UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico con Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos

Caracterización del comportamiento del inyector de un sistema de inyección electrónica indirecta multipunto de un MEP para combustibles no tradicionales

Jefferson Vladimir Andrade Villarreal

Nota del Autor
Jefferson Vladimir Andrade Villarreal, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.
Director: Ing. Juan Rocha Hoyos, M.Sc.,
Codirector: Ing. Edilberto LLanes, PhD.
Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
jandrade.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Jefferson Vladimir Andrade Villarreal, con cédula de identidad 1003318084, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Jefferson Vladimir Andrade Villarreal

CI: 1003318084

Índice de Contenido

Índice de Tablas 7

Índice de Figuras 9

Resumen 20

Abstract 21

Introducción 22

Antecedentes 22

Problemática 23

Justificación 23

Objetivo general 24

Objetivos específicos 25

Hipótesis 25

Propuesta 25

Estado del arte 26

Método 32

Técnicas y estrategias metodológicas 33

Selección de vehículos 34

Prueba de emisiones de gases con el ciclo on board 35

Ciclo de ruta. 35

Equipos utilizados. 39

Protocolo de pruebas con el ciclo on board. 41
Estimación de factores de emisión 44
Estereoscopía 49
Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) 50
Simulación CFD 51
Resultados 58
Presentación de resultados de emisiones del vehículo Aveo Family 1500cc 58
Emisiones generales del vehículo Aveo Family 1500cc. 58
Emisiones del sector periférico – ascenso. 63
Emisiones del sector periférico – descenso. 68
Emisiones del sector urbano. 73
Presentación de resultados de emisiones del vehículo Corsa Evolution 1800cc 78
Emisiones generales del vehículo Corsa Evolution 1800cc. 79
Emisiones del sector periférico – ascenso. 84
Emisiones del sector periférico – descenso. 89
Emisiones del sector urbano. 94
Consumo de combustible 99
Consumo de combustible del vehículo Aveo Family 1500 cc. 99
Consumo de combustible en el vehículo Corsa Evolution 1800 cc. 100
Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) 101

Residuos de gasolina extra. 101

Residuos de gasolina extra 5%. 102

Estereoscopía 103

Microfiltros con gasolina extra. 104

Microfiltros con gasolina extra 5%. 105

Simulación CFD 106

Discusión de resultados 108

Estimación de factores de emisiones contaminantes en pruebas on board 108

Factores de emisiones contaminantes generales. 108

Factores de emisiones contaminantes en el sector periférico – ascenso 114

Factores de emisiones contaminantes en el sector periférico – descenso 119

Factores de emisiones contaminantes en el sector urbano 123

Comparación de consumo de combustible 127

Potencia especifica del vehículo (VSP) 129

Potencia especifica del vehículo para carretera en ascenso. 131

Potencia especifica del vehículo para carretera en descenso. 132

Potencia especifica del vehículo en el sector urbano. 134

Análisis de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) 135

Análisis de Estereoscopía 136

Análisis de Simulación CFD 137

Conclusiones 138

Recomendaciones 139

Referencias Bibliográficas 141

Anexos 149

Índice de Tablas

Tabla 1 Especificaciones técnicas de los vehículos seleccionados. 34

Tabla 2 Características técnicas del equipo on board ……..40

Tabla 3 Fórmula molecular equivalente. 44

Tabla 4 Densidades de combustibles. 49

Tabla 5 Especificaciones del equipo OLYMPUS SZX2-ILLD. 50

Tabla 6 Especificaciones técnicas del microscopio electrónico Tescan-Vega LMU ……51

Tabla 7 Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc. 99

Tabla 8 Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc. 100

Tabla 9 Elementos en residuos de gasolina extra 102

Tabla 10 Elementos en residuos de gasolina extra con 5% de etanol 103

Tabla 11 Resultados simulación CFD gasolina extra. 106

Tabla 12 Resultados simulación CFD gasolina extra 5%. 107

Tabla 13 Factores de emisión de CO generales. 108

Tabla 14 Factores de emisión de HC generales. 110

Tabla 15 Factores de emisión de NOx generales. 112

Tabla 16 Factores de emisión de CO del sector periférico en el ascenso. 114

Tabla 17 Factores de emisión de HC del sector periférico en el ascenso. 116

Tabla 18 Factores de emisión de NOx del sector periférico en el ascenso. 117

Tabla 19 Factores de emisión de CO del sector periférico en el descenso. 119

Tabla 20 Factores de emisión de HC del sector periférico en el descenso. 120

Tabla 21 Factores de emisión de NOx del sector periférico en el descenso. 122

Tabla 22 Factores de emisión de CO del sector urbano. 123

Tabla 23 Factores de emisión de HC del sector urbano. 125

Tabla 24 Factores de emisión de NOx del sector urbano. 126

Tabla 25 Comparación de consumo por combustible y vehículo 128

Tabla 26 VSP de vehículos seleccionados con combustibles propuestos. 130

Tabla 27 Elementos de muestras de combustibles. 135

Tabla 28 Comparación de valores máximos y mínimos en la simulación CFD. 138

Índice de Figuras

Figura 1. Flujograma de investigación experimental aplicado. 32

Figura 2. Técnicas y estrategia metodológica proyectadas. 33

Figura 3. Diseño del sistema on board utilizado en este trabajo. 35

Figura 4. Ruta de ciclo combinado 36

Figura 5. Análisis de la velocidad respecto a la distancia total recorrida. 37

Figura 6. Análisis de la velocidad respecto a la distancia en el ascenso. 37

Figura 7. Análisis de la velocidad respecto a la distancia en el descenso. 38

Figura 8. Análisis de la velocidad respecto a la distancia en el sector urbano. 38

Figura 9. Equipo analizador de gases on board. 39

Figura 10. Sonda de gases. 40

Figura 11. Tanque de presión de combustible. 41

Figura 12. Instalación del tanque de presión de combustible en el interior del vehículo. 42

Figura 13. Instalación del equipo on board en el interior del vehículo. 42

Figura 14. Fijación de la sonda de gases en el escape del vehículo 42

Figura 15. Medición del consumo de combustible 43

Figura 16. Estereoscopio OLYMPUS SZX2-ILLD. 49

Figura 17. Microscopio electrónico Tescan-Vega LMU. 51

Figura 18. Medición de presión de combustible. 52

Figura 19. Corte de inyector. 52

Figura 20. Geometría del inyector. 52

Figura 21. Tapa (lid) en la entrada de la tobera del inyector. 53

Figura 22. Selección de unidades SI en el software Solidworks. 53

Figura 23. Selección de tipo de análisis en el software Solidworks. 54

Figura 24. Selección del fluido en el software Solidworks..... 54

Figura 25. Análisis de malla. 55

Figura 26. Selección del tamaño de malla en el software Solidworks. 55

Figura 27. Volumen de control en el software Solidworks..... 56

Figura 28. Condiciones de frontera en el software Solidworks. 56

Figura 29. Objetivos de la simulación del software Solidworks..... 57

Figura 30. Resultado de la simulación de flujo en el software Solidworks. 57

Figura 31. Emisiones de O2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 59

Figura 32. Emisiones de O2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 59

Figura 33. Emisiones de CO2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 60

Figura 34. Emisiones de CO2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 60

Figura 35. Emisiones de CO generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 61

Figura 36. Emisiones de CO generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 61

Figura 37. Emisiones de HC generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 62

Figura 38. Emisiones de HC generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 62

Figura 39. Emisiones de NOx generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 63

Figura 40. Emisiones de NOx generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 63

Figura 41. Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 64

Figura 42. Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 64

Figura 43. Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 65

Figura 44. Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 65

Figura 45. Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 66

Figura 46. Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 66

Figura 47. Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%..... 67

Figura 48. Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%..... 67

Figura 49. Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 68
Figura 50. Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 68
Figura 51. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 69
Figura 52. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 69
Figura 53. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 70
Figura 54. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 70
Figura 55. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 71
Figura 56. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 71
Figura 57. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 72
Figura 58. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 72
Figura 59. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% 73

Figura 60. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 73
Figura 61. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 74
Figura 62. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 74
Figura 63. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 75
Figura 64. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 75
Figura 65. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 76
Figura 66. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 76
Figura 67. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 77
Figura 68. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 77
Figura 69. Emisiones de NOx del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 78
Figura 70. Emisiones de NOx del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 78

Figura 71. Emisiones de O2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 79

Figura 72. Emisiones de O2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 79

Figura 73. Emisiones de CO2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 80

Figura 74. Emisiones de CO2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 80

Figura 75. Emisiones de CO generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 81

Figura 76. Emisiones de CO generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 81

Figura 77. Emisiones de HC generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% 82

Figura 78. Emisiones de HC generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 82

Figura 79. Emisiones de NOx generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 83

Figura 80. Emisiones de NOx generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 83

Figura 81. Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% 84

Figura 82. Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 84
Figura 83. Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 85
Figura 84. Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 85
Figura 85. Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 86
Figura 86. Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 86
Figura 87. Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 87
Figura 88. Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 87
Figura 89. Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 88
Figura 90. Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 88
Figura 91. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 89
Figura 92. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 89

Figura 93. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 90
Figura 94. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 90
Figura 95. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 91
Figura 96. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 91
Figura 97. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 92
Figura 98. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 92
Figura 99. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 93
Figura 100. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 93
Figura 101. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 94
Figura 102. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 94
Figura 103. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 95

Figura 104. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 95
Figura 105. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 96
Figura 106. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 96
Figura 107. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% 97
Figura 108. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 97
Figura 109. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%. 98
Figura 110. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%. 98
Figura 111: Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc. 100
Figura 112. Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc. 101
Figura 113. Muestra de residuos de gasolina extra 150x 102
Figura 114. Muestra de residuos de gasolina extra con 5% etanol 150x 103
Figura 115. Malla de micro filtro del inyector Aveo Family 1500 cc, Zoom: 1.25x, 5x, combustible extra 104
Figura 116. Malla de micro filtro del inyector Corsa Evolution 1800 cc Combustible: extra, 1.25x y 5x 104

Figura 117. Malla de micro filtro del inyector Aveo Family 1500 cc, Zoom: 1.25x, 5x, combustible extra 5%. 105

Figura 118. Malla de micro filtro del inyector Corsa Evolution 1800 cc, Zoom: 1.25x, 5x, combustible extra 5%..... 105

Figura 119. Vista isométrica del inyector con combustible extra. 106

Figura 120. Vista isométrica del inyector con combustible extra 5%. 107

Figura 121. Factores de emisión de CO generales. 110

Figura 122. Factores de emisión de HC generales. 112

Figura 123. Factores de emisión de NOx generales..... 114

Figura 124. Factores de emisión de CO del sector periférico en el ascenso. 115

Figura 125. Factores de emisión de HC del sector periférico en el ascenso. 117

Figura 126. Factores de emisión de NOx del sector periférico en el ascenso. 118

Figura 127. Factores de emisión de CO del sector periférico en el descenso. 120

Figura 128. Factores de emisión de HC del sector periférico en el descenso. 121

Figura 129. Factores de emisión de NOx del sector periférico en el descenso..... 123

Figura 130. Factores de emisión de CO del sector urbano. 124

Figura 131. Factores de emisión de HC del sector urbano. 126

Figura 132. Factores de emisión de NOx del sector urbano. 127

Figura 133. Comparación de consumo por combustible y vehículo. 129

Figura 134. VSP general de los vehículos seleccionados. 131

Figura 135. VSP en el ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc. 132

Figura 136. VSP en el ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc. 132

Figura 137. VSP en el descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc. 133

Figura 138. VSP en el descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc. 133

Figura 139. VSP en el sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc. 134

Figura 140. VSP en el sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc. 134

Figura 141. Malla de microfiltros de inyectores, a. Aveo - Extra, b. Corsa - Extra, c. Aveo - Extra 5%, d. Corsa - Extra 5%..... 136

Resumen

El presente estudio evalúa el comportamiento del inyector del sistema de inyección electrónica indirecta multipunto del Motor de Encendido Provocado (MEP).

Se realiza una investigación bibliográfica y experimental, partiendo de la selección de los vehículos en base a las características del parque automotor del país, considerando que el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) es el más representativo en automotores, para realizar las pruebas de emisiones de gases con ciclo on board en una ruta mixta utilizando mezclas de combustibles tradicionales con porcentajes de etanol anhidro: Extra, Extra 5%, Extra 15%, Super 5% y Super 15%. Luego se ejecuta un análisis semicuantitativo de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) a los residuos obtenidos al operar los vehículos con gasolina extra y extra con 5% de etanol anhidro. También se obtienen vistas estereoscópicas de las mallas de los microfiltros de los inyectores de los automotores. Por último, se efectúa una simulación CFD de la inyección de combustible en la tobera del inyector comparando el comportamiento de la gasolina extra y extra con 5% de etanol.

Después de analizar los resultados se concluye que las emisiones de CO, NO_x y HC del combustible alternativo con etanol anhidro comparadas con las emisiones del combustible convencional nos muestran que las emisiones de gases contaminantes en caliente de los vehículos son mayores cuando se utiliza combustible alternativo con etanol anhidro.

La carga contaminante en los microfiltros de los inyectores que utilizaron combustible convencional es mayor a la de los microfiltros de los inyectores que utilizaron combustible alternativo con etanol anhidro.

La simulación CFD de flujo de combustible en el inyector, nos muestra que el tiempo turbulento es mayor al utilizar combustible extra con 5% de etanol a diferencia de la gasolina extra donde el tiempo turbulento disminuye.

Palabras clave: inyector, motor de encendido provocado (MEP), ciclo on board, factores de emisión, microscopia electrónica de barrido (MEB), estereoscopía, simulación CFD.

Abstract

The present study evaluates the behavior of the injector of the Indirect Multipoint Electronic Injection System of the Propelled Ignition Engine (MEP).

A bibliographic and experimental research is carried out, starting from the selection of vehicles based on the characteristics of the country's automobile fleet, considering that the Metropolitan District of Quito (DMQ) is the most representative in automotive, to perform emissions testing gases with cycle on board in a mixed route using mixtures of traditional fuels with percentages of anhydrous ethanol: Extra, Extra 5%, Extra 15%, Super 5% and Super 15%. Then a semi quantitative analysis of Scanning Electron Microscopy (SEM) is performed on the waste obtained when operating the vehicles with extra and extra gasoline with 5% anhydrous ethanol. Stereoscopic views of the meshes of the microfilters of the automotive injectors are also obtained. Finally, a CFD simulation of the fuel injection in the nozzle of the injector is carried out comparing the behavior of extra and extra gasoline with 5% ethanol.

After analyzing the results, it is concluded that the emissions of CO, NOx and HC of the alternative fuel with anhydrous ethanol compared to the emissions of conventional fuel show us that the emissions of hot pollutant gases from the vehicles are higher when alternative fuel is used with anhydrous ethanol.
The contaminant load in the microfilters of the injectors that used conventional fuel is greater than that of the microfilters of the injectors that used alternative fuel with anhydrous ethanol.
The CFD simulation of fuel flow in the injector shows us that turbulent weather is greater when using extra fuel with 5% ethanol, unlike extra gasoline where turbulent weather decreases.

Keywords: injector, ignition engine (MEP), cycle on board, emission factors, scanning electron microscopy (SEM), stereoscopy, CFD simulation.

Introducción

Antecedentes

En el año 2017 los vehículos vendidos ascendieron a 105101 unidades en el país. La participación porcentual en venta de vehículos por tipo de combustible fue: 77,6% vehículos a gasolina, 19,2% vehículos a diésel, 3,1% vehículos híbridos y 0.1% vehículos eléctricos (CINAE, 2018). El gran crecimiento del parque automotor en el DMQ, cuya tasa de incremento supera el 7,4% anual, alcanzando los 438.815 vehículos en el 2011 (SECRETARIA DE AMBIENTE, 2015).

Según la OMS (2016), la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3 millones de defunciones prematuras. En el año 2005, el volumen total de emisiones de contaminantes comunes del aire emitidos a la atmósfera del DMQ fue de 162.385 toneladas. De ellas, 113.514 correspondieron al parque automotor; es decir, el 70%. En el año 2011, el volumen de emisiones del tráfico vehicular corresponde al 67% del total de emisiones en el Distrito (SECRETARIA DE AMBIENTE, 2015).

Según Páez (2008), la altitud de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar, en promedio, hace que el aire de Quito tenga naturalmente menos oxígeno, lo cual conspira contra la eficiencia de la combustión, que hace que los equipos que queman combustibles fósiles, como los generadores o incineradores industriales o los motores de los vehículos, consuman mayor

cantidad de combustible y paralelamente, generen mayor cantidad de contaminantes, en comparación con proceso similares que se realizan en el llano, a nivel del mar.

Problemática

El estudio de la caracterización del inyector del sistema de inyección electrónica indirecta multipunto con mezclas de combustibles convencional o etanol ha generado el interés a nivel mundial por el actual entusiasmo para el cuidado del medio ambiente, pero a pesar del interés manifestado se identifica que en Ecuador no existe la información suficiente sobre el comportamiento del inyector en un sistema de inyección con mezcla de combustible convencional (gasolina extra) o con mezcla de combustible etanol (gasolina Ecopaís) que permitan encontrar soluciones a la contaminación del aire causada por gases emitidas por vehículos. Adicionalmente se debe considerar que la mezcla de etanol ha sido incorporada a nivel nacional por medio de la producción y comercialización de la gasolina Ecopaís, proceso que comenzó a utilizarse en el parque automotor del país desde el año 2010, pero que no ha llegado a ser distribuida en todo el país como se propuso inicialmente.

Justificación

El comportamiento adecuado del sistema de inyección de un motor de combustión interna MEP depende de la cantidad y calidad de aire y combustible para llegar a una combustión completa. El diseño y estado del inyector influye directamente en la inyección de la cantidad del combustible al motor para llegar a una conveniente combustión sin fugas ni escapes de carburante, evitando así la contaminación ambiental.

En el año 2015, la secretaria del Distrito Metropolitano de Quito presenta en estudios realizados, la problemática de la contaminación ambiental. Indicando que es de carácter

inmediato la disminución de la presencia de Material Particulado 2.5 en el aire de la ciudad debido a las emisiones de los motores de combustión interna en fuentes móviles, en tal virtud proponen ciertas medidas para su reducción, considerando que se deben aplicar a dos grupos diferentes, el primero es el parque automotor ya existente, y el segundo corresponde a los vehículos nuevos que se deseen comercializar en el país.

Uno de los aspectos fundamentales en la lucha contra la contaminación del aire es la mejora en la calidad de los combustibles. Dado que la calidad de los combustibles del país en una época era prácticamente la peor de Latinoamérica, se incluyó su mejoramiento como un proyecto a conseguir para el Distrito Metropolitano de Quito (SECRETARIA DE AMBIENTE, 2015).

Según la OMS (2016), mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma; para ello propone políticas fructíferas relativas en el sector de transporte: utilización de vehículos pesados de motor diésel más limpios y vehículos y combustibles de bajas emisiones, especialmente combustibles con bajo contenido de azufre.

Objetivo general

Caracterizar comportamiento del inyector de un sistema de inyección electrónica indirecta multipunto de un MEP utilizando combustibles no tradicionales disponibles en el país para sugerir el combustible que presente mejor comportamiento en el proceso de inyección y que disminuya la contaminación ambiental causada por emisiones de gases de vehículos.

Objetivos específicos

1. Determinar la incidencia de la altura en la emisión de gases contaminantes de un motor de combustión interna MEP mediante pruebas de ruta en dos vehículos utilizando combustibles no tradicionales para proponer combustibles alternativos que disminuyan la contaminación.
2. Evaluar el estado de los microfiltros mediante estereoscopía y microscopia electrónica de barrido con diferentes combustibles para comprobar el funcionamiento del inyector en el sistema de inyección electrónica indirecta multipunto.
3. Establecer la incidencia de los combustibles alternativos mediante un análisis de emisiones de gases contaminantes para evaluar y simular el comportamiento del inyector de gasolina.

Hipótesis

¿La altura influye directamente en el consumo de combustible y la cantidad de emisiones contaminantes de un motor de combustión interna MEP?

¿Las emisiones de gases contaminantes dependen de las propiedades de los combustibles a utilizar e influyen directamente en el ambiente y la salud pública?

¿La carga contaminante en los microfiltros del inyector incrementa con la aplicación de los combustibles alternativos y afecta a la entrada del caudal en el sistema de inyección?

Propuesta

En el presente estudio se propone analizar los efectos causados por el combustible convencional (gasolina extra) y el combustible alternativo con etanol (gasolina ecopaís) en el

proceso de inyección electrónica indirecta multipunto para evaluar y simular el funcionamiento del inyector en el motor de combustión interna MEP. Además, evaluar las emisiones de combustibles no tradicionales en la altura del Distrito Metropolitano de Quito para determinar la incidencia que presentan en la contaminación ambiental.

Estado del arte

En su estudio Peng (2017) compara el efecto de la gasolina pura sin plomo y la gasolina sin plomo mezclada con biocombustibles en el desgaste del inyector de gasolina y las emisiones de escape. Se agregan biocombustibles con una concentración de 0, 1, 2, 5 y 10 por ciento a la gasolina sin plomo para formar combustibles mezclados con etanol, después de 4000 horas de funcionamiento del motor a 500 rpm los resultados del experimento mostraron que, en comparación con la gasolina pura sin plomo, el uso de combustibles mezclados con etanol en los motores de gasolina de cuatro tiempos generaba menos emisiones de escape de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxido de nitrógeno (NO_x); y que la rugosidad superficial del émbolo del inyector disminuye de 0.378 a 0.337 μm. La razón fue que, en comparación con la gasolina convencional, los combustibles mezclados con etanol contenían más oxígeno y, por lo tanto, tenían más probabilidades de lograr una combustión completa que disminuye las emisiones de CO, HC y NO_x; y que el biocombustible protege la superficie deslizante del inyector afectando directamente a la vida útil del dispositivo de inyección de combustible.

En su estudio Espinoza (2016) evalúa el comportamiento del motor a gasolina cuando se utilizan mezclas de etanol E25, E50, E75, E100 y las compara con E0 y concluye que el uso de etanol en la gasolina mejora la potencia y torque del motor, en lo que respecta al consumo de combustible se incrementa ligeramente con E25, E50, E75 pero para E100 se produce un notable

incremento y finalmente sobre las emisiones de CO, HC estas disminuyen con la adición de etanol en la gasolina cuando se realizan pruebas a ralentí y pruebas a 2500 rpm, pero en lo que respecta a NO_x los valores aumentan e incluso superan los límites establecidos por las normas EURO.

En su estudio El-Faroug (2016) sobre 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, se concluye que las mezclas de etanol hidratado son más eficaces en la reducción de emisiones de NOx en comparación con mezclas de etanol anhidro y 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.

En su estudio Najafi (2016) sobre SVM y ANFIS para la predicción de rendimiento y emisiones de escape de un motor SI con combustibles mezclados gasolina-etanol, realiza experimentos, donde se hizo funcionar al motor a varias velocidades para cada combustible de prueba denominados E0, E5, E10, E15 y E20 y se crearon 45 condiciones de ensayo diferentes para concluir con el experimento que la concentración de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC) en el tubo de escape disminuyó después de que se introdujeron las mezclas de etanol, pero las emisiones de dióxido de carbono (CO2) y óxidos de nitrógeno (NOx) aumentaron y finalmente se analiza que los resultados demuestran que el SVM y el ANFIS son capaces de predecir el rendimiento y las emisiones del motor SI.

En su estudio Ávila (2013) sobre el comportamiento de motores a gasolina respecto de la variación del octanaje, expone que el poder calorífico de la gasolina varía en función del contenido en carbono e hidrogeno y cuanto mayor sea el contenido en hidrogeno mayor será el poder calorífico de la gasolina. Paralelamente se reconoce que el consumo específico de gasolina en un motor de combustión interna es inversamente proporcional al poder calorífico, por tanto cuanto menor sea el poder calorífico, mayor será el consumo de combustible y esto ocurre en el caso de los alcoholes utilizados como combustibles en motores de combustión interna.

En su estudio Quinchimbla (2017) sobre el desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo en el Distrito Metropolitano de Quito, expone el desarrollo de ciclos de conducción que representan un patrón típico de conducción de la población del D.M.Q. y para la validación de los ciclos obtenidos realiza pruebas de consumo de combustible donde se resaltan resultados tales como, que el consumo de combustible obtenido en los ciclos del D.M.Q. y los indicados por el fabricante del vehículo, tienen diferencias marcadas entre ambos, en promedio los valores de los ciclos D.M.Q. son mayores en 36%.

En su estudio Urbina (2016) presenta los factores de emisión vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito al utilizar dos tipos de ciclos, el primer ciclo denominado IM240 (simulación de un ciclo de ruta que se efectúa en un dinamómetro) y el segundo ciclo denominado on board (ciclo de ruta real con tramos en ciudad y carretera) para concluir el factor de ajuste que debe ser utilizado para que los ciclos IM240 obtengan valores semejantes a los valores que se obtiene en los ciclos on board; y esta información tiene el objetivo de permitir que se realicen a un mayor número de vehículos en un dinamómetro en menor tiempo, y obteniendo los factores de emisión semejantes con los obtenidos en un ciclo real.

En su estudio Recalde (2015) expone la comparación de los factores de emisión obtenidos a través del método estático y dinámico IM240 y determina a diferencia entre estos dos en el Distrito Metropolitano de Quito. Adicional se comprarán los resultados obtenidos con la NTE INEN 2204 y se aprecia que los resultados cumplen las exigencias establecidas en la norma en lo que respecta a las emisiones estáticas y a los factores de emisión en el caso de pruebas dinámicas. Finalmente se quiere impulsar los ajustes necesarios a la reglamentación existente y así poder realizar un mejor control e incorporar tecnologías disponibles en el mercado internacional a los vehículos que se homologan y comercializan en el país.

En su estudio Caiza (2011) sobre la determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo Otto, de inyección electrónica de gasolina plantea que las emisiones obtenidas en las pruebas estacionarias tienen gran diferencia con las que se obtienen mediante las pruebas en ruta y no se pueden correlacionar estos factores y para la evaluación de las emisiones con altura se puede utilizar los factores de emisión que se evalúan a nivel del mar y se debe considerar que el monóxido de carbono (CO) se incrementa en el 10% por cada 500 msnm y los hidrocarburos no combustionados (HC) se incrementan 82% cada 500 msnm.

En su estudio Rocha (2015) sobre el análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos; identifica los principales parámetros de rendimiento del motor con el uso de aditivos en el combustible (gasolina extra), esto realizando pruebas de emisión de gases contaminantes donde se resalta que los valores de CO, HC, CO2 siempre se encuentran por debajo de las especificaciones de la NTE INEN 2204:2002 aun cuando se utilicen aditivos en la gasolina extra y se resalta que en lo que respecta a la cantidad de

hidrocarburos no combustionados HC, los valores en las mediciones se reducen a medida que se utilizan los aditivos en la gasolina.

En su estudio López (2013) sobre la evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito, cuantifica y analiza los datos del consumo de combustible, costo y tiempo de recorrido en tres tramos de vías de Quito con condiciones de carga y trafico diferente, y en los valores obtenidos también se consideran factores externos como el cilindraje del vehículo o las características propias de la vía donde se realizan las pruebas, al final se planten que el consumo de combustible del vehículo aumenta desde un 30% al circular por vías urbanas o periféricas del Distrito Metropolitano de Quito.

En su estudio Phuangwongtrakul (2016) sobre las chispas del rendimiento del motor de ignición para la proporción óptima de mezcla de combustibles mezclados con etanol-gasolina con una variación de la relación de mezcla volumétrica entre gasolina de 87,5 octanos y etanol de 99,5% (E10, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E85 y E100) y expone que la proporción apropiada de mezcla etanol-gasolina puede mejorar la salida del par motor, especialmente a baja velocidad del motor. La eficiencia térmica del freno es máxima cuando el motor funciona a 58-73% de WOT con una velocidad del motor de 2000-2500 rpm, utilizando combustibles E40 y E50 y el contenido de etanol es mejor para la baja carga del motor. Para una mayor carga del motor, son preferibles los combustibles con bajo contenido de etanol.

En su estudio Thakur (2017) sobre el progreso en el análisis de rendimiento de mezclas de etanol-gasolina en el motor SI, plantea la gama de oportunidades y perspectivas de introducción de mezcla de gasolina-etanol, gasolina con todos los demás derivados de alcohol y subsiguiente combustible alternativo en porcentajes variables en los motores SI mediante el diagnóstico de

diversos aspectos tales como relación aire-combustible, presión del cilindro de trabajo, tiempo de encendido y relación de compresión y concluye que las mezclas de etanol en proporciones más bajas mostraron mejoras en el par del motor y la potencia de frenado, como se observó durante el estudio. Utilizando E5, E10, E20 se observó un incremento del 2,31%, 2,77% y 4,16% en la potencia de frenado del motor y 0,29%, 0,59% y 4,77% en el par.

En su estudio Elfasakhany (2016) sobre el rendimiento del motor y análisis de las emisiones contaminantes utilizando mezclas ternarias de bioetanol-iso-butanol-gasolina en motores de gasolina, utilizando el motor de ignición por chispa se estudió experimentalmente utilizando diferentes porcentajes de mezclas ternarias de bioetanol / iso-butanol / gasolina y se identificó que cuando se utilizan mezclas de combustibles ternarios, las emisiones de gases de escape de HC (hidrocarburos no quemados) y CO (monóxido de carbono) indican un 15% y un 20% más bajos que los de gasolina pura y un 9% y 14% inferiores a los de las mezclas duales y con base a esto se concluye que la adición de bioetanol a mezclas de iso-butanol-gasolina mejora el rendimiento del motor y las emisiones contaminantes que las de las mezclas de iso-butanol-gasolina.

Método

En el presente trabajo se realizará una investigación cuantitativa sustentada en bibliografía referente al tema propuesto y experimentos para alcanzar los objetivos planteados.

En la figura 1 se deriva el flujograma de ciclo básico de investigación experimental aplicado al presente trabajo.

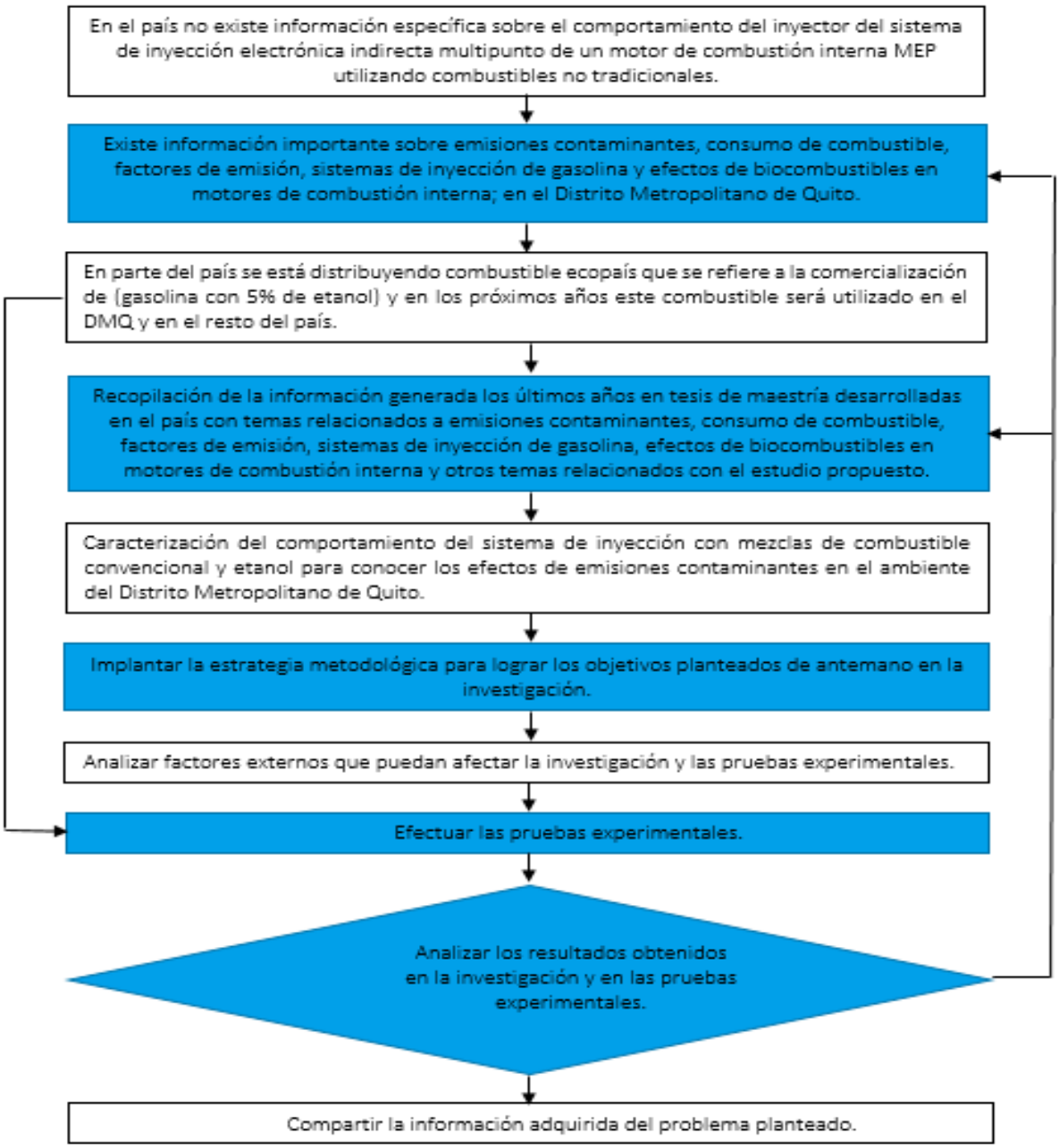


Figura 1. Flujograma de investigación experimental aplicado.

Técnicas y estrategias metodológicas

Una estrategia y una técnica de investigación: La estrategia es un procedimiento heurístico que permite tomar de decisiones en condiciones específicas. Es una forma inteligente de resolver un problema. Las estrategias, son siempre conscientes e intencionales, dirigidas a un objetivo relacionado con el estudio. Una técnica de investigación es un procedimiento algorítmico (Latorre & Seco, 2013).

Para realizar la investigación se plantea técnicas y una estrategia metodológica dividida en tres partes con pasos lógicos y ordenados a seguir para concretar el estudio propuesto. En la figura 2 se muestra las técnicas y la estrategia metodológica proyectada.

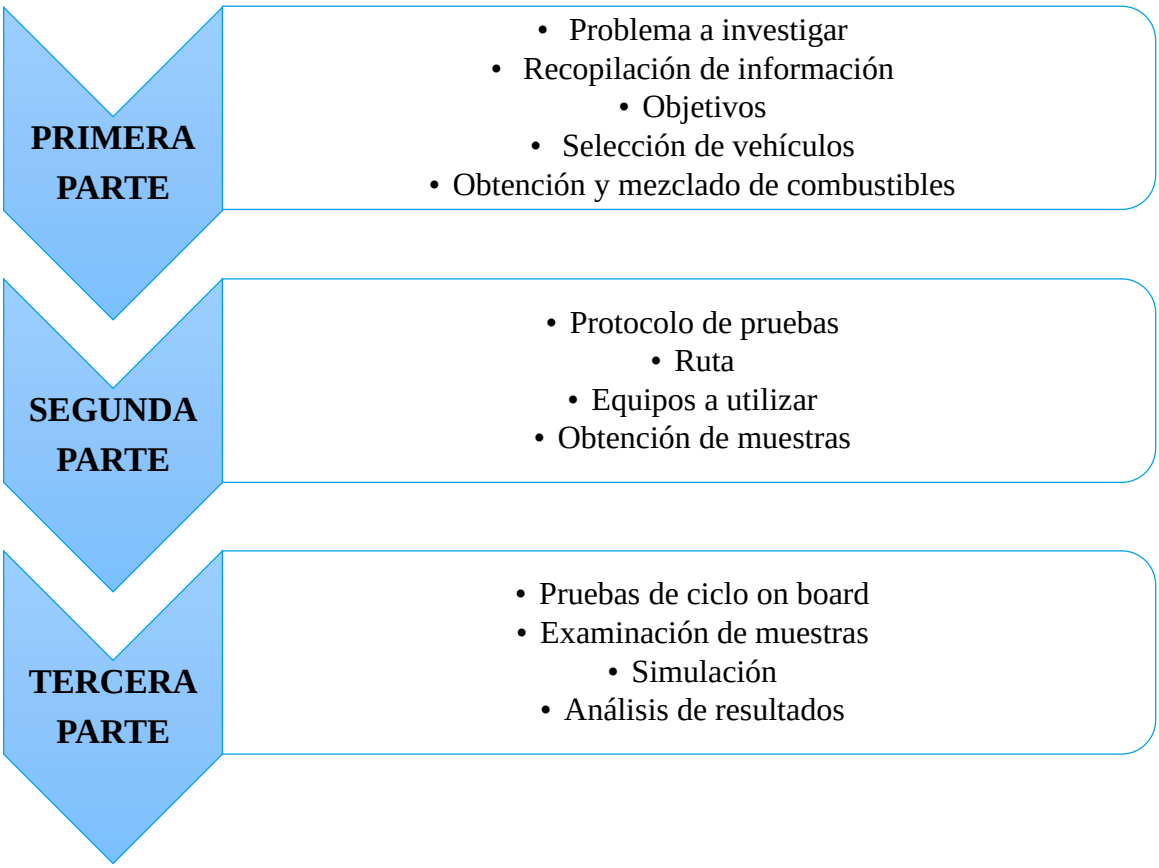


Figura 2. Técnicas y estrategia metodológica proyectadas.

Selección de vehículos

La selección del vehículo es en base a las características del parque automotor del país, considerando que el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) es el más representativo en automotores. Se prefieren dos vehículos de marca Chevrolet de distinto cilindraje, considerando que es la marca más vendida por varios años en el país, obteniendo una participación del 34.8% en ventas en el año 2017 (CINAE, 2018).

Se selecciona el automóvil modelo Aveo Family STD 1500cc año 2010, debido a que es el vehículo más vendido en la actualidad, teniendo una participación del 14.5% en ventas en el parque automotor ecuatoriano; y se selecciona el automóvil modelo Corsa Evolution 1800 cc año 2005, considerando que la edad promedio del parque automotor circulante en el país es de 12.2 años (CINAE, 2018). En la tabla 1 se detalla las especificaciones de los vehículos seleccionados.

Tabla 1
Especificaciones técnicas de los vehículos seleccionados.

Ítem	Especificación	Vehículo 1	Vehículo 2
1	Marca	Chevrolet	Chevrolet
2	Modelo	Aveo Family 1.5L TM STD	Corsa Evolution 4P 1.8 GLS
3	Año	2010	2005
4	Placa	IAI0690	AFE0682
5	Kilometraje	455733	188900
6	Posición de motor	Delantera Transversal	Delantera Transversal
7	No. de cilindros	4 en línea	4 en línea
8	Transmisión	Manual	Manual
9	Cilindraje (cm3)	1500	1800
10	Potencia (hp@rpm)	83@5600	107@5400
11	Torque (N.m@rpm)	127@300	163@2800
12	Relación de compresión	9:05:01	9:04:01

Nota: Especificaciones técnicas por el vehículo Aveo Family 1500cc y Corsa Evolution 1800cc.

Prueba de emisiones de gases con el ciclo on board

La prueba de medición de gases on board se ejecuta con un equipo que va instalado en el interior del vehículo, permitiendo obtener mediciones de gases dinámicos de O_2 (%), CO (%), CO_2 (%), HC (ppm) y NOx (ppm), en condiciones reales de funcionamiento, conducción, condiciones climáticas, topografía del terreno y tráfico, en este caso en una ruta de ciclo combinado.

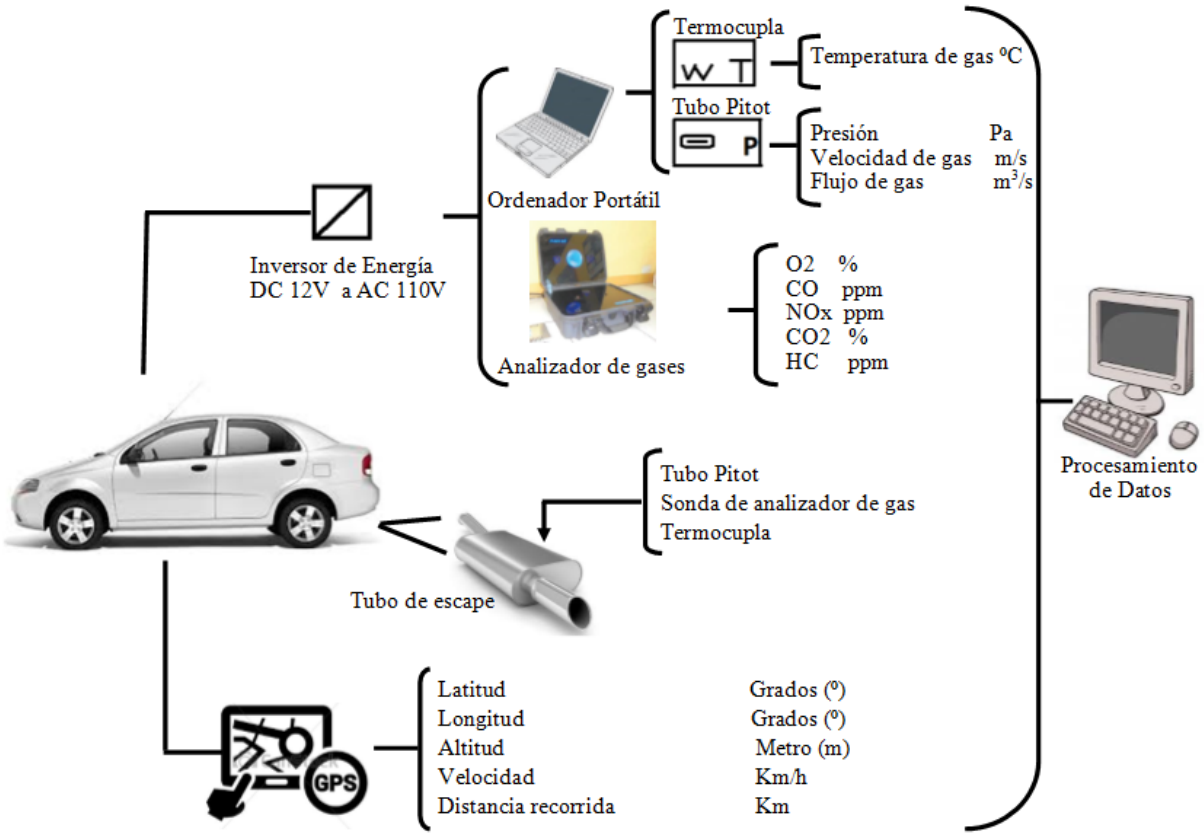


Figura 3. Diseño del sistema on board utilizado en este trabajo.

Ciclo de ruta.

Se selecciona una ruta validada de ciclo combinado en el Distrito Metropolitano de Quito, esta ruta inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de

Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av. Colón 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 (Quinchimbla & Solís, 2017; Albán & López, 2010).

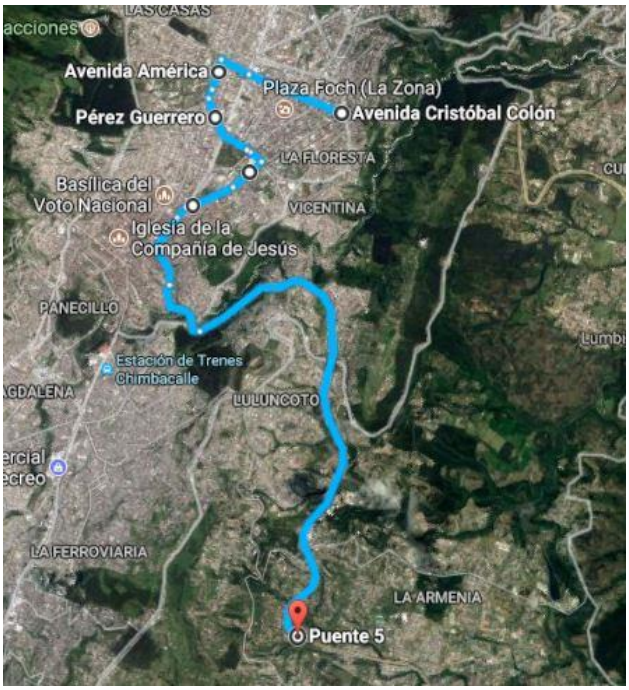


Figura 4. Ruta de ciclo combinado

A partir de las mediciones en la ruta escogida, se obtuvo el perfil de velocidad el cual permitió evaluar que las condiciones establecidas al ensayo fueran cumplidas en el sector periférico en el ascenso y en el descenso, en el sector urbano y en el recorrido total.

En la figura 5, se presentan las velocidades por distancia recorrida en la ruta total, donde se distingue la variación de la velocidad debido a las condiciones externas del recorrido, como: tráfico, semáforos o sucesos en la ruta no programados. Estos se ven reflejados en la variación de la representación con máximos y mínimos entre 88 y 0 km/h.

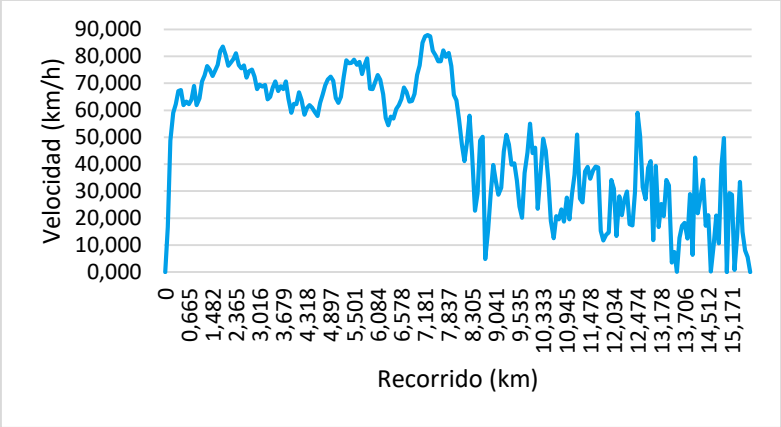


Figura 5. Análisis de la velocidad respecto a la distancia total recorrida.

En la figura 6, se presentan las velocidades por distancia recorrida del sector periférico en el ascenso, donde se distingue la variación de la velocidad con un valor máximo de 83 km/h y un valor mínimo de 0 km/h al iniciar la prueba. Sin embargo, se observa una línea de tendencia alrededor de una velocidad igual a 70 km/h.

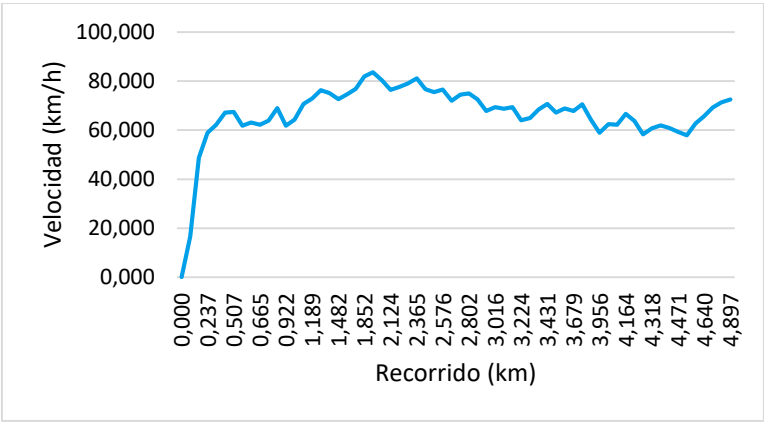


Figura 6. Análisis de la velocidad respecto a la distancia en el ascenso.

En la figura 7, se presentan las velocidades por distancia recorrida del sector periférico en el descenso, donde se distingue la variación de la velocidad con un valor máximo de 88 km/h y

un valor mínimo de 56 km/h. Sin embargo, se observa una línea de tendencia alrededor de una velocidad igual a 70 km/h.

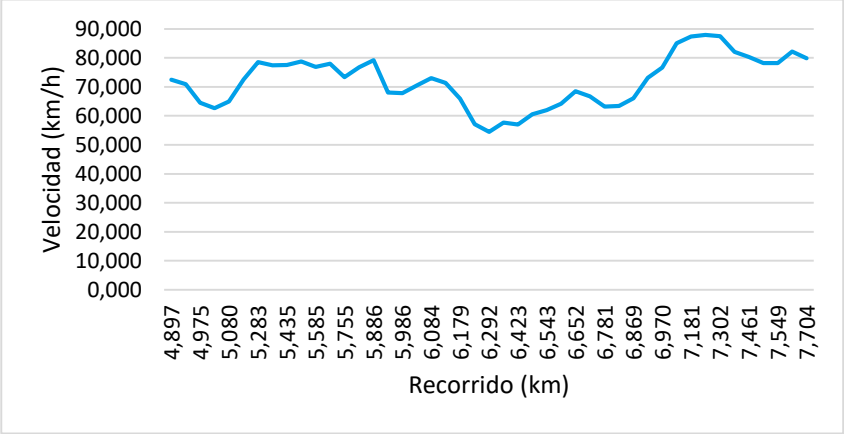


Figura 7. Análisis de la velocidad respecto a la distancia en el descenso.

En la figura 8, se presentan las velocidades por distancia recorrida del sector urbano, donde se distingue la variación de la velocidad con un valor máximo de 81 km/h al ingresar a la zona suburbana y un valor mínimo de 0 km/h. Sin embargo, se observa una línea de tendencia alrededor de una velocidad igual a 30 km/h.

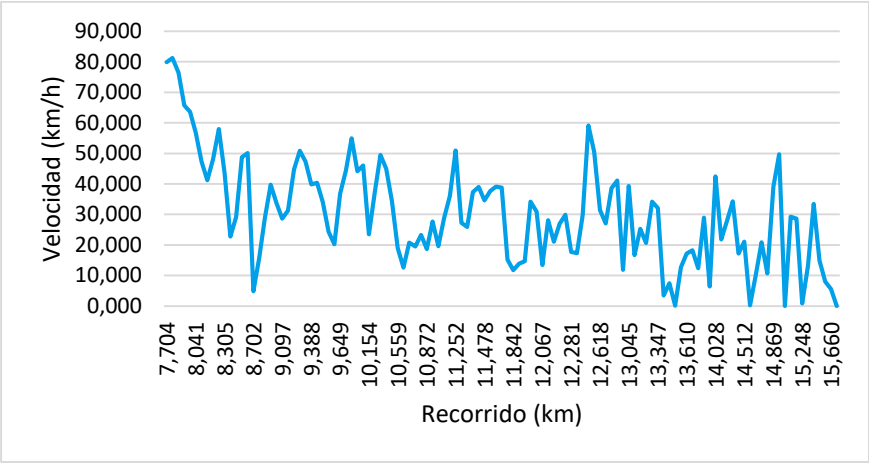


Figura 8. Análisis de la velocidad respecto a la distancia en el sector urbano.

Equipos utilizados.

En las pruebas de medición de emisiones de gases con el ciclo on board, se manipularon los siguientes equipos:

- Analizador de gases on board
- Sonda de gases
- Tanque de presión de combustible

Analizador de gases on board.

El equipo analizador de gases on board permite medir las emisiones de gases CO, CO2, O2, HC y NOx en tiempo real de funcionamiento de los vehículos, en la figura 9 se observa el equipo on board utilizado.

Figura 9. Equipo analizador de gases on board.

En la tabla 2 se describen las características técnicas del equipo on board utilizado en las pruebas de emisiones de gases.

Tabla 2
Características técnicas del equipo on board.

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 NO_x (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_2 (NDIR)	Mayor o igual de (0.01-16% 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 1ppm

Nota: (AXION-GO, 2016)

Sonda de gases.

La sonda de gases de escape del vehículo permite recolectar las emisiones producidas por el motor y direccionarlas hacia el analizador de gases, en la figura 10 se indica la sonda utilizada.

Figura 10. Sonda de gases.

Tanque de presión de combustible.

Este equipo impulsa la gasolina hasta el motor a través de una bomba manual, reemplazando a la bomba de combustible del vehículo. Además, nos permite medir la cantidad

de combustible consumida por el automotor. En la figura 11 se muestra el tanque de presión de combustible utilizado.

Figura 11. Tanque de presión de combustible.

Protocolo de pruebas con el ciclo on board.

La prueba se realiza en un ciclo real de ruta en el Distrito Metropolitano de Quito, con la utilización de un equipo analizador de gases a bordo, el mismo que mide las concentraciones de CO, CO2, HC, O2 y NOx. Además, se efectúa la medición del consumo de combustible por medio de un tanque de combustible a presión instalada en el vehículo. El procedimiento para desarrollar el ciclo on board es el siguiente:

1. Llenar mínimo 5 litros de gasolina e instalar el tanque de presión de combustible en el interior del vehículo, luego bombear manualmente hasta alcanzar una presión de 50 psi para representar el funcionamiento de la bomba de combustible del automotor.

Figura 12. Instalación del tanque de presión de combustible en el interior del vehículo.

2. Calibrar e instalar el equipo on board en el interior del vehículo y conectar a una fuente de energía de corriente directa de 12 voltios.

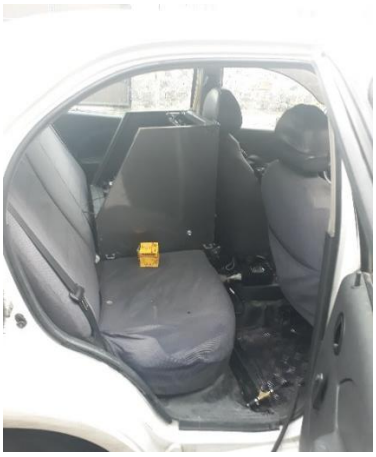


Figura 13. Instalación del equipo on board en el interior del vehículo.

3. Fijar la sonda de gases al final del tubo de escape del vehículo, para evitar la caída de la sonda durante la prueba.

Figura 14. Fijación de la sonda de gases en el escape del vehículo

4. Encender el vehículo, se debe llegar a la temperatura normal de funcionamiento del motor para empezar la prueba.
5. Encender el equipo on board e iniciar el proceso de calentamiento de 20 minutos aproximadamente, antes de iniciar la prueba.
6. Para comenzar la prueba se debe registrar la hora, fecha, clima y temperatura ambiente; encerar el cronometro y el odómetro del vehículo; y verificar que el equipo on board este midiendo correctamente las emisiones de gases.
7. Realizar el recorrido con el vehículo en la ruta del ciclo on board establecida. Para lograr mediciones homogéneas en cada prueba, se debe evitar las salidas bruscas cuando el vehículo está detenido, suspender las mediciones al existir indicios de lluvia y efectuar todas las pruebas con el mismo conductor para evitar distintas formas de conducción y variación en las mediciones.
8. Al completar el recorrido de la ruta se debe registrar los siguientes datos: hora, distancia y tiempo; concentraciones de emisiones de gases a través del equipo on board y cantidad de gasolina consumido por prueba con el tanque de presión de combustible.

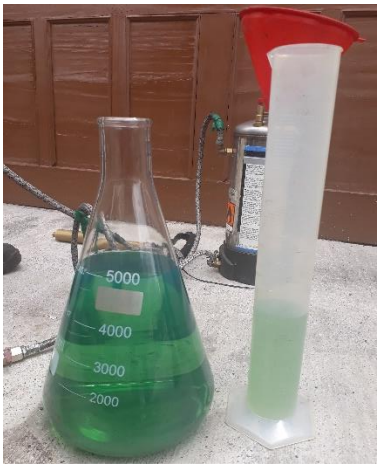


Figura 15. Medición del consumo de combustible

9. Repetir el procedimiento anterior dos veces más.
10. Apagar el equipo on board y el vehículo para luego desinstalar los equipos.

Estimación de factores de emisión

Urbina (2016) expone el siguiente procedimiento para el cálculo de los factores de emisión donde el punto de partida para el cálculo de los factores de emisión es desarrollar una fórmula molecular equivalente para el combustible. Por ejemplo, se asume que el combustible consiste principalmente de carbono e hidrógeno con cantidades despreciables de otros elementos para el propósito del balance de masa.

En la tabla 3 se aplica la fórmula molecular equivalente para un combustible que contiene 80% peso carbono y 20% peso hidrogeno, obteniéndose en este ejemplo la fórmula CH_3.

Tabla 3
Fórmula molecular equivalente.

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

Fuente: (Urbina, 2016).

Ahora se deduce que el peso molecular del combustible está dado por la fórmula molecular equivalente CH_y, donde se tiene la ecuación 1:

$$y = \left(\frac{\%pesoH}{\%pesoC}\right)\left(\frac{MW_C}{MW_H}\right) \quad (1)$$

Dónde:

- MW_C = peso molecular del carbono
- MW_H = peso molecular del hidrógeno

Se consideran como productos de combustión los siguientes: CO, H_2O, C_3H_6, CO_2 y adicionalmente los productos N_2 y NO que son en la actualidad de gran importancia en la contaminación atmosférica. En definitiva, el balance de masa para la combustión, despreciando el exceso de oxígeno, está dado por la ecuación 2:

$$CH_y + m\ (0.21\ O_2 + 0.79\ N_2) -> aCO + bH_20 + cC_3H_6: + dCO_2 + eN_2 + fNO \quad (2)$$

Donde las variables a, b, c, d, e, f y m son coeficiente estequiométricos desconocidos y definidos como:

- 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

En vista que los átomos contenidos en la combustión no pueden ser creados ni destruidos, la ecuación 3 del balance de masa de carbono, se pueden escribir como:

$$1 = a + 3c + d \quad (3)$$

La ecuación 4 del balance de masa de hidrogeno se pueden escribir como:

$$y = 2b + 6c \tag{4}$$

La ecuación 5 del balance de masa de oxígeno se pueden escribir como:

$$0.42 = a + b + 2d + f \tag{5}$$

La ecuación 6 del balance de masa de nitrógeno se pueden escribir como:

$$1.58\ m = 2e + f \tag{6}$$

Con el objetivo de resolver este sistema de ecuaciones, se realiza la medición de gases (concentraciones volumétricas) en pruebas dinámicas para obtener datos adicionales que nos permitan determinar las incógnitas.

Considerando que el CO2, es el gas predominante en los productos, se establece las relaciones de los demás productos con respecto a este gas, cuyas relaciones se determinan con las ecuaciones 7, 8 y 9:

$$R_{CO} = \left(\frac{CO}{CO_2}\right) = \frac{a}{d} \tag{7}$$

$$R_{HC} = \left(\frac{HC}{CO_2}\right) = \frac{c}{d} \tag{8}$$

$$R_{NO} = \left(\frac{NO}{CO_2}\right) = \frac{f}{d} \tag{9}$$

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

Ahora de las ecuaciones anteriores se obtiene las ecuaciones 10 y 11 de las variables a y c:

$$a = d * R_{CO} \tag{10}$$

$$c = d * R_{HC} \tag{11}$$

Reemplazando estas relaciones en la ecuación 3 se obtiene la ecuación 12 de la variable d:

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

Con los valores de a, c y f se puede obtener los factores de emisión (EF') en gramos de contaminante por gramo de combustible consumido, con la ayuda de las ecuaciones 13,14 y 15:

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

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

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

Considerando como base principal del combustible al octano C_8H_{18} (equivalente $CH_{2.25}$), se procede a determinar el peso molecular del combustible, con la ecuación 16:

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

$$\mathrm{MW_{Fuel}} = 14.25 * \frac{\mathrm{g\ Fuel}}{\mathrm{mol\ Fuel}} \tag{16}$$

Ahora introduciendo la densidad del combustible (Kg/m^3) y el consumo de combustible por distancia recorrida FC (m^3/Km), se puede obtener el factor de emisión general en gramos con la ayuda de la ecuación 17:

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \tag{17}$$

Las ecuaciones 18,19 y 20 nos permitirán calcular los factores de emisión de los vehículos de prueba desde los valores suministrados en las pruebas on board.

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{Km} = \frac{28\frac{\%\ CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3\frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \tag{18}$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{42\frac{\%\ HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3\frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \tag{19}$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{30\frac{\%\ CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3\frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \tag{20}$$

Con la ayuda de la masa y volumen de los combustibles se obtienen las densidades de los mismos, los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Densidades de combustibles.

Combustibles	Densidad (kg/m3)
Extra	734
Extra 5%	738
Extra 15%	746
Super 5%	750
Super 15%	762

Estereoscopía

La estereoscopía o visión se realiza a los microfiltros de los inyectores de los vehículos seleccionados para obtener una vista tridimensional más detallada de los mismos.

Los microfiltros de los inyectores de los vehículos marca Chevrolet, modelo Aveo Family y Corsa Evolution, 1500 cc y 1800 cc respectivamente; se obtienen al recorrer una distancia de 3000 km cada vehículo, dentro del Distrito Metropolitano de Quito y con dos diferentes combustibles: gasolina extra y gasolina extra con 5% de etanol anhidro.

Para la visión estereoscópica de las muestras se utiliza el estereoscopio OLYMPUS SZX2-ILLD, en la figura 16 se muestra el equipo utilizado.

Figura 16. Estereoscopio OLYMPUS SZX2-ILLD.

En la tabla 5 se muestran las especificaciones técnicas del estereoscopio.

Tabla 5
Especificaciones del equipo OLYMPUS SZX2-ILLD.

Ítem	Parámetro	Especificación
1	Relación de zoom	10 (0.63x-6.3x)
2	Indicación de aumento	0.63/0.8/1/1.25/1.6/2/2.5/3.2/4/5/6.3
3	Ángulo de inclinación	5º-45º
4	Ajuste de distancia interpupilar	52-76 mm
5	Fuente de luz	6 V 30 W Halógeno
6	Área iluminada efectiva	Campo claro: ø40 mm Campo oscuro: ø35 mm
7	Peso	5.4 kg

Nota: (OLYMPUS, 2018).

Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Se realiza un análisis químico semicuantitativo por Microscopía Electrónica de Barrido con microanálisis de Rayos X a los residuos de los microfiltros de los inyectores de los vehículos seleccionados.

Los residuos de los microfiltros de los inyectores de los vehículos marca Chevrolet, modelo Aveo Family y Corsa Evolution, 1500 cc y 1800 cc respectivamente; se obtienen al recorrer una distancia de 3000 km cada vehículo, dentro del Distrito Metropolitano de Quito y con dos diferentes combustibles: gasolina extra y gasolina extra con 5% de etanol anhidro.

Para el análisis químico semicuantitativo de las muestras se utiliza el microscopio electrónico de barrido Tescan-Vega LMU, con microanalizador de rayos X Bruker. En la figura 17 se muestra el equipo utilizado.

Figura 17. Microscopio electrónico Tescan-Vega LMU.

En la tabla 6 se muestran las especificaciones técnicas del equipo.

Tabla 6
Especificaciones técnicas del microscopio electrónico Tescan-Vega LMU.

Ítem	Parámetro	Especificación
1	Pistola de electrones	Cátodo calentado de tungsteno
2	Resolución	3 nm a 30 keV
3	Vacío de cámara	3 - 150 Pa
4	Campo de visión	7.7 mm en WDanalytical 10 mm
5	Energía de haz de electrones	200 eV a 30 keV
6	Sonda actual	1 pA a 2 μA
7	Velocidad de escaneo	De 20 ns a 10 ms por píxel
8	Tamaño de la imagen	16,384 × 16,384 píxeles

Nota: (TESCAN, 2018)

Simulación CFD

Previamente a la simulación CFD de la inyección de combustible se procede a recolectar datos como: la presión, que se obtiene midiendo con el manómetro a la entrada del riel de inyectores de los vehículos seleccionados, se obtiene un valor de 60 psi.

Figura 18. Medición de presión de combustible.

Para evaluar el comportamiento en la inyección de gasolina extra y extra con 5% de etanol anhidro dentro del inyector en el software Solidworks se efectúa el procedimiento siguiente:

1. Se realiza un corte al inyector físico para obtener las dimensiones exactas del mismo.

Figura 19. Corte de inyector.

2. Se dibuja la geometría del inyector en el software, tomando en cuenta detalles como las formas y dimensiones exactas en la tubería del inyector por donde fluye el combustible.

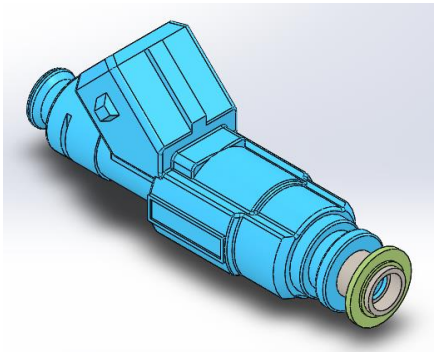


Figura 20. Geometría del inyector.

3. Se crean dos tapas (lids), en la entrada y salida del combustible del inyector donde posteriormente se establecerá las condiciones de frontera.

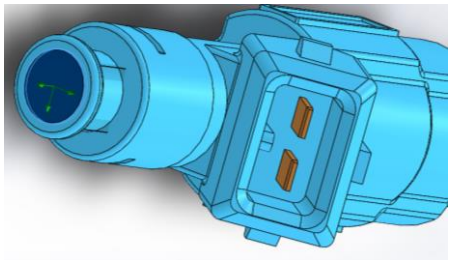


Figura 21. Tapa (lid) en la entrada de la tobera del inyector.

4. Se crea un nuevo proyecto de Flow Simulation del software Solidworks y se selecciona las unidades de medida del Sistema Internacional.

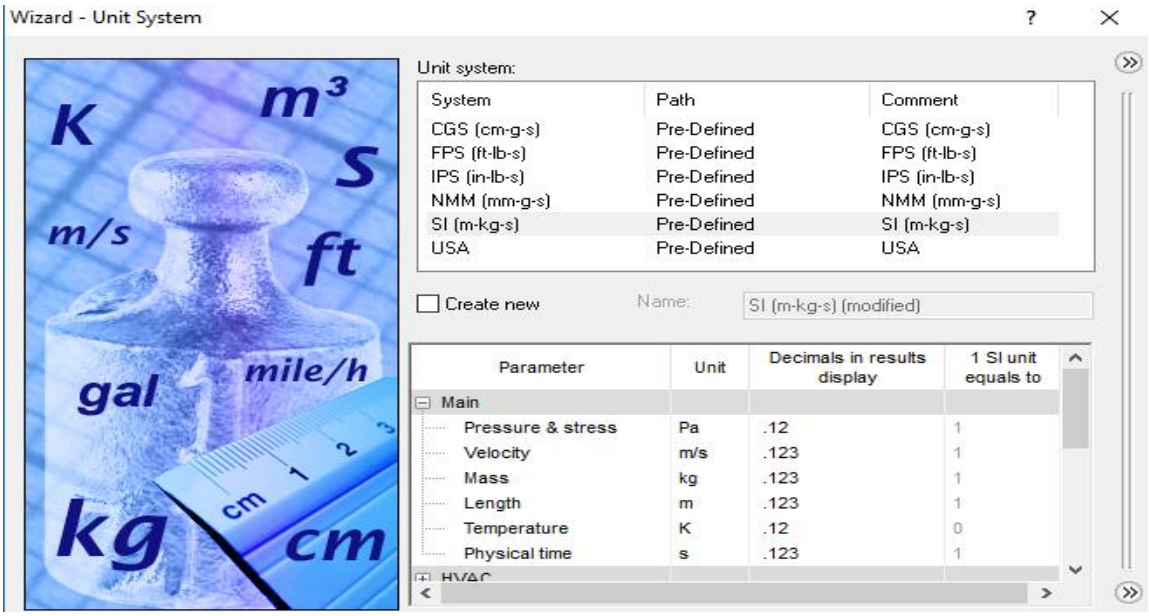


Figura 22. Selección de unidades SI en el software Solidworks.

5. En la pestaña de tipo de análisis se selecciona un análisis de flujo interno se escoge como referencia al eje x.

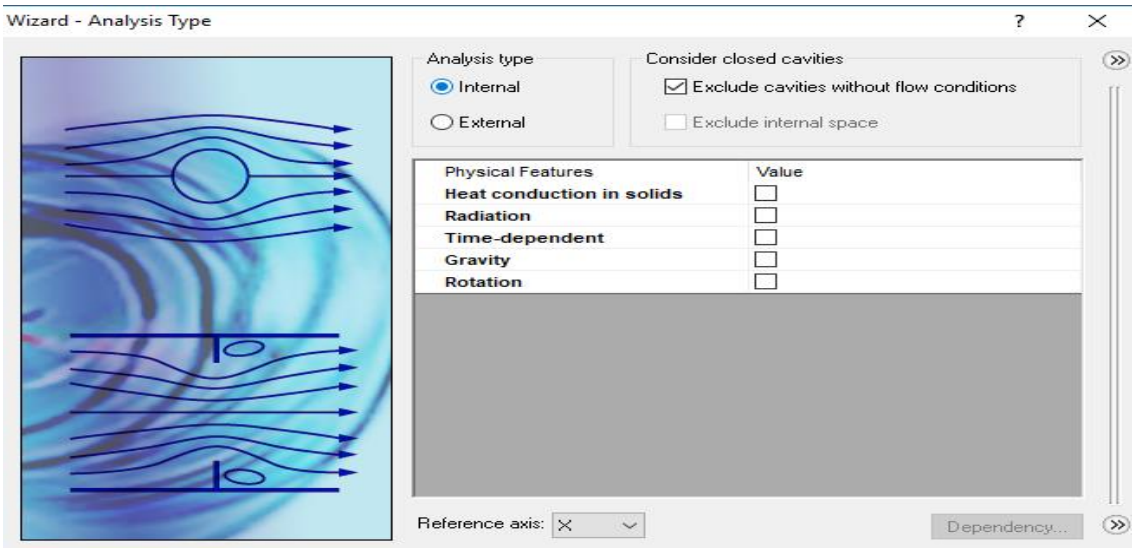


Figura 23. Selección de tipo de análisis en el software Solidworks.

6. Se establece las características y propiedades del combustible extra y extra con 5% de etanol, estableciendo una densidad de 734 kg/m^3 y 738 kg/m^3 respectivamente, para luego seleccionar el combustible (fluido liquido) a utilizar.

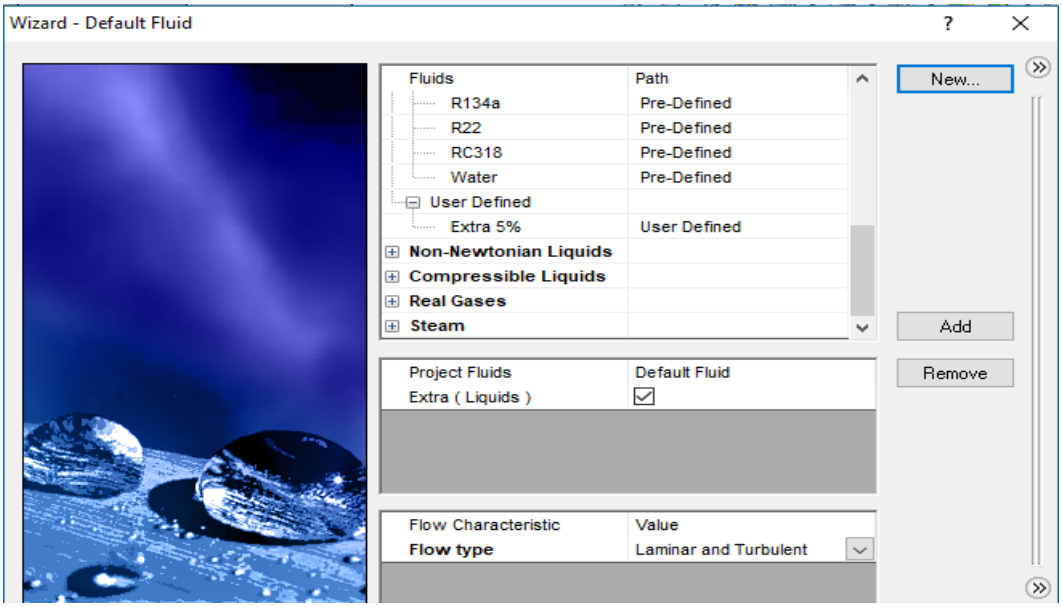


Figura 24. Selección del fluido en el software Solidworks.

7. Se realiza un análisis de malla, el software me ofrece 7 niveles de mallado y me recomienda un valor mínimo de mallado igual a 3 con un número de celdas de fluido de 4396.

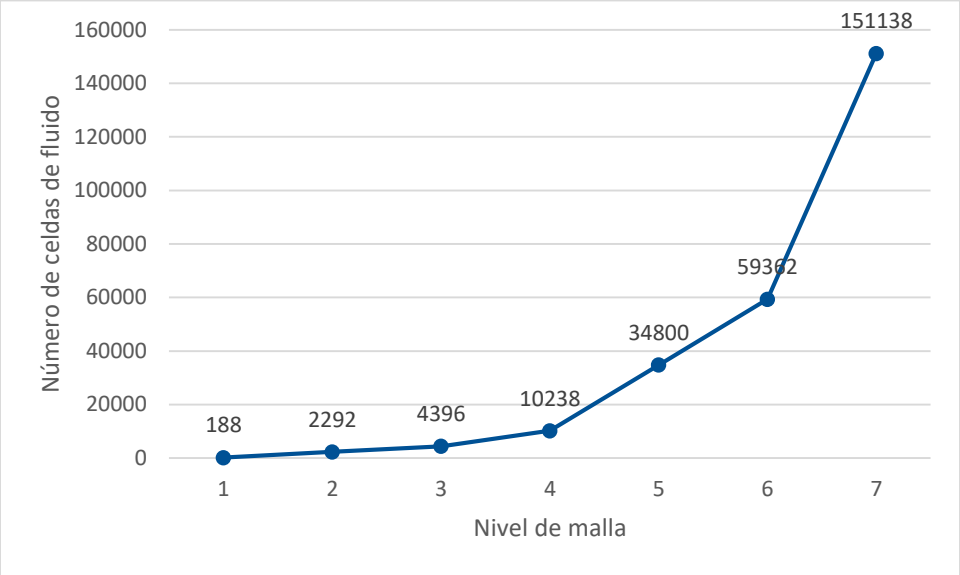


Figura 25. Análisis de malla.

8. Una vez realizado el análisis de malla, se selecciona un valor intermedio para evitar el peso computacional y los resultados más apegados a la realidad.

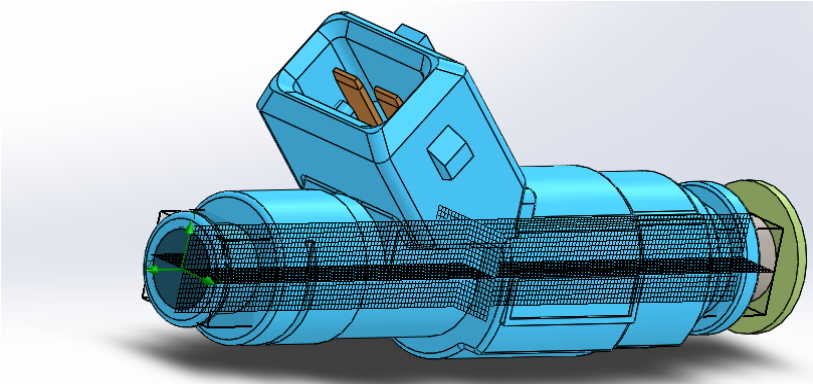


Figura 26. Selección del tamaño de malla en el software Solidworks.

9. Luego el software Solidworks me genera el volumen de control.

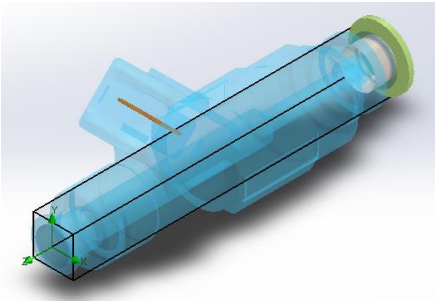


Figura 27. Volumen de control en el software Solidworks.

10. Se establecen las condiciones de frontera a la entrada y a la salida del flujo de combustible. A la entrada de la tobera se establece una presión de 413685 Pa equivalente a 60 psi se considera que el inyector permanece abierto y no se considera ningún tiempo de inyección.

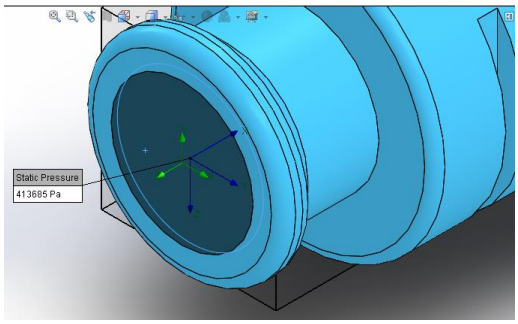


Figura 28. Condiciones de frontera en el software Solidworks.

11. Se establece los objetivos o resultados que deseamos obtener, para este caso: presión total, velocidad y tiempo turbulento.

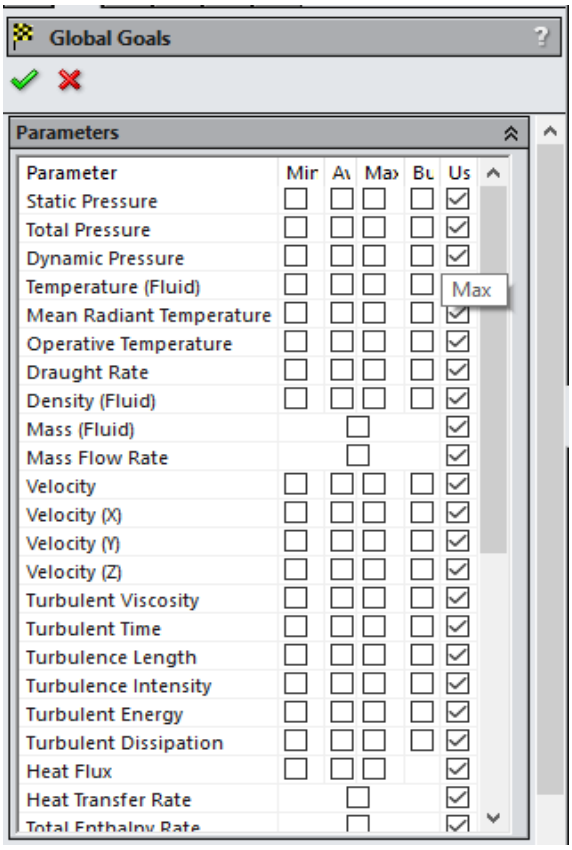


Figura 29. Objetivos de la simulación del software Solidworks.

12. En el software Solidworks se genera la solución y simulación CFD.

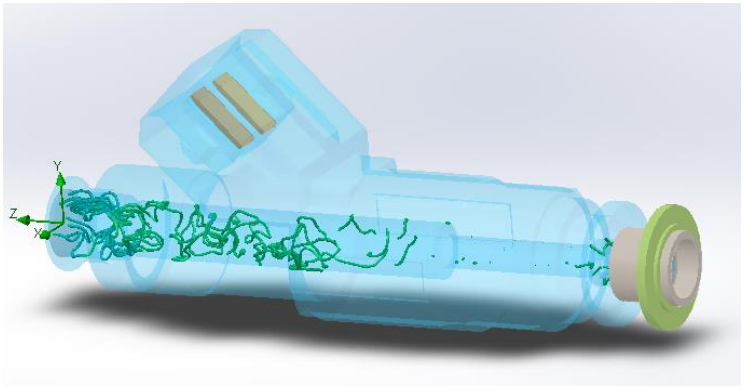


Figura 30. Resultado de la simulación de flujo en el software Solidworks.

Resultados

En la presente sección se detallan los resultados obtenidos en las pruebas de mediciones de gases on board, en la vista estereoscópica aplicada a los microfiltros de los inyectores, en la microscopia electrónica de barrido (MEB) realizada a los residuos obtenidos en los microfiltros y en la simulación hecha al inyector de los vehículos seleccionados.

Presentación de resultados de emisiones del vehículo Aveo Family 1500cc

Se obtiene las mediciones de gases dinámicos de O_2 (%), CO (%), CO_2 (%), HC (ppm) y NOx (ppm), se exponen de manera general y divididas en el sector periférico ascenso y descenso; y en el sector urbano del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc. El informe del CCICEV de estas pruebas se muestran en el Anexo 1.

Emisiones generales del vehículo Aveo Family 1500cc.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso total de la prueba, es decir tomando en cuenta el sector periférico en ascenso y descenso, y el sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc.

Emisiones de O_2 generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O_2 (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 31 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 32, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

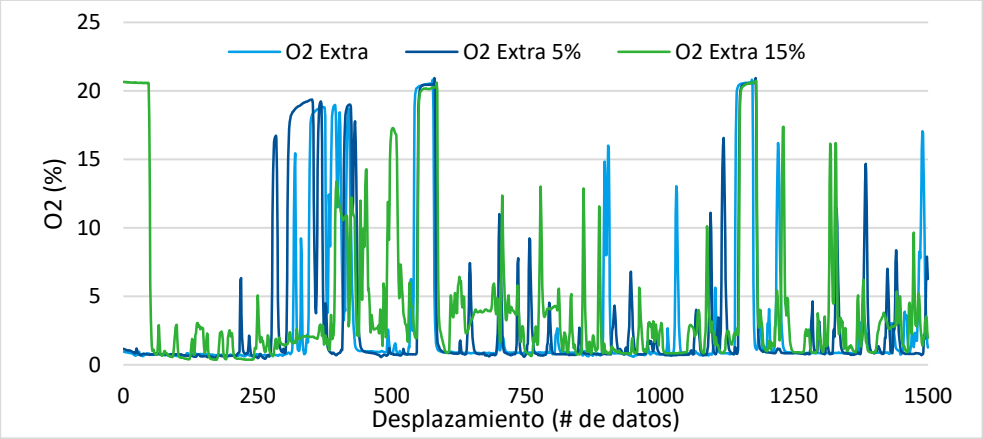


Figura 31. *Emisiones de O2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%*

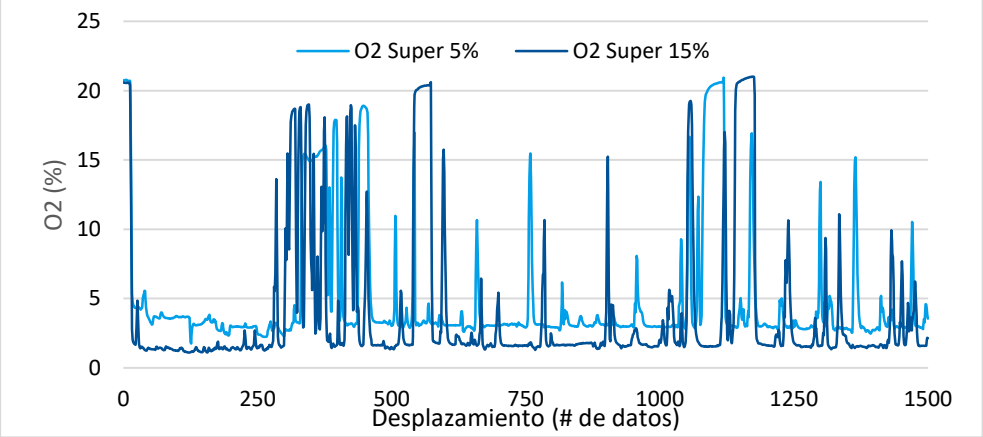


Figura 32. *Emisiones de O2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones de CO2 generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO_2 (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura

33 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 34, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc

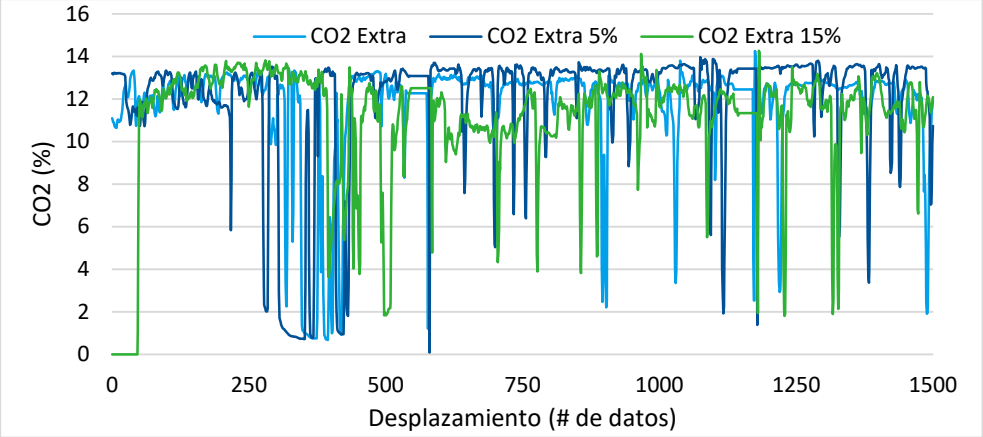


Figura 33. *Emisiones de CO2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%*

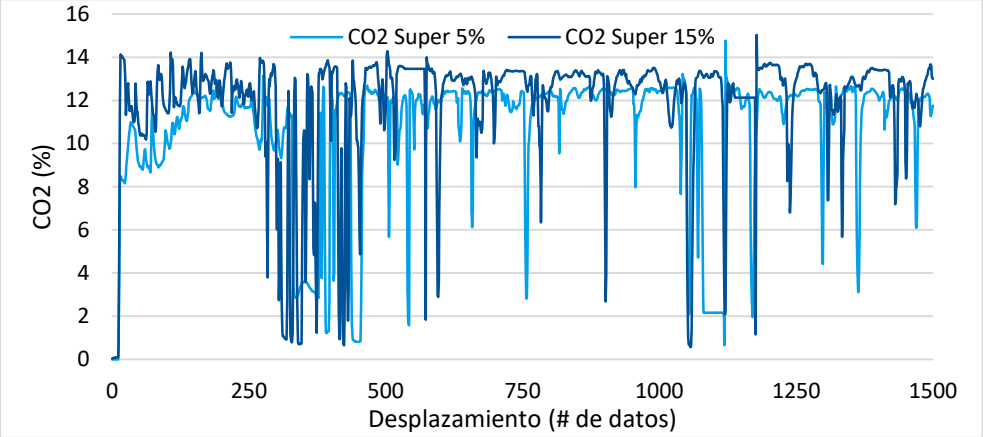


Figura 34. *Emisiones de CO2 generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones de CO generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 35 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 36, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

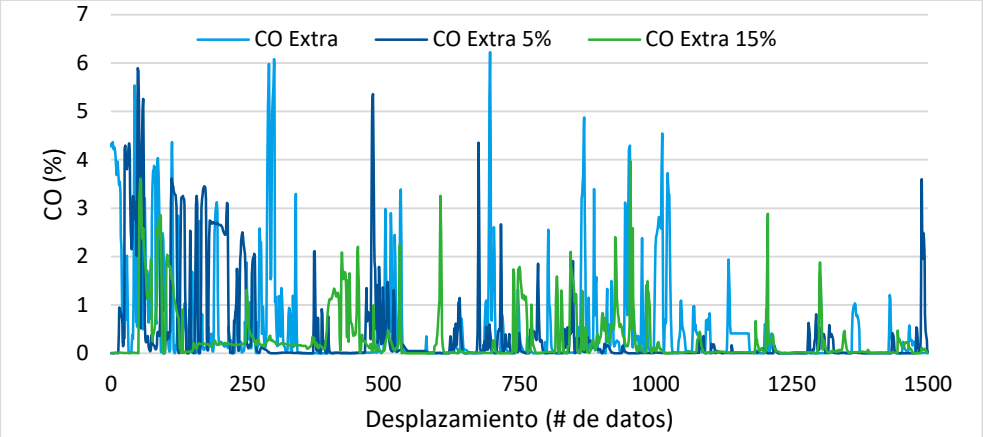


Figura 35. *Emisiones de CO generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%*

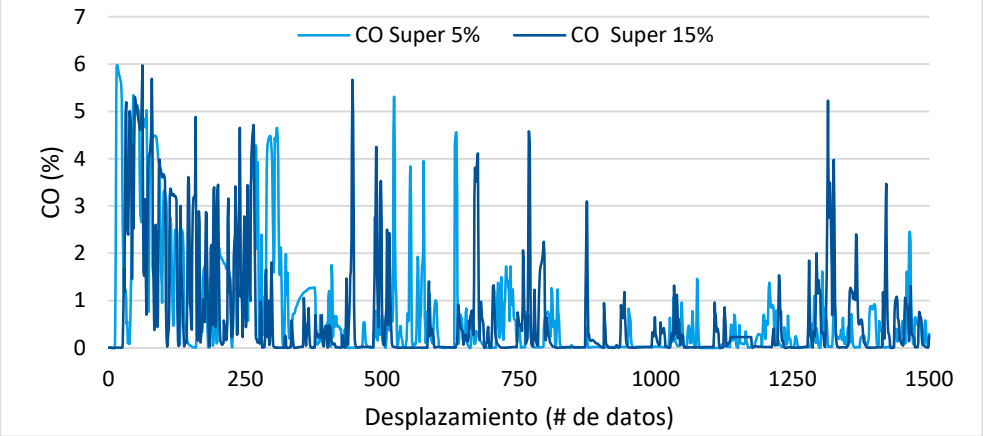


Figura 36*.* *Emisiones de CO generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%*

Emisiones de HC generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 37 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 38, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc

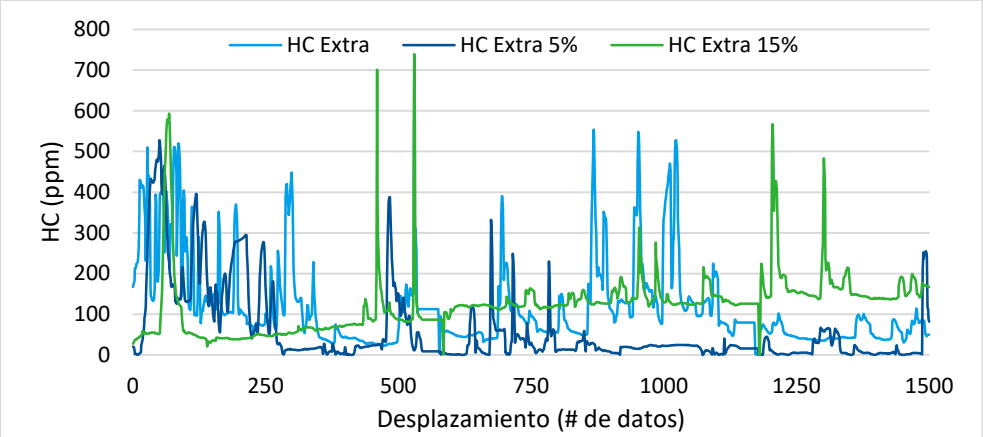


Figura 37. *Emisiones de HC generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%*

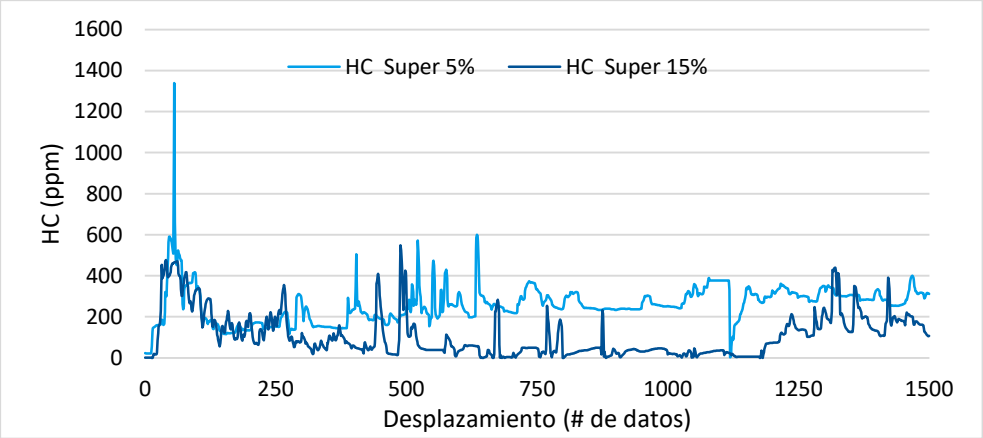


Figura 38. *Emisiones de HC generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%*

Emisiones de NOx generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NO_x (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 39 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 40, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

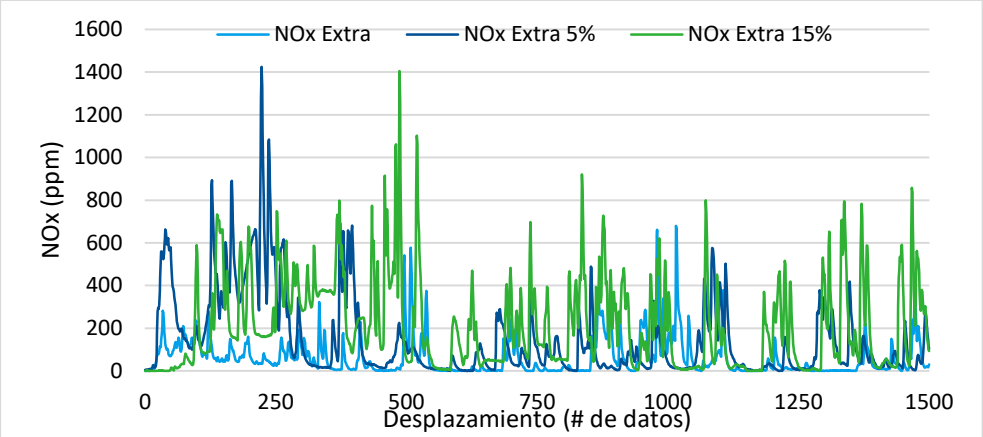


Figura 39. *Emisiones de NOx generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%*

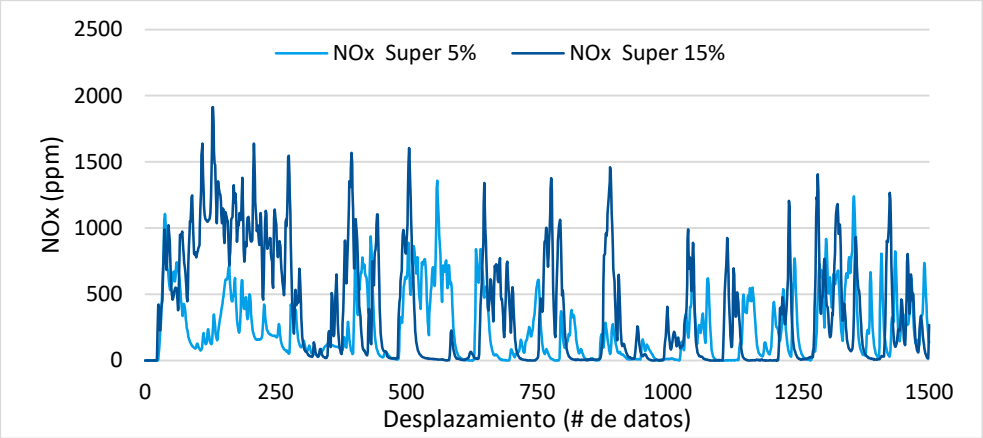


Figura 40. *Emisiones de NOx generales del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%*

Emisiones del sector periférico – ascenso.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso de la prueba en el sector periférico en el ascenso.

Emisiones de O2 del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O_2 (%) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y

Extra 15% en la figura 41 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 42, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

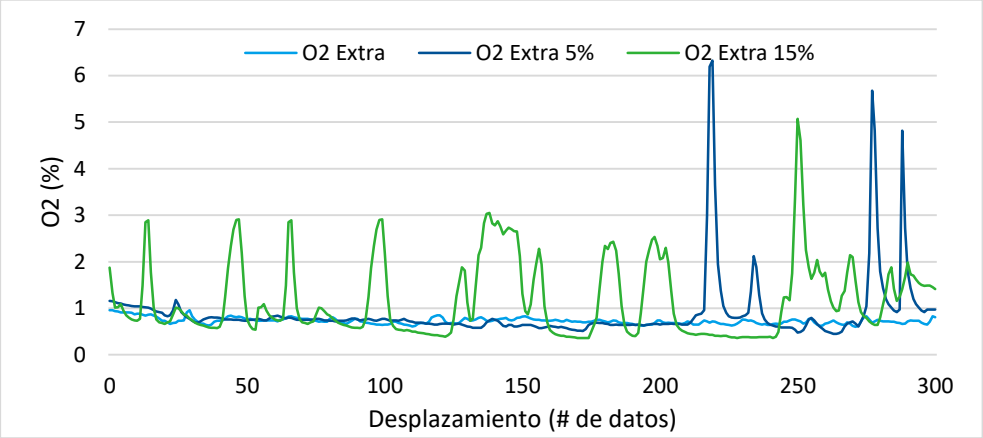


Figura 41. *Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.*

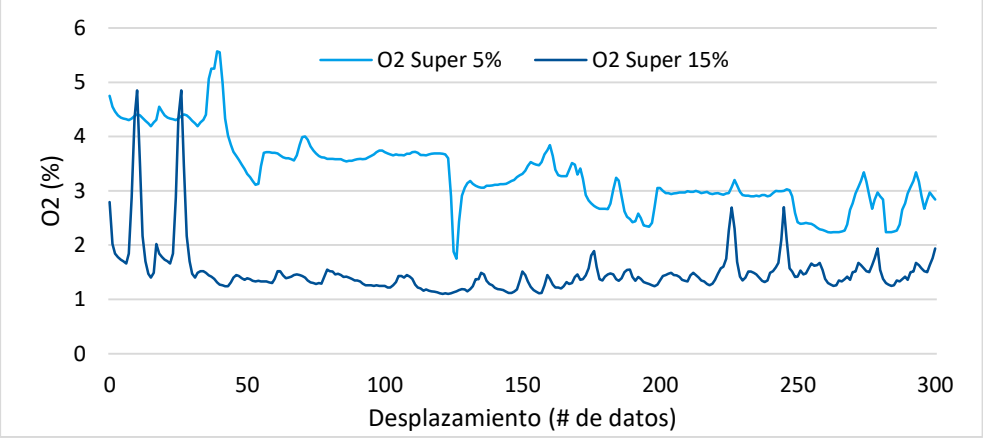


Figura 42. *Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones de CO2 del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO_2 (%) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y

Extra 15% en la figura 43 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 44, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

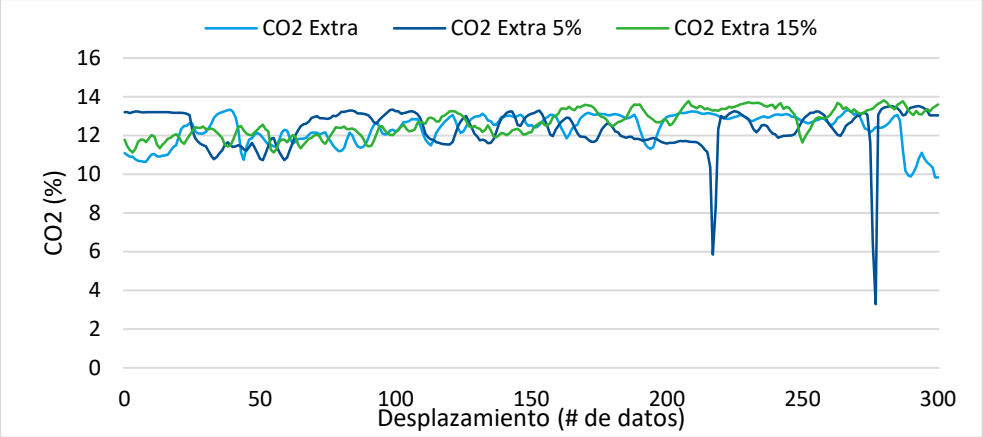


Figura 43. *Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.*

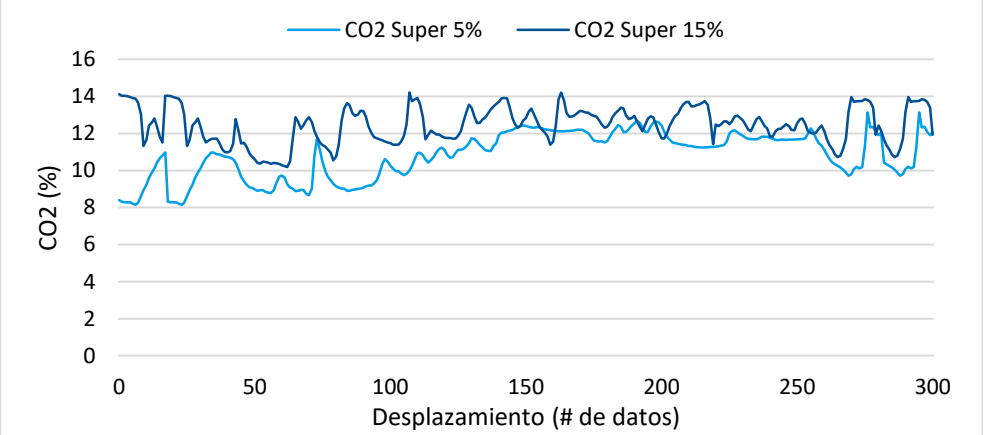


Figura 44. *Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones de CO del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y

Extra 15% en la figura 45 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 46, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

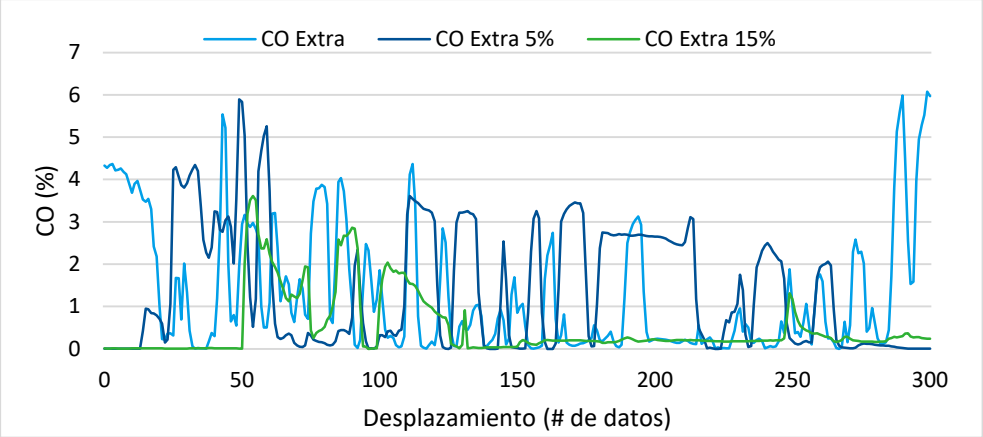


Figura 45. *Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.*

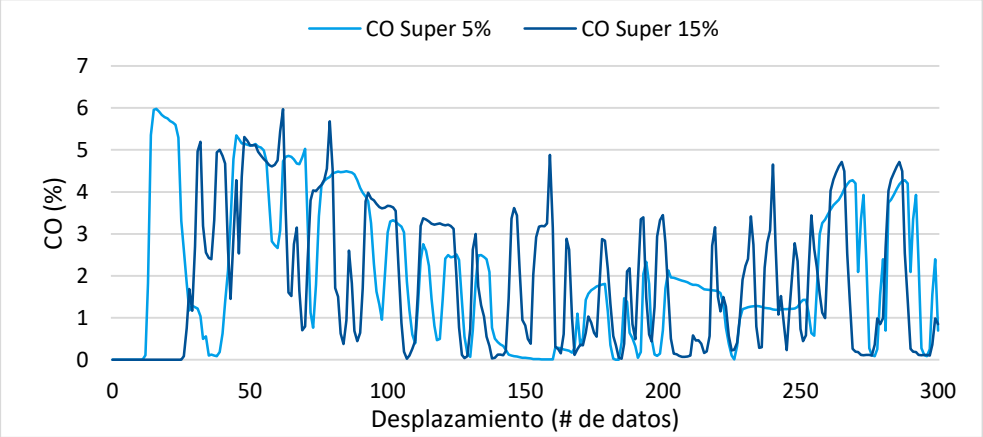


Figura 46. *Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones de HC del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 47 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 48 del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

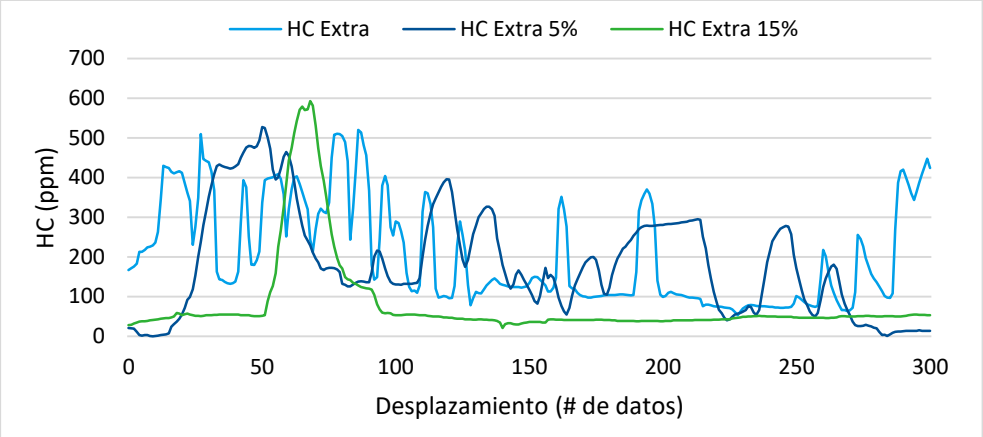


Figura 47. *Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.*

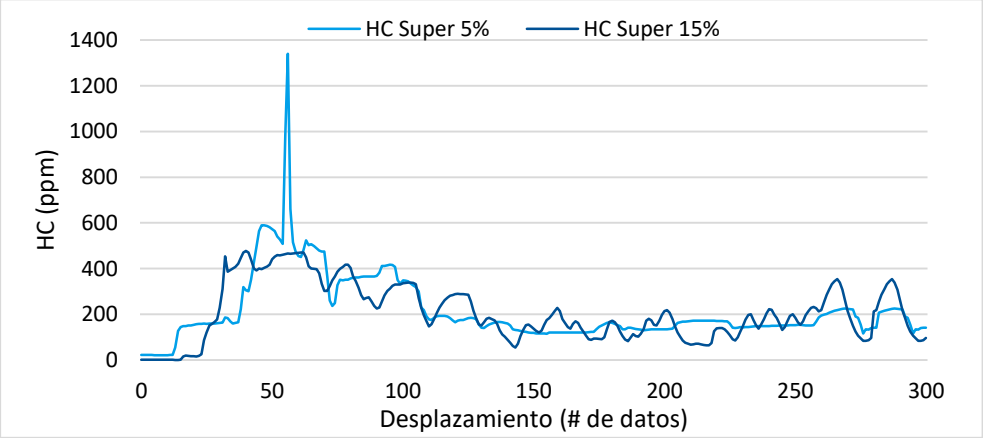


Figura 48. *Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones de NOx del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NO_x (ppm) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 49 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 50, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

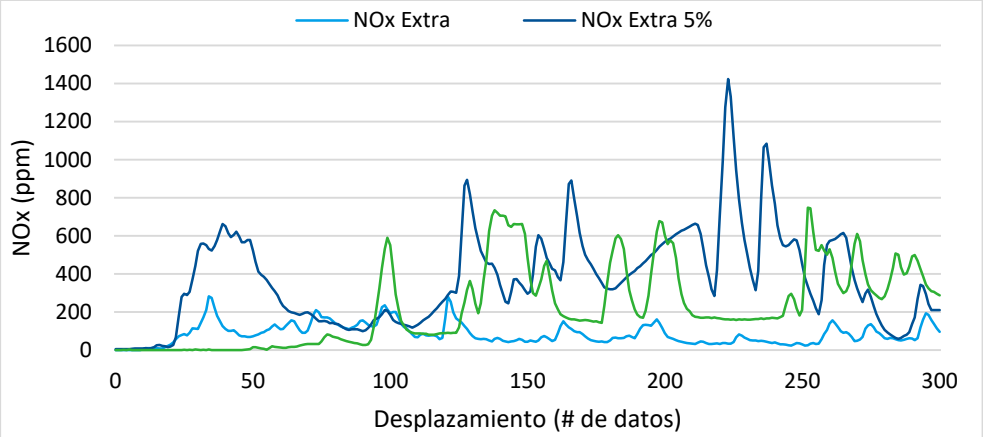


Figura 49. *Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.*

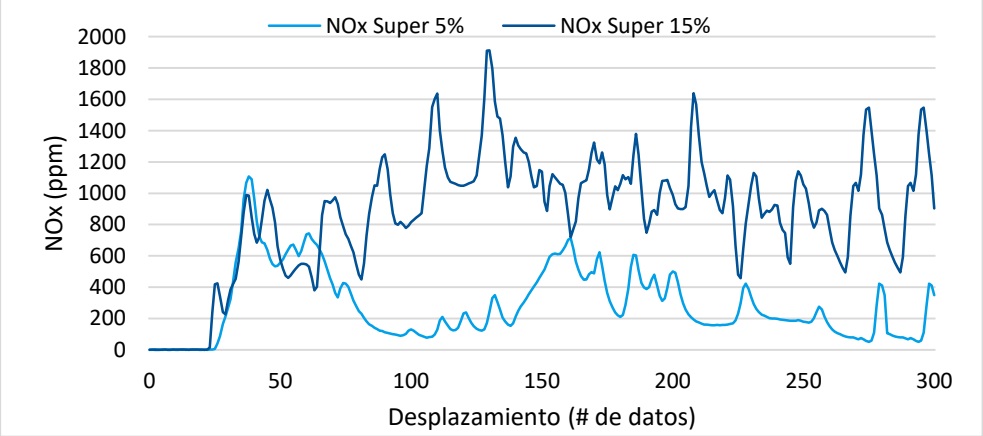


Figura 50. *Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.*

Emisiones del sector periférico – descenso.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso de la prueba en el sector periférico en el descenso.

Emisiones de O2 del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O_2 (%) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5%

y Extra 15% en la figura 51 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 52, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

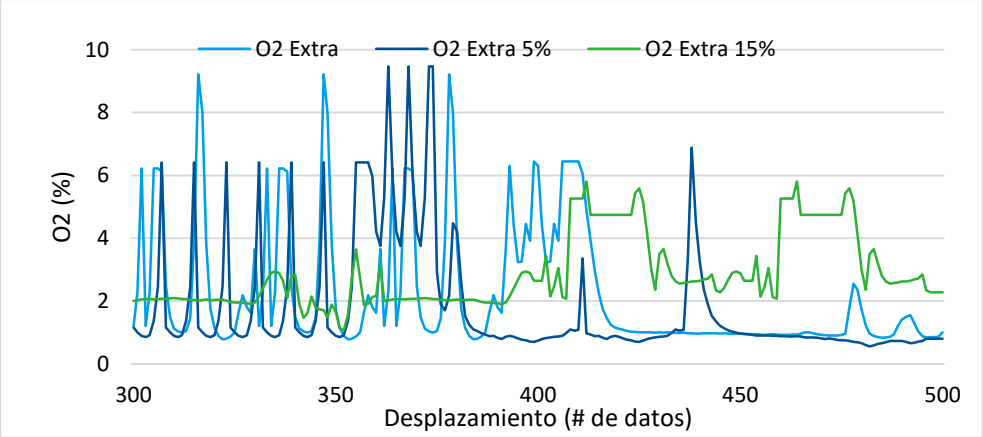


Figura 51. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

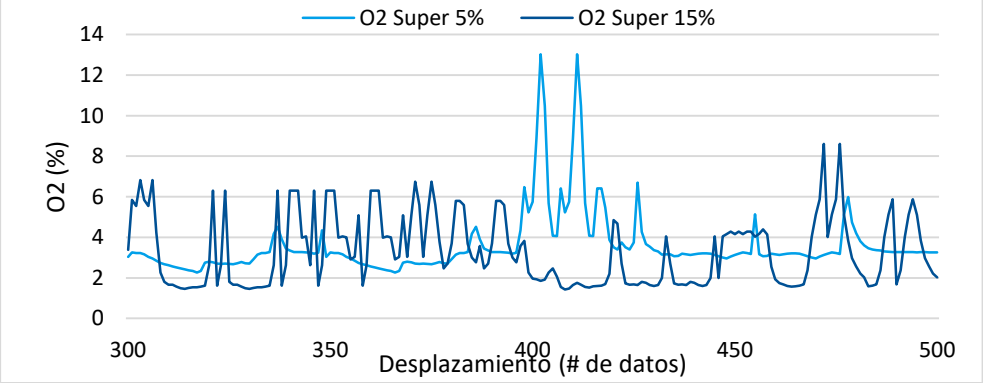


Figura 52. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO2 del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO_2 (%) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 53 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 54, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

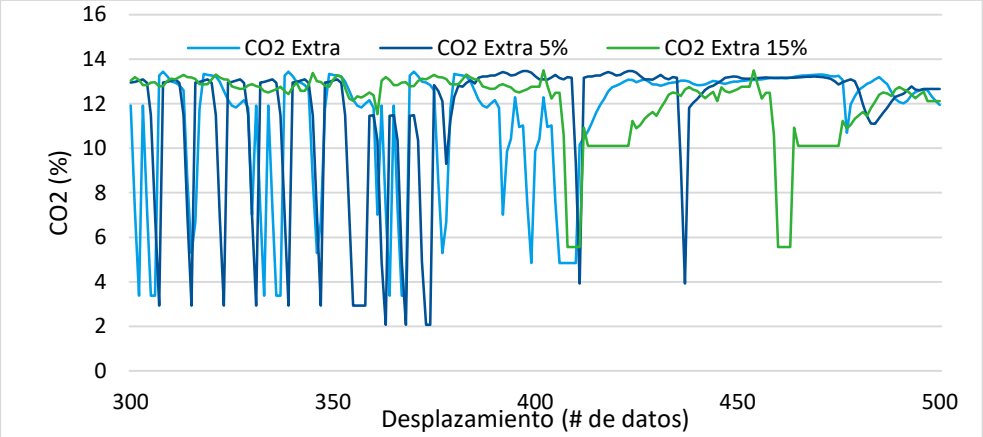


Figura 53. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

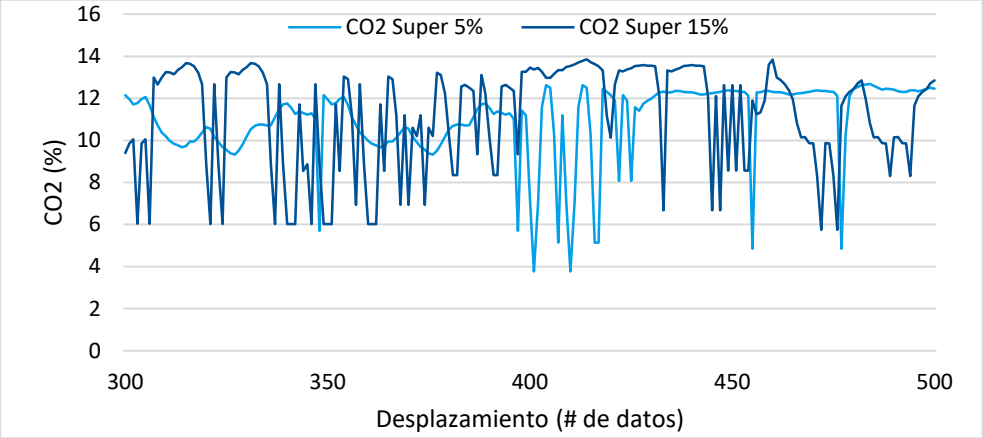


Figura 54. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 55 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 56, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

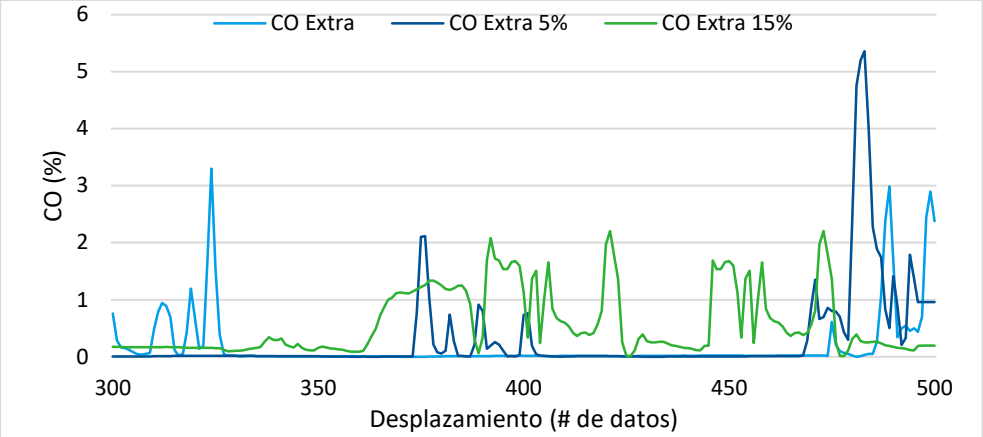


Figura 55. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

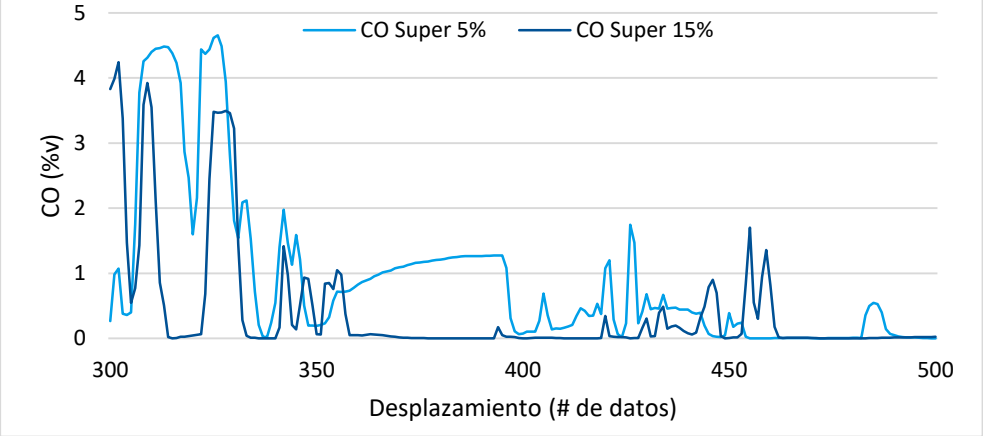


Figura 56. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de HC del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 57 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 58, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

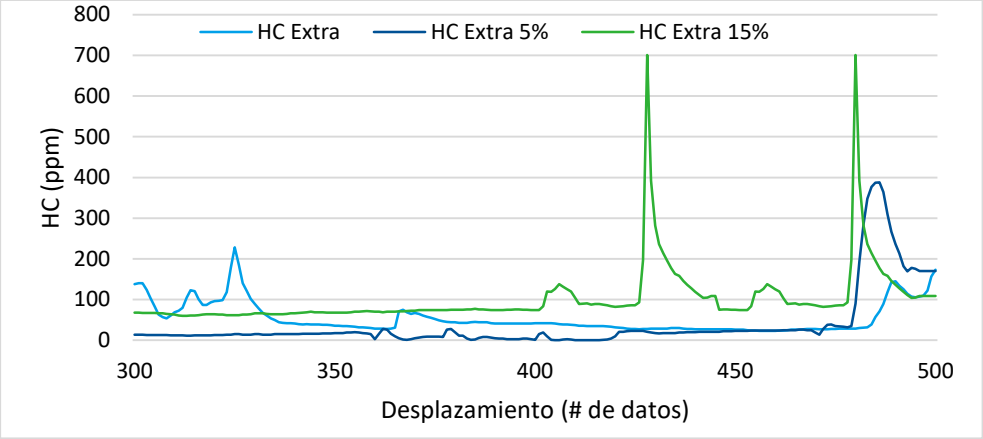


Figura 57. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

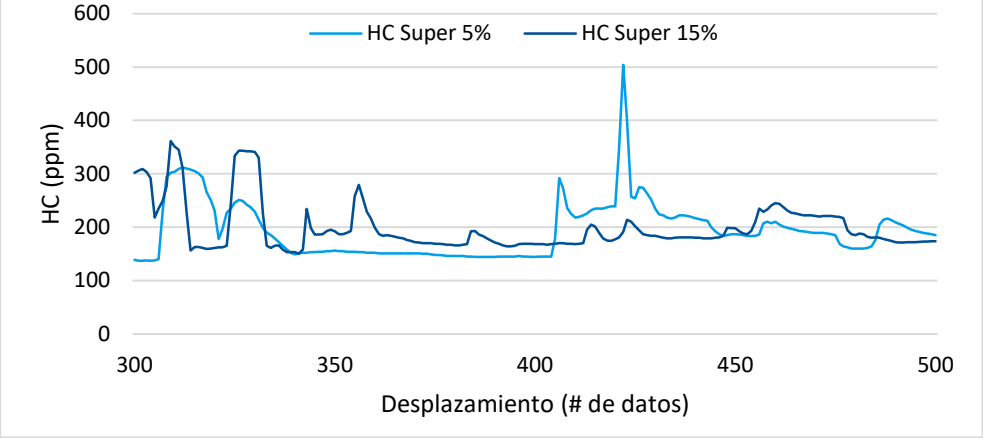


Figura 58. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de NOx del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NOx (ppm) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 59 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 60, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

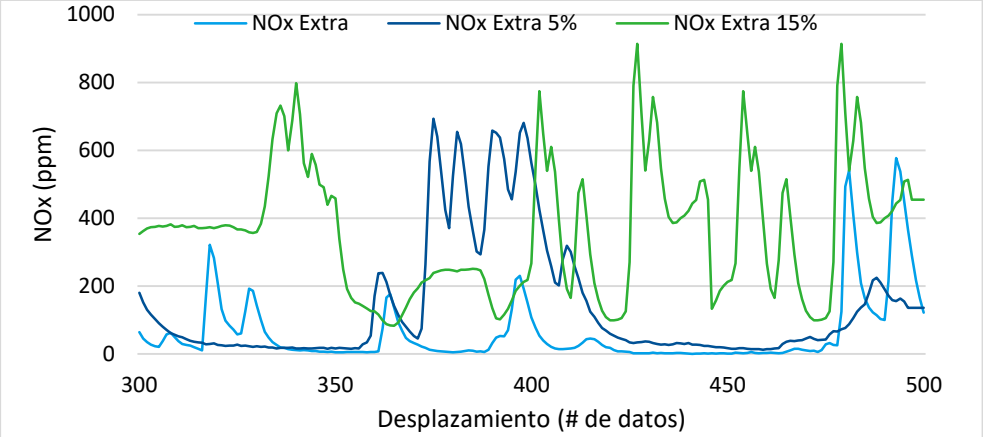


Figura 59. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%

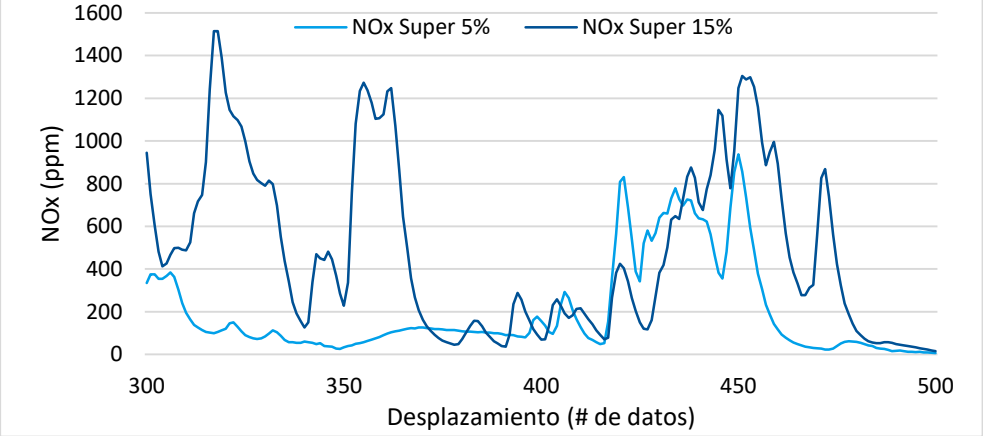


Figura 60. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones del sector urbano.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso de la prueba en el sector urbano.

Emisiones de O2 del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O_2 (%) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%

en la figura 61 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 62, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

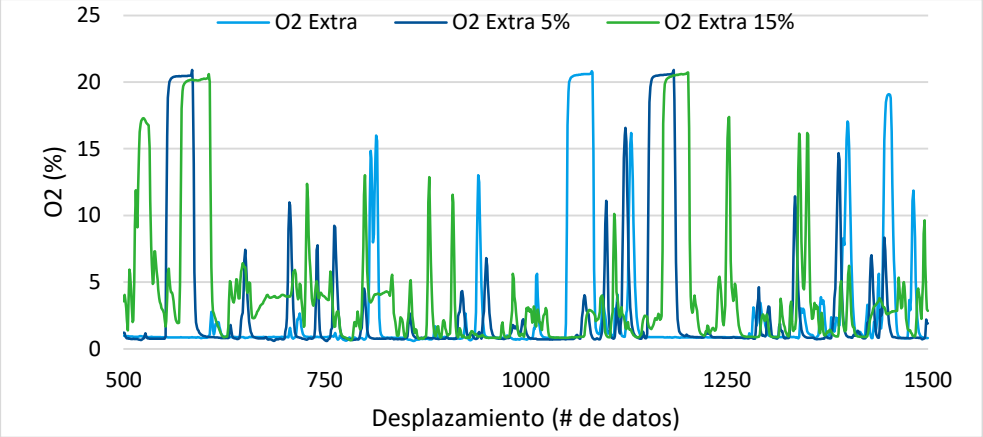


Figura 61. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

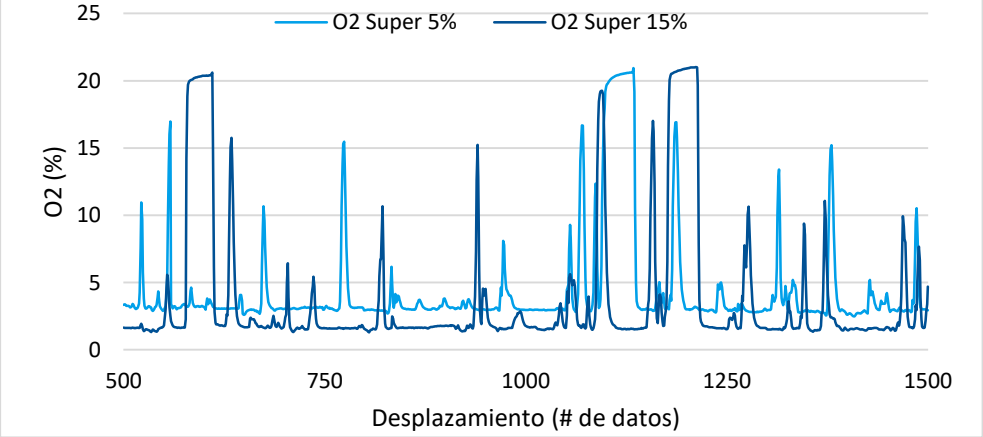


Figura 62. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO2 del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO_2 (%) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 63 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 64, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

.

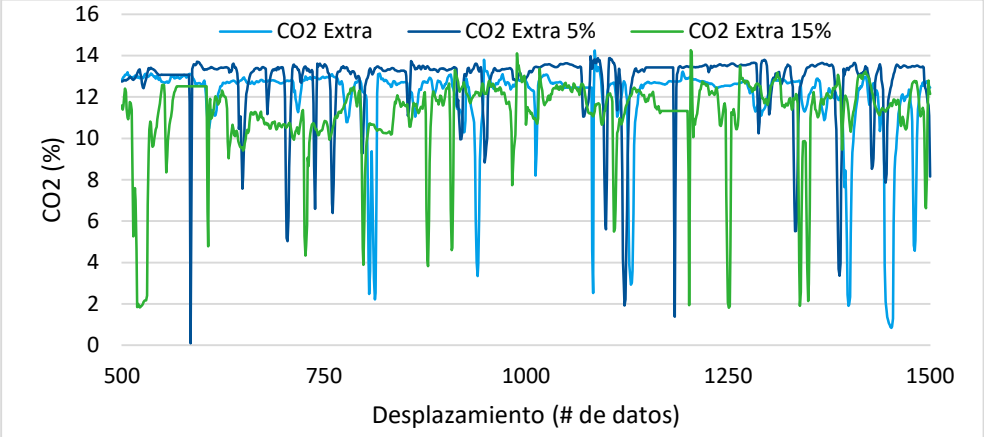


Figura 63. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

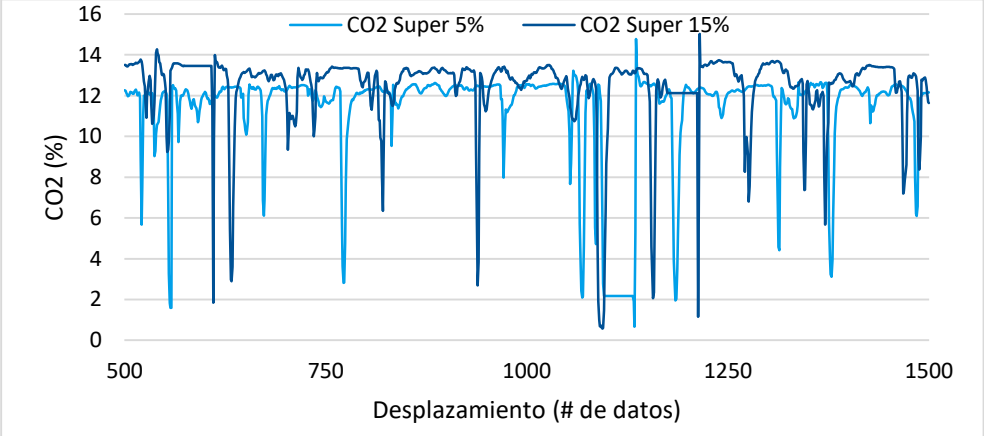


Figura 64. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 65 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 66, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

.

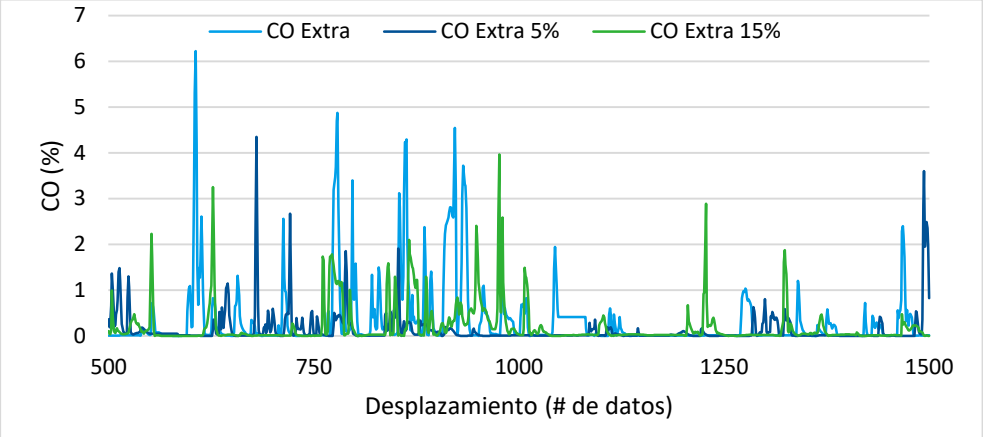


Figura 65. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

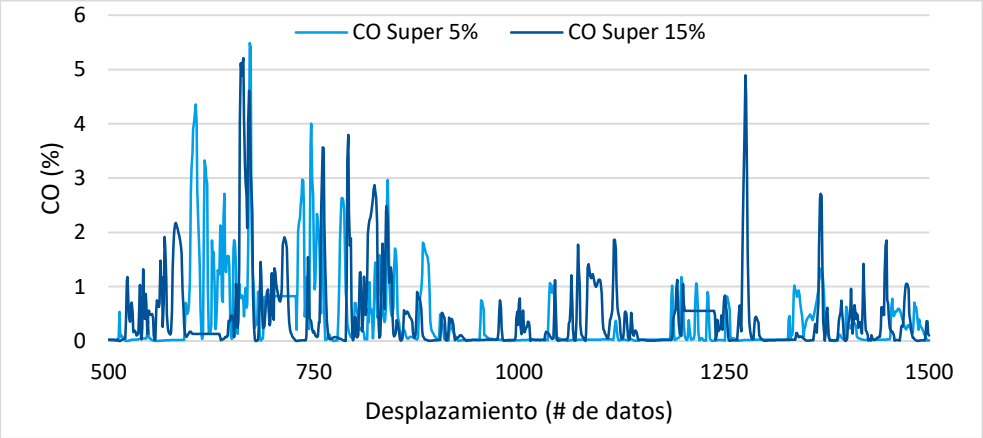


Figura 66. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de HC del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 67 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 68, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

.

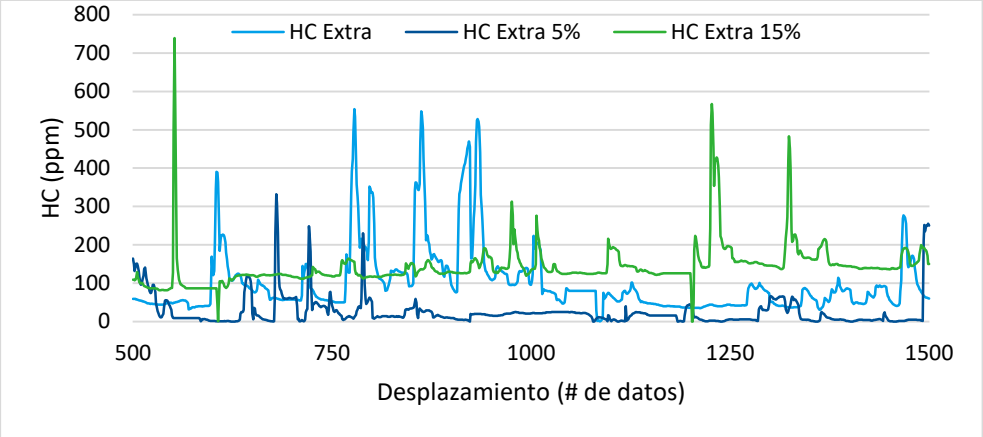


Figura 67. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

.

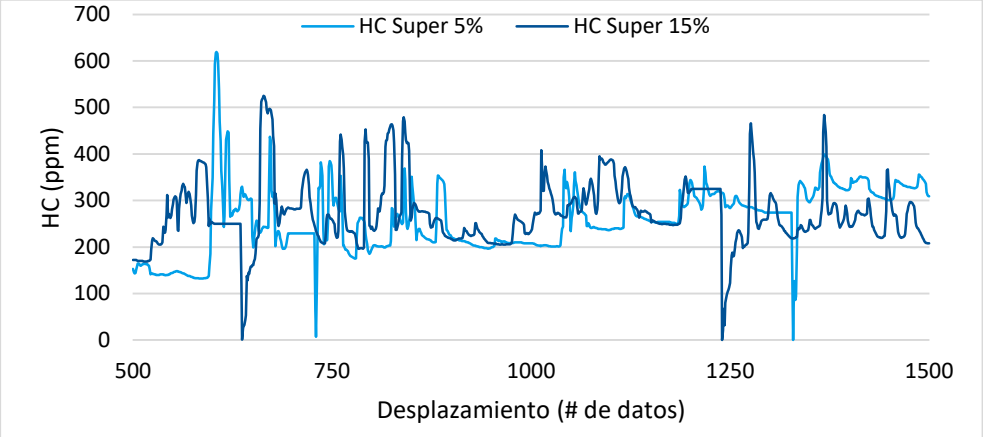


Figura 68. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de NOx del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NOx (ppm) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 69 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 70, del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

.

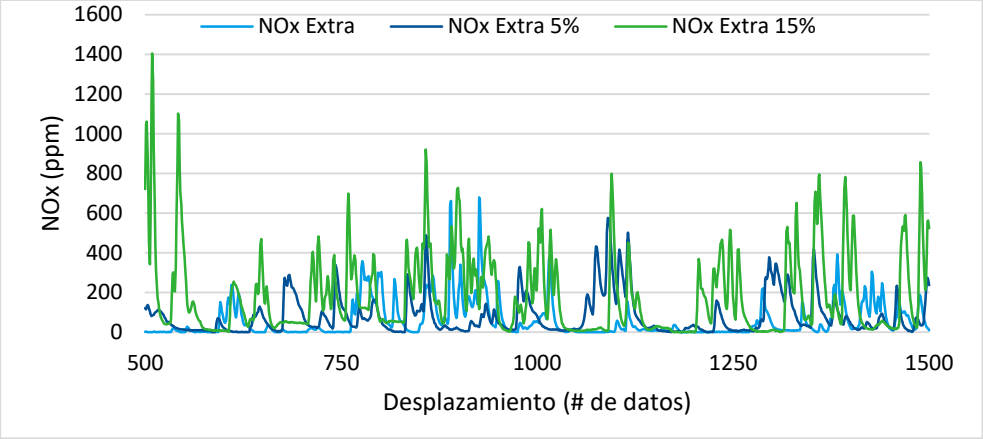


Figura 69. Emisiones de NOx del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

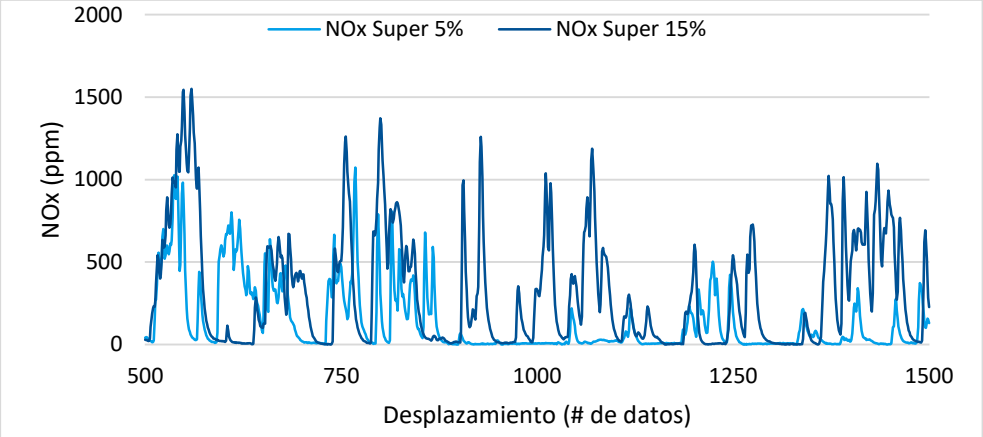


Figura 70. Emisiones de NOx del sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Presentación de resultados de emisiones del vehículo Corsa Evolution 1800cc

Se obtiene las mediciones de gases dinámicos de O_2 (%), CO (%), CO_2 (%), HC (ppm) y NOx (ppm), se exponen de manera general y divididas en el sector periférico ascenso y descenso; y en el sector urbano del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc. El informe del CCICEV de estas pruebas se muestran en el Anexo 2.

Emisiones generales del vehículo Corsa Evolution 1800cc.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso total de la prueba, es decir tomando en cuenta el sector periférico en ascenso y descenso, y el sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

Emisiones de O_2 generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O_2 (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 71 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 72, del vehículo Chevrolet Corsa.

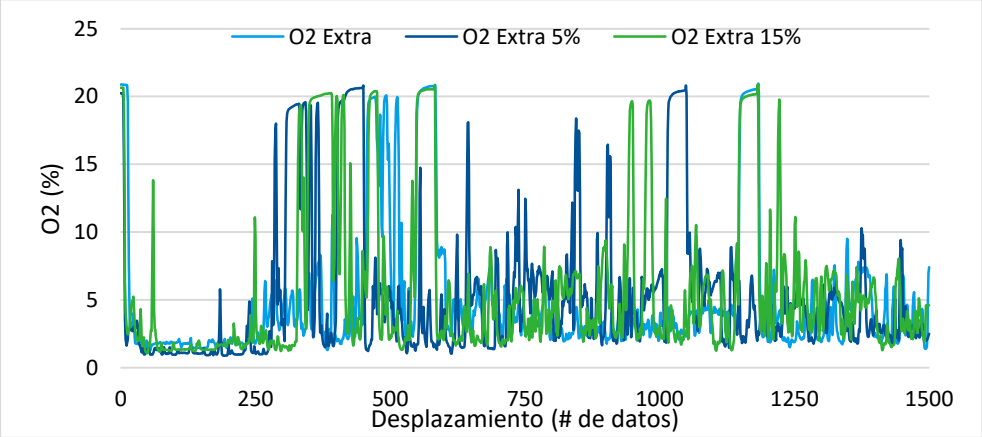


Figura 71. Emisiones de O2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

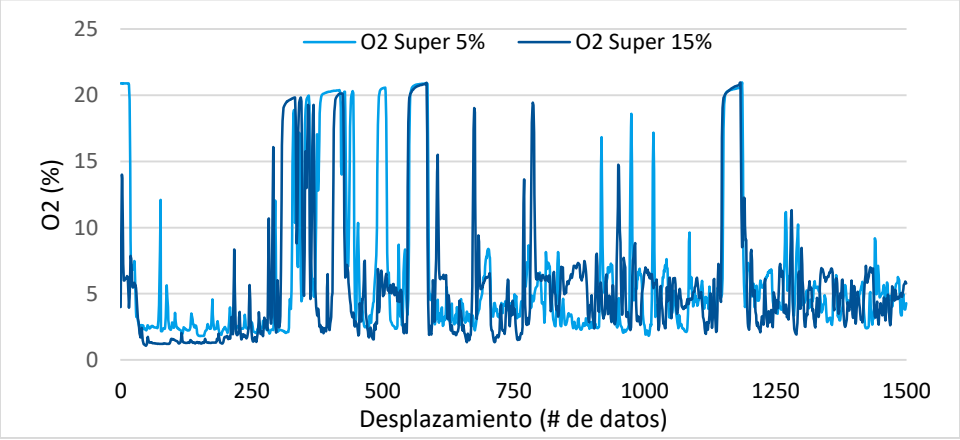


Figura 72. Emisiones de O2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO_2 generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO_2 (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 73 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 74, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

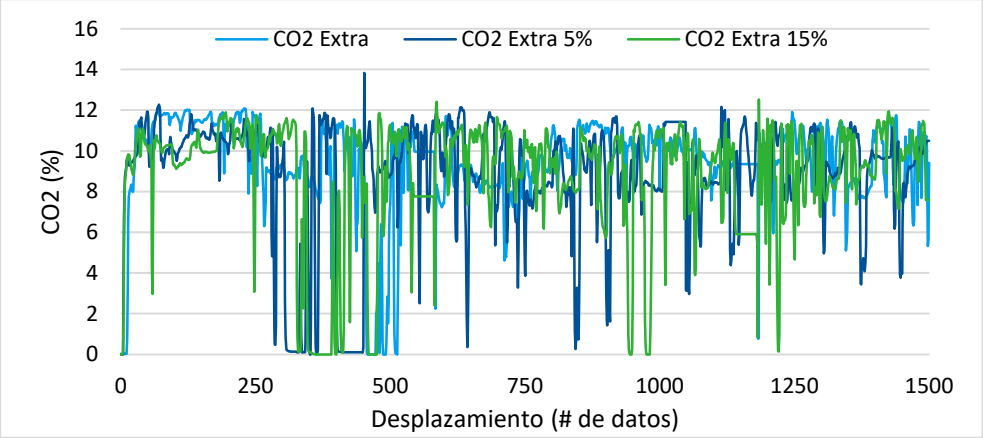


Figura 73. Emisiones de CO2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

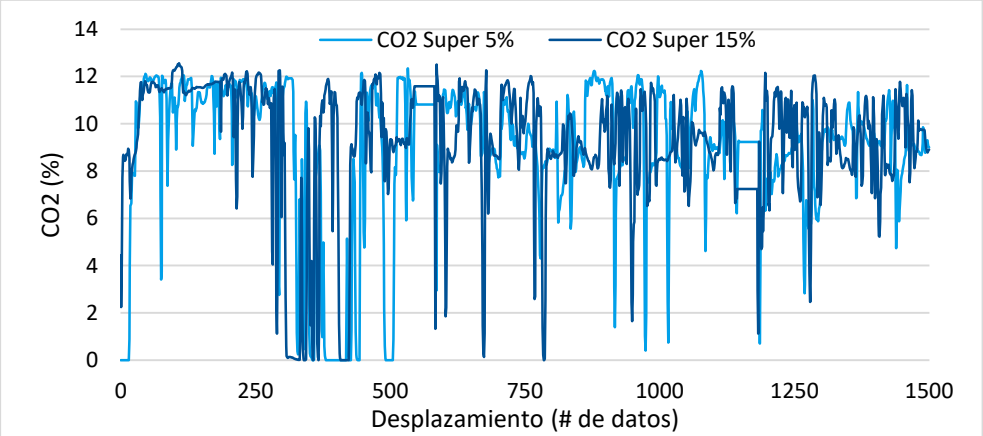


Figura 74. Emisiones de CO2 generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 75 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 76, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

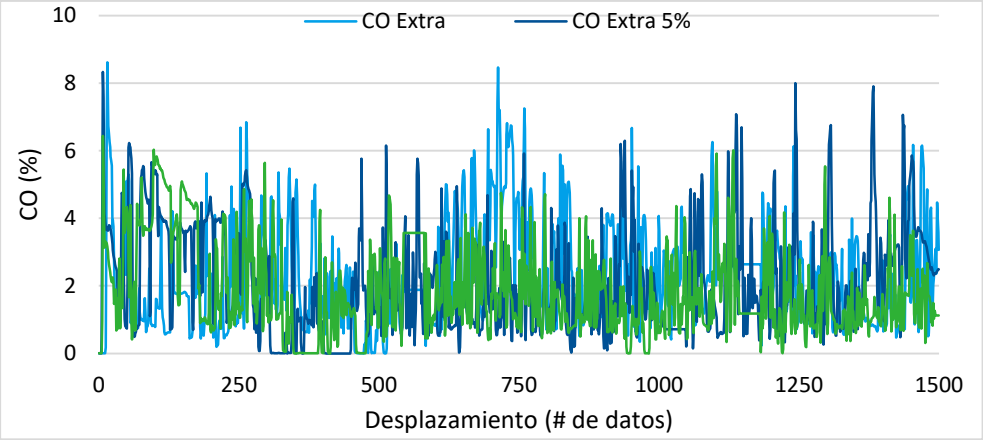


Figura 75. Emisiones de CO generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

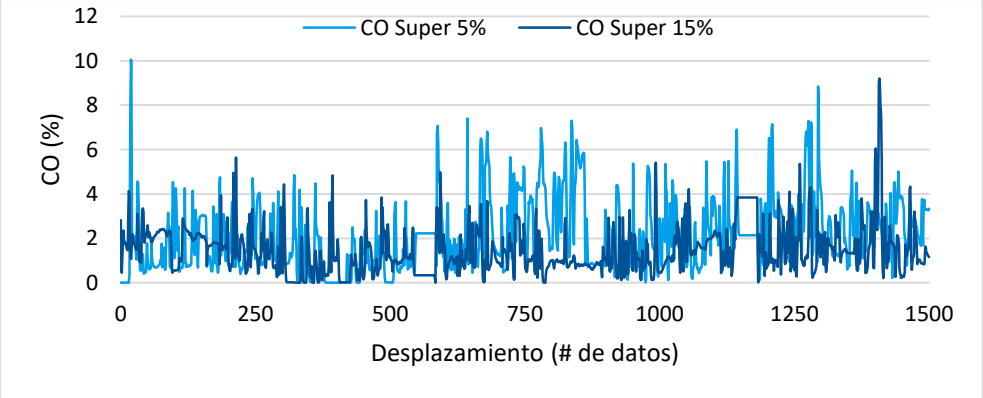


Figura 76. Emisiones de CO generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de HC generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 77 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 78, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

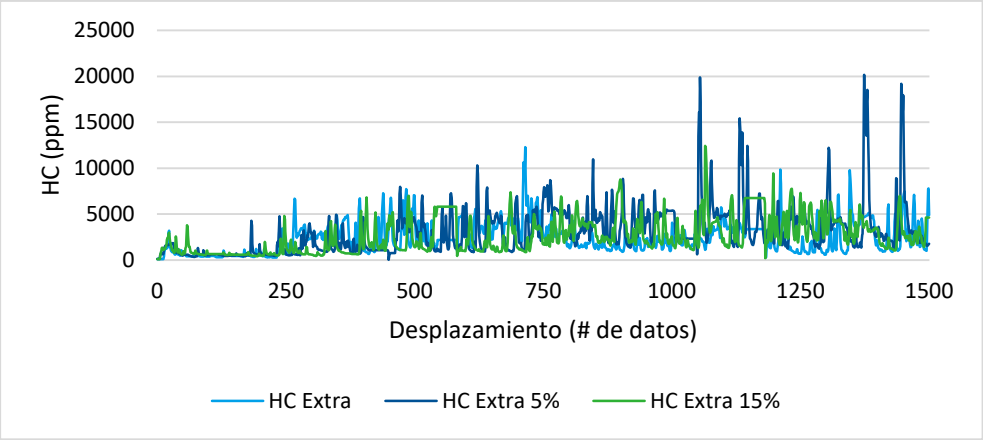


Figura 77. Emisiones de HC generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%

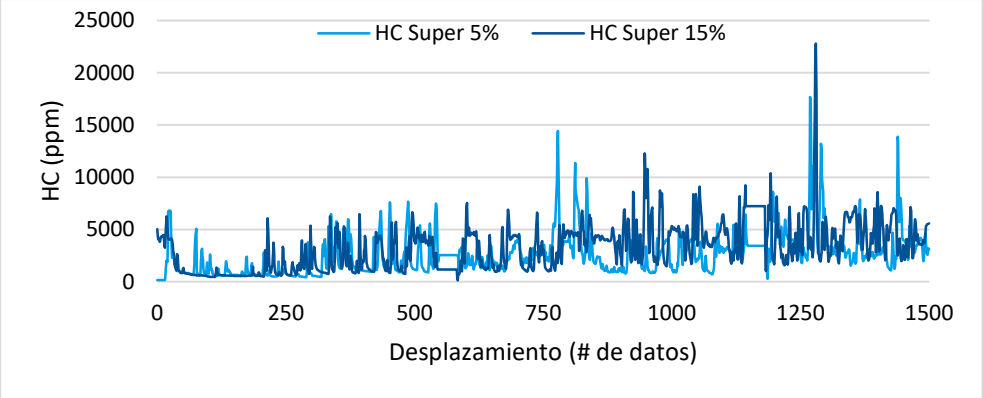


Figura 78. Emisiones de HC generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de NOx generales.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NOx (ppm) generales con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 79 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 80, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

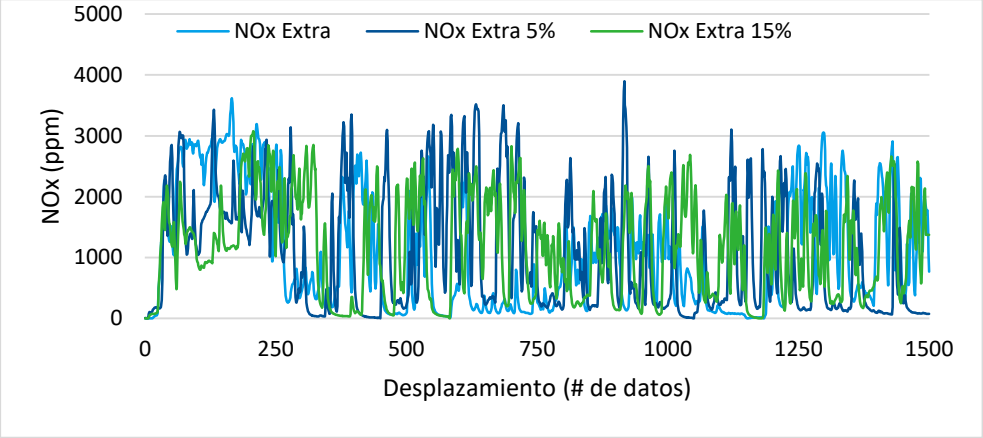


Figura 79. Emisiones de NOx generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

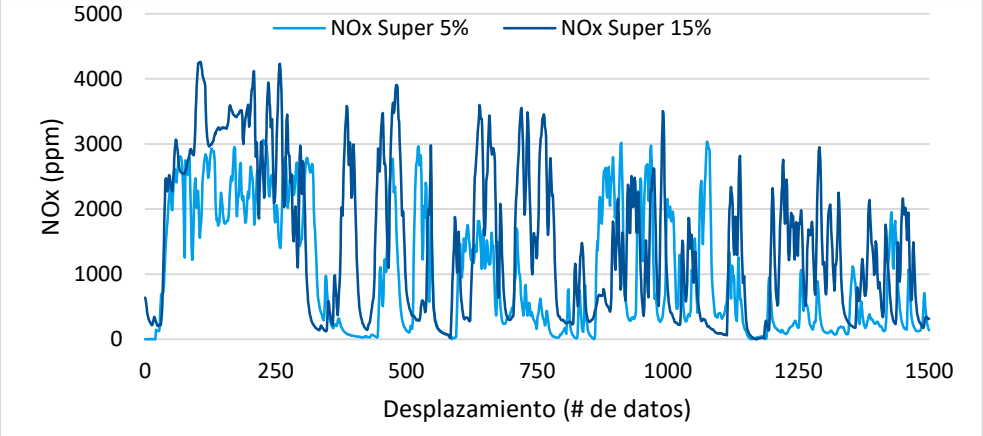


Figura 80. Emisiones de NOx generales del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones del sector periférico – ascenso.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso de la prueba en el sector periférico en el ascenso.

Emisiones de O2 del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O2 (%) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 81 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 82, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

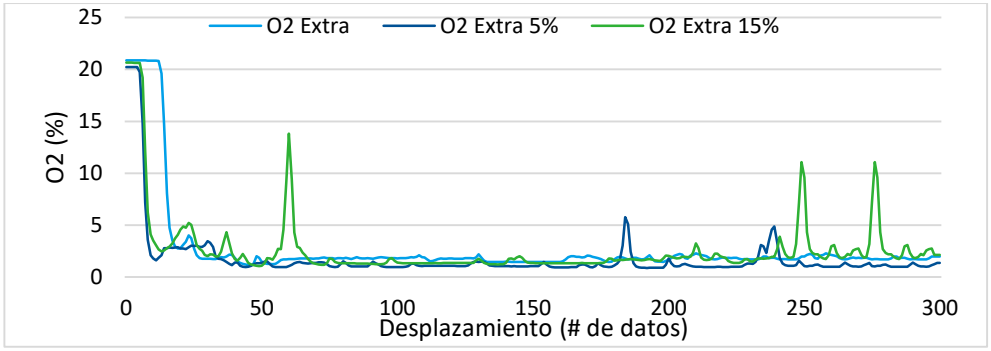


Figura 81. Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% .

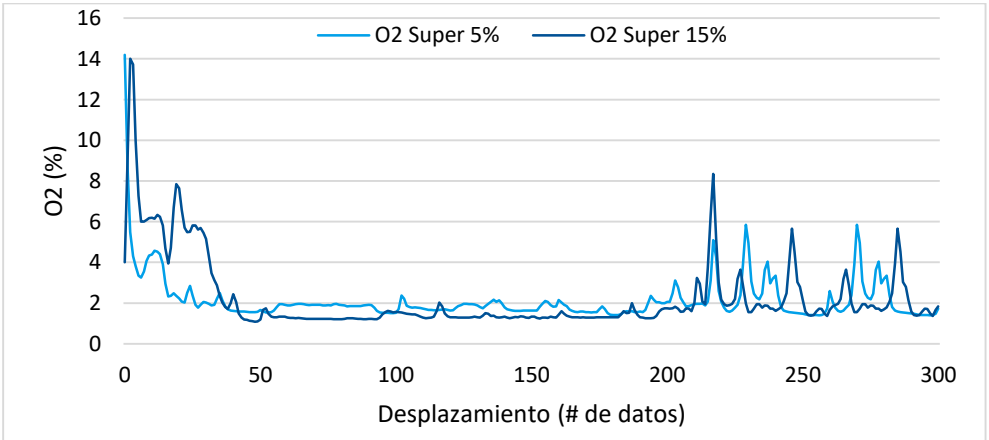


Figura 82. Emisiones de O2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO2 del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO2 (%) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 83 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 84, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

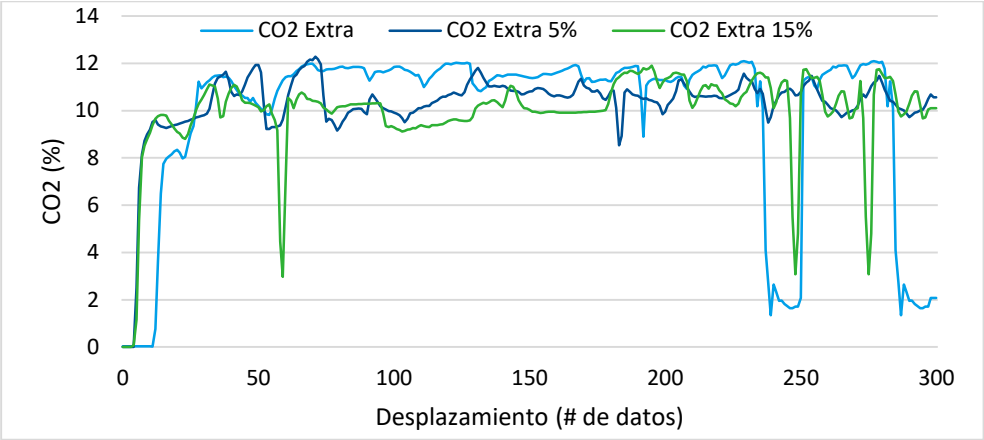


Figura 83. Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

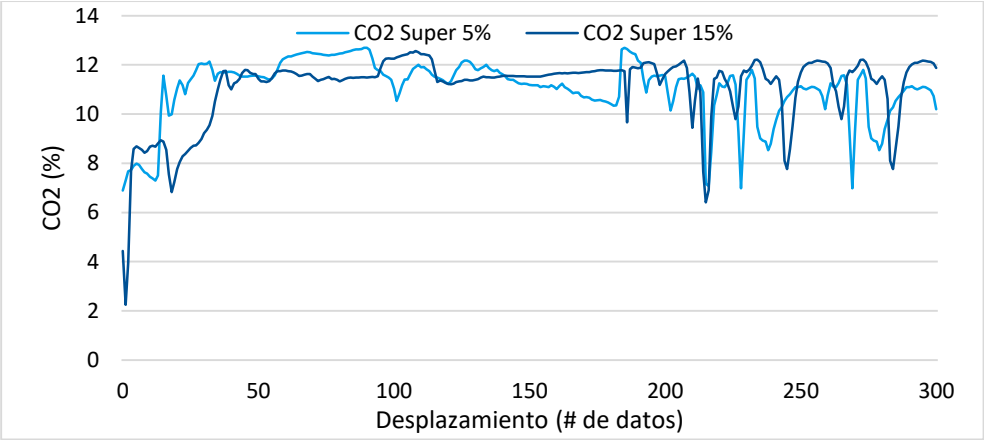


Figura 84. Emisiones de CO2 del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 85 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 86, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

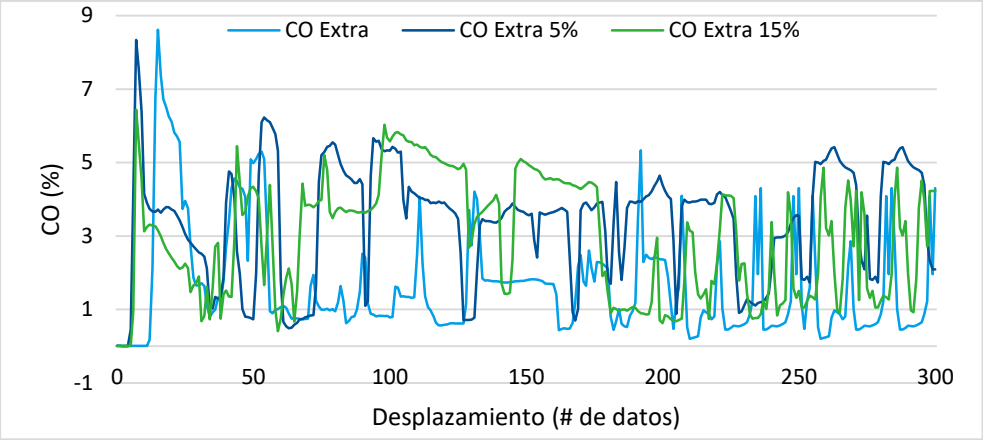


Figura 85. Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

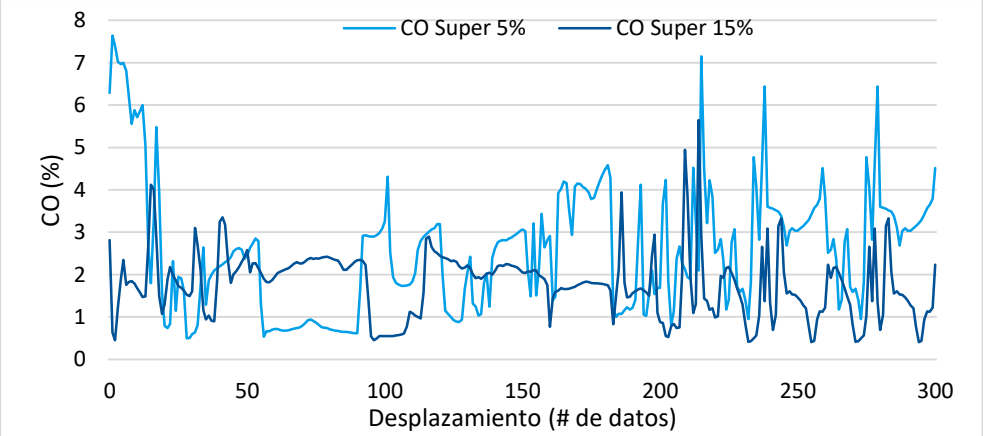


Figura 86. Emisiones de CO del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de HC del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 87 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 88, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

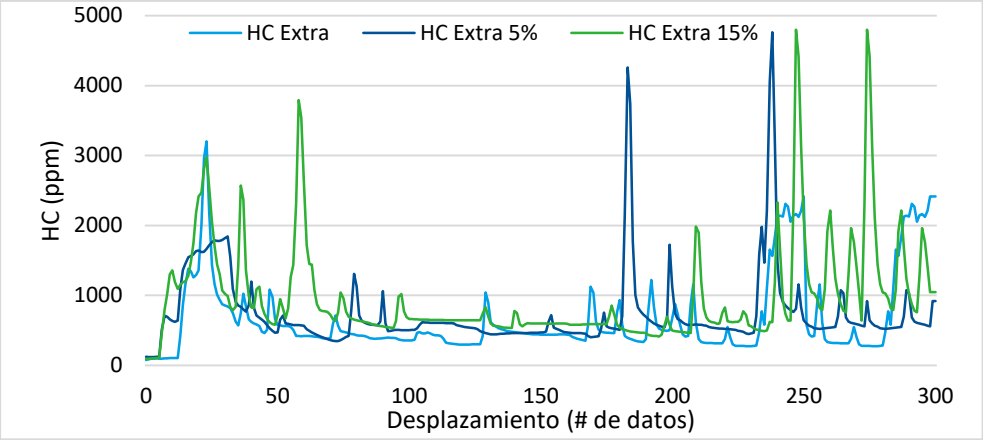


Figura 87. Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

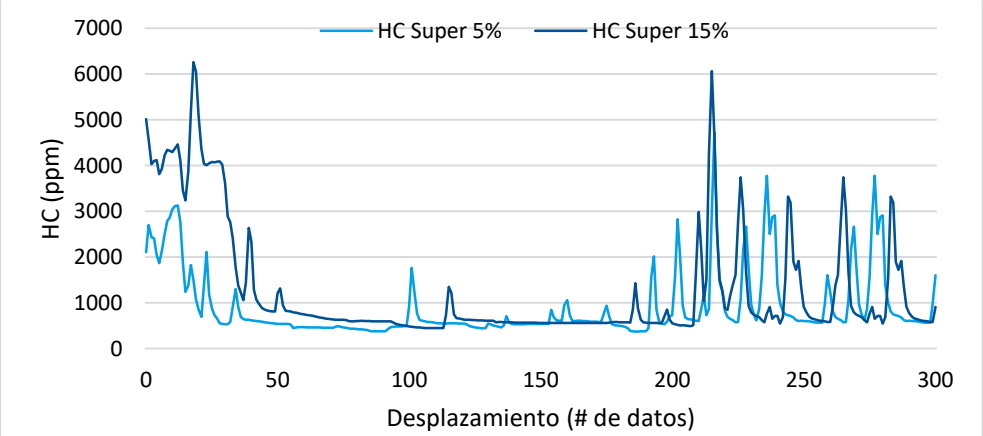


Figura 88. Emisiones de HC del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de NOx del sector periférico – ascenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NOx (ppm) del sector periférico en el ascenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 89 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 90, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

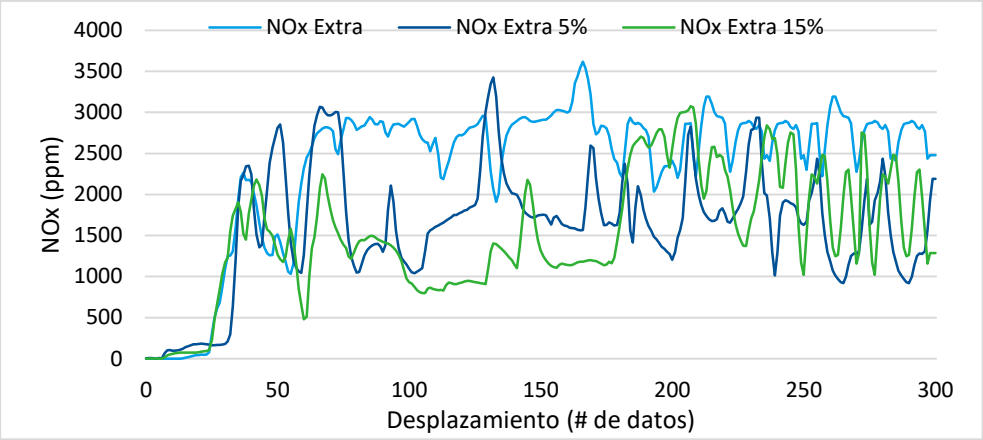


Figura 89. Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

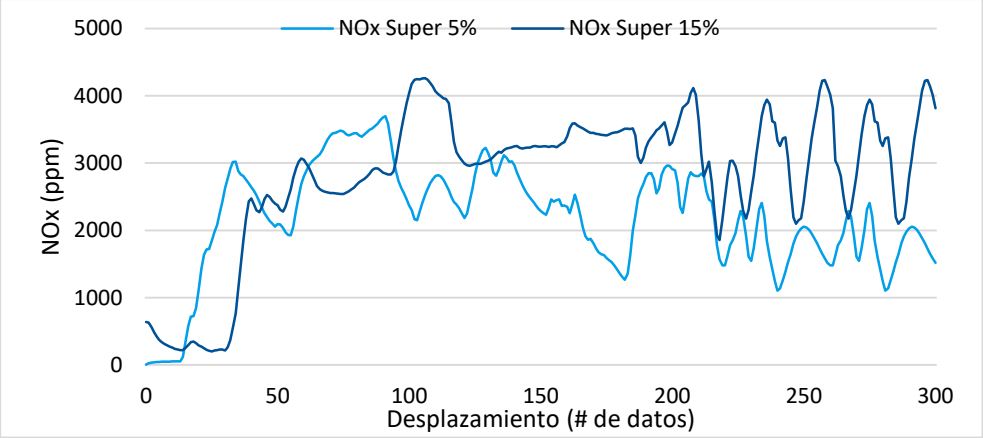


Figura 90. Emisiones de NOx del sector periférico-ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones del sector periférico – descenso.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso de la prueba en el sector periférico en el descenso.

Emisiones de O2 del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O2 (%) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 91 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 92, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

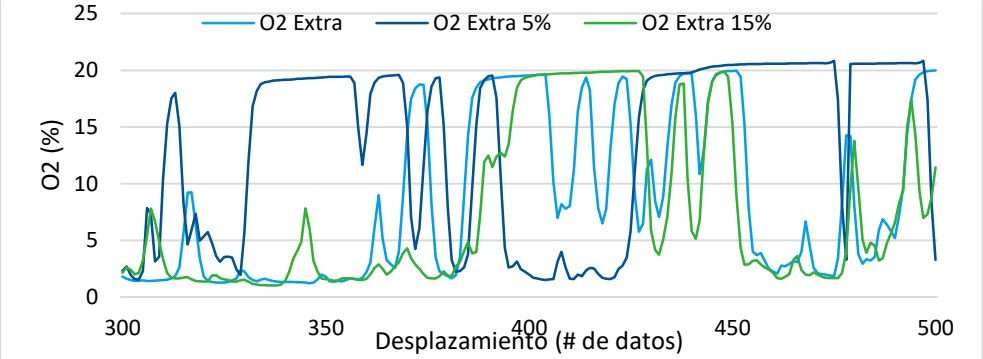


Figura 91. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

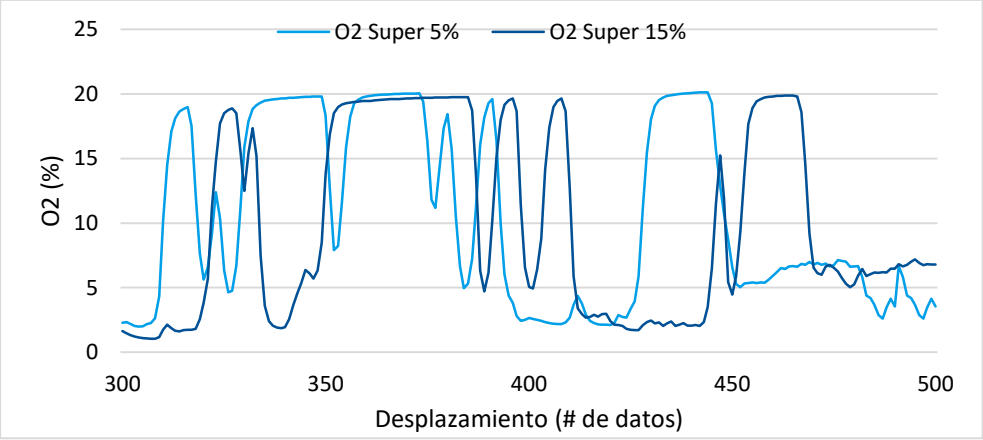


Figura 92. Emisiones de O2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO2 del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO2 (%) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 93 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 94, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

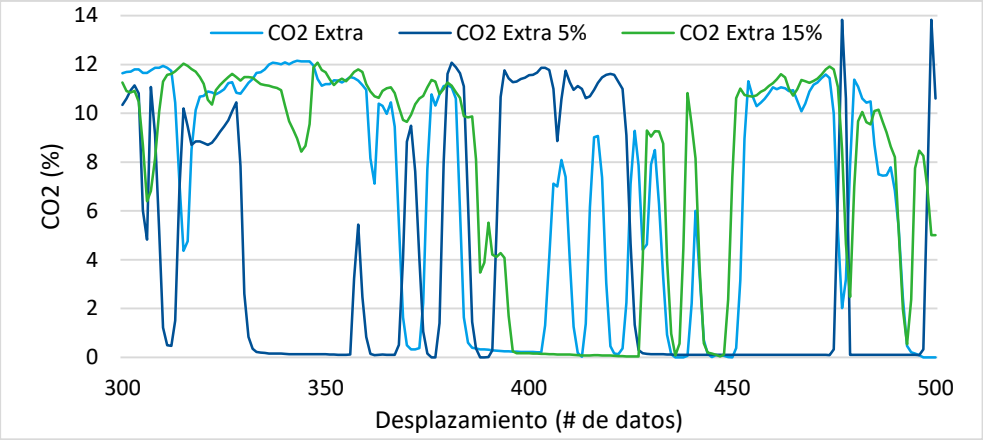


Figura 93. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

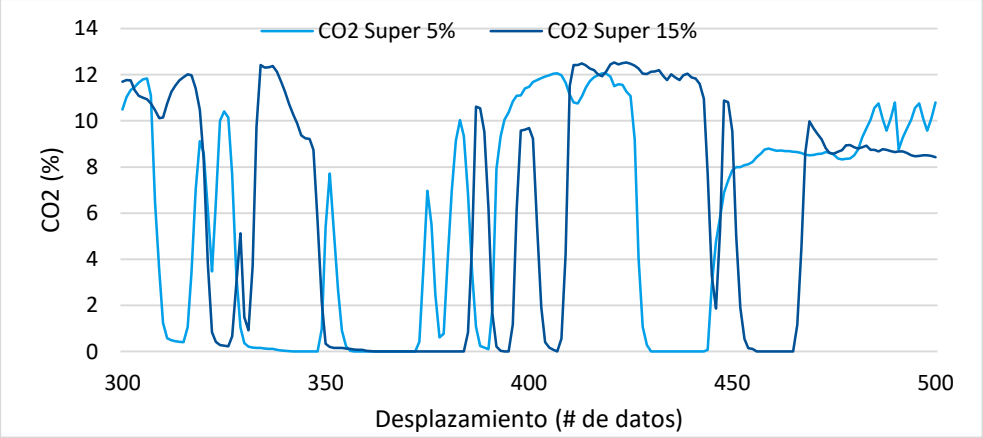


Figura 94. Emisiones de CO2 del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 95 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 96, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

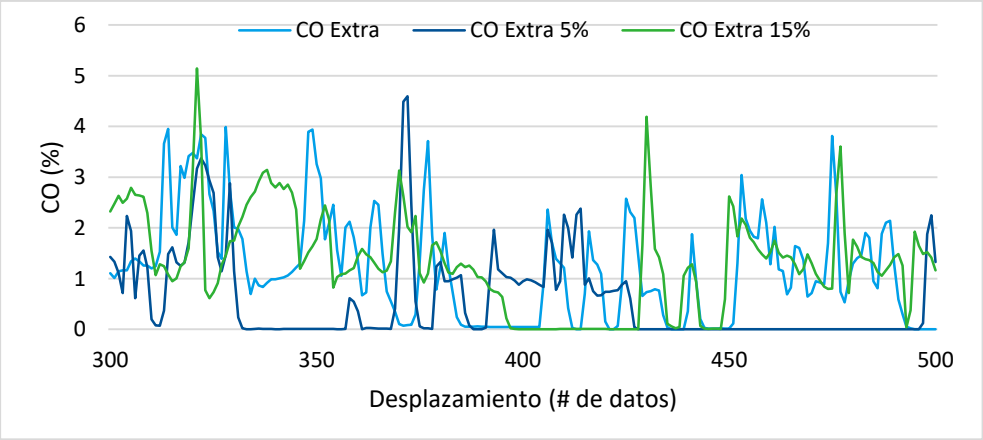


Figura 95. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

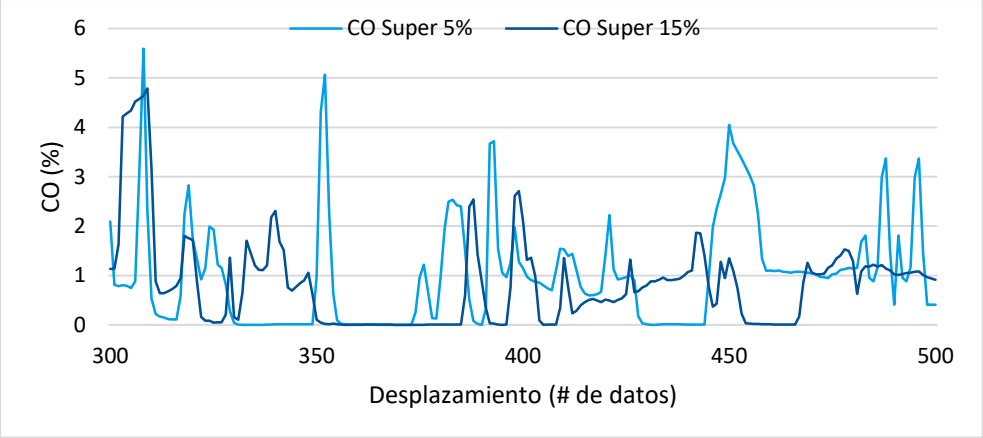


Figura 96. Emisiones de CO del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de HC del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 97 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 98, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

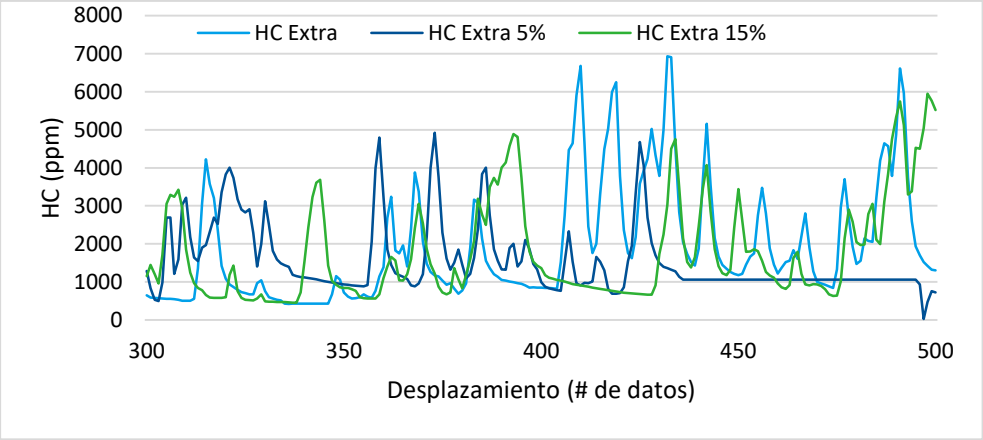


Figura 97. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

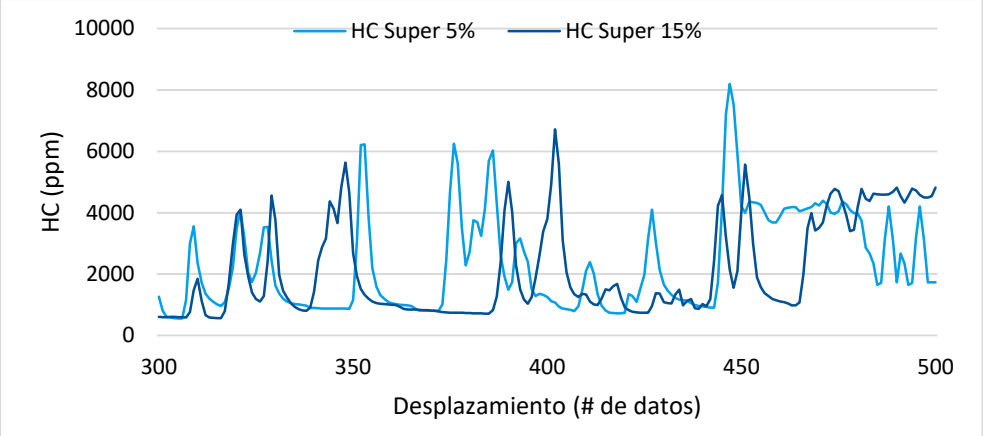


Figura 98. Emisiones de HC del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de NOx del sector periférico – descenso.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NOx (ppm) del sector periférico en el descenso con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 99 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 100, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

.

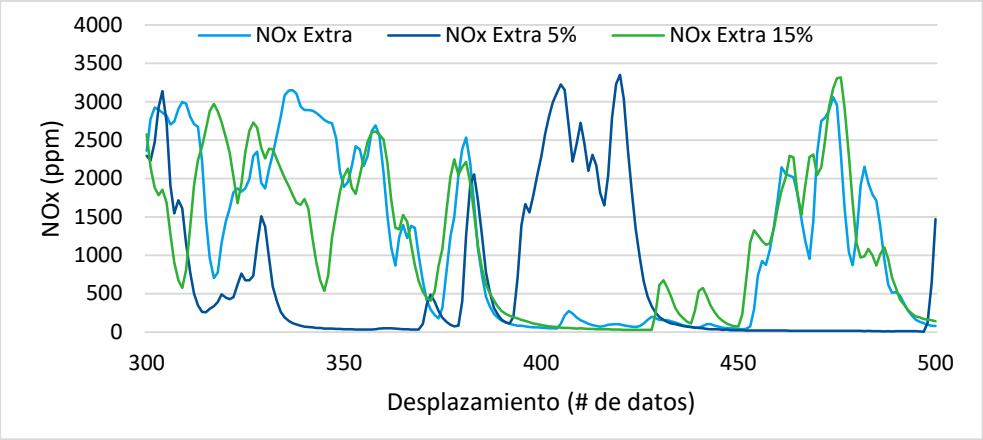


Figura 99. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

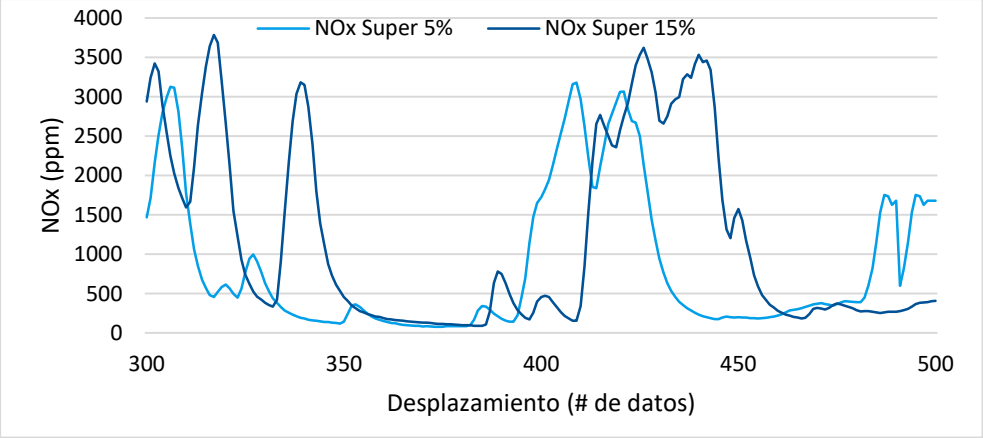


Figura 100. Emisiones de NOx del sector periférico-descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones del sector urbano.

A continuación, se muestran las gráficas de emisiones de gases dinámicos de O_2, CO_2, CO, HC y NOx durante el transcurso de la prueba en el sector periférico en el descenso.

Emisiones de O2 del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de O2 (%) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 101 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 102, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

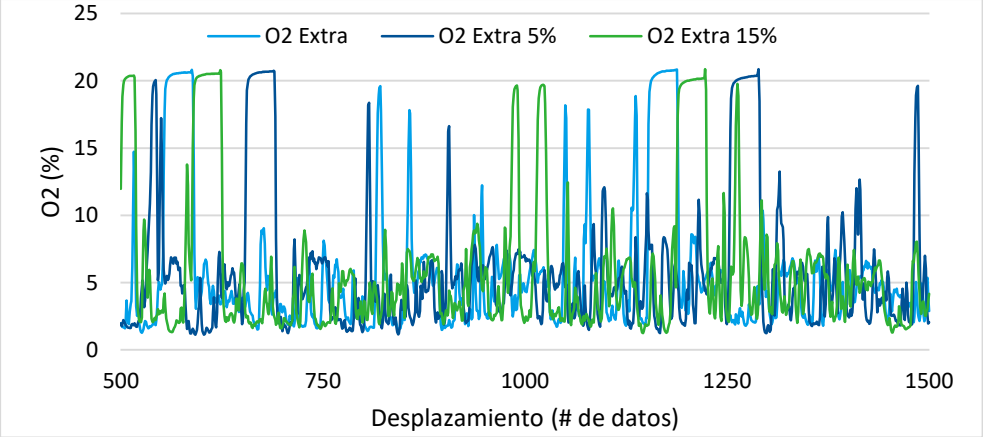


Figura 101. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

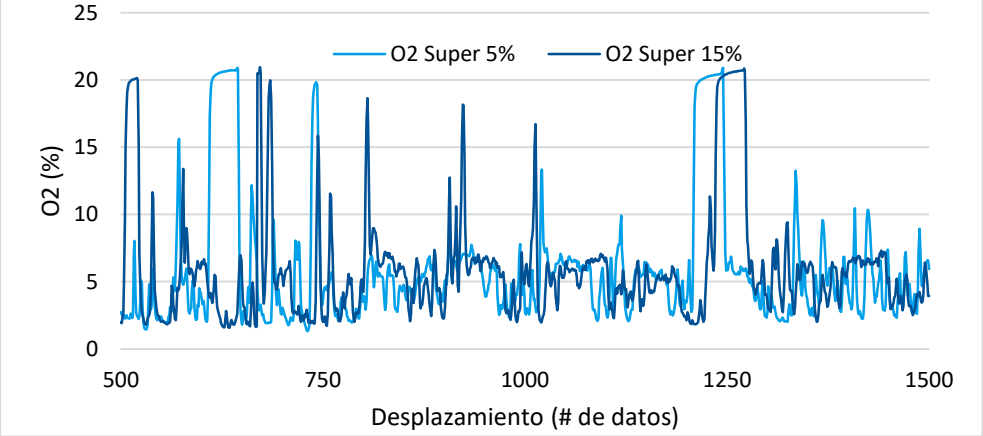


Figura 102. Emisiones de O2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO2 del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO2 (%) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 103 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 104, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

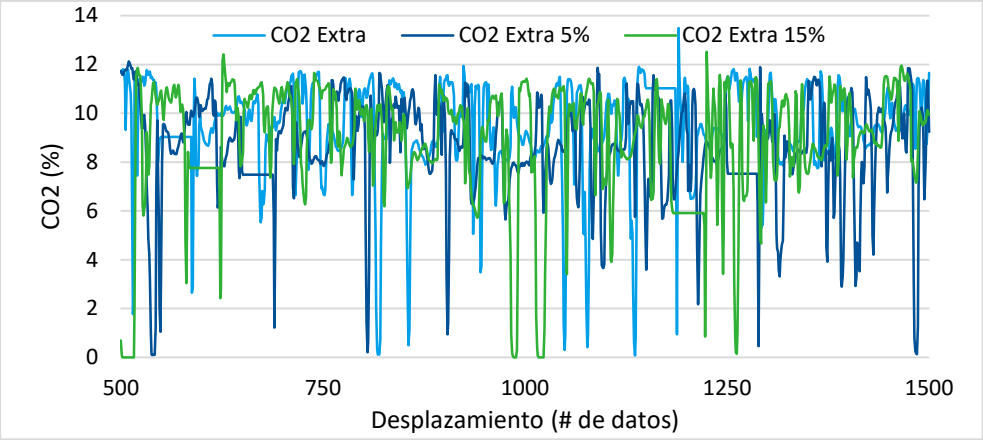


Figura 103. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

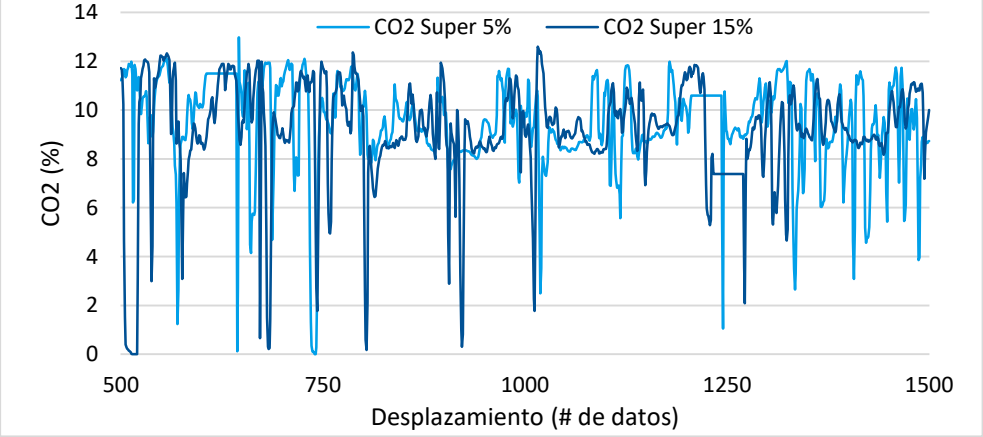


Figura 104. Emisiones de CO2 del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de CO del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de CO (%) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 105 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 106, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

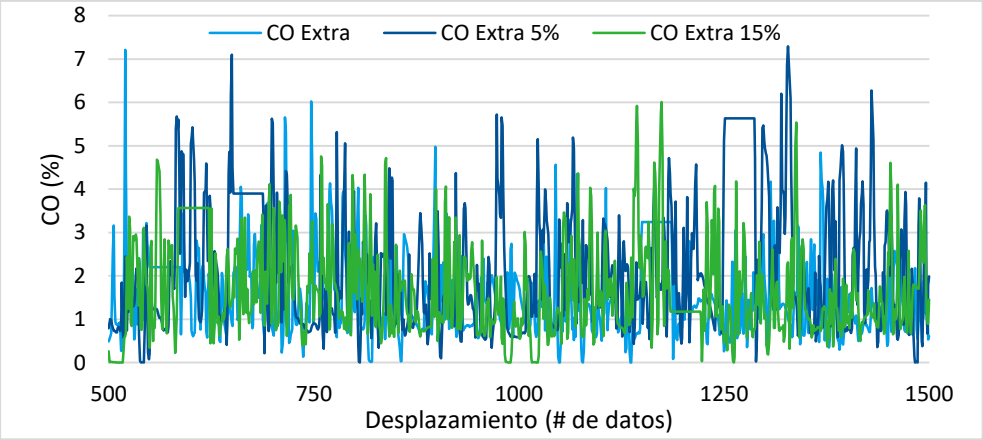


Figura 105. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

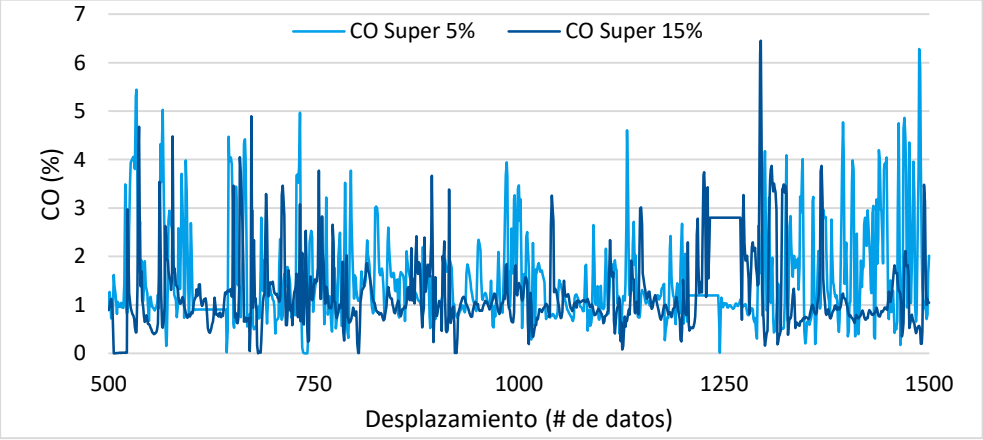


Figura 106. Emisiones de CO del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de HC del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de HC (ppm) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 107 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 108, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

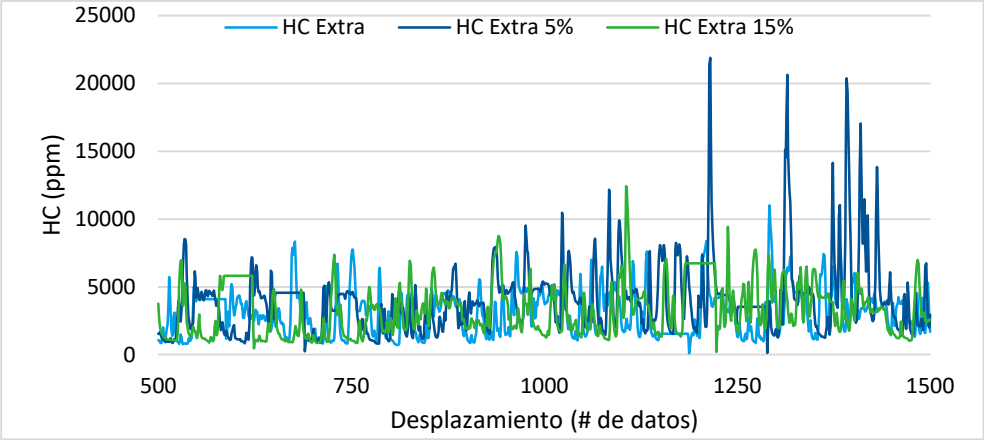


Figura 107. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%

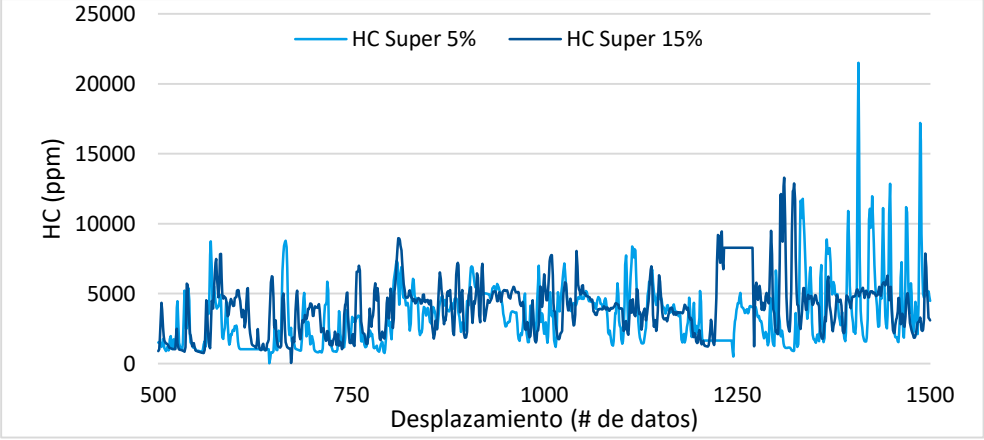


Figura 108. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Emisiones de NOx del sector urbano.

Se observan las variaciones de las concentraciones de NOx (ppm) del sector urbano con respecto al desplazamiento (número de datos) de los combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15% en la figura 109 y de los combustibles Super 5% y Super 15% en la figura 110, del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

.

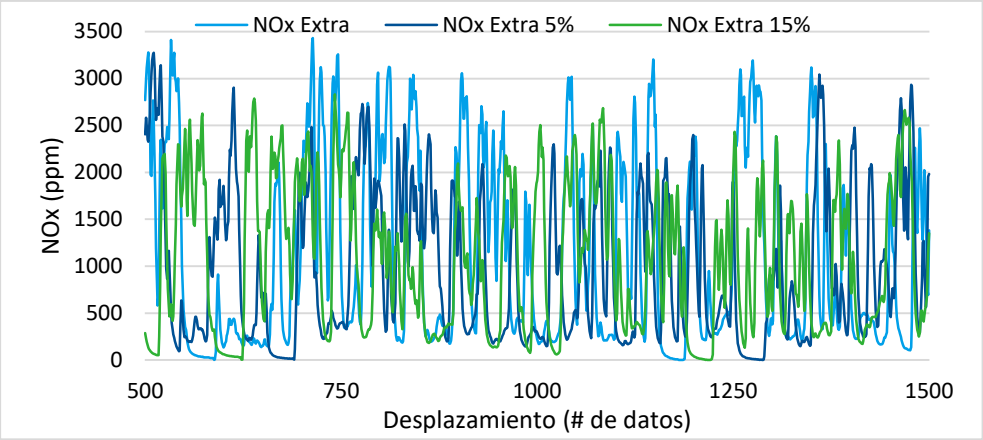


Figura 109. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Extra, Extra 5% y Extra 15%.

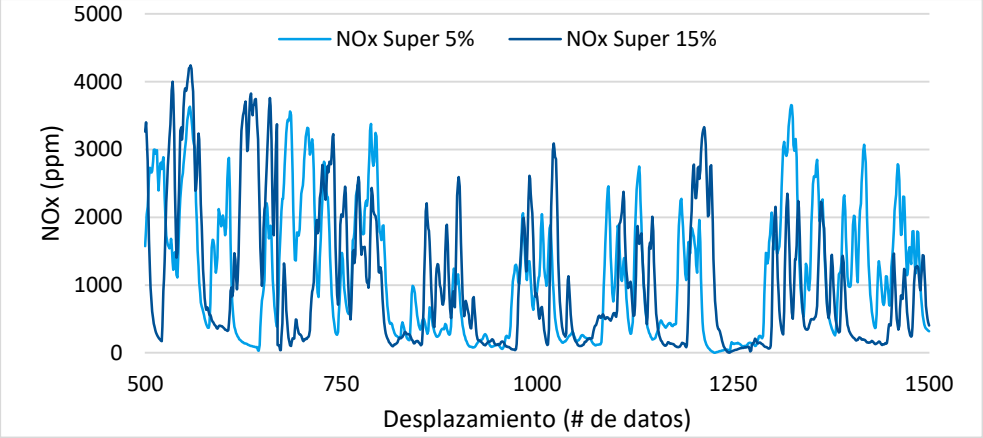


Figura 110. Emisiones de HC del sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc de combustibles Super 5% y Super 15%.

Consumo de combustible

Al recorrer la ruta previamente establecida de 15,673 km se realiza la medición de consumo de combustible de los dos vehículos seleccionados. A continuación, se exponen los resultados en litros por cada kilómetro recorrido del vehículo Aveo Family 1500 cc y Corsa Evolution 1800 cc.

Consumo de combustible del vehículo Aveo Family 1500 cc.

En la tabla 7 se presentan los resultados de consumo de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc en las tres pruebas realizadas por cada combusible.

Tabla 7
Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

Prueba	**Consumo de combustible (lt/km)**				
	Extra	Extra 5%	Extra 15%	Super 5%	Super 15%
1	0,112	0,112	0,159	0,136	0,137
2	0,121	0,121	0,128	0,123	0,128
3	0,128	0,128	0,128	0,133	0,141
Promedio	0,120	0,120	0,138	0,131	0,135

Nota (Consumo de combustible Aveo familia 1500cc)

En la figura 111 se representa los valores promedios del consumo de combustible en litros por cada kilómetro recorrido, de cada uno de los combustibles en el vehículo Aveo Family 1500 cc.

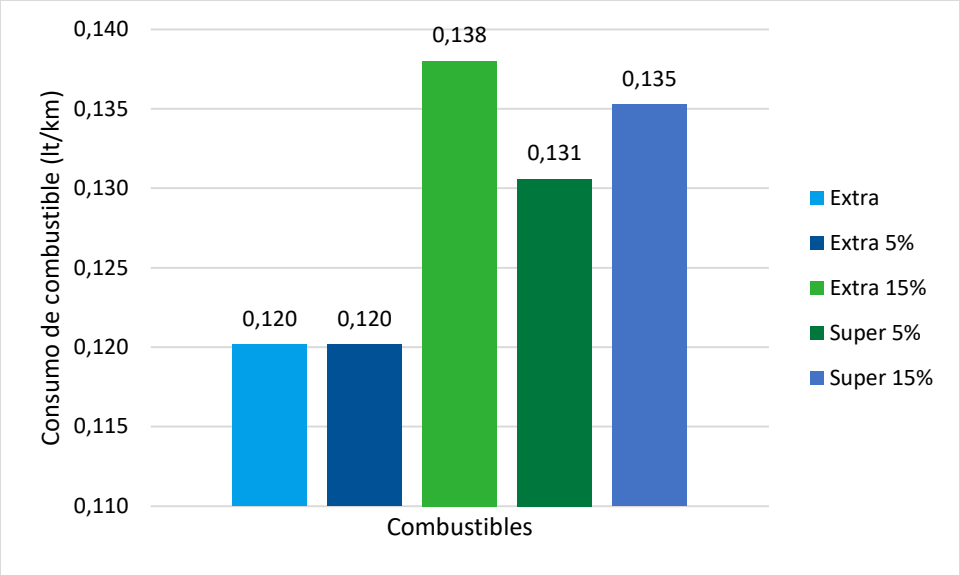


Figura 111: Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

Consumo de combustible en el vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

En la tabla 8 se presentan los resultados de consumo de combustible del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc en las tres pruebas realizadas por cada combusible.

Tabla 8
Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

Prueba	**Consumo de combustible (lt/km)**				
	Extra	Extra 5%	Extra 15%	Super 5%	Super 15%
1	0,114	0,114	0,118	0,130	0,118
2	0,103	0,111	0,108	0,128	0,122
3	0,119	0,128	0,119	0,116	0,121
Promedio	0,112	0,118	0,115	0,125	0,120

En la figura 112 se representa los valores promedios del consumo de combustible en litros por cada kilómetro recorrido, de cada uno de los combustibles en el vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

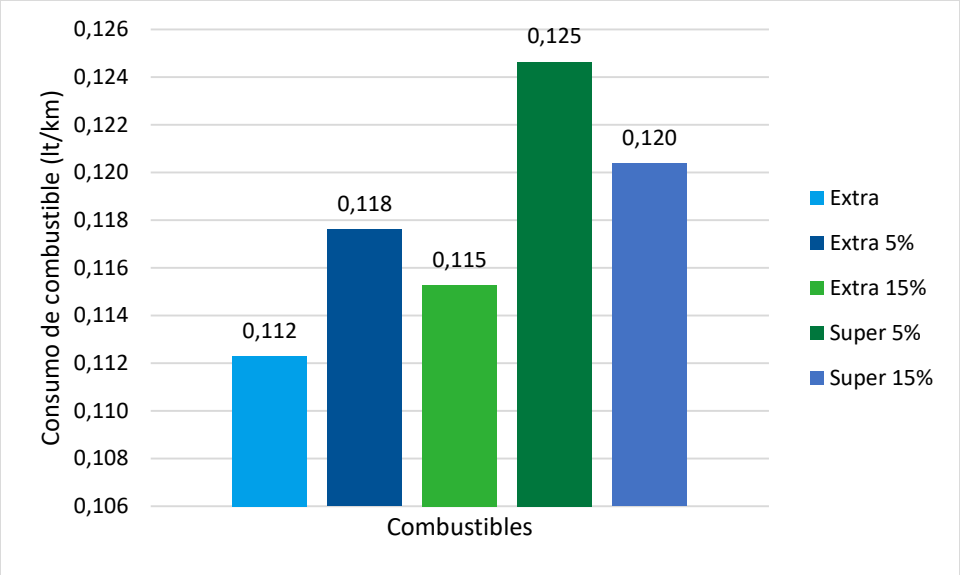


Figura 112. Consumo de combustible del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

En el análisis químico semicuantitativo MEB de las muestras de los residuos de microfiltros de los inyectores, se utiliza el microscopio electrónico de barrido Tescan-Vega, con microanalizador de rayos X Bruker.

Residuos de gasolina extra.

En la figura 113 se observa la muestra en el análisis MEB en residuos de gasolina extra obtenidos en los microfiltros de los inyectores.

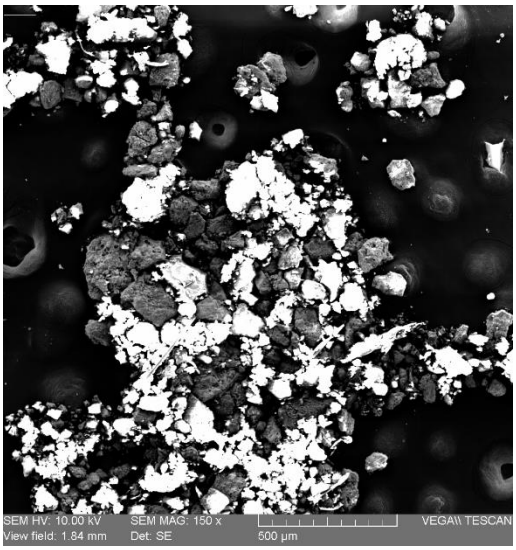


Figura 113. Muestra de residuos de gasolina extra 150x

En la tabla 9 se indica el porcentaje de los elementos encontrados en los residuos de gasolina extra de los microfiltros de los inyectores de los dos vehículos.

Tabla 9
Elementos en residuos de gasolina extra

Ítem	Elementos	Muestra: Extra
1	Zinc (Zn)	3%
2	Hierro (Fe)	1%
3	Azufre (S)	1%
4	Silicio (Si)	3%
5	Calcio (Ca)	7%
6	Fósforo (P)	1%

Nota: El límite de detección del microscopio electrónico es del 1%.

Residuos de gasolina extra 5%.

En la figura 114 se observa la muestra en el análisis MEB en residuos de la mezcla de gasolina extra con 5% de etanol anhidro obtenidos en los microfiltros de los inyectores.

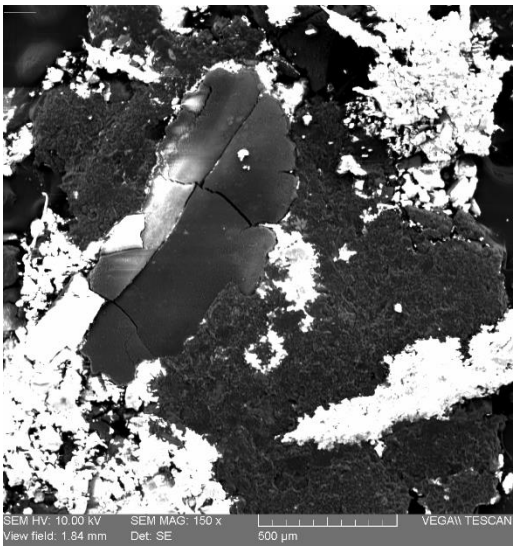


Figura 114. Muestra de residuos de gasolina extra con 5% etanol 150x

En la tabla 10 se indica el porcentaje de los elementos encontrados en los residuos de gasolina extra con 5% de etanol anhidro de los microfiltros de los inyectores de los dos vehículos.

Tabla 10
Elementos en residuos de gasolina extra con 5% de etanol

Ítem	Elementos	Muestra: Extra con 5% etanol
1	Cobre (Cu)	14%
2	Hierro (Fe)	11%
3	Azufre (S)	4%
4	Silicio (Si)	4%
5	Calcio (Ca)	1%

Nota: (El límite de detección del microscopio electrónico es del 1%.)

Estereoscopía

En el análisis de estereoscopía se presentan las imágenes obtenidas en las mallas de los microfiltros de los inyectores de los vehículos Aveo Family 1500 cc y Corsa Evolution 1800 cc.

Microfiltros con gasolina extra.

En la figura 115 se observa la malla de uno de los microfiltros del vehículo Aveo Family 1500 cc luego de recorrer 3000 km con gasolina extra. Los cuatro microfiltros de los inyectores presentaron una tendencia de obstrucción del 3% en la superficie de la malla.

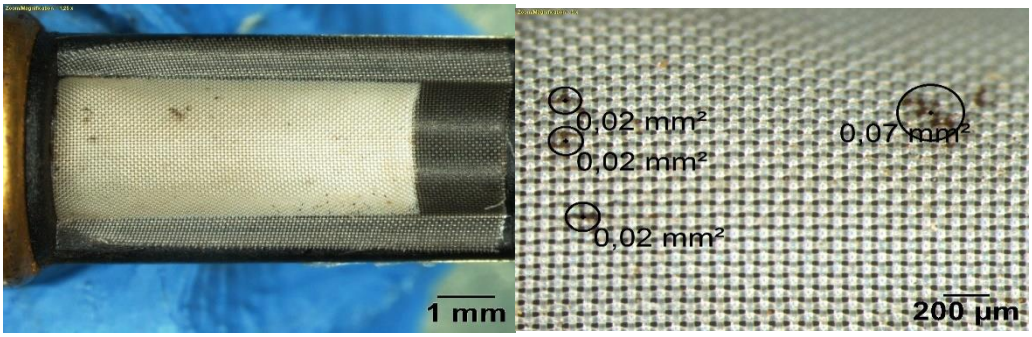


Figura 115. Malla de micro filtro del inyector Aveo Family 1500 cc, Zoom: 1.25x, 5x, combustible extra

En la figura 116 se observa la malla de uno de los microfiltros del vehículo Corsa Evolution 1800 cc luego de recorrer 3000 km con gasolina extra. Los cuatro microfiltros de los inyectores presentaron una tendencia de obstrucción del 9% en la superficie de la malla.

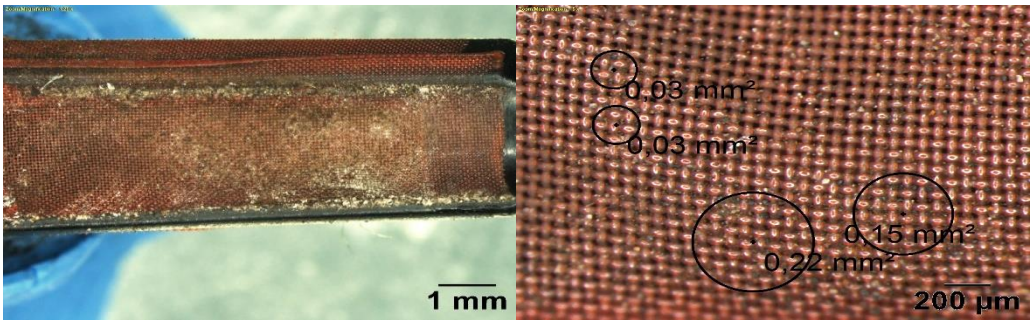


Figura 116. Malla de micro filtro del inyector Corsa Evolution 1800 cc Combustible: extra, 1.25x y 5x.

Microfiltros con gasolina extra 5%.

En la figura 117 se observa la malla de uno de los microfiltros del vehículo Aveo Family 1500 cc luego de recorrer 3000 km con gasolina extra con 5% de etanol anhidro. Los cuatro microfiltros de los inyectores presentaron una tendencia de obstrucción de menos del 1% en la superficie de la malla.

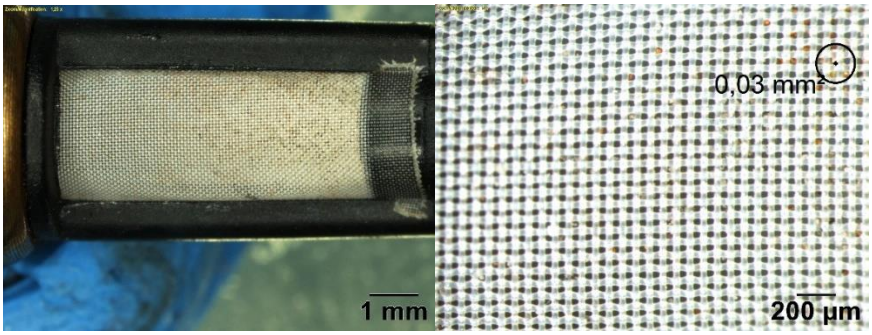


Figura 117. Malla de micro filtro del inyector Aveo Family 1500 cc, Zoom: 1.25x, 5x, combustible extra 5%.

En la figura 118 se observa la malla de uno de los microfiltros del vehículo Corsa Evolution 1800 cc luego de recorrer 3000 km con gasolina extra con 5% de etanol anhidro. Los cuatro microfiltros de los inyectores presentaron una tendencia de obstrucción de menos el 1% en la superficie de la malla.

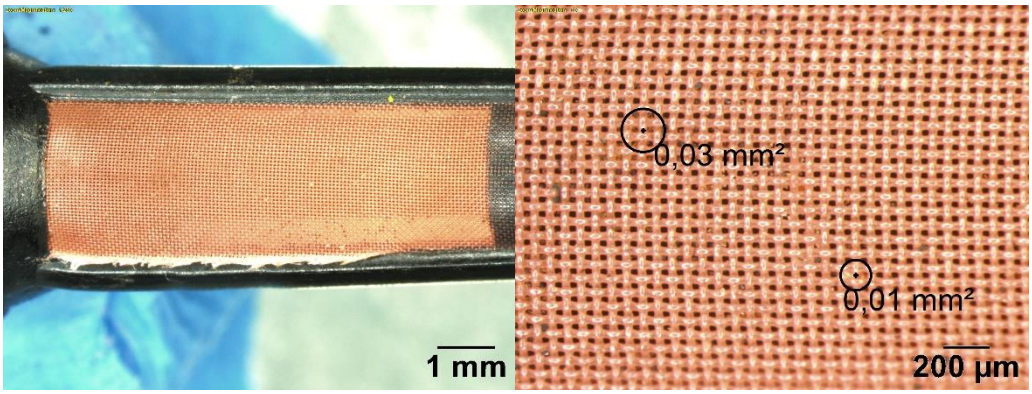


Figura 118. Malla de micro filtro del inyector Corsa Evolution 1800 cc, Zoom: 1.25x, 5x, combustible extra 5%.

Simulación CFD

Al realizar la simulación en el software Solidworks, se obtienen los resultados del comportamiento de los combustibles extra y extra con 5% de etanol fluyendo dentro del inyector.

En la figura 119, se presenta la vista isométrica del comportamiento del combustible Extra en la tobera del inyector.

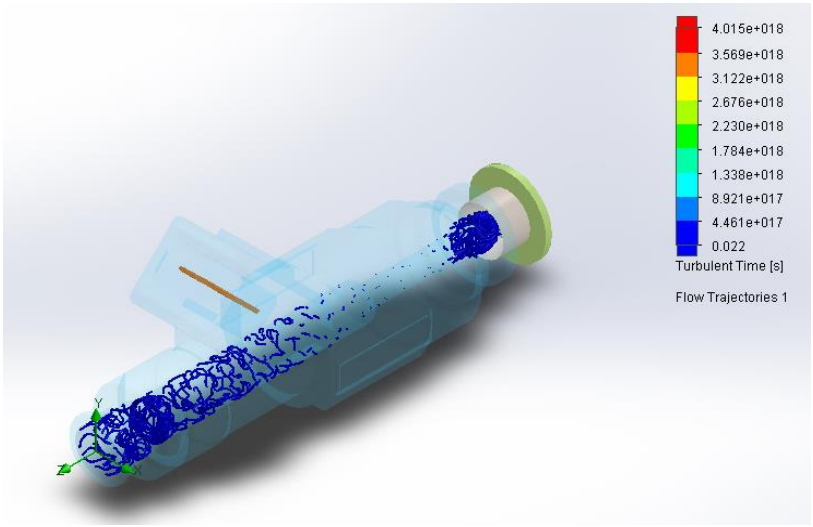


Figura 119. Vista isométrica del inyector con combustible extra.

En la tabla 11 se muestra los valores máximos y mínimos obtenidos con la gasolina extra.

Tabla 11
Resultados simulación CFD gasolina extra.

Variable	Valor Máximo	Valor Mínimo
Presión Total (Pa)	413685	413685
Velocidad (m/s)	2.845e-05	2.742e-05
Tiempo Turbulento (s)	4.015e+18	0.022
Densidad (kg/m3)	734	734

En la figura 120, se presenta la vista isométrica del comportamiento del combustible Extra 5% en la tobera del inyector.

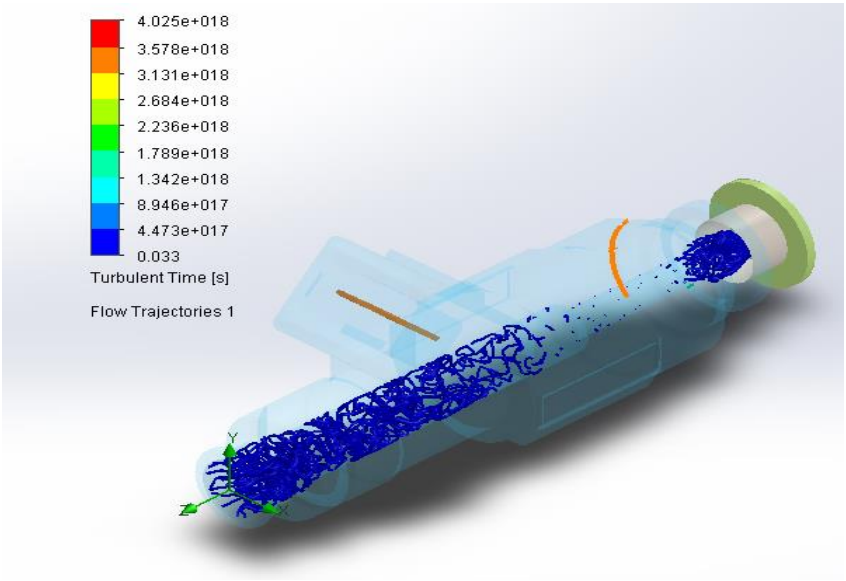


Figura 120. Vista isométrica del inyector con combustible extra 5%.

En la tabla 12 se muestra los valores máximos y mínimos obtenidos con la gasolina extra con 5% de etanol.

Tabla 12
Resultados simulación CFD gasolina extra 5%.

Variable	Valor Máximo	Valor Mínimo
Presión Total (Pa)	413685	413685
Velocidad (m/s)	1.088e-04	7.315e-05
Tiempo Turbulento (s)	4.025e+18	0,033
Densidad (kg/m3)	738	738

Discusión de resultados

En la presente sección se analizan los resultados obtenidos en las pruebas de emisiones de ciclo on board y consumo de combustible, luego se discuten los resultados de las muestras de residuos de combustible Extra y Extra 5% en los microfiltros de los inyectores de los vehículos seleccionados; y por último se comparan las imágenes de los microfiltros de los inyectores de los vehículos operados con combustible Extra y Extra 5% adquiridas en el estereoscopio.

Estimación de factores de emisiones contaminantes en pruebas on board

Para obtener la estimación de factores de emisión general, en el sector periférico – ascenso, en el sector periférico – descenso y en el sector urbano, de los vehículos Chevrolet Aveo Family 1500 cc y Corsa Evolution 1800 cc, se aplican las ecuaciones planteadas en el Método a los valores promedio obtenidos al realizar las pruebas de emisiones de gases dinámicos con ciclo on board.

Factores de emisiones contaminantes generales.

En la tabla 13, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de CO generales con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 13
Factores de emisión de CO generales.

Ítem	Combustible	FCO (g/km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	3,669	25,187
2	Extra 5%	3,446	33,137
3	Extra 15%	5,857	25,420
4	Super 5%	7,928	29,089
5	Super 15%	7,069	20,206

En la figura 121, se detalla la comparación de los factores de emisión de CO generales por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de CO generales del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de CO son menores cuando se emplea el combustible tradicional Extra, estos resultados no concuerdan a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) y (Schifter, Díaz, Rodríguez, & Salazar, 2011) los cuales obtuvieron reducciones con mezclas de etanol, a excepción de la gasolina Extra 5% en el vehículo Aveo Family 1500 cc y del combustible Super 15% en el vehículo Corsa Evolution 1800 cc. La causa fundamental de las diferencias se respalda en que la actual investigación se desarrolla en una ruta a 2800 msnm.

En el vehículo Aveo Family 1500 cc se observa la diferencia más notoria en el combustible Super 5% con un factor de emisión CO mayor del 53% con respecto al combustible tradicional Extra y una reducción del 6% de la gasolina Extra 5% con relación a la Extra.

En el vehículo Corsa Evolution 1800 cc se presenta la mayor diferencia en el combustible Extra 5% con un factor de emisión CO mayor del 24% con respecto al combustible tradicional Extra y una reducción del 6% de la gasolina Super 15% con relación a la Extra.

La diferencia en el factor d emisión CO es considerable entre los dos vehículos, ya que las emisiones de CO del vehículo Corsa Evolution 1800 cc es superior en 89% con respecto al vehículo Aveo Family 1500 cc. La causa fundamental de las diferencias se respalda en el estado mecánico del vehículo, especialmente el estado del catalizador y cilindraje.

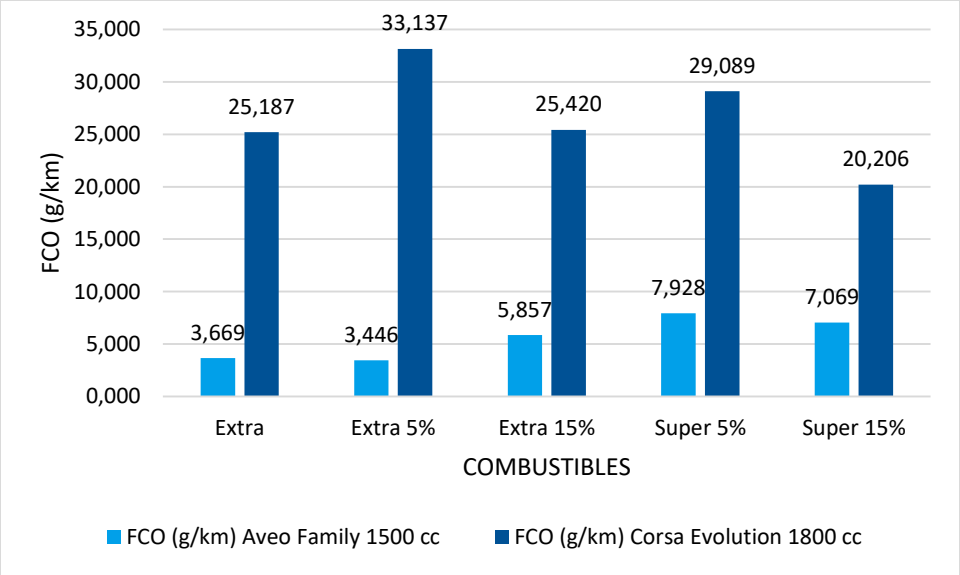


Figura 121. Factores de emisión de CO generales.

En la tabla 14, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de HC generales con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 14
Factores de emisión de HC generales.

Ítem	**Combustible**	**FHC (g/km)**	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,313	5,596
2	Extra 5%	0,340	7,255
3	Extra 15%	0,499	6,356
4	Super 5%	0,620	7,623
5	Super 15%	0,341	8,505

En la figura 122, se detalla la comparación de los factores de emisión de HC generales por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de HC generales del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de HC son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, opuesto a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014), (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018) y (Li, y otros, 2015) los cuales alcanzaron reducciones del 25% al 35% con mezclas de etanol.

En el vehículo Aveo Family 1500 cc se observa la diferencia más notoria en el combustible Super 5% con un factor de emisión HC mayor del 49% con respecto al combustible tradicional Extra y la menor diferencia se muestra en la gasolina Extra 5% con un factor de emisión HC mayor del 7% con relación a la gasolina Extra.

En el vehículo Corsa Evolution 1800 cc se presenta la mayor diferencia en el combustible Super 15% con un factor de emisión HC mayor del 34% con respecto al combustible tradicional Extra y la menor diferencia se muestra en la gasolina Extra 15% con un factor de emisión HC mayor del 11% con relación a la gasolina Extra.

La diferencia en el factor d emisión HC es considerable entre los dos vehículos, ya que las emisiones de HC del vehículo Corsa Evolution 1800 cc es superior en 95% con respecto al vehículo Aveo Family 1500 cc. La causa fundamental de las diferencias se respalda en el estado mecánico del vehículo, especialmente el estado del catalizador y cilindraje.

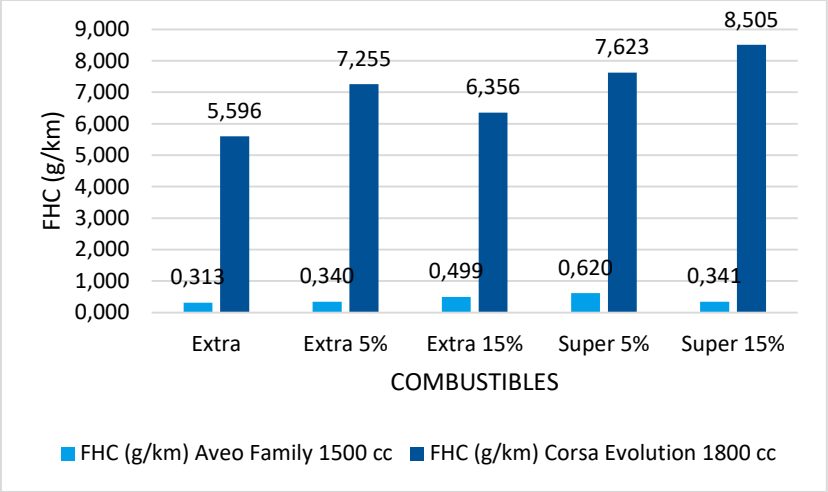


Figura 122. Factores de emisión de HC generales.

En la tabla 15, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de NOx generales con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 15.
Factores de emisión de NOx generales.

Ítem	Combustible	FNOx (g/km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,144	1,530
2	Extra 5%	0,273	1,492
3	Extra 15%	0,425	1,768
4	Super 5%	0,389	1,730
5	Super 15%	0,583	2,091

En la figura 123, se detalla la comparación de los factores de emisión de NOx generales por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de NOx generales del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de NOx son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, resultados que coincide con lo detallado por (Najafi, y otros, 2016); pero contrario a lo expuesto por (Hernandez, Lizette, &

Mendoza, 2014) en donde con el empleo de mezclas de etanol existe una tendencia a la reducción de los NOx, a excepción del combustible Extra 5% del vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

En el vehículo Aveo Family 1500 cc se observa la diferencia más notoria en el combustible Super 15% con un factor de emisión NOx mayor del 76% con respecto al combustible tradicional Extra y la menor diferencia se muestra en la gasolina Extra 5% con un factor de emisión HC mayor del 48% con relación a la gasolina Extra.

En el vehículo Corsa Evolution 1800 cc se presenta la mayor diferencia en el combustible Super 15% con un factor de emisión NOx mayor del 27% con respecto al combustible tradicional Extra y una reducción del 3% en el combustible Extra 5% con relación a la gasolina Extra.

La diferencia en el factor d emisión HC es considerable entre los dos vehículos, ya que las emisiones de HC del vehículo Corsa Evolution 1800 cc es superior en 90% con respecto al vehículo Aveo Family 1500 cc. La causa fundamental de las diferencias se respalda en el estado mecánico del vehículo, especialmente el estado del catalizador y cilindraje.

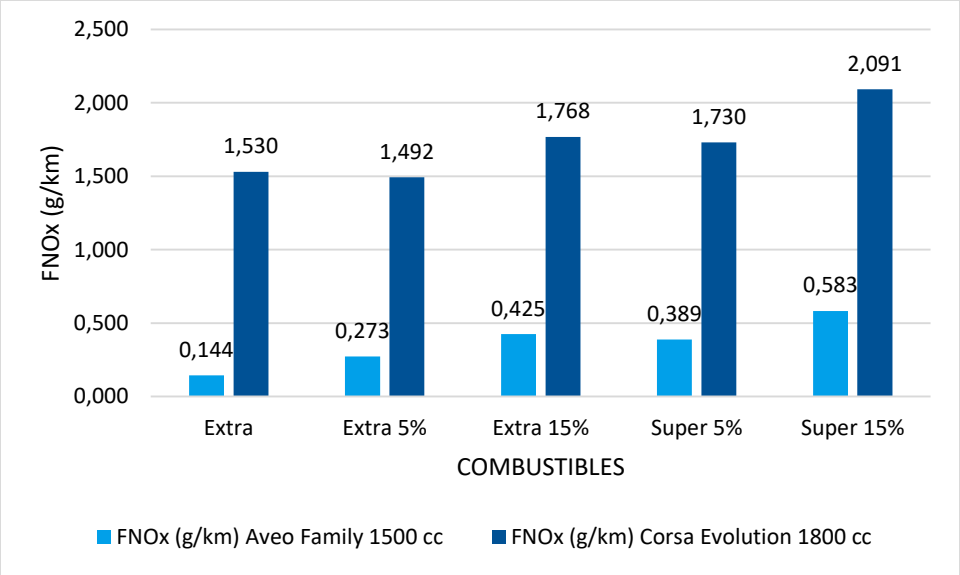


Figura 123. Factores de emisión de NOx generales.

Factores de emisiones contaminantes en el sector periférico – ascenso

En la tabla 16, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de CO del sector periférico en el ascenso con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 16
Factores de emisión de CO del sector periférico en el ascenso.

Ítem	Combustible	FCO (g/km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	11,663	25,586
2	Extra 5%	13,643	52,383
3	Extra 15%	16,342	34,560
4	Super 5%	34,099	27,859
5	Super 15%	27,373	25,182

En la figura 124, se detalla la comparación de los factores de emisión de CO del sector periférico en el ascenso por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de CO del sector periférico en el ascenso del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc, cuando se utiliza la gasolina Extra y sus mezclas con 5% y 15% de etanol; sucede lo opuesto con las mezclas de gasolina Super y etanol al 5% y 15% donde las emisiones de CO del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son menores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de CO son menores cuando se usó el combustible tradicional Extra, estos resultados no concuerdan a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) y (Schifter, Díaz, Rodríguez, & Salazar, 2011) los cuales obtuvieron reducciones con mezclas de etanol, a excepción del combustible Super 15% en el vehículo Corsa Evolution 1800 cc. La causa fundamental de las diferencias se respalda en que se asciende desde los 2650 msnm a los 2895 msnm donde las concentraciones de CO muestran un crecimiento con la altura, siendo un indicador de que la combustión es menos completa que a condiciones de menor altura (Caiza & Portilla, 2010).

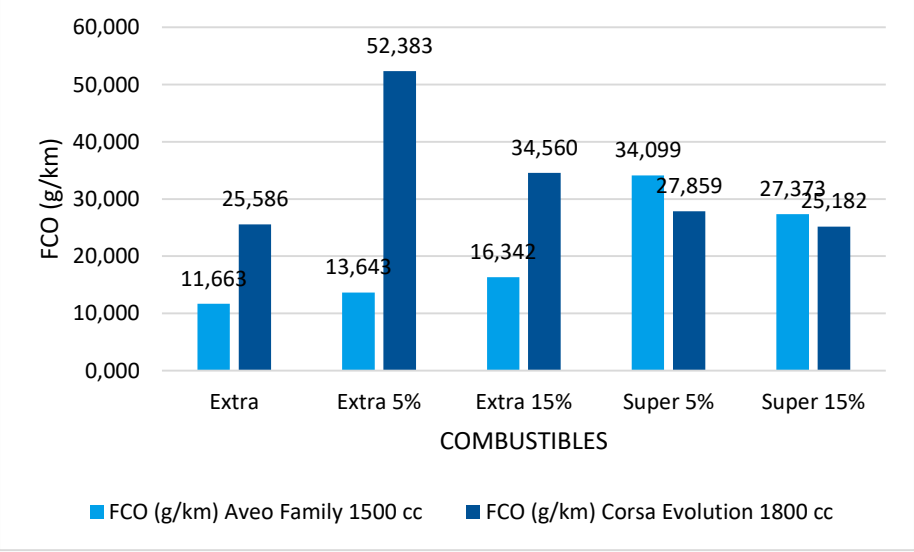


Figura 124. Factores de emisión de CO del sector periférico en el ascenso.

En la tabla 17, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de HC del sector periférico en el ascenso con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 17
Factores de emisión de HC del sector periférico en el ascenso.

Ítem	**Combustible**	**FHC (g/Km)**	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,282	1,465
2	Extra 5%	0,404	1,564
3	Extra 15%	0,491	1,452
4	Super 5%	0,543	2,747
5	Super 15%	0,555	2,081

En la figura 125, se detalla la comparación de los factores de emisión de HC del sector periférico en el ascenso por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de HC del sector periférico en el ascenso del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de HC son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, opuesto a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014), (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018) y (Li, y otros, 2015) los cuales alcanzaron reducciones del 25% al 35% con mezclas de etanol; a excepción del combustible Extra 15% del vehículo Corsa Evolution 1800 cc. La causa fundamental de las diferencias se respalda en que se asciende desde los 2650 msnm a los 2895 msnm donde los hidrocarburos no combustionados aumentan con la altura, siendo una indicación de la disminución del oxígeno para completar la combustión (Caiza & Portilla, 2010).

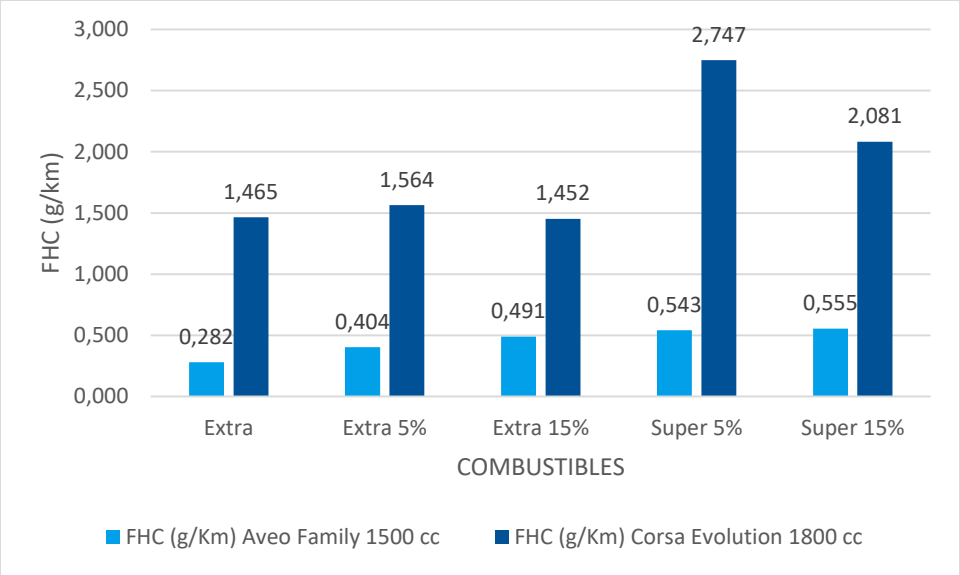


Figura 125. Factores de emisión de HC del sector periférico en el ascenso.

En la tabla 18, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de NOx del sector periférico en el ascenso con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 18
Factores de emisión de NOx del sector periférico en el ascenso.

Ítem	**Combustible**	**FNOx (g/Km)**	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,141	2,907
2	Extra 5%	0,453	1,554
3	Extra 15%	0,518	2,341
4	Super 5%	0,538	3,156
5	Super 15%	1,353	4,039

En la figura 126, se detalla la comparación de los factores de emisión de NOx del sector periférico en el ascenso por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de NOx generales del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. En el caso del vehículo Aveo Family los factores de emisión de NOx son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, resultados que coincide con lo detallado por (Najafi, y otros, 2016); pero contrario a lo expuesto por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) en donde con el empleo de mezclas de etanol existe una tendencia a la reducción de los NOx.

En el caso del vehículo Corsa Evolution, los factores de emisión de NOx son mayores cuando se usa la gasolina tradicional Extra en comparación con los combustibles con mezclas de etanol Extra 5% y 15%, valores que se ajustan a lo expuesto por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) pero contrario a lo mencionado por (Najafi, y otros, 2016). Las emisiones de NOx son menores cuando se utiliza la gasolina tradicional Extra en comparación con los combustibles con mezclas de etanol Super 5% y 15%.

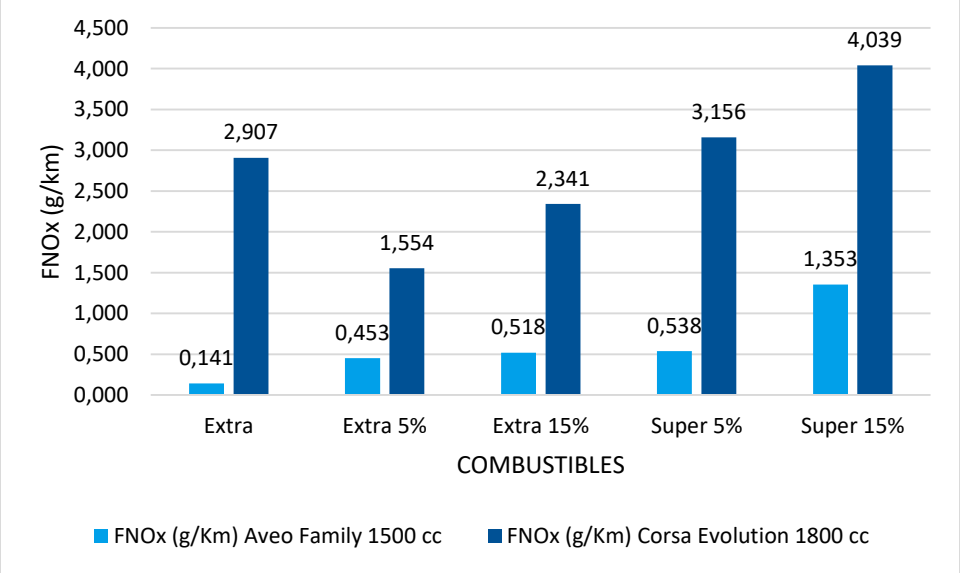


Figura 126. Factores de emisión de NOx del sector periférico en el ascenso.

Factores de emisiones contaminantes en el sector periférico – descenso

En la tabla 19, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de CO del sector periférico en el descenso con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 19
Factores de emisión de CO del sector periférico en el descenso.

Ítem	Combustible	FCO (g/km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	5,910	24,452
2	Extra 5%	4,592	26,250
3	Extra 15%	11,484	23,643
4	Super 5%	9,797	23,534
5	Super 15%	7,325	19,731

En la figura 127, se detalla la comparación de los factores de emisión de CO del sector periférico en el descenso por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de CO del sector periférico en el descenso del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. En el caso del vehículo Corsa Evolution los factores de emisión de CO son mayores cuando se emplea el combustible tradicional Extra, estos resultados concuerdan con lo expuesto por (Schifter, Díaz, Rodríguez, & Salazar, 2011) y (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014); pero contrario a lo referido por (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018) los cuales obtuvieron aumentos con mezclas de etanol, a excepción de la gasolina Extra 5%. La causa fundamental de las diferencias se respalda en que se desciende desde los 2895 msnm a los 2650 msnm donde las concentraciones de CO muestran un decrecimiento a menor altura, siendo un indicador de que la combustión es más completa que a condiciones de mayor altura (Caiza & Portilla, 2010).

En el caso del vehículo Aveo Family, los factores de emisión de CO son menores cuando se usa la gasolina tradicional Extra, estos resultados coinciden con lo expuesto por (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018); pero opuesto a lo detallado por (Schifter, Díaz, Rodríguez, & Salazar, 2011) y (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014), a excepción del combustible Extra 15%.

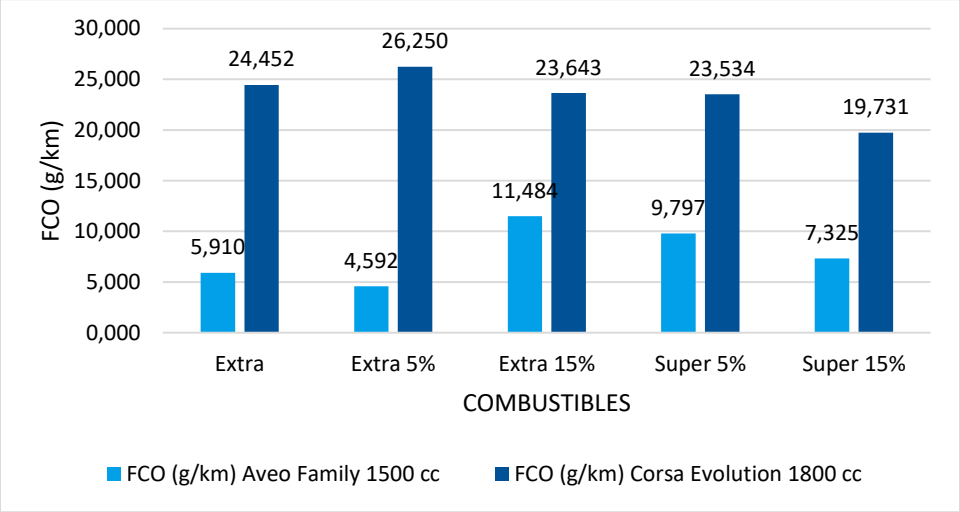


Figura 127. Factores de emisión de CO del sector periférico en el descenso.

En la tabla 20, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de HC del sector periférico en el descenso con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 20
Factores de emisión de HC del sector periférico en el descenso.

Ítem	**Combustible**	**FHC (g/Km)**	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,228	5,042
2	Extra 5%	0,260	7,518
3	Extra 15%	0,442	5,188
4	Super 5%	0,600	6,317
5	Super 15%	0,347	7,002

En la figura 128, se detalla la comparación de los factores de emisión de HC del sector periférico en el descenso por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de HC del sector periférico en el descenso del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de HC son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, opuesto a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014), (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018) y (Li, y otros, 2015) los cuales alcanzaron reducciones del 25% al 35% con mezclas de etanol. La causa fundamental de las diferencias se respalda en que, a pesar del descenso desde los 2895 msnm a los 2650 msnm, se sigue manteniendo una altura donde el poco oxigeno es un indicador de una incompleta combustión.

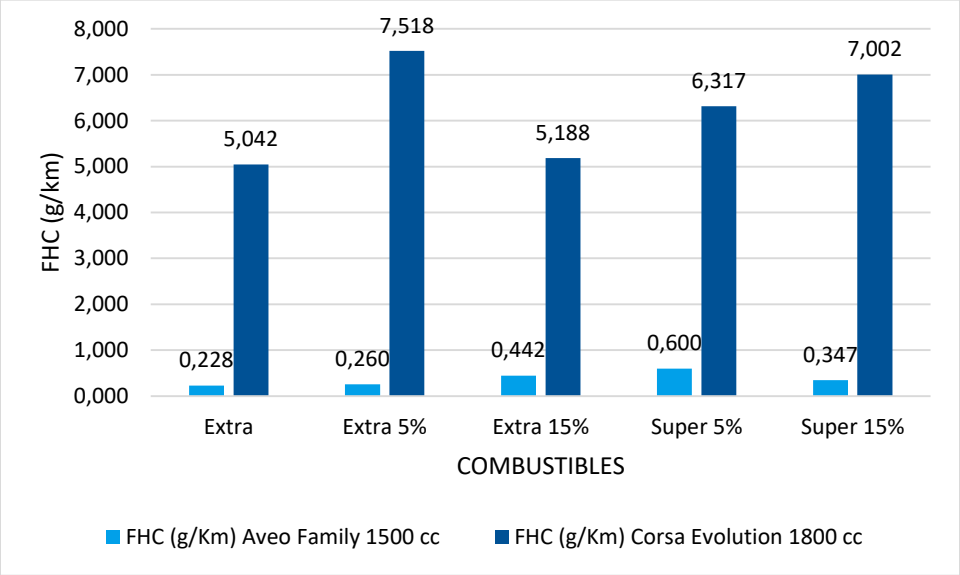


Figura 128. Factores de emisión de HC del sector periférico en el descenso.

En la tabla 21, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de NOx del sector periférico en el descenso con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 21
Factores de emisión de NOx del sector periférico en el descenso.

Ítem	Combustible	FNOx (g/Km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,187	2,118
2	Extra 5%	0,341	2,009
3	Extra 15%	0,749	2,283
4	Super 5%	0,507	2,835
5	Super 15%	0,867	2,942

En la figura 129, se detalla la comparación de los factores de emisión de NOx del sector periférico en el descenso por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de NOx del sector periférico en el descenso del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de NOx son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, resultados que coincide con lo deallado por (Najafi, y otros, 2016); pero contrario a lo expuesto por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) en donde con el empleo de mezclas de etanol existe una tendencia a la reducción de los NOx, a excepción del combustible Extra 5% del vehículo Corsa Evolution 1800 cc. La fuente principal de las contradicciones se respalda en que, a pesar del descenso desde los 2895 msnm a los 2650 msnm, las emisiones de NOx disminuyen paulatinamente al descender.

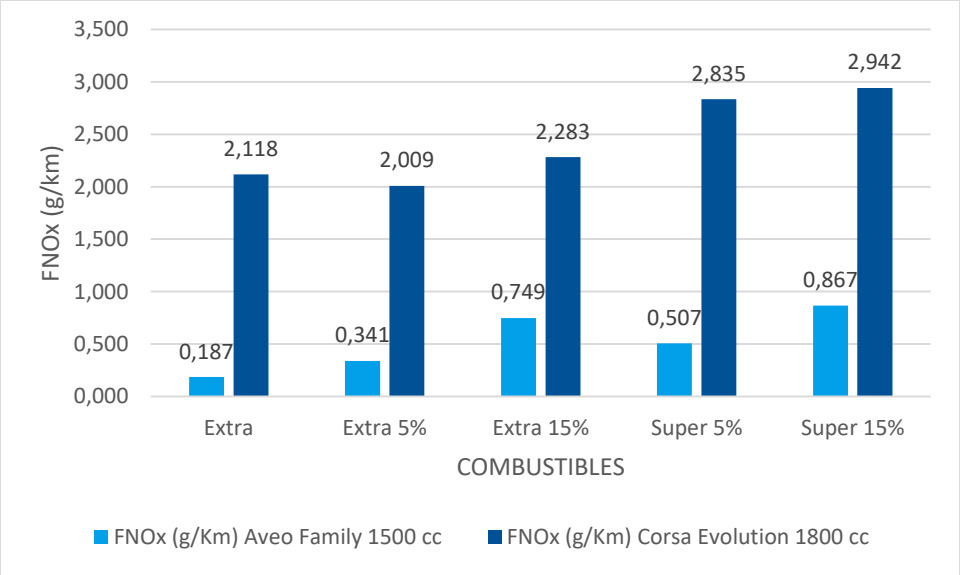


Figura 129. Factores de emisión de NOx del sector periférico en el descenso.

Factores de emisiones contaminantes en el sector urbano

En la tabla 22, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de CO del sector urbano con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 22
Factores de emisión de CO del sector urbano.

Ítem	Combustible	FCO (g/km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	2,302	25,069
2	Extra 5%	1,619	29,347
3	Extra 15%	4,204	23,379
4	Super 5%	4,367	29,192
5	Super 15%	4,375	19,512

En la figura 130, se detalla la comparación de los factores de emisión de CO del sector urbano por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de CO del sector urbano del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. En el caso del vehículo Aveo Family los factores de emisión de CO son menores cuando se emplea el combustible tradicional Extra, estos resultados concuerdan con lo expuesto por (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018); pero contrario a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) los cuales obtuvieron reducciones con mezclas de etanol, a excepción del combustible Extra 5%. En el caso del vehículo Corsa Evolution, se presenta una disminución de las emisiones de CO en las mezclas de 15% de etanol en las gasolinas Extra y Super coincidiendo con (Schifter, Díaz, Rodríguez, & Salazar, 2011); resultado que no se presenta con los combustibles de Extra y Super con mezclas de 5% de etanol coincidiendo con lo expuesto por (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018).

Las fuentes principales de las discrepancias se respaldan en que la actual investigación en el sector urbano se desarrolla a 2800 msnm y el tráfico que extiende significativamente el tiempo de la prueba, especialmente en horas pico.

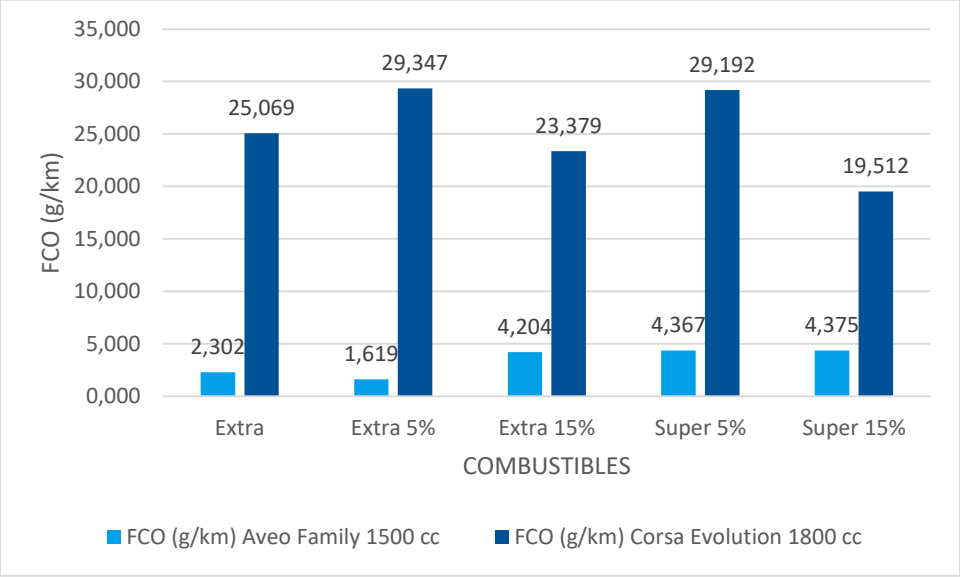


Figura 130. Factores de emisión de CO del sector urbano.

En la tabla 23, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de HC del sector urbano con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 23
Factores de emisión de HC del sector urbano.

Ítem	**Combustible**	**FHC (g/Km)**	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,322	6,179
2	Extra 5%	0,334	8,471
3	Extra 15%	0,505	7,680
4	Super 5%	0,630	8,294
5	Super 15%	0,310	9,684

En la figura 131, se detalla la comparación de los factores de emisión de HC del sector urbano por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de HC del sector urbano del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de HC son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, opuesto a lo referido por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014), (Llanes, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018) y (Li, y otros, 2015) los cuales alcanzaron reducciones del 25% al 35% con mezclas de etanol, a excepción del combustible Super 15% en el vehículo Aveo Family. Las causas principales de las discrepancias se respaldan en que la actual investigación en el sector urbano se desarrolla a 2800 msnm y el tráfico que extiende significativamente el tiempo de la prueba, especialmente en horas pico.

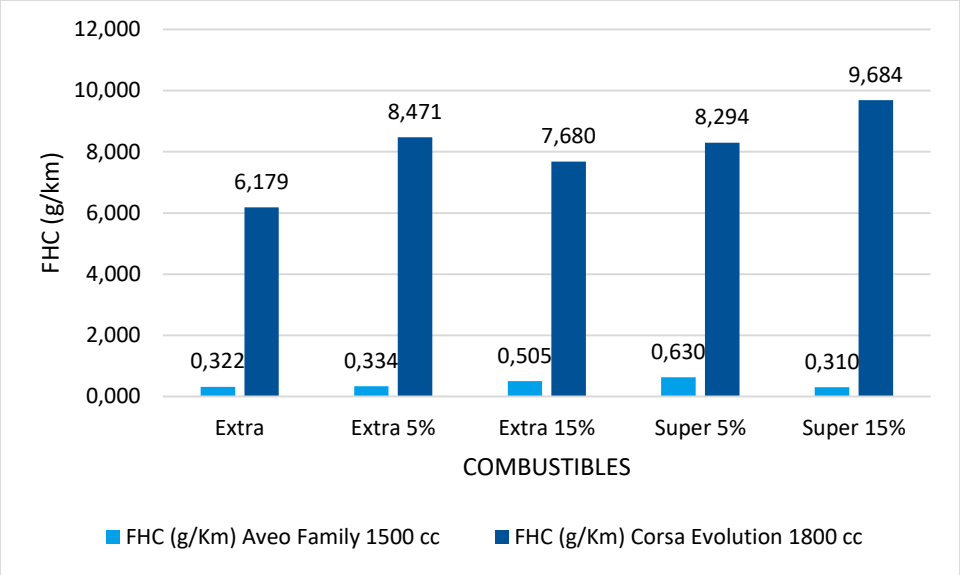


Figura 131. Factores de emisión de HC del sector urbano.

En la tabla 24, se muestra los valores promedios de los factores de emisión de NOx del sector urbano con ciclo on board, por cada combustible y vehículo.

Tabla 24
Factores de emisión de NOx del sector urbano.

Ítem	**Combustible**	**FNOx (g/Km)**	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0,140	1,313
2	Extra 5%	0,239	1,454
3	Extra 15%	0,391	1,577
4	Super 5%	0,355	1,503
5	Super 15%	0,463	1,701

En la figura 132, se detalla la comparación de los factores de emisión de NOx del sector urbano por cada combustible entre los vehículos seleccionados.

Las emisiones de NOx del sector urbano del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc son superiores a los valores obtenidos en el Aveo Family 1500 cc. Los factores de emisión de NOx son menores cuando se usa el combustible tradicional Extra, resultados que coincide con lo detallado por (Najafi, y otros, 2016); pero contrario a lo expuesto por (Hernandez, Lizette, & Mendoza, 2014) en donde con el empleo de mezclas de etanol existe una tendencia a la reducción de los NOx. Las causas principales de las diferencias se respaldan en que la actual investigación en el sector urbano se desarrolla a 2800 msnm y el tráfico que extiende significativamente el tiempo de la prueba, especialmente en horas pico.

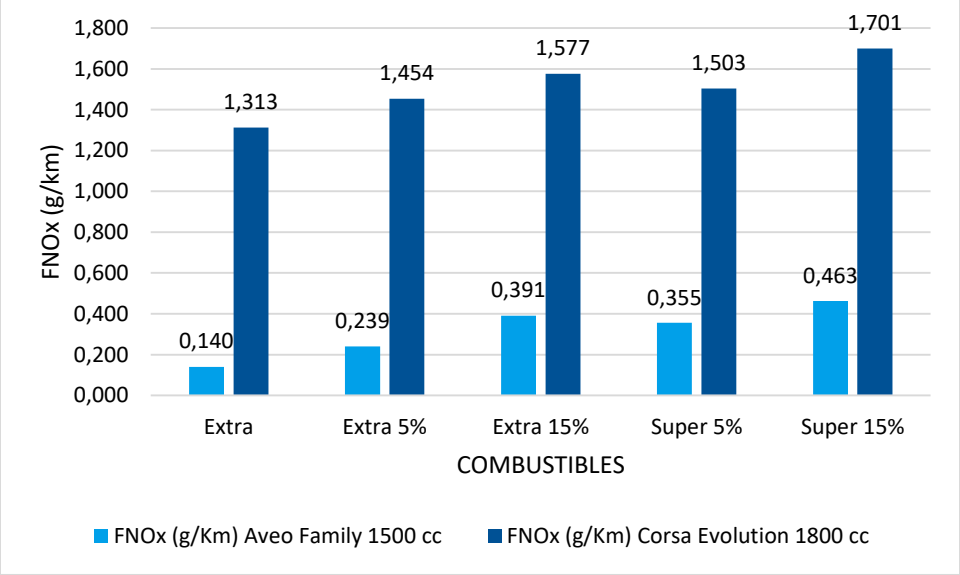


Figura 132. Factores de emisión de NOx del sector urbano.

Comparación de consumo de combustible

Se calcula el consumo de combustible en litros por cada kilómetro recorrido, para cada uno de los combustibles. En la tabla 25 se compara los valores promedios del consumo de combustible entre los dos vehículos por cada gasolina utilizada. El vehículo Aveo Family 1500

cc presenta mayor consumo de combusible a pesar de su menor cilindraje, en todas las gasolinas con mezclas de etanol anhidro usadas a comparación del vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

Tabla 25
Comparación de consumo por combustible y vehículo

Ítem	Combustible	Consumo de combustible (lt/km)	
		Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
1	Extra	0.120	0.112
2	Extra 5%	0.120	0.118
3	Extra 15%	0.138	0.115
4	Super 5%	0.131	0.125
5	Super 15%	0.135	0.120

En la figura 133 se muestra que el consumo de combustible en los dos vehículos es mayor en las mezclas de gasolina con etanol anhidro a diferencia de la gasolina tradicional extra que presenta un menor consumo, esto coincide con lo expuesto por (MacLean & Lave, 2003) donde al usar biocombustibles en los motores de combustión interna, el consumo de estos aumenta. Esto se debe a que si se disminuye la relación de aire-combustible estequiométrica para la misma velocidad de operación del motor, el mismo nivel de carga y la misma masa de aire, la masa de combustible que se necesita debe ser mayor (Goméz, Samaniego, & Antonissen, 2008).

En el vehículo Aveo Family 1500 cc se observa un mayor consumo de combustible en las mezclas de gasolina extra y super con mezclas de etanol al 15% comparadas con las mezclas de etanol al 5% que tienen un menor consumo, la mayor diferencia se presenta en la gasolina Extra 15% con un consumo mayor del 13% con respecto al combustible tradicional Extra y no se presenta diferencia alguna entre la gasolina Extra 5% y Extra.

En el vehículo Corsa Evolution 1800 cc ocurre lo contrario, ya que el mayor consumo de combustible se identifica en las mezclas de gasolina extra y super con 5% de etanol a diferencia de las mezclas de etanol al 15% que ofrecen menor consumo, la diferencia más notoria se presenta en la gasolina Super 5% con un consumo mayor del 10% con respecto a la Extra y la menor diferencia se observa en el combustible Extra 15% con un consumo mayor del 2% con referencia al Extra.

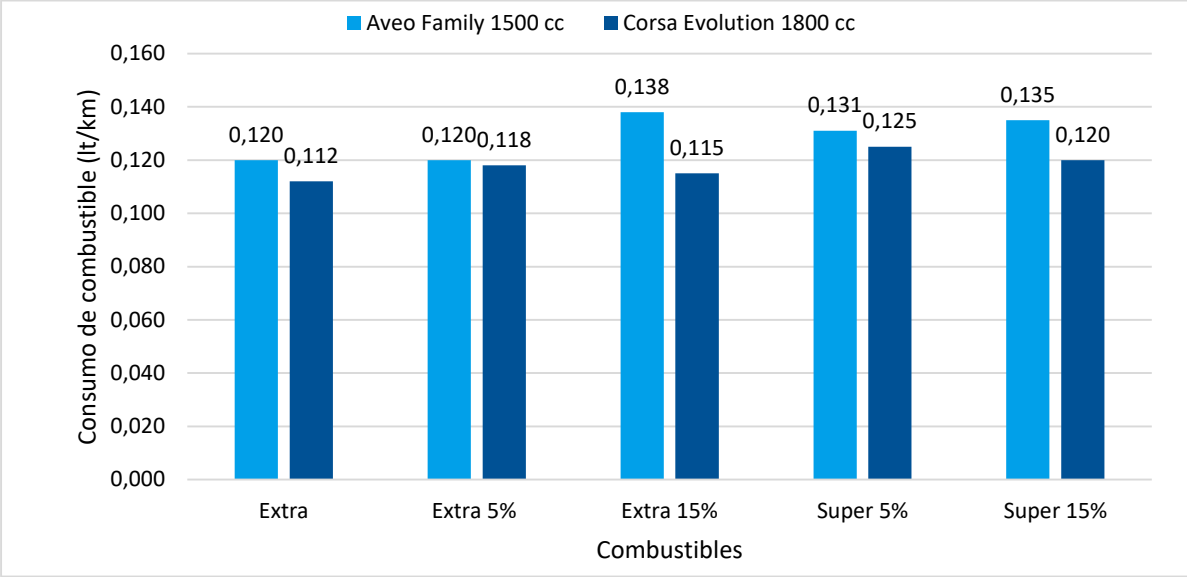


Figura 133. Comparación de consumo por combustible y vehículo.

Potencia especifica del vehículo (VSP)

El parámetro VSP nos indica la potencia por unidad de peso involucrada en el movimiento del vehículo y para su cálculo intervienen parámetros dinámicos vehiculares como la velocidad, aceleración, aerodinámica, resistencia a la rodadura que combinan con efectos del gradiente de la carretera.

En la tabla 26, se presenta los valores generales de potencia especifica del vehículo VSP para las distintas propuestas de combustible en estudio.

Tabla 26
VSP de vehículos seleccionados con combustibles propuestos.

VSP (W/kg)	Aveo Family 1500 cc	Corsa Evolution 1800 cc
Extra	38,83	37,91
Extra 5%	38,39	36,96
Extra 15%	39,93	39,51
Super 5%	42,35	41,10
Super 15%	47,37	53,50

En la figura 134, se muestran los valores generales de potencia especifica del vehículo VSP de los dos vehículos seleccionados y por cada combustible, donde el mayor resultado en referencia a potencia por kilogramo de combustible consumido, es dado por la gasolina Super 15% en el caso de los dos automotores. Cabe señalar que entre mayor sea la velocidad del recorrido, mayor es la cantidad de VSP, como lo señala (Wang & Fu, 2012). En su estudio menciona que las condiciones de manejo es un factor vital, resultado que discrepa con (Policarpo, y otros, 2018). Ya que la cantidad de VSP, está relacionado con el factor combustible y entre mayor porcentaje de etanol se añade al combustible se obtienen mejores resultados de VSP, resultado que concuerda con el análisis que se realizó en los vehículos inmersos en esta investigación.

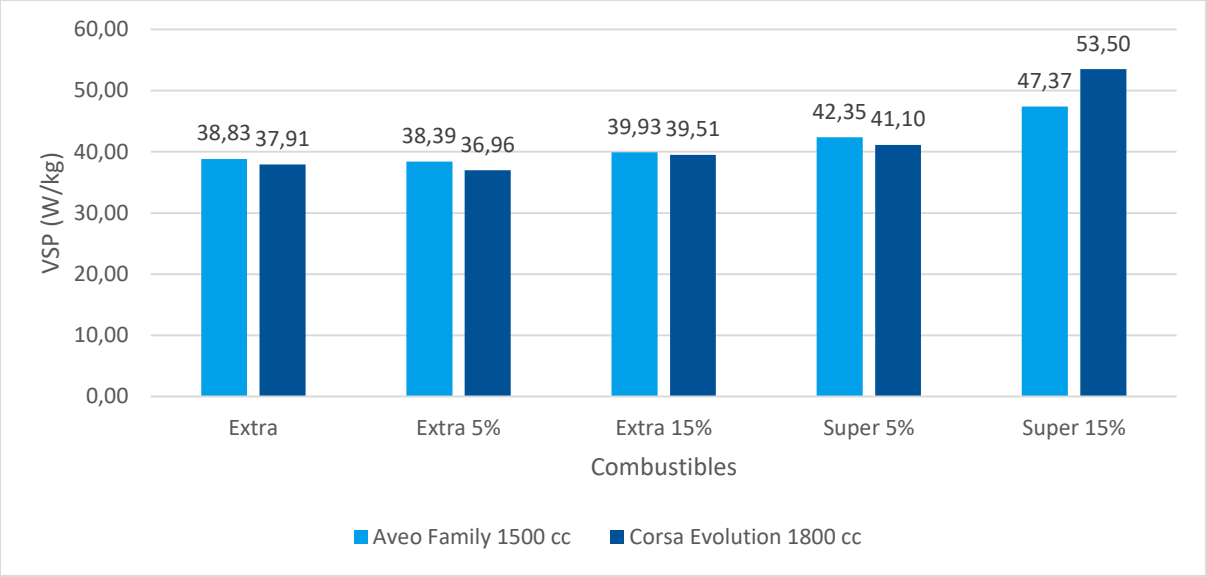


Figura 134. VSP general de los vehículos seleccionados.

Potencia especifica del vehículo para carretera en ascenso.

En las figuras 135 y 136, se muestra el factor VSP de los dos vehículos seleccionados en el sector periférico en el ascenso y con las diferentes propuestas de combustibles. La aceleración es el factor primordial en este análisis, debido a que en el ascenso se da desaceleración y se evidencia en el VSP final, según (Frey, Delavarrafiee, & Singh, 2014). La potencia especifica depende del tramo a estudiar, factor que varía en determinadas horas del día y varia los resultados en VSP, estudio que concuerda con (Policarpo, y otros, 2018).

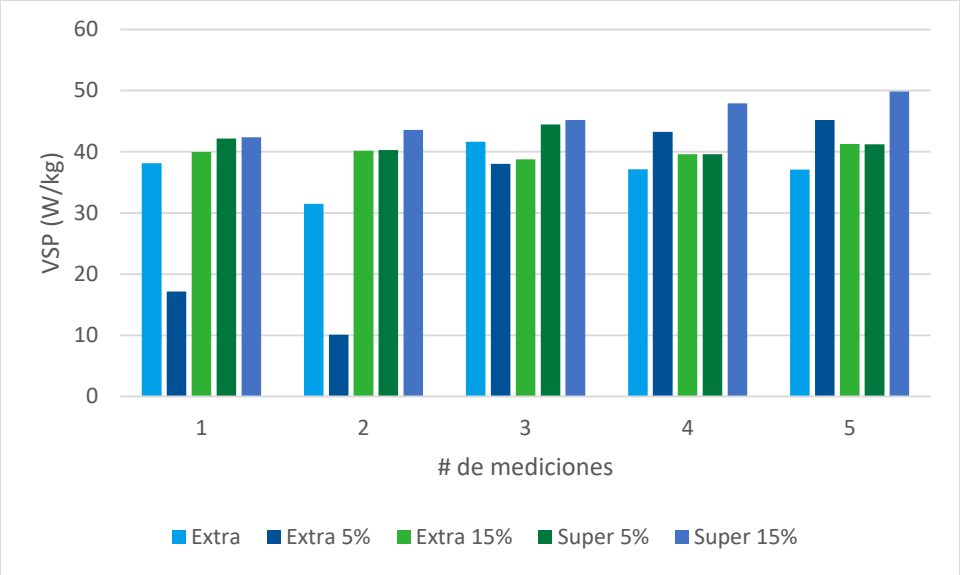


Figura 135. VSP en el ascenso del vehículo Aveo Family 1500 cc.

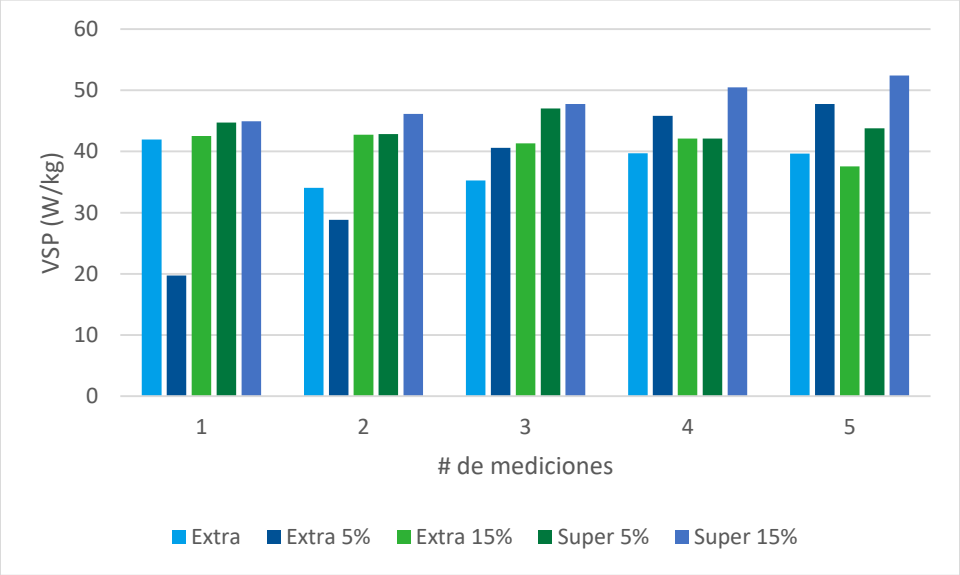


Figura 136. VSP en el ascenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

Potencia especifica del vehículo para carretera en descenso.

En las figuras 137 y 138, se observa los resultados de VSP de los vehículos seleccionados del sector periférico en descenso y con las diferentes propuestas de combustible. La aceleración es un factor muy importante en este tramo, debido a que la aceleración aumenta y produce que

los valores de VSP sean mayores, resultados que concuerdan con lo expuesto por (Frey, Delavarrafiee, & Singh, 2014) y (Policarpo, y otros, 2018).

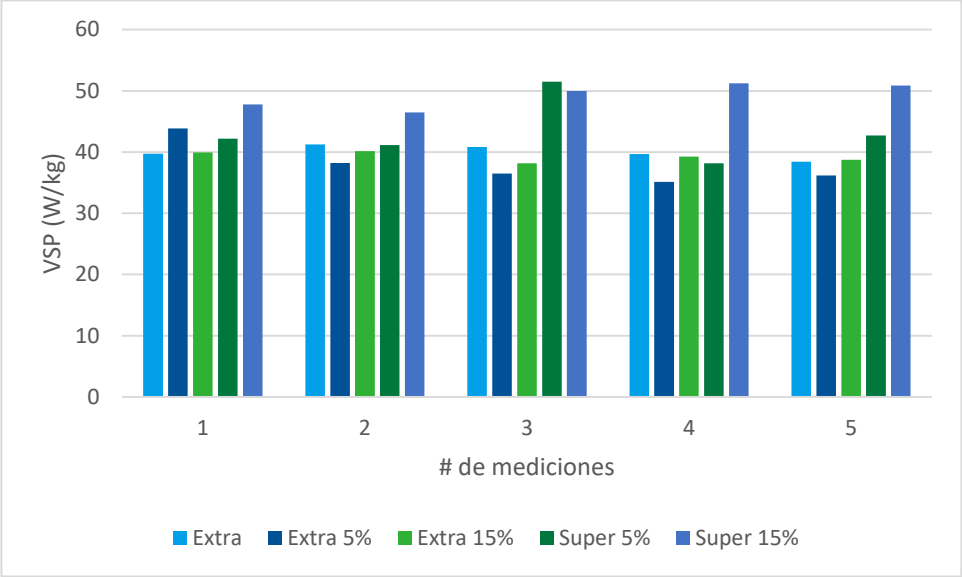


Figura 137. VSP en el descenso del vehículo Aveo Family 1500 cc.

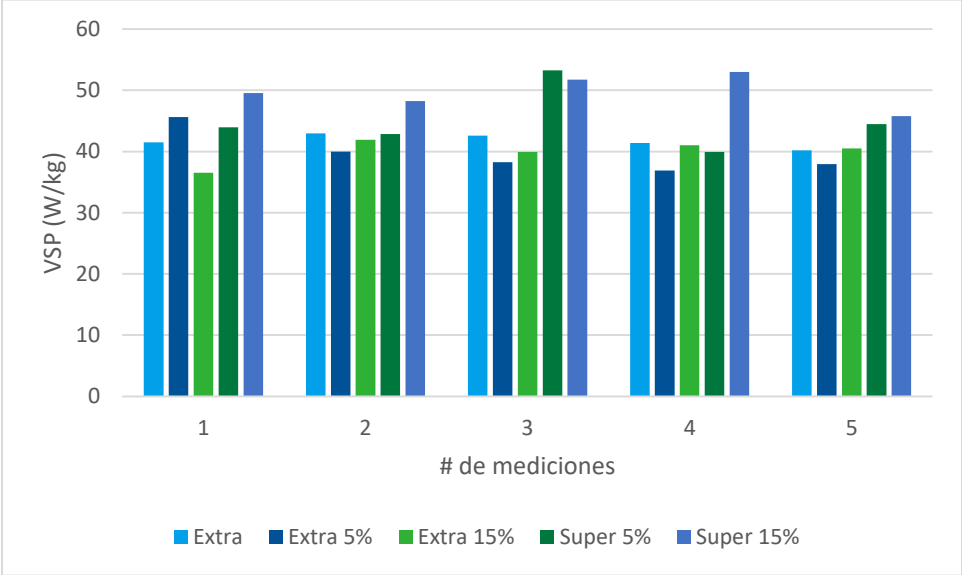


Figura 138. VSP en el descenso del vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

Potencia especifica del vehículo en el sector urbano.

En las figuras 139 y 140, se observa los resultados de VSP de los vehículos seleccionados del sector periférico en descenso y con las diferentes propuestas de combustible. Los resultados en este tramo son muy variados, debido a las paradas constantes, trafico, semáforos y situaciones inesperadas. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por (Policarpo, y otros, 2018) donde el VSP presenta resultados mixtos al ser obtenidos en tramos urbanos.

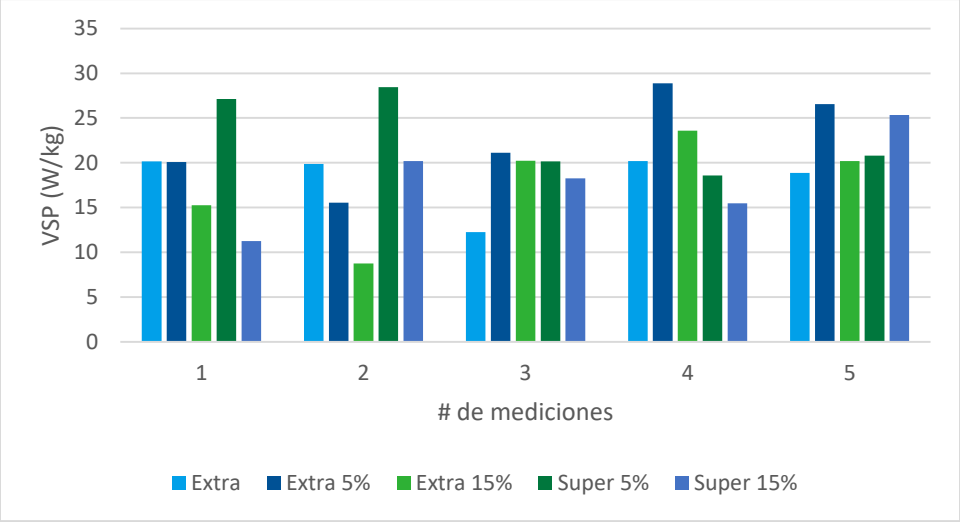


Figura 139. VSP en el sector urbano del vehículo Aveo Family 1500 cc.

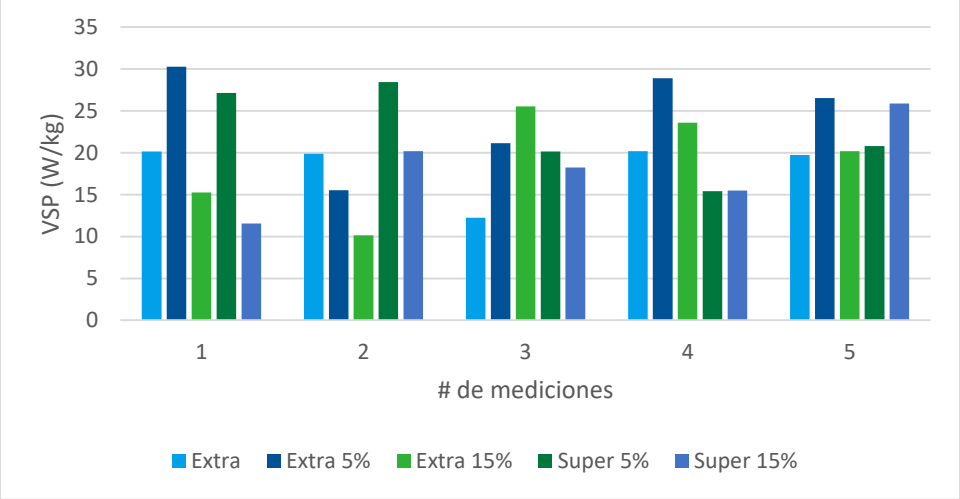


Figura 140. VSP en el sector urbano del vehículo Corsa Evolution 1800 cc.

Análisis de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

La microscopia electrónica de barrido (MEB) realiza un análisis superficial a los residuos de los microfiltros de los inyectores operados con gasolinas utilizadas en el país, Extra y Extra con 5% de etanol anhidro (Ecopaís); donde se determina presencia de elementos, como: Hierro (Fe), Azufre (S), Silicio (Si) y Fósforo (P) en los residuos de la gasolina extra y la mezcla de gasolina extra con 5% de etanol anhidro. Adicionalmente, se detecta presencia de Zinc (Zn) y Calcio (Ca) en los residuos de gasolina extra y presencia de Cobre (Cu) en los residuos de gasolina extra con 5% de etanol anhidro, lo expuesto anteriormente se muestra en la tabla 27.

Tabla 27
Elementos de muestras de combustibles.

Elementos	Extra	Extra con 5% etanol
Zinc (Zn)	3%	
Hierro (Fe)	1%	11%
Azufre (S)	1%	4%
Silicio (Si)	3%	4%
Calcio (Ca)	7%	1%
Fósforo (P)	1%	
Cobre (Cu)		14%

Nota: Se compara los elementos de las muestras de combustible Extra y Extra 5%.

Se resalta, mayor presencia del elemento Azufre (S) con el 4% en los residuos de gasolina extra con 5% de etanol, a diferencia del 1% en los residuos de la gasolina extra; ya que el azufre cuando se quema se transforma en bióxido de azufre (SO_2), este se libera a la atmósfera donde tiene efectos tóxicos (Gary & Handwerk, 2001) y genera un gran deterioro para el medio ambiente, además el potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es un beneficio sustancial de los combustibles de bajo azufre (Alcántar & Cruz, 2011).

Análisis de Estereoscopía

En la vista estereoscópica de los microfiltros de los inyectores del vehículo Aveo Family 1500 cc al usar gasolina extra, hay una tendencia de obstrucción del 3% (figura 141.a) frente a una de menos del 1% al utilizar gasolina extra con mezcla del 5% de etanol (figura 141.c), en la superficie de la malla.

En la estereoscopia realizada a los microfiltros de los inyectores del vehículo Corsa Evolution 1800 cc al usar gasolina extra, hay una tendencia de obstrucción del 9% (figura 141.b) frente a una de menos del 1% al operar el vehículo con gasolina extra con 5% de etanol (figura 141.d), en la superficie de la malla.

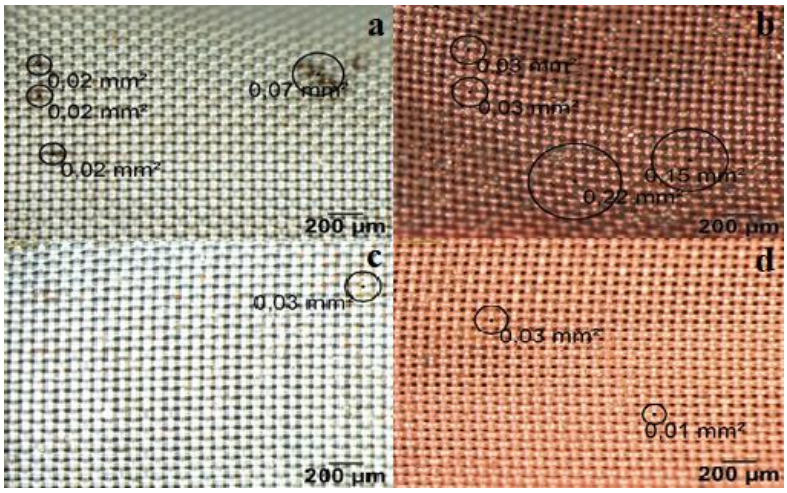


Figura 141. Malla de microfiltros de inyectores, a. Aveo - Extra, b. Corsa - Extra, c. Aveo - Extra 5%, d. Corsa - Extra 5%.

En el caso de los dos vehículos se presenta una reducción en el área de obstrucción de la malla de los microfiltros de los inyectores al usar gasolina extra con 5% de etanol anhidro, dándose la diferencia más notoria en el caso del vehículo Corsa Evolution 1800cc; esto se debe a que el etanol es un buen disolvente y purificador (Cornejo, 2018), provocando que los residuos

de combustible que obstruyen la malla de los microfiltros de los inyectores se diluyan. Esta comparación se puede realizar gracias a una vista tridimensional de objetos percibidos mediante visión binocular (Cárdenas Quiroga, Morales Martín, & Ussa Caycedo, 2015).

Análisis de Simulación CFD

En la tabla 28 se muestra que la gasolina extra con 5% de etanol presenta un comportamiento más turbulento a diferencia de la gasolina tradicional extra que tiene un menor tiempo turbulento. En la entrada de la tobera del inyector donde el área es mayor los combustibles presentan mayor turbulencia durante el flujo, hasta llegar a la reducción del área donde el flujo de gasolina presenta una mínima turbulencia; pero al llegar a la boquilla vuelve a aumentar el flujo turbulento, en esta parte de la geometría del inyector especialmente en el asiento de la boquilla se debe poner mayor esfuerzo en el diseño para cumplir con los requisitos del motor de combustión de gasolina. El éxito solo es posible con un conocimiento profundo de las cantidades influyentes, teniendo en cuenta que muchos parámetros de diseño afectan el flujo interno en la boquilla del inyector (Hellmann, y otros, 2017).

Al disminuir el área del flujo la velocidad de inyección aumenta en los combustibles. En la vista transversal se logra apreciar que la velocidad máxima de los combustibles siempre ocurrirá en el centro de la tubería del inyector y que a medida que se acercan los combustibles a los bordes la velocidad disminuye, esto debido a la fricción que ejerce un efecto contrario al sentido del movimiento.

Tabla 28
Comparación de valores máximos y mínimos en la simulación CFD.

	Valor Máximo		Valor Mínimo	
Variable	Extra	Extra 5%	Extra	Extra 5%
Presión Total (Pa)	413685	413685	413685	413685
Velocidad (m/s)	2.845e-05	1.088e-04	2.742e-05	7.315e-05
Tiempo Turbulento (s)	4.015e+18	4.025e+18	0.022	0,033
Densidad (kg/m3)	734	738	734	738

El comportamiento del combustible alternativo Extra 5% dentro del inyector es más turbulento debido a que presenta una mayor densidad a diferencia del combustible tradicional Extra que presenta un menor tiempo turbulento, esto influye en la pulverización del inyector y ángulo de inyección y a la vez en las emisiones contaminantes de los vehículos seleccionados.

Conclusiones

La caracterización del comportamiento del inyector del sistema de inyección indirecta multipunto fue evaluada a través de la simulación CFD, obteniendo un comportamiento más estable en el combustible tradicional Extra a diferencia del combustible alternativo Extra 5% que presenta n comportamiento más turbulento durante el flujo.

Las emisiones de CO, NO_x y HC del combustible alternativo con etanol anhidro comparadas con las emisiones del combustible convencional nos muestran que las emisiones de gases contaminantes en caliente de los vehículos son mayores cuando se utiliza combustible alternativo con etanol anhidro.

La carga contaminante en los microfiltros de los inyectores que utilizaron combustible alternativo con 5% de etanol anhidro es mayor a la de los microfiltros de los inyectores que

utilizaron combustible convencional extra, debido al mayor porcentaje de azufre en los residuos de la gasolina con 5% de etanol.

El porcentaje de obstrucción en la superficie de la malla de los microfiltros utilizando la gasolina convencional Extra es mayor comparada al usar gasolina Extra 5%, debido a que el etanol es un buen disolvente y purificador, provocando que los residuos de combustible que obstruyen la malla de los microfiltros de los inyectores se diluyan.

La simulación CFD en el inyector, nos muestra que la presión se mantiene constante durante el flujo de combustible y en todos los sectores de la geometría en el caso de las dos gasolinas, pero el tiempo turbulento es mayor al utilizar combustible extra con 5% de etanol a diferencia de la gasolina extra donde el tiempo turbulento disminuye.

Recomendaciones

Para mejorar el resultado de la estimación de los factores de emisión, se sugiere realizar una mayor cantidad de pruebas, y aumentar la muestra de vehículos, los mismos que deben ser seleccionados de acuerdo a la mayor representatividad del parque automotor nacional.

Para mejorar el resultado del consumo de combustible, se sugiere realizar una mayor cantidad de pruebas, y aumentar el número de vehículos, los mismos que deben ser seleccionados de acuerdo a la mayor representatividad del parque automotor nacional considerando el cilindraje y la marca de los vehículos.

Para un estudio más detallado de la inyección de combustible, se recomienda realizar una simulación CFD en la salida del combustible del inyector considerando el tiempo de inyección, la pulverización y ángulo de expulsión en diferentes inyectores.

Al desarrollar las pruebas con el ciclo on board, se recomienda conducir los vehículos de muestra con el mismo conductor y a la misma hora, para disminuir las variaciones de manejo en cada prueba.

Referencias Bibliográficas

Albán, E., & López, J. (2010). *DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN VEHICULAR MEDIANTE PRUEBAS A BORDO EN LA CIUDAD DE QUITO.* Quito: Tesis EPN.

Alcántar, F. S., & Cruz, J. (2011). Análisis de la distribución de azufre en productos, emisiones de SOx y la recuperación del mismo en el sistema nacional de refinación. *Revista internacional de contaminación ambiental vol.27 no.2*.

Alonso, J. M. (2009). *Técnicas del Automóvil MOTORES.* Madrid: Paraninfo.

Ávila, D., & Ayala, J. (2013). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MOTORES A GASOLINA RESPECTO DE LA VARIACIÓN DEL OCTANAJE.* Quito: Tesis EPN.

AXION-GO. (2016). *Manual de usuario analizador de gases on board.* Estados Unidos.

Caiza, P., & Portilla, Á. (2010). *DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ALTURA EN EMISIONES CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE CICLO OTTO, DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA.* Quito: Tesis EPN.

Cárdenas Quiroga, E. A., Morales Martín, L. Y., & Ussa Caycedo, A. (2015). La estereoscopía, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. *Revista Científica General José María Córdova*, 201-219.

CINAE. (2018). *ANUARIO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ ECUATORIANA.* Quito: David Molina.

CINAE. (2018). *ANUARIO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ ECUATORIANA.* Quito: Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana.

Cornejo, P. (2018). *repository.uaeh*. Obtenido de Aplicaciones del etanol: https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/1725/1723

Costa, R. C., & Sodré, J. R. (2010). Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. *Fuel 89(2)*, 287-293.

El-Faroug, M., Yan, F., Luo, M., & Fiifi Turkson, R. (2016). Spark Ignition Engine Combustion, Performance and Emission Products from Hydrous Ethanol and Its Blends with Gasoline. *Energies 9*, 984-1007.

Elfasakhany, A. (2016). Engine performance evaluation and pollutant emissions analysis using ternary bio-ethanol-iso-butanol-gasoline blends in gasoline engines. *Journal of Cleaner Production 139*, 1057-1067.

Escudero, S., Gonzáles, J., Rivas, J., & Suaréz, A. (2011). *Motores.* Madrid: MACMILLAN Profesional.

Espinoza, F., & Tacuri, F. (2016). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR CICLO OTTO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA RESPECTO AL GRADO DE CONCENTRACIÓN DEL ETANOL EN LA GASOLINA EXTRA PARA LA CIUDAD DE CUENCA.* Quito: Tesis EPN.

Frey, C. (2001). Emissions Reduction Through Better Traffic Management: An Empirical Evaluation Based Upon On-Road Measurements.

Frey, C., Delavarrafiee, M., & Singh, S. (2014). Real-World Freeway and Ramp Activity and Emissions for Light-Duty Gasoline Vehices . *Transportion and Air Quality*.

Gary, J., & Handwerk, G. (2001). *Petroleum Refining Technology and Economics.* New York: Editorial Marcel Dekker Inc - Cuarta Edición .

Goméz, J., Samaniego, J., & Antonissen, M. (2008). Consideraciones ambientales entorno a los biocombustibles líquidos. *CEPAL, 137*, 1-52.

Goñi, J., & Rojas, M. (2016). *MANUAL DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS Y TECNOLOGÍA AUTOMOTRIZ.* Lima: Fondo.

Grupo Spurrier. (2013). *PRO ECUADOR.* Obtenido de INSTITUTO DE PROMOCIÓN DE EXXPORTACIONES E INVERSIONES: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Perfiles-de-Inversiones-Promocion-de-Inversiones/Perfiles-de-Inversion/Biocombustibles.pdf

Hellmann, R., Jochmann, P., Georg Stapf, K., Schuenemann, E., Daróczy, L., Thévenin, D., & Bosch GmbH, R. (2017). *Towards design optimization of high-pressure gasoline injectors using Genetic Algorithm coupled with Computational Fluid Dynamics (CFD).* Valencia: ILASS–Europe 2017, 28th Conference on Liquid Atomization and Spray Systems.

Hernandez, M., Lizette, M., & 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.

INEN. (NTE 2204 Segunda Revisión). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 Segunda revisión GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA.*

INEN. (NTE 2478). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2478. ETANOL ANHIDRO. REQUISITOS.*

INEN. (NTE 935 Novena Revisión). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 935 Novena revisión. PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GASOLINA. REQUISITOS.*

Li, L., Ge, Y., Wang, M., Peng, Z., Song, Y., Zhang, L., & Yuan, W. (2015). Exhaust and evaporative emissions frommotorcycles fueled with ethanol gasoline blends. *Science of the Environment 502*, 627-631.

Llanes, E., 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. *Enfoque UTE*, 149-158.

López, J. (2013). *EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.* Quito: Tesis EPN.

MacLean, H., & Lave, L. (2003). Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. *Progress in energy and combustion science, 29*, 1-69.

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Producción nacional de derivados 2014* . Quito.

Najafi, G., Ghobadian, B., Moosavian, A., Yusaf, T., Mamat, R., Kettner, M., & W, A. (2016). SVM and ANFIS for prediction of performance and exhaust emissions of a SI engine with gasoline-ethanol blended fuels. *Applied Thermal Engineering 95*, 186-203.

OLYMPUS. (2018). *OLYMPUS AMERICA*. Obtenido de http://www.olympusamerica.com/files/seg_bio/szx16szx10%20brochure.pdf.

OMS. (2016). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de http://www.who.int/es/home

Páez, C. (2009). *Diagnóstico de la Calidad de Aire en el Ecuador para la definición de políticas y estrategias.* Quito: Ministerio del Ambiente.

Payri, F., & Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos.* Barcelona: REVERTÉ.

Peng, D.-X. (2017). Effect of unleaded gasoline blended with biofuels on gasoline injector wear and exhaust emissions. *Industrial Lubrication and Tribology*, 69(2),208-214.

Phuangwongtrakula, S., Wechsatola, W., Sethaputb, T., Suktanga, K., & Wongwisesa, S. (2016). Experimental study on sparking ignition engine performance for optimal mixing ratio of ethanol-gasoline blended fuels. *Applied Thermal Engineering 100*, 869-879.

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

Quinchimbla, F., & Solís, J. (2017). *DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN CIUDAD, CARRETERA Y COMBINADO PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO REAL*

DEL COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE CICLO OTTO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Quito: Tesis EPN.

Recalde, M., & Revelo, R. (2015). *ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS A GASOLINA UTILIZANDO PRUEBAS ESTACIONARIA Y DINÁMICA MEDIANTE CICLO IM-240.* Quito: Tesis EPN.

Rocha, J., & Víctor, Z. (2015). *ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO, DEBIDO A LA PRESENCIA DE ADITIVOS.* Quito: Tesis EPN.

RO-DES. (2016). *Inyectores*. Obtenido de https://www.ro-des.com/mecanica/que-son-los-inyectores/

Schifter, I., Díaz, L., Rodríguez, R., & Salazar, L. (2011). Assessment of Mexico's program to use ethanol as transportation fuel: impact of 6% ethanol-blended fuel on emissions of light-duty gasoline vehicles. *Environ Monit Assess*, 173:343–360.

SECRETARIA DE AMBIENTE. (2015). *Actualización del Plan de Manejo de la Calidad del Aire 2005 – 2010.* Quito: Jorge Oviedo Carrillo.

TESCAN. (2018). *Especificaciones técnicas Vega3*. Obtenido de https://www.tescan.com/es/tecnologia/meb/vega3

Thakur, A. K., Kaviti, A. K., Mehra, R., & Mer, K. K. (2017). Progress in performance analysis of ethanol-gasoline blends on SI engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 69*, 324-340.

Urbina, A. (Marzo de 2016). *COMPARACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN VEHICULAR AL UTILIZAR CICLOS DE CONDUCCIÓN IM240 Y ON BOARD EN LA CIUDAD DE QUITO*. Quito: Tesis EPN.

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 Associattion, 440* , 1096-2247.

Wauquier, J. P. (2004). *El Refino Del Petróleo: Petróleo Crudo, Productos Petrolíferos, Esquemas de Fabricación.* Paris: Ediciones Díaz de Santos.

Anexos

Anexo 1. Resultados factores de emisión y consumo de combustible en ruta del vehículo Chevrolet Aveo Family 1500 cc.

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

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Quito, 22 de junio de 2018
CCICEV-CER-TESIS18 - 034

CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos 400 por parte del Sr. JEFFERSON VLADIMIR ANDRADE VILLARREAL 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:	8LATD51Y1A0038829
Modelo:	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Kilometraje:	455733
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F15S33308341
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]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

Fecha de ejecución del ensayo: 18 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

Av. Toledo s/n y Madrid (Campus Politécnico) Telf.: 02 2976 300 Ext: 5751 www.ccicev.com

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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°	18-400-P1
	Página 1 / 1	FECHA:	18 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial ☐
Reevaluación ☐
No. Visita ☐

TIPO DE EVALUACIÓN

Evaluación Regular ☐
Evaluación RTV*4ta rev ☐
Otros ☐
Prechequeo RTV* ☐
Evaluación Tesis ☐

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

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LATD51Y1A0038829
Modelo:	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Kilometraje:	455733

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F15S33308341
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]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	18/05/2018 10:53	Hora final	18/05/2018 15:28
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]	0,114	0,258	0,374	-	-
CO2 [%v]	12,2	11,32	11,76	-	-
HC [ppm]	125	203	105	-	-
O2 [%v]	2,96	3,78	3,11	-	-
NOx [ppm]	96	110	74	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

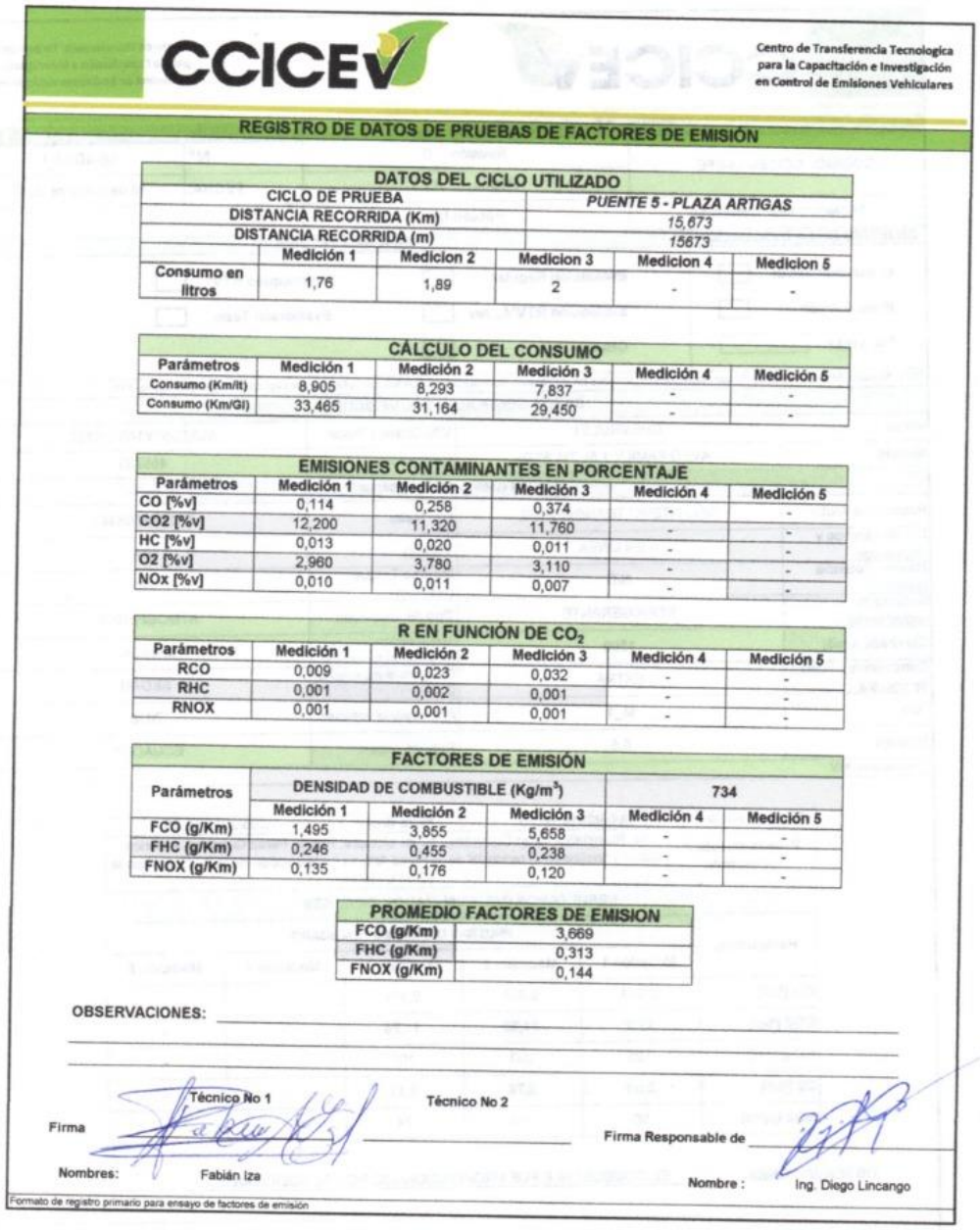
Firma Responsables:

Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de Unidad:

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	1,76	1,89	2	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,905	8,293	7,837	-	-
Consumo (Km/Gl)	33,465	31,164	29,450	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,114	0,258	0,374	-	-
CO2 [%v]	12,200	11,320	11,760	-	-
HC [%v]	0,013	0,020	0,011	-	-
O2 [%v]	2,960	3,780	3,110	-	-
NOx [%v]	0,010	0,011	0,007	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,009	0,023	0,032	-	-
RHC	0,001	0,002	0,001	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			734	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	1,495	3,855	5,658	-	-
FHC (g/Km)	0,246	0,455	0,238	-	-
FNOX (g/Km)	0,135	0,176	0,120	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	3,669
FHC (g/Km)	0,313
FNOX (g/Km)	0,144

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma _____ Firma Responsable de _____

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 EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-400-P2
	Página 1 / 1	FECHA:	21 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN			
Evaluación Inicial	X	Evaluación Regular		Prechequeo RTV*	
Reevaluación		Evaluación RTV* 4ta rev		Evaluación Tesis	X
No. Visita	1	Otros			

*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:	8LATD51Y1A0038829
Modelo:	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Kilometraje:	455837

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F15S33308341
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]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 5% ETANOL	Categoria-Subcategoria-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	21/05/2018 9:32	Hora final	21/05/2018 12:48
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]	0,283	0,327	0,149	-	-
CO2 [%v]	12,25	11,91	11,77	-	-
HC [ppm]	44	181	235	-	-
O2 [%v]	3,18	3,11	3,42	-	-
NOx [ppm]	167	117	240	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

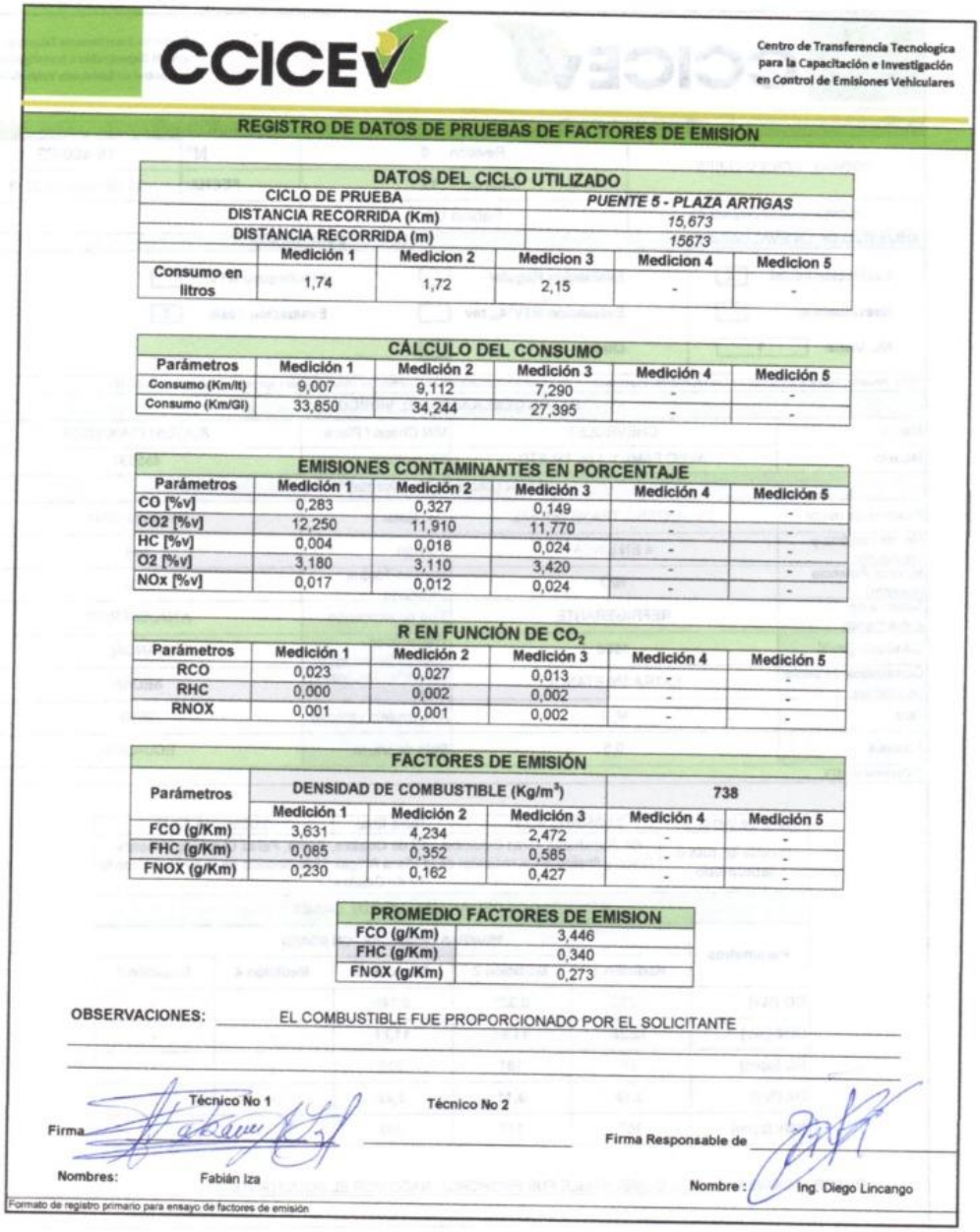
Firma Responsables:

Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de Unidad:

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	1,74	1,72	2,15	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	9,007	9,112	7,290	-	-
Consumo (Km/Gl)	33,850	34,244	27,395	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,283	0,327	0,149	-	-
CO2 [%v]	12,250	11,910	11,770	-	-
HC [%v]	0,004	0,018	0,024	-	-
O2 [%v]	3,180	3,110	3,420	-	-
NOx [%v]	0,017	0,012	0,024	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,023	0,027	0,013	-	-
RHC	0,000	0,002	0,002	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,002	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			738	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	3,631	4,234	2,472	-	-
FHC (g/Km)	0,085	0,352	0,585	-	-
FNOX (g/Km)	0,230	0,162	0,427	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	3,446
FHC (g/Km)	0,340
FNOX (g/Km)	0,273

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1

Firma

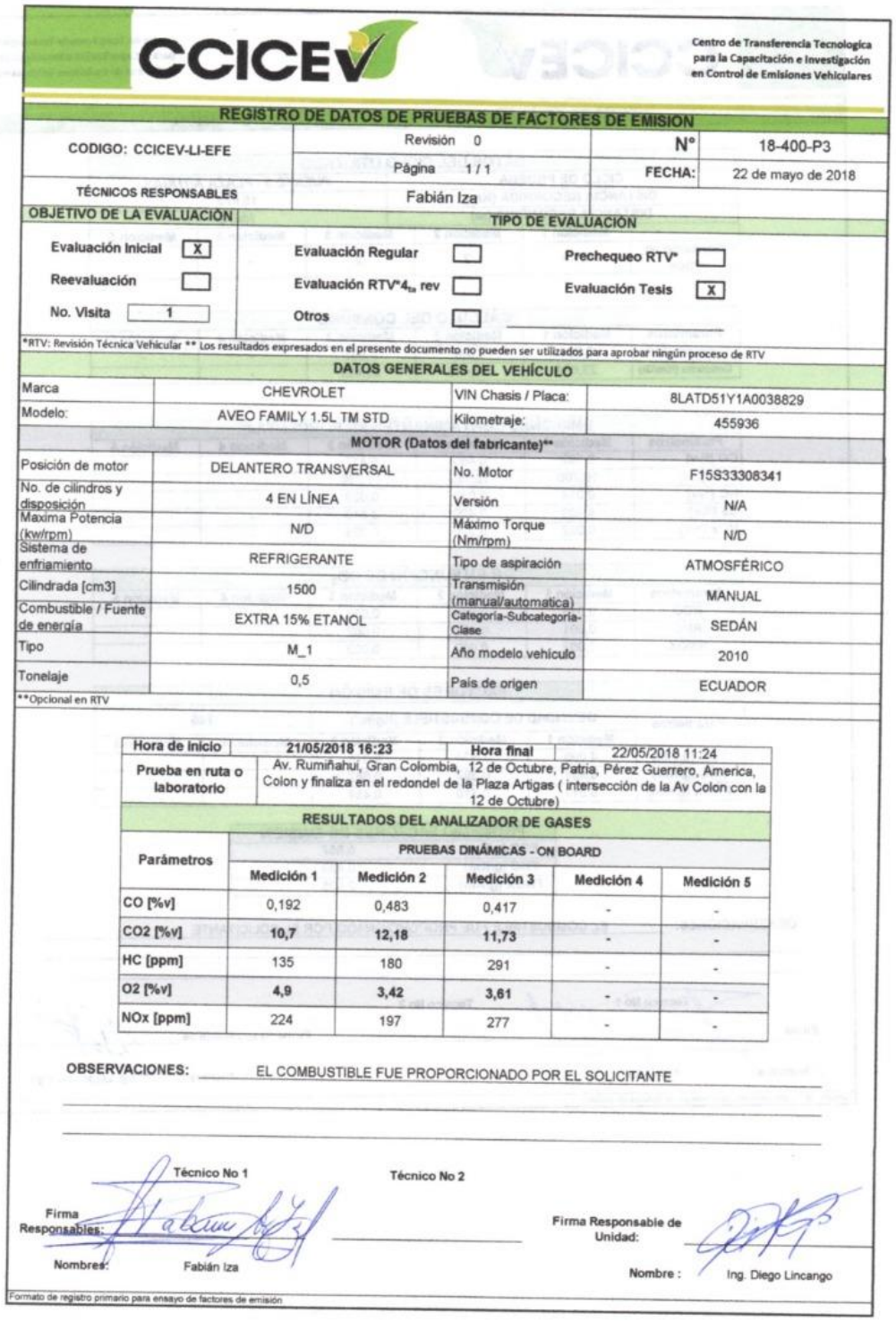
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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°	18-400-P3
	Página 1 / 1	FECHA:	22 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial [X]	Evaluación Regular [ ]	Prechequeo RTV* [ ]
Reevaluación [ ]	Evaluación RTV*4ta rev [ ]	Evaluación Tesis [X]
No. Visita 1	Otros [ ]	

*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:	8LATD51Y1A0038829
Modelo:	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Kilometraje:	455936

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F15S33308341
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]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 15% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	21/05/2018 16:23	Hora final	22/05/2018 11:24
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]	0,192	0,483	0,417	-	-
CO2 [%v]	10,7	12,18	11,73	-	-
HC [ppm]	135	180	291	-	-
O2 [%v]	4,9	3,42	3,61	-	-
NOx [ppm]	224	197	277	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Responsables: 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	2,49	2	2	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	6,294	7,837	7,837	-	-
Consumo (Km/Gl)	23,654	29,450	29,450	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,192	0,483	0,417	-	-
CO2 [%v]	10,700	12,180	11,730	-	-
HC [%v]	0,014	0,018	0,029	-	-
O2 [%v]	4,900	3,420	3,610	-	-
NOx [%v]	0,022	0,020	0,028	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,018	0,040	0,036	-	-
RHC	0,001	0,001	0,002	-	-
RNOX	0,002	0,002	0,002	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			746	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	4,090	7,104	6,376	-	-
FHC (g/Km)	0,431	0,397	0,667	-	-
FNOX (g/Km)	0,511	0,310	0,454	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	5,857
FHC (g/Km)	0,499
FNOX (g/Km)	0,425

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 — Técnico No 2

Firma — Firma Responsable de

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 EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-400-P4
	Página 1 / 1	FECHA:	22 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial	X	Evaluación Regular		Prechequeo RTV*	
Reevaluación		Evaluación RTV* 4ta rev		Evaluación Tesis	X
No. Visita	4	Otros			

*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:	8LATD51Y1A0038829
Modelo:	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Kilometraje:	456034

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F15S33308341
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]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	22/05/2018 12:02	Hora final	23/05/2018 13:22
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]	0,586	0,495	0,455	-	-
CO2 [%v]	12,26	11,97	11,26	-	-
HC [ppm]	289	252	258	-	-
O2 [%v]	2,67	3,19	4,74	-	-
NOx [ppm]	169	313	226	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Responsables:

Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de Unidad:

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	2,13	1,93	2,08	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,358	8,121	7,535	-	-
Consumo (Km/Gl)	27,652	30,518	28,317	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,586	0,495	0,455	-	-
CO2 [%v]	12,260	11,970	11,260	-	-
HC [%v]	0,029	0,025	0,026	-	-
O2 [%v]	2,670	3,190	4,740	-	-
NOx [%v]	0,017	0,031	0,023	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,048	0,041	0,040	-	-
RHC	0,002	0,002	0,002	-	-
RNOX	0,001	0,003	0,002	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			750	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	9,075	7,163	7,546	-	-
FHC (g/Km)	0,671	0,547	0,642	-	-
FNOX (g/Km)	0,280	0,485	0,402	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	7,928
FHC (g/Km)	0,620
FNOX (g/Km)	0,389

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Firma Responsable de

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 EMISION

CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	N°	18-400-P5
	Página 1 / 1	FECHA:	23 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN			
Evaluación Inicial	☐	Evaluación Regular	☐	Prechequeo RTV*	☐
Reevaluación	☐	Evaluación RTV* 4ta rev	☐	Evaluación Tesis	☐
No. Visita	☐	Otros	☐		

*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:	8LATD51Y1A0038829
Modelo:	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Kilometraje:	456163

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F15S33308341
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]	1500	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 15% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje	0,5	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	23/05/2018 14:04	Hora final	23/04/2018 17:37
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]	0,502	0,405	0,387	-	-
CO2 [%v]	**11,55**	**11,87**	**12,33**	-	-
HC [ppm]	242	62	106	-	-
O2 [%v]	**4,32**	**4,01**	**3,69**	-	-
NOx [ppm]	369	343	287	-	-

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

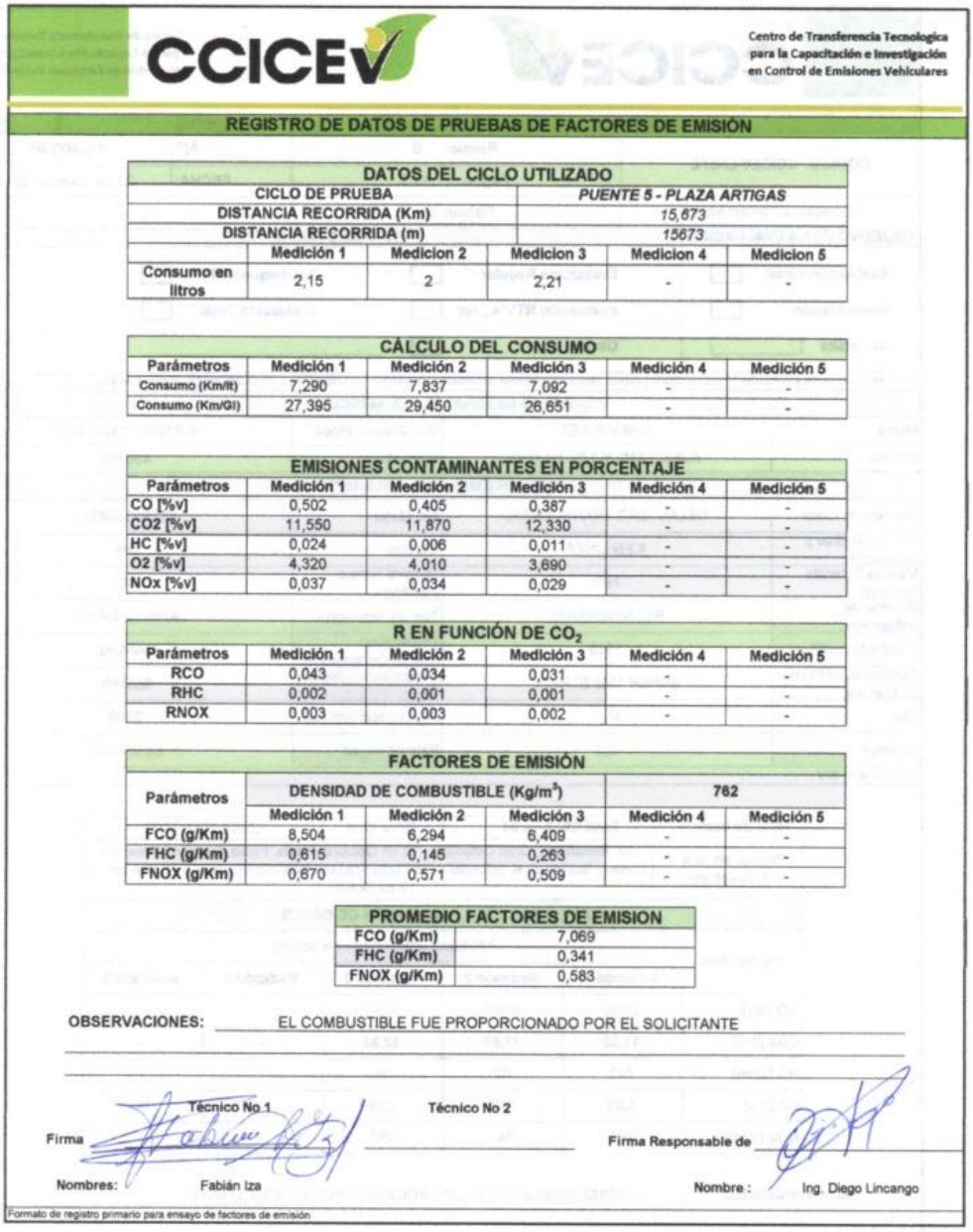
Firma Responsables:

Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de Unidad:

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	2,15	2	2,21	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,290	7,837	7,092	-	-
Consumo (Km/Gl)	27,395	29,450	26,651	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,502	0,405	0,387	-	-
CO2 [%v]	11,550	11,870	12,330	-	-
HC [%v]	0,024	0,006	0,011	-	-
O2 [%v]	4,320	4,010	3,690	-	-
NOx [%v]	0,037	0,034	0,029	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,043	0,034	0,031	-	-
RHC	0,002	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,003	0,003	0,002	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			762	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	8,504	6,294	6,409	-	-
FHC (g/Km)	0,615	0,145	0,263	-	-
FNOX (g/Km)	0,670	0,571	0,509	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	7,069
FHC (g/Km)	0,341
FNOX (g/Km)	0,583

OBSERVACIONES: EL COMBUSTIBLE FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Firma Responsable de

Nombres: Fabián Iza Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

Anexo 2. Resultados factores de emisión y consumo de combustible en ruta del vehículo Chevrolet Corsa Evolution 1800 cc.

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

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Quito, 22 de junio de 2018
CCICEV-CER-TESIS18 - 033

CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos 399 por parte del Sr. JEFFERSON VLADIMIR ANDRADE VILLARREAL 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:	8LAXF11R450029893
Modelo:	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	Kilometraje:	N/D
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	1R0013547
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 vehículo	2005
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

Fecha de ejecución del ensayo: 12 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

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	N°	18-399-P1
	Página 1 / 1	FECHA:	12 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial	X	Evaluación Regular		Prechequeo RTV*	
Reevaluación		Evaluación RTV* 4ta rev		Evaluación Tesis	X
No. Visita	1	Otros			

*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:	8LAXF11R450029893
Modelo:	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	Kilometraje:	188900

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	1R0013547
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]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2005
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	12/05/2018 9:31	Hora final	12/05/2018 12:58
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]	2,15	1,52	1,97		
CO2 [%v]	9,42	9,26	9,51		
HC [ppm]	2786	2744	2844		
O2 [%v]	5,08	5,65	4,62		
NOx [ppm]	990	1153	1066		

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Responsables: _____ _____

Nombres: Fabián Iza 0

Firma Responsable de Unidad: _____

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	1,79	1,62	1,87		

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,756	9,675	8,381	-	-
Consumo (Km/Gl)	32,905	36,357	31,497	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	2,150	1,520	1,970	-	-
CO2 [%v]	9,420	9,260	9,510	-	-
HC [%v]	0,279	0,274	0,284	-	-
O2 [%v]	5,080	5,650	4,620	-	-
NOx [%v]	0,099	0,115	0,107	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,228	0,164	0,207	-	-
RHC	0,030	0,030	0,030	-	-
RNOX	0,011	0,012	0,011	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			734	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	28,547	19,528	27,486	-	-
FHC (g/Km)	5,549	5,288	5,952	-	-
FNOX (g/Km)	1,408	1,587	1,594	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	25,187
FHC (g/Km)	5,596
FNOX (g/Km)	1,530

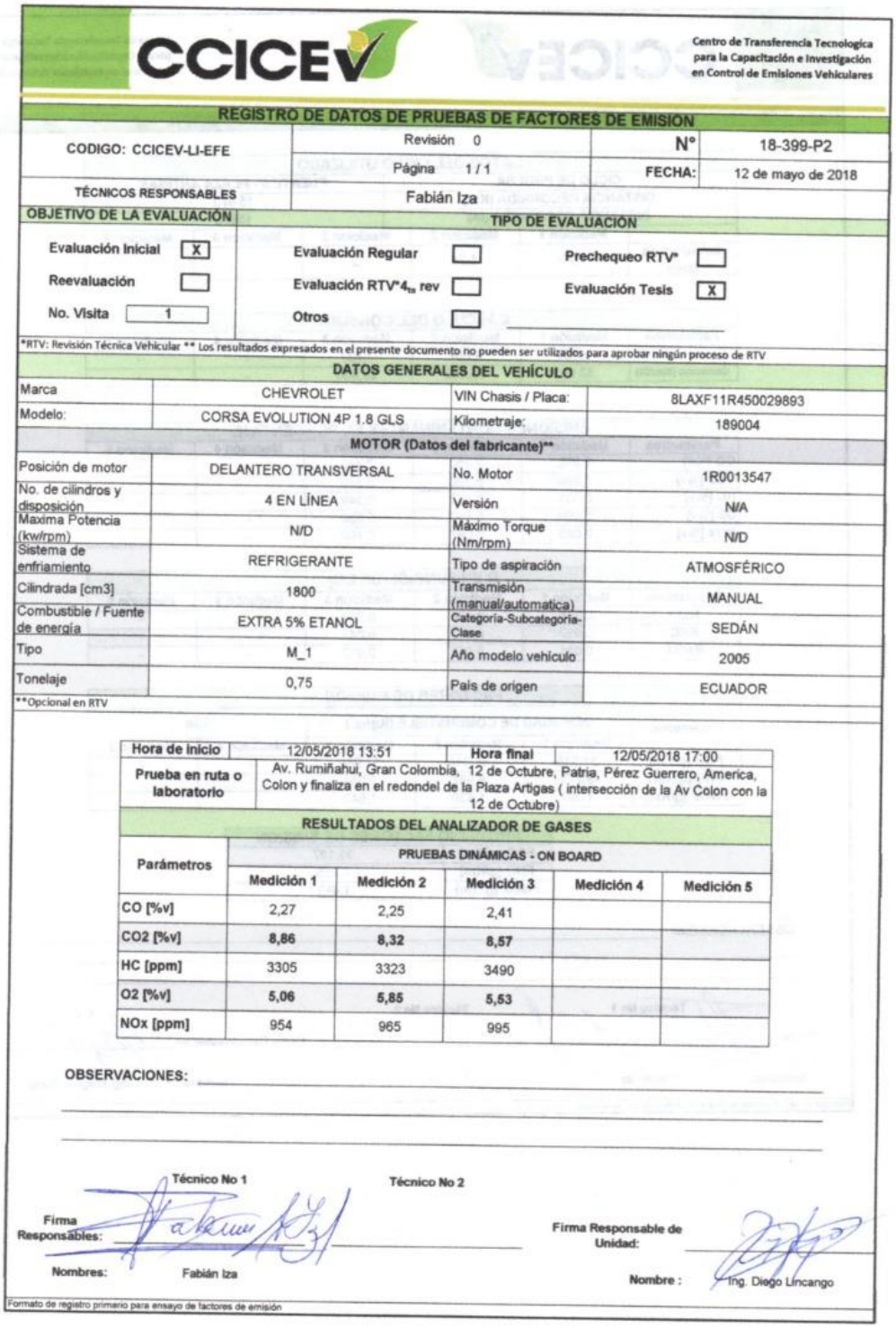
OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma _____ _____ Firma Responsable de _____

Nombres: Fabián Iza 0 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	N°	18-399-P2
	Página 1 / 1	FECHA:	12 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

- Evaluación Inicial [X]
- Reevaluación [ ]
- No. Visita 1

TIPO DE EVALUACIÓN

- Evaluación Regular [ ]
- Evaluación RTV*4_{ts} rev [ ]
- Otros [ ]
- Prechequeo RTV* [ ]
- Evaluación Tesis [X]

*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:	8LAXF11R450029893
Modelo:	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	Kilometraje:	189004

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	1R0013547
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]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2005
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	12/05/2018 13:51	Hora final	12/05/2018 17:00
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]	2,27	2,25	2,41		
CO2 [%v]	8,86	8,32	8,57		
HC [ppm]	3305	3323	3490		
O2 [%v]	5,06	5,85	5,53		
NOx [ppm]	954	965	995		

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Responsables: _____ _____

Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de Unidad: _____

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	1,79	1,74	2		

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,756	9,007	7,837	-	-
Consumo (Km/Gl)	32,905	33,850	29,450	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	2,270	2,250	2,410	-	-
CO2 [%v]	8,860	8,320	8,570	-	-
HC [%v]	0,331	0,332	0,349	-	-
O2 [%v]	5,060	5,850	5,530	-	-
NOx [%v]	0,095	0,097	0,100	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,256	0,270	0,281	-	-
RHC	0,037	0,040	0,041	-	-
RNOX	0,011	0,012	0,012	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			738	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	31,015	31,316	37,080	-	-
FHC (g/Km)	6,773	6,937	8,054	-	-
FNOX (g/Km)	1,397	1,439	1,640	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	33,137
FHC (g/Km)	7,255
FNOX (g/Km)	1,492

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma

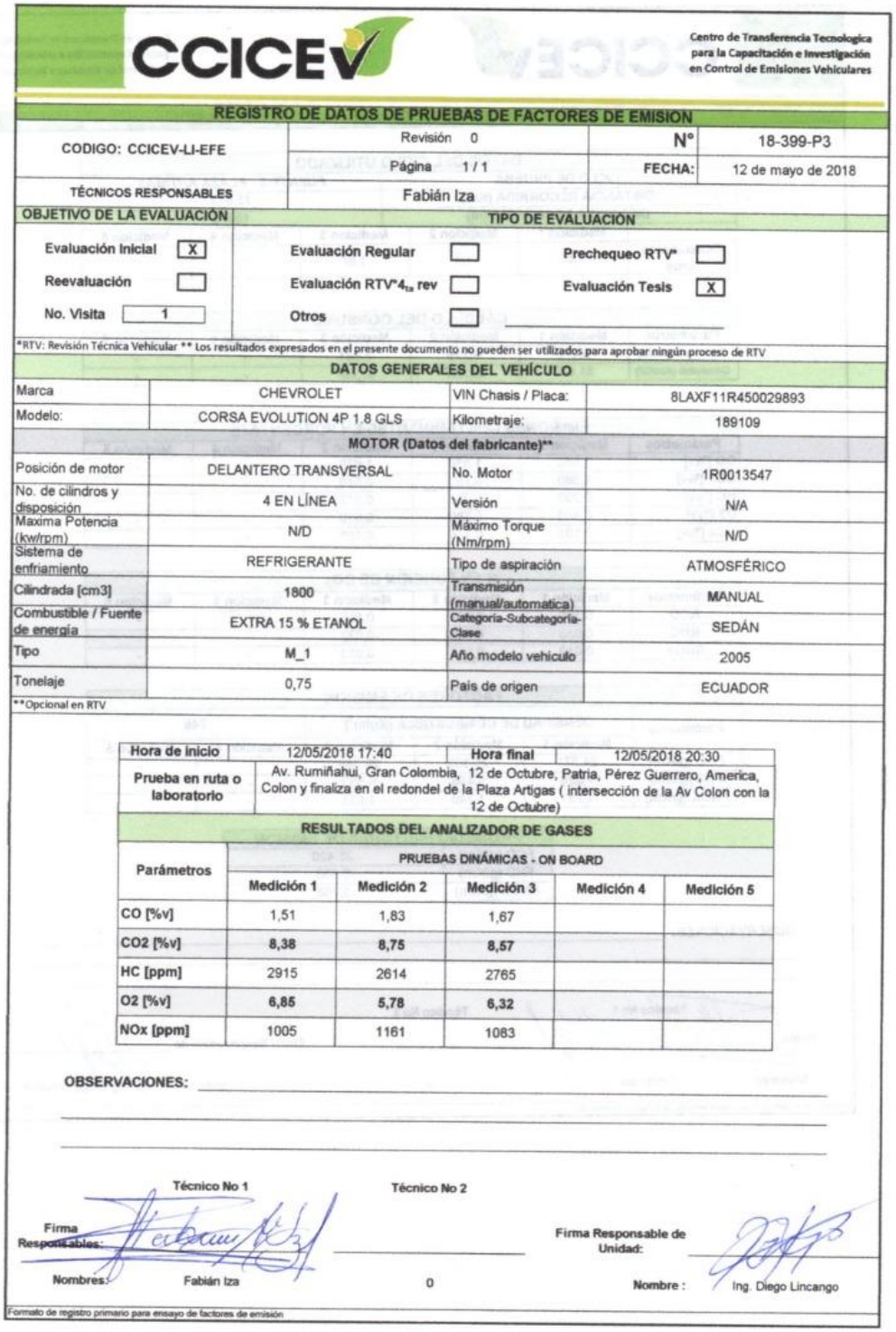
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de _____

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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°	18-399-P3
	Página 1 / 1	FECHA:	12 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN			
Evaluación Inicial	X	Evaluación Regular		Prechequeo RTV*	
Reevaluación		Evaluación RTV* 4ta rev		Evaluación Tesis	X
No. Visita	1	Otros			

*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:	8LAXF11R450029893
Modelo:	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	Kilometraje:	189109

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	1R0013547
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]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	EXTRA 15 % ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehiculo	2005
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	12/05/2018 17:40	Hora final	12/05/2018 20:30
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)		

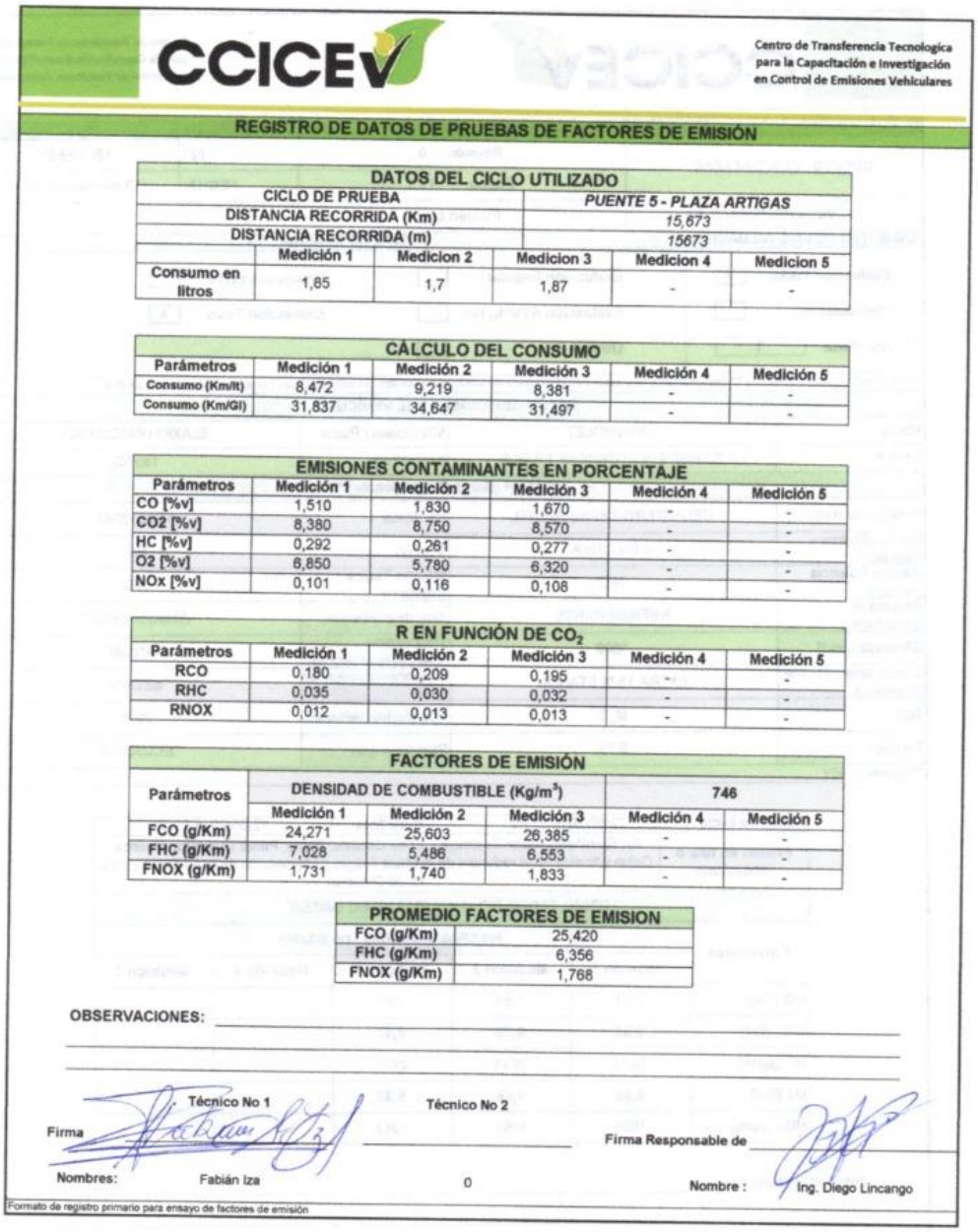
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	1,51	1,83	1,67		
CO2 [%v]	8,38	8,75	8,57		
HC [ppm]	2915	2614	2765		
O2 [%v]	6,85	5,78	6,32		
NOx [ppm]	1005	1161	1083		

OBSERVACIONES: _____

	Técnico No 1	Técnico No 2	
Firma Responsables:			Firma Responsable de Unidad:
Nombres:	Fabián Iza	0	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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	1,85	1,7	1,87	-	-

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,472	9,219	8,381	-	-
Consumo (Km/Gl)	31,837	34,647	31,497	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	1,510	1,830	1,670	-	-
CO2 [%v]	8,380	8,750	8,570	-	-
HC [%v]	0,292	0,261	0,277	-	-
O2 [%v]	6,850	5,780	6,320	-	-
NOx [%v]	0,101	0,116	0,108	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,180	0,209	0,195	-	-
RHC	0,035	0,030	0,032	-	-
RNOX	0,012	0,013	0,013	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m³)			746	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	24,271	25,603	26,385	-	-
FHC (g/Km)	7,028	5,486	6,553	-	-
FNOX (g/Km)	1,731	1,740	1,833	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	25,420
FHC (g/Km)	6,356
FNOX (g/Km)	1,768

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma _____

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

_____

0

Firma Responsable de _____

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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°	18-399-P4
	Página 1 / 1	FECHA:	16 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial	X	Evaluación Regular		Prechequeo RTV*	
Reevaluación		Evaluación RTV* 4ta rev		Evaluación Tesis	X
No. Visita	1	Otros			

*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:	8LAXF11R450029893
Modelo:	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	Kilometraje:	189549

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	1R0013547
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]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 5% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2005
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	16/05/2018 9:18	Hora final	16/05/2018 12:36
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]	2,14	1,93	1,5		
CO2 [%v]	8,88	8,81	9,14		
HC [ppm]	3051	3626	3094		
O2 [%v]	6,29	6,23	6,1		
NOx [ppm]	894	992	1238		

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 Técnico No 2

Firma Responsables: _____ _____ 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 Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	2,04	2	1,82		

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,683	7,837	8,612	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Consumo (Km/Gl)	28,872	29,450	32,362	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	2,140	1,930	1,500	0,000	0,000
CO2 [%v]	8,880	8,810	9,140	0,000	0,000
HC [%v]	0,305	0,363	0,309	0,000	0,000
O2 [%v]	6,290	6,230	6,100	0,000	0,000
NOx [%v]	0,089	0,099	0,124	0,000	0,000

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,241	0,219	0,164	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
RHC	0,034	0,041	0,034	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
RNOX	0,010	0,011	0,014	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			750	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	34,392	30,686	22,190	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
FHC (g/Km)	7,355	8,648	6,865	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
FNOX (g/Km)	1,539	1,690	1,962	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	29,089
FHC (g/Km)	7,623
FNOX (g/Km)	1,730

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma

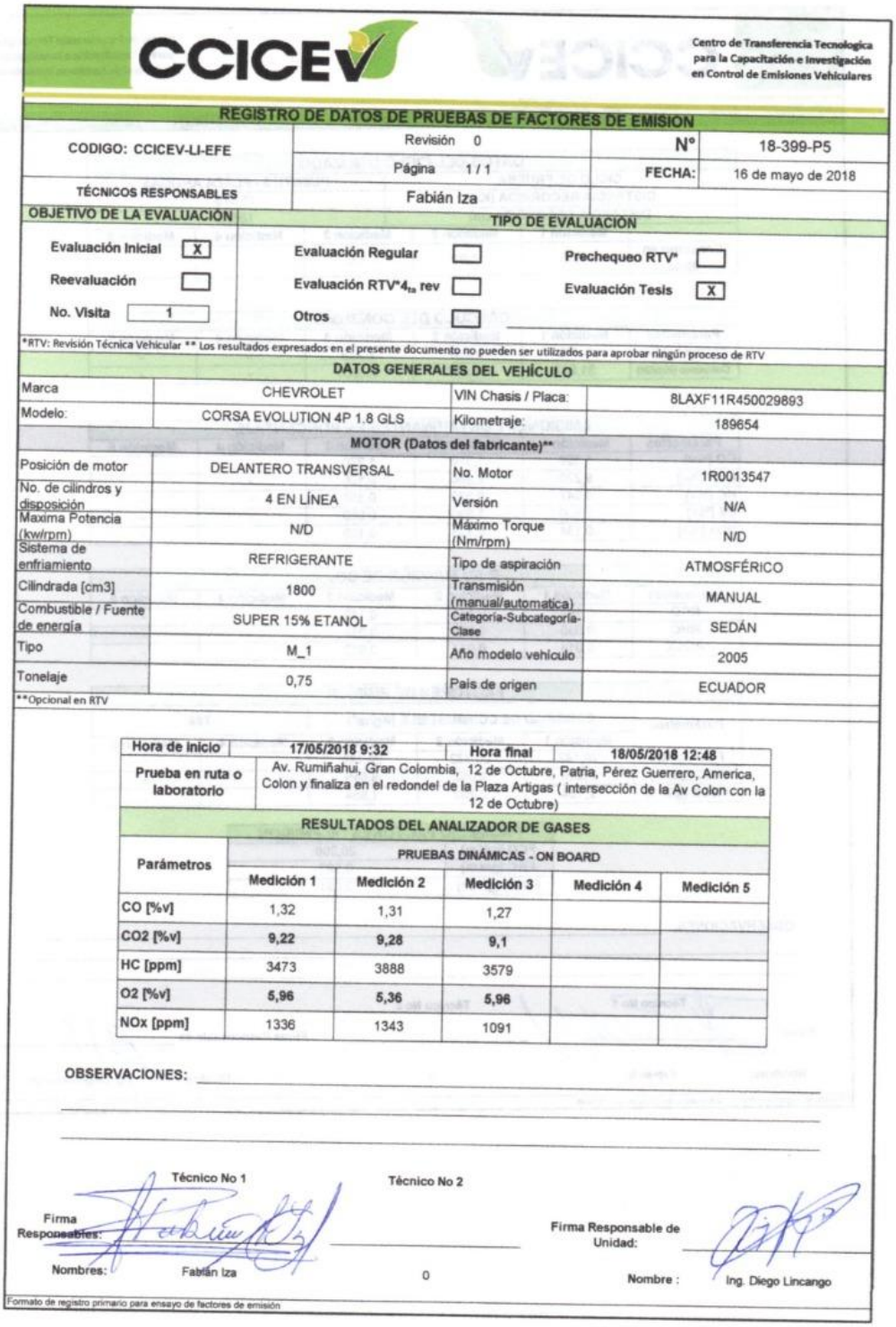
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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°	18-399-P5
	Página 1 / 1	FECHA:	16 de mayo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluación Inicial	X	Evaluación Regular		Prechequeo RTV*	
Reevaluación		Evaluación RTV*4ta rev		Evaluación Tesis	X
No. Visita	1	Otros			

*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:	8LAXF11R450029893
Modelo:	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	Kilometraje:	189654

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	1R0013547
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]	1800	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	SUPER 15% ETANOL	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2005
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	17/05/2018 9:32	Hora final	18/05/2018 12:48
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]	1,32	1,31	1,27		
CO2 [%v]	9,22	9,28	9,1		
HC [ppm]	3473	3888	3579		
O2 [%v]	5,96	5,36	5,96		
NOx [ppm]	1336	1343	1091		

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 — Técnico No 2

Firma Responsables: _____ _____

Nombres: Fabián Iza 0

Firma Responsable de Unidad: _____

Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnologica 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	Medicion 2	Medicion 3	Medicion 4	Medicion 5
Consumo en litros	1,85	1,91	1,9		

CÁLCULO DEL CONSUMO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	8,472	8,206	8,249	-	-
Consumo (Km/Gl)	31,837	30,837	31,000	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	1,320	1,310	1,270	-	-
CO2 [%v]	9,220	9,280	9,100	-	-
HC [%v]	0,347	0,389	0,358	-	-
O2 [%v]	5,960	5,360	5,960	-	-
NOx [%v]	0,134	0,134	0,109	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO_2					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,143	0,141	0,140	-	-
RHC	0,038	0,042	0,039	-	-
RNOX	0,014	0,014	0,012	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m^3)			762	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	20,142	20,332	20,144	-	-
FHC (g/Km)	7,949	9,052	8,515	-	-
FNOX (g/Km)	2,184	2,233	1,854	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	20,206
FHC (g/Km)	8,505
FNOX (g/Km)	2,091

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1 — Técnico No 2

Firma _____ _____ Firma Responsable de _____

Nombres: Fabián Iza 0 Nombre : Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión