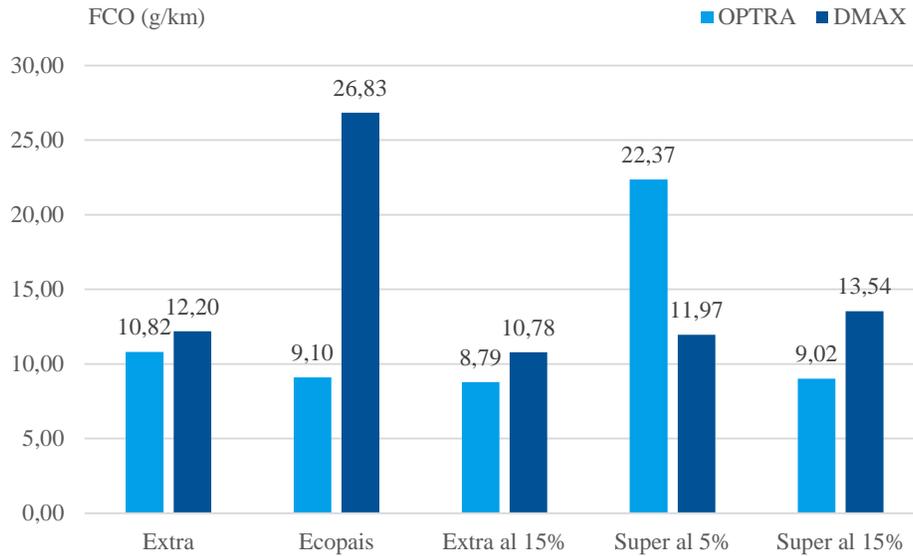


Figura 108. Factores de emisión monóxido de carbono tramo urbano.

Factores de emisión para hidrocarburos.

En la figura 109, se muestra el factor de contaminación para hidrocarburos, en este caso como en los anteriores el tema cilindraje, es el que efectúa la relación en los contaminantes a estudiar, por tal caso el automotor con menor cilindraje produce menor cantidad de contaminantes. Por otro lado los combustibles con diferentes porcentajes de etanol, producen menor cantidad de contaminantes en un rango de 50 % y 55 % de disminución, a diferencia de combustibles tradicionales, como lo afirma (Quinchimbla & Solis Santamaría, 2017) en su estudio. Pero en el caso de (Tutunea & Dumitru, 2017) es su estudio, se evidencia que entre mayor sea el porcentaje de etanol en el combustible menor cantidad de emisiones produce el mismo.

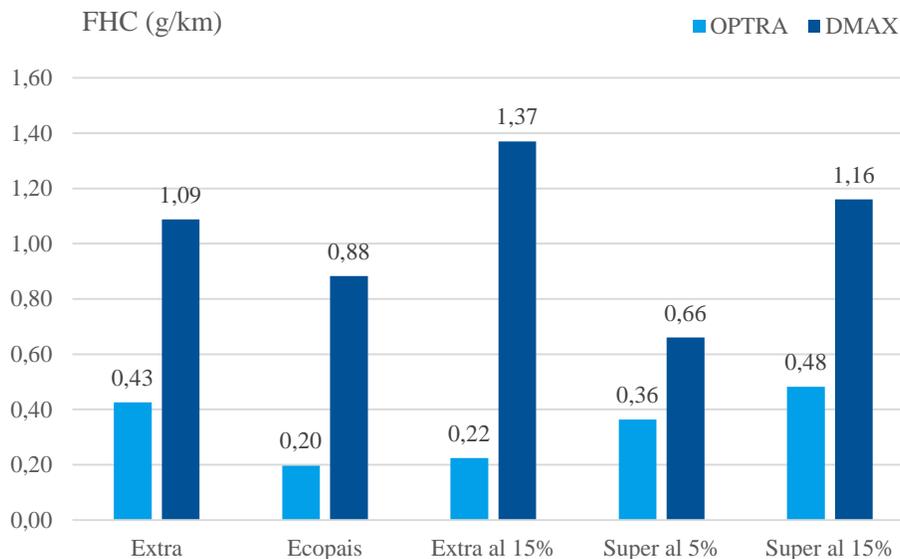


Figura 109. Factores de emisión hidrocarburos tramo urbano.

Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 110, se aprecia los factores de NO_x, para lo cual el vehículo con menor cilindraje emite mayor cantidad de NO_x que el de mayor cilindraje, por lo contrario (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013) afirma, que el vehículo con mayor cilindraje emite mayor cantidad de emisión de contaminantes. En este caso el adicionar etanol en el combustible de cierta manera minimiza las emisiones de NO_x arrojadas al ambiente, con un porcentaje que varía entre 16 % y 24 % de disminución de contaminantes, similar a lo referido por (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010) y (Tutunea & Dumitru, 2017) donde se aprecia mejores resultados al usar combustibles adicionados con etanol.

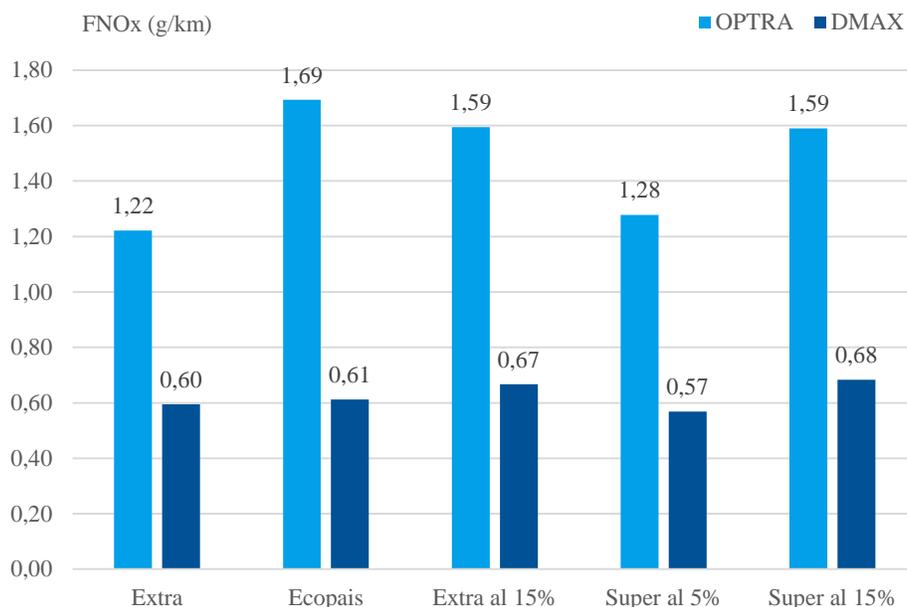


Figura 110. Factores de emisión monóxido de carbono descenso.

Factores de emisión de gases en ruta combinada Total

Para este caso se presentan los resultados de factores de emisión en ruta combinada total, para este estudio se toma en cuenta los tramos de carretera en ascenso y descenso, así como las variantes de tráfico y paradas constantes en el tramo urbano. Los resultados arrojados concuerdan con el estudio que realiza Frey et al., (2014), donde los picos que generan mayor contaminación en un tramo urbano son en la mañana y en la tarde-noche, evidencia que se refleja en la emisión de NOx, HC y CO que son mayor en comparación a un recorrido en medio día.

Factores de emisión para monóxido de carbono.

En la figura 111, se muestran los resultados de factores de emisión para monóxido de carbono, en dos vehículos a estudiar donde se evidencia que los máximos valores están dados con combustibles que poseen mezclas de etanol en varios porcentajes, donde la disminución es del 50 % de contaminantes, estudio que concuerda con lo expuesto por Policarpo et al., (2018), dado que el caso de emisiones son más frecuentes en tramos o rutas totales ya que el factor

tráfico y geografía de la ciudad son importantes en la toma de datos, es por tal que Llanes et al., (2018), hacen referencia al tema de altura y condiciones de la ciudad de Quito, donde sus valores más críticos son generados por combustibles que poseen porcentajes de etanol.

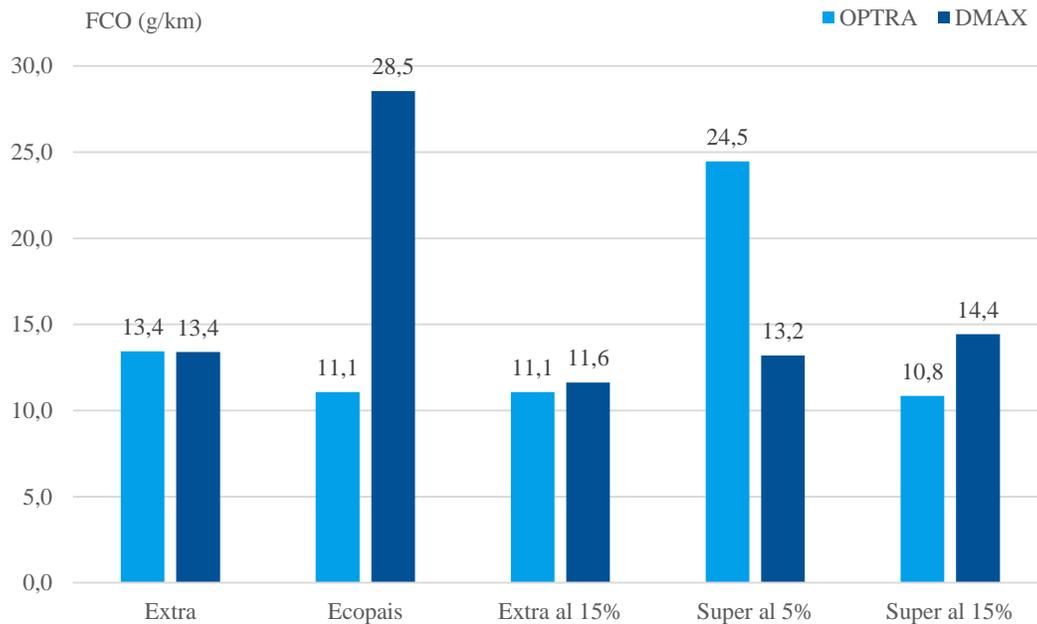


Figura 111. Factores de emisión monóxido de carbono generales.

Factores de emisión para hidrocarburos.

En la figura 112, se muestran los resultados obtenidos en factores de emisión para hidrocarburos, para este caso el tema de cilindraje es un factor importante en la emisión de este contaminante. Ya que, entre mayor sea el cilindraje del motor mayor emisión de hidrocarburos emite, resultados que coinciden con los obtenidos por (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013).

El porcentaje de etanol que tenga el combustible, es un factor principal en la reducción de emisiones de HC, resultado que coincide con lo expuesto por Llanes et al., (2018), y (Hernandez, Menchaca, & Mendoza, 2014) que demuestra que las emisiones de H pueden disminuir entre 20 % y 35 % según el porcentaje de etanol en el combustible. Para esto se da a conocer que entre mayor sea la cantidad de etanol en el combustible mejor será la combustión y el trabajo que realiza el automotor, resultado que concuerda con los obtenidos por García et al., (2016), donde el uso de mezclas de etano mejora torque, potencia y eficiencia térmica. Resultado dado por una mejor combustión en el tiempo de trabajo del motor Ciclo OTTO.

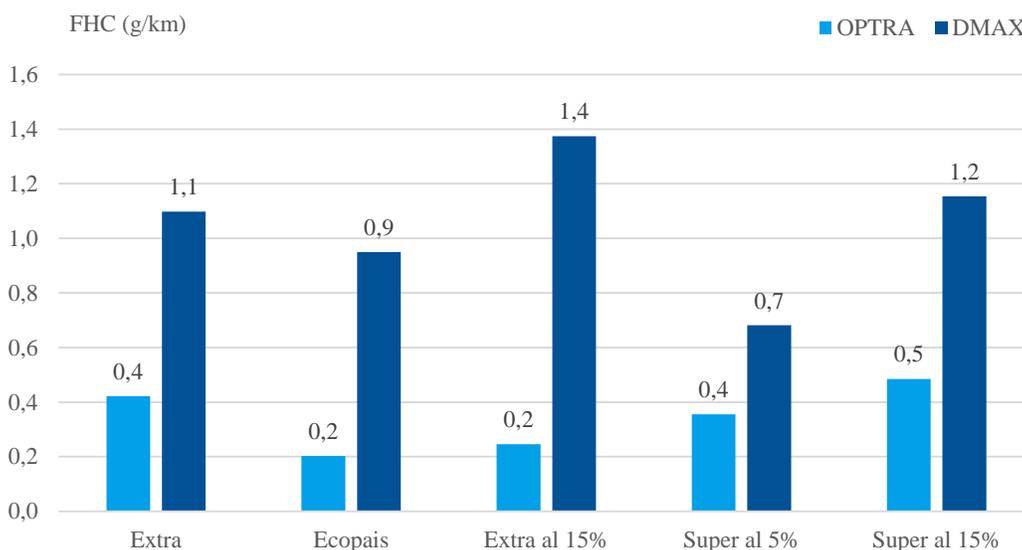


Figura 112. Factores de emisión hidrocarburos generales.

Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 113, se presentan los resultados obtenido para NOx, en este caso el mayor contaminante fue presentado por el combustible que posee menor cilindraje, resultados que discrepan con los obtenido por (Menchaca Torre & Mendoza Dominguez, 2013). Pero en el caso general el uso de combustibles convencionales con adición de varios porcentajes de etanol, presentan mejores resultados en la emisión del contaminante NOx, donde la disminución presenta un 20 % de contaminantes, resultados que coinciden con lo presentado por Lee et al.,

(2009), y (Tutunea & Dumitru, 2017). Para el caso el estudio se realizó a 2800 msnm, donde los mayores contaminantes son emitidos por combustibles tradicionales, como lo expone Llanes et al., (2018).

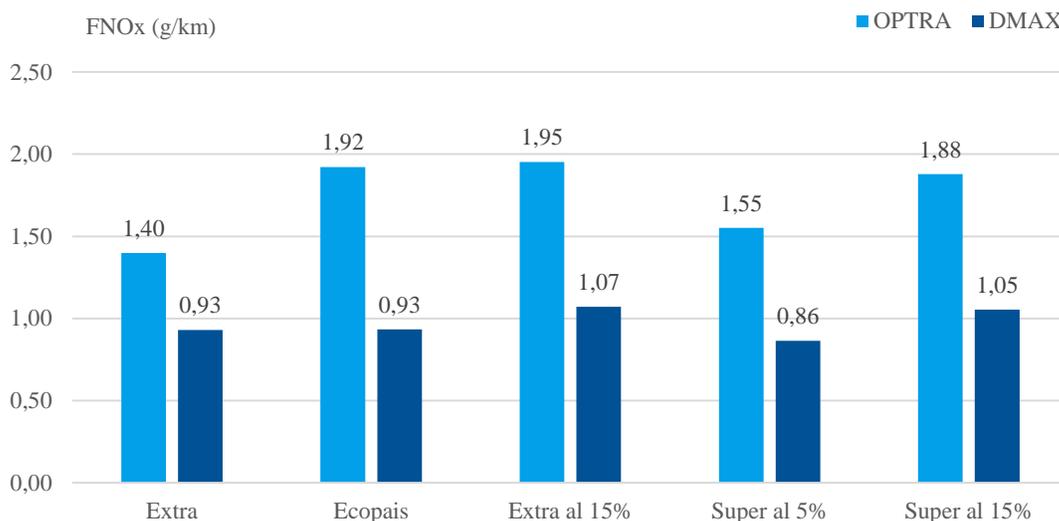


Figura 113. Factores de emisión monóxido de carbono generales.

Consumo de combustible

En lo que se refiere a consumo de combustible, existen factores que influyen directa e indirectamente en el mismo. En el caso directo se encuentra el tipo de motor o vehículo a estudiar, el cilindraje, el tipo de combustible, etc. Para el caso indirecto se toma en cuenta factores como presión de neumáticos, temperatura ambiente, tráfico, frenado etc.

Índice de consumo de combustible

En la figura 114, se muestra los datos de índice de consumo de combustible en litros/kilómetro de recorrido. Para lo cual se evidencia que el mayor consumo de combustible por kilómetro recorrido es dado por la mezcla S15 en los dos automotores en estudio, evidencia que genera un aumento de consumo del 10 % al 15 %, en la misma grafica se evidencia el análisis para combustibles convencionales de bajo octanaje, como el caso del extra, donde el mayor

consumo de combustible es dado por la mezcla con mayor porcentaje de etanol, estudio que concuerda con lo expuesto por López, 2013 y Guzmán, 2013.

Entre los factores principales que son características de la ruta escogida, se encuentran el tráfico, el clima, temperatura ambiente, etc. Resultado que concuerda con López, 2013. Ya que en su estudio hace referencia al factor tráfico para la mayor emisión de contaminantes y mayor consumo de combustible a diferencia de un estudio realizado con bajos porcentajes de tráfico.

Para el estudio de consumo de combustibles, se aprecia que el mayor consumo en la ruta combinada es dado por el vehículo DMAX, razón por la cual el tema de cilindraje es vital en este resultado, ya que entre mayor sea el cilindraje mayor es el consumo estudio que concuerda con lo expuesto por Urbina, 2016.

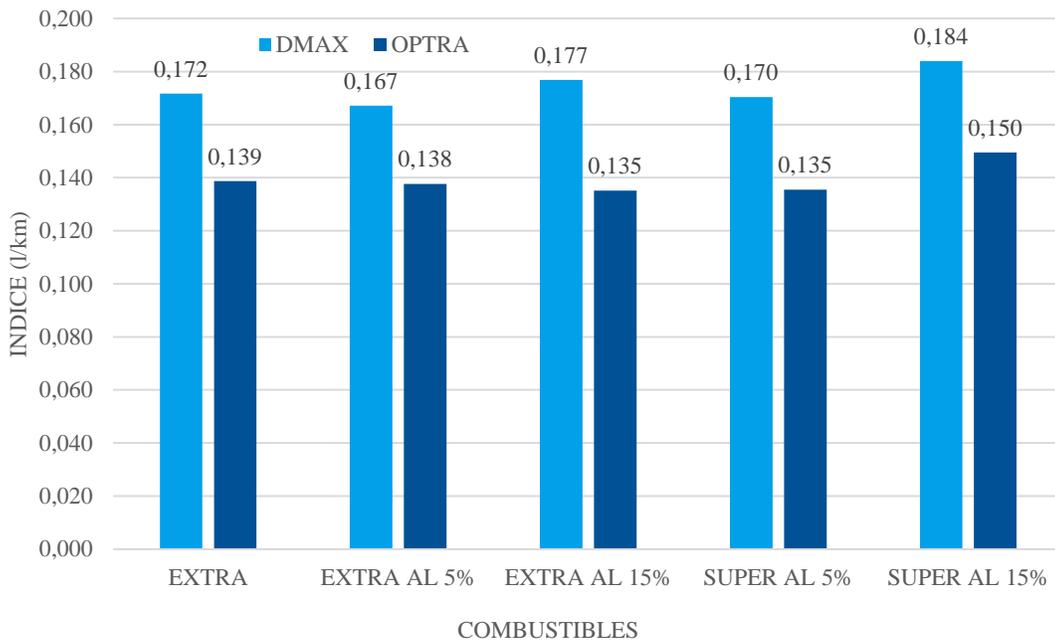


Figura 114. Índice de consumo de combustible en litros/kilómetros.

Potencia especifica del vehículo VSP

El parámetro de VSP, es la potencia especifica instantánea por unidad de masa es dada por parámetros dinámicos vehiculares como velocidad, aceleración, aerodinámica y resistencia a la rodadura que combinan con efectos del gradiente de la carretera. Varios estudios se han recurrido al parámetro VSP (Duarte et al., 2016; Jaikumar et al., 2017; Prati et al., 2014; Zhu y Zhang, 2017), para correlacionar emisiones de vehículos con modos de conducción y características del circuito y carretera, según Policarpo et al., (2018) la ecuación 22 denota la forma de obtener el factor VSP en el vehículo:

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

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 19, se presentan los datos de Potencia especifica del vehículo VSP para las distintas propuestas de combustibles en estudio.

Tabla 19

Poder Especifico del vehículo promedio con varias propuestas de combustibles.

VSP (w/kg)	OPTRA	DMAX
Extra	40,08	39,16
Ecopaís	39,64	38,21
Extra al 15%	41,18	40,76

Súper al 5%	43,60	42,35
Súper al 15%	48,62	54,75

En la figura 115, se muestra la potencia específica del vehículo, donde el mayor resultado en referencia a potencia por kilogramo de combustible consumido con un 25 % de aumento, es dado por el combustible Súper con porcentaje del 15% de Etanol (S15), en los dos casos a estudiar. Cabe señalar que entre mayor sea la velocidad de recorrido mayor es la cantidad de VSP, que este arroja, como lo señala Wang et al, 2012. En su análisis menciona que las condiciones de manejo es un factor vital, para la culminación de este estudio, resultado que discrepa con el análisis de Policarpo et al, 2018. Ya que la cantidad de VSP, está relacionada con el factor combustible y entre mayor cantidad de Porcentaje de etanol se añada al combustible mejores resultados en Potencia específica del vehículo, resultado que concuerda con el análisis que se realizó en los vehículos inmersos en esta investigación.

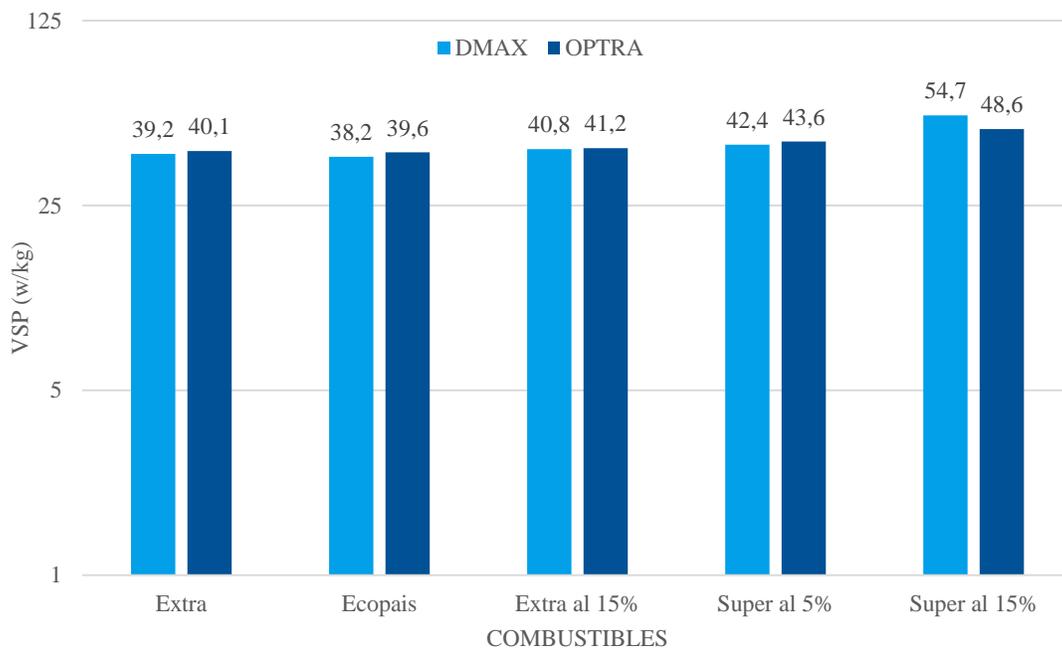


Figura 115. Potencia específica del vehículo promedio general (VSP) en w/kg.

Potencia específica del vehículo para carretera ascenso

En la figura 116 y 117, se aprecia el factor de potencia específica del vehículo en el tramo de ascenso en los dos vehículos a estudiar, para el caso se emite un análisis en diferentes tramos de la carretera para el caso se analizan las diferentes propuestas de combustibles. Donde la aceleración es el factor primordial en este análisis, razón por la cual en paradas bruscas la aceleración descende y se evidencia en el VSP final, según Frey et al. (2014), la potencia específica del 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).

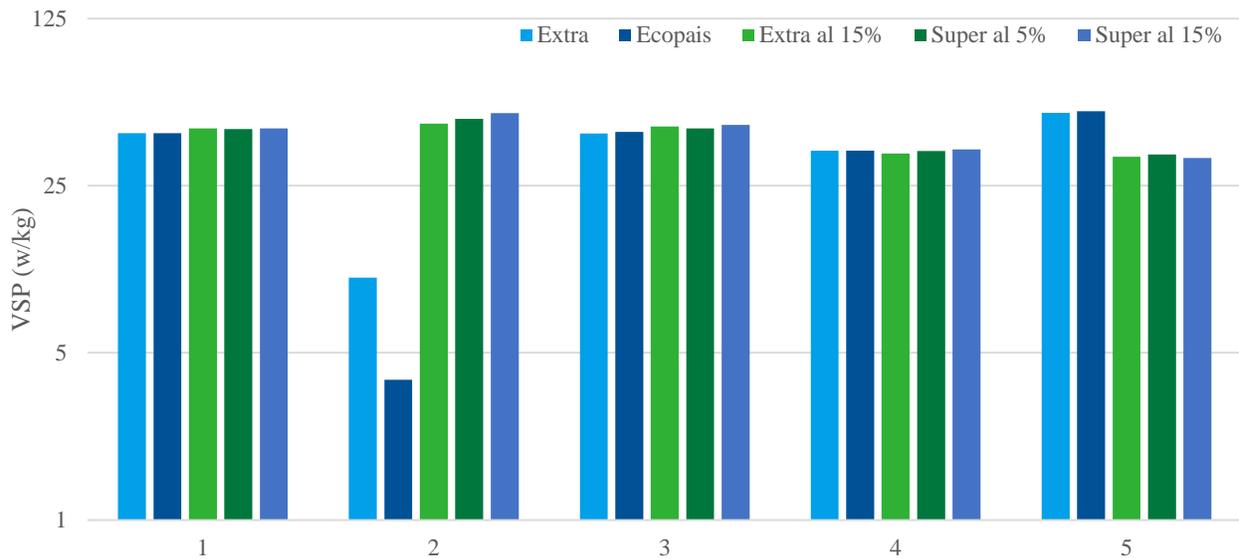


Figura 116. VSP para tramo de ascenso Optra.

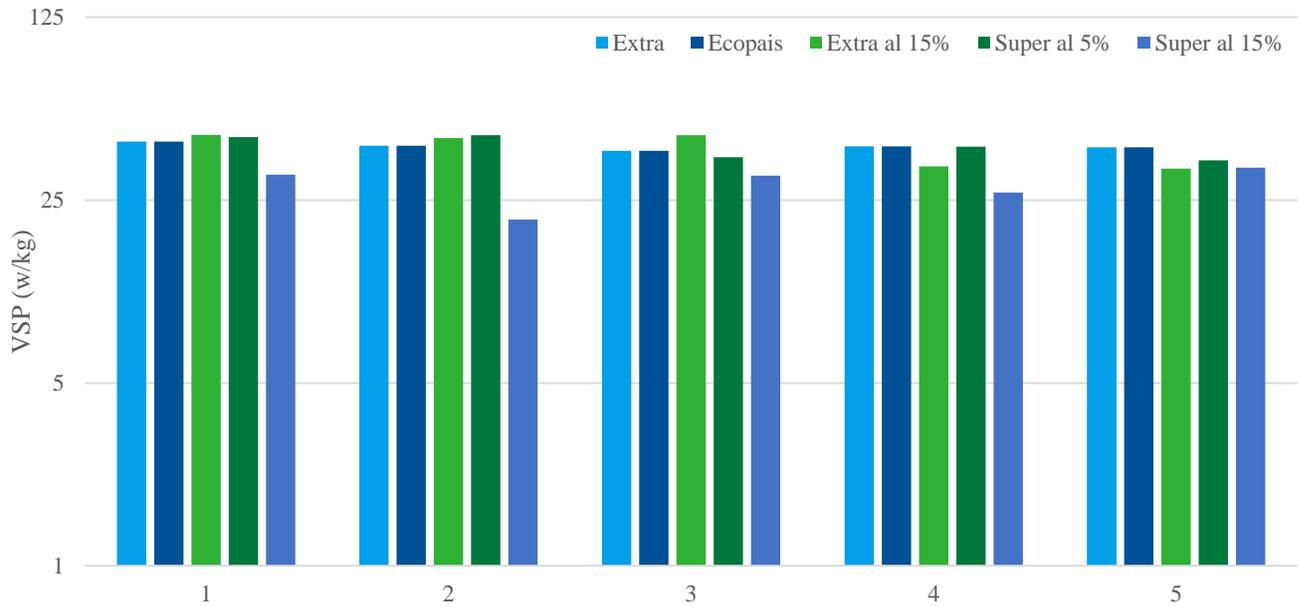


Figura 117. VSP para tramo de ascenso Dmax.

Potencia específica del vehículo para carretera descenso

En las figuras 118 y 119, se evidencia los resultados de VSP para el tramo de carretera en descenso. Donde la desaceleración es factor importante por el hecho de encontrarse en descenso, donde los valores de VSP son menores que sus tramos consiguientes, por tal se presenta una disminución en los resultados. Estudio que concuerda con los resultados obtenidos por (Frey et al., 2014; Policarpo et al., 2018).

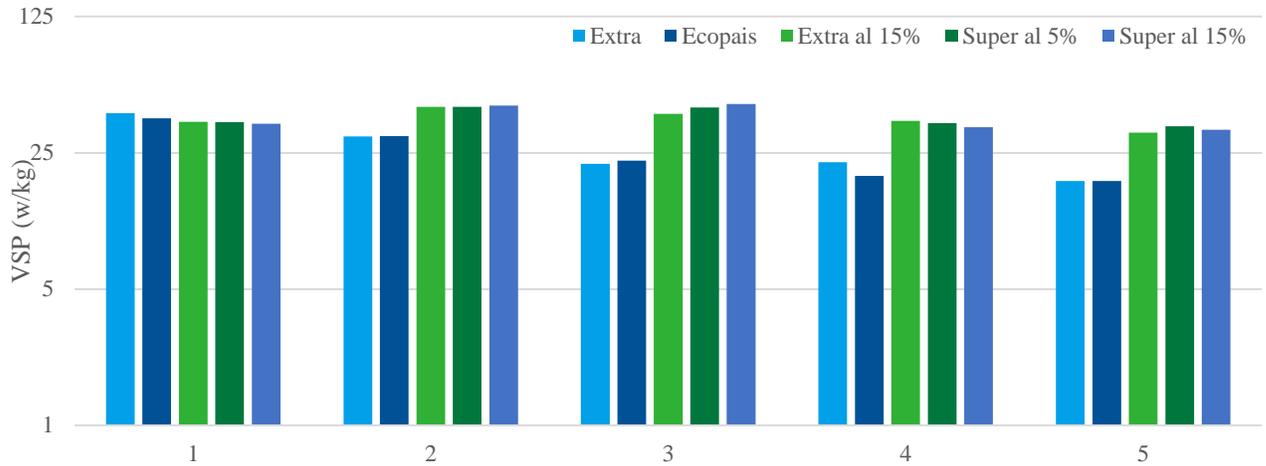


Figura 118. VSP para tramo de descenso Optra.

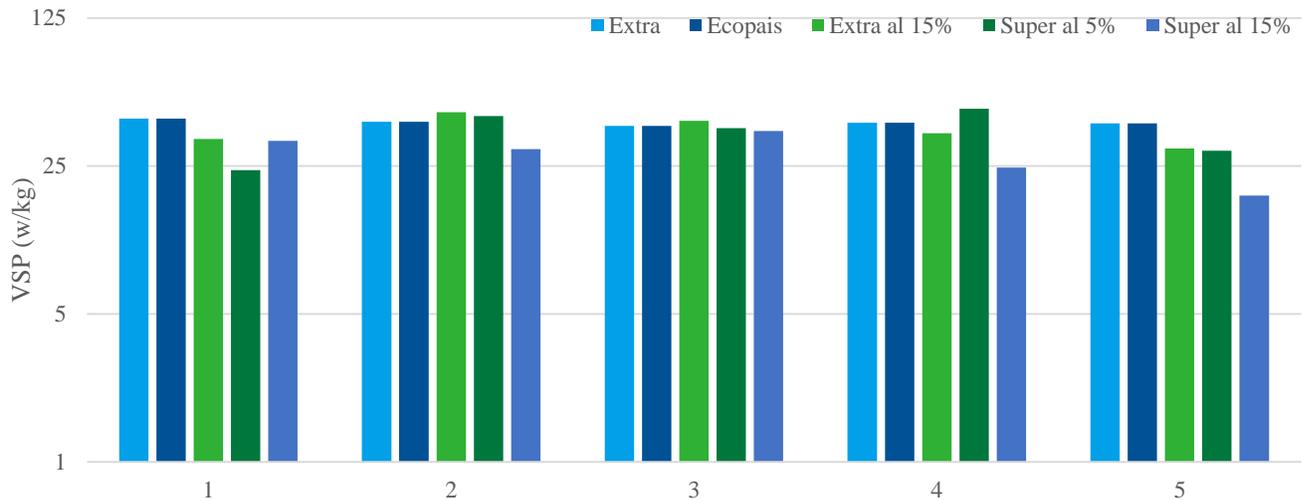


Figura 119. VSP para tramo de ascenso Dmax.

Potencia específica del vehículo para tramo urbano

En las figuras 120 y 121 se presenta el análisis de VSP para el tramo urbano, donde los resultados obtenidos son mixtos, ya que el hecho de encontrarse con paradas constantes, semáforos y condiciones fuera de control. Se evidencia resultados que varían entre 14 % y 17%. con resultados obtenidos por el mismo combustible en determinada prueba a estudiar, 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 concuerda con

Policarpo et al., (2018), ya que el desarrollo de VSP presenta resultados mixtos al ser obtenidos de tramos urbanos en carretera.

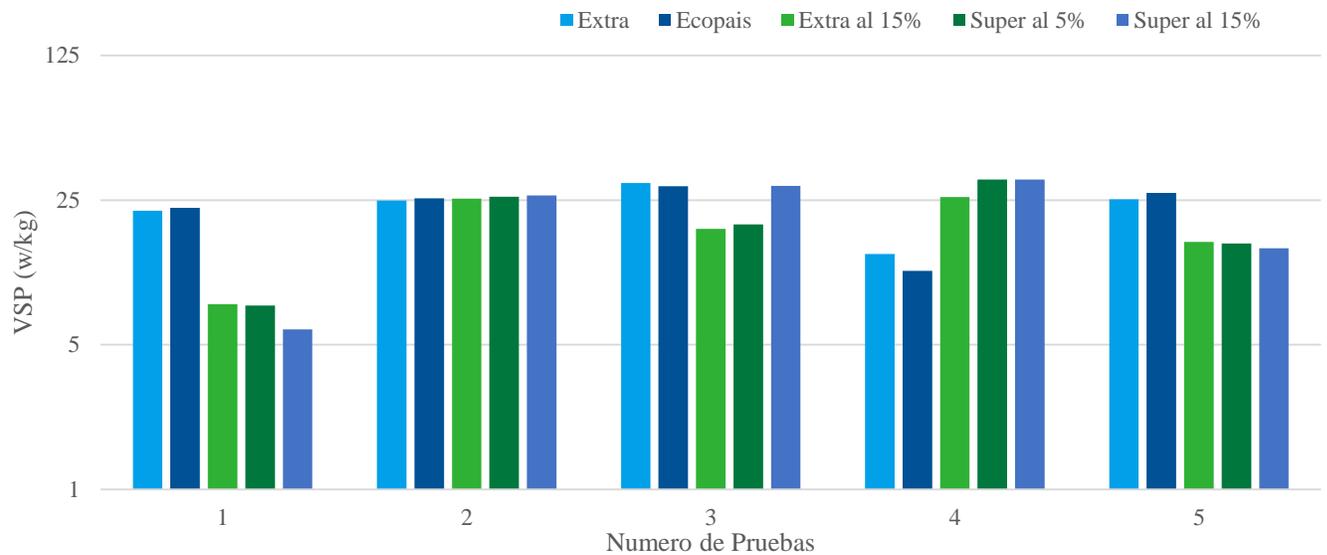


Figura 120. VSP para tramo urbano Optra.

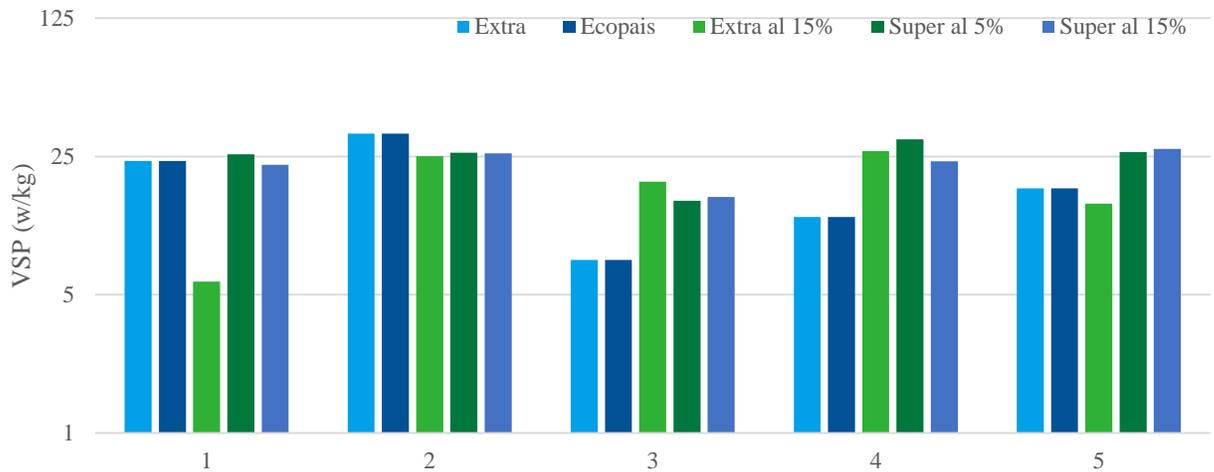


Figura 121. VSP para tramo urbano Dmax.

Análisis Estereoscópico

Este análisis es una prueba grafica del estado de las bujías de encendido del vehículo para tal caso el estudio muestra la degradación del sistema de encendido, el estado de cada cilindro y lo más importante el tipo de combustión que realiza cada propuesta de combustible.

Análisis Estereoscópico OPTRA

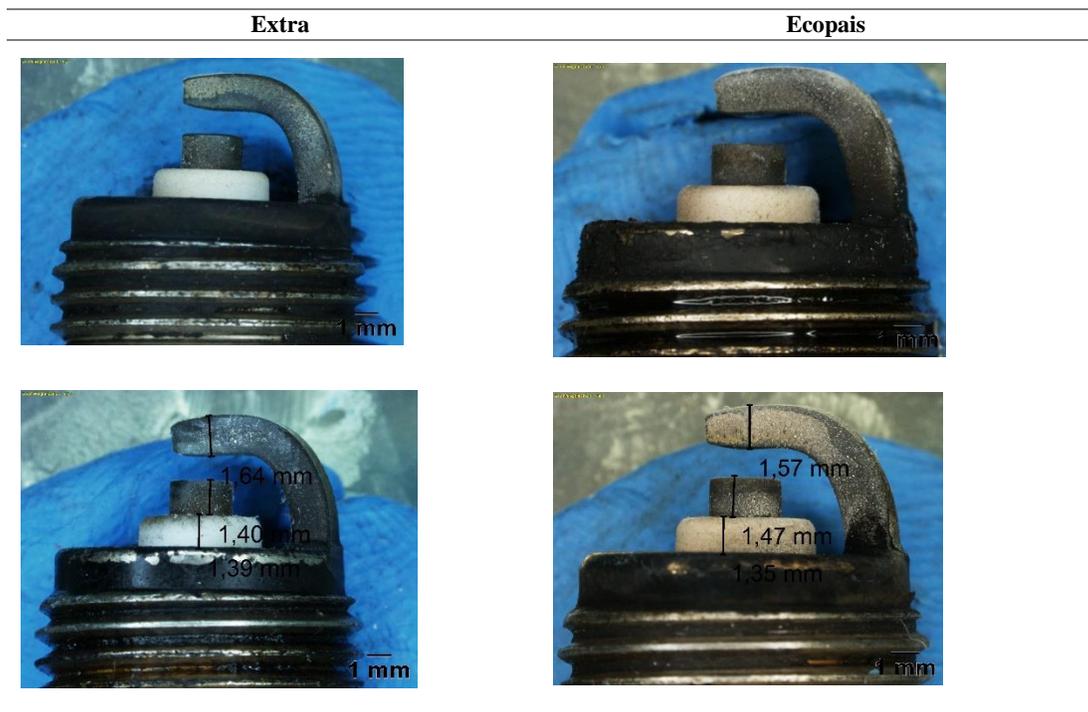
En la tabla 20, se muestra las capturas de la bujía de encendido, donde se aprecia la degradación de la misma con dos propuestas de combustibles. En este caso visualmente se aprecia que el trabajo que realiza el combustible Ecopaís, genera mejor combustión a diferencia que el trabajo realizado por el combustible tradicional Extra, estudio que concuerda con Tutunea, 2017, donde expone que la mayor temperatura de auto ignición es dada por el Ecopaís, resultado que concuerda con Ortiz et al, 2013.

En la presentación de resultados se evidencia, que el uso de Ecopaís como medio de propulsión del vehículo, genera emisiones menos contaminantes por mejor trabajo de combustión en relación a su contraparte. Ortiz et al, 2017, menciona que entre mejor sea el combustible, los resultados de erosión son más estables en el proceso de degradación. Después de su uso en un motor con combustible estándar, los tapones de alto rendimiento mostraron una capa negra homogénea en el ánodo, cátodo y aislante, junto con una degradación significativa de los insertos de platino.

Según El-Faroug et al, 2016, menciona que el uso de combustibles adicionados etanol provoca un mejor comportamiento en el vehículo, porque se evidencia un mejor trabajo en el tiempo de combustión, resultado que concuerda con este estudio ya que las dimensiones en la bujía que trabajo con combustible Extra son mejores que su contraparte, lo que evidencia que la mayor degradación con un 6 % está dada por el uso de combustible adicionado etanol.

Tabla 20

Análisis Estereoscópico de Bujía de encendido Caso: Optra



Análisis Estereoscópico DMAX

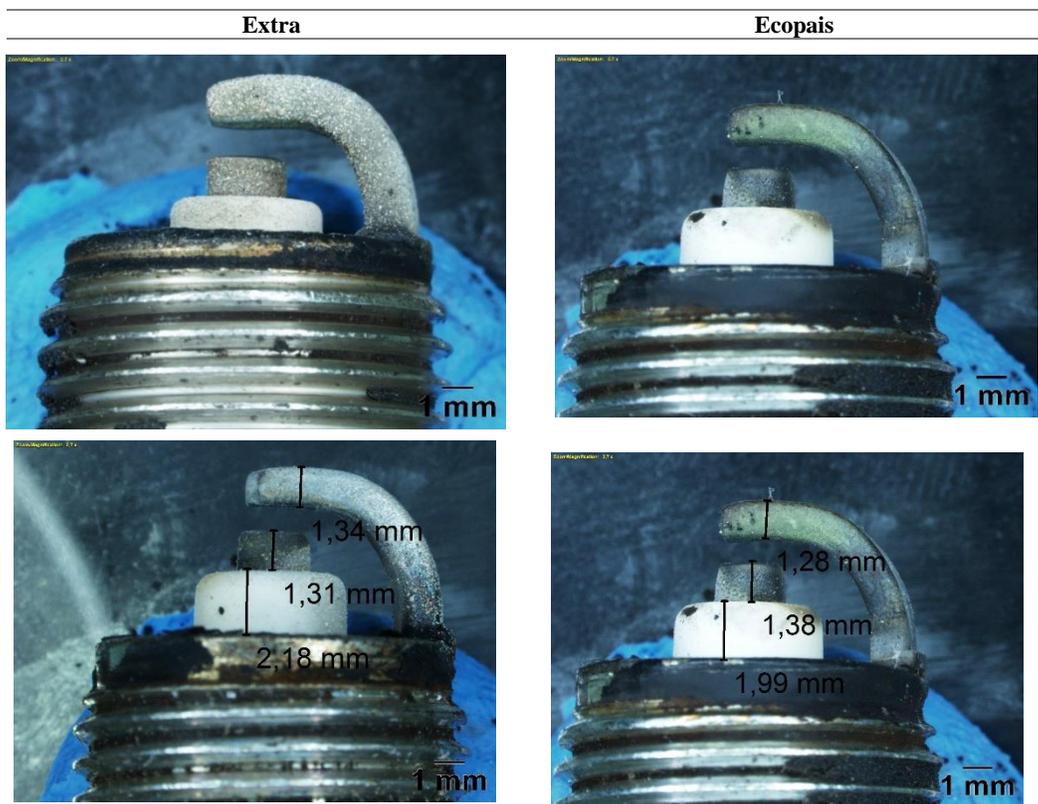
El análisis de estereoscopia se presenta en la tabla 21, este estudio indica la mayor degradación en la bujía de encendido que utilizo combustible con adición de etanol, resultado similar al anterior caso del vehículo 1. En este caso, se evidencia la variación de temperatura de trabajo en la coloración del electrodo donde la mayor temperatura es proporcionado por el combustible Ecopaís, resultado que concuerda con la experimentación Tutunea et al, 2017.

En el caso de la experimentación con combustible Extra, se aprecia mayor porcentaje de contaminantes en las paredes del electrodo, así como residuos de combustión incompleta, como lo detalla Ortiz et al, 2013, donde la degradación está dada por la utilización de combustibles adicionados etanol.

En lo que conlleva a la degradación el uso de combustibles convencionales de bajo octanaje, evidencia un desgaste del 12%. Para este estudio los valores proporcionados por el equipo, muestran que el uso de combustibles adicionados con etanol proporciona mejores resultados en consumo de combustible y emisiones contaminantes, estudio que concuerda con lo expuesto por (Ortiz et al., 2013; El-Faroug et al., 2016 y Tutunea, 2017).

Tabla 21

Análisis Estereoscópico de Bujía de encendido Caso: DMAX

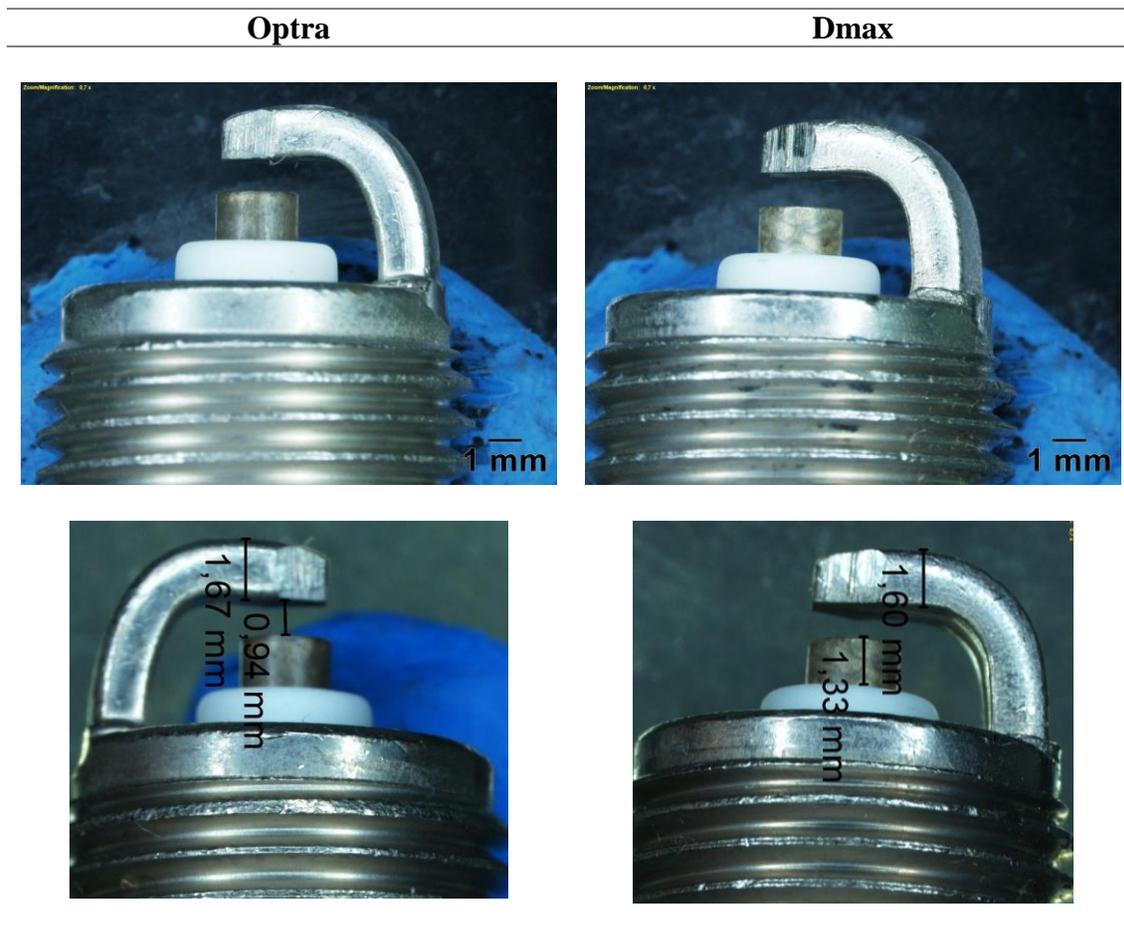


La evidencia del uso de combustibles alternativos y convencionales, en la toma de datos no puede ser apreciada solo al evidenciar los análisis obtenidos con bujías ya utilizadas. Es por tal que la tabla 22, emite un análisis en bujías nuevas, para su comparación. Es por tal que Ortiz et al., (2013), evidencia su estudio con el uso de una bujía ya degradada, con el análisis teórico de

una bujía en buen estado para la comparación. En este caso el mayor desgaste es obtenido por el uso combustible adicionado etanol, con un 12% de desgaste en comparación con el uso de combustibles convencionales, estudio que concuerda con lo expuesto por El-Faroug et al., (2016).

Tabla 22

Análisis Estereoscópico de Bujía de encendido Caso: Bujías Nuevas



Análisis Térmico de la bujía de encendido con dos propuestas de combustibles

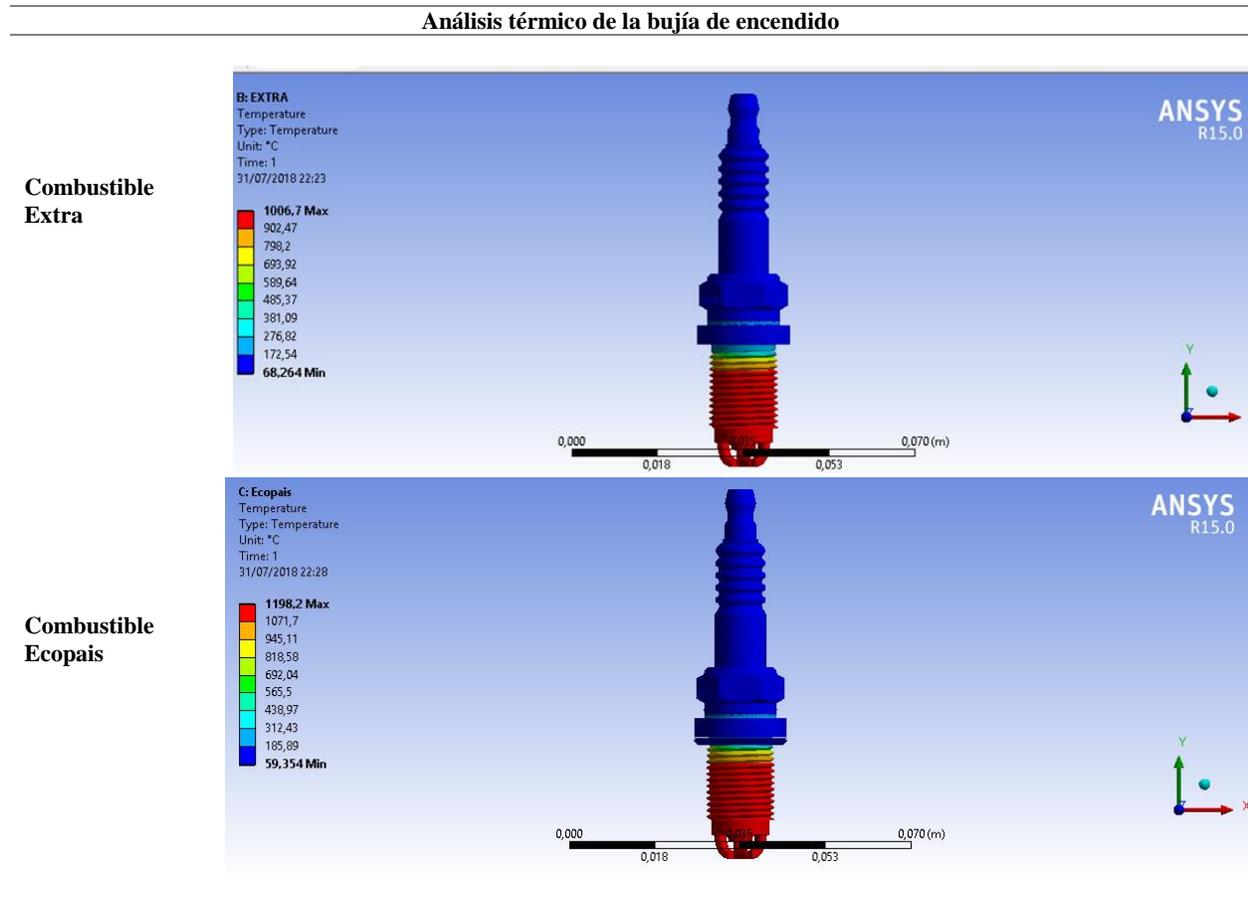
En la tabla 23 se presentan los resultados del análisis térmico de la bujía de encendido, donde se aprecia que la temperatura de trabajo al usar combustible extra es inferior a la temperatura al utilizar el combustible Ecopaís, aproximadamente el 60 % del calor se disipa a través de la caja

de la bujía y la rosca. El anillo obturador transmite menos del 40 % a la culata, estudio que se relaciona con lo expuesto por El-Faroug et al., (2016), ya que el uso de combustibles tradicionales con mezclas de etanol, genera mejor combustión y es por tal que reduce emisiones de contaminantes. Según Ortiz et al., (2013), en su estudio demuestra que entre mayor sea la temperatura de combustión, mejor es la reducción de contaminantes ya que se produce una combustión completa del combustible. Caso que se demuestra este estudio, ya que la mayor temperatura es alcanzada con el combustible Ecopaís, estudio que concuerda con los antes expuestos.

Se conoce que la calidad encendido depende de la temperatura de trabajo en el motor, esta característica influye en muchos aspectos fundamentales para el funcionamiento del vehículo y para el medio ambiente, como la suavidad de marcha, el rendimiento y la eficiencia del motor y las emisiones contaminantes. Al conocer que la bujía de encendido enciende la mezcla de combustibles entre 500 y 3500 veces por minuto, se puede estimar la degradación es del 16% por efectos de temperatura de combustión en el tiempo de trabajo de un MCI. Para el análisis se evidencia la temperatura de trabajo, en el factor de emisión de contaminantes ya que entre mejor sea la combustión, menor emisiones genera, estudio que se relaciona con lo expuesto por (Tutunea & Dumitru, 2017).

Tabla 23

Análisis Térmico de la bujía de encendido



Flujo total del calor

En la figura 122, se aprecia el análisis de flujo de calor, 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 se corrobora 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. Para este caso el porcentaje con mayor

Flujo de calor es proporcionado por Ecopaís, con un 23 %, en comparación con el combustible tradicional.

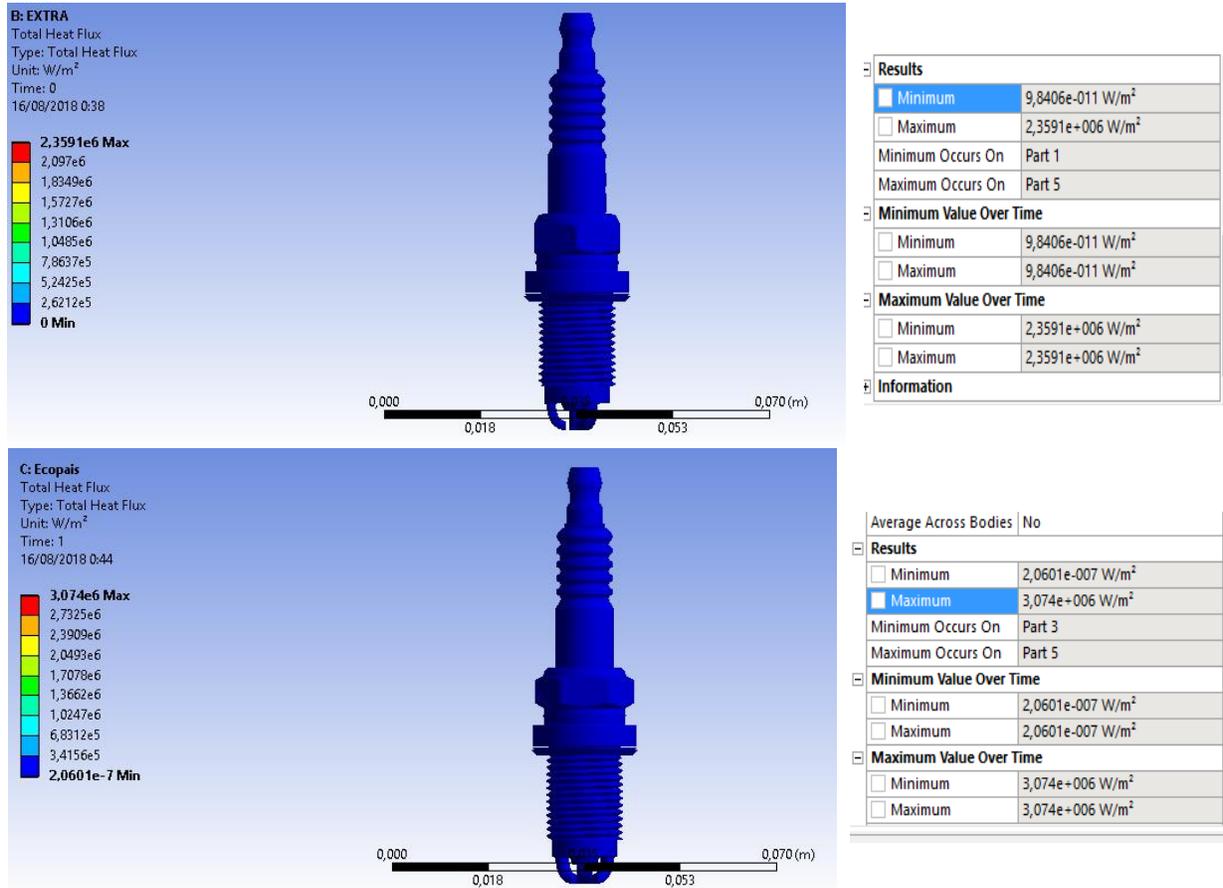


Figura 122. Flujo total de calor análisis térmico estático.

Dirección del flujo de calor

En la figura 123, se aprecia la cantidad de calor de un cuerpo representa la suma de las energías térmicas de todas las moléculas que lo componen. Es decir que mientras la intensidad de calor o temperatura indica el grado de movimiento molecular o el nivel de calor de un cuerpo, según (Netto, 2018), la dirección del flujo de calor, es relevante al grado de movimiento de los cuerpos en interacción. Este estudio afirma que la dirección de la intensidad de la temperatura en

contacto se dirige al centro de la bujía de encendido, para este estudio se afirma que la máxima intensidad es dada por el combustible Ecopaís, con un 23 % de aumento en relación a su contraparte. Por esta razón se corrobora con los estudios de (Tutunea & Dumitru, 2017), donde la mayor degradación es proporcionada por combustibles con varias propuestas de etanol.

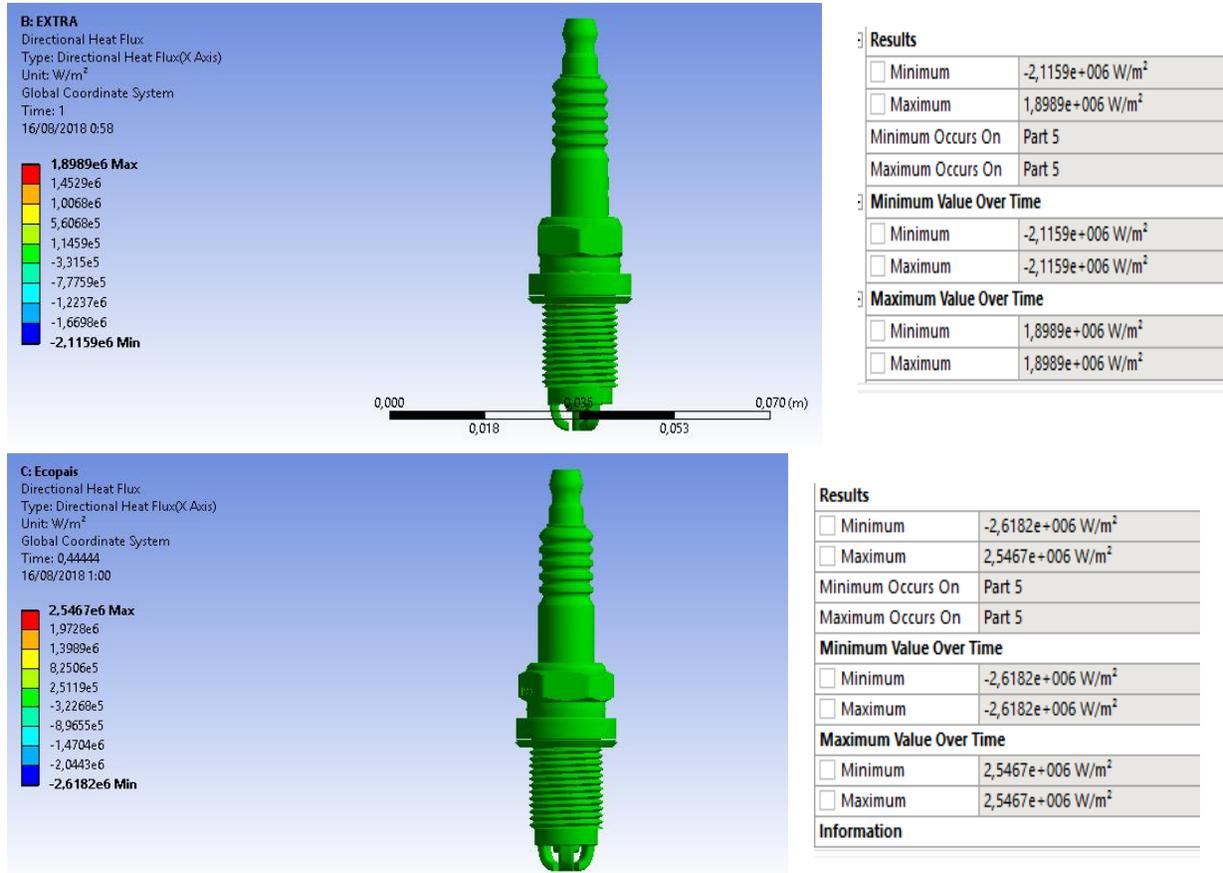


Figura 123. Dirección de flujo de calor Extra y Ecopaís.

Conclusiones

- Al utilizar dos propuestas de combustibles Extra y Ecopaís, se evidencia que la mayor degradación es efectuada por el uso de combustibles adicionados etanol, con un 6% en relación a su contraparte el combustible convencional.
- Se determina la degradación de la bujía, mediante un análisis estereoscópico y se corrobora que la mayor temperatura de trabajo es evidenciada por el uso de combustible Ecopaís.
- El uso de etanol como aditivo para las diferentes propuestas de combustible que se encuentra en el mercado, genera una mejora en el rendimiento del motor y emisiones de escape, sin embargo, entre mayor sea este porcentaje aumenta el consumo de combustible y la disminución de la relación aire-combustible debido al menor poder calorífico de la mezcla.
- El software de diseño y simulación (Siemens NX – ANSYS), es la herramienta adecuada para la interacción del componente con las determinadas temperaturas de trabajo en función de la convección térmica que es dada por el combustible a utilizar, de tal manera se evidencia la máxima temperatura de trabajo de la bujía de encendido para corroborar que el mayor desgaste es emitido por el combustible Ecopaís.
- La máxima temperatura de trabajo de la bujía de encendido, varía entre las propuestas de combustibles a utilizar en el tiempo de trabajo del motor de encendido provocado, en este caso la variación es de 16 % aproximadamente entre las dos propuestas, donde el mayor porcentaje de trabajo es emitido por el combustible Ecopaís, lo que corrobora la finalidad de este estudio que es caracterizar la degradación de la bujía de encendido.
- El proceso de combustión con combustibles adicionados etanol, se evidencia en la emisión de gases de escape con menor porcentaje de contaminación en tramo de descenso donde el CO disminuye un 30% en relación al combustible convencional, sin embargo, el caso del HC es contrario ya que aumentó entre 15 % y 25 % de emisiones en comparación del combustible tradicional.
- El caso de los NOx, es particular ya que entre mayor sea el porcentaje de etanol en el combustible, las emisiones aumentan entre un 7 % y 10 %, en comparación con el combustible tradicional.
- La implementación de sistema On-Board, es la herramienta adecuada para caracterizar las emisiones de contaminantes en un ciclo combinado entre carretera y sector urbano, donde los factores de emisión emiten resultados reales en el D.M.Q.

- Se diferenciaron las determinadas propuestas de combustibles, donde la tendencia de consumo de combustible es dada por combustibles con mayor porcentaje de etanol en un 7 % y 8 % de aumento.
- La tendencia de consumo de combustible se inclina en los combustibles que poseen mayor porcentaje de etanol, con un aumento de combustible de un 7 % a 10 % a comparación del combustible convencional.
- El desarrollo de la potencia específica del vehículo, depende directamente de la aceleración que presente el vehículo, ya que los resultados son relacionados a las condiciones de la ruta escogida, por esta razón la ruta que se presentó tiene sus estudios de validación y alta confiabilidad para la obtención de mediciones y resultados.
- Se determinó que las aplicaciones para el diseño de la bujía de encendido son múltiples ya que, si aumentamos en porcentaje de iridio y se disminuye el níquel, mejora las características térmicas de la bujía, pero disminuye la conductividad eléctrica de la misma.
- Se encontró que, si utilizamos el platino como elemento base para el desarrollo de la bujía de encendido, obtenemos mejores propiedades térmicas y de conductividad, pero a un elevado costo como su principal contrariedad.

Recomendaciones

- Es necesario establecer los factores contaminantes en dependencia de los vehículos a estudiar, ya que entre mayor sea el año mejor es la tecnología que utiliza para el caso de emisiones contaminantes y así poder encontrar una base de datos que pueda implementarse para el control de emisiones en la ciudad.
- Se recomienda aplicar esta metodología, en el control de concentraciones promedio y factores contaminantes ya que permite conocer el ciclo real de trabajo de un vehículo en la ciudad a ejecutarse, tomando como referencia el estudio entre 2860 msnm y 2890 msnm.
- Este estudio comprende un análisis estereoscópico con dos propuestas de combustibles que son Ecopaís y Extra y permite a futuro implementar la caracterización con el resto de propuestas estudiadas.

Bibliografía

- El-Faroug , M. O., Fuwu, Y., & Luo , M. (2016). Spark Ignition Engine Combustion, Performance and Emission Products from Hydrous Ethanol and Its Blends with Gasoline. *ENERGIES*, 2-24.
- Hernandez, M., Menchaca, L., & Mendoza, A. (2014). Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanole gasoline blends in a Mexican City. *Renewable Energy*, 72, 236-242.
- Aguirre Ibarra, G. M., & Vaca Burgos, L. A. (2017). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA GASOLINA EXTRA ADITIVADA CON ALCOHOLES, EN LA REFINERÍA ESMERALDAS. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador Master Thesis.
- ANT. (2016). *Serie Historica de Vehiculos Matriculados*. Obtenido de Agencia Nacional de Transito: <https://www.ant.gob.ec/>
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Cifras del sector Petrolero Ecuatoriano No. 116*. Quito.
- Barroso Castillo, J. (2013). *¿Que es Octanaje?* Obtenido de Cultura Cientifica: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/rmro/2906019/sem06/QUE_ES_OCTANAJE.pdf
- Beckman, L. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR Intituto de investigacion y posgrado.
- BERU. (2014). *Todo sobre bujías de encendido*. Obtenido de BERU: emisias.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf
- Bosch. (2015). *Sistemas de Encendido*. Bosch.

- Caiza Jacome, P. G., & Portilla Aguilar, 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.
- Calle-Vallejo, O., Echeverry, J., & Murillo, C. (2006). Sistemas de Encendido Electronico para Motores de Combustión Interna de Cuatro Tiempos a Gasolina con Encendido Original Conmutado por Platinos. *2do Simposio Regional de Electronica y Aplicaciones Industriales*.
- Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2017). *Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana*. Quito: CINAIE.
- Canakci, M., Ozsezen , A., Alptekin , E., & Eyidogan, M. (2012). Impact of alcoholegasoline fuel blends on the exhaust emission of an SI engine. *Renewable Energy*, 111-117.
- CEPAL. (2008). *"Tablero de comando" Para la promocion de los biocombustibles en el Ecuador*. Quito: Naciones Unidas.
- Costa, R., & Sodr , J. (2009). Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. *Fuel*, 287-293.
- Costagliola, M., De Simio, L., Lannaccone, S., & Prati, M. (2013). Combustion efficiency and engine out emission of a S.I engine fueled with alcohol/gasoline blends. *Applied Energy*, 1162-1171.
- D'Silvaa, R., Bhatc, T., & Binu , K. (2015). Performance and Emission characteristics of a C.I. Engine fuelled with diesel and TiO₂ nanoparticles as fuel additive. *Materials Today: Proceedings*, 2, 3728 – 3735.
- Dhana Raju, V., Kishore, P. S., Nathagopaln, K., & Ashok, B. (2018). An experimental study on the effect of nanoparticles with novel tamarind seed methyl ester diesel engine applications. *Energy Conversion and Management*, 655-666.

- 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.
- ECE. (2010). *Sistema COPERT Subcategorias*. Obtenido de Emisia:
emisiam.com/sites/default/files/COPERT4_v7_0.pdf
- Edilberto Antonio, L. C., Juan Carlos, R. H., Paolo, S. A., & Johanna, M. B. (2017). Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *INNOVA Research Journal*, 59-76.
- EMISA SA. (MAYO de 2017). *COPERT*. Obtenido de COPERT: <http://emisiam.com/products/copert>
- EP Petroecuador. (2012). *COMBUSTIBLES DE MEJOR CALIDAD Y MENOS CONTAMINANTES*. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/>
- EP PETROECUADOR. (2014). ECOPAIS. *EKOS*, 48-49.
- EP PETROECUADOR. (2016). *INFORME ESTADISTICO*. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec/>
- FAO. (2014). *BIOENERGIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EVALUACION RAPIDA: ETANOL Y BIODIESEL*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Frey, C., & Eichenberger, D. (1997). *Variability and Uncertainty in On-Board Emissions Estimates of Carbon Monoxide and Hydrocarbons for School and Transit Buses*. North Carolina: 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*.
- García Mariaca, A., Cendales Ladino, E. D., & Eslava Sarmiento, A. F. (2016). Motores de Combustión Interna (ICE) Operando con Mezclas de Etanol Gasolina: Revisión. *CIENCIA E INGENIERIA NEOGRANADINA*, 75-96.
- INEC. (2015). *Anuario de Transportes*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-investigaciones/>

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

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

Jung, S., Jounghwa, K., Jeongsoo, K., Hong, D., & Park, D. (2016). An estimation of vehicle kilometer traveled and on-road emissions using the traffic volume and travel speed on road links in Incheon City. *Journal Environmental Sciences*, 120-131.

Kwon, S., Park, Y., Park, J., Kima, J., Choi, K.-H., & Cha, J.-S. (2017). Characteristics of on-road NOx emissions from Euro 6 light-duty diesel vehicles using a portable emissions measurement system. *Science of the Total Environment*, 576, 70–77.

Lee, H., Myung, C., & Park, S. (2009). Time-resolved particles emission and size distribution characteristics during dynamic engine operation conditions with ethanol-blended fuels. *Fuel*, 1680-1686.

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

López Teran, J. L. (Octubre de 2013). Evaluación del consumo de combustibles de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador: Master Thesis EPN.

Menchaca Torre, H. L., & Mendoza Dominguez, A. (2013). Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo de una ciudad mexicana. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 219-230.

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

Netto, R. S. (2018). Obtenido de

https://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap03_fuentes_de_energia.php

O'Driscoll, R., ApSimon, H., Oxley, T., Molden, N., Stettler, M., & Thiyagarajah, A. (2016). A Portable Emissions Measurement System (PEMS) study of NO_x and primary NO₂ emissions from Euro 6 diesel passenger cars and comparison with COPERT emission factors. *Atmospheric Environment*, *145*, 81-91.

Organizacion Mundial de la Salud. (2015). OMS. Obtenido de OMS:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

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.

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., Bertocini, 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.

PRO ECUADOR. (2013). *BIOCOMBUSTIBLES*. GRUPO SPURRIER.

Quinchimbla, F. E., & Solis Santamaría, 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*. Quito: Master's thesis. Escuela Politecnica Nacional.

- Rocha-Hoyos, J. C., Tipanluisa, L., Zambrano, V., & Portilla, A. (2018). Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible. *Informacion Tecnologica*, 25-29.
- Shah, P. R., & Ganesh, A. (2016). A Comparative Study on Influence of Fuel Additives with Edible and Non-Edible Vegetable Oil Based on Fuel Characterization and Engine Characteristics of Diesel Engine. *Applied Thermal Engineering*, 28-46.
- Tibaquira, J., Huertas, J., Ospina, S., Quirama, L., & Niño, J. (2018). The effect of Using Ethanol-Gasoline Blends on the Mechanical, Energy and Environmental Performance of In-Use Vehicles. *Energies*, 1-17.
- Tolvett Caro, S. A. (2009). *ANALISIS DE EMISIONES EN RUTA DE VEHICULOS DIESEL EN CIUDAD DE SANTIAGO: UNIVERSIDAD DE CHILE* Master Thesis.
- Tutunea, D., & Dumitru, I. (2017). Experimental study on the effect of adding bioethanol in spark ignition engine. *Scientific Bulletin*, 8-20.
- Urbina Guzmán, A. J. (2016). *Comparación de Factores De Emisión Vehicular Al Utilizar Ciclos de Conducción IM240 y ON BOARD En La Ciudad De Quito*. Quito: Master's Thesis.
- Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador. (10 de JUNIO de 2016). *Vicepresidencia De La Republica Del Ecuador*. Obtenido de <http://www.vicepresidencia.gob.ec/gobierno-impulsara-proyectos-de-biocombustibles-y-biogas-desarrollados-por-la-ute/>
- Wang, H., & Fu, L. (2012). Developing a High-Resolution Vehicular Emission Inventory by Integrating an Emission Model and a Traffic Model: Part 1—Modeling Fuel Consumption and Emissions Based on Speed and Vehicle-Specific Power. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 440, 1096-2247.
- Zhou, M., Jin, H., & Wang, W. (2016). A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. *Transportation Research, Part D* 49, 208-218.

Anexos

Anexo 1. Ficha Técnica Dmax

CHEVROLET LUV D-MAX

VERSIONES

Motor	Cab. simple	Cab. doble
2.4L Gas	Cabina simple	4X2
2.4L Gas	Cabina doble	4X2

EXTERIOR

	Cab. simple	Cab. doble
Nivel acabado	RBA	RBA
Faros halógenos	X	X
Multirrefletores	X	X
Mascarilla	Gris	Gris
Parachoques delantero	Gris	Gris
Parachoques posterior color negro	X	X
Rines	Acero 15"	Acero 15"
Manijas Exterior tipo barra	Negras	Negras
Manija Exterior portón posterior	Color carrocería, cierre lateral	-
Apertura centro	-	Negra
Alternador 12V	90A	90A
Balde con ganchos de amarre	Exteriores	Interiores
Riel protector de ganchos exteriores de amarre	X	-

SEGURIDAD

	Cab. simple	Cab. doble
Alarma + Chevystar	-	Platinum
Chasis alto rendimiento	-	X
Carrocería alta rigidez	X	X
Columna de dirección colapsable	X	X
Barras de protección en puertas laterales	X	X
Cinturones seguridad delanteros	3 puntos ajustable altura Central 2 puntos tipo banca	X
Cinturones seguridad posteriores	3 puntos ajustable altura Central 3 puntos	X
Desempañador vidrio posterior	-	X
Espejos retrovisores laterales	X	X
Espejo retrovisor interior día/noche	X	X
Seguro de niños puertas posteriores	-	X
Gancho delantero para remolque	X	X
Alarma de Faros Encendidos	X	X

MOTOR

	Cab. simple	Cab. doble
Desplazamiento (c.c.)	2400	2400
No. Cilindros	4 en línea	4 en línea
No. Válvulas	8	8
Potencia Neta (HP@rpm)	124 @ 4,800	124 @ 4,800
Torque Neto (Nm @rpm)	195 @ 3,600	195 @ 3,600

INTERIOR

	Cab. simple	Cab. doble
Nivel acabado	RBA	RBA
Tacómetro	X	X
Reloj digital de cuarzo	X	X
Calefactor	X	X
Aire acondicionado	Opcional	Opcional
Porta vasos	Puertas delanteras	X
Consola rental	-	X
Radio CD MP3 1 Din	X	X
Parjantes	2 Puertas delanteras	X
Parasoles conductor con bolsillo + espejo lado pasajero	X	X
Moquetas / Cubre tapetes	X	X
Limpia parabrisas (2 velocidades)	+ Intermitente	+ Intermitente
Asientos delanteros	Tipo banco Tapizados	+ Bolsillo espal. Tela de lujo
Asientos posteriores	Tipo banco Tapizados	X Tela de lujo
Apertura de tapa de combustible interior	X	X

DIMENSIONES EXTERNAS (mm)

Versiones Cabina Simple 4x2

Versiones Cabina Doble 4x2

TRANSMISIÓN

	Cab. simple	Cab. doble
Tipo	Manual 5 Velocidades	Manual 5 Velocidades

CHASIS

	Cab. simple	Cab. doble
Dirección	Hidráulica de piñón y cremallera	
Suspensión Delantera	Independiente, doble brazo resortes helicoidales	
Posterior	Rígida con Ballesta	
Delanteros	Discos ventilados pinzas 2 pistones	
Frenos Posteriores	Tambores con zapatas contrapuestas	
Llantas	225/70R15 106R	

COLORES DISPONIBLES

PESOS Y CAPACIDADES (KG)

	Cab. simple	Cab. doble
Peso Bruto Vehicular	2765	2765
Peso Vacío Total	1450	1535
Capacidad de Carga	1315	1230
Tanque de Combustible	20 G	20 G

Chevrolet se reserva el derecho de cambiar las especificaciones sin previo aviso.

Anexo 2. Ficha Técnica Optra 1.8 limited

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OPTRA	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	1.6 LS MT
Motor	1.6, DOHC
Potencia	109 HP a 5.800 rpm
Torque	150 Nm a 4.000 rpm
Transmisión	Manual de 5 velocidades
Suspensión trasera	Dual link
Suspensión delantera	Independiente Mc-Pherson
Numero de cilindros	4 en línea montaje transversal
Numero de válvulas	16 válvulas
Traction	Delantera
Dirección	Asistida
Sistema de absorción*	4
Tipo de llantas	Aero, 15 x 6.0
Frenos delanteros	195 / 55 R15
Frenos traseros	Discos ventilados
	Discos sólidos
DIMENSIONES Y CAPACIDADES	
Alto (mm)	1.445
Ancho (mm)	1.775
Capacidad de carga (kg)	480
Capacidad de combustible (l)	60
Distancia entre ejes (mm)	2.600
Largo (mm)	4.515
Radio mínimo de giro (m)	5.2
Volumen zona de carga (lt)	405
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	
Apoyacabezas delanteros y traseros regulables en altura	✓
Barros de acero laterales de puertas	✓
Carrocera con zonas de deformación programada	✓
Cinturones delanteros de 3 puntas	✓
Cinturones delanteros regulables en altura y con pretensor	✓
Cinturones traseros de 3 puntas (2) y central de 2 puntas	✓
Doble airbag frontal	✓
Jaula de seguridad en habitáculo	✓
Parachoques con sistema de absorción de impactos	✓
Seguro para niños en puertas traseras	✓
EQUIPAMIENTO INTERIOR	
Aire acondicionado	✓
Alarma apertura de puertas	✓
Asiento conductor con sistema "one touch"	✓
Altavoces eléctricos en 4 puertas con bloqueo central	✓
EQUIPAMIENTO INTERIOR	1.6 LS MT AW
Apertura desde interior de tapa de benzina y maletero	✓
Apoyabrazos delantero con compartimiento portacójinetos	✓
Asiento conductor con soporte lumbar	✓
Asiento conductor regulable en altura (doble)	✓
Asiento trasero abatible 60/40	✓
Bandeja central con tomacorriente para celular	✓
Bolillos portacintas en puertas laterales	✓
Bolillos portacintas en respaldo de asiento copilot	✓
Cierre centralizado con comando a distancia integrada en llave	✓
Cierre centralizado con comandos conductor y copiloto	✓
Compartimento portacables en puertas traseras	✓
Compartimento portamonedas en tablero	✓
Equipo de sonido (CD player MP3 con cassette y entrada frontal aux.	✓
Equipo de sonido con 4 parlantes y 2 tweeters	✓
Equipo de sonido con control al volante	✓
Espejos retrovisores externos eléctricos y calefaccionados	✓
Insertos de metal en volante y tablero	✓
Luces delanteras para lectura de mapas	✓
Manillas de sujeción en techo para copiloto y pasajeros traseros	✓
Parasoles con espejo de contesa	✓
Portatijeras en el techo	✓
Posavasos delantero	✓
Radio digital	✓
Vidrios tintados	✓
Volante regulable en altura y profundidad	✓
EQUIPAMIENTO EXTERIOR	
Aerina integrada en luneta trasera	✓
Espejos retrovisores externos (color)	A tono
Grilla (color)	Cromada
Limpaparabrisas delantero intermitente con velocidad variable	✓
Molduras de protección (color)	A tono
Nebulizeros	A tono
Parachoques (color)	✓
Tapas de ruedas	✓
Tipo de llantas	Aero, 15 x 6.0
Tipo de neumático	195 / 55 R15

General Motors Chile se reserva el derecho de hacer cambios o modificaciones en las especificaciones de sus modelos sin previo aviso.

Anexo 3. Condiciones climáticas, kilometras y consumo de combustible por prueba en vehículo Optra.

Datos combustibles Extra

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	132757	132790	132823	
Km final(Km)	132772	132806	132839	
Distancia Recorrido (Km)	15,4	15,95	16,07	15,81
H. Salida	9:39	12:13	14:40	
H. Llegada	10:24	13:09	15:30	
Duración (min)	0:45	0:56	0:50	50,33
Temperatura (°C)	17	19	17	17,67
Clima	Soleado	soleado	lluvia	
Observación	Trafico	Trafico	moderado	
Consumo de Combustible (ml)	2020 ml	2200	2190	2195,00
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Extra al 5%

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	132528	132562	132595	
Km final(Km)	132544	132577	132611	
Distancia Recorrido (Km)	15,9	15,4	15,4	15,57
H. Salida	15:08	16:40	9:42	
H. Llegada	15:51	17:27	10:24	
Duración (min)	43	47	44	44,67
Temperatura (°C)	19	15	17	17
Clima	Llovizna	Lluvia	Soleado	
Observación	Moderado	Moderado	Trafico	
Consumo de Combustible (ml)	2060	2350	1950	2120
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Extra al 15%

Medición	1	2	3	Promedios
Km inicial (Km)	132657	132690	132724	
Km final(Km)	132672	132706	132739	
Distancia Recorrido (Km)	15,4	15,4	15,4	15,4
H. Salida	13:40	15:28	16:56	
H. Llegada	14:27	16:16	17:38	
Duración (min)	47	48	42	45,67
Temperatura (°C)	25,5	17	16	19,5
Clima	Soleado	Llovizna	Despejado	
Observación	Trafico	Trafico	Moderado	
Consumo de Combustible (ml)	2050	2240	1950	2080
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Súper al 5%

Medición	1	2	3	Promedios
Km inicial (Km)	133224	133257	133667	
Km final(Km)	133240	133273	133683	
Distancia Recorrido (Km)	15,4	15,4	15,9	15,57
H. Salida	16:37	18:11	11:35	
H. Llegada	17:15	19:04	12:28	
Duración (min)	38	53	53	48
Temperatura (°C)	13	11	19	14,33
Clima	Llovizna	Lluvia	Soleado	
Observación	Moderado	Trafico	Trafico	
Consumo de Combustible (ml)	1980	2220	2060	2086,67
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Súper al 15%

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	133701	133734	133767	
Km final(Km)	133716	133749	133783	
Distancia Recorrido (Km)	15,4	15,8	15,9	15,7
H. Salida	14:26	16:06	17:37	
H. Llegada	15:12	16:48	18:31	
Duración (min)	46	42	54	47,33
Temperatura (°C)	17	16	14	15,67
Clima	Llovizna	Soleado	Despejado	
Observación	Trafico	moderado	Trafico	
Consumo de Combustible (ml)	2520	2010	2380	2303,33
N. Prueba	1	2	3	

Anexo 4. Condiciones climáticas, kilometras y consumo de combustible por prueba en vehículo Dmax.**Datos combustibles Extra**

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	196711	196744	196778	
Km final(Km)	196726	196760	196793	
Distancia Recorrido (Km)	15,93	15,4	15,4	15,58
H. Salida	11:25	13:43	15:20	
H. Llegada	12:10	14:33	16:00	
Duración (min)	0:45	0:50	0:40	45,00
Temperatura (°C)	17	17	15	16,33
Clima	Soleado	Nublado	Nublado	
Observación	Trafico	Trafico	moderado	
Consumo de Combustible (ml)	2640	2690	2600	2643,33
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Extra al 5%

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	196811	196844	196878	
Km final(Km)	196827	196860	196893	
Distancia Recorrido (Km)	16,01	15,4	15,4	15,60
H. Salida	16:47	18:22	9:20	
H. Llegada	17:33	18:56	10:03	
Duración (min)	46	34	43	41,00
Temperatura (°C)	15	13	16	14,66666667
Clima	Lluvia	Nublado	Soleado	
Observación	Trafico	Moderado	Trafico	
Consumo de Combustible (ml)	2650	2370	2700	2573,333333
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Extra al 15%

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	196911	196945	196978	
Km final(Km)	196927	196960	196994	
Distancia Recorrido (Km)	16,07	15,4	15,4	15,62333333
H. Salida	10:44	12:10	14:36	
H. Llegada	11:30	13:00	15:17	
Duración (min)	46	50	41	45,67
Temperatura (°C)	17	18	17	17,33333333
Clima	Soleado	Soleado	Nublado	
Observación	Moderado	Trafico	Moderado	
Consumo de Combustible (ml)	2750	2820	2600	2723,333333
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Súper al 5%

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	197012	197077	197110	
Km final(Km)	197027	197092	197126	
Distancia Recorrido (Km)	15,91	15,89	15,4	15,73
H. Salida	16:04	8:53	10:11	
H. Llegada	16:49	9:33	10:54	
Duración (min)	45	40	43	42,66666667
Temperatura (°C)	15	14	17	15,33
Clima	Nublado	Despejado	Despejado	
Observación	Trafico	Trafico	Trafico	
Consumo de Combustible (ml)	2720	2580	2570	2623,33
N. Prueba	1	2	3	

Datos combustibles Súper al 15%

Medición	1	2	3	Promedio
Km inicial (Km)	197144	197177	197211	
Km final(Km)	197159	197193	197226	
Distancia Recorrido (Km)	15,95	15,4	15,94	15,76333333
H. Salida	11:35	13:42	15:16	
H. Llegada	12:25	14:26	15:57	
Duración (min)	46	42	54	47,33
Temperatura (°C)	18	19	17	18,00
Clima	Soleado	Soleado	Despejado	
Observación	Trafico	Trafico	Trafico	
Consumo de Combustible (ml)	2900	2800	2800	2833,33
N. Prueba	1	2	3	

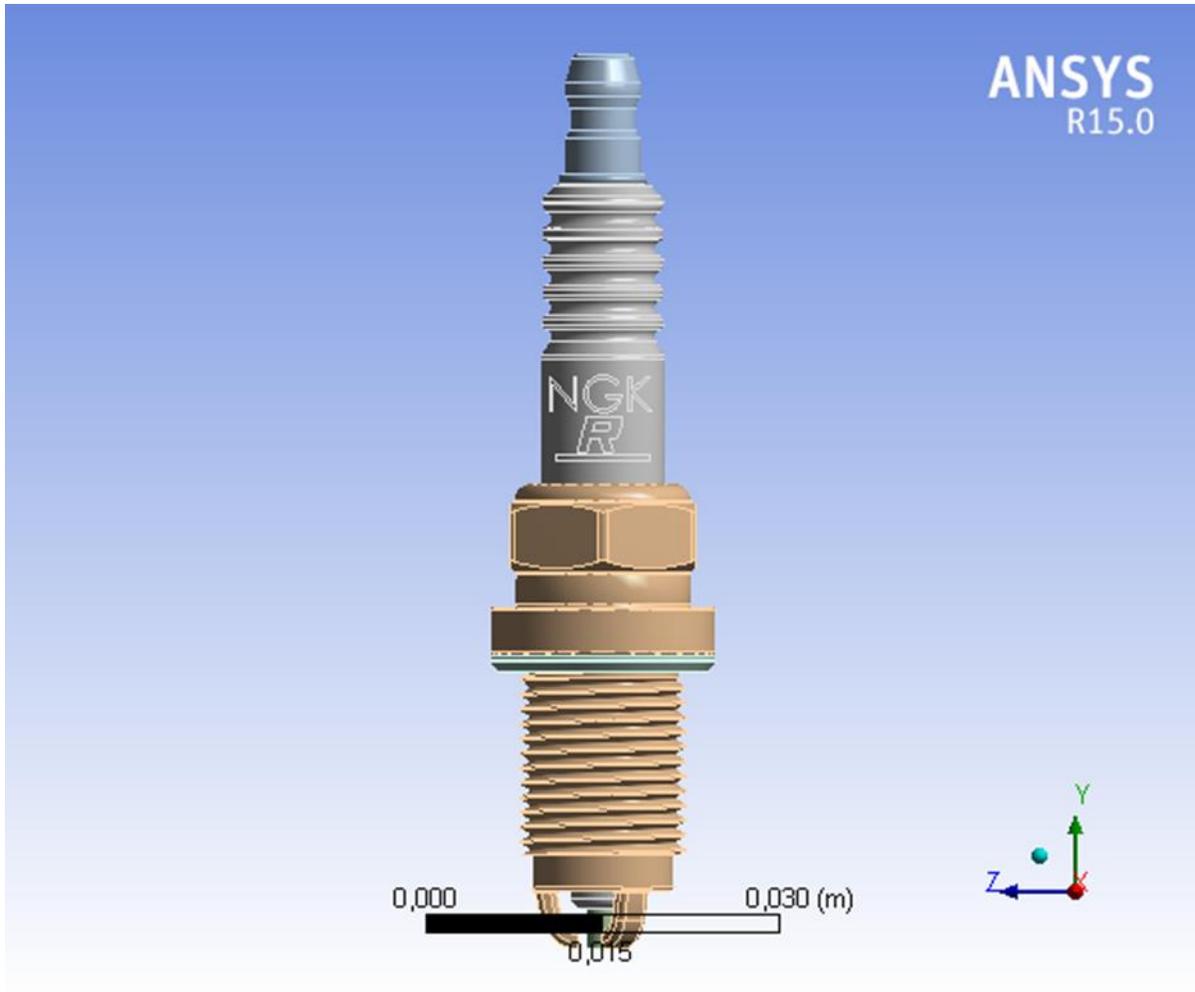
Anexo 5. Reporte Ansys

Reporte Ansys Extra



Project

First Saved	Thursday, July 26, 2018
Last Saved	Thursday, August 16, 2018
Product Version	15.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(B4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Parts](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Connections](#)
 - [Contacts](#)
 - [Contact Regions](#)
 - [Mesh](#)
 - [Mapped Face Meshing](#)
 - [Named Selections](#)
 - [Steady-State Thermal \(B5\)](#)
 - [Initial Temperature](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(B6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [Ceramic5](#)
 - [Carbon](#)
 - [Nickel](#)

Report Not Finalized

Not all objects described below are in a finalized state. As a result, data may be incomplete, obsolete or in error. [View first state problem](#). To finalize this report, edit objects as needed and solve the analyses.

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (B4)

Geometry

TABLE 2
Model (B4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Diego\Downloads\Spark plug - original.stp
Type	Step
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	1,921e-002 m
Length Y	7,6e-002 m
Length Z	1,921e-002 m
Properties	
Volume	7,9571e-006 m ³
Mass	2,7589e-002 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	5
Active Bodies	5
Nodes	94873
Elements	55342
Mesh Metric	None

Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\LuisLPT\AppData\Roaming\Ansys\v150
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (B4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Part 5</i>	<i>Part 4</i>	<i>Part 3</i>	<i>Part 2</i>	<i>Part 1</i>
State	Meshed				

Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
Material					
Assignment	Ceramic5	Carbon	Nickel	Carbon	
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	1,35e-002 m	7,6e-003 m	2,7e-003 m	1,9e-002 m	1,921e-002 m
Length Y	6,15e-002 m	4,4664e-002 m	3,6336e-002 m	3,9481e-002 m	1,508e-003 m
Length Z	1,35e-002 m	7,6e-003 m	2,7e-003 m	1,9e-002 m	1,921e-002 m
Properties					
Volume	3,5307e-006 m ³	8,0152e-007 m ³	2,0804e-007 m ³	3,3106e-006 m ³	1,063e-007 m ³

Mass	1,73e-002 kg	1,603e-003 kg	1,8516e- 003 kg	6,6211e- 003 kg	2,1261e- 004 kg
Centroid X	-1,0901e- 006 m	1,2209e- 014 m	2,5529e- 020 m	1,2969e- 006 m	2,5652e- 018 m
Centroid Y	-9,9603e- 004 m	1,5994e- 002 m	-2,1332e- 002 m	-1,7885e- 002 m	-1,512e-002 m
Centroid Z	8,0851e-007 m	-9,2724e- 014 m	0, m	-2,0194e- 006 m	-2,6745e- 019 m
Moment of Inertia Ip1	3,9982e-006 kg·m ²	2,9924e- 007 kg·m ²	2,0223e- 007 kg·m ²	7,5728e- 007 kg·m ²	6,7801e- 009 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	2,527e-007 kg·m ²	5,8116e- 009 kg·m ²	1,6491e- 009 kg·m ²	2,6317e- 007 kg·m ²	1,3496e- 008 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	3,9983e-006 kg·m ²	2,9924e- 007 kg·m ²	2,0223e- 007 kg·m ²	7,5723e- 007 kg·m ²	6,7801e- 009 kg·m ²
Statistics					
Nodes	10504	2530	2072	70888	8879
Elements	6017	1292	385	43091	4557
Mesh Metric	None				

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,

Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Connections

TABLE 5
Model (B4) > Connections

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes

TABLE 6
Model (B4) > Connections > Contacts

Object Name	<i>Contacts</i>
State	Fully Defined
Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies

Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	2,0177e-004 m
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies

TABLE 7
Model (B4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	<i>Bonded - Part 5 To Part 4</i>	<i>Bonded - Part 5 To Part 3</i>	<i>Bonded - Part 5 To Part 2</i>	<i>Bonded - Part 4 To Part 3</i>	<i>Bonded - Part 2 To Part 1</i>
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	5 Faces	1 Face	3 Faces	2 Faces	4 Faces
Target	6 Faces	1 Face	4 Faces	2 Faces	3 Faces
Contact Bodies	Part 5			Part 4	Part 2
Target Bodies	Part 4	Part 3	Part 2	Part 3	Part 1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Manual				

Behavior	Program Controlled
Trim Contact	Program Controlled
Suppressed	No
Advanced	
Formulation	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Thermal Conductance	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled

Mesh

TABLE 8
Model (B4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium

Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	2,8226e-006 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Patch Independent Options	
Topology Checking	Yes
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define

Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	94873
Elements	55342
Mesh Metric	None

TABLE 9
Model (B4) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Mapped Face Meshing</i>
State	Ignored
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	331 Faces
Definition	
Suppressed	No
Constrain Boundary	No
Advanced	
Specified Sides	No Selection
Specified Corners	No Selection
Specified Ends	No Selection

Named Selections

TABLE 10
Model (B4) > Named Selections > Named Selections

Object Name	<i>Temperature</i>
State	Fully Defined

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	140 Faces
Definition	
Send to Solver	Yes
Visible	Yes
Program Controlled Inflation	Exclude
Statistics	
Type	Manual
Total Selection	140 Faces
Suppressed	0
Used by Mesh Worksheet	No

Steady-State Thermal (B5)

TABLE 11
Model (B4) > Analysis

Object Name	<i>Steady-State Thermal (B5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Thermal
Analysis Type	Steady-State
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Generate Input Only	No

TABLE 12
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Initial Condition

Object Name	<i>Initial Temperature</i>
-------------	----------------------------

State	Fully Defined
Definition	
Initial Temperature	Uniform Temperature
Initial Temperature Value	22, °C

TABLE 13
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Radiosity Controls	
Radiosity Solver	Program Controlled
Flux Convergence	1,e-004
Maximum Iteration	1000,
Solver Tolerance	0,1 W/m ²
Over Relaxation	0,1
Hemicube Resolution	10,
Nonlinear Controls	
Heat Convergence	Program Controlled
Temperature Convergence	Program Controlled

Line Search	Program Controlled
Output Controls	
Calculate Thermal Flux	Yes
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\LuisLPT\Desktop\Análisis Termico\Bujia de Encendido_files\dp0\SYS-1\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 14
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Loads

Object Name	<i>Temperature</i>	<i>Convection</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	6 Faces	80 Faces
Definition		
Type	Temperature	Convection
Magnitude	1000, °C (ramped)	

Suppressed	No	
Film Coefficient		1800, W/m ² .°C (ramped)
Ambient Temperature		110, °C (ramped)
Convection Matrix		Program Controlled

FIGURE 1
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Temperature

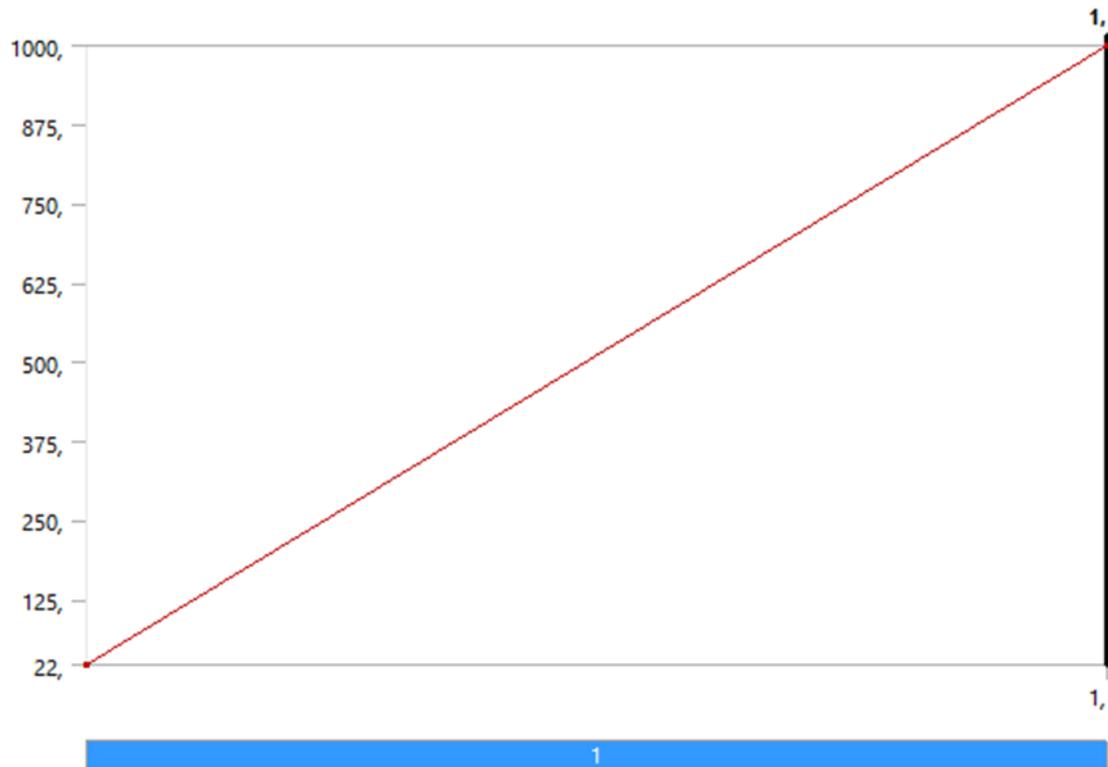


FIGURE 2
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Convection

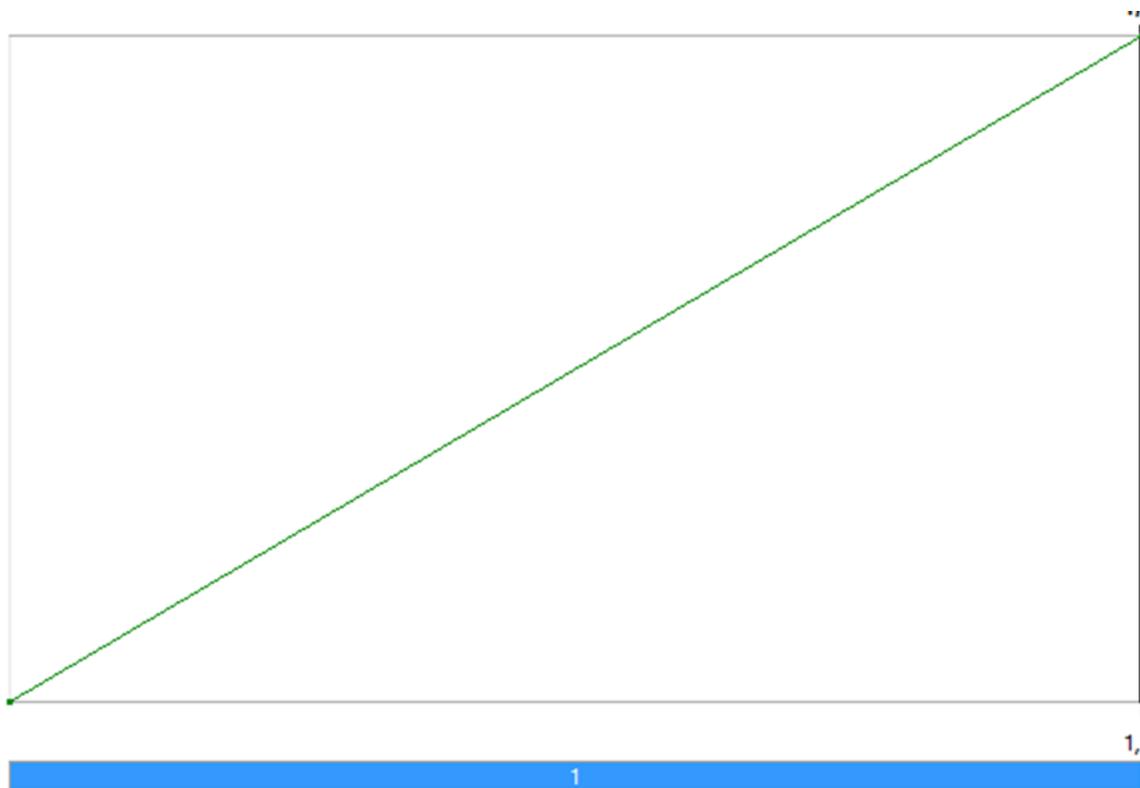


TABLE 15
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Convection

Steps	Time [s]	Convection Coefficient [W/m ² .°C]	Temperature [°C]
1	0,	0,	22,
	1,	1800,	110,

Solution (B6)

TABLE 16
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Solution

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	

Status	Done
--------	------

TABLE 17
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Solution (B6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 18
Model (B4) > Steady-State Thermal (B5) > Solution (B6) > Results

Object Name	<i>Temperature</i>	<i>Total Heat Flux</i>	<i>Directional Heat Flux</i>	<i>Thermal Error</i>
State	Solved			
Scope				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	3 Bodies	All Bodies		
Definition				

Type	Temperature	Total Heat Flux	Directional Heat Flux	Thermal Error
By	Time			
Display Time	Last			
Calculate Time History	Yes			
Identifier				
Suppressed	No			
Orientation			X Axis	
Coordinate System			Global Coordinate System	
Results				
Minimum	97,312 °C	9,8406e-011 W/m ²	-2,1159e+006 W/m ²	4,906e-030
Maximum	1002,8 °C	2,3591e+006 W/m ²	1,8989e+006 W/m ²	64,802
Minimum Occurs On	Part 2	Part 1	Part 5	Part 1
Maximum Occurs On	Part 4	Part 5		Part 4
Minimum Value Over Time				
Minimum	97,312 °C	9,8406e-011 W/m ²	-2,1159e+006 W/m ²	4,906e-030
Maximum	97,312 °C	9,8406e-011 W/m ²	-2,1159e+006 W/m ²	4,906e-030
Maximum Value Over Time				

Minimum	1002,8 °C	2,3591e+006 W/m ²	1,8989e+006 W/m ²	64,802
Maximum	1002,8 °C	2,3591e+006 W/m ²	1,8989e+006 W/m ²	64,802
Information				
Time	1, s			
Load Step	1			
Substep	1			
Iteration Number	1			
Integration Point Results				
Display Option	Averaged			
Average Across Bodies	No			

Material Data

Ceramic5

TABLE 19
Ceramic5 > Constants

Thermal Conductivity	4,5 W m ⁻¹ C ⁻¹
Density	4900, kg m ⁻³
Specific Heat	800, J kg ⁻¹ C ⁻¹

Carbon

TABLE 20
Carbon > Constants

Density	2000, kg m ⁻³
Specific Heat	1220, J kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	0,33 W m ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 21
Carbon > Molecular Weight

Molecular Weight kg kmol ⁻¹
12,011

TABLE 22
Carbon > Vaporization Temperature

Vaporization Temperature C
126,85

TABLE 23
Carbon > Boiling Point

Boiling Point C
126,85

TABLE 24
Carbon > Binary Diffusivity

Binary Diffusivity
4,e-005

TABLE 25
Carbon > Volatile Fraction

Volatile Fraction
0,

TABLE 26
Carbon > Combustible Fraction

Combustible Fraction
1,

TABLE 27
Carbon > Swelling Coefficient

Swelling Coefficient
1,

TABLE 28
Carbon > Emissivity

Emissivity
0,9

TABLE 29
Carbon > Scattering Factor

Scattering Factor
0,9

TABLE 30
Carbon > Burn Stoichiometry

Burn Stoichiometry
2,67

TABLE 31
Carbon > Burn Hreact

Burn Hreact
3,2789e+007

TABLE 32
Carbon > Burn Hreact Fraction

Burn Hreact Fraction
0,3

TABLE 33
Carbon > Formation Enthalpy

Formation Enthalpy J mol ⁻¹
7,1671e+008

TABLE 34
Carbon > Reference Temperature

Reference Temperature C
24,85

TABLE 35
Carbon > Formation Entropy

Formation Entropy J C ⁻¹

1,5799e+005

TABLE 36
Carbon > Absorption Coefficient

Absorption Coefficient m ⁻¹
0,

Nickel

TABLE 37
Nickel > Constants

Density	8900, kg m ⁻³
Specific Heat	460,6 J kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	91,74 W m ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 38
Nickel > Electric Conductivity

Electric Conductivity S m ⁻¹
1,282e+007

TABLE 39
Nickel > Magnetic Permeability

Magnetic Permeability H m ⁻¹
1,257e-006

TABLE 40
Nickel > Critical Pressure

Critical Pressure J m ⁻³
1,08e+009

TABLE 41
Nickel > Critical Temperature

Critical Temperature C
9186,9

TABLE 42
Nickel > Critical Volume

Critical Volume m ³
3,91e-004

TABLE 43
Nickel > Absorption Coefficient

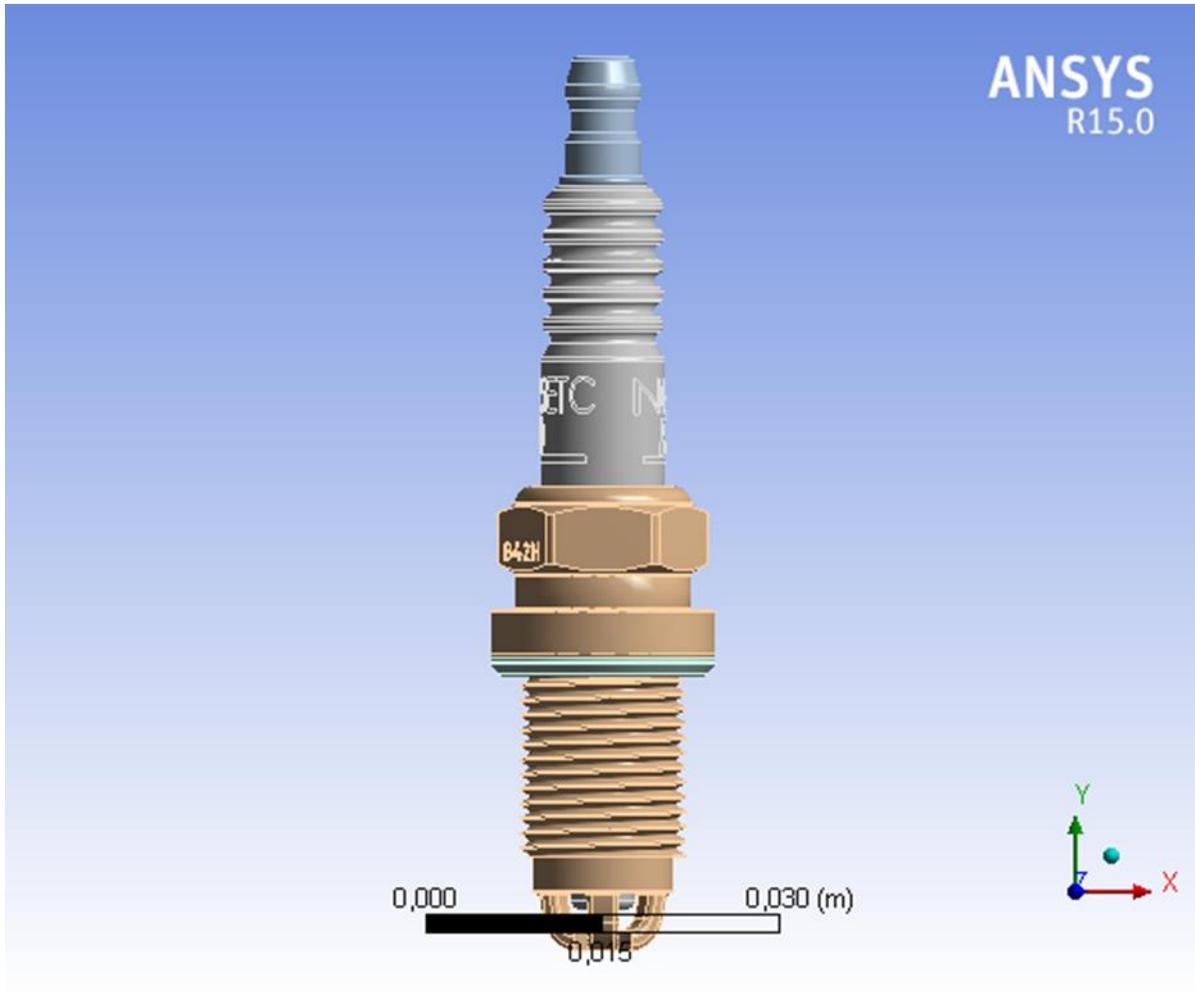
Absorption Coefficient m ⁻¹
0,

Reporte Ansys Ecopais



Project

First Saved	Tuesday, July 31, 2018
Last Saved	Thursday, August 16, 2018
Product Version	15.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(C4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Parts](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Connections](#)
 - [Contacts](#)
 - [Contact Regions](#)
 - [Mesh](#)
 - [Steady-State Thermal \(C5\)](#)
 - [Initial Temperature](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(C6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [Ceramic5](#)
 - [Carbon](#)
 - [Nickel](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (C4)

Geometry

TABLE 2
Model (C4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined

Definition	
Source	C:\Users\Diego\Downloads\Spark plug - original.stp
Type	Step
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	1,921e-002 m
Length Y	7,6e-002 m
Length Z	1,921e-002 m
Properties	
Volume	7,9571e-006 m ³
Mass	2,7589e-002 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	5
Active Bodies	5
Nodes	109057
Elements	63734
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS

Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\LuisLPT\AppData\Roaming\Ansys\lv150
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (C4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Part 5</i>	<i>Part 4</i>	<i>Part 3</i>	<i>Part 2</i>	<i>Part 1</i>
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				

Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
Material					
Assignment	Ceramic5	Carbon	Nickel	Carbon	
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	1,35e-002 m	7,6e-003 m	2,7e-003 m	1,9e-002 m	1,921e-002 m
Length Y	6,15e-002 m	4,4664e-002 m	3,6336e-002 m	3,9481e-002 m	1,508e-003 m
Length Z	1,35e-002 m	7,6e-003 m	2,7e-003 m	1,9e-002 m	1,921e-002 m
Properties					
Volume	3,5307e-006 m ³	8,0152e-007 m ³	2,0804e-007 m ³	3,3106e-006 m ³	1,063e-007 m ³
Mass	1,73e-002 kg	1,603e-003 kg	1,8516e-003 kg	6,6211e-003 kg	2,1261e-004 kg
Centroid X	-1,0901e-006 m	1,2209e-014 m	2,5529e-020 m	1,2969e-006 m	2,5652e-018 m

Centroid Y	-9,9603e-004 m	1,5994e-002 m	-2,1332e-002 m	-1,7885e-002 m	-1,512e-002 m
Centroid Z	8,0851e-007 m	-9,2724e-014 m	0, m	-2,0194e-006 m	-2,6745e-019 m
Moment of Inertia Ip1	3,9982e-006 kg·m ²	2,9924e-007 kg·m ²	2,0223e-007 kg·m ²	7,5728e-007 kg·m ²	6,7801e-009 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	2,527e-007 kg·m ²	5,8116e-009 kg·m ²	1,6491e-009 kg·m ²	2,6317e-007 kg·m ²	1,3496e-008 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	3,9983e-006 kg·m ²	2,9924e-007 kg·m ²	2,0223e-007 kg·m ²	7,5723e-007 kg·m ²	6,7801e-009 kg·m ²
Statistics					
Nodes	15954	2091	2072	76847	12093
Elements	8960	1103	385	47452	5834
Mesh Metric	None				

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (C4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m

Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Connections

TABLE 5
Model (C4) > Connections

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes

TABLE 6
Model (C4) > Connections > Contacts

Object Name	<i>Contacts</i>
State	Fully Defined
Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	2,0177e-004 m

Use Range	No
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies

TABLE 7
Model (C4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	<i>Bonded - Part 5 To Part 4</i>	<i>Bonded - Part 5 To Part 3</i>	<i>Bonded - Part 5 To Part 2</i>	<i>Bonded - Part 4 To Part 3</i>	<i>Bonded - Part 2 To Part 1</i>
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	5 Faces	1 Face	3 Faces	2 Faces	4 Faces
Target	6 Faces	1 Face	4 Faces	2 Faces	3 Faces
Contact Bodies	Part 5			Part 4	Part 2
Target Bodies	Part 4	Part 3	Part 2	Part 3	Part 1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Manual				
Behavior	Program Controlled				
Trim Contact	Program Controlled				
Suppressed	No				
Advanced					

Formulation	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Thermal Conductance	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled

Mesh

TABLE 8
Model (C4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	2,8226e-006 m
Inflation	

Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Patch Independent Options	
Topology Checking	Yes
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	

Nodes	109057
Elements	63734
Mesh Metric	None

Steady-State Thermal (C5)

TABLE 9
Model (C4) > Analysis

Object Name	<i>Steady-State Thermal (C5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Thermal
Analysis Type	Steady-State
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Generate Input Only	No

TABLE 10
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Initial Condition

Object Name	<i>Initial Temperature</i>
State	Fully Defined
Definition	
Initial Temperature	Uniform Temperature
Initial Temperature Value	22, °C

TABLE 11
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,

Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Radiosity Controls	
Radiosity Solver	Program Controlled
Flux Convergence	1,e-004
Maximum Iteration	1000,
Solver Tolerance	0,1 W/m ²
Over Relaxation	0,1
Hemicube Resolution	10,
Nonlinear Controls	
Heat Convergence	Program Controlled
Temperature Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Output Controls	
Calculate Thermal Flux	Yes
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\LuisLPT\Desktop\Análisis Térmico\Bujía de Encendido_files\dp0\SYS-2\MECH\
Future Analysis	None

Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 12
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Loads

Object Name	<i>Temperature</i>	<i>Convection</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	6 Faces	80 Faces
Definition		
Type	Temperature	Convection
Magnitude	1190, °C (ramped)	
Suppressed	No	
Film Coefficient		1800, W/m ² .°C (ramped)
Ambient Temperature		110, °C (ramped)
Convection Matrix		Program Controlled

FIGURE 1
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Temperature

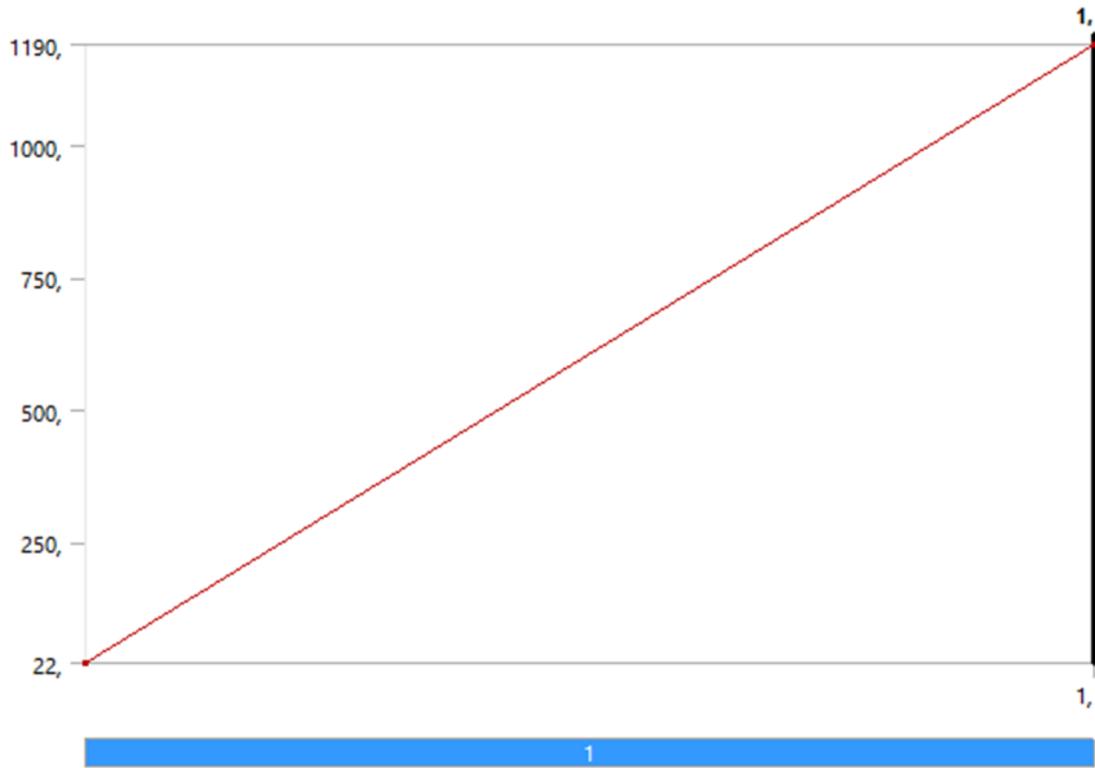


FIGURE 2
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Convection

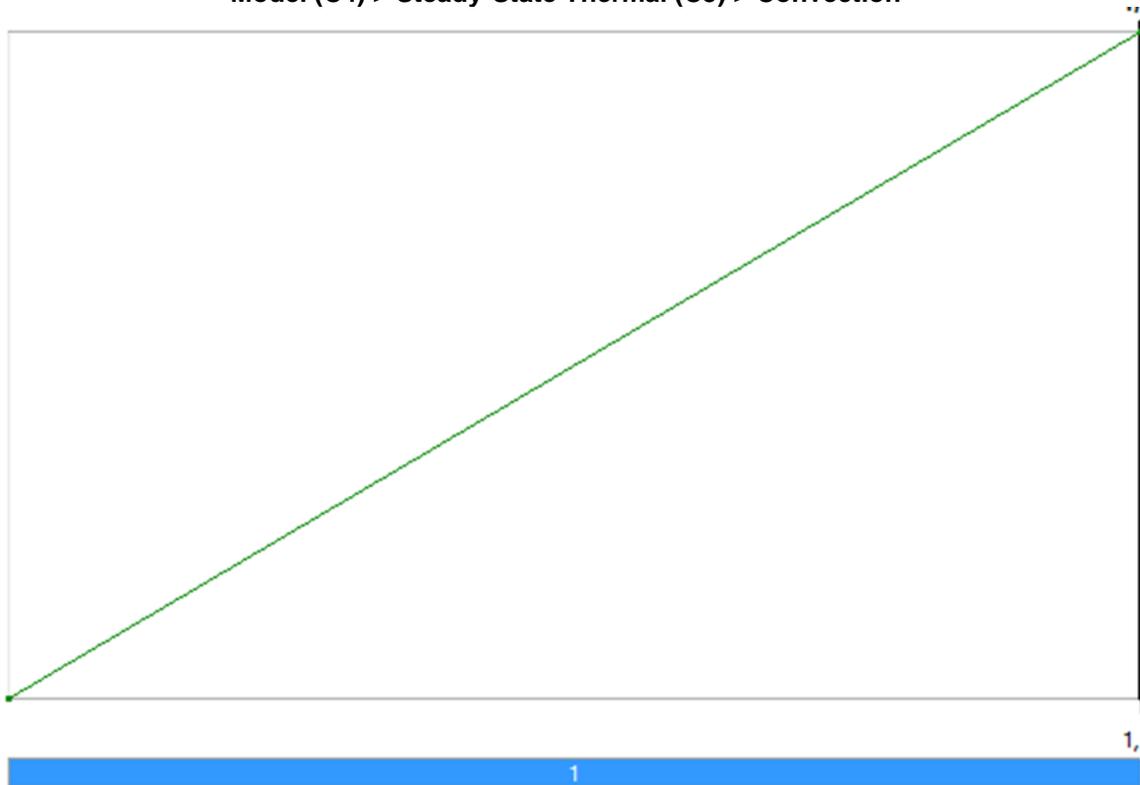


TABLE 13
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Convection

Steps	Time [s]	Convection Coefficient [W/m ² .°C]	Temperature [°C]
1	0,	0,	22,
	1,	1800,	110,

Solution (C6)

TABLE 14
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Solution

Object Name	<i>Solution (C6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 15
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Solution (C6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes

Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 16
Model (C4) > Steady-State Thermal (C5) > Solution (C6) > Results

Object Name	<i>Temperature</i>	<i>Total Heat Flux</i>	<i>Directional Heat Flux</i>	<i>Thermal Error</i>
State	Solved			
Scope				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	All Bodies			
Definition				
Type	Temperature	Total Heat Flux	Directional Heat Flux	Thermal Error
By	Time			
Display Time	Last			
Calculate Time History	Yes			
Identifier				
Suppressed	No			
Orientation			X Axis	
Coordinate System			Global Coordinate System	
Results				

Minimum	59,354 °C	2,0601e-007 W/m ²	-2,6182e+006 W/m ²	1,227e-020
Maximum	1198,2 °C	3,074e+006 W/m ²	2,5467e+006 W/m ²	156,91
Minimum Occurs On	Part 2	Part 3	Part 5	Part 3
Maximum Occurs On	Part 5			Part 4
Minimum Value Over Time				
Minimum	59,354 °C	2,0601e-007 W/m ²	-2,6182e+006 W/m ²	1,227e-020
Maximum	59,354 °C	2,0601e-007 W/m ²	-2,6182e+006 W/m ²	1,227e-020
Maximum Value Over Time				
Minimum	1198,2 °C	3,074e+006 W/m ²	2,5467e+006 W/m ²	156,91
Maximum	1198,2 °C	3,074e+006 W/m ²	2,5467e+006 W/m ²	156,91
Information				
Time	1, s			
Load Step	1			
Substep	1			
Iteration Number	1			
Integration Point Results				
Display Option	Averaged			

Average Across Bodies		No	
--------------------------	--	----	--

Material Data

Ceramic5

TABLE 17
Ceramic5 > Constants

Thermal Conductivity	4,5 W m ⁻¹ C ⁻¹
Density	4900, kg m ⁻³
Specific Heat	800, J kg ⁻¹ C ⁻¹

Carbon

TABLE 18
Carbon > Constants

Density	2000, kg m ⁻³
Specific Heat	1220, J kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	0,33 W m ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 19
Carbon > Molecular Weight

Molecular Weight kg kmol ⁻¹
12,011

TABLE 20
Carbon > Vaporization Temperature

Vaporization Temperature C
126,85

TABLE 21
Carbon > Boiling Point

Boiling Point C
126,85

TABLE 22
Carbon > Binary Diffusivity

Binary Diffusivity
4,e-005

TABLE 23
Carbon > Volatile Fraction

Volatile Fraction
0,

TABLE 24
Carbon > Combustible Fraction

Combustible Fraction
1,

TABLE 25
Carbon > Swelling Coefficient

Swelling Coefficient
1,

TABLE 26
Carbon > Emissivity

Emissivity
0,9

TABLE 27
Carbon > Scattering Factor

Scattering Factor
0,9

TABLE 28
Carbon > Burn Stoichiometry

Burn Stoichiometry
2,67

TABLE 29
Carbon > Burn Hreact

Burn Hreact
3,2789e+007

TABLE 30
Carbon > Burn Hreact Fraction

Burn Hreact Fraction
0,3

TABLE 31
Carbon > Formation Enthalpy

Formation Enthalpy J mol ⁻¹
7,1671e+008

TABLE 32
Carbon > Reference Temperature

Reference Temperature C
24,85

TABLE 33
Carbon > Formation Entropy

Formation Entropy J C ⁻¹
1,5799e+005

TABLE 34
Carbon > Absorption Coefficient

Absorption Coefficient m ⁻¹
0,

Nickel

TABLE 35
Nickel > Constants

Density	8900, kg m ⁻³
Specific Heat	460,6 J kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	91,74 W m ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 36
Nickel > Electric Conductivity

Electric Conductivity S m ⁻¹
1,282e+007

TABLE 37
Nickel > Magnetic Permeability

Magnetic Permeability H m ⁻¹
1,257e-006

TABLE 38
Nickel > Critical Pressure

Critical Pressure J m ⁻³
1,08e+009

TABLE 39
Nickel > Critical Temperature

Critical Temperature C
9186,9

TABLE 40
Nickel > Critical Volume

Critical Volume m ³
3,91e-004

TABLE 41
Nickel > Absorption Coefficient

Absorption Coefficient m ⁻¹
0,

Anexo 6. Informe CCICEV Dmax



Quito, 22 de junio de 2018
CCICEV-CER-TESIS18 - 032

CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos 398 por parte del Sr. LUIS ARMANDO CAIZA QUISHPE certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- FACTORES DE EMISIÓN EN RUTA
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RUTA

Los combustibles proporcionados por el solicitante tienen las siguientes características:

- Gasolina extra.
- Gasolina extra al 5% de etanol.
- Gasolina extra al 15% de etanol
- Gasolina Super al 5 % de etanol.
- Gasolina Super al 15% de etanol.

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LBETF3D190019295
Modelo:	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2	Kilometraje:	196711
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	C24SE31031865
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

Fecha de ejecución del ensayo: 14 de mayo 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 ocasione 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**



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°	18-398-P1
TÉCNICOS RESPONSABLES	Página 1 / 1	FECHA:	14 de mayo de 2018
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		Fabián Iza	
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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LBETF3D190019295
Modelo:	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2	Kilometraje:	196711

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	C24SE31031865
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Maxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	14/05/2018 11:25	Hora final	14/05/2018 16:00
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumifahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,612	0,618	0,845	-	-
CO2 [%v]	11,59	11,74	11,81	-	-
HC [ppm]	371	391	367	-	-
O2 [%v]	3,75	3,66	3,28	-	-
NOx [ppm]	410	437	498	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,64	2,69	2,6	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	5,937	5,826	6,028	-	-
Consumo (Km/Gl)	22,310	21,896	22,654	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,612	0,618	0,845	-	-
CO2 [%v]	11,590	11,740	11,810	-	-
HC [%v]	0,037	0,039	0,037	-	-
O2 [%v]	3,750	3,660	3,280	-	-
NOx [%v]	0,041	0,044	0,050	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,053	0,053	0,072	-	-
RHC	0,003	0,003	0,003	-	-
RNOX	0,004	0,004	0,004	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m³)			734	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	12,074	12,262	15,838	-	-
FHC (g/Km)	1,099	1,164	1,031	-	-
FNOX (g/Km)	0,867	0,928	0,999	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	13,392
FHC (g/Km)	1,098
FNOX (g/Km)	0,931

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1
Firma:
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de:
Nombre: Ing. Diego Lincango



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

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-398-P2
	Página 1 / 1	FECHA:	14 de mayo 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 _a 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LBETF3D190019295
Modelo:	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2	Kilometraje:	196811

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	C24SE31031865
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Maxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	14/05/2018 16:47	Hora final	15/05/2018 10:03
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	3,593	0,653	0,806	-	-
CO2 [%v]	11,63	11,16	11,57	-	-
HC [ppm]	343	272	425	-	-
O2 [%v]	3,39	4,14	3,96	-	-
NOx [ppm]	440	585	416	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,65	2,37	2,7	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	5,914	6,613	5,805	-	-
Consumo (Km/Gl)	22,226	24,852	21,814	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	3,593	0,653	0,806	-	-
CO2 [%v]	11,630	11,160	11,570	-	-
HC [%v]	0,034	0,027	0,042	-	-
O2 [%v]	3,390	4,140	3,960	-	-
NOx [%v]	0,044	0,059	0,042	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,309	0,059	0,070	-	-
RHC	0,003	0,002	0,004	-	-
RNOX	0,004	0,005	0,004	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m³)			738	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	57,481	12,038	16,103	-	-
FHC (g/Km)	0,823	0,752	1,273	-	-
FNOX (g/Km)	0,753	1,155	0,890	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	28,541
FHC (g/Km)	0,949
FNOX (g/Km)	0,933

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1
Firma
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de
Nombre: Ing. Diego Lincango



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,65	2,37	2,7	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	5,914	6,613	5,805	-	-
Consumo (Km/Gl)	22,226	24,852	21,814	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	3,593	0,653	0,806	-	-
CO2 [%v]	11,630	11,160	11,570	-	-
HC [%v]	0,034	0,027	0,042	-	-
O2 [%v]	3,390	4,140	3,960	-	-
NOx [%v]	0,044	0,059	0,042	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,309	0,059	0,070	-	-
RHC	0,003	0,002	0,004	-	-
RNOX	0,004	0,005	0,004	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m³)			738	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	57,481	12,038	16,103	-	-
FHC (g/Km)	0,823	0,752	1,273	-	-
FNOX (g/Km)	0,753	1,155	0,890	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	28,541
FHC (g/Km)	0,949
FNOX (g/Km)	0,933

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

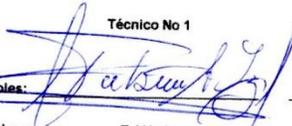
Técnico No 1
Firma:
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de:
Nombre: Ing. Diego Lincango



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°	18-398-P3																																																					
	Página 1 / 1	FECHA:	15 de mayo 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 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>																																																						
No. Visita <input type="text" value="1"/>	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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LBETF3D190019295																																																					
Modelo:	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2	Kilometraje:	196911																																																					
MOTOR (Datos del fabricante)**																																																								
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	C24SE31031865																																																					
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A																																																					
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D																																																					
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO																																																					
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL																																																					
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 15% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA																																																					
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009																																																					
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR																																																					
<small>**Opcional en RTV</small>																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Hora de inicio</td> <td style="width: 30%;">15/05/2018 10:44</td> <td style="width: 20%;">Hora final</td> <td style="width: 30%;">15/05/2018 15:17</td> </tr> <tr> <td>Prueba en ruta o laboratorio</td> <td colspan="3">Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondeo de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 12 de Octubre)</td> </tr> <tr style="background-color: #92d050;"> <th colspan="4">RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Parámetros</th> <th colspan="5">PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD</th> </tr> <tr> <th>Medición 1</th> <th>Medición 2</th> <th>Medición 3</th> <th>Medición 4</th> <th>Medición 5</th> </tr> <tr> <td>CO [%v]</td> <td>0,612</td> <td>0,525</td> <td>0,543</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>CO2 [%v]</td> <td>11,7</td> <td>11,5</td> <td>11,53</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>HC [ppm]</td> <td>440</td> <td>445</td> <td>439</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>O2 [%v]</td> <td>3,83</td> <td>3,8</td> <td>3,56</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>NOx [ppm]</td> <td>442</td> <td>480</td> <td>524</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>				Hora de inicio	15/05/2018 10:44	Hora final	15/05/2018 15:17	Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondeo de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,612	0,525	0,543	-	-	CO2 [%v]	11,7	11,5	11,53	-	-	HC [ppm]	440	445	439	-	-	O2 [%v]	3,83	3,8	3,56	-	-	NOx [ppm]	442	480	524	-	-
Hora de inicio	15/05/2018 10:44	Hora final	15/05/2018 15:17																																																					
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondeo de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,612	0,525	0,543	-	-																																																			
CO2 [%v]	11,7	11,5	11,53	-	-																																																			
HC [ppm]	440	445	439	-	-																																																			
O2 [%v]	3,83	3,8	3,56	-	-																																																			
NOx [ppm]	442	480	524	-	-																																																			
OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE																																																								
Técnico No 1  Firma Responsables:		Técnico No 2 Firma Responsable de Unidad:																																																						
Nombres: Fabián Iza		Nombre: Ing. Diego Lincango																																																						

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

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			PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			15,673		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			15673		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,75	2,82	2,6	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	5,699	5,558	6,028	-	-
Consumo (Km/Gl)	21,418	20,886	22,654	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,612	0,525	0,543	-	-
CO2 [%v]	11,700	11,500	11,530	-	-
HC [%v]	0,044	0,045	0,044	-	-
O2 [%v]	3,830	3,800	3,560	-	-
NOx [%v]	0,044	0,048	0,052	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,052	0,046	0,047	-	-
RHC	0,004	0,004	0,004	-	-
RNOX	0,004	0,004	0,005	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			746	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	12,649	11,388	10,819	-	-
FHC (g/Km)	1,363	1,448	1,312	-	-
FNOX (g/Km)	0,979	1,115	1,119	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	11,619
FHC (g/Km)	1,374
FNOX (g/Km)	1,071

OBSERVACIONES: _____ EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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



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

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-398-P4
	Página 1 / 1	FECHA:	17 de mayo 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LBETF3D190019295
Modelo:	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2	Kilometraje:	197012

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	C24SE31031865
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Maxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	17/05/2018 16:04	Hora final	18/05/2018 10:52
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,607	0,75	0,609	-	-
CO2 [%v]	11,55	11,46	11,5	-	-
HC [ppm]	264	141	268	-	-
O2 [%v]	3,74	3,49	3,51	-	-
NOx [ppm]	509	328	356	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	2,72	2,58	2,57	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	5,762	6,075	6,098	-	-
Consumo (Km/Gl)	21,654	22,829	22,918	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,607	0,750	0,609	-	-
CO2 [%v]	11,550	11,460	11,500	-	-
HC [%v]	0,026	0,014	0,027	-	-
O2 [%v]	3,740	3,490	3,510	-	-
NOx [%v]	0,051	0,033	0,036	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,053	0,065	0,053	-	-
RHC	0,002	0,001	0,002	-	-
RNOX	0,004	0,003	0,003	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

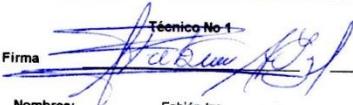
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			750	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	12,687	14,850	12,073	-	-
FHC (g/Km)	0,828	0,419	0,797	-	-
FNOX (g/Km)	1,141	0,696	0,756	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	13,203
FHC (g/Km)	0,681
FNOX (g/Km)	0,864

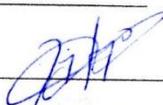
OBSERVACIONES: _____

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



CCICEV

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

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	Nº	18-398-P5
	Página 1 / 1	FECHA:	18 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES Fabián Iza			

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/> Reevaluación <input type="checkbox"/> No. Visita <input type="text" value="1"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/> Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/> Evaluación RTV* 4 _u rev <input type="checkbox"/> Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/> 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LBETF3D190019295
Modelo:	LUV D-MAX 2.4L CD TM 4X2	Kilometraje:	197144

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	C24SE31031865
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 15% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	18/05/2018 11:35	Hora final	15/57 18/05/20018
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumifahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,548	0,671	0,756	-	-
CO2 [%v]	11,56	11,53	11,57	-	-
HC [ppm]	307	391	354	-	-
O2 [%v]	2,93	3,33	3,22	-	-
NOx [ppm]	422	409	512	-	-

OBSERVACIONES: _____ EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,9	2,8	2,8	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/l)	5,404	5,598	5,598	-	-
Consumo (Km/Gl)	20,310	21,035	21,035	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,548	0,671	0,756	-	-
CO2 [%v]	11,560	11,530	11,570	-	-
HC [%v]	0,031	0,039	0,035	-	-
O2 [%v]	2,930	3,330	3,220	-	-
NOx [%v]	0,042	0,041	0,051	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,047	0,058	0,065	-	-
RHC	0,003	0,003	0,003	-	-
RNOX	0,004	0,004	0,004	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			762	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	12,444	14,571	16,266	-	-
FHC (g/Km)	1,046	1,274	1,142	-	-
FNOX (g/Km)	1,027	0,952	1,180	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	14,427
FHC (g/Km)	1,154
FNOX (g/Km)	1,053

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1
Firma
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

0

Firma Responsable de
Nombre: Ing. Diego Lincango

Anexo 7. Informe CCICEV Optra



Quito, 22 de junio de 2018
 CCICEV-CER-TESIS18 - 031

CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos 397 por parte del Sr. LUIS ARMANDO CAIZA QUISHPE certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- FACTORES DE EMISIÓN EN RUTA
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RUTA

Los combustibles proporcionados por el solicitante tienen las siguientes características:

- Gasolina extra.
- Gasolina extra al 5% de etanol.
- Gasolina extra al 15% de etanol.
- Gasolina Super al 5 % de etanol.
- Gasolina Super al 15% de etanol.

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	9GAJM52338B103677
Modelo:	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	Kilometraje:	132528
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F18D3093673K
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1800	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2008
Tonelaje	0,5	País de origen	COLOMBIA

Fecha de ejecución del ensayo: 02 de mayo 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 ocasione 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



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°	18-397-P1
	Página 1 / 1	FECHA:	2 de mayo 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 _a 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	9GAJM52338B103677
Modelo:	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	Kilometraje:	132528

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F18D3093673K
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1800	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2008
Tonelaje	0,5	País de origen	COLOMBIA

**Opcional en RTV

Hora de inicio	02/05/2018 12:25	Hora final	03/05/2018 13:19
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,772	0,623	0,749	-	-
CO2 [%v]	11,85	11,89	11,96	-	-
HC [ppm]	75	57	135	-	-
O2 [%v]	3,4	3,4	3,3	-	-
NOx [ppm]	993	1271	1161	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,06	2,35	1,95	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,608	6,669	8,037	-	-
Consumo (Km/Gl)	28,592	25,063	30,205	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,772	0,623	0,749	-	-
CO2 [%v]	11,850	11,690	11,960	-	-
HC [%v]	0,008	0,006	0,014	-	-
O2 [%v]	3,400	3,400	3,300	-	-
NOx [%v]	0,099	0,127	0,116	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,065	0,053	0,063	-	-
RHC	0,001	0,000	0,001	-	-
RNOX	0,008	0,011	0,010	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

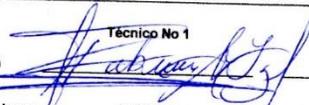
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			738	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	11,637	10,986	10,599	-	-
FHC (g/Km)	0,170	0,151	0,267	-	-
FNOX (g/Km)	1,604	2,401	1,760	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	11,074
FHC (g/Km)	0,202
FNOX (g/Km)	1,922

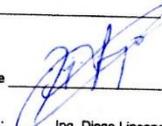
OBSERVACIONES: _____ EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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



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

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	Nº	18-397-P2
	Página 1 / 1	FECHA:	4 de mayo 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 _u 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 VEHICULO

Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	9GAJM52338B103677
Modelo:	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	Kilometraje:	132757

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F18D3093673K
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehiculo	2008
Tonelaje	0,5	País de origen	COLOMBIA

**Opcional en RTV

Hora de inicio	04/05/2018 9:39	Hora final	04/05/2018 14:40
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumifañui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,842	0,752	0,842	-	-
CO2 [%v]	10,73	10,77	11,49	-	-
HC [ppm]	97	313	87	-	-
O2 [%v]	4,41	4,76	3,46	-	-
NOx [ppm]	688	718	958	-	-

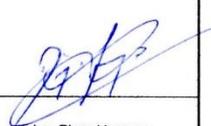
OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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



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					
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS		
15,673			15,673		
DISTANCIA RECORRIDA (m)					
15673					
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	2,02	2,2	2,19	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/l)	7,759	7,124	7,157	-	-
Consumo (Km/Gl)	29,158	26,772	26,895	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,842	0,752	0,842	-	-
CO2 [%v]	10,730	10,770	11,490	-	-
HC [%v]	0,010	0,031	0,009	-	-
O2 [%v]	4,410	4,760	3,460	-	-
NOx [%v]	0,069	0,072	0,096	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,078	0,070	0,073	-	-
RHC	0,001	0,003	0,001	-	-
RNOX	0,006	0,007	0,008	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			734	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	13,491	13,106	13,731	-	-
FHC (g/Km)	0,234	0,818	0,212	-	-
FNOX (g/Km)	1,181	1,340	1,674	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	13,443
FHC (g/Km)	0,422
FNOX (g/Km)	1,398

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1
Firma:
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de:
Nombre: Ing. Diego Lincango



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°	18-397-P3
	Página 1 / 1	FECHA:	3 de mayo 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 _a 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	9GAJM52338B103677
Modelo:	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	Kilometraje:	132657

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F18D3093673K
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1800	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 15% DE ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2008
Tonelaje	0,5	País de origen	COLOMBIA

**Opcional en RTV

Hora de inicio	03/05/2018 13:40	Hora final	03/05/2018 17:38
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumifahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,622	0,745	0,769	-	-
CO2 [%v]	11,68	12,01	11,58	-	-
HC [ppm]	165	63	90	-	-
O2 [%v]	3,59	3,14	3,77	-	-
NOx [ppm]	1184	1157	1177	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1

Firma Responsable: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,05	2,24	1,95	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,645	6,997	8,037	-	-
Consumo (Km/Gl)	28,731	26,294	30,205	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,622	0,745	0,769	-	-
CO2 [%v]	11,680	12,010	11,580	-	-
HC [%v]	0,016	0,006	0,009	-	-
O2 [%v]	3,590	3,140	3,770	-	-
NOx [%v]	0,118	0,116	0,118	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,053	0,062	0,066	-	-
RHC	0,001	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,010	0,010	0,010	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			746	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	9,655	12,218	11,332	-	-
FHC (g/Km)	0,384	0,154	0,200	-	-
FNOX (g/Km)	1,969	2,033	1,858	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	11,069
FHC (g/Km)	0,246
FNOX (g/Km)	1,953

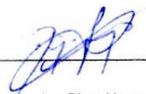
OBSERVACIONES: _____ EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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



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°	18-397-P4
	Página 1 / 1	FECHA:	7 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/> Reevaluación <input type="checkbox"/> No. Visita <input type="text" value="1"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/> Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/> Evaluación Tesis <input checked="" 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	9GAJM52338B103677
Modelo:	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	Kilometraje:	132757

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F18D3093673K
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2008
Tonelaje	0,5	País de origen	COLOMBIA

**Opcional en RTV

Hora de inicio	07/05/2018 9:39	Hora final	07/05/2018 15:30
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	4,682	0,677	0,532	-	-
CO2 [%v]	11,71	11,58	11,02	-	-
HC [ppm]	187	74	224	-	-
O2 [%v]	3,23	3,41	4,61	-	-
NOx [ppm]	1073	1094	761	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	1,98	2,22	2,06	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,916	7,060	7,608	-	-
Consumo (Km/Gl)	29,747	26,531	28,582	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	4,682	0,677	0,532	-	-
CO2 [%v]	11,710	11,580	11,020	-	-
HC [%v]	0,019	0,007	0,022	-	-
O2 [%v]	3,230	3,410	4,610	-	-
NOx [%v]	0,107	0,109	0,076	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,400	0,058	0,048	-	-
RHC	0,002	0,001	0,002	-	-
RNOX	0,009	0,009	0,007	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			750	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	52,995	11,509	8,869	-	-
FHC (g/Km)	0,317	0,189	0,560	-	-
FNOX (g/Km)	1,301	1,993	1,360	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	24,457
FHC (g/Km)	0,355
FNOX (g/Km)	1,551

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1
Firma
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de
Nombre: Ing. Diego Lincango



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°	18-397-P5
	Página 1 / 1	FECHA:	11 de mayo 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	9GAJM52338B103677
Modelo:	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	Kilometraje:	133701

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F18D3093673K
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	N/D	Máximo Torque (Nm/rpm)	N/D
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1800	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 15% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2008
Tonelaje	0,5	País de origen	COLOMBIA

**Opcional en RTV

Hora de inicio	11/05/2018 14:26	Hora final	11/05/2018 18:31
Prueba en ruta o laboratorio	Av. Rumiñahui, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, America, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av Colon con la 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]	0,598	0,614	0,49	-	-
CO2 [%v]	10,9	10,78	10,85	-	-
HC [ppm]	190	185	132	-	-
O2 [%v]	4,87	4,24	4,37	-	-
NOx [ppm]	1013	1004	733	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO 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



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		PUENTE 5 - PLAZA ARTIGAS			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,52	2,01	2,38	-	-

CALCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	6,219	7,798	6,585	-	-
Consumo (Km/Gl)	23,373	29,303	24,748	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,598	0,614	0,490	-	-
CO2 [%v]	10,900	10,780	10,850	-	-
HC [%v]	0,019	0,018	0,013	-	-
O2 [%v]	4,870	4,240	4,370	-	-
NOx [%v]	0,101	0,100	0,073	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,055	0,057	0,045	-	-
RHC	0,002	0,002	0,001	-	-
RNOX	0,009	0,009	0,007	-	-

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			762	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	12,459	10,297	9,790	-	-
FHC (g/Km)	0,595	0,465	0,396	-	-
FNOX (g/Km)	2,261	1,805	1,569	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	10,849
FHC (g/Km)	0,485
FNOX (g/Km)	1,878

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1
Firma Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de
Nombre: Ing. Diego Lincango

Anexo 8. Elementos On-Board

Filtro de condensación On-Board



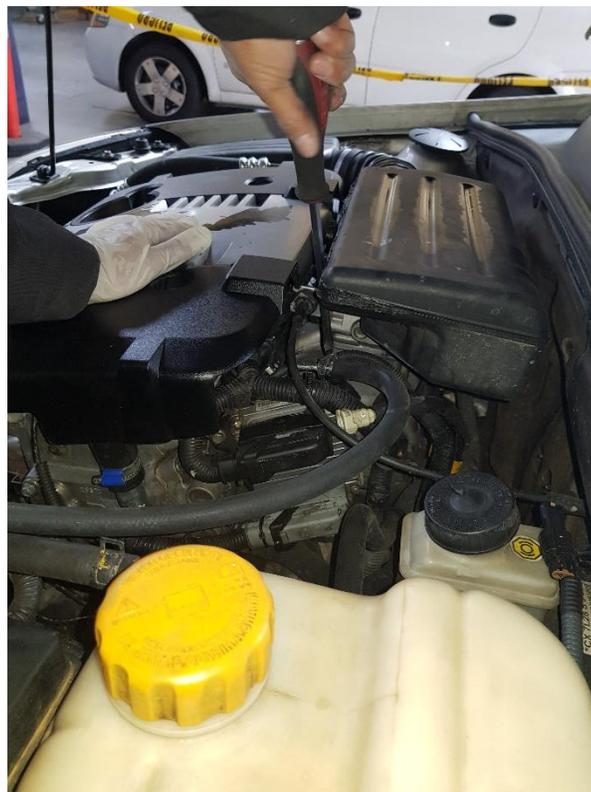
Filtro de aire On-Board



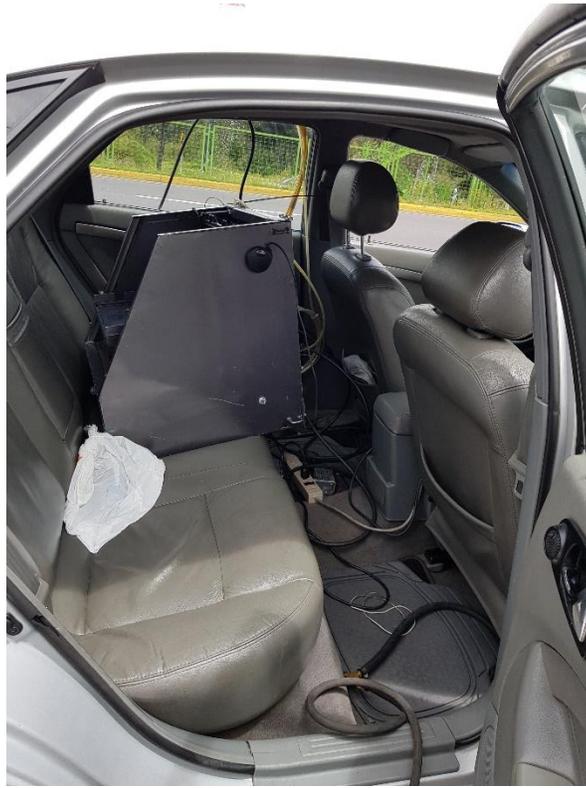
Regulador de voltaje instalación Optra



Instalación de línea de combustible a riel de inyección



Instalación On-Board habitáculo



Equipo Axion Go On-Board



Canister y probeta de medición de combustible



Inicio de recorrido Puente 5 Av. Gral. Rumiñahui

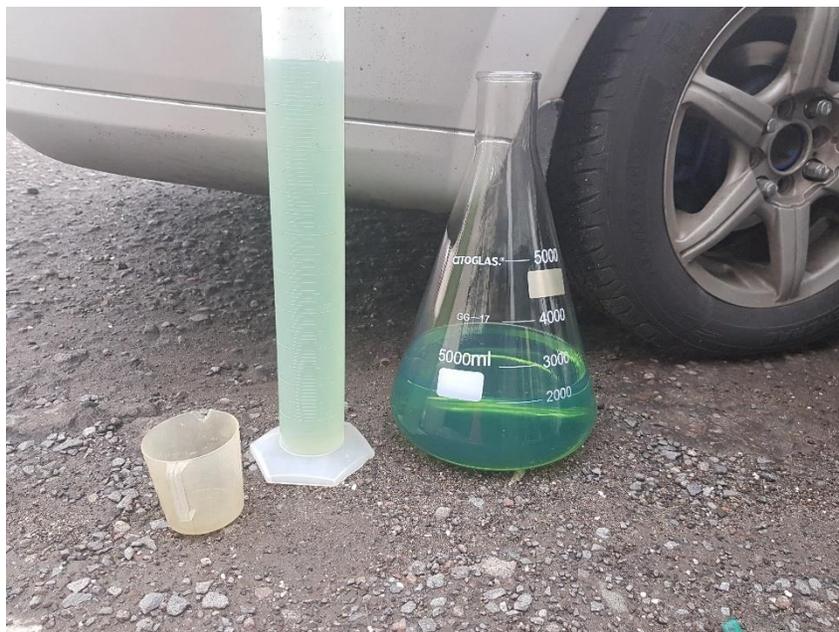




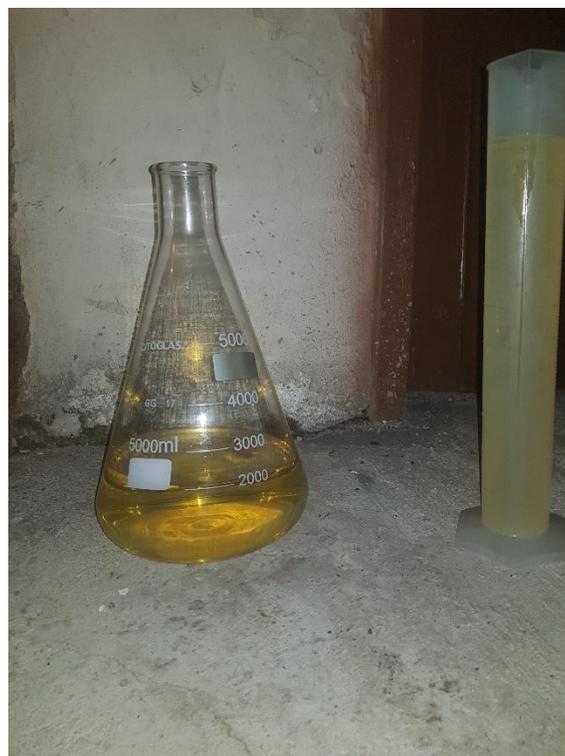
Anexo 9. Indicadores de consumo de combustible en ruta

Mediciones con combustible Extra



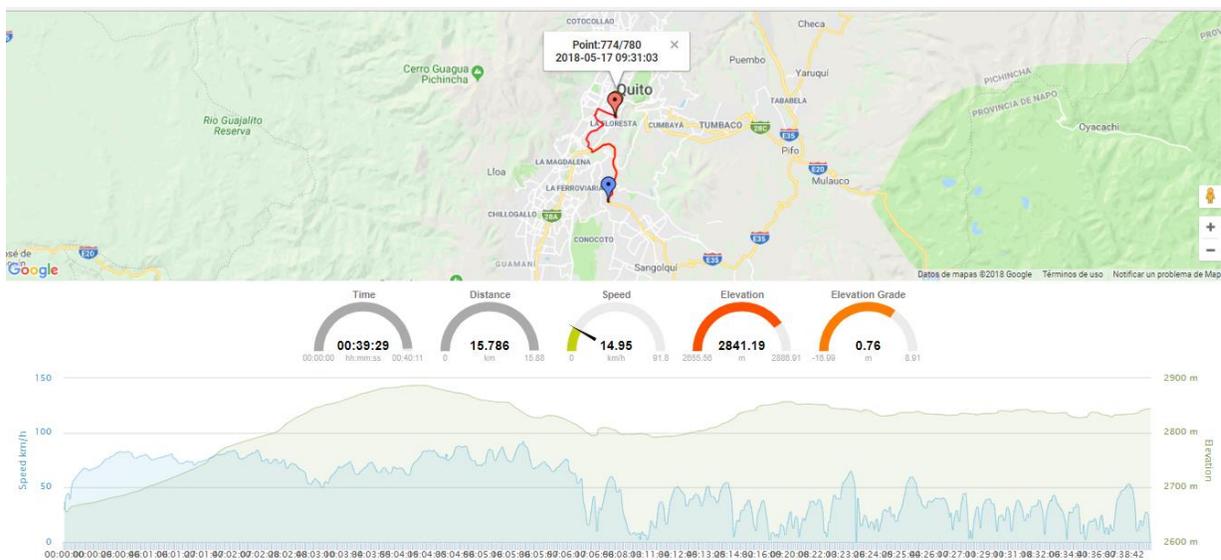


Mediciones con combustible Súper



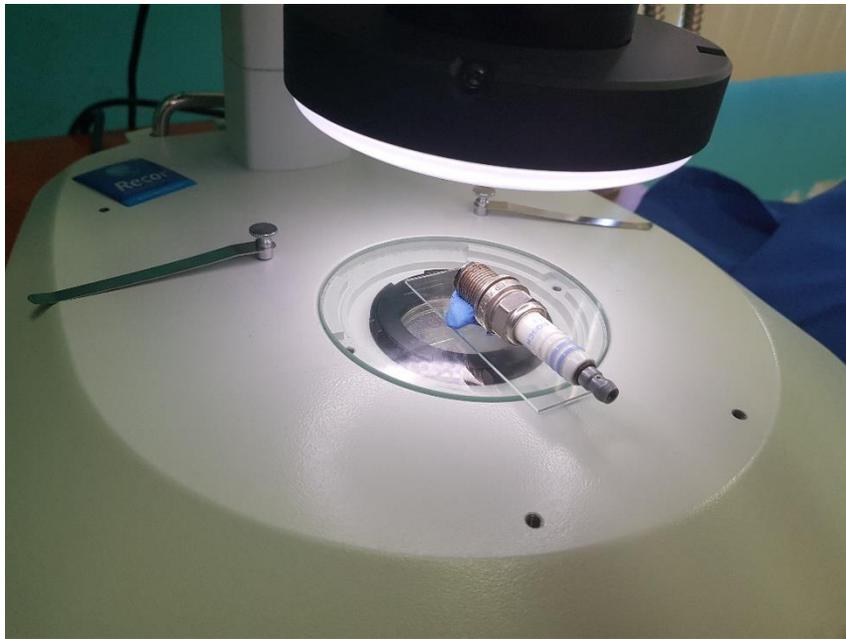


Anexo 10. Ruta, velocidad y altitud GPS



Anexo 11. Equipo Estereoscópico Olympus SZx16





Anexo 12. Ficha Técnica Olympus SZX16**OLYMPUS®***Modules described in this manual*

SZX16
SZX-R/SZH-P400/SZH-P600
SZX-2-2RE16
SZX-STAD1
SZX2-AN
SZX-PO
SZX-STAD2
SZH-STAD1

**INSTRUCTIONS**

SZX16
RESEARCH HIGH-CLASS STEREO
MICROSCOPE

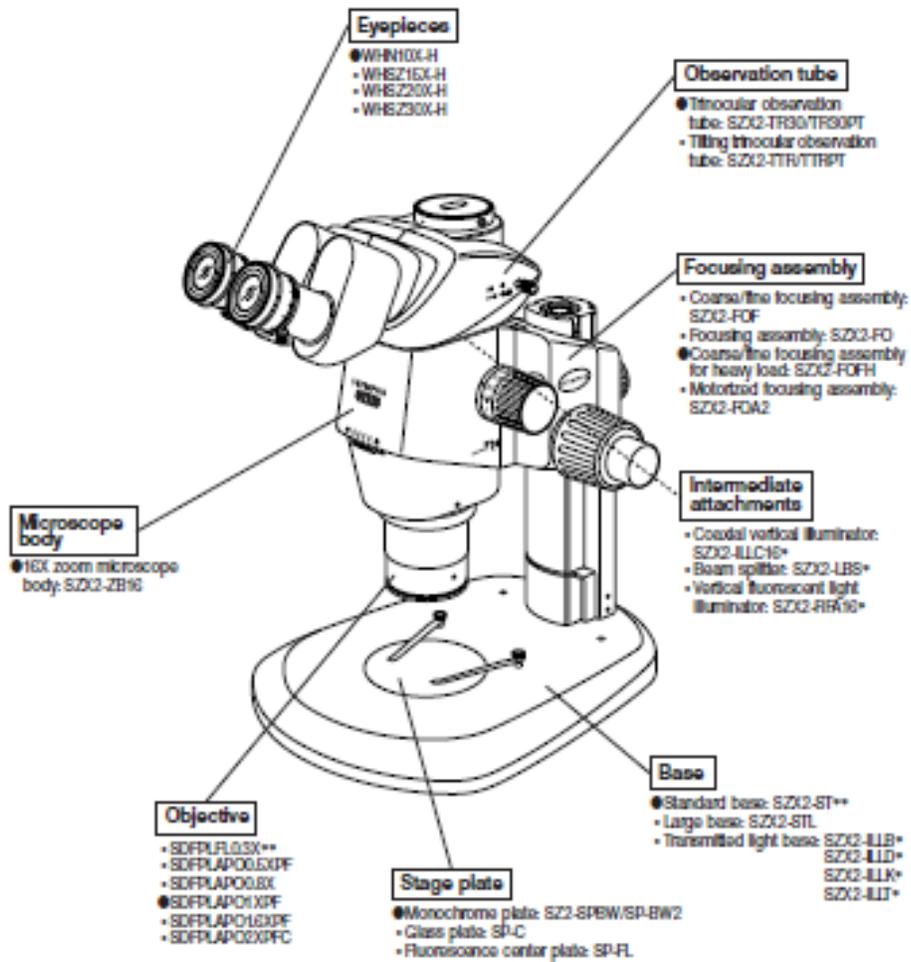
This instruction manual is for the Olympus SZX16 Research High-Class Stereo Microscope System. To ensure the safety, obtain optimum performance and to familiarize yourself full with the use of this microscope, we recommend that you study this manual thoroughly before operating the microscope. Retain this instruction manual in an easily accessible place near the work desk for future reference.

— This publication is printed on 100% recycled paper —



1 NOMENCLATURE

The following illustration shows a typical system composed of modules marked with * in the list of each module, and other modules may also be used in place of them. For the modules that are not shown in the module lists below, please contact Olympus or the latest catalogues.



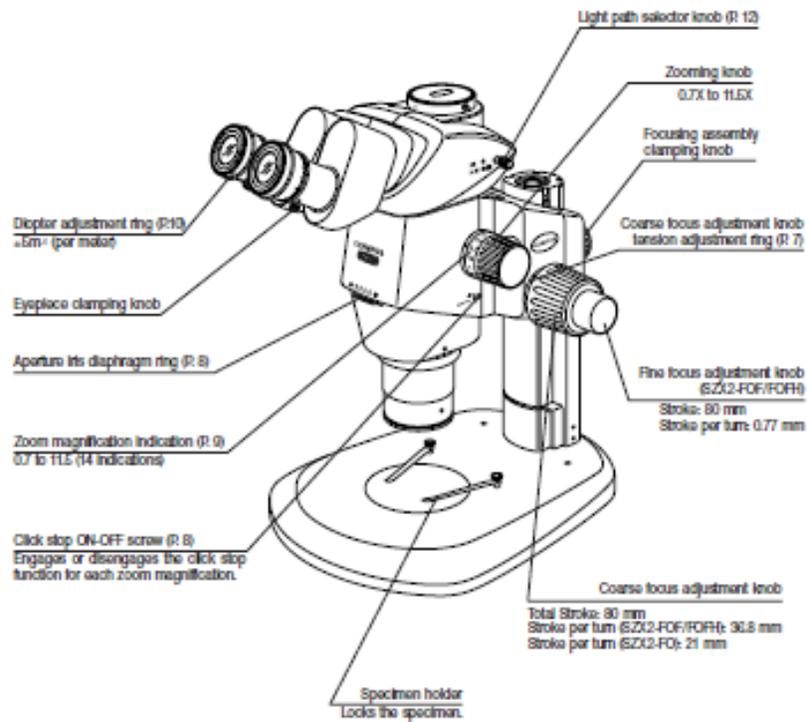
*A separate instruction manual is available for the module marked *.

**The standard base (SZX2-ST) requires use of the optional auxiliary pillar (SZH-P400) and optional drop prevention collar (SZX-F). The large base (SZX2-STL) comes with the auxiliary pillar (SZH-P400) mounted as standard. This enables the large base to be used as is. However, be sure to use the drop prevention collar (SZX-F) in combination.

2 CONTROLS

SZX16

⚠ If the microscope is not yet assembled, see Chapter 8, "ASSEMBLY" (pages 18 to 21) before the following.



5 TROUBLESHOOTING GUIDE

Under certain conditions, performance of this unit may be adversely affected by factors other than defects. If a problem occurs, please review the following list and take remedial action as needed. If you cannot solve the problem after checking the entire list, contact Olympus.

Problem	Cause	Remedy	Page
1. The left and right fields of view do not coincide.	The interpupillary distance is adjusted improperly.	Adjust it correctly.	10
	The diopter is adjusted incorrectly.	Adjust it correctly.	10
	The left and right eyepieces are different.	Use a pair of matched eyepieces.	21
2. The field of view is obscured partially or illuminated unevenly.	The aperture iris diaphragm is stopped down excessively.	Open the aperture iris diaphragm.	8
	The trinocular observation tube and/or intermediate attachments are installed improperly.	Mount them properly.	20
	The light path selector knob is in an intermediate position.	Set it correctly to the desired position.	12
3. The monitor image is out of focus partially.	The light path selector knob is pulled out incompletely.	Pull it out all the way.	12
4. Dirt or dust is visible in the field of view.	Dirt/dust on the specimen.	Clean thoroughly.	3
	Dirt/dust on eyepiece.	Clean thoroughly.	3
5. Details of observed image are solid.	The aperture iris diaphragm is stopped down excessively.	Open the aperture to a proper diameter.	8
6. Visibility of observed image is poor. • Image is not sharp. • Contrast is insufficient.	The objective is tilted.	Screw it correctly until it stops.	20
	The objective is dirty.	Clean thoroughly.	3
	The top and/or bottom lenses of the microscope body are dirty.		
	The bottom lens of the observation tube is dirty.		
7. Zooming causes defocusing of the observed image.	The eyepiece diopter is adjusted improperly.	Adjust it correctly.	10
	The focus adjustment is inaccurate.	Adjust focus at a high magnification.	10
8. The coarse focus adjustment knob does not rotate smoothly.	The rotation tension of the knob is set too high.	Decrease the rotation tension to an optimum level.	7
9. The microscope body drops spontaneously, causing the focusing to be deviated during observation.	The rotation tension of the coarse focus adjustment knob is set too low.	Increase the rotation tension to an optimum level.	7
	The microscope body dropped spontaneously because the weight exceeded 10 kg.	Use a focusing assembly withstanding heavy loads (SZX2-POF: 5 to 20 kg, SZX2-POFH: 10 to 25 kg).	15

SZX16

6 SPECIFICATIONS

Item	Specifications			
1. Zoom microscope body • SZX2-ZB16	Left/right zoom magnification system. Zoom drive system: Horizontal knob. Click stop ON-OFF switchable per zoom magnification.			
	Zoom ratio: 16:4 (0.7X to 11.5X) Magnification Indications: 14 Indications. 0.7, 0.8, 1, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3.2, 4, 5, 6.3, 8, 10, 11.5.			
	Objective mount: Threaded mount			
	Built-in aperture iris diaphragm.			
2. Focusing assembly • SZX2-FOFH • SZX2-FOF • SZX2-FD	SZX2-FOFH	SZX2-FOF	SZX2-FD	
	Focusing system: Rack & pinion roller guide (with coarse focus adjustment knob torsion adjustment ring).			
	Built-in gas spring counter balance.	Built-in counter balance.	---	
	Coaxial coarse/fine focus adjustment knobs.	Coaxial coarse/fine focus adjustment knobs.	Coarse focus adjustment knob only.	
	Coarse focus adjustment knob stroke: 80 mm			
	Coarse knob stroke per turn: 36.8 mm		Coarse knob stroke per turn : 21 mm	
	Fine focus adjustment knob stroke: 80 mm Fine knob stroke per turn: 0.77 mm		---	
Load: 8 to 25 kg		Load: 2.7 to 15 kg	Max load: 10 kg	
3. Observation tube • SZX2-TR30 • SZX2-TR30PT • SZX2-TTR • SZX2-TTRPT	SZX2-TR30	SZX2-TR30PT	SZX2-TTR	SZX2-TTRPT
	Binocular observation tube.		Tilting binocular observation tube	
	Tube inclination: 30°		Tube inclination: 5° to 45°	
	Light path selection: 2 steps (EI 100%, EI 50% + TV/photo 50%)	Light path selection: 2 steps (EI 100%, TV/photo 100%)	Light path selection: 2 steps (EI 100%, EI 50% + TV/photo 50%)	Light path selection: 2 steps (EI 100%, TV/photo 100%)
	Interpupillary distance adjustment: 51 to 76 mm. Eyepiece clamping knobs provided. Eyepieces: WHN10X-H, WHSZ15X-H/20X-H/30X-H			
	4. Standard base • SZX2-ST			
Pillar support sleeve height: 270 mm. Base dimensions: 284(W) x 335(D) x 31(H) mm. Specimen holder attachable. With stage adaptor mounting holes.				
5. Large base • SZX2-STL				
Pillar height: 400 mm. Base dimensions: 400(W) x 350(D) x 28(H) mm. Specimen holder attachable. With stage adaptor mounting holes. Drop prevention collar: Optional SZX-R				

Item	Specifications	
6. Objectives WD: Working distance PF: Parfocal lens *Auxiliary pillar is required when the SZX-ST is used.	SDFFLD03X SDFFLAPO05XPF SDFFLAPO08X SDFFLAPO10XPF SDFFLAPO16XPF SDFFLAPO20XFC	WD 141 mm* WD 70.5 mm WD 81 mm WD 60 mm WD 30 mm WD 20 mm
7. Eyepieces ** ϕ 24 mm dia., 15 mm thick eyepiece micrometer disk can be inserted. (Note) The micrometer area outside the FN is invisible.	**WHN10X-H **WHSZ15X-H **WHSZ20X-H WHSZ30X-H	FN 22, diopter adjustment ring provided. FN 16, diopter adjustment ring provided. FN 12.5, diopter adjustment ring provided. FN 7, diopter adjustment ring provided.
8. Operating environment	<ul style="list-style-type: none"> • Indoor use. • Altitude: Max. 2,000 m. • Ambient temperature: 5°C to 40°C. (41°F to 104°F) • Maximum relative humidity: 80% for temperatures up to 31°C (88°F), decreasing linearly through 70% (at 34°C), 60% (at 37°C) to 50% (at 40°C). 	

SZX16

7 OBSERVATION MAGNIFICATIONS AND OBSERVATION AREAS

- Observation magnification = Objective magnification x Zoom magnification x Eyepiece magnification
- Observation area = Eyepiece FN / (Objective magnification x Zoom magnification) (mm)

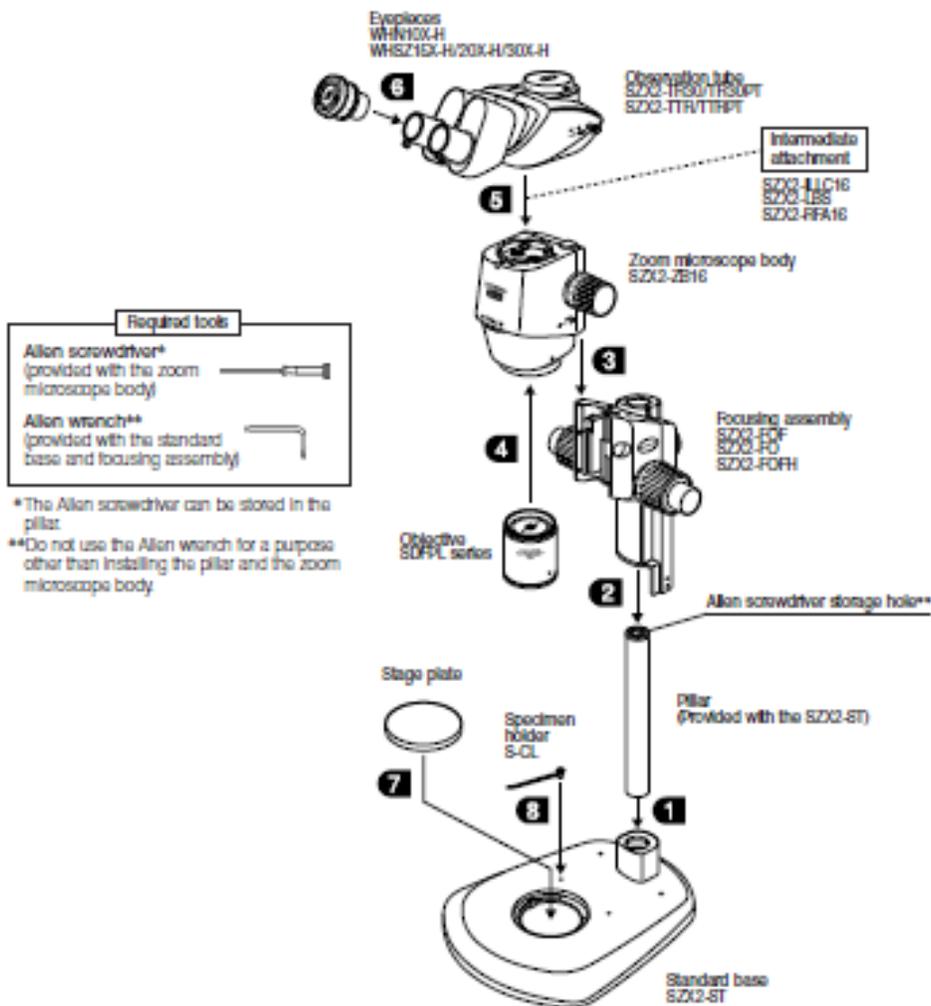
Objective	Eyepieces							
	WHN10X-H FN 22		WHSZ15X-H FN 16		WHSZ20X-H FN 12.5		WHSZ30X-H FN 7	
	Obs. Mag.	Obs. Area	Obs. Mag.	Obs. Area	Obs. Mag.	Obs. Area	Obs. Mag.	Obs. Area
SDFFLD03X	2.1X - 345X	1048 - 64	3.15X - 51.75X	762 - 46	4.2X - 60X	595 - 36	6.3X - 103.5X	333 - 20
SDFFLAPO05XPF	3.5X - 575X	629 - 38	5.25X - 86.25X	457 - 28	7X - 115X	357 - 22	10.5X - 172.5X	200 - 12
SDFFLAPO08X	5.6X - 92X	393 - 24	8.4X - 138X	286 - 17	11.2X - 184X	223 - 14	16.8X - 276X	125 - 08
SDFFLAPO10XPF	7X - 115X	314 - 19	10.5X - 172.5X	229 - 14	14X - 230X	179 - 11	21X - 345X	100 - 06
SDFFLAPO16XPF	11.2X - 184X	196* - 12	16.8X - 276X	143 - 09	22.4X - 368X	112 - 07	33.6X - 552X	63 - 04
SDFFLAPO20XFC	14X - 230X	157* - 10	21X - 345X	114* - 07	28X - 460X	89 - 05	42X - 690X	50 - 03

*Part of the peripheral areas in the field cut off at low magnifications.

8 ASSEMBLY

8-1 Assembly Diagram

The diagram below shows how to assemble the various modules. The numbers indicate the order of assembly:
 *When assembling the microscope, make sure that all parts are free of dust and dirt, and avoid scratching any part.



8-2 Detailed Assembly Procedure

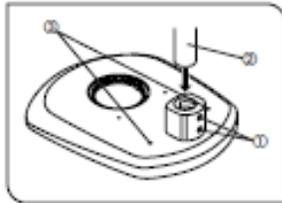


Fig. 16

1 Installing the Pillar (Fig. 16)

1. Using the Allen wrench provided with the base, loosen the two clamping screws ① on the pillar support sleeve completely.
2. Hold the pillar ② so that the Allen screwdriver storage hole comes cap at the top, and insert the pillar into the pillar support sleeve until it reaches the bottom.
3. Using the provided Allen wrench, tighten the two clamping screws ① securely.

Reserve Screw Holes

Two screw holes ③ (6 mm) are provided for use in mounting a manipulator, etc.

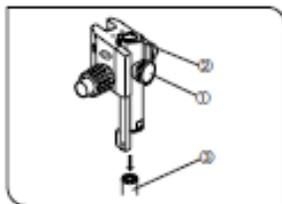


Fig. 17

2 Mounting the Focusing Assembly (Figs. 17 & 18)

1. First loosen the focusing assembly clamping knob ① completely and, while holding the focusing assembly with both hands, insert the pillar ② into the mounting hole ② from below (Fig. 17).
★ Insert slowly. Do not apply excessive force.

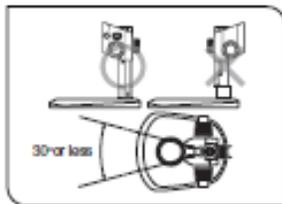


Fig. 18

2. Lower the focusing assembly until it stops, then tighten the focusing assembly clamping knob ① (Fig. 17).

⚠ To prevent the microscope from turning over, the focusing assembly must be installed on the same side as the stage plate in the stand, as shown in the illustration marked "O" in Fig. 18, and its pivot angle must be limited to 30°. If the focusing assembly is placed on the wrong side, the microscope will turn over.

★ If the clamping knob ① is tightened while the pillar ② is not completely inserted into the mounting hole ②, the plate spring supporting the pillar will deform and the pillar will not be able to penetrate into the hole. (Fig. 17)

Anexo 13. Fotos bujías

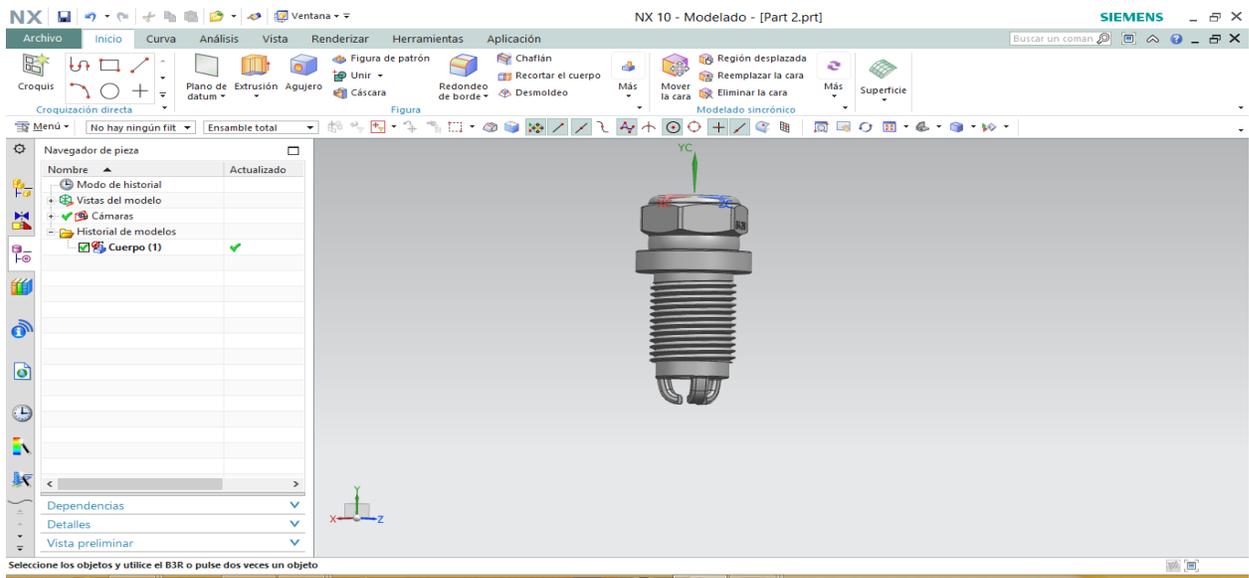
Dmax comparación Ecopaís y Extra



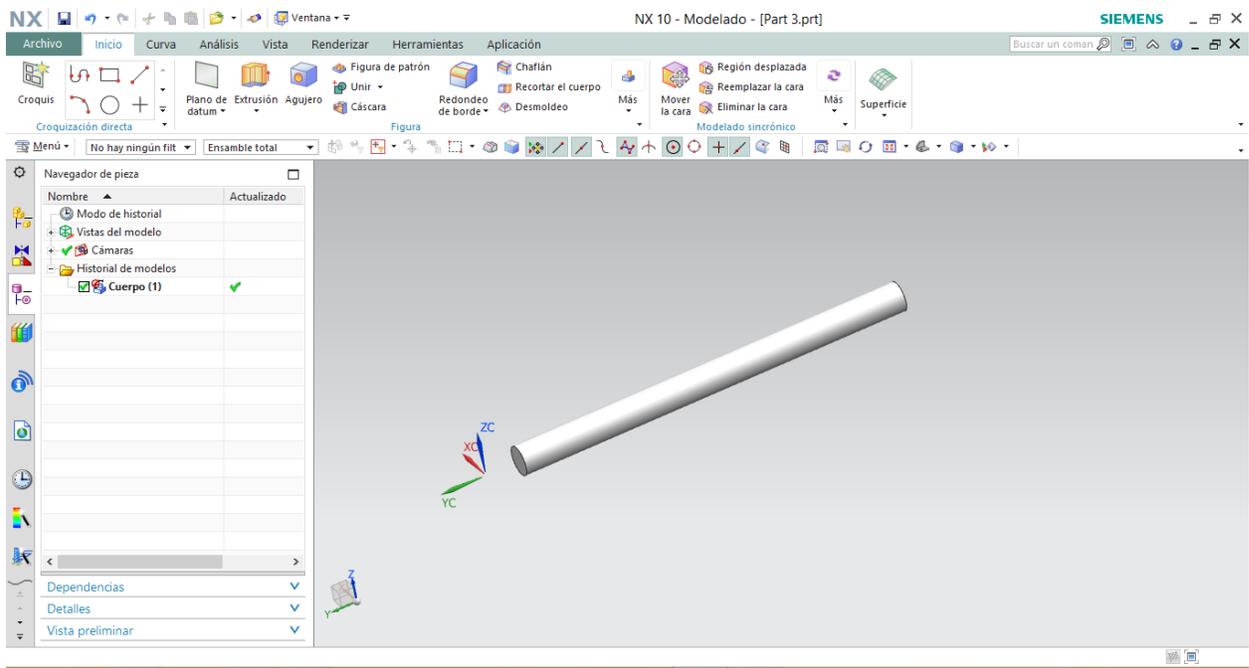
Optra comparación Ecopaís y Extra**Anexo 14. Diseño en Software Siemens NX**

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

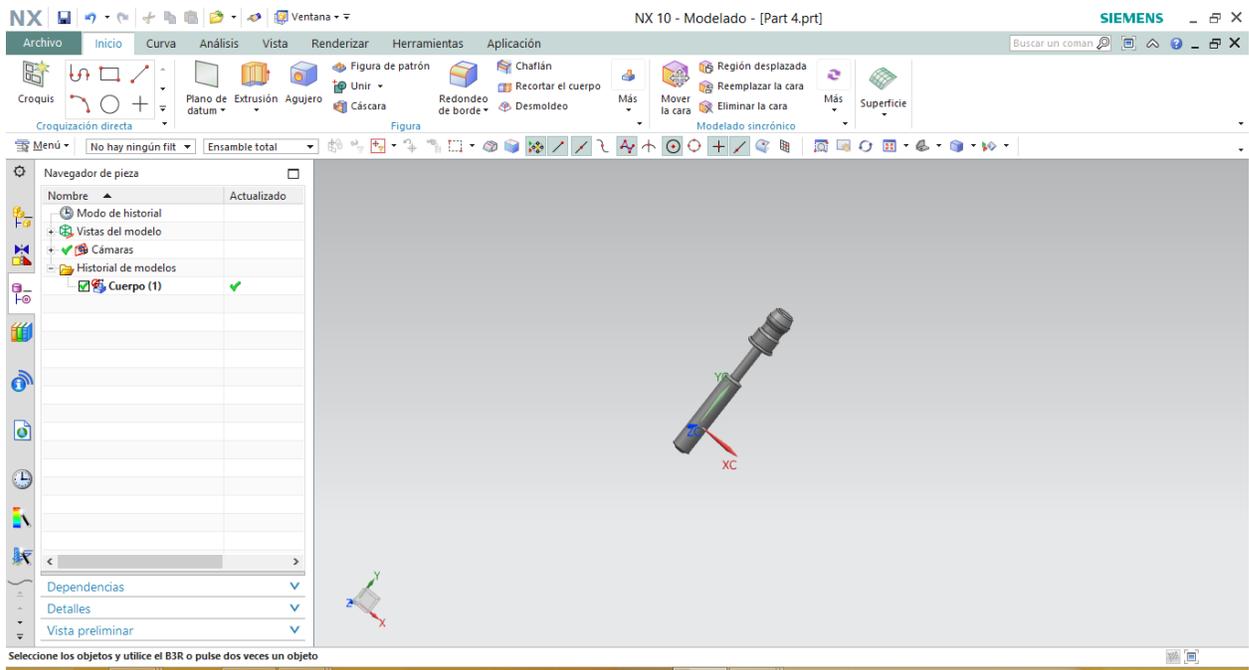
1. Se inicia el programa Siemens NX, y se procede a realizar el modelamiento de cada componente que contiene la bujía de encendido, se aprecia los diferentes componentes de la bujía en software NX.



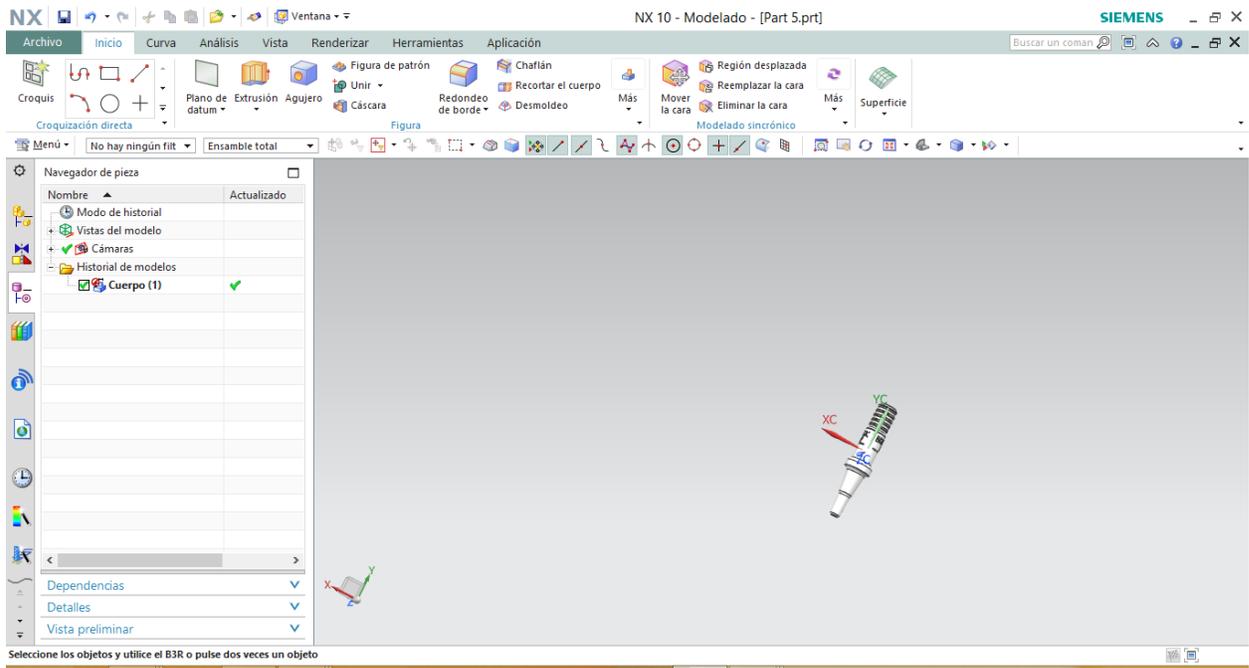
Roscado bujía de encendido NX



Electrodo bujía de encendido NX.

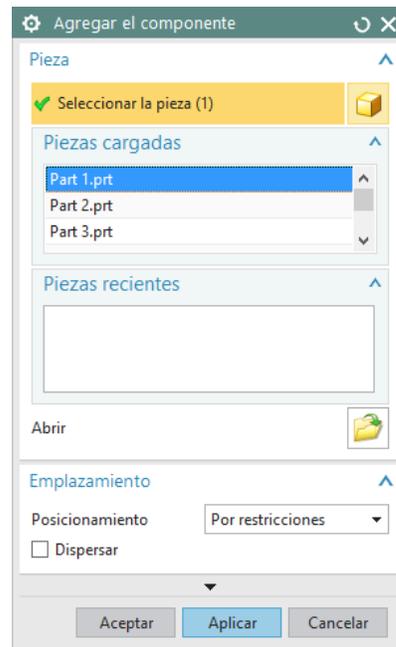


Conexión bujía de encendido NX.

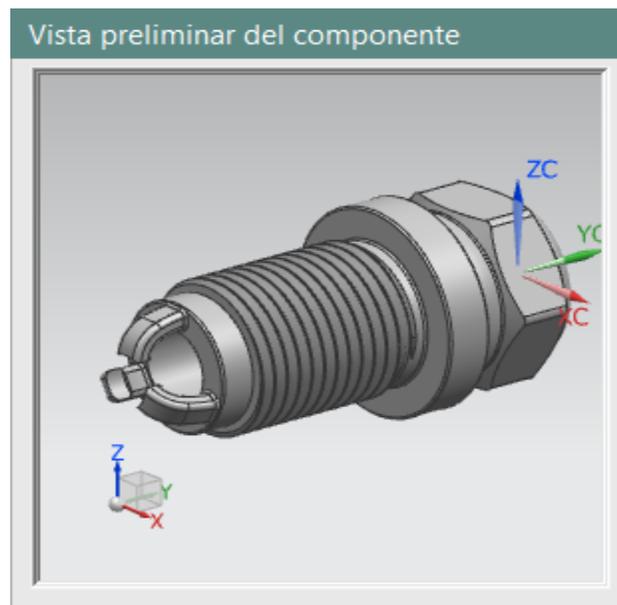


Cuerpo bujía de encendido NX.

- Una vez obtenidos los componentes de la bujía de encendido se procede a realizar el ensamble de la misma para obtener el componente final que nos servirá para la simulación, como se puede observar;

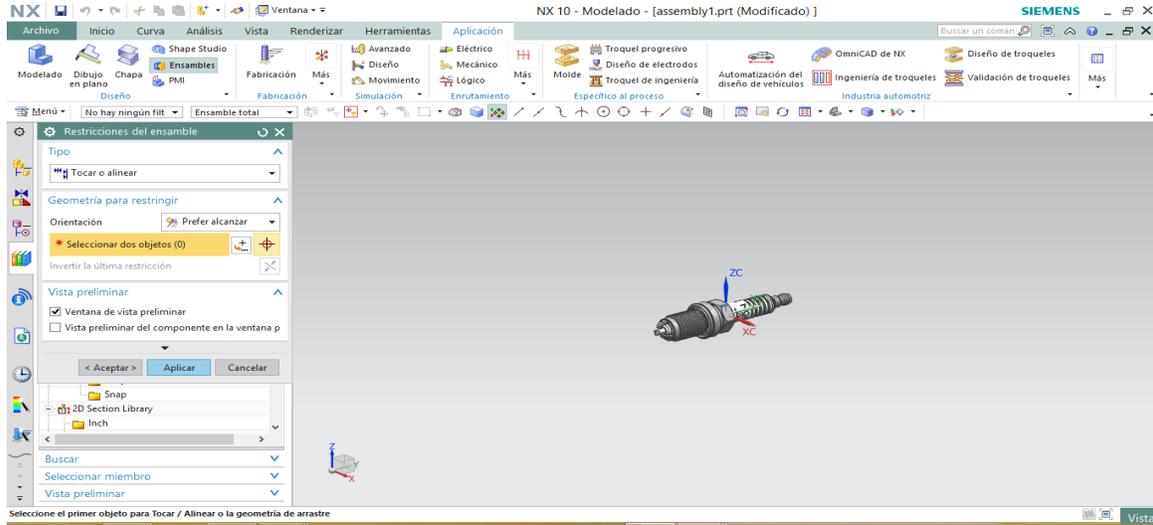


Selección de ensamble en NX.



Pieza a ensamblar NX

- Una vez ensamblado cada uno de los componentes se obtiene ya la pieza final para el trabajo a realizar, como se aprecia en la figura a continuación:

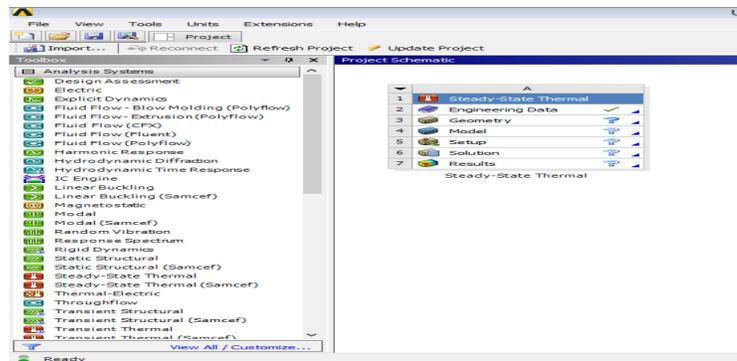


Ensamble final bujía de encendido NX

Anexo 15. Análisis térmico estático en Software Ansys

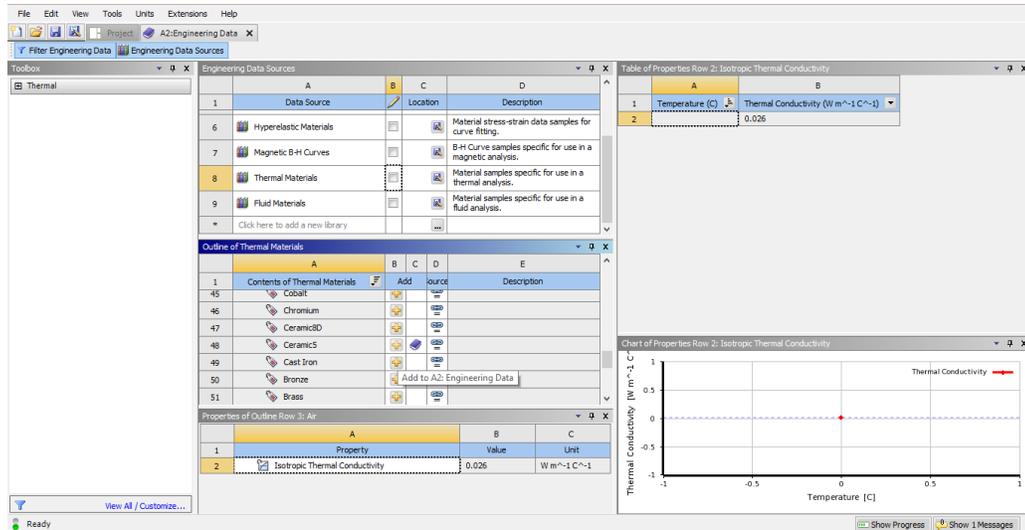
A continuación, se presenta el análisis térmico del componente ensamblado en el sistema ANSYS, para su posterior estudio;

- Una vez abierto el programa ANSYS, seleccionar análisis térmico estático.

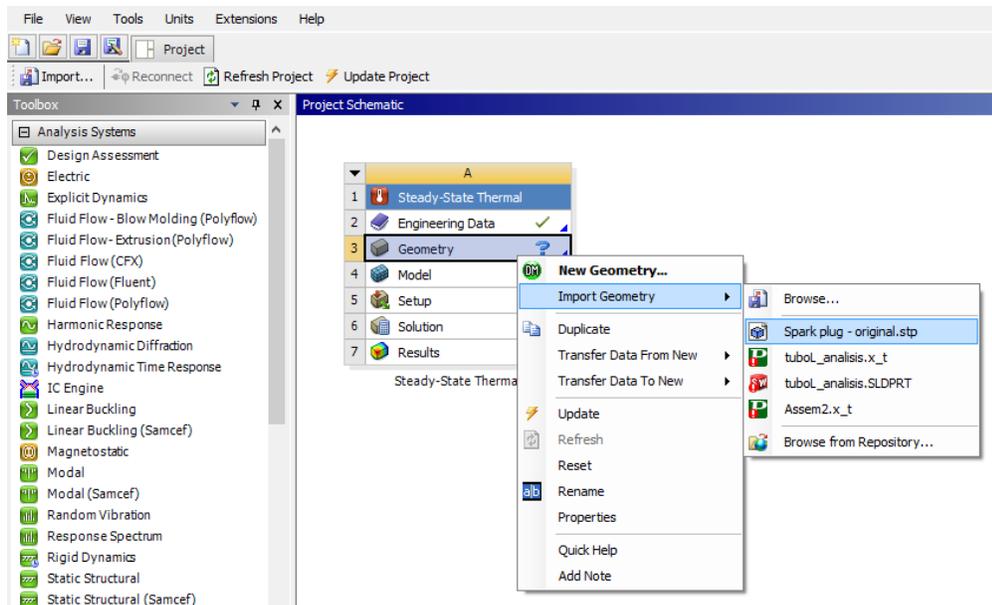


- En Engineering data, clic derecho, seleccionar editar. Para agregar los materiales. En la pestaña aparecen los materiales a seleccionar, en este caso se escoge níquel para el

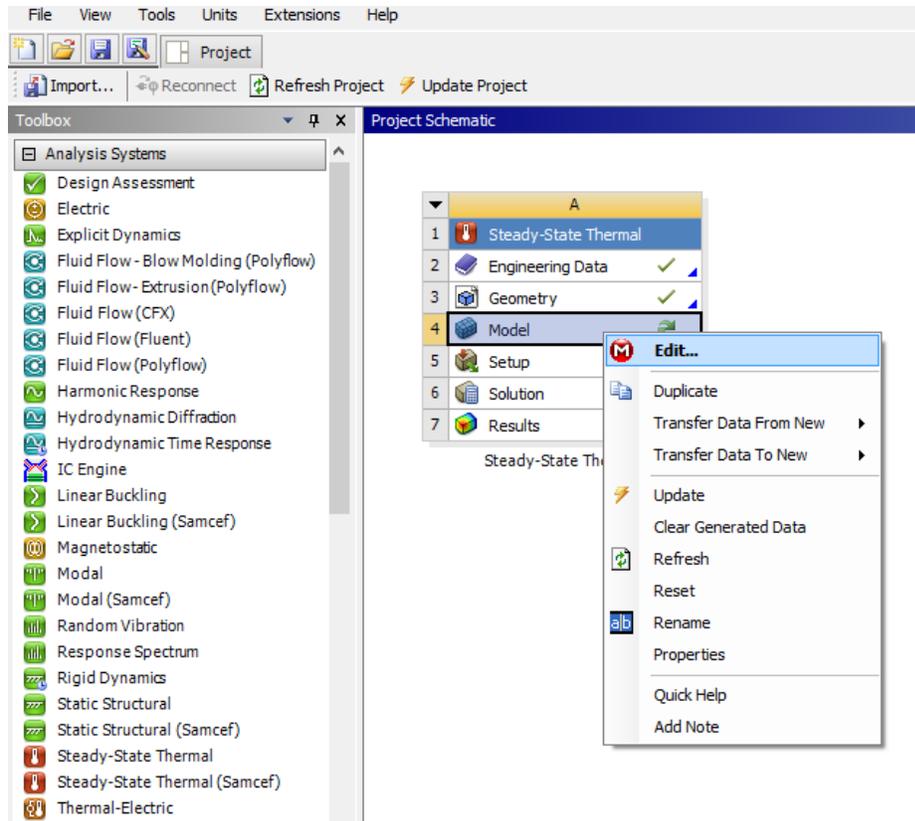
electrodo, acero al carbono para el roscado, la tuerca y cerámica para el cuerpo de la bujía de encendido.



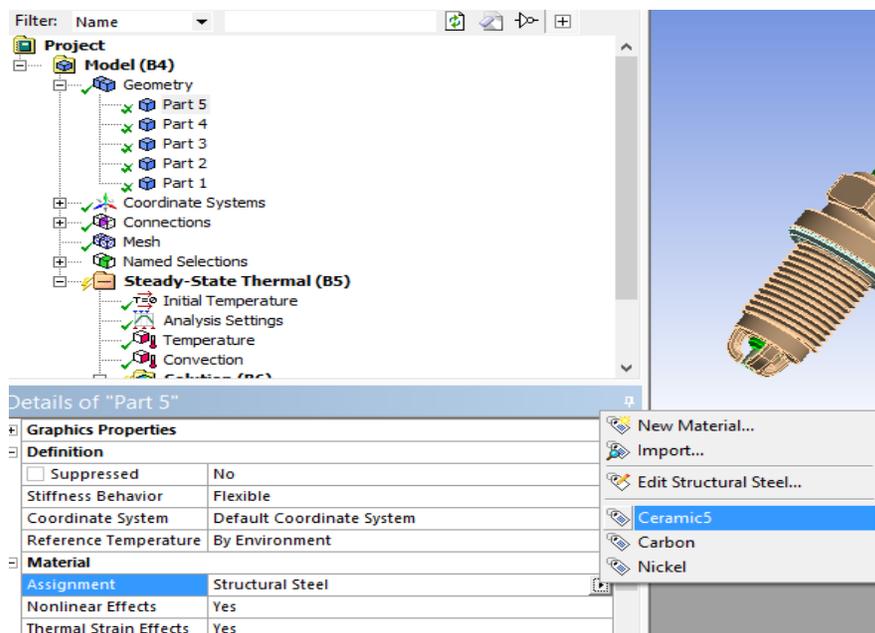
3. En geometría importar el archivo CAD de la pieza antes mencionada en formato NX, este archivo debe estar en formato stp para que pueda ser reconocido por ANSYS.



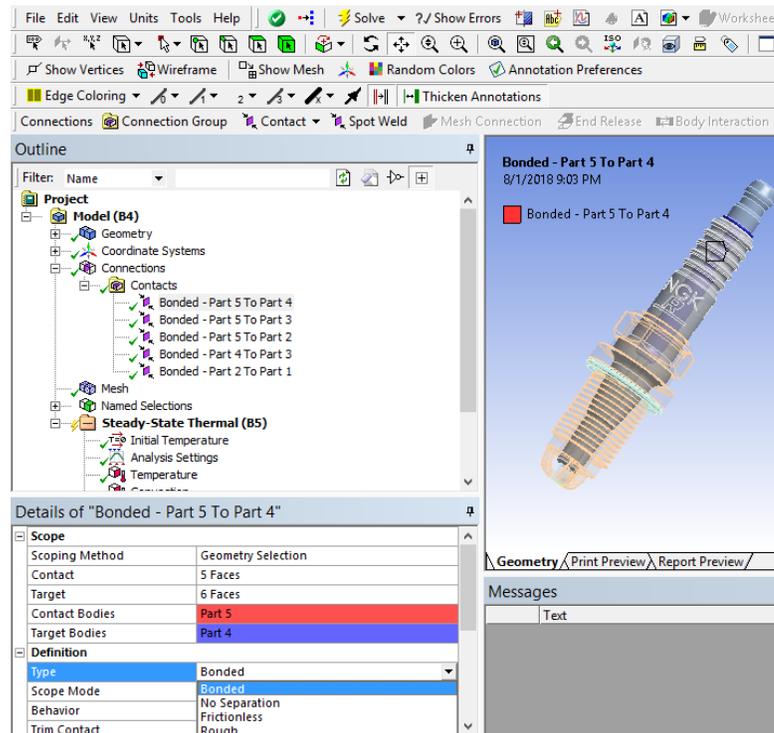
4. Seleccionar Model, clic derecho y editar. En esta opción colocar las cargas, temperaturas, conexiones, mallado, entre otras, que la pieza será sometida.



5. Posteriormente se genera una ventana en la cual, se selecciona los materiales que forman parte de la bujía de encendido, tales como; níquel, aceros al carbono y cerámica.

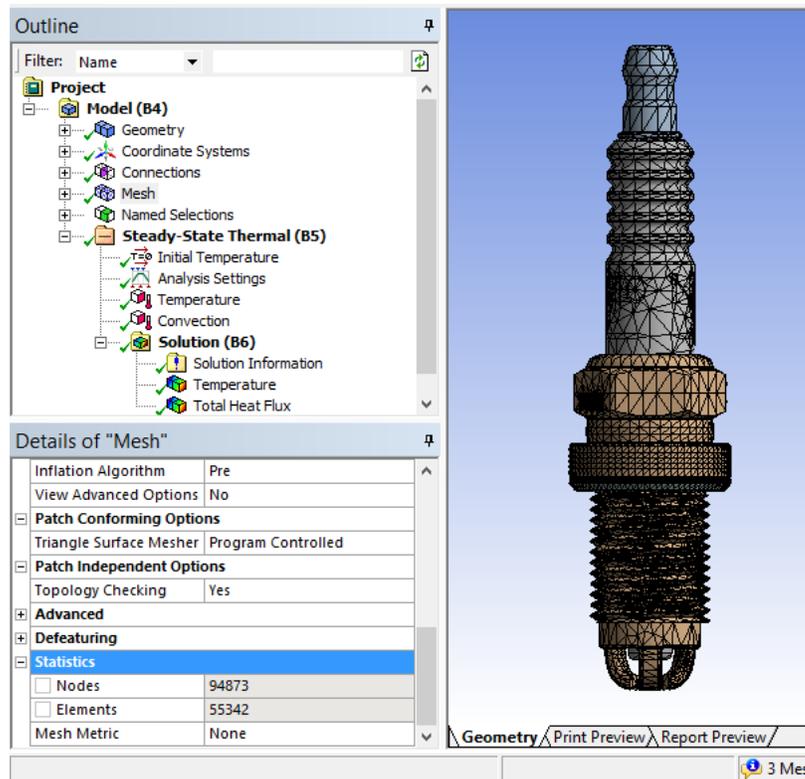
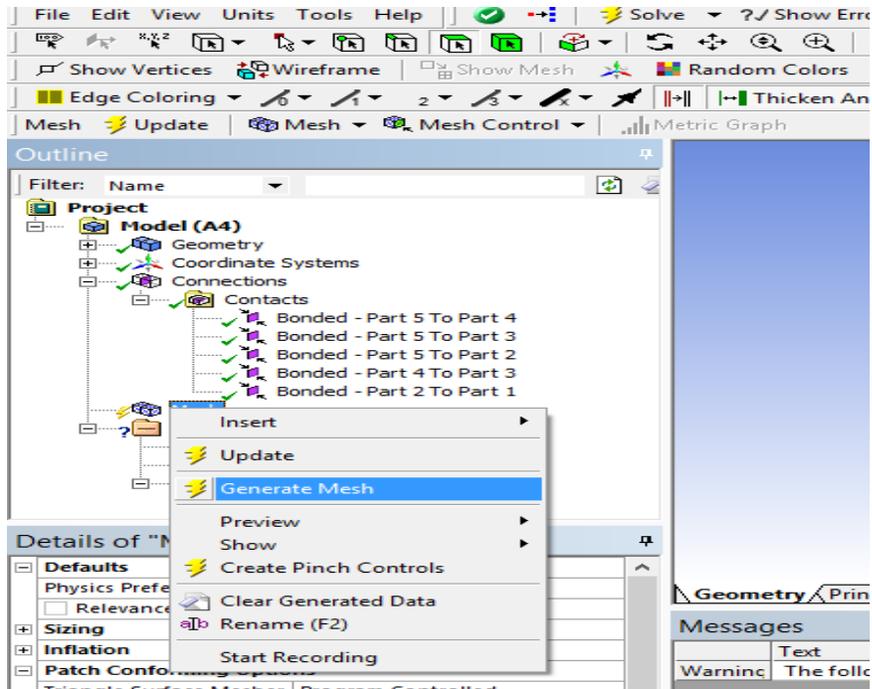


6. En conexión, se procede a definir las uniones de cada componente con otros.

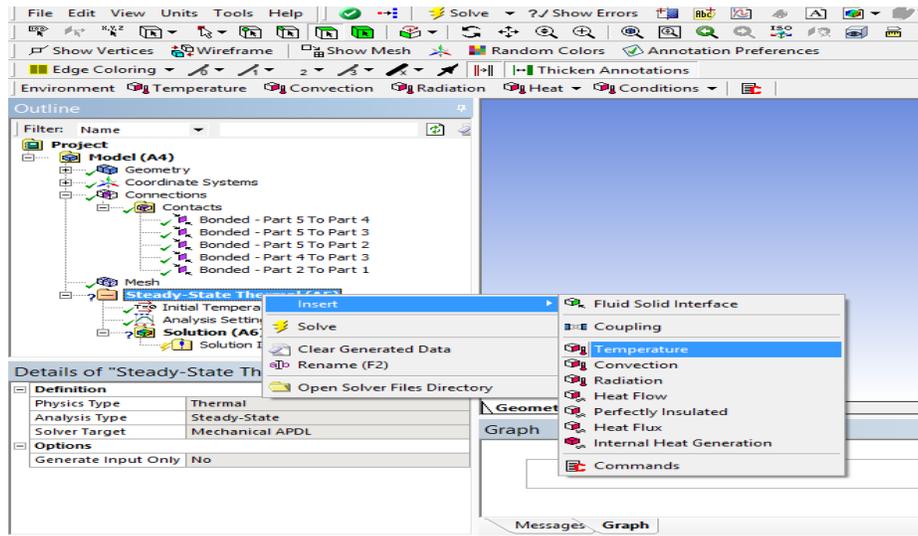


Conexiones entre componentes de la bujía de encendido.

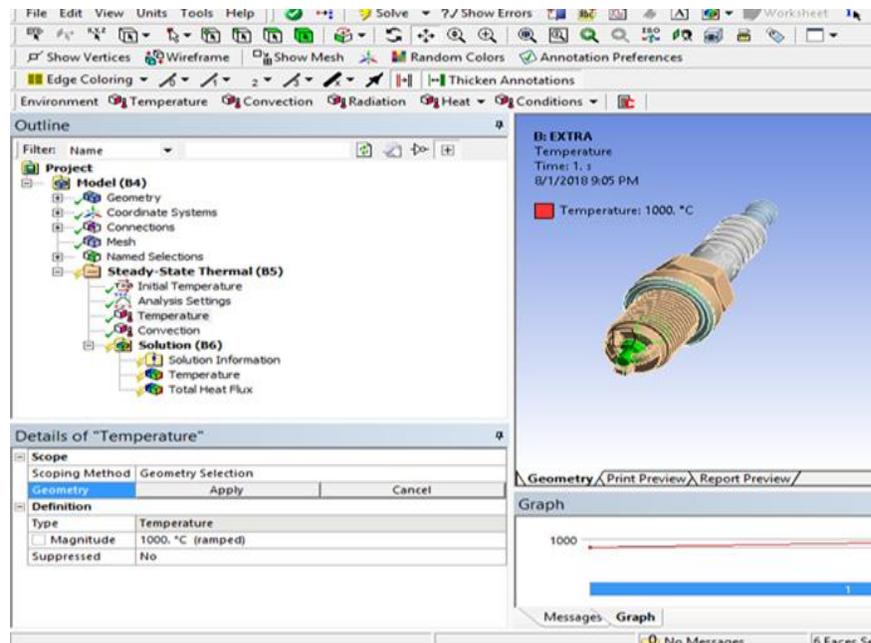
7. A continuación, se genera un mallado automático para este tipo de análisis, donde el proceso de mallado genera un total de 94873 nodos en 55342 elementos a estudiar.



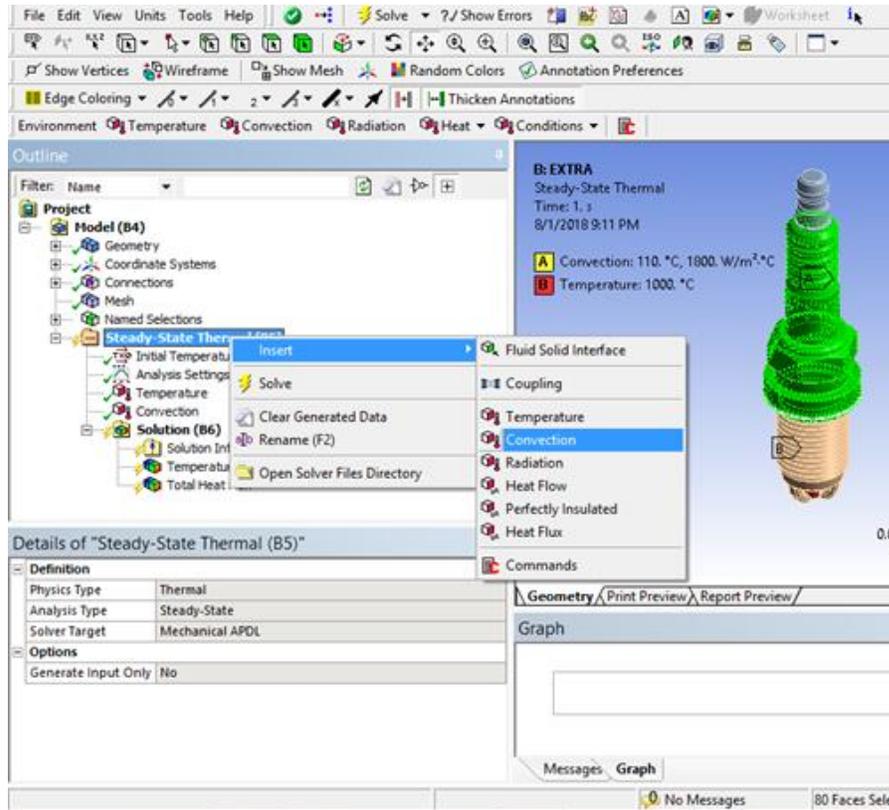
8. Al obtener el mallado, se prosigue a colocar las cargas térmicas. Se inserta la máxima temperatura que es bordea los 1000°C y la mínima que es cerca de los 110°C y seleccionar el componente donde se ejecuta la máxima carga de temperatura.



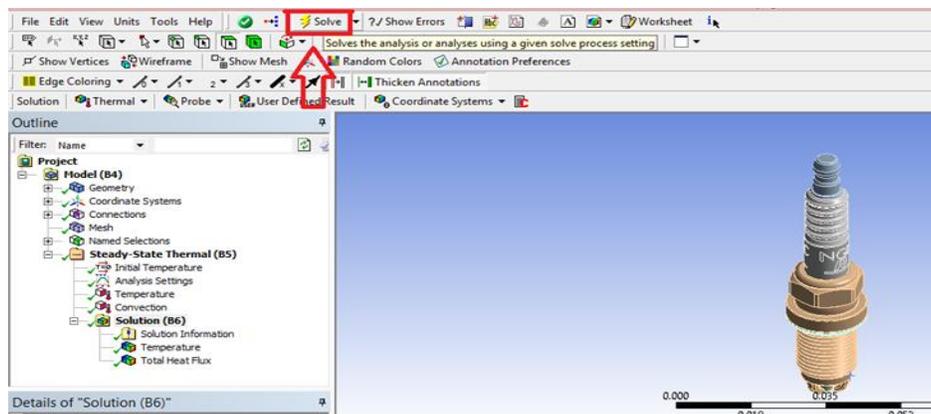
9. A continuación, seleccionar el componente donde se va a aplicar la carga de temperatura máxima.



10. A continuación, se coloca 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 $110 \text{ }^\circ\text{C}$.



11. Se realiza la solución mediante la opción Solve, y esperar el resultado del análisis térmico en la bujía para el proceso de combustión.



12. Finalmente se obtiene los resultados del análisis térmico estático.

