

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MOTORES A GASOLINA
RESPECTO DE LA VARIACIÓN DEL OCTANAJE**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN
SISTEMAS AUTOMOTRICES**

DARIO XAVIER ÁVILA RAMÍREZ
dario_avila@hotmail.com

JOSÉ GALO ANÍBAL AYALA CUEVA
gayalam@hotmail.com

DIRECTOR: MSc. ING. IVÁN ZAMBRANO OREJUELA
ivan.zambrano@epn.edu.ec

QUITO, AGOSTO 2013

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata la posible influencia en el comportamiento de los motores de algunos vehículos modernos que circulan en la ciudad de Quito debido a la variación del octanaje del combustible utilizado. Se inicia el trabajo realizando una descripción de las fuentes de refinación nacional donde se producen las gasolinas en el Ecuador y en especial las que se usan en Quito, para luego analizar varios conceptos relacionados con la gasolina y sus parámetros más importantes. Inclusive se realizan varias afirmaciones previas dentro del marco teórico de la tesis sobre el buen y mal uso de la gasolina respecto del octanaje en los vehículos actuales. Posteriormente en las conclusiones del trabajo éstas se afirman gracias a la investigación a fondo sobre el tema que es la materia base de este trabajo.

Se define el problema que lleva a realizar esta investigación enfatizando especialmente en la medición de la potencia desarrollada por el uso de distintos tipos de gasolina y de otros parámetros relacionados en el comportamiento de varios vehículos para visualizar el impacto global del uso de gasolinas distintas en nuestro país y en especial en Quito. Luego se define el procedimiento experimental que se utiliza y los equipos de diagnóstico para los vehículos probados.

También se definen los vehículos sobre los que se realizan las pruebas de experimentación. Para realizar la medición de la potencia efectiva en cada vehículo, en el desarrollo del proyecto se explican cada una de las pruebas experimentales seleccionadas para conseguir resultados que reflejen la realidad del trabajo de investigación.

El análisis de resultados a través de tablas de muestreo y correlaciones servirán para generar importantes conclusiones y recomendaciones sobre el comportamiento de los distintos vehículos en las pruebas realizadas utilizando tres tipos de combustibles con distintas composiciones de octanaje manteniendo la altura geográfica constante.

PRESENTACIÓN

En la actualidad existe un inmenso desarrollo científico en las condiciones tecnológicas que se utilizan para diseñar y producir vehículos. El desarrollo de la electrónica vehicular en este siglo ha impactado de manera positiva en todo el sistema de mejoramiento energético en esta industria, de manera que a través de este trabajo de investigación se realiza un análisis enfocado al uso de la gasolina como combustible y su influencia en el comportamiento de los vehículos modernos que circulan por la ciudad de Quito mediante la variación del grado de octanaje. La electrónica automotriz es decisiva en este enfoque, puesto que a través de sus aplicaciones en los sensores, unidad de control del motor (ECU) y actuadores automotrices, se puede analizar el comportamiento del motor del vehículo bajo condiciones preestablecidas.

El principal aporte de la presente investigación debe convalidar o deslegitimar el uso actual de las gasolinas en la ciudad de Quito, que utiliza como política gubernamental ingentes recursos para subsidiar la gasolina de consumo nacional. Más aún cuando se han propuesto nuevas políticas sobre el uso de gasolinas con mayores octanajes a nivel nacional, lo cual representa finalmente una mayor importación de nafta de alto octano cuyo subsidio tiene un gran impacto en la economía nacional.

Inclusive, desde el punto de vista particular, el usuario que normalmente carga el tanque de combustible de su vehículo podrá tener un panorama claro y conciso, como contribuye a las condiciones de rendimiento de su vehículo el uso de uno u otro tipo de gasolina y de acuerdo a esto como influirá en su economía personal.

El presente trabajo cuenta con la utilización de equipos modernos de diagnóstico automotriz, la experiencia invaluable de la tutoría de nuestros maestros que sustentan este propósito y la experiencia profesional en el área de hidrocarburos y automotriz de los autores del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	9
1.1 INTRODUCCIÓN	9
1.2 FUNDAMENTOS.....	11
1.2.1 CICLO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (GASOLINA)	11
1.2.1.1 Admisión	11
1.2.1.2 Compresión.....	11
1.2.1.3 Explosión.....	11
1.2.1.4 Escape	12
1.2.2 PRESIÓN DE LA CÁMARA Y RELACIÓN DE COMPRESIÓN (R_c)	13
1.2.3 LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL MOTOR	13
1.2.4 CICLOS TERMODINÁMICOS DEL CICLO OTTO	13
1.2.5 RELACIÓN AIRE – COMBUSTIBLE (RAC)	15
1.2.6 ESTEQUIOMETRÍA DE LA COMBUSTIÓN	15
1.2.7 DESARROLLO DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN POR DETONACIÓN	16
1.2.8 AUTOENCENDIDO	17
1.2.9 ÍNDICE DE OCTANO (IO)	17
1.3 ADITIVOS PARA GASOLINAS.....	22
1.3.1 TETRAETILO DE PLOMO	23
1.4 CARBURANTES OXIGENADOS.....	23
1.5 EXIGENCIAS SANITARIAS Y MEDIOAMBIENTALES	25
1.6 PODER CALÓRICO DE LA GASOLINA.....	26
1.7 EFECTOS DEL GRADO DE OCTANO	26
1.8 SENSOR DE GOLPETEO (KS).....	27
1.9 SENSOR DE OXÍGENO	29
1.9.1 SENSOR DE OXÍGENO DE ELEMENTO ZIRCONIO	29
1.9.2 SENSOR DE OXÍGENO DE TITANIO	31
1.10 INYECTORES	32
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
2.1. INTRODUCCIÓN	35
2.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	35
2.2.1. PROCESO DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	35
2.2.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	37
2.2.3. VEHÍCULOS PARA PRUEBA	38
2.3. EQUIPOS PARA DIAGNÓSTICO	40
2.3.1. MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ	40
2.3.2. ESCÁNER AUTOMOTRIZ	41
2.3.3. OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ	42
2.4. EQUIPOS UTILIZADOS PARA CARACTERIZAR LAS CONDICIONES DEL COMBUSTIBLE	43
2.4.1. DINAMÓMETRO DE CHASIS (LPS 3000)	43
2.4.1.1. Dinamómetro de Chasis	43

2.4.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	44
2.4.2.1. Protocolo para Pruebas de Torque y Potencia.....	44
2.4.2.2. Protocolo para Pruebas Estáticas.....	46
2.4.2.3. Protocolo para Pruebas de Ruta Corta.....	46
2.4.2.4. Protocolo para Pruebas de Ruta Larga.....	47
2.4.3. FICHAS TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS ASIGNADOS A PRUEBAS.....	49
CAPÍTULO III. PRUEBAS EXPERIMENTALES	50
3.1 PRUEBAS ESTÁTICAS	50
3.1.1 PRUEBAS DE POTENCIA VERSUS REVOLUCIONES POR MINUTO	50
3.1.1.1 Ford Eco Sport	51
3.1.1.2 Daihatsu Terios	52
3.1.1.3 Chevrolet Trooper	53
3.1.1.4 Toyota 4Runner.....	54
3.1.2 PRUEBA DE POTENCIA A RPM CONSTANTES	55
3.1.2.1 Ford Eco Sport	55
3.1.2.2 Daihatsu Terios	56
3.1.2.3 Chevrolet Trooper	57
3.1.2.4 Toyota 4Runner.....	58
3.1.3 POTENCIA MÁXIMA OBTENIDA VERSUS POTENCIA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE	59
3.1.3.1 Ford Eco Sport	59
3.1.3.2 Daihatsu Terios	60
3.1.3.3 Chevrolet Trooper	61
3.1.3.4 Toyota 4Runner.....	62
3.1.4 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO – INYECTORES	63
3.1.4.1 Ford Eco Sport	64
3.1.4.2 Daihatsu Terios	64
3.1.4.3 Chevrolet Trooper	65
3.1.4.4 Toyota 4Runner.....	65
3.1.5 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO – SENSOR DE GOLPETEO (KS).....	66
3.1.5.1 Ford Eco Sport	67
3.1.5.2 Daihatsu Terios	67
3.1.5.3 Chevrolet Trooper	68
3.1.5.4 Toyota 4Runner.....	68
3.1.6 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO – SENSOR DE OXÍGENO	69
3.1.5.5 Ford Eco Sport	70
3.1.5.6 Daihatsu Terios	71
3.1.5.7 Chevrolet Trooper	72
3.1.5.8 Toyota 4Runner.....	73
3.2 PRUEBAS DINÁMICAS	74
3.2.1 PRUEBAS EN RUTA CORTA	74
3.2.1.1 Ford Eco Sport	75
3.2.1.2 Daihatsu Terios	75
3.2.1.3 Chevrolet Trooper	76
3.2.1.4 Toyota 4Runner.....	76
3.2.2 PRUEBAS EN RUTA LARGA	78
3.2.2.1 Ford Eco Sport	79
3.2.2.2 Daihatsu Terios	81
3.2.2.3 Chevrolet Trooper	83
3.2.2.4 Toyota 4Runner.....	85

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	88
4.1. SOBRE LAS PRUEBAS ESTÁTICAS	88
4.2. SOBRE LAS PRUEBAS DINÁMICAS	90
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1. CONCLUSIONES	97
5.2. RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

FIGURA 1. 1	DIAGRAMA ANGULAR DE LOS CICLOS DE UN MOTOR DE 4 TIEMPOS DE CICLO OTTO	12
FIGURA 1. 2	CICLOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 4 TIEMPOS (GASOLINA) ¹	12
FIGURA 1. 3	DIAGRAMAS PRESIÓN- VOLUMEN Y TEMPERATURA – ENTROPÍA.....	13
FIGURA 1. 4	CICLOS OTTO IDEAL Y REAL.....	14
FIGURA 1.5	CORRESPONDENCIA ENTRE LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN DEL MOTOR Y LA ESTRUCTURA QUÍMICA DEL COMBUSTIBLE.....	20
FIGURA 1. 6	SUSCEPTIBILIDAD AL PLOMO DE DIFERENTES GASOLINAS	22
FIGURA 1. 7	INFLUENCIA DEL AZUFRE EN LA SUSCEPTIBILIDAD AL PLOMO ⁸	22
FIGURA 1.8	CONTENIDO DE OXÍGENO EN PESO DE ALGUNOS COMBUSTIBLES.....	24
FIGURA 1. 9	SEÑAL DEL SENSOR DE GOLPETEO	28
FIGURA 1. 10	SEÑAL DE VOLTAJE DEL SENSOR DE GOLPETEO HACIA LA ECU ¹¹	28
FIGURA 1. 11	SENSOR DE TIPO ZIRCONIO O DE SALTO DE TENSIÓN.....	30
FIGURA 1. 12	FORMA DE LA SEÑAL DE VOLTAJE DE LA SONDA DE ZIRCONIO	31
FIGURA 1. 13	TENSIÓN DEL SENSOR EN LAS REGIONES DE MEZCLA RICA Y POBRE ¹³	31
FIGURA 1.14	RESISTENCIA DE LA SONDA DE TITANIO Y LA TEMPERATURA.	32
FIGURA 1. 15	COMPARACIÓN DE LA SEÑAL DE ZIRCONIO Y LA SEÑAL DE TITANIO.....	32
FIGURA 1. 16	PARTES DEL INYECTOR.....	32
FIGURA 1. 17	COMPORTAMIENTO DE LA ONDA DE RESPUESTA DEL INYECTOR	33
FIGURA 1. 18	SISTEMA DE INYECCIÓN. RELACIÓN ENTRE ACTUADORES, UNIDAD CENTRAL DE CONTROL Y EL ACTUADOR (INYECTOR).....	34

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

FIGURA 2. 1	FORD ECOSPORT	38
FIGURA 2. 2	TOYOTA 4RUNNER.....	38
FIGURA 2. 3	DAIHATSU TERIOS.....	39
FIGURA 2. 4	CHEVROLET TROOPER.....	39
FIGURA 2. 5	MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ.....	40
FIGURA 2. 6	ESCÁNER CARMAN LITE.	41
FIGURA 2. 7	OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ FINEST 1006.	42
FIGURA 2. 8	DINAMÓMETRO DE CHASIS.	43
FIGURA 2. 9	DINAMÓMETRO DE CHASIS LPS 3000.....	44
FIGURA 2. 10	REPRESENTACIÓN DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.	36
FIGURA 2. 11	PROCESO DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL PROPUESTO	36

CAPÍTULO III. PRUEBAS EXPERIMENTALES

FIGURA 3. 1	POTENCIA VS. RPM CONSTANTES FORD ECO SPORT	55
FIGURA 3. 2	POTENCIA VS. RPM CONSTANTES DAIHATSU TERIOS	56
FIGURA 3. 3	POTENCIA VS. RPM CONSTANTES CHEVROLET TROOPER.....	57
FIGURA 3. 4	POTENCIA VS. RPM CONSTANTES TOYOTA 4RUNNER	58
FIGURA 3. 5	VEHÍCULOS EN PRUEBAS DE POTENCIA	50

FIGURA 3.6	HP vs. RPM FORD ECO SPORT	51
FIGURA 3.7	HP vs. RPM DAIHATSU TERIOS.....	52
FIGURA 3.8	HP vs. RPM CHEVROLET TROOPER	53
FIGURA 3.9	HP vs. RPM TOYOTA 4RUNNER.....	54
FIGURA 3.10	PUNTO DE INFLEXIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIA – FORD ECO SPORT.....	59
FIGURA 3.11	PUNTO DE INFLEXIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIA – DAIHATSU TERIOS.....	60
FIGURA 3.12	PUNTO DE INFLEXIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIA –CHEVROLET TROOPER	61
FIGURA 3.13	PUNTO DE INFLEXIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIA –TOYOTA 4RUNNER.....	62
FIGURA 3.14	SEÑAL DEL PULSO DEL INYECTOR	63
FIGURA 3.15	COMPORTAMIENTO DEL INYECTOR – FORD ECO SPORT	64
FIGURA 3.16	COMPORTAMIENTO DEL INYECTOR – DAIHATSU TERIOS.....	64
FIGURA 3.17	COMPORTAMIENTO DEL INYECTOR – CHEVROLET TROOPER	65
FIGURA 3.18	COMPORTAMIENTO DEL INYECTOR –TOYOTA 4RUNNER	65
FIGURA 3.19	SEÑAL DEL SENSOR DE GOLPETEO (KS)	66
FIGURA 3.20	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE GOLPETEO – FORD ECO SPORT.....	67
FIGURA 3.21	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE GOLPETEO – DAIHATSU TERIOS.....	67
FIGURA 3.22	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE GOLPETEO –CHEVROLET TROOPER.....	68
FIGURA 3.23	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE GOLPETEO –TOYOTA 4RUNNER	68
FIGURA 3.24	SEÑAL DEL SENSOR DE OXÍGENO.....	69
FIGURA 3.25	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE OXÍGENO – FORD ECO SPORT	70
FIGURA 3.26	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE OXÍGENO – DAIHATSU TERIOS.....	71
FIGURA 3.27	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE OXÍGENO – CHEVROLET TROOPER	72
FIGURA 3.28	COMPORTAMIENTO DEL SENSOR DE OXÍGENO – TOYOTA 4RUNNER.....	73
FIGURA 3.29	SEÑAL DEL INYECTOR / RUTA CORTA (650 METROS)	74
FIGURA 3.30	PRUEBA DE RUTA CORTA – FORD ECO SPORT.....	75
FIGURA 3.31	PRUEBA DE RUTA CORTA – DAIHATSU TERIOS.....	75
FIGURA 3.32	PRUEBA DE RUTA CORTA –CHEVROLET TROOPER.....	76
FIGURA 3.33	PRUEBA DE RUTA CORTA –TOYOTA 4RUNNER.....	76
FIGURA 3.34	SEÑAL DEL INYECTOR / RUTA LARGA (7.2KM).....	78
FIGURA 3.35	PRUEBA DE RUTA LARGA – FORD ECO SPORT 81 OCTANOS.....	79
FIGURA 3.36	PRUEBA DE RUTA LARGA – FORD ECO SPORT 87 OCTANOS.....	79
FIGURA 3.37	PRUEBA DE RUTA LARGA – FORD ECO SPORT 92 OCTANOS.....	80
FIGURA 3.38	PRUEBA DE RUTA LARGA – FORD ECO SPORT 81, 87 Y 92 OCTANOS.....	80
FIGURA 3.39	PRUEBA DE RUTA LARGA – DAIHATSU TERIOS 81 OCTANOS.....	81
FIGURA 3.40	PRUEBA DE RUTA LARGA – DAIHATSU TERIOS 87 OCTANOS.....	81
FIGURA 3.41	PRUEBA DE RUTA LARGA – DAIHATSU TERIOS 92 OCTANOS.....	82
FIGURA 3.42	PRUEBA DE RUTA LARGA – DAIHATSU TERIOS 81, 87 Y 92 OCTANOS	82
FIGURA 3.43	PRUEBA DE RUTA LARGA – CHEVROLET TROOPER 81 OCTANOS.....	83
FIGURA 3.44	PRUEBA DE RUTA LARGA – CHEVROLET TROOPER 87 OCTANOS.....	83
FIGURA 3.45	PRUEBA DE RUTA LARGA – CHEVROLET TROOPER 92 OCTANOS.....	84
FIGURA 3.46	PRUEBA DE RUTA LARGA – CHEVROLET TROOPER 81, 87 Y 92 OCTANOS.....	84
FIGURA 3.47	PRUEBA DE RUTA LARGA – TOYOTA 4RUNNER 81 OCTANOS.....	85
FIGURA 3.48	PRUEBA DE RUTA LARGA – TOYOTA 4RUNNER 87 OCTANOS.....	85
FIGURA 3.49	PRUEBA DE RUTA LARGA – TOYOTA 4RUNNER 92 OCTANOS.....	86
FIGURA 3.50	PRUEBA DE RUTA LARGA – TOYOTA 4RUNNER 81, 87 Y 92 OCTANOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

TABLA 1.1	CUADRO COMPARATIVO DE ÍNDICES DE OCTANO PARA VARIOS HIDROCARBUROS POR FAMILIAS.....	20
TABLA 1.2	PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DE VARIOS COMBUSTIBLES.	25

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

TABLA 2. 1	PRUEBAS DE POTENCIA APLICADAS.....	37
TABLA 2. 2	FICHAS TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS ASIGNADOS A PRUEBAS.....	49

CAPÍTULO III. PRUEBAS EXPERIMENTALES

TABLA 3. 1	PRUEBA DE POTENCIA VERSUS RPM – FORD ECO SPORT.....	51
TABLA 3. 2	PRUEBA DE POTENCIA VERSUS RPM – DAIHATSU TERIOS.....	52
TABLA 3. 3	PRUEBA DE POTENCIA VERSUS RPM – CHEVROLET TROOPER.....	53
TABLA 3. 4	PRUEBA DE POTENCIA VERSUS RPM – TOYOTA 4RUNNER.....	54
TABLA 3. 5	PRUEBA DE POTENCIA CON RPM CONSTANTES – FORD ECO SPORT.	55
TABLA 3. 6	PRUEBA DE POTENCIA CON RPM CONSTANTES – DAIHATSU TERIOS.....	56
TABLA 3. 7	PRUEBA DE POTENCIA CON RPM CONSTANTES – CHEVROLET TROOPER	57
TABLA 3. 8	PRUEBA DE POTENCIA CON RPM CONSTANTES – TOYOTA 4RUNNER.....	58
TABLA 3. 9	POTENCIA MÁXIMA – FORD ECO SPORT.....	59
TABLA 3. 10	POTENCIA MÁXIMA – DAIHATSU TERIOS.....	60
TABLA 3. 11	POTENCIA MÁXIMA – CHEVROLET TROOPER.....	61
TABLA 3. 12	POTENCIA MÁXIMA – TOYOTA 4RUNNER.....	62
TABLA 3. 13	MEDICIONES DEL INYECTOR – FORD ECO SPORT	64
TABLA 3. 14	MEDICIONES DEL INYECTOR – DAIHATSU TERIOS	64
TABLA 3. 15	MEDICIONES DEL INYECTOR – CHEVROLET TROOPER	65
TABLA 3. 16	MEDICIONES DEL INYECTOR – TOYOTA 4RUNNER	65
TABLA 3. 17	MEDICIONES DEL SENSOR DE GOLPETEO – FORD ECO SPORT.....	67
TABLA 3. 18	MEDICIONES DEL SENSOR DE GOLPETEO – DAIHATSU TERIOS.....	67
TABLA 3. 19	MEDICIONES DEL SENSOR DE GOLPETEO – CHEVROLET TROOPER.....	68
TABLA 3. 20	MEDICIONES DEL SENSOR DE GOLPETEO – TOYOTA 4RUNNER.....	68
TABLA 3. 21	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – FORD ECO SPORT	70
TABLA 3. 22	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – DAIHATSU TERIOS.....	71
TABLA 3. 23	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – CHEVROLET TROOPER	72
TABLA 3. 24	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – TOYOTA 4RUNNER.....	73
TABLA 3. 25	PRUEBA DE RUTA CORTA – FORD ECO SPORT	75
TABLA 3. 26	PRUEBA DE RUTA CORTA – DAIHATSU TERIOS	75
TABLA 3. 27	PRUEBA DE RUTA CORTA – CHEVROLET TROOPER.....	76
TABLA 3. 28	PRUEBA DE RUTA CORTA – TOYOTA 4RUNNER	76

TABLA 3. 29	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – FORD ECO SPORT	77
TABLA 3. 30	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – DAIHATSU TERIOS.....	77
TABLA 3. 31	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – CHEVROLET TROOPER	77
TABLA 3. 32	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – TOYOTA 4RUNNER.....	77
TABLA 3. 33	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – FORD ECO SPORT	87
TABLA 3. 34	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – DAIHATSU TERIOS.....	87
TABLA 3. 35	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – CHEVROLET TROOPER	87
TABLA 3. 36	MEDICIONES DEL SENSOR DE OXÍGENO – TOYOTA 4RUNNER.....	87

CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS

TABLA 4. 1	MEDICIONES DEL INYECTOR EN PRUEBAS ESTÁTICAS	88
TABLA 4. 2	VARIACIÓN DE LA AMPLITUD DE ONDA DEL SENSOR DE OXÍGENO – PRUEBA ESTÁTICA....	90
TABLA 4. 3	CUADRO GENERAL – RESULTADOS DE PRUEBAS DE RUTA CORTA - INYECTORES.....	91
TABLA 4. 4	VARIACIÓN DE LA AMPLITUD DEL SENSOR DE OXÍGENO – RUTA CORTA	92
TABLA 4. 5	VARIACIÓN DE LA AMPLITUD DEL SENSOR DE OXÍGENO – RUTA LARGA.....	93
TABLA 4. 6	CUADRO GENERAL - RESULTADOS DE PRUEBAS DE POTENCIA.....	96

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos quince años en el Ecuador ha existido una sustancial variación en el sistema de producción y en el tipo de gasolinas que sirven para abastecer al parque automotor interno. A partir del año 1976, en el Ecuador se utilizó el Tetraetilo de Plomo (llamado también Tetrametil de plomo $[Pb(CH_3)_4]$), como un elemento de control del nivel de octanaje tanto para la gasolina “extra” como para la gasolina “súper”, práctica que se terminó en el año 1998 por el alto índice de casos de cáncer detectados. Adicionalmente este tipo de agente antidetonante, “envenena” el catalizador del vehículo, por lo que simultáneamente con la aparición de los convertidores catalíticos fue necesario desarrollar combustibles sin plomo. Desde el año 1998 hasta la actualidad, el Ecuador importa nafta de alto octanaje (NAO) de 95 octanos, como elemento mejorador del octanaje para las dos gasolinas mencionadas en un volumen aproximado de 13 millones de barriles al año (alrededor de 1350 millones de dólares por año). La Refinería Estatal de Esmeraldas es la principal fuente de producción de gasolinas en el país, a través de la mezcla controlada de Nafta Reformada de 90 octanos, Nafta de Alto Octanaje de 95 octanos (importada), Nafta Liviana de 62 octanos y Nafta Pesada de 55 Octanos.

En el Ecuador existen tres centros principales de refinación, Refinería Esmeraldas, Refinería la Libertad y Refinería de Shushufindi, los cuales son los centros de refinación que producen gasolina extra en un volumen aproximado de 27000 barriles diarios, mientras que Refinería Esmeraldas es la única que produce gasolina de Alto Octanaje o “Súper” en un volumen diario aproximado de 15000 barriles. El petróleo no se extrae en estado puro o limpio, viene acompañado de gas, metales pesados, azufre, sal y otras impurezas. Al llegar a la refinería, ingresa primero a un tanque desalador para extraerle la sal (aproximadamente 20 libras de sal por cada 1000 barriles de petróleo), luego

pasa a un horno donde se calienta a temperaturas de hasta 350°C y seguidamente entra a la torre de destilación atmosférica en forma de vapor y líquido. En esta torre ocurre la primera separación de varios componentes del petróleo. En su interior, la torre tiene varios compartimientos o platos que están a diferentes alturas y temperaturas, en los cuales se van acumulando los distintos derivados del petróleo. Los más livianos o volátiles como los gases se ubican en la parte superior y los menos livianos quedan como líquidos en varios puntos de las torres de destilación. En el fondo de la torre queda el residuo, es decir la parte pesada del petróleo que no alcanzó a dividirse en esta primera fase. El residuo de las torres de destilación atmosférica ingresa a otras torres en las que se genera vacío de presión, para obtener otros derivados denominados gasóleos, los que a su vez son enviados a la planta de Craqueamiento Catalítico Fluido o FCC, para ser transformados en gas de uso doméstico y gasolina de alto octanaje.

Las gasolinas obtenidas de las torres de destilación atmosférica tienen octanajes bajos, entre 50 y 60 octanos. Para incrementar el octanaje, se utilizan reactores que modifican químicamente la molécula de la gasolina para convertirlas en otras de mayor octanaje, estos reactores se conocen como las unidades FCC (craqueo catalítico fluidizado) y CCR (reformación catalítica continua), donde se rompen las cadenas moleculares sometiendo el crudo a temperaturas de alrededor de 520°C en contacto con el catalizador zeolítico fluidizado, transformándose por craqueo catalítico en fracciones moleculares más livianas como: gases, GLP (gas licuado de petróleo), gasolina de alto octanaje y destilados medios conocidos como aceites cíclicos. La planta de isomerización es un nuevo elemento instalado en Esmeraldas a partir del año 2007, siendo su propósito fundamental transformar la nafta de bajo octanaje y alto contenido de aromáticos que son nocivos para la salud, en nafta de alto octanaje y bajo contenido de aromáticos. Este trabajo de investigación pretende determinar el grado de influencia de la variación del octanaje de la gasolina respecto del comportamiento del motor de combustión interna en los vehículos que circulan en Quito, es decir a una altura media de 2800 msnm. Para llevar a cabo esta investigación se utilizan varios vehículos en los cuales se realizan pruebas de campo independientes, mediante el uso de combustibles de octanajes distintos.

1.2 FUNDAMENTOS

1.2.1 CICLO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (GASOLINA)

Los motores vehiculares a gasolina trabajan en su gran mayoría en ciclos de 720° de cuatro tiempos: admisión, compresión, explosión y escape. Cuando el brazo del cigüeñal se encuentra en posición vertical hacia arriba, el pistón ocupa el lugar más elevado de su trayectoria generándose el punto muerto superior, mientras que cuando se encuentra el pistón en la parte más baja de su recorrido se tiene el punto muerto inferior y la distancia que recorre se llama carrera del pistón. Así el pistón efectúa una carrera mientras el cigüeñal ha girado media vuelta. En la Figura 1.1 y la Figura 1.2 se pueden apreciar los ciclos descritos a continuación:

1.2.1.1 Admisión

La primera fase se produce cuando se abre la válvula de admisión y desciende el émbolo. La depresión originada en el cilindro, por el aumento del espacio que va dejando el émbolo, hace que la mezcla de aire y gasolina pase a llenar ese espacio, cerrándose la válvula de admisión al finalizar la carrera de descenso del émbolo. El cigüeñal ha girado media vuelta.

1.2.1.2 Compresión

Cuando el cigüeñal gira la media vuelta siguiente, las dos válvulas están cerradas y el émbolo sube comprimiendo la mezcla de aire y gasolina, hasta reducir su volumen al espacio que forma la cámara de compresión.

1.2.1.3 Explosión

Estando la mezcla comprimida en la cámara, se produce el salto de la chispa en la bujía, que enciende la mezcla y provoca la explosión de la misma. La combustión de la mezcla es muy rápida, generando gran cantidad de calor que aumenta la temperatura del gas elevando mucho más la presión que había al final de la compresión. El émbolo comienza a bajar empujado con fuerza por la expansión de los gases calientes. A medida que baja el émbolo aumenta el volumen que ocupan los gases, y éstos se van enfriando y perdiendo presión. Esta carrera descendente del émbolo hace girar el cigüeñal otra media vuelta proporcionando la fuerza para que funcione el motor.

1.2.1.4 Escape

En el punto muerto inferior PMI, se abre la válvula de escape (que junto con la de admisión estaban cerradas en los dos tiempos anteriores) y a través de ella, el émbolo, que ya sube, expulsa los gases quemados al exterior, completándose así el ciclo de funcionamiento. Con cada ciclo del motor de explosión de cuatro tiempos el émbolo realiza cuatro carreras y el cigüeñal gira dos vueltas. Si la explosión dentro del cilindro no es sincronizada, la fuerza explosiva golpea al émbolo demasiado rápido, cuando aún está bajando en el cilindro. Este efecto de fuerzas sacude fuertemente la máquina y puede llegar a destruirla. Cuando esto sucede se dice que el motor está "detonando" o "cascabeleando".

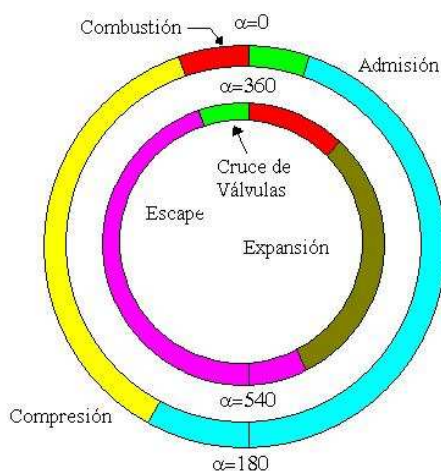


Figura 1. 1 Diagrama Angular de los Ciclos de un Motor de 4 tiempos de Ciclo Otto¹

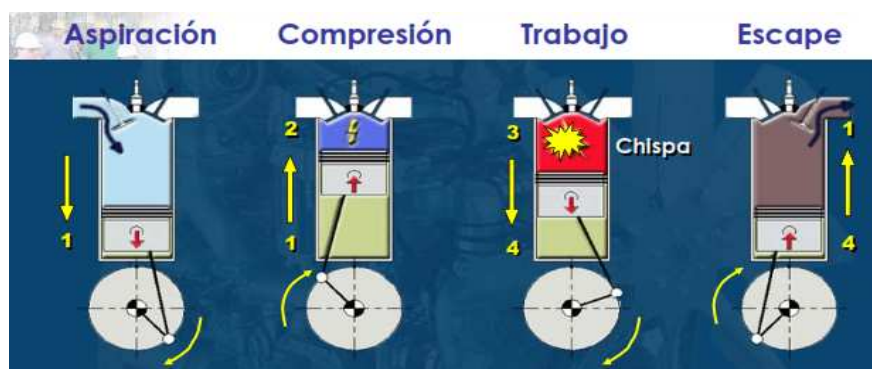


Figura 1. 2 Ciclos del Motor de Combustión Interna de 4 tiempos (Gasolina)¹

¹ FERGUSON Collin, *Internal Combustion Engines*, Cap 2, 1997, Wiley & Sons.

1.2.2 PRESIÓN DE LA CÁMARA Y RELACIÓN DE COMPRESIÓN (R_c)

El volumen total del cilindro incluye la cilindrada unitaria y el espacio ocupado por la cámara de compresión. La relación de compresión es el índice que indica el número de veces que el volumen total del cilindro es mayor que el volumen de la cámara de compresión. Si V es el volumen del cilindro (cilindrada) y V' es el volumen de la cámara de compresión, el volumen total del cilindro será la suma de ambos, es decir, $V + V'$. La relación de compresión resulta al dividir el volumen total del cilindro ($V + V'$) por el volumen de la cámara de compresión (V').

1.2.3 LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL MOTOR

La velocidad de rotación o de giro del motor viene determinada por el número de revoluciones por minuto (rpm). La potencia de un motor es el trabajo que éste realiza por unidad de tiempo, siendo consecuencia de la cantidad de ciclos del motor. Así, para una misma cilindrada, a mayor velocidad de giro, mayor potencia y para una misma velocidad de giro, a mayor cilindrada, mayor potencia. Por tanto, para conseguir motores más potentes existen tres recursos: *incrementar el cilindraje, aumentar la velocidad de rotación del motor, incrementar la presión media efectiva en la cámara de combustión.*

1.2.4 CICLOS TERMODINÁMICOS DEL CICLO OTTO

El ciclo Otto es ideal y representa el comportamiento de un motor a gasolina de cuatro tiempos. (Figura 1.3).

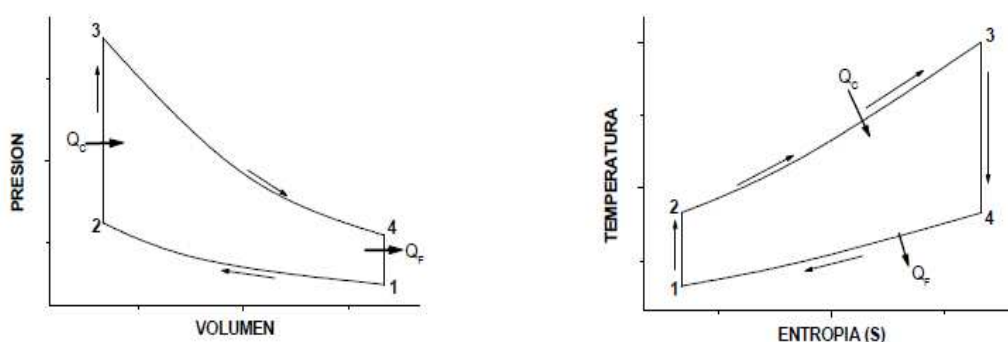
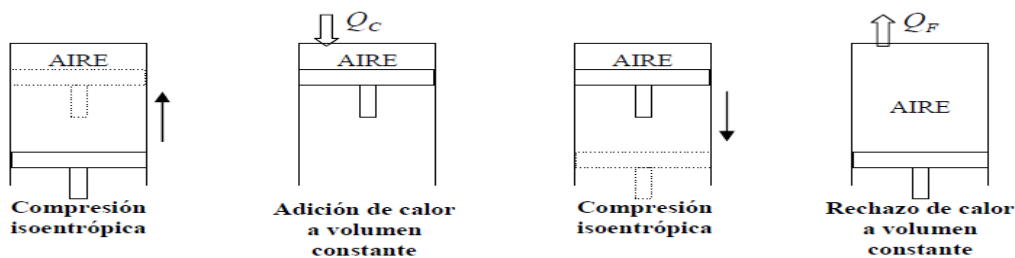
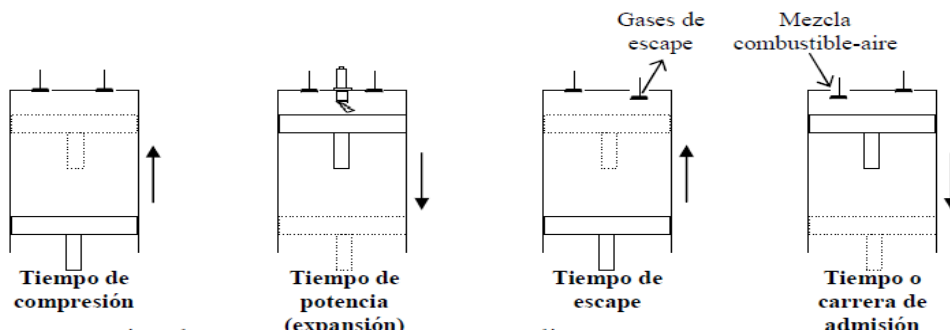


Figura 1.3 Diagramas Presión- Volumen y Temperatura- Entropía²

²FERGUSON Collin, *Internal Combustion Engines*, Cap 4, 1997, Wiley & Sons.



Ciclo Otto ideal de aire estándar



Ciclo Otto real

Figura 1. 4 Ciclos Otto Ideal y Real³

Para simplificar el análisis termodinámico del ciclo Otto se supone un ciclo de “aire estándar” lo que cual significa que el fluido de trabajo es aire que circula en un sistema termodinámico cerrado y se comporta como un gas ideal. Todos los procesos que integran el ciclo son reversibles. Siendo isentrópicos los procesos de compresión y expansión. El proceso de combustión se sustituye por un proceso de adición de calor desde una fuente externa. El proceso de escape se sustituye por un proceso de rechazo de calor que regresa al fluido a su estado inicial. El calor específico del fluido de trabajo es constante.

La eficiencia térmica aumenta significativamente al crecer la relación de compresión. Es por esta razón la tendencia de los fabricantes en construir los motores de combustión interna con altas relaciones de compresión. Pero esta acción hace necesario el empleo de combustibles muy elaborados que soporten el autoencendido, también los efectos de la fricción son considerables a altas relaciones de compresión. La presión media efectiva que es la presión promedio constante ejercida durante todo el ciclo, proporciona la cantidad de trabajo equivalente.

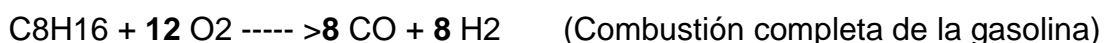
³ FERGUSON Collin, *Internal Combustion Engines*, Cap 5, 1997, Wiley & Sons.

1.2.5 RELACIÓN AIRE – COMBUSTIBLE (RAC)

La dosificación o relación de mezcla resulta de la relación existente entre el peso de la gasolina y el peso de aire aspirado por el motor. El consumo de gasolina es alrededor de 1 kilogramo por cada 15 kilogramos de aire o dicho de otro modo, será necesario disponer de 10000 litros de aire para consumir 1 litro de gasolina.

1.2.6 ESTEQUIOMETRÍA DE LA COMBUSTIÓN

La reacción de combustión de una molécula de combustible requiere de varias moléculas de oxígeno, en función del número de carbonos e hidrógenos de que esté compuesta. Cada dos hidrógenos que haya en el combustible, requieren un átomo de oxígeno, para formar una molécula de agua, y cada carbono requiere dos átomos de oxígeno, para formar una molécula de dióxido de carbono. De esta manera se obtiene una combustión completa.



Hablando en términos de moles, la masa molecular de la gasolina es 112 gramos/mol, y la del oxígeno es 32 gramos/mol, luego se necesitan 384 gramos de oxígeno para quemar 112 gramos de gasolina. Como el aire tiene aproximadamente 21% de moléculas de oxígeno y 79% de nitrógeno, las 12 moléculas de oxígeno van acompañadas de 45,1 moléculas de nitrógeno, así que en definitiva, para quemar los 112 gramos de gasolina, hacen falta 1648 gramos de aire (384 gramos de O₂ + 1264 gramos de N₂). La relación 1648/112 es decir 14,7 gramos de aire por cada gramo de combustible, se denomina estequiométrica y se conoce como λ (lambda), definido como el cociente entre la masa de aire y la masa de combustible de una mezcla. Un λ de 14,7 indica que la mezcla es estequiométrica, o sea, que hay justo el aire necesario para quemar el combustible que existe. Se llama λ_r o lambda relativo, al cociente entre la lambda real y la lambda estequiométrica (λ_r). Luego un λ_r mayor que 1 indica una mezcla pobre, con exceso de aire, y si es menor que 1, que la mezcla es rica, con exceso de combustible. En un motor Otto, cuando se encuentra a plena carga, o sea con el pedal del acelerador a fondo el λ_r toma un valor normal de 0,87 mientras que el mismo motor con baja carga tiene un λ_r de 1,15.

1.2.7 DESARROLLO DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN POR DETONACIÓN

En el tradicional motor de combustión interna la mezcla de aire y combustible se comprime por efecto del movimiento del pistón hasta una presión de alrededor de 15 veces la presión de admisión a nivel del mar es decir, a plena carga se habla alrededor de 15 bares y a una temperatura aproximada de 375°C previa a la ignición con una temperatura ambiental media de 25°C. En estas condiciones, la mezcla en el cilindro no debería explotar, sino que se debería mantener controlada al límite la concentración de los radicales libres. Para que inicie la reacción de combustión, hace falta que se aporte algo de energía a la mezcla, para elevar la temperatura y así aumentar la tasa de producción de radicales libres. Ese aporte de energía se realiza en los motores Otto mediante el salto de una chispa eléctrica en algún punto de la carrera. En ese instante, los gases que están cerca de la bujía reciben la descarga, aumentando su temperatura y reactividad provocando la producción de radicales libres, completándose la reacción, donde se dispone de una nube de gases compuesta por los productos de la combustión del hidrocarburo y el aire, a una temperatura muy alta, alrededor de 2400°C. Para λ_r cercano a 0,85, se genera una producción de radicales libres máxima y se obtienen velocidades de frente de llama máximas. A medida que se empobrece la mezcla va disminuyendo la producción, haciéndose tan lenta con λ_r de 1,15, donde el ciclo llega a perder rendimiento, porque la combustión se prolonga mucho durante la expansión. Para mezclas más pobres, puede llegar el caso de que aún haya llama en el cilindro al terminar el escape, y cuando se abre la válvula de admisión puede propagarse hacia el múltiple de admisión. Desde que salta la chispa hasta que se genera el frente de llama y comienza una combustión verdadera, pasa un cierto tiempo, que se llama "tiempo de retardo". Ese tiempo de retardo depende de la presión y temperatura, y durante ese tiempo el cigüeñal gira un ángulo llamado ángulo de retardo. El tiempo de retardo no depende de la velocidad de giro del motor, pero el ángulo si, así que como normalmente se pretende que el comienzo de la combustión sea siempre en el mismo sitio, el adelanto al encendido deberá variar con la presión y el régimen. De aquí provenían los antiguos sistemas de avance centrífugo y avance por depresión, que hoy han sido sustituidos por controles electrónicos con una cartografía que da el avance óptimo en función de esos valores, presión y

régimen de giro. En la actualidad se relaciona la naturaleza de los hidrocarburos que forman parte de los combustibles con la mayor o menor facilidad de la autoinflamación. “El principio radica en el hecho comprobado de que las n-parafinas son las que más fácilmente detonan cuanto mayor sea su peso molecular. Por el contrario, los aromáticos, las parafinas muy ramificadas y las olefinas de bajo peso molecular, son los que más resisten sin que se produzca la detonación, siendo este principio el fundamento del problema de la detonación por autoencendido en las gasolinas”⁴.

1.2.8 AUTOENCENDIDO

Una mezcla de combustible y oxígeno puede reaccionar espontáneamente sin necesitar una llama para iniciar la combustión. Cuando ocurre el autoencendido, aumentan abruptamente la presión y la temperatura por la súbita liberación de energía química. Se provoca una gran diferencia de presión en la cámara de combustión y la vibración resultante del gas, fuerza a las paredes de la cámara a vibrar en su misma frecuencia. Todos estos fenómenos tienen manifestaciones audibles. La temperatura en la bujía es muy elevada y cualquier otro aumento en torno a ella es absolutamente indeseable. En esa región o en cualquier región de la cámara tienden a formarse puntos calientes que ocasionan un encendido anticipado a la acción de la chispa de la bujía.

1.2.9. ÍNDICE DE OCTANO (IO)

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos alifáticos de 7 a 11 átomos de carbono por molécula ordenados en forma de cadena con el hidrógeno, su rango de destilación varía entre 40° y 200°C, presenta un a apariencia de color verde, roja o amarillenta. Las gasolinas más conocidas son el Heptano (7 átomos de Carbono y 16 de Hidrógeno), el Octano (8 de Carbono y 18 de Hidrógeno, el Nonano (9 de Carbono y 20 de Hidrógeno) y el Decano (10 de Carbono y 22 de Hidrógeno). Un galón de gasolina contiene 132 megajulios o 125000 Btu. Un calentador eléctrico de 1500 vatios encendido por 24 horas disipa la misma energía que 1 galón de gasolina.

⁴Broatch Jacobi y otros, *Procesos y Tecnología de Máquinas y Motores Térmicos*. Cap. 14. UPV 2002.

La gasolina presenta una combustión detonante dentro del cilindro del motor del vehículo, de manera que se define el índice de octano como una medida de su capacidad antidetonante. El índice de octano de una gasolina se obtiene por comparación del poder detonante de la misma con el de una mezcla de dos componentes, uno de buenas características antidetonantes como es el 2,2,4-trimetilpentano (isooctano al que se le da el valor 100), y otro de muy malas características, como el n-heptano (al que se le da valor 0), en un motor estandarizado para realizar este tipo de ensayos. Así se define el índice o número de octano como el porcentaje volumétrico de isooctano en la mezcla de isooctano/n-heptano que produce un efecto picado igual y en las mismas condiciones que el combustible que se ensaya. El grado del octano es una medida de la resistencia a la autoignición de la gasolina. El número de octano es un indicador, el cual da el porcentaje en volumen en una mezcla de isooctano y de heptano normal, que tendría la misma capacidad antidetonante que el combustible que está bajo consideración. Una gasolina de 87 octanos, por ejemplo, posee el mismo grado antidetonante de una mezcla gaseosa de isooctano del 87% (en el volumen) y de n-heptano del 13% (en volumen). Esto no significa, sin embargo, que la gasolina contiene realmente octanos, significa simplemente que tiene la misma resistencia de autoignición que la mezcla gaseosa descrita. Debe observarse que el grado de octano no se relaciona con el contenido en energía del combustible es decir con su poder calorífico, ni con la velocidad de llama que se inicia por el contacto con la chispa que proviene de la bujía. Es solamente una medida de la resistencia del combustible a la autoignición. Dos son los métodos de ensayo utilizados para determinar el número de octano de gasolinas para automóviles: El método "Research" (RON Research Octane Number) en el motor se hace girar a 600 rpm en condiciones de baja temperatura. En el método "Motor" (MON) la velocidad de giro es de 900 rpm y se realiza a altas temperaturas (150°C). Siendo más severas las condiciones de los ensayos "Motor", los valores MON son casi siempre inferiores a los valores RON, excepto para gasolinas muy detonantes. La diferencia entre esos valores se denomina sensibilidad de la gasolina. Se define como índice antidetonante al valor de la media aritmética de ambos números $(RON + MON)/2$, siendo este índice el que se usa para designar las gasolinas súper y regulares en Estados Unidos y otros

países de su área de influencia. La medición del IO realizada en hidrocarburos, ha permitido establecer los factores de los que éste depende. A continuación se detallan los factores de mayor influencia en el IO (Tabla 1.1) y en la Figura 1.5 se presenta la correspondencia entre la relación de compresión del motor y la estructura química del combustible:

- El incremento del peso molecular disminuye el IO

CH₄ (IO = 125); C₅H₁₂ (IO = 64); C₇H₁₆ (IO = 0) serie alifática

C₆H₆ (IO = 97); C₆H₅CH₃ (IO = 100) serie aromática

- Las ramificaciones aumenta el IO

C₆H₁₄ lineal (IO = 59); 2,3-dimetilbutano (IO =95)

C₈H₁₈ lineal (IO = -9); 2, 2,4-trimetilpentano (IO =100).

- A igualdad de peso molecular y grado de ramificación, el IO mejora cuanto más cerca esté la ramificación del extremo.

IO (2, 2,4-trimetilpentano) > IO (2, 2,3-trimetilpentano)

- La presencia de insaturaciones implica una elevación del IO

C₆H₁₄ lineal (IO = 59); 1-hexeno (IO = 85)

- Cuanto mayor sea el grado de ciclación, mayor será el IO

Metilciclopentano (IO = 70); ciclohexano (IO = 77)

- Cuanto más insaturado esté el ciclo, mayor será el IO⁵

⁵ALVAREZ J y otros. *Motores Alternativos de Combustión Interna*. Cap. 5, Politex UPC 2005

Tabla1.1 Cuadro comparativo de índices de Octano para varios hidrocarburos por familias⁶

Compuesto	Índice de Octano	Compuesto	Índice de Octano
<i>n-Parafinas</i>		<i>Isómeros del heptano</i>	
n-propano	100	2-Metilhexano	55
n-butano	96	3-Metilhexano	56
n-pentano	62	2,2-Dimetilhexano	80
n-hexano	26	2,3-Dimetilpentano	94
n-heptano	0	3,3-Dimetilpentano	98
		2,2,3-Trimetilbutano	101
<i>Alicíclicos</i>		<i>Isómeros del hexano</i>	
Ciclopentano	94	3-Metilpentano	74
Ciclohexano	77	2,2-Dimetilbutano	94
		2,3-Dimetilbutano	95
<i>Isoparafinas</i>		2,3,3-trimetilpentano, isómero del isooctano	102
Isopentano	90		
Isohexano	74		
Isoheptano	55		
<i>Alquenos</i>		<i>Benceno</i>	108
1-hexeno	85		
2-hexeno	100		

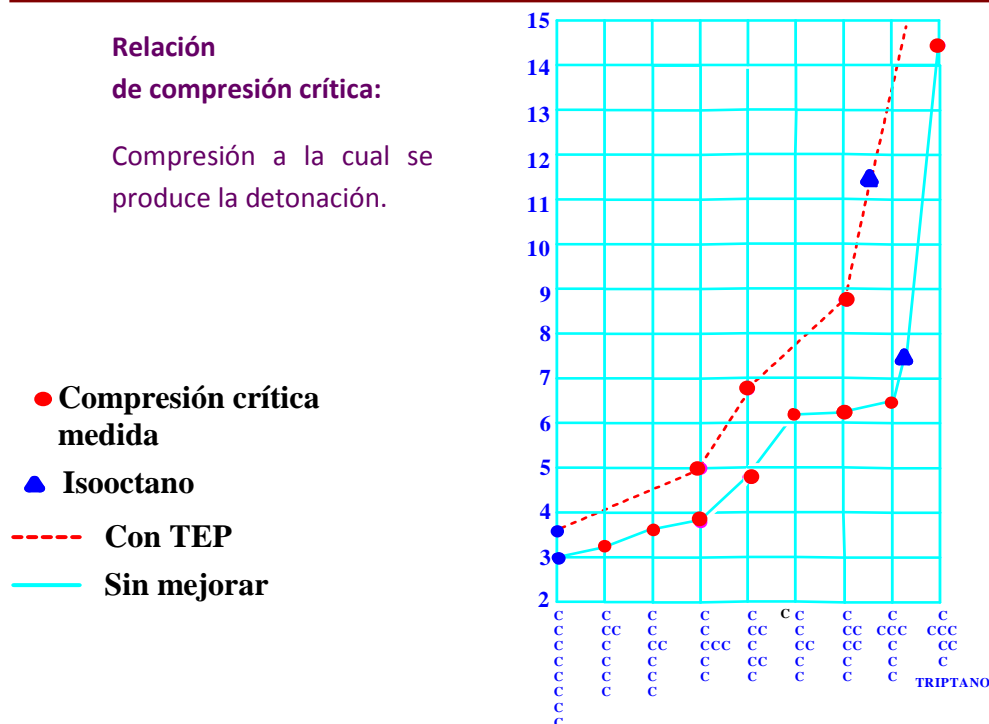


Figura 1.5 Correspondencia entre la Relación de compresión del motor y la estructura química del combustible⁷

⁶BroatchJacobi y otros, *Procesos y Tecnología de Máquinas y Motores Térmicos*. Cap. 15. UPV 2002.

⁷ALVAREZ J y otros. *Motores Alternativos de Combustión Interna*. Cap. 7, Politex UPC 2005

El exceso de octanaje por sobre lo requerido por un motor no agrega mayores beneficios, ni en términos de potencia, suavidad o rendimiento, sino tan solo un costo adicional para los consumidores y puede generar una mayor contaminación al medio ambiente. El fabricante del vehículo debe indicar la relación de compresión de éste, lo cual muestra que octanaje corresponde a la misma. Además de la relación de compresión, existen otros aspectos relacionados con el diseño mecánico (geometría de la cámara de combustión) que determinan el octanaje más apropiado para cada motor.

El rendimiento en términos de número de kilómetros que es posible recorrer por cada litro de combustible, no tiene ninguna relación directa con el número de octano, es decir si bien un menor octanaje que el requerido puede generar un menor rendimiento (por causa de una eventual combustión desorganizada motivada por una autodetonación), un mayor octanaje que el requerido no contribuirá a un rendimiento superior. Otra consecuencia de una incorrecta selección de la gasolina, es el nivel de gases contaminantes emitidos. Las gasolinas sin plomo presentan contenidos de compuesto aromáticos que se incorporan y se utilizan precisamente para obtener el nivel de octano (calidad antidetonante) que se requiere para controlar el efecto de detonación, de modo tal que a mayor octanaje mayor es el nivel de compuestos aromáticos que se incorporan a la gasolina. Por tanto, ya que por diseño la mezcla gasolina/aire no detona sino hasta comprimirse totalmente por la acción del octanaje recomendado, cualquier exceso aumenta innecesariamente la cantidad de compuestos aromáticos presentes en los gases evacuados del cilindro, los cuales salen al exterior por el escape, aumentando la contaminación del aire. Es así que cualquier disminución que se obtenga en los contenidos de compuestos aromáticos en las gasolinas sin plomo, favorece a una menor generación de hidrocarburos (partículas), menos generación de CO y fundamentalmente una fuerte reducción de compuesto tóxicos. Sin embargo no se han realizado estudios de afectación sobre otros elementos del vehículo tales como: catalizadores, inyectores y otras partes relacionadas debido a la variación del grado de octanaje de la gasolina.

1.3 ADITIVOS PARA GASOLINAS

Los efectos del aumento del índice de octano mediante la adición de tetraetilo de plomo dependen de la naturaleza y de la composición química de la mezcla, y por otra parte, no son proporcionales a la cantidad de aditivo. La susceptibilidad al plomo de las gasolinas se observa en las Figuras 1.6 y 1.7:

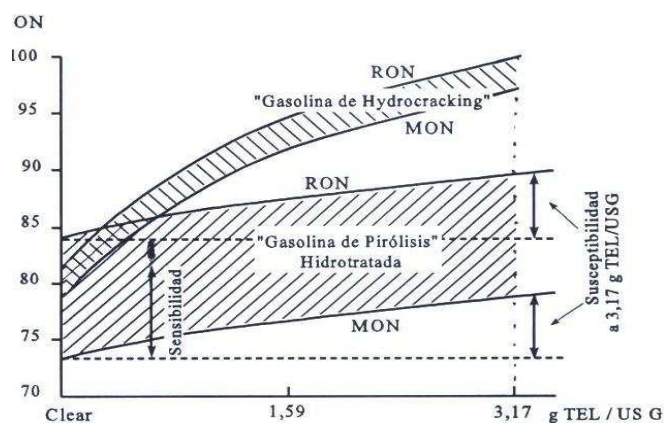


Figura 1. 6 Susceptibilidad al plomo de diferentes gasolinas⁸

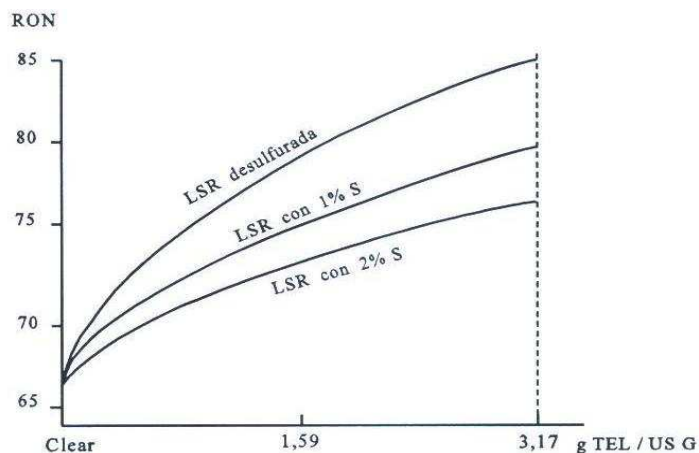


Figura 1. 7 Influencia del azufre en la susceptibilidad al plomo⁸

Los aditivos que han dado los mejores resultados, son compuestos oxigenados del tipo alcohol y éter, que pueden mezclarse con las gasolinas en cantidades significativas, por lo que *no* se les considera aditivos sino componentes.

⁸ALVAREZ J y otros. *Motores Alternativos de Combustión Interna*. Cap. 8, Politex UPC 2005

1.3.1 TETRAETILO DE PLOMO

El tetraetilo de plomo, fue introducido en los años 20 como una manera de incrementar el número de octano de las naftas y fue utilizado esencialmente en todas las naftas comercializadas hasta mediados de los años 70. Debido a la creciente preocupación para proteger al medio ambiente y la salud surgieron disposiciones legales para controlar las emisiones de gases, requiriéndose el uso de catalizadores que son “envenenados” por el plomo contenido en la nafta, disminuyendo su efectividad. El plomo no sólo se utiliza para mejorar el índice de octano de la nafta, sino que también se usa por el efecto beneficioso que tiene en la lubricación de asientos de válvulas de escape blandos previniendo su desgaste.

1.4 CARBURANTES OXIGENADOS

Desde la antigüedad son conocidas las excelentes características de los alcoholes como carburantes que frecuentemente se han utilizado en las competiciones mezcladas con las gasolinas convencionales. El más ventajoso es *el metanol*. El uso de aditivos oxigenados en la gasolina, como los alcoholes, comenzó en los años veinte al elevar el octano de los carburantes entonces disponibles. Fue en los años setenta cuando se volvió a hablar de los alcoholes, caídos en desuso al aumentar el precio del petróleo. Los beneficios de los productos oxigenados al reducir las emisiones contaminantes de monóxido de carbono y de hidrocarburos han hecho que en muchos países se haga obligatorio añadir un mínimo de ellos a la gasolina. La mayoría de los aditivos oxigenados son alcoholes o éteres y contienen de uno a seis átomos de carbono. De los alcoholes y añadidos en concentraciones superiores a 1 o 2%, los más usados son metanol, etanol, isopropanol, terbutanol y mezclas de alcoholes con uno a cinco carbonos.

MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) es el aditivo más usado en sustitución del tetraetilo de plomo. MTBE es un líquido volátil, soluble en agua, incoloro y realmente tiene una baja toxicidad. El problema es su olor y gusto cuando contamina vertientes de agua potable. Una alternativa es el MMT (Methyl cyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl), que no tiene suficiente aceptación a nivel mundial. Es probable que la solución pase por el uso de otros ésteres, como el ETBE (Ethyl Tertiary Biotyl Ether) y TAME (Tertiary Amyl Methyl Ether) o

alcohol como el Etanol que es ya usado en algunos lugares de Estados Unidos y en Brasil. El alcohol es un formidable mejorador del número de octano pero tiene el inconveniente que el producto necesita no tener agua por su tendencia a separar de la gasolina en presencia de esta.

El MTBE empleado en altas concentraciones puede aumentar el octano hasta en tres números. No es tan sensible al agua como los alcoholes, y la volatilidad de la gasolina, punto que hay que cuidar con mucho cuidado, no se ve incrementada. De lo que se ha visto se puede concluir que los oxigenados tienen altos valores de octano. De hecho antes de que se introdujeran a la gasolina para mejorar la combustión, el etanol y el MTBE se añadían para aumentar el octano y no el contenido de oxígeno. En la figura 1.8 se aprecia el contenido en peso de oxígeno de varios combustibles oxigenados. Una gasolina común contiene en promedio 1.5 veces más calorías por litro que el etanol. Si se compara esa relación se concluye que si se le añadió 10% en volumen de etanol tendrá una reducción del 3.4 % de energía por litro. En los vehículos con controles de combustión refinados, añadir gasolina que contiene compuestos oxigenados produce menos calor ya que el oxígeno no contribuye con energía, así, para obtener la misma eficiencia se deberá consumir mayor cantidad de combustible. Se presenta datos típicos de la relación aire/carburante: Metanol = 6.4; Etanol = 9.0; MTBE = 11.7; ETBE, TAME= 12.1; Gasolina sin oxigenados = 14.6.

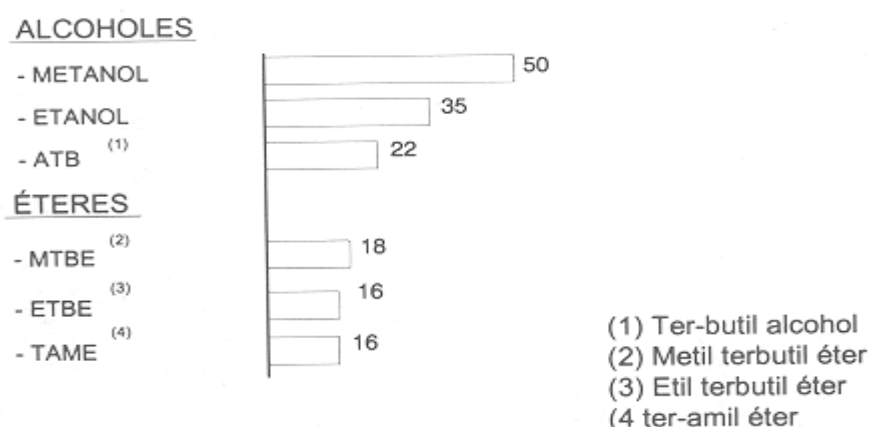


Figura 1.8 Contenido de oxígeno en peso de algunos combustibles⁹

⁹HAMILTON. B, artículo internet, *GasolineFaqPart 1, 2,3, Parte: qué son las gasolinas*. 30 págs. 2010

1.5 EXIGENCIAS SANITARIAS Y MEDIOAMBIENTALES

Se orientan a eliminar la adición de tetraetilo de plomo, disminuir la emisión de compuestos volátiles y reducir el contenido de aromáticos, especialmente de benceno. La exigencia de disponer catalizadores en los tubos de escape de los motores de explosión para eliminar los productos tóxicos y contaminantes de los gases de escape CO, hidrocarburos residuales y NOx (Óxido de Nitrógeno) se están extendiendo progresivamente. Se sustituyen los catalizadores de oxidación simple, que no reducen los óxidos de nitrógeno, por catalizadores TWC (Catalizador de tres vías), que eliminan hasta un 90% de los hidrocarburos residuales y del CO, y el 50% de los óxidos de nitrógeno. En la tabla 1.2 se enumeran las propiedades de varios combustibles.

Tabla1.2 Propiedades físico- químicas de varios combustibles.¹⁰

Combustible	Densidad (kg/L)	Poder Calorífico Superior		Relación Estequiométrica Aire – Combustible
		(kJ/kg)	(kCal/kg)	
Butano	0,580	49500	11831	15,50
Propano	0,509	50300	12022	15,70
Gasolina Común	0,735	47600	11377	15,20
Diesel N. 1	0,823	45700	10923	15,00
Diesel N. 2	0,834	45500	10875	15,00
Alcohol Metílico	0,792	22700	5426	6,49
Alcohol Eílico	0,785	29700	7099	9,03
Alcohol Butílico	0,805	36100	8628	11,20

¹⁰HAMILTON, B, artículo internet, *GasolineFaqPart 1, 2,3, Parte: qué son las gasolinas*. 30 págs. 2010

1.6 PODER CALÓRICO DE LA GASOLINA

Los elementos combustibles en los comburentes son: carbono, hidrógeno y pequeñas cantidades de azufre. Los combustibles líquidos son mezclas de hidrocarburos complejos, a pesar de lo cual para cálculos de combustión, tanto la gasolina como el aceite se supone satisfacen la fórmula molecular C_8H_{18} . Siempre que un combustible contiene hidrógeno, uno de los productos de la combustión es el agua, que puede estar en estado líquido, gaseoso o mezcla de ambos.

1.7 EFECTOS DEL GRADO DE OCTANO

Mientras mayor es el grado de octano, mayor es el grado de activación o energía de activación del combustible. La energía de activación es la cantidad de energía necesaria para comenzar una reacción química. Puesto que combustibles de mayor grado de octano tienen energías de activación más altas, es menos probable que una compresión dada cause el golpeteo por autoignición. La presión absoluta dentro de la cámara de combustión es muy importante así como también la relación de compresión del motor tratado, que se definirá como la compresión máxima que se puede alcanzar en el interior de la cámara de combustión. Los combustibles de mezcla con etanol tienen un grado más alto del nivel de octano, pero presentan un contenido en *energía más bajo* por volumen (por litro o por galón). Esto es porque el etanol es un hidrocarburo parcialmente oxidado lo que se puede observar por la presencia de oxígeno en la fórmula química: C_2H_5OH . La sustitución del H por el grupo oxidrilo OH transforma el gas etano (C_2H_6) en etanol. Un combustible con un contenido más alto del carbón será más denso que un combustible con un contenido más bajo de carbón. Así es posible formular combustibles de alto octano que contienen menor cantidad de energía por litro. La afirmación anterior se cumple muy bien en el caso de combustibles cuyo octanaje se incrementa por adición de etanol, cuyo poder calórico es menor que en el caso de una gasolina pura. Los combustibles basados en alcohol por ejemplo metanol y etanol, se denominan combustibles oxidados consiguientemente, al ser mezclados con gasolinas puras se obtienen gasolinas cuya densidad por volumen de energía quemada es menor que la que entregaría la misma gasolina pura. La relación de compresión se vincula directamente con la potencia entregada por un

vehículo. Los motores que requieren un grado de octano más alto en base a su diseño, entregan más energía. La potencia está limitada por la cantidad máxima de mezcla aire combustible que puede ser forzada hacia la cámara de combustión. Muchos motores de alto rendimiento se diseñan para funcionar con una alta compresión y a la vez requieren de un combustible de la alta energía asociado con altos números de octano, en este caso se habla de una gasolina superior de alto octanaje. El etanol con un grado de octano de 116 podría ser un combustible del alto rendimiento si los motores fueron diseñados con una relación de compresión de 14 a 1. *La salida del contenido de energía de un motor depende de su combustible, y ésta no lleva ninguna relación simple con el grado del octanaje.* Es falso afirmar que al alimentar un vehículo con gasolina de alto octanaje se incrementará su potencia y/o disminuirá su consumo de combustible; en realidad lo único cierto es que en el motor debe utilizarse la gasolina con un grado de octanaje acorde a su diseño y no se podrá asegurar que va a existir incremento de potencia debida al incremento del octanaje. Al encontrarse el motor en plena carga se aumenta la mezcla aire combustible y se retarda la chispa debido al bajo octanaje del combustible usado. Si el motor está funcionando muy por debajo de la carga máxima, la diferencia en octano tendrá incluso menos efecto. La altura es muy importante debido a la presión atmosférica presente. Por cada 300 m de altitud la presión atmosférica decae cerca de 3.3 kPa.

1.8 SENSOR DE GOLPETEO (KS)

En las primeras versiones de la inyección electrónica, el sistema de encendido no formaba parte de ella, ya que se los consideraba como dos sistemas separados, que en realidad así lo eran. Con las innovaciones y mejoras de los sistemas de inyección se inició la relación entre la inyección y el sistema de encendido, ya que los datos de revoluciones, avance y retardo del punto de encendido eran parámetros muy importantes de tenerlos en cuenta para que se logre una combustión perfecta dentro del cilindro. Por esto la unidad de control del motor (ECU) de este sistema tiene la facultad de adelantar el punto de encendido para obtener la mayor potencia posible, sin embargo al adelantar el punto de encendido, el motor empieza a cascabelear. Para contrarrestar este problema, se debe corregir mediante el retardo del punto de encendido. El punto de encendido

idóneo lo establece la ECU y el dispositivo que informa es el sensor de golpeteo. Este sensor es diseñado de un material piezoeléctrico, alojado en un cuerpo metálico localizado en la parte superior del bloque de cilindros, lugar en donde se obtiene el golpe por cascabeleo. Este material tiene la característica de generar una tensión eléctrica con el golpe que detecta, señal que es tomada por la ECU (Figura 1.9), el cual corrige el punto de encendido retardándolo, para luego adelantarlo nuevamente manteniendo con ello unas condiciones exactas de funcionamiento (Figura 1.10). El retraso varía entre 17 y 22 grados.

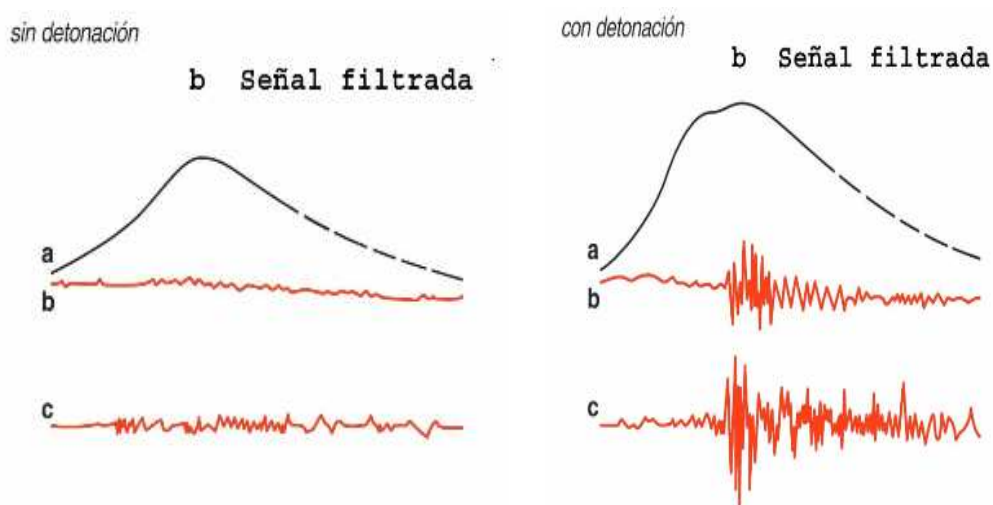


Figura 1. 9 Señal del Sensor de Golpeteo¹¹

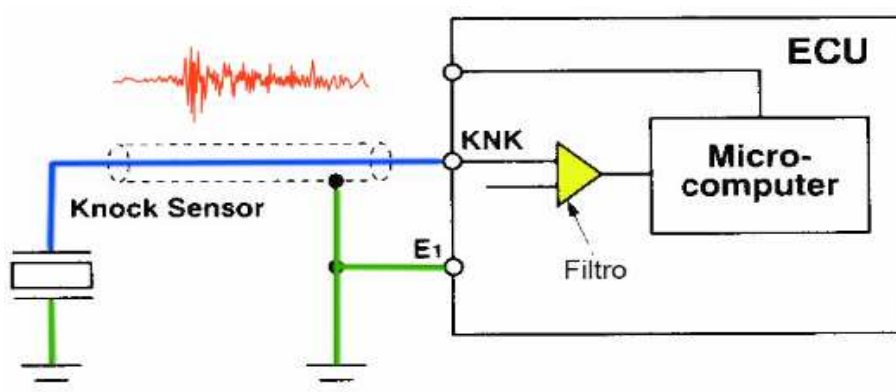


Figura 1. 10 Señal de voltaje del Sensor de golpeteo hacia la ECU¹¹

¹¹PULKRABEK W, *Fundamentos de Ingeniería de Motores de C.I.* Cap. 2. Prentice Hall 2009

1.9 SENSOR DE OXÍGENO

El sensor de oxígeno es el responsable de monitorear la cantidad de oxígeno no quemado que existe en el escape. Este sensor contiene ciertos materiales químicos, que le permiten producir una señal de voltaje y que le informan al computador a bordo que el motor está funcionando con mezcla rica (poco oxígeno) o pobre (mucho oxígeno). Su funcionamiento se basa en una reacción química de sus elementos internos constitutivos los cuales responden a las variaciones de oxígeno en los gases de escape generando un voltaje. La sonda “compara” la cantidad de oxígeno del aire exterior al tubo de escape con la cantidad que existe en el interior de éste. De esta forma se define la mezcla pobre, de poca diferencia de oxígeno que implica un voltaje “bajo” por parte de la sonda de oxígeno y la mezcla rica de alta diferencia de oxígeno que implica la generación de un voltaje “alto” por parte de la sonda de oxígeno. Existen sondas de “zirconio” las cuales trabajan teóricamente entre 0 y 1 Voltios. Y sondas de “titanio” las cuales trabajan teóricamente entre 0 y 5 Voltios. El punto de equilibrio entre mezcla rica y pobre, se encuentra en la relación estequiométrica, es decir, $\lambda_r = 1$. Sobre esta proporción se dice que la mezcla es pobre, y debajo de esta proporción, se dice que la mezcla es rica.

1.9.1 SENSOR DE OXÍGENO DE ELEMENTO ZIRCONIO

Este sensor de oxígeno consta de un elemento semiconductor hecho de dióxido de zirconio (un tipo de cerámica). Este elemento está cubierto en ambos lados interior y exterior con una capa delgada de platino. El aire ambiente se introduce dentro del sensor y el exterior del sensor está expuesto a los gases de escape. Si la concentración de oxígeno sobre la superficie interior del elemento de zirconio varía mucho con relación a la superficie exterior a altas temperaturas (400°C o mayor) el elemento de zirconio genera un voltaje, el cual actúa como una señal de voltaje a la ECU del motor, manteniéndolo informado en todo momento de la concentración de oxígeno contenido en los gases de escape (Figura 1.11). Cuando la mezcla de aire y combustible es pobre, hay mucho oxígeno en los gases de escape, de manera que existe una diferencia muy pequeña entre la concentración de oxígeno dentro y fuera del elemento el sensor, generando un voltaje muy bajo (cerca de 0 VDC). Por el contrario, si la mezcla aire y

combustible es rica, el oxígeno en los gases de escape casi desaparece, creando una gran diferencia en las concentraciones de oxígeno en el interior y exterior del sensor, así el voltaje generado por el elemento de zirconio es comparativamente alto, aproximadamente de 1 Voltio (Figura 1.12). El platino de recubrimiento actúa como catalizador causando que el oxígeno y el monóxido de carbono contenido en los gases de escape reaccionen. Basándose en las señales de este sensor, la ECU del motor aumenta o disminuye el volumen de inyección para mantener la relación aire y combustible a un valor constante cerca de la relación teórica. Un sensor de oxígeno que funciona correctamente deberá, producir un voltaje que está continuamente cambiando de rico a pobre (Figura 1.13). Es necesario que el sensor alcance una temperatura funcionamiento lo que se logra al alcanzar el motor su temperatura normal (para el sensor de oxígeno está entre 250 a 300°C). Cuando se alcanza la temperatura normal de funcionamiento del motor, el computador recibe la señal correspondiente del sensor de temperatura, que le avisa que el mismo alcanzó su temperatura normal, a lo que el computador inicia un proceso de recepción de otras señales, provocándose un lazo cerrado. Mientras el motor no logre su temperatura normal, el sensor de oxígeno no se comunica con el computador y por lo tanto, durante este periodo se produce una emisión de gases contaminantes. Los factores que afectan la riqueza o pobreza de la mezcla son: la temperatura del aire, la presión barométrica, la posición del acelerador, el flujo del aire y la carga del motor.

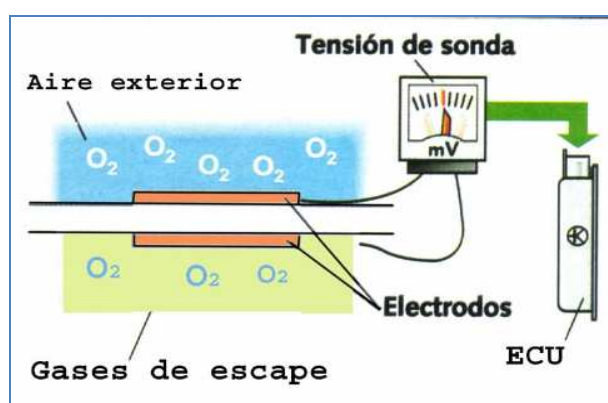


Figura 1. 11 Sensor de tipo Zirconio o de salto de tensión¹²

¹²PULKRABEK W, *Fundamentos de Ingeniería de Motores de C.I.* Cap7. Prentice Hall 2009

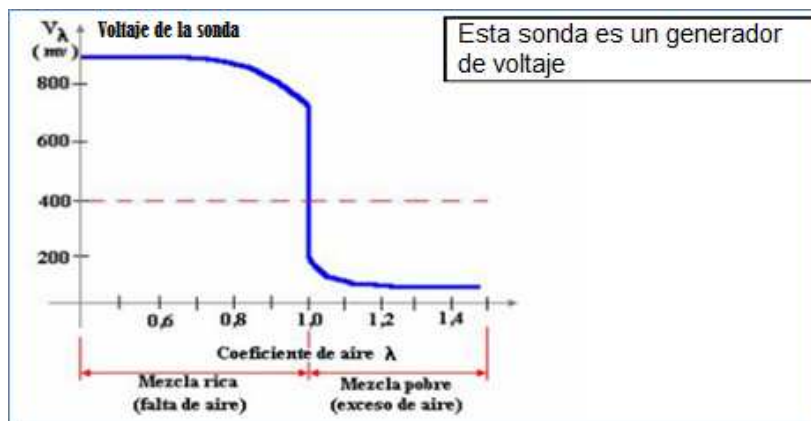


Figura 1. 12 Forma de la señal de voltaje de la sonda de Zirconio¹³

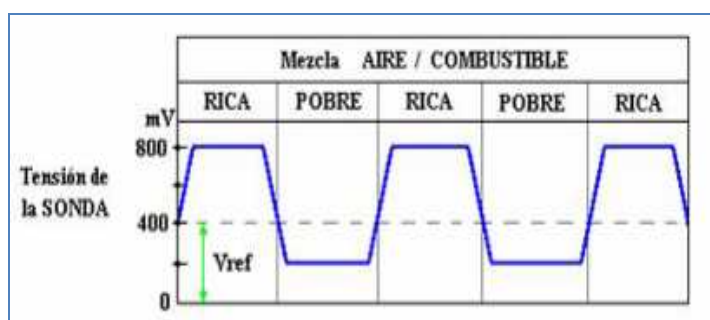


Figura 1. 13 Tensión del sensor en las regiones de mezcla rica y pobre¹³

1.9.2 SENSOR DE OXÍGENO DE TITANIO

El sensor de oxígeno consta de un elemento hecho de dióxido de titanio parecido al dióxido de zirconio. Las propiedades del titanio son tales que su resistencia cambia de acuerdo con la concentración de oxígeno en el escape. La resistencia cambia abruptamente en el límite entre la relación teórica aire - combustible rica y pobre. La resistencia de titanio también cambia mucho en respuesta a los cambios de temperatura. Un calentador ubicado en el interior del sustrato laminado se usa para mantener la temperatura del elemento (Figura 1.14). La ECU compara la caída de tensión en el terminal (debido al cambio de resistencia del titanio) a un voltaje de referencia (0,45 v). Si el resultado muestra que el voltaje es mayor que 0,45 V (eso es, si la resistencia del sensor de oxígeno baja), la ECU del motor juzga que la relación de aire y combustible es rica y viceversa (Figura 1.15).

¹³PULKRABEK W, *Fundamentos de Ingeniería de Motores de C.I.* Cap7. Prentice Hall 2009

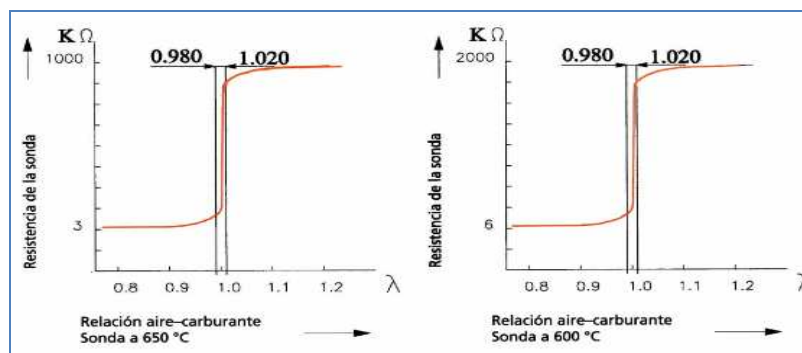


Figura 1.14 Resistencia de la sonda de titanio y la temperatura.

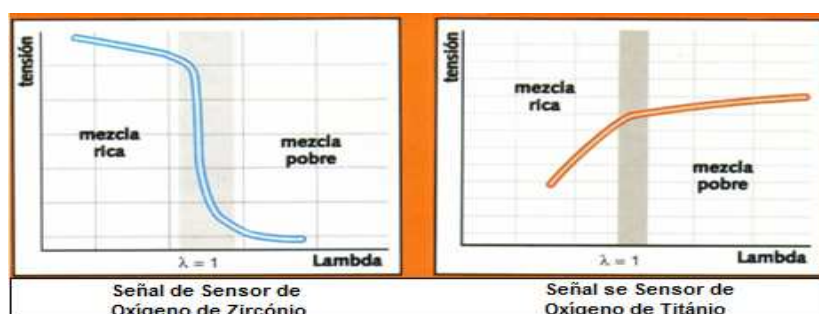


Figura 1. 15 Comparación de la señal de Zirconio y la señal de Titanio

1.10 INYECTORES

Los inyectores dosifican el combustible hacia las cámaras de admisión antes de las válvulas de admisión. El inyector es una electroválvula formado por un cuerpo contenedor, un bobinado eléctrico, un núcleo magnético solidario con la aguja que hace estanqueidad en la zona inferior del cuerpo del inyector (Figura 1.16). Cuando una corriente eléctrica pasa a través de la bobina, se crea un campo magnético que hace que la válvula se abra.

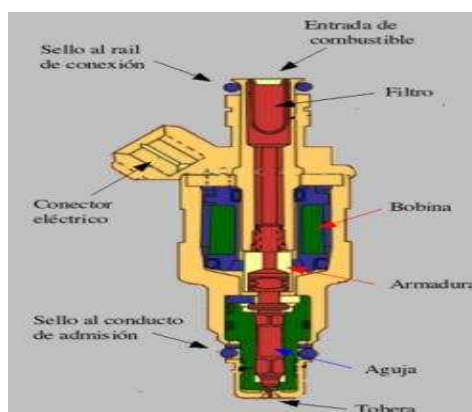


Figura 1. 16 Partes del inyector

El campo magnético creado por los impulsos eléctricos que envía la central electrónica provoca el desplazamiento vertical de la aguja y con ello la salida intermitente de la gasolina. La presión de alimentación es de $3 \pm 0,2$ bares. En cada impulso del encendido, la unidad de control electrónico envía un impulso eléctrico a la bobina, con lo que el campo magnético así creado atrae el obturador levantándolo hacia el núcleo. Al cortarse el impulso eléctrico, un muelle de membrana devuelve el obturador de cabeza redonda a su asiento y asegura el cierre de los orificios. El exceso de combustible es enviado hacia el regulador de presión a través del orificio superior del inyector. Al conectar un osciloscopio que mida el voltaje en los inyectores, se tiene una onda como en la Figura 1.17.

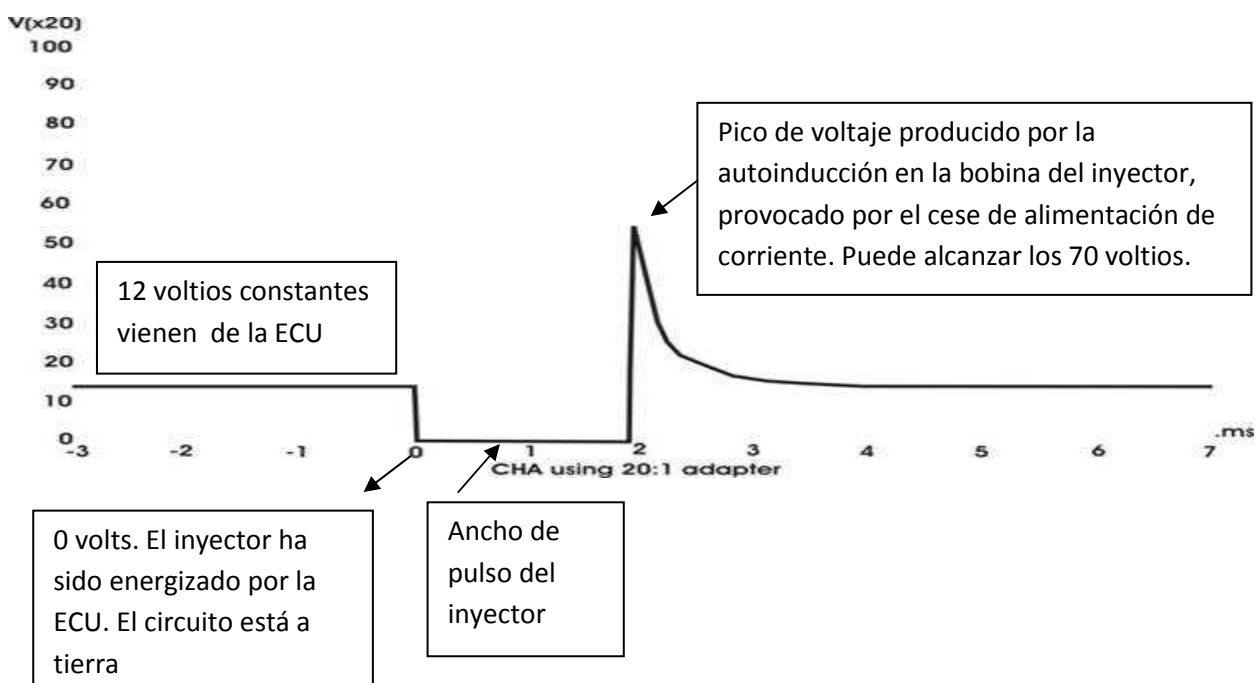


Figura 1. 17 Comportamiento de la onda de respuesta del inyector¹⁴

Mientras la unidad de control no genere pulso de masa al inyector, tenemos un retorno de tensión de batería a través del bobinado del mismo inyector. Es precisamente eso lo que muestra el primer tramo de la forma de onda de la Figura 1.17. Luego, la ECU activará al inyector por masa con un tiempo de duración variable de acuerdo a las condiciones de funcionamiento censadas (Figura 1.18). Este tiempo de masa se manifiesta por la caída de tensión de la señal. Una vez que el módulo de control retira la masa, la corriente acumulada en el bobinado del

¹⁴PULKRABEK W, *Fundamentos de Ingeniería de Motores de C.I.* Cap8. Prentice Hall 2009

inyector produce un pico de tensión que puede alcanzar los 70 voltios para luego descargarse y teniendo una tensión de retorno hasta el próximo pulso de masa.

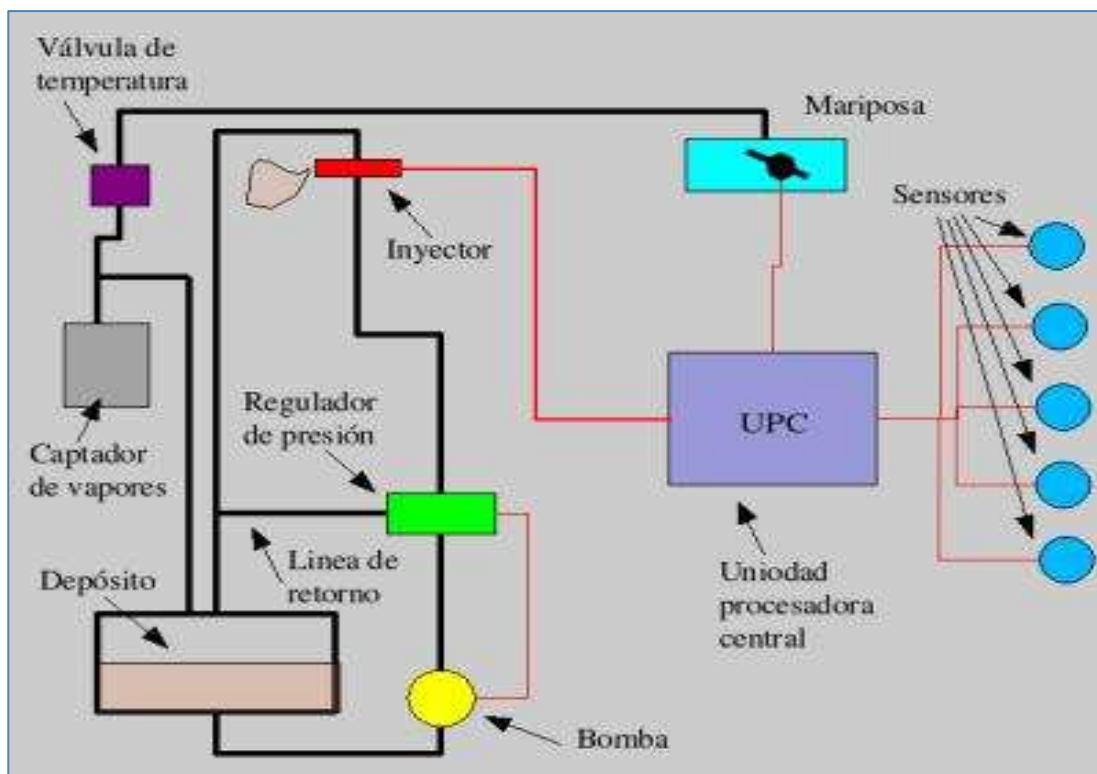


Figura 1. 18 Sistema de Inyección. Relación entre actuadores, Unidad Central de Control y el actuador (inyector)¹⁵

¹⁵PULKRABEK W, *Fundamentos de Ingeniería de Motores de C.I.* Cap8. Prentice Hall 2009

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

Se describen los vehículos que se someten a pruebas, se examinan los equipos que se utilizan en las pruebas de ensayo, las principales características y resultados obtenidos. Dentro de los procedimientos experimentales se utilizan equipos de diagnóstico electrónico automotriz con la finalidad de observar el comportamiento y desempeño del motor. Se utilizan cuatro vehículos para las pruebas y tres tipos de combustibles con distinto grado de octanaje. Las mediciones de potencia se llevan a cabo en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares mediante el dinamómetro de chasis LPS 3000.

2.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El presente proyecto no posee antecedentes ni se ha efectuado anteriormente, especialmente porque es la primera vez que en el Ecuador se ha cambiado el grado de octanaje de la gasolina disponible para el mercado nacional.

La metodología de experimentación se basa en la recopilación de información sobre investigación a nivel mundial existente sobre este tema, la selección apropiada de la misma, y la verificación de los parámetros de comportamiento del motor de combustión interna mediante pruebas de tipo estático y dinámico apropiadas para la obtención de resultados y emisión de recomendaciones sustentadas.

2.2.1. PROCESO DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Para el proceso de investigación experimental se utilizará el método deductivo ya que parte de un modelo general de investigación propuesto como el mostrado en la figura 2.1. A continuación se presenta el siguiente modelo general adoptado para el proceso de investigación experimental del proyecto (Figura 2.2).

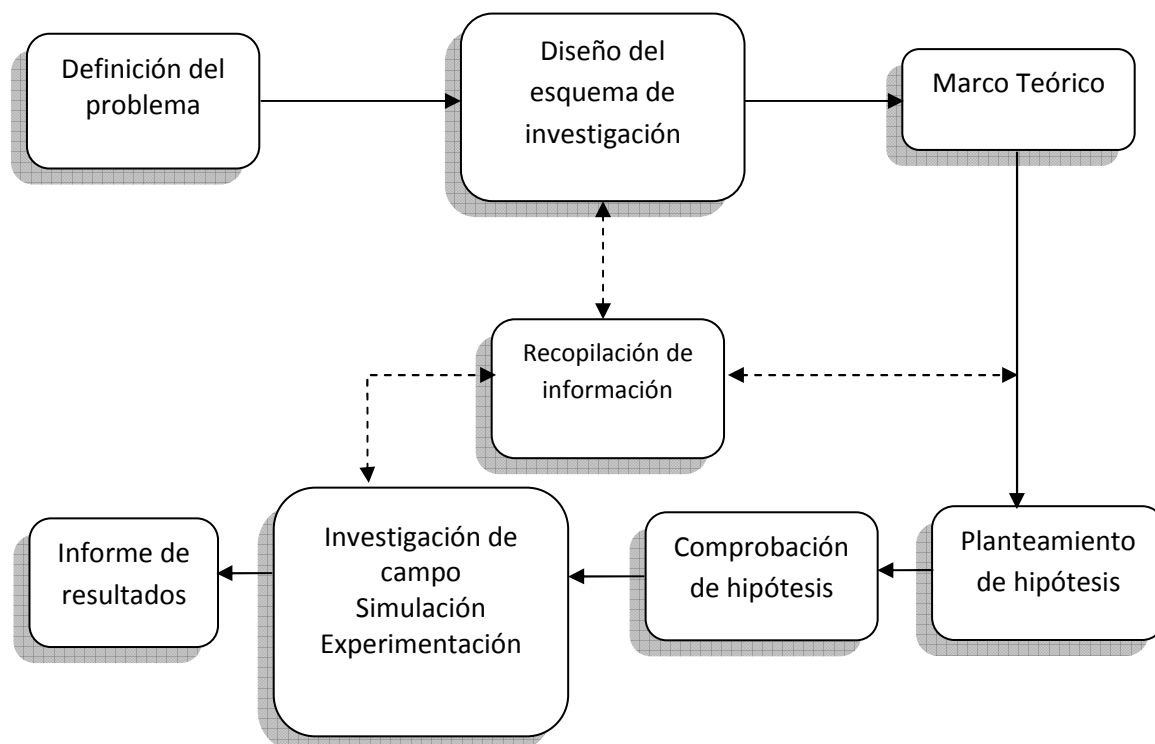


Figura 2. 1 Representación general del Proceso de Investigación.¹⁶

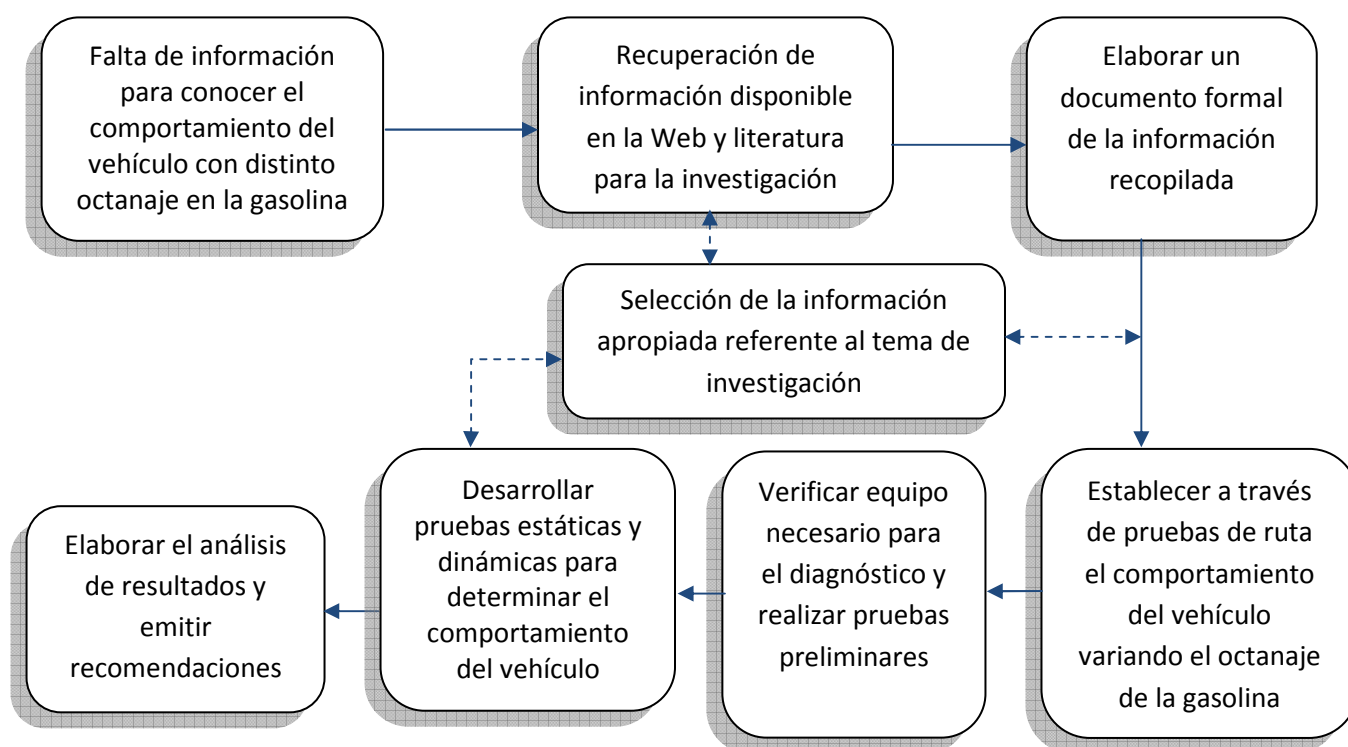


Figura 2. 2 Proceso de investigación experimental propuesto

¹⁶Métodos y Técnicas de Investigación; Lourdes Munch y Ernesto Ángeles. Pág. 92

2.2.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Las pruebas de campo efectuadas se realizan bajo las mismas condiciones de presión y temperatura ambiental. En la tabla 2.1, se describen las pruebas de potencia del motor para cuatro vehículos de última generación y cada uno con tres combustibles de distinto octanaje.

Tabla 2. 1 Pruebas de potencia aplicadas.

PRUEBAS APLICADAS	DESCRIPCIÓN
Pruebas de Potencia & rpm 12 pruebas finales	Las pruebas se realizan en el dinamómetro de chasis. Este ensayo se replica para cada combustible sometido a prueba en cada vehículo.
Pruebas de Potencia a RPM Constantes	Según la potencia obtenida en el dinamómetro de chasis de cada vehículo, se calcula la potencia a 6000 rpm (estandarización de potencia).
Potencia Máxima Obtenida Versus Potencia Especificada por el Fabricante	Comparación de la máxima potencia estandarizada obtenida en el dinamómetro de chasis para cada vehículo probado con la potencia especificada por el fabricante del mismo.
Pruebas Estáticas 12 pruebas finales	Pruebas efectuadas mediante el osciloscopio y escáner automotrices para el sistema de inyectores, sensor de oxígeno y sensor de golpeteo, con cada uno de los combustibles sometidos a prueba <i>sin ningún tipo de carga mecánica en los vehículos.</i>
Pruebas de Ruta 24 pruebas finales.	Pruebas realizadas con el osciloscopio y escáner automotrices para el sistema de inyectores, sensor de oxígeno y sensor de golpeteo, en dos rutas establecidas con el fin de obtener parámetros que ayuden a realizar un análisis comparativo con cada gasolina que se evalúa. En esta prueba <i>la carga mecánica sobre el motor depende de la pendiente de la ruta elegida.</i>

2.2.3. VEHÍCULOS PARA PRUEBA

A continuación se detallan las características generales de los cuatro vehículos que van a someterse a pruebas de comportamiento y desempeño:

- **Ford EcoSport**

<i>Marca:</i>	Ford	<i>Modelo:</i>	EcoSport XLT 4X2
<i>Placa:</i>	POM-633	<i>Año:</i>	2005 97000km



Figura 2.3 Ford EcoSport

- **Toyota 4Runner**

<i>Marca:</i>	Toyota	<i>Modelo:</i>	4 Runner4X2
<i>Placa:</i>	PPO-158	<i>Año:</i>	2006 69000km



Figura 2.4 Toyota 4Runner

- **Daihatsu Terios 4x2 1.5L – Tipo de combustible: Gasolina**

Marca: Daihatsu *Modelo:* Terios 4X2
Placa: ICN-369 *Año:* 2008 28000km



Figura 2.5 Daihatsu Terios

- **Chevrolet Trooper 3.2L – Tipo de combustible: Gasolina**

Marca: Chevrolet *Modelo:* Trooper 5P T/M DLX
Placa: ICB-016 *Año:* 2002 110.000km



Figura 2.6 Chevrolet Trooper

2.3. EQUIPOS PARA DIAGNÓSTICO

El uso de equipos de diagnóstico electrónico para observar el comportamiento de cada vehículo al variar el octanaje de la gasolina es imprescindible. Los equipos utilizados para este objetivo son los siguientes:

2.3.1. MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ

Es un instrumento de medida, el cual ayuda a conocer el voltaje alterno y continuo, resistencia eléctrica, intensidad de corriente y frecuencia; una de las principales características es que puede manejar magnitudes como el ancho de pulso, el ángulo Dwell el mismo que se mide en grados angulares, la velocidad angular que se mide en revoluciones por minuto (rpm) y el ciclo de trabajo (%).

El multímetro automotriz tiene las siguientes características:

- Marca del equipo: Summit
- Modelo: 70
- Escala: autoajustable



Figura 2.7 Multímetro Automotriz

2.3.3. OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ

A diferencia del escáner el osciloscopio permite desplegar gráficamente distintas señales electrónicas en función del tiempo, de manera que se puede analizar fácilmente y en tiempo real las señales generadas.



Figura 2.9 Osciloscopio Automotriz Finest 1006.

El osciloscopio automotriz tiene las siguientes características y especificaciones:

- Marca: Finest
- Modelo: 1006
- Número de canales: 2
- Gráficas de referencia para sensores y actuadores.
- Batería recargable.
- Puntas y pinzas de prueba.

2.4. EQUIPOS UTILIZADOS PARA CARACTERIZAR LAS CONDICIONES DEL COMBUSTIBLE

La presente investigación tiene como propósito principal el diagnosticar, analizar y conocer el comportamiento de cuatro vehículos al momento de variar el octanaje del combustible.

2.4.1. DINAMÓMETRO DE CHASIS (LPS 3000)

2.4.1.1. Dinamómetro de Chasis

Es un equipo que permite medir las curvas características de comportamiento del vehículo, como el consumo específico, la potencia, el par motor. Los resultados obtenidos se representan en forma gráfica.



Figura 2. 10 Dinamómetro de Chasis.¹⁷

A continuación enumeramos los principales elementos que conforman el Dinamómetro de Chasis LPS 3000:

- Juego de rodillos
- Freno de corrientes parasitas
- Chasis del dinamómetro

¹⁷Tesis Manual de Mantenimiento para el Dinamómetro de Chasis LPS 3000 instalado en el CCICEV; Ing. Álvaro Rosas e Ing. Gustavo Barona.

- Cardán
- Bomba hidráulica
- Cilindros hidráulicos
- Ventiladores
- Sistema de adquisición de datos

Este equipo se usa para realizar pruebas dinámicas en vehículos ligeros y camiones que tengan motores Otto o Diesel. Posee una caja de interfaces que sirve para registrar el número de revoluciones del motor, datos del medio ambiente, datos OBD, temperaturas, presiones y señales analógicas.



Figura 2. 11 Dinamómetro de Chasis LPS 3000.¹⁸

2.4.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS

2.4.2.1. Protocolo para Pruebas de Torque y Potencia

Para la realización de una prueba dinámica en un Dinamómetro de Chasis LSP 3000 se sigue el siguiente protocolo de pruebas:

¹⁸Tesis Manual de Mantenimiento para el Dinamómetro de Chasis LPS 3000 instalado en el CCICEV; Ing. Álvaro Rosas e Ing. Gustavo Barona

1. Verificar que el diámetro de las ruedas sea igual o superior a rin 13" (R13), y que cumplan con la capacidad de peso establecida por el fabricante.
2. Colocar el vehículo de prueba en los rodillos del dinamómetro.
3. Verificar que el perfil del neumático esté libre de piedras en el labrado.
4. Descender el elevador y dejar apoyadas las ruedas sobre los rodillos.
5. Verificar la alineación del tren en donde se encuentra la transmisión con respecto a los rodillos del dinamómetro, haciendo girar las ruedas a una velocidad máxima de 20 [km/h].
6. Asegurar el vehículo con cintas para evitar que éste se salga de los rodillos
7. Revisar la seguridad del área de prueba.
8. En el software LPS 3000 se deben introducir los datos técnicos referentes al vehículo a ser probado.
9. Comprobar la relación de cambio y de transmisión de la unidad, la cual debe ser en relación 1:1.
10. Asegurarse que la temperatura del motor es normal de funcionamiento, caso contrario debe pasar un periodo de calentamiento del motor para alcanzar dicha temperatura.
11. Poner en funcionamiento el ventilador de refrigeración del banco de pruebas LPS 3000.
12. Iniciar la prueba de medición.
13. El conductor acelera el vehículo con el pedal a fondo en la marcha de prueba para alcanzar la velocidad deseada, llamada "corte de rpm" (4500 – 6000 rpm).
14. Cuando se ha llegado al "corte de rpm" el conductor pisa el embrague, dejando la marcha puesta. El banco de potencia desacelera hasta detenerse. El resultado de la medición se presenta en la pantalla. El operador puede analizar los resultados obtenidos según las vueltas de motor (la potencia, el par motor, pérdidas de los mecanismos de rodadura, la potencia a las ruedas, los resultados de instrumentos de medida que tiene el banco de potencia, etc.).

** Repetir de ser necesario, caso contrario archivar para tabular posteriormente.

2.4.2.2. Protocolo para Pruebas Estáticas

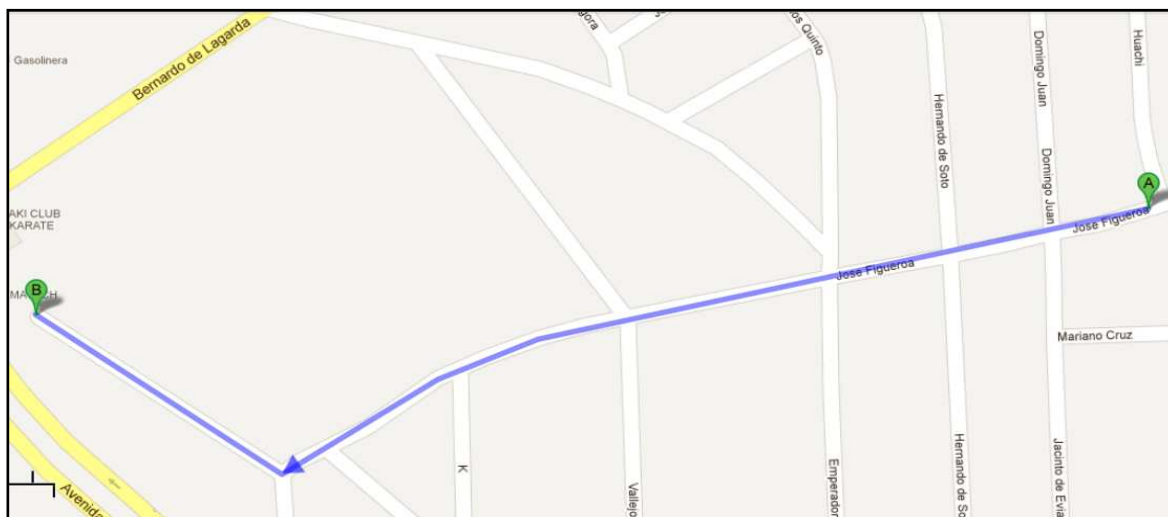
- a) Preparar los vehículos.
- b) Previamente tener identificados y listos los componentes a diagnosticar:
 - Inyectores
 - Sensor de Oxígeno
 - Sensor de Golpeteo (Knock Sensor)
- c) Disponer los equipos necesarios para el diagnóstico:
 - Osciloscopio
 - Escáner Automotriz
 - Multímetro Automotriz
- d) Encender el osciloscopio y/o el escáner una vez que el componente del vehículo a diagnosticar se encuentre conectado al mismo.
- e) Colocar la configuración del equipo de diagnóstico con las especificaciones del vehículo y ubicada en la opción del componente a diagnosticar.
- f) Encender el vehículo.
- g) Registrar el diagnóstico y los datos desplegados en los equipos.

** Repetir el mismo procedimiento para los demás componentes.

2.4.2.3. Protocolo para Pruebas de Ruta Corta

- a) Conectar a la tabla de diagnóstico en ruta (ver Anexo 2 para observar el detalle del componente) a los tres componentes a diagnosticar: Inyectores, Sensor de Oxígeno y Sensor de Golpeteo (KS).
- b) Disponer de los equipos para diagnóstico: Osciloscopio y Escáner Automotriz.
- c) Se lleva el auto a la ruta de prueba:

Ruta de Prueba: desde la Calle José Figueroa y Huachi (A) hasta finalizar la calle José Figueroa (B) / pendiente constante: 20% - distancia: 650m



Fuente: Google Maps (<http://maps.google.ec/>)

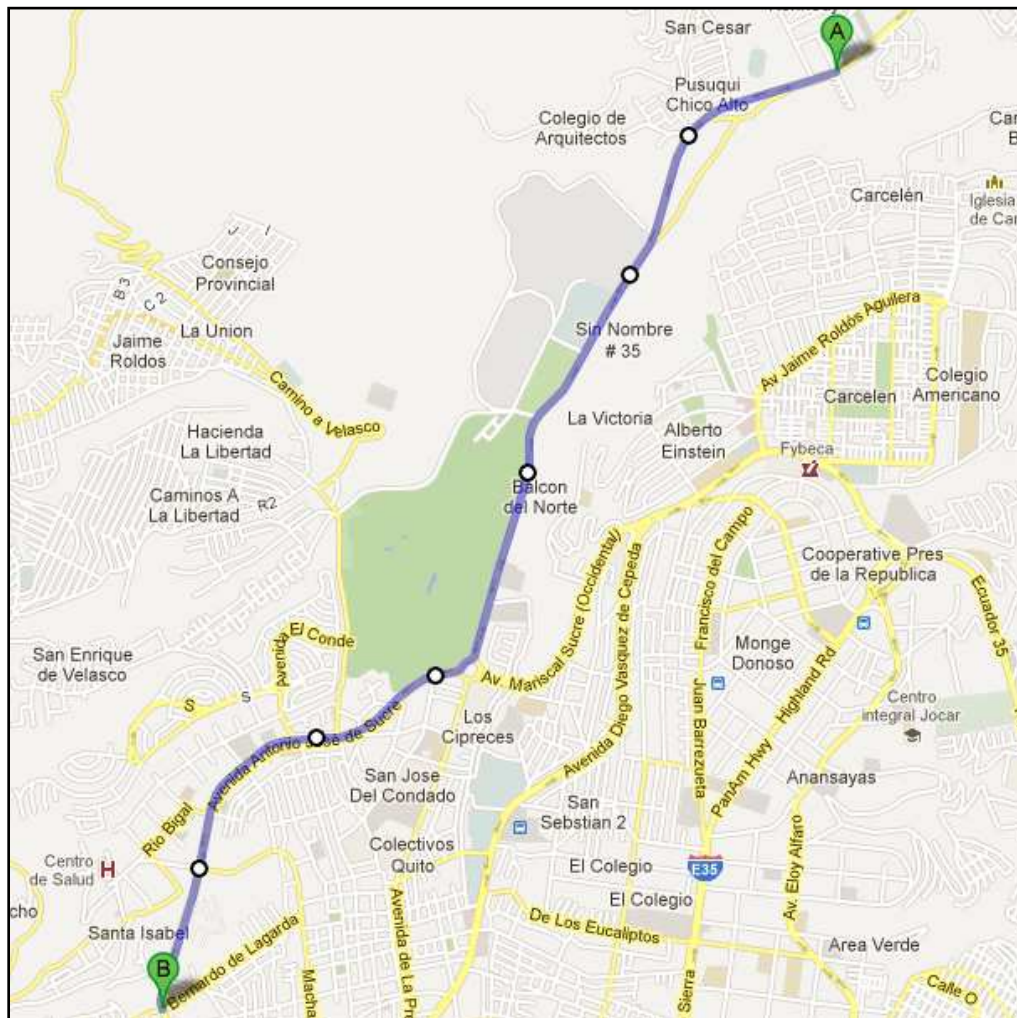
- d) Se enciende el osciloscopio y se coloca la configuración del equipo de diagnóstico con las especificaciones del vehículo.
- e) Encender el vehículo.
- f) Durante la prueba, se registrarlas revoluciones de diagnóstico
- g) Esta prueba se lleva a cabo con dos personas a bordo del vehículo de prueba.

** Repetir de ser necesario.

2.4.2.4. Protocolo para Pruebas de Ruta Larga

- a) Conectar a la tabla de diagnóstico en ruta a los tres componentes a diagnosticar: Inyectores, Sensor de Oxígeno y Sensor de Golpeteo (KS).
- b) Disponer de los equipos necesarios para el diagnóstico: Osciloscopio y Escáner Automotriz.
- c) Se lleva el auto a la ruta de prueba:

Ruta de Prueba: desde la autopista Manuel Córdoba Galarza y Alborada (A), hasta la Av. Occidental y Bernardo de Legarda (B) / distancia: 7.2 Km.



Fuente: Google Maps (<http://maps.google.ec/>)

- d) Se enciende el osciloscopio y se coloca la configuración del equipo de diagnóstico con las especificaciones del vehículo y ubicada en la opción del componente a diagnosticar.
- e) Encender el vehículo.
- f) Durante la prueba, mencionar el ángulo de pendiente que posee la ruta y las revoluciones de diagnóstico
- g) Registrar el diagnóstico y los datos desplegados en los equipos (videos).
- h) Esta prueba se lleva a cabo con dos personas a bordo del vehículo de prueba.

** Repetir de ser necesario.

2.4.3. FICHAS TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS ASIGNADOS A PRUEBAS

Tabla 2. 2 Fichas técnicas de los vehículos asignados a pruebas

VEHÍCULOS Características	Ford EcoSport	Daihatsu Terios	Chevrolet Trooper	Toyota 4Runner
Fabricante	Ford	Daihatsu	Isuzu	Toyota
Modelo	EcoSport	Terios 1.5L	Trooper3.5L	4Runner4.0L
Fabricación	2005	2008	2002	2006
<i><u>Motor</u></i>				
Torque	142/4250 Nm/rpm	140/6000Nm/r pm	326/3000Nm/rpm	38.8/4400kgm/r pm
Cilindrada	2000cc	1500cc	3500cc	4000cc
Cilindros	4 en línea	4 en línea	6 en línea	6 en V
Válvulas	8	4 por cilindro	4 por cilindro	4 por cilindro
Potencia	98/5250 Cv/rpm	103.48/6000H P/rpm	210.94/5400HP/r pm	254/5600HP/rp m
Compresión	9.5:1	10.0:1	9.2:1	10.4:1
<i><u>Transmisión y Chasis</u></i>				
Motor – Tracción	Delantero - delantera	Delantero - posterior	Delantero - posterior	Delantero - posterior
Frenos Del.	Discos ventilados	Discos	Discos	Discos ventilados
Frenos Traseros	Tambor	Tambor	Discos	Discos ventilados
Transmisión	Manual 5 velocidades	Manual 5 velocidades	Manual 5 velocidades	Manual 5 velocidades
<i><u>Medidas y Capacidades</u></i>				
Peso	1167 kgs	1120kgs	1980kgs	2090kgs
Alto	1679 mm	1250 mm	1840 mm	1780 mm
Distancia entre ejes	2490 mm	2590 mm	2340 mm	2790 mm
Largo	4228 mm	3480 mm	4340 mm	4820 mm

CAPÍTULO III. PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 PRUEBAS ESTÁTICAS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas tanto en los ensayos de potencia como en los sensores.

3.1.1 PRUEBAS DE POTENCIA VERSUS REVOLUCIONES POR MINUTO

En las figuras 3.2 hasta la 3.5 se muestra la potencia alcanzadas por los cuatro vehículos con cada combustible en los ensayos del dinamómetro de chasis.



Figura 3. 1 Vehículos en pruebas de Potencia

3.1.1.1 Ford Eco Sport

Tabla 3. 1 Prueba de Potencia versus Rpm – Ford Eco Sport

COMBUSTIBLE	POTENCIA [HP]	RPM
81 Octanos	122,80	5630
87 Octanos	117,90	5675
92 Octanos	121,30	5835

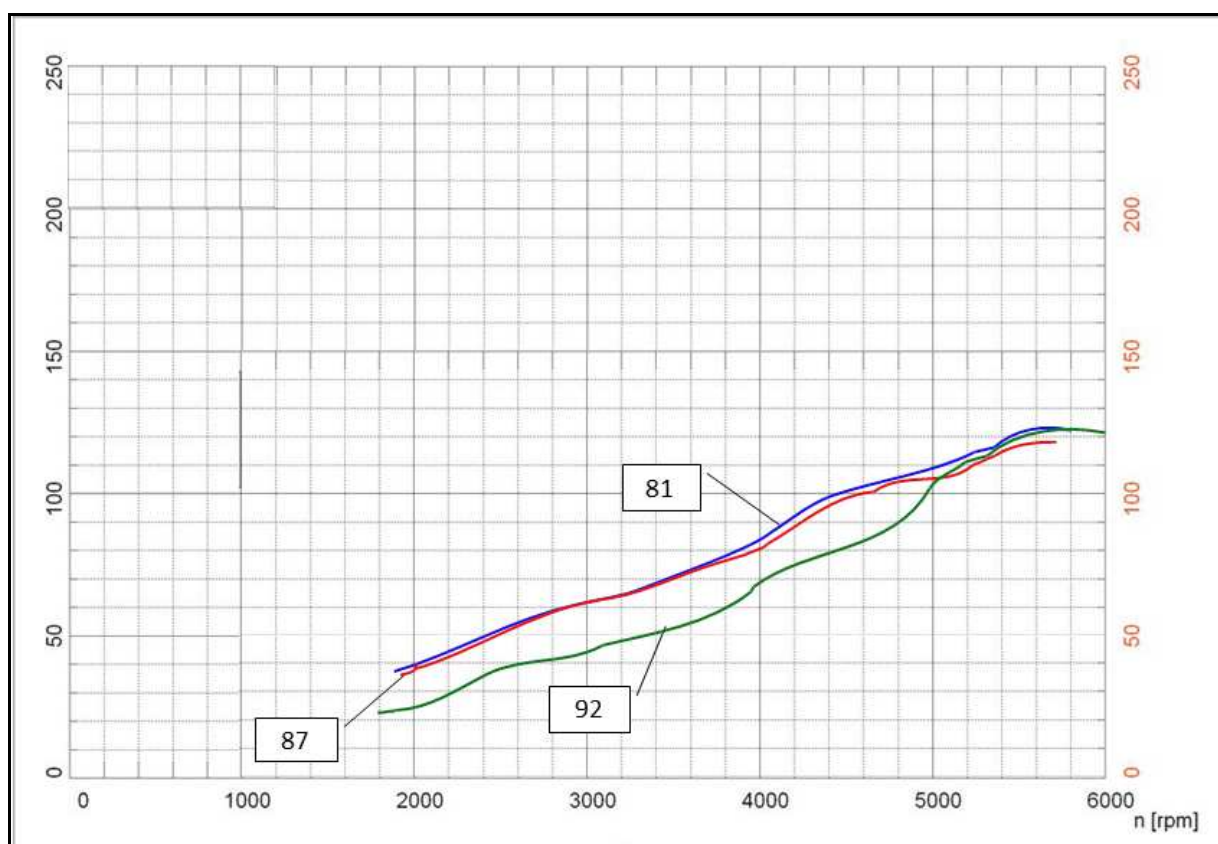


Figura 3.2 HP vs. Rpm Ford Eco Sport

Ver Anexo 3, 4 y 5 para observar detalladamente los datos completos de la Figura 3.2

3.1.1.2 Daihatsu Terios

Tabla 3. 2 Prueba de Potencia versus Rpm – Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE	POTENCIA [HP]	RPM
81 Octanos	81,90	5830
87 Octanos	79,60	5890
92 Octanos	81,40	5800

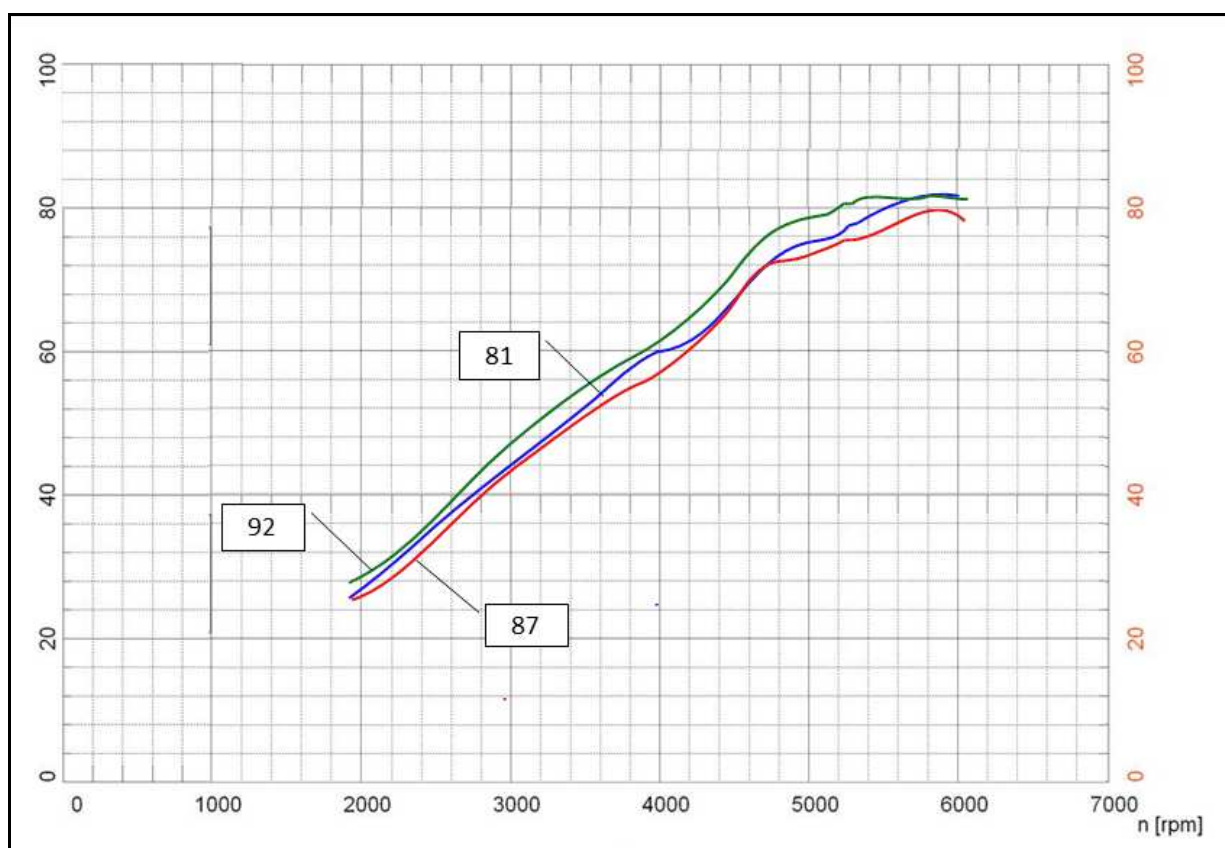


Figura 3. 3 HP vs. Rpm Daihatsu Terios

Ver Anexo 6, 7 y 8 para observar detalladamente los datos completos de la Figura 3.3

3.1.1.3 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 3 Prueba de Potencia versus Rpm – Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE	POTENCIA [HP]	RPM
81 Octanos	140,30	4535
87 Octanos	123,40	4480
92 Octanos	121,20	4455

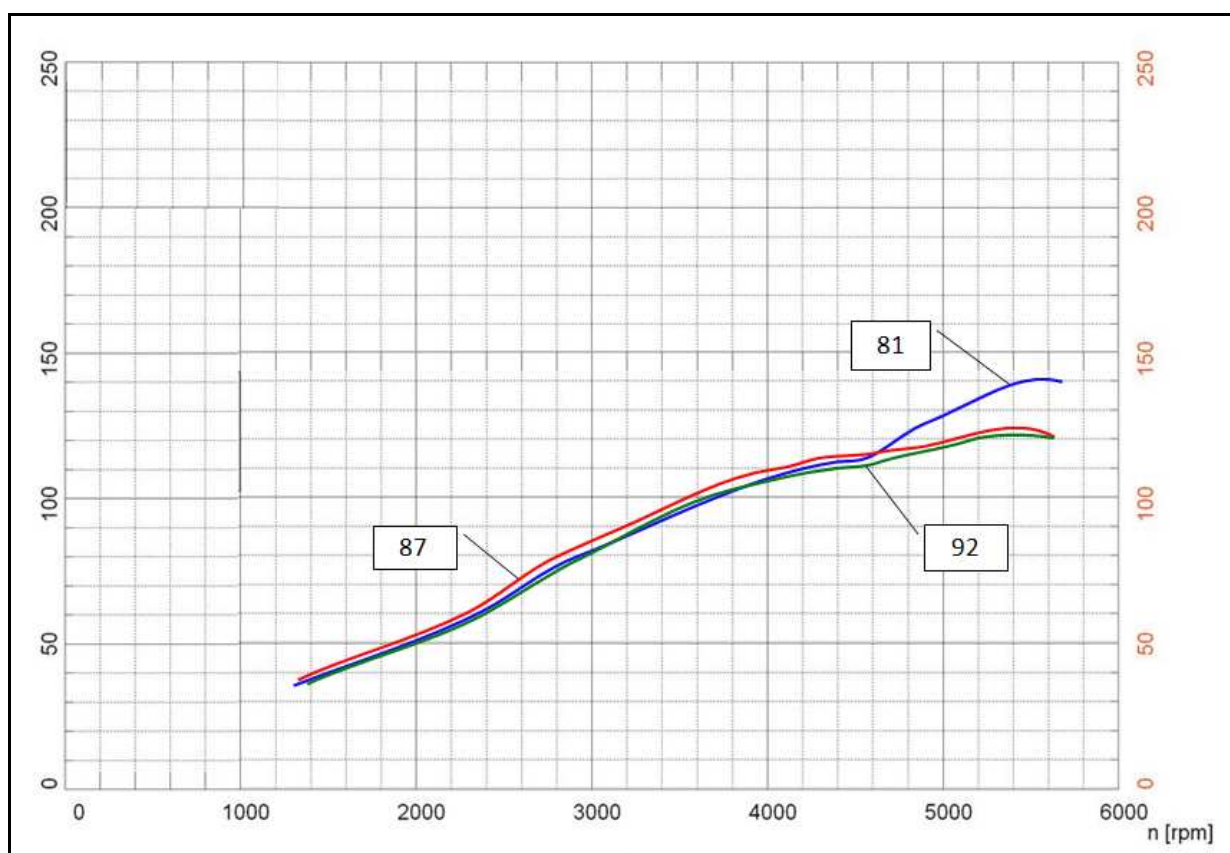


Figura 3.4 HP vs. Rpm Chevrolet Trooper

Ver Anexo 9, 10 y 11 para observar detalladamente los datos completos de la Figura 3.4

3.1.1.4 Toyota 4Runner

Tabla 3. 4 Prueba de Potencia versus Rpm – Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE	POTENCIA[HP]	RPM
81 Octanos	190,1	4065
87 Octanos	190,4	4570
92 Octanos	180,9	4750

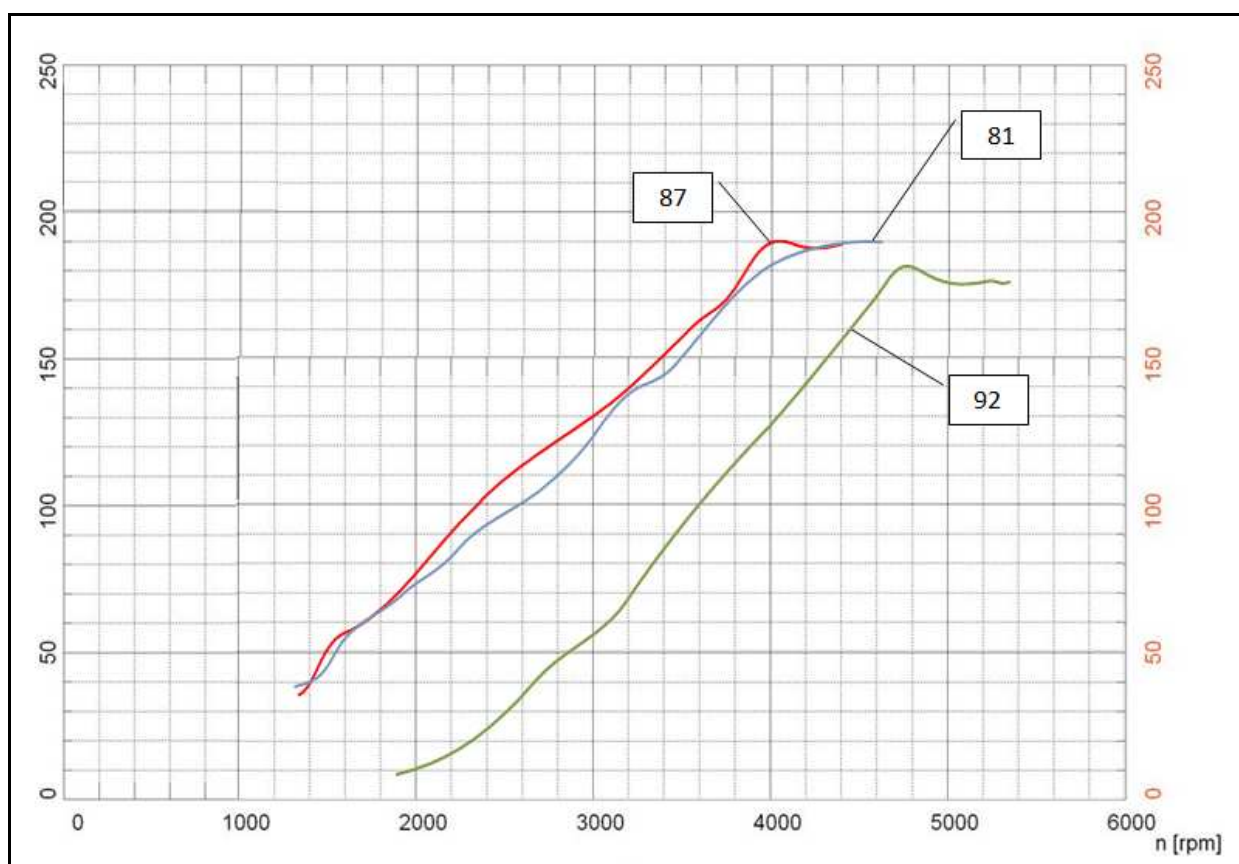


Figura 3. 5 HP vs. Rpm Toyota 4Runner

Ver Anexo 12, 13 y 14 para observar detalladamente los datos completos de la Figura 3.5

3.1.2 PRUEBA DE POTENCIA A RPM CONSTANTES

Esta prueba se realiza con el fin de identificar la potencia alcanzada por los cuatro vehículos con cada combustible de distinto octanaje, teniendo en cuenta el número de revoluciones.

El procedimiento es el siguiente: según las revoluciones y potencias obtenidas en el dinamómetro de chasis de cada combustible con distinto octanaje, se emplea la fórmula del Anexo 1 ($POTENCIA @ 4500rpm = POTENCIA @ Nrpm \times \frac{4500}{Nrpm}$) para el cálculo de la potencia de manera que se pueda observar la potencia a 3000, 3500, 4000 y 4500 rpm.

3.1.2.1 Ford Eco Sport

Tabla 3. 5 Prueba de Potencia con Rpm Constantes – Ford Eco Sport.

FORD ECO SPORT COMBUSTIBLE	Potencia Obtenida en el Dinamómetro de Chasis	Potencia a RPM Constante			
		3000[rpm]	3500[rpm]	4000[rpm]	4500[rpm]
81Octanos	122,80 HP a 5630 rpm	65,44 HP	76,34 HP	87,25 HP	98,15 HP
87Octanos	117,90 HP a 5675 rpm	62,33 HP	72,71 HP	83,10 HP	93,49 HP
92Octanos	121,30 HP a 5835 rpm	62,37 HP	72,76 HP	83,15 HP	93,55 HP

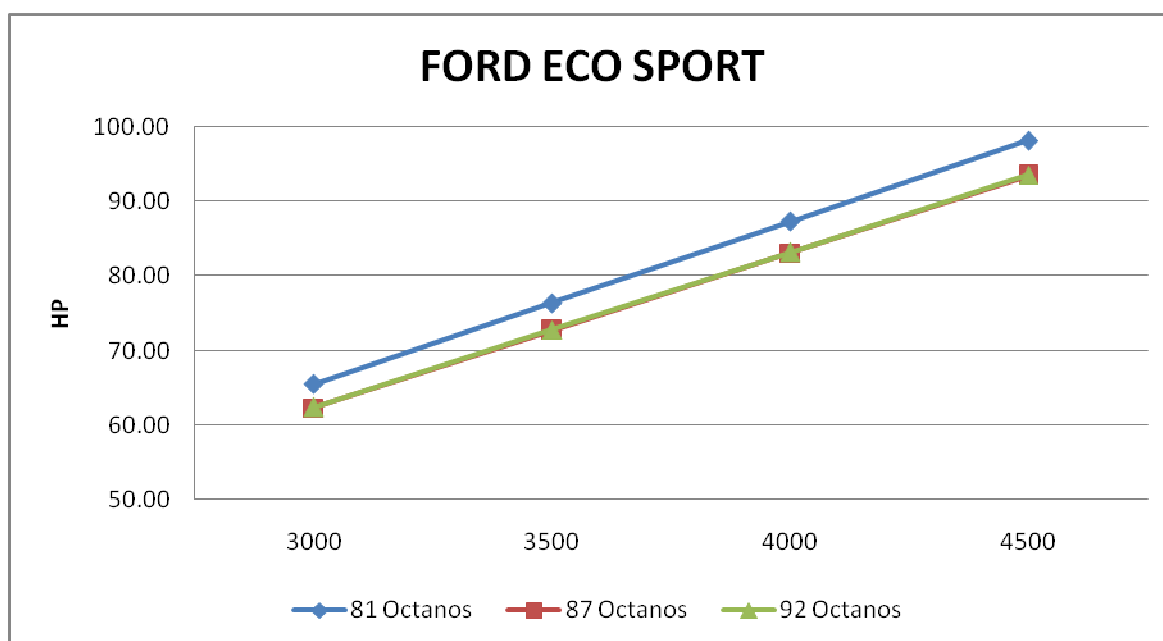


Figura 3. 6 Potencia vs. Rpm Constantes Ford Eco Sport

3.1.2.2 Daihatsu Terios

Tabla 3. 6 Prueba de Potencia con Rpm Constantes – Daihatsu Terios

DAIHATSU TERIOS COMBUSTIBLE	Potencia Obtenida en el Dinamómetro de Chasis	Potencia (HP) a RPM Constante			
		3000[rpm]	3500[rpm]	4000[rpm]	4500[rpm]
81Octanos	81,90 HP a 5830 rpm	42,14 HP	49,17HP	56,19 HP	63,22 HP
87Octanos	79,60 HP a 5890rpm	40,54 HP	47,30HP	54,06 HP	60,81 HP
92Octanos	81,40 HP a 5800rpm	42,10HP	49,12 HP	56,14 HP	63,16 HP

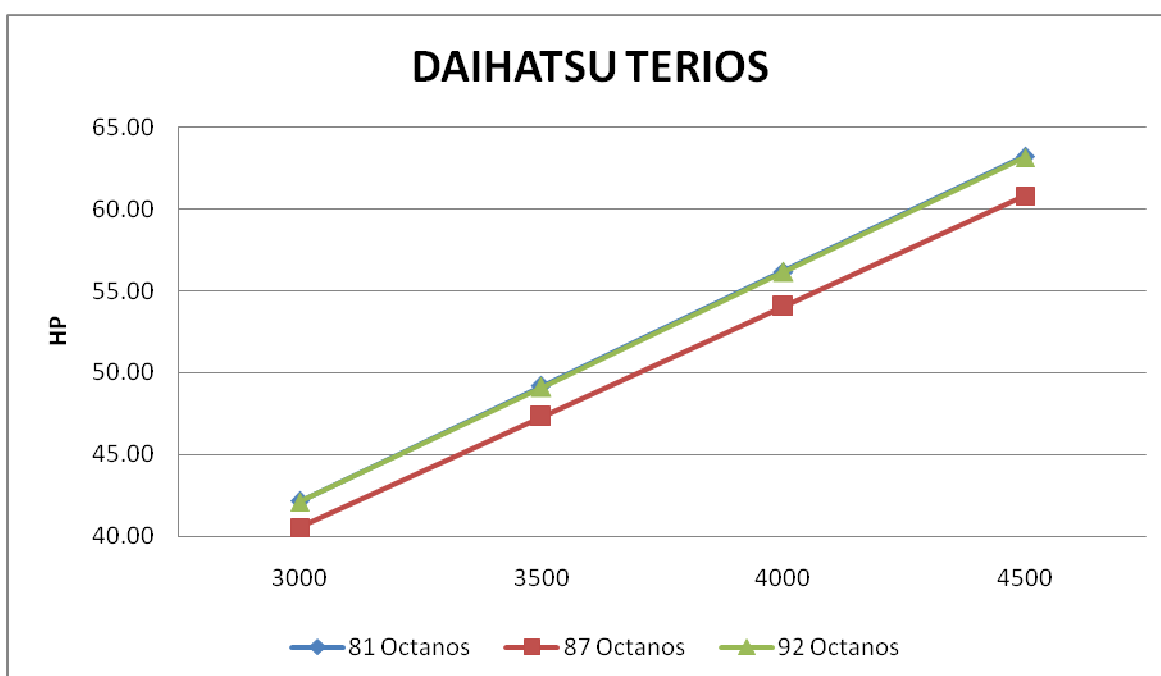


Figura 3. 7 Potencia vs. Rpm Constantes Daihatsu Terios

3.1.2.3 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 7 Prueba de Potencia con Rpm Constantes – Chevrolet Trooper

CHEVROLET TROOPER	Potencia Obtenida en el Dinamómetro de Chasis	Potencia (HP) a RPM Constante			
		3000[rpm]	3500[rpm]	4000[rpm]	4500[rpm]
81Octanos	140,30 HP a 4535 rpm	92,81 HP	108,28 HP	123,75 HP	139,22 HP
87Octanos	123,40 HP a 4480rpm	82,63 HP	96,41 HP	110,18 HP	123,95 HP
92Octanos	121,20 HP a 4455rpm	81,62 HP	95,22 HP	108,82 HP	122,42 HP

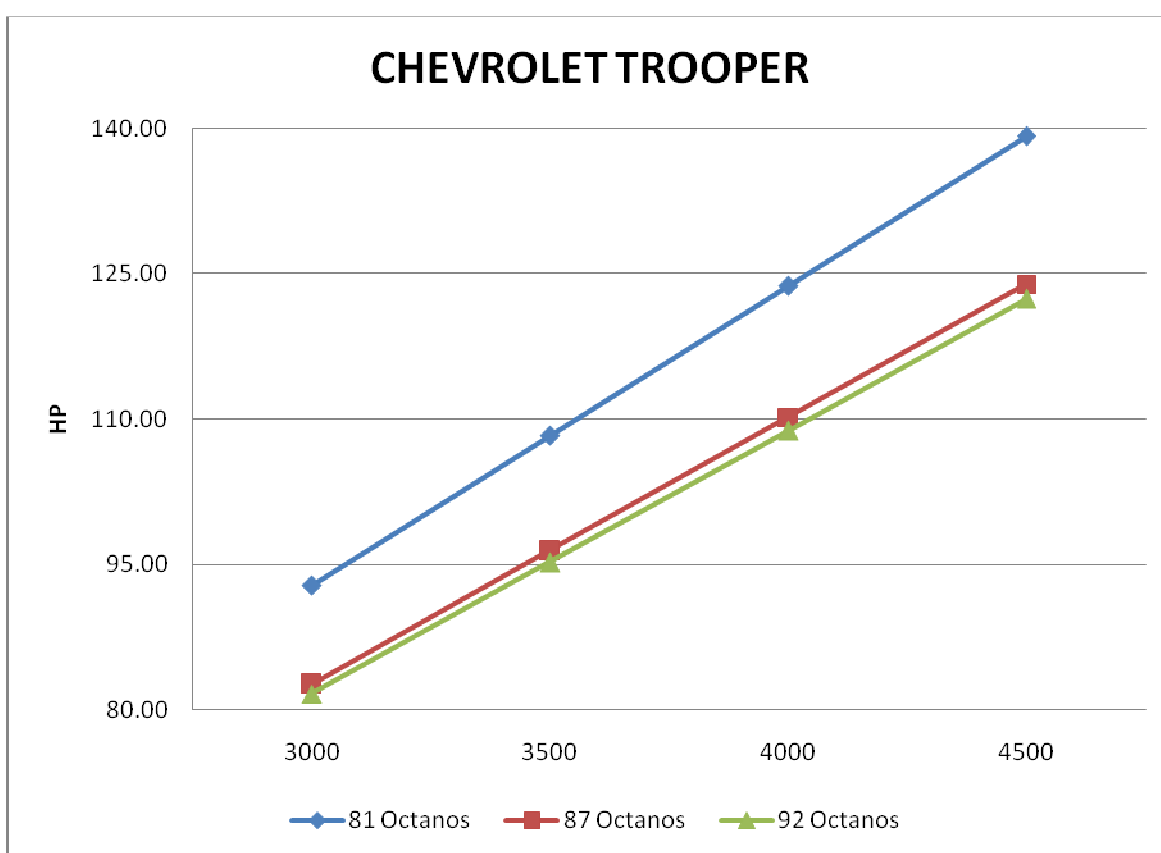


Figura 3. 8 Potencia vs. Rpm Constantes Chevrolet Trooper

3.1.2.4 Toyota 4Runner

Tabla 3. 8 Prueba de Potencia con Rpm Constantes – Toyota 4Runner

TOYOTA 4RUNNER	Potencia Obtenida en el Dinamómetro [HP]	Potencia (HP) a RPM Constante			
		3000[rpm]	3500[rpm]	4000[rpm]	4500[rpm]
COMBUSTIBLE					
81Octanos	190,10 HP a 4065 rpm	140,30 HP	163,68 HP	187,06 HP	210,44 HP
87Octanos	190,40 HP a 4570rpm	124,99 HP	145,82 HP	166,65 HP	187,48 HP
92Octanos	180,90 HP a 4750rpm	114,25 HP	133,29 HP	152,34 HP	171,38 HP

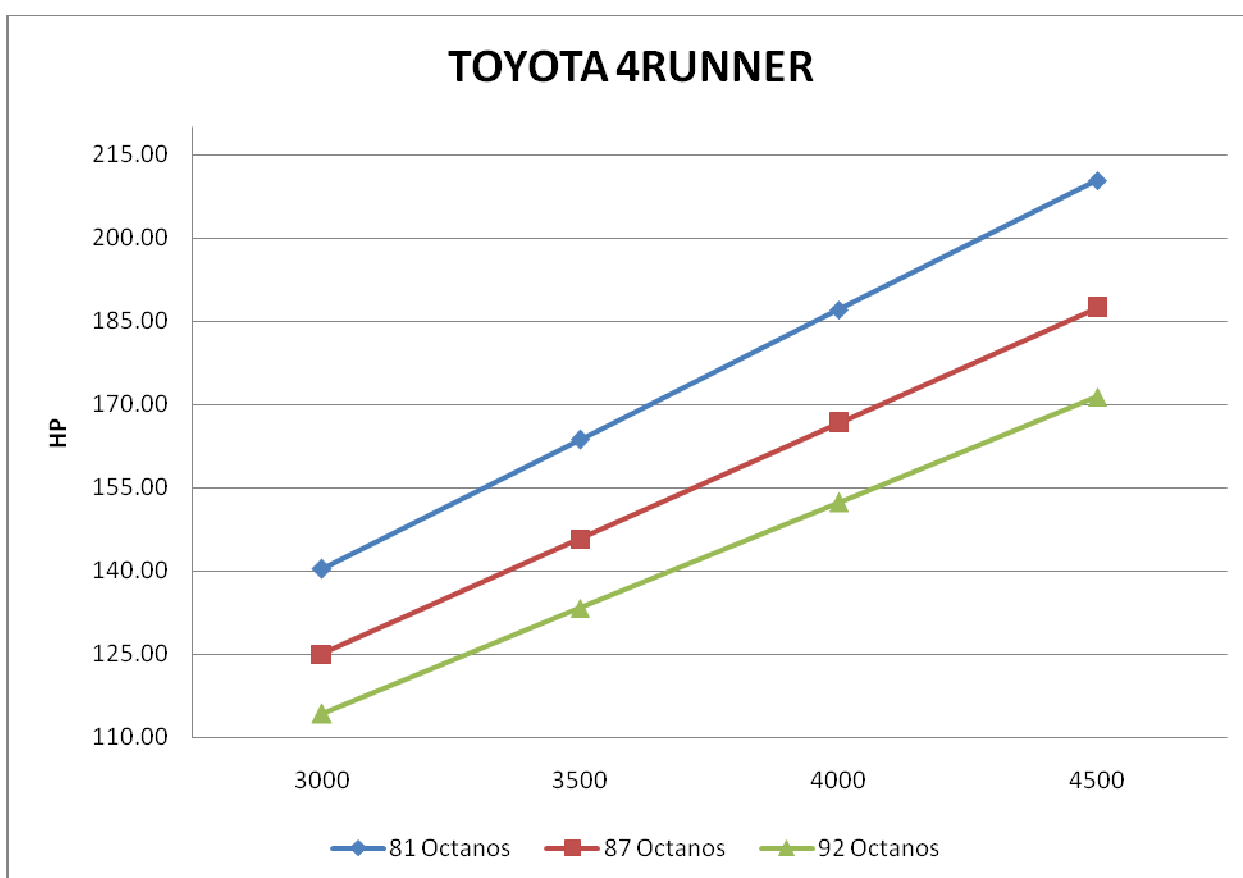


Figura 3. 9 Potencia vs. Rpm Constantes Toyota 4Runner

3.1.3 POTENCIA MÁXIMA OBTENIDA VERSUS POTENCIA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE

La siguiente muestra de resultados expone la potencia máxima alcanzada en el dinamómetro de chasis, paralelamente se comparan los resultados obtenidos con la potencia máxima especificada por el manual del fabricante.

Debido que las potencias se obtienen a distintas revoluciones, éstas se calculan empleando la fórmula del Anexo 1 a 6000 rpm. En la Figura 3.10 hasta la Figura 3.13 se puede observar el combustible que genera mayor potencia en el dinamómetro.

3.1.3.1 Ford Eco Sport

Tabla 3. 9 Potencia Máxima – Ford Eco Sport

<i>Grado de Octanos</i>	<i>RPM</i>	<i>HP</i>	<i>Potencia alcanzada a 6000 [rpm]</i>
81	5630	123,5	131,62 HP
87	5675	118	124,76 HP
92	5835	122	125,45 HP
FABRICANTE	6000	143	143 HP

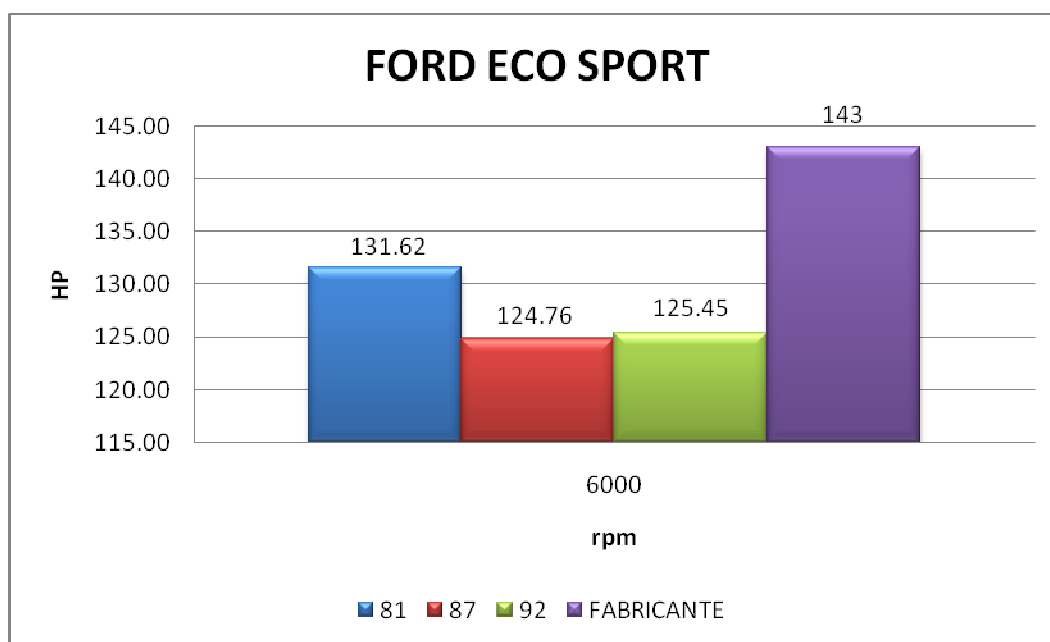


Figura 3. 10 Potencia Máxima – Ford Eco Sport

3.1.3.2 Daihatsu Terios

Tabla 3. 10 Potencia Máxima – Daihatsu Terios

Grado de Octanos	RPM	HP	Potencia alcanzada a 6000 [rpm]
81	5830	84	86,45 HP
87	5890	80	81,49 HP
92	5800	82,5	85,34 HP
FABRICANTE	6000	103,48	103,48 HP

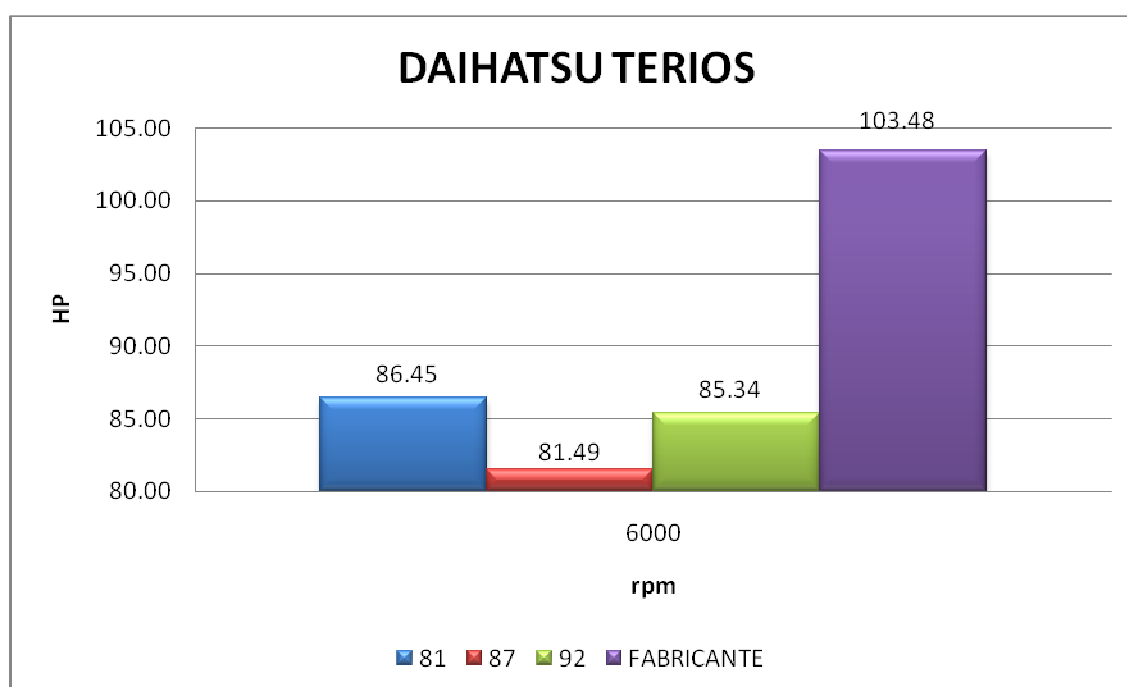


Figura 3. 11 Potencia Máxima – Daihatsu Terios

3.1.3.3 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 11 Potencia Máxima – Chevrolet Trooper

Grado de Octanos	RPM	HP	Potencia alcanzada a 6000 [rpm]
81	4545	141,5	186,80 HP
87	4365	125,5	172,51 HP
92	4455	122	164,31 HP
FABRICANTE	6000	234,38	234,38 HP

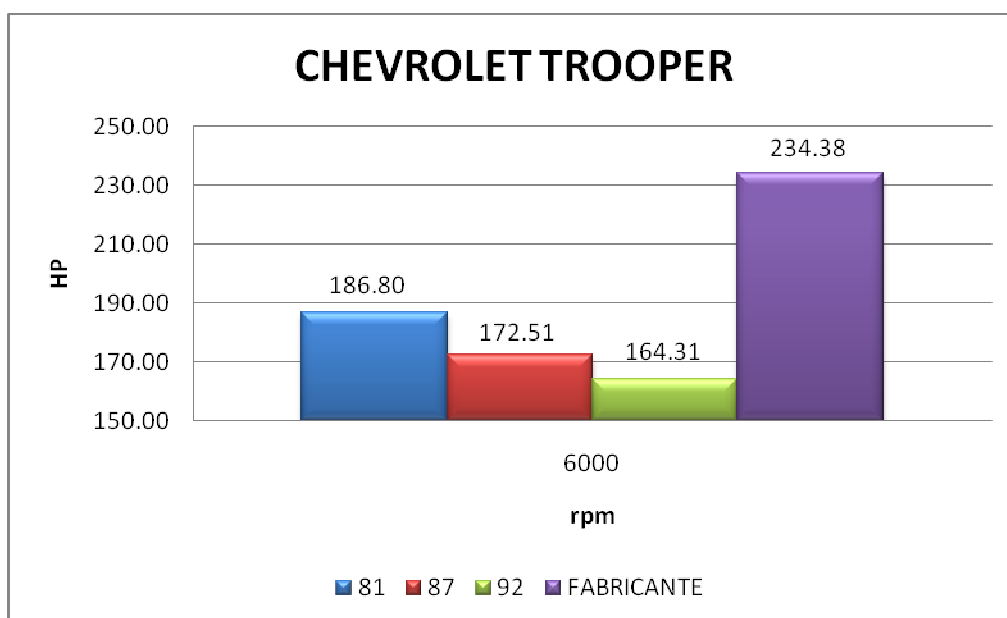


Figura 3. 12 Potencia Máxima – Chevrolet Trooper

3.1.3.4 Toyota 4Runner

Tabla 3. 12 Potencia Máxima – Toyota 4Runner

Grado de Octanos	RPM	HP	Potencia alcanzada a 6000 [rpm]
81	4065	191	281,92 HP
87	4570	190,5	250,11 HP
92	4750	181,5	229,26 HP
FABRICANTE	6000	272,14	272,14 HP

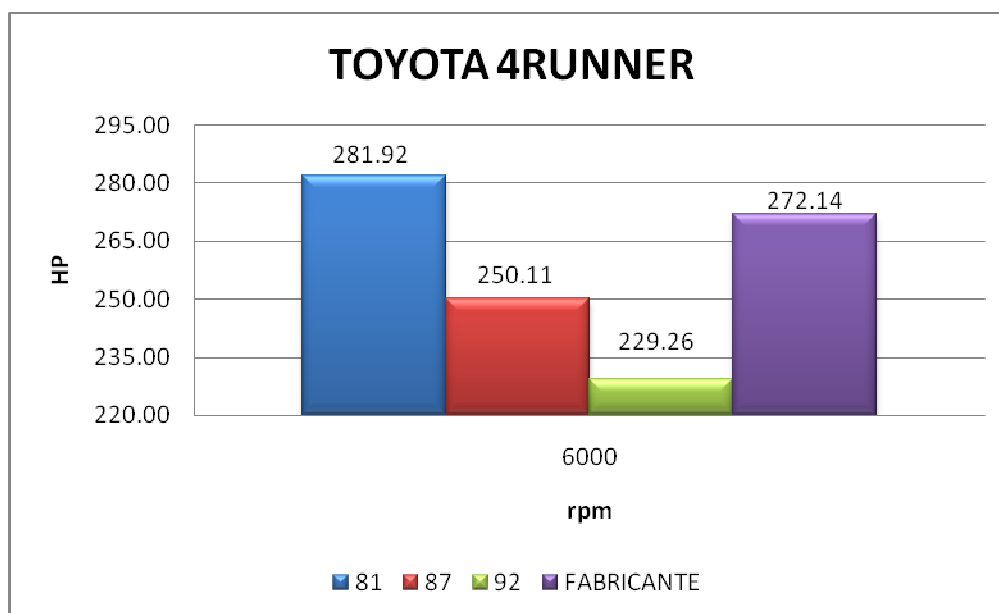
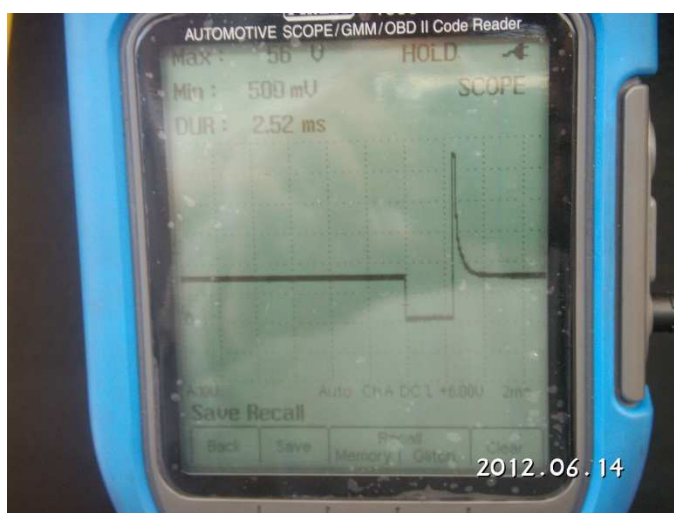


Figura 3. 13 Potencia Máxima – Toyota 4Runner

3.1.4 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO – INYECTORES

Las siguientes pruebas muestran los valores en milisegundos del ancho de pulso del inyector con el vehículo encendido pero sin carga (velocidad de desplazamiento igual a cero), manteniendo las revoluciones en tres rangos (ralentí 800, 1500 y 3000 rpm) y utilizando los tres tipos de combustible, con el fin de determinar a través del osciloscopio cuál es el comportamiento del ancho de pulso versus las revoluciones antes mencionadas.



Ford EcoSport – 81 Octanos



Toyota 4Runner – 87 Octanos

Figura 3. 14 Señal del pulso del Inyector

En la Figura 3.15 hasta la Figura 3.18 se puede observar que el ancho de pulso es directamente proporcional al incremento de las revoluciones del motor.

3.1.4.1 Ford Eco Sport

Tabla 3. 13 Mediciones del Inyector – Ford Eco Sport

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]
81 Octanos	2,52	4,73	9,45	[ms]
87 Octanos	2,55	4,78	9,56	[ms]
92 Octanos	2,54	4,76	9,53	[ms]

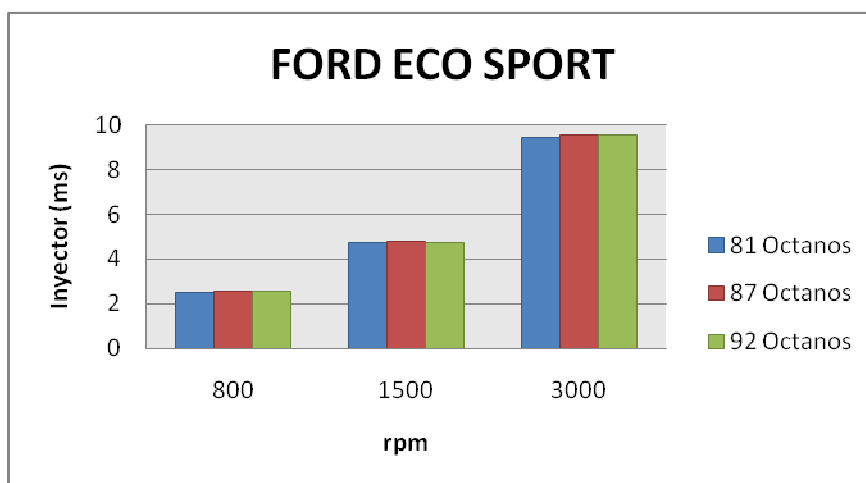


Figura 3. 15 Comportamiento del Inyector – Ford Eco Sport

3.1.4.2 Daihatsu Terios

Tabla 3. 14 Mediciones del Inyector – Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]
81 Octanos	2,27	4,26	8,51	[ms]
87 Octanos	2,30	4,31	8,63	[ms]
92 Octanos	2,27	4,26	8,50	[ms]

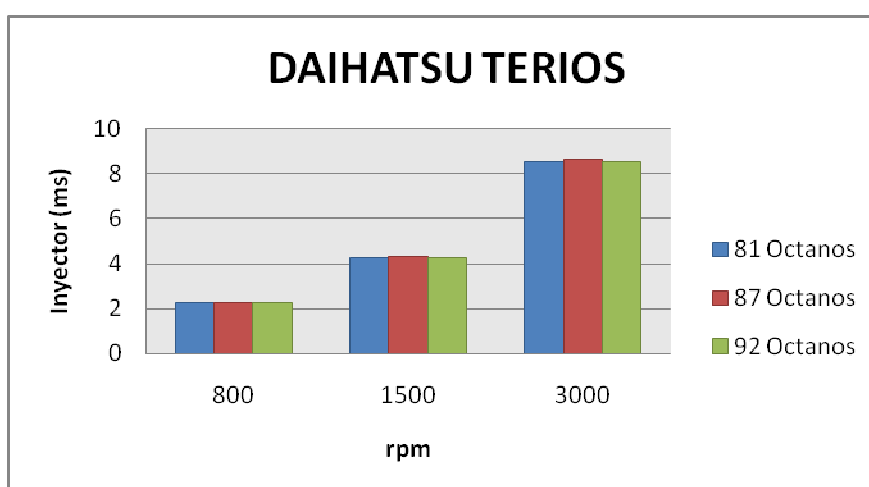


Figura 3. 16 Comportamiento del Inyector – Daihatsu Terios

3.1.4.3 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 15 Mediciones del Inyector – Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]
81 Octanos	2,5	4,69	9,38	[ms]
87 Octanos	2,51	4,71	9,41	[ms]
92 Octanos	2,47	4,63	9,26	[ms]

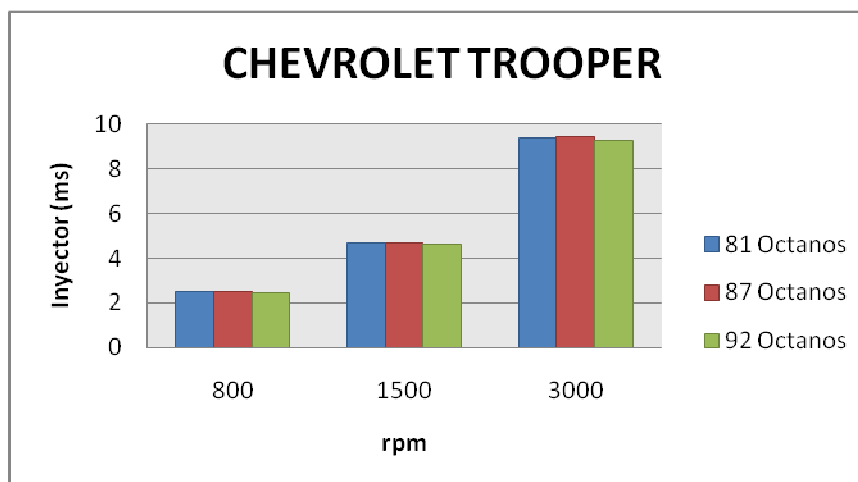


Figura 3. 17 Comportamiento del Inyector – Chevrolet Trooper

3.1.4.4 Toyota 4Runner

Tabla 3. 16 Mediciones del Inyector – Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]
81 Octanos	2,47	4,63	9,26	[ms]
87 Octanos	2,43	4,56	9,11	[ms]
92 Octanos	2,45	4,59	9,19	[ms]

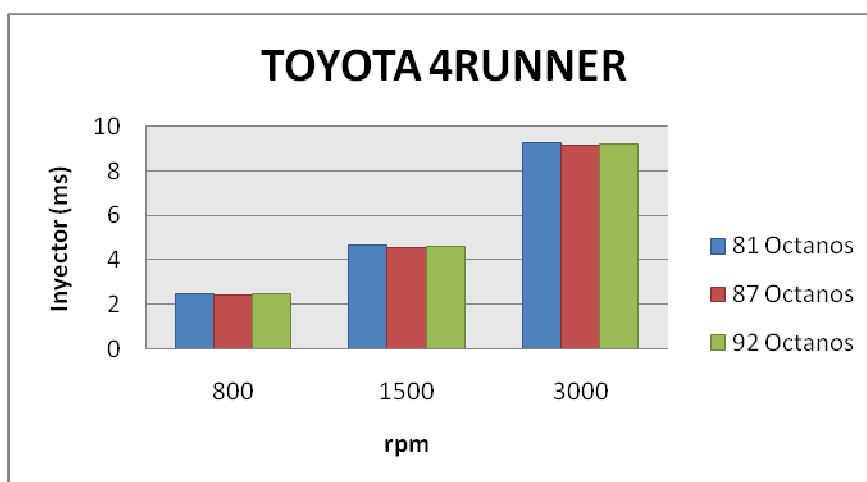
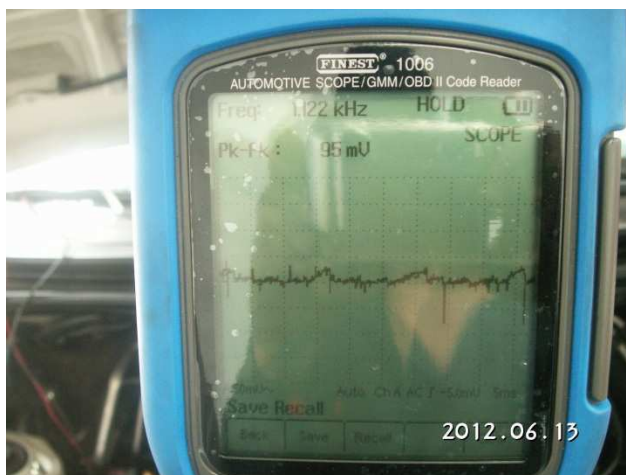


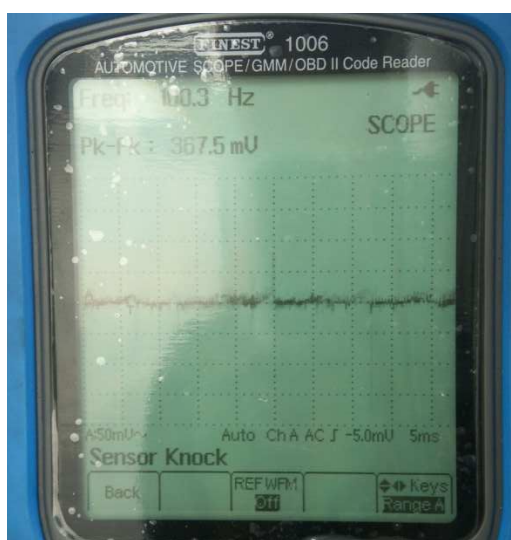
Figura 3. 18 Comportamiento del Inyector –Toyota 4Runner

3.1.5 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO – SENSOR DE GOLPETEO (KS)

Las siguientes pruebas muestran los valores en milivoltios del sensor de golpeteo (KS), manteniendo las revoluciones en tres rangos (ralentí 800, 1500 y 3000 rpm) con el fin de determinar cuál es el comportamiento del vehículo y si éste presentó cascabeleo para las revoluciones establecidas.



(Daihatsu Terios – 81 Octanos)



(Toyota 4runner – 81 Octanos)

Figura 3. 19 Señal del Sensor de Golpeteo (KS)

En la Figura 3.20 hasta la Figura 3.23 se puede observar que los milivoltios emitidos por el sensor de golpeteo es directamente proporcional al incremento de las revoluciones del motor. Hay que tomar en cuenta que cada una de ellas pertenece a un vehículo diagnosticado y dentro de la misma se encuentran los valores adquiridos para los tres tipos de combustibles que varían en su octanaje.

3.1.5.1 Ford Eco Sport

Tabla 3. 17 Mediciones del Sensor de Golpeteo – Ford Eco Sport

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	80,00	257,50	380,00	[mv]	NO
87 Octanos	79,00	256,50	378,50	[mv]	NO
92 Octanos	79,50	257,00	379,50	[mv]	NO

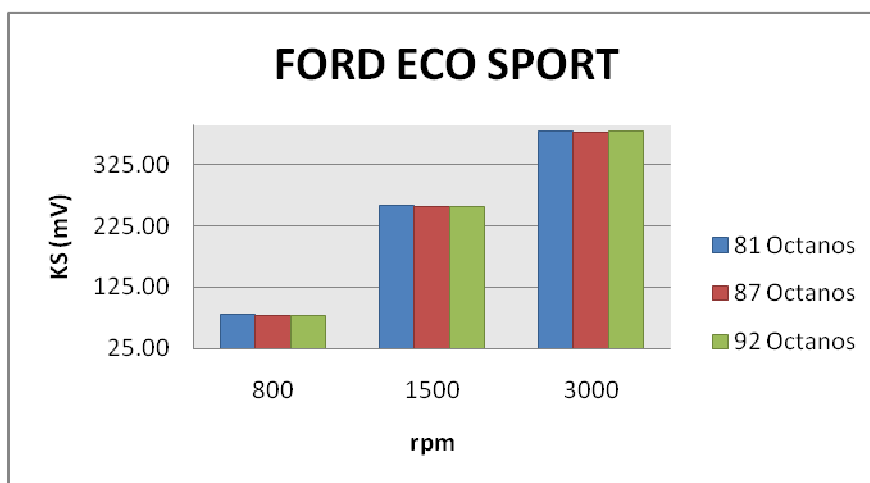


Figura 3. 20 Comportamiento del Sensor de Golpeteo – Ford EcoSport

3.1.5.2 Daihatsu Terios

Tabla 3. 18 Mediciones del Sensor de Golpeteo – Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	95,00	230,00	320,00	[mv]	NO
87 Octanos	94,00	229,50	319,50	[mv]	NO
92 Octanos	97,00	230,50	320,00	[mv]	NO

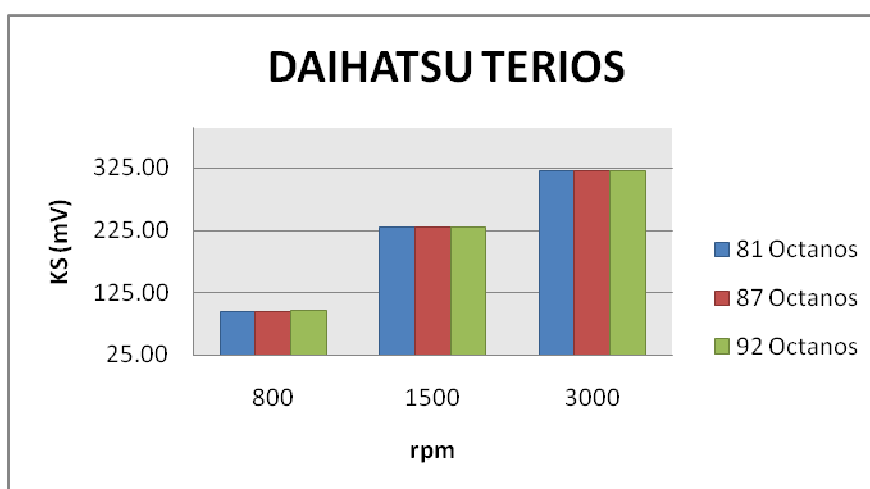


Figura 3. 21 Comportamiento del Sensor de Golpeteo – Daihatsu Terios

3.1.5.3 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 19 Mediciones del Sensor de Golpeteo – Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	85,00	147,50	351,00	[mv]	NO
87 Octanos	84,50	147,00	349,00	[mv]	NO
92 Octanos	84,00	148,00	350,00	[mv]	NO

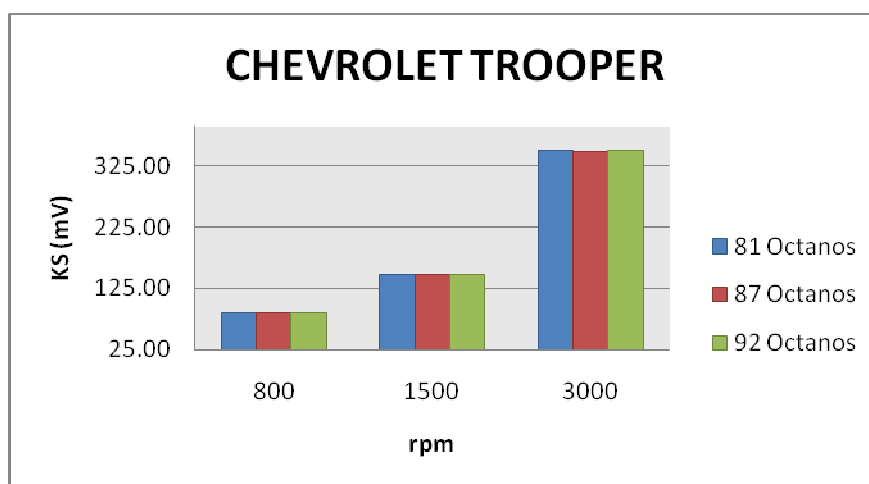


Figura 3. 22 Comportamiento del Sensor de Golpeteo – Chevrolet Trooper

3.1.5.4 Toyota 4Runner

Tabla 3. 20 Mediciones del Sensor de Golpeteo – Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	125,00	142,50	367,50	[mv]	NO
87 Octanos	124,50	142,50	366,50	[mv]	NO
92 Octanos	125,00	142,00	367,00	[mv]	NO

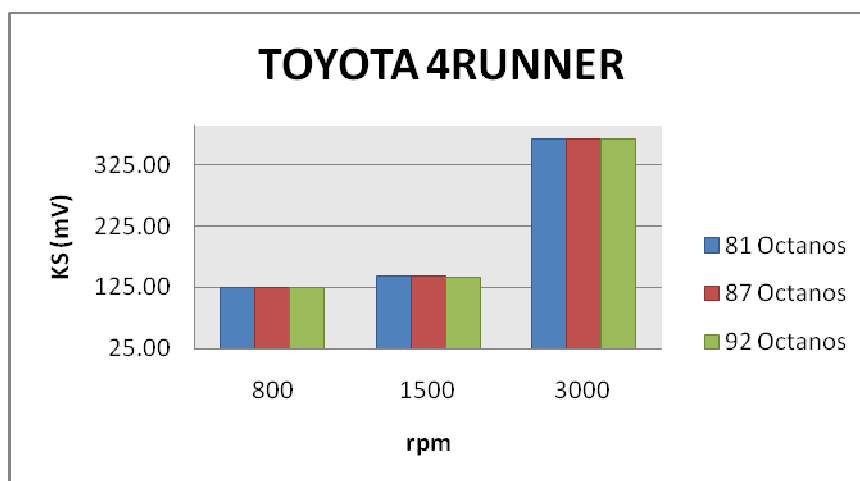
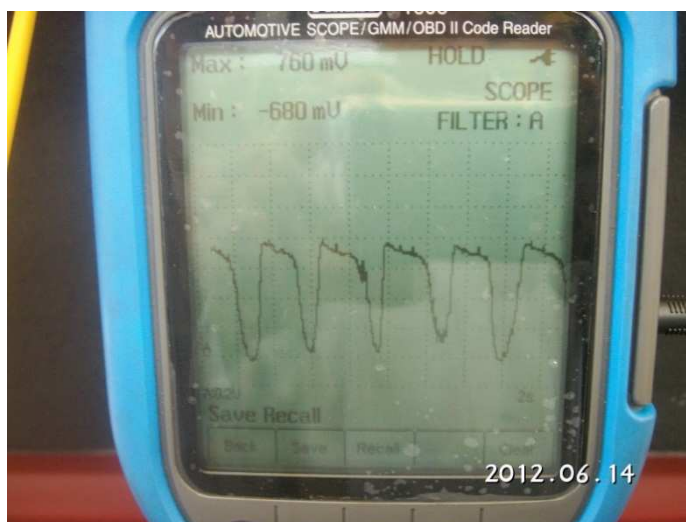


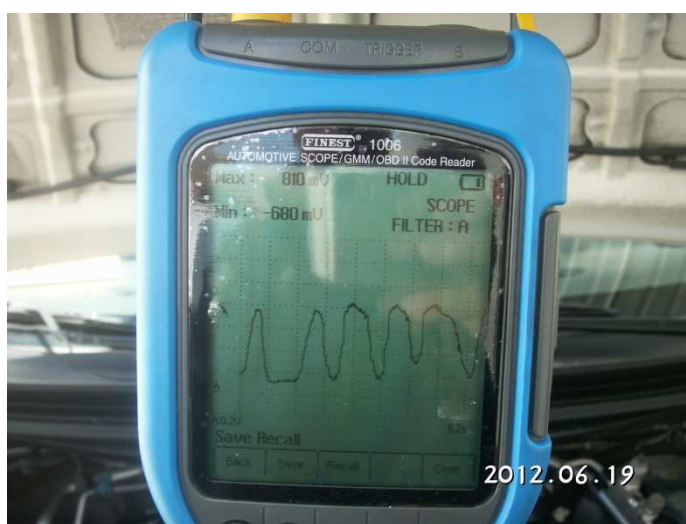
Figura 3. 23 Comportamiento del Sensor de Golpeteo – Toyota 4Runner

3.1.6 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO – SENSOR DE OXÍGENO

En la Figura 3.25 hasta la Figura 3.28 muestran los valores máximos y mínimos en milivoltios del sensor de oxígeno, manteniendo las revoluciones en tres rangos (ralentí 800, 1500 y 3000 rpm). El análisis en este sensor se lo realiza con el fin de conocer si repercute de alguna manera en su comportamiento comparado con los tres tipos de combustibles.



Ford EcoSport – 81 Octanos



Daihatsu Terios – 92 Octanos

Figura 3. 24 Señal del Sensor de Oxígeno

3.1.5.5 Ford Eco Sport

Tabla 3. 21 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Ford Eco Sport

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	50,00	760,00	100,00	790,00	50,00	820,00	[mv]
87 Octanos	40,00	770,00	95,00	800,00	45,00	830,00	[mv]
92 Octanos	30,00	830,00	80,00	890,00	50,00	900,00	[mv]

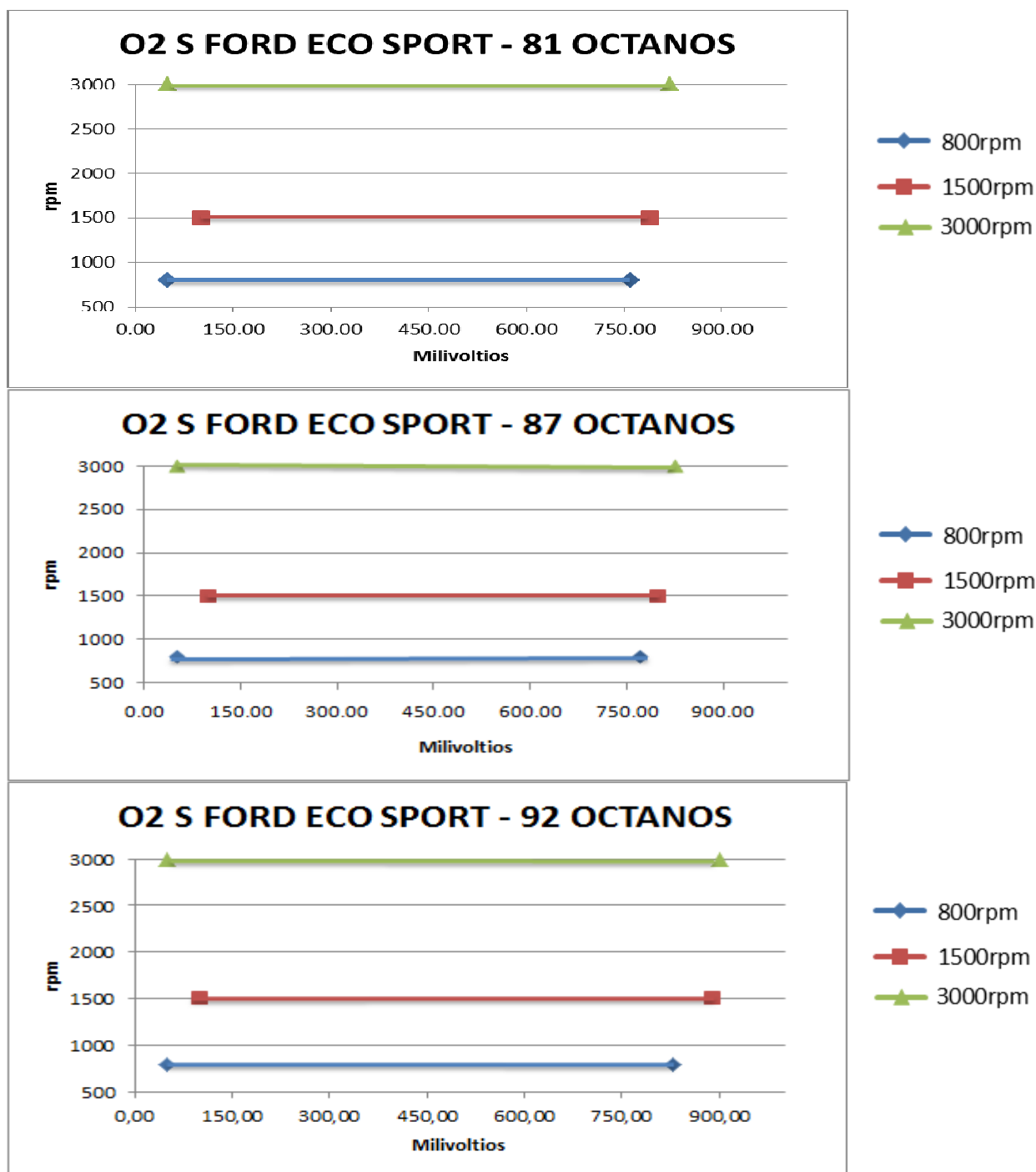


Figura 3. 25 Comportamiento del Sensor de Oxígeno – Ford Eco Sport

3.1.5.6 Daihatsu Terios

Tabla 3. 22 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	60,00	855,00	100,00	920,00	100,00	830,00	[mv]
87 Octanos	30,00	950,00	80,00	980,00	50,00	880,00	[mv]
92 Octanos	00,00	810,00	50,00	980,00	30,00	870,00	[mv]

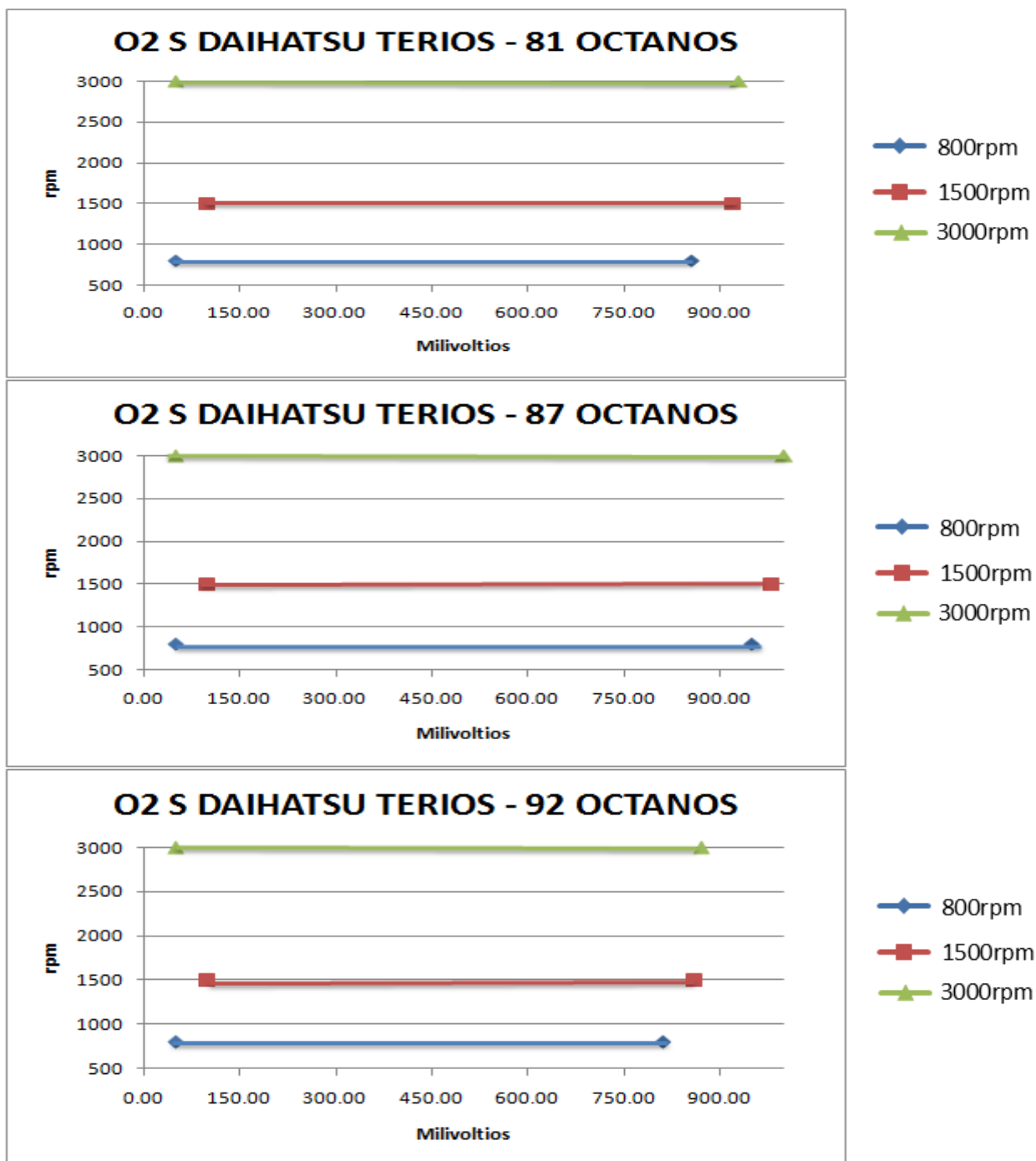


Figura 3. 26 Comportamiento del Sensor de Oxígeno – Daihatsu Terios

3.1.5.7 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 23 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	104,00	867,00	160,00	935,00	180,00	970,00	[mv]
87 Octanos	103,00	889,00	160,00	900,00	160,00	930,00	[mv]
92 Octanos	70,00	895,00	125,00	885,00	155,00	915,00	[mv]

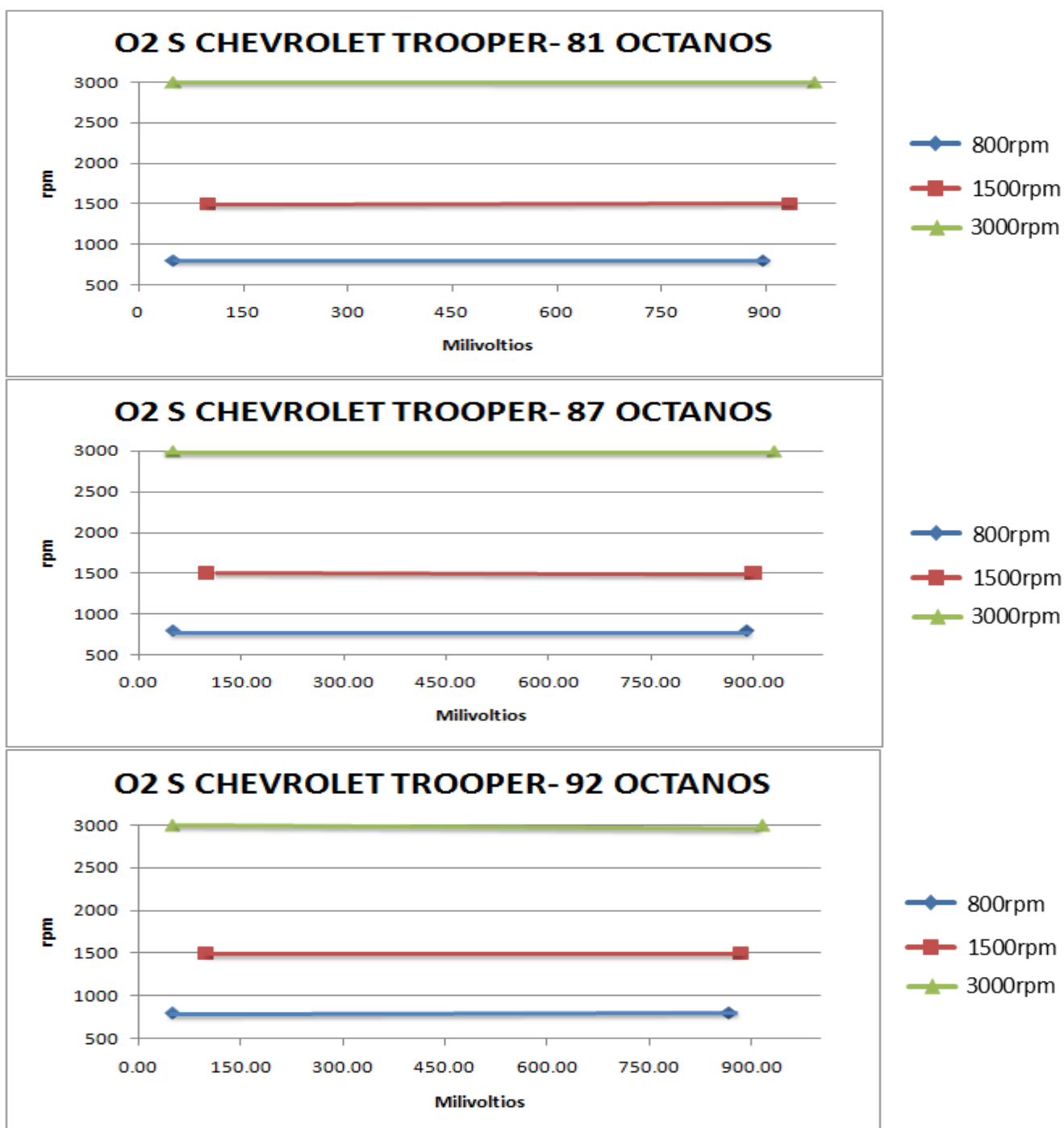


Figura 3. 27 Comportamiento del Sensor de Oxígeno – Chevrolet Trooper

3.1.5.8 Toyota 4Runner

Tabla 3. 24 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	100,00	882,00	95,00	875,00	200,00	890,00	[mv]
87 Octanos	60,00	838,00	80,00	895,00	180,00	895,00	[mv]
92 Octanos	40,00	880,00	70,00	995,00	150,00	900,00	[mv]

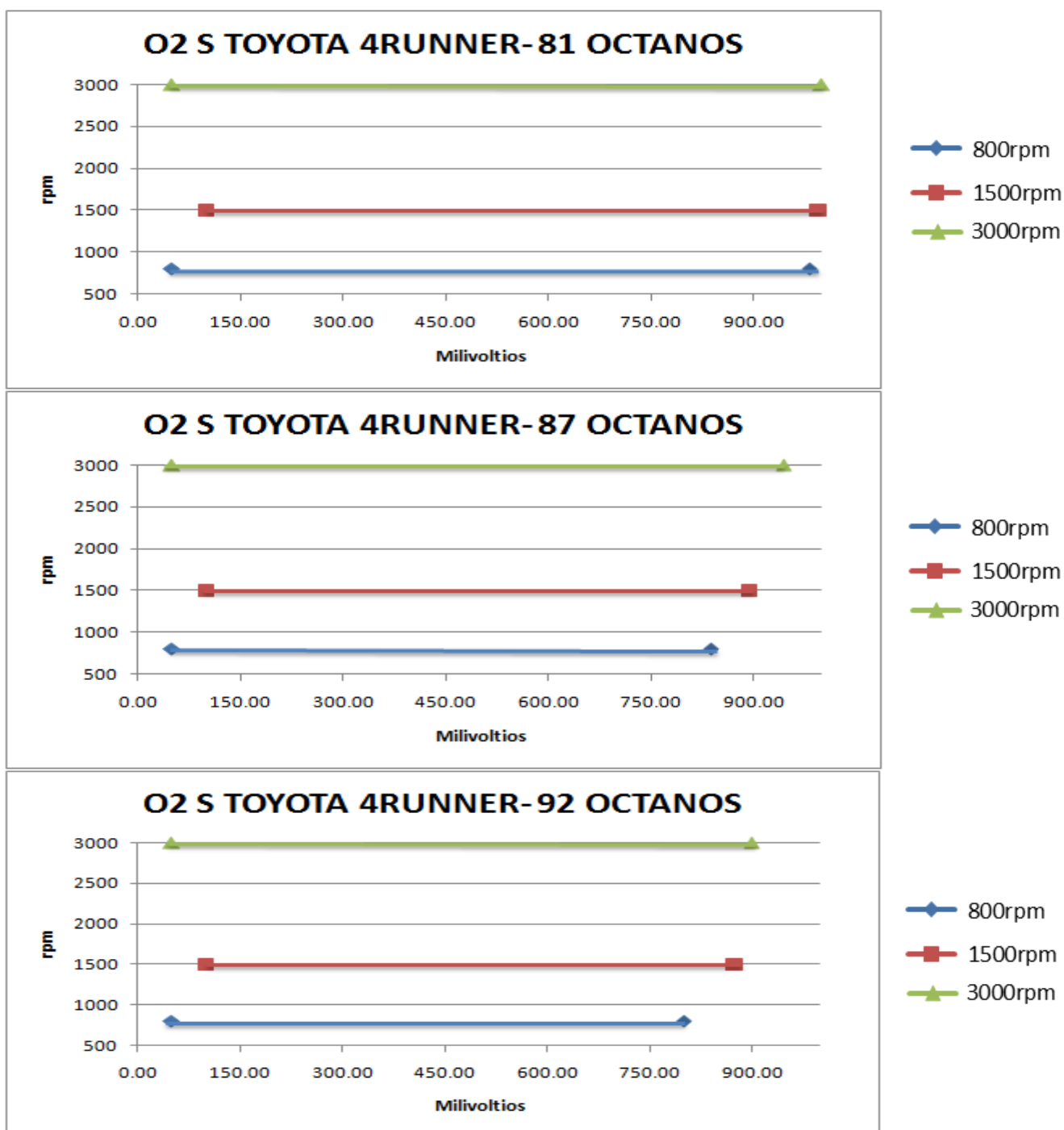


Figura 3. 28 Comportamiento del Sensor de Oxígeno – Toyota 4Runner

3.2 PRUEBAS DINÁMICAS

Las pruebas dinámicas o pruebas de ruta muestran el comportamiento de los sensores a diagnosticar, respetando los protocolos mencionados en el capítulo anterior, de manera que se puedan observar gráficamente los resultados en cada uno de los combustibles con octanaje distinto. Tanto en la prueba de ruta corta como en la prueba de ruta larga en el sensor de golpeteo (KS) no presentó señal de cascabeleo en los vehículos probados.

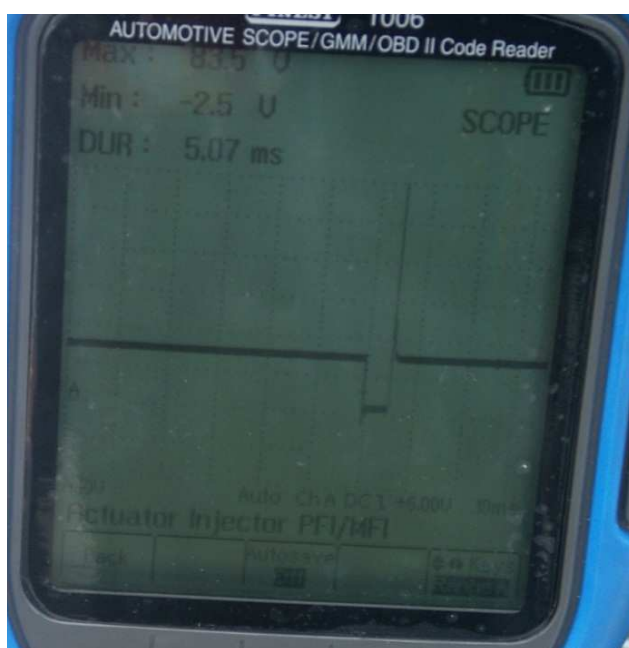
3.2.1 PRUEBAS EN RUTA CORTA

En las Tablas 3.25 hasta la Tabla 3.28 se muestran los valores en milisegundos del ancho de pulso del inyector con el vehículo encendido y con carga.

Información básica de la ruta:

- Calle José Figueroa y Huachi hasta finalizar la calle José Figueroa
- Distancia: 650 m
- Ángulo de pendiente: 20%

En las gráficas se puede observar una tendencia lineal lo que significa que el ancho de pulso es directamente proporcional al incremento de las revoluciones.



Ford EcoSport – 81 Octanos

Figura 3. 29 Señal del Inyector / Ruta Corta (650 metros)

3.2.1.1 Ford Eco Sport

Tabla 3. 25 Prueba de Ruta Corta – Ford Eco Sport

FORD ECO SPORT		
COMBUSTIBLE	RPM	Inyector
81 Octanos	3000	5,07 ms
87 Octanos	3000	4,70 ms
92 Octanos	3000	4,58 ms

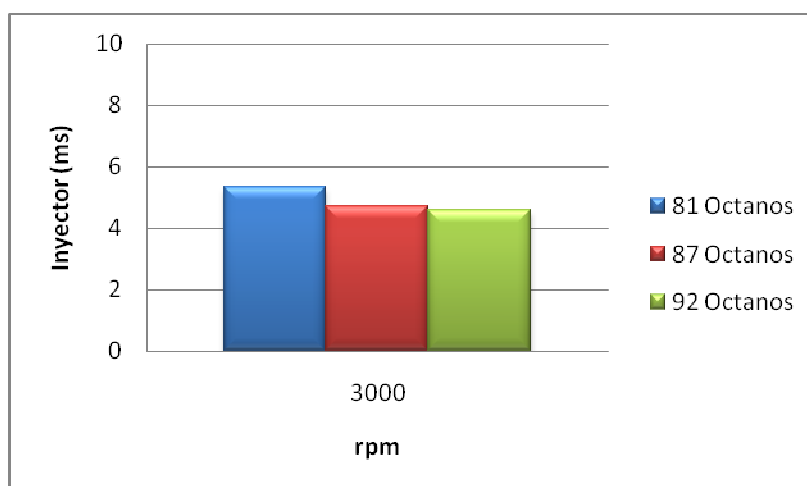


Figura 3. 30 Prueba de Ruta Corta – Ford Eco Sport

3.2.1.2 Daihatsu Terios

Tabla 3. 26 Prueba de Ruta Corta – Daihatsu Terios

DAIHATSU TERIOS		
COMBUSTIBLE	RPM	Inyector
81 Octanos	3000	6,96 ms
87 Octanos	3000	6,77 ms
92 Octanos	3000	6,52 ms

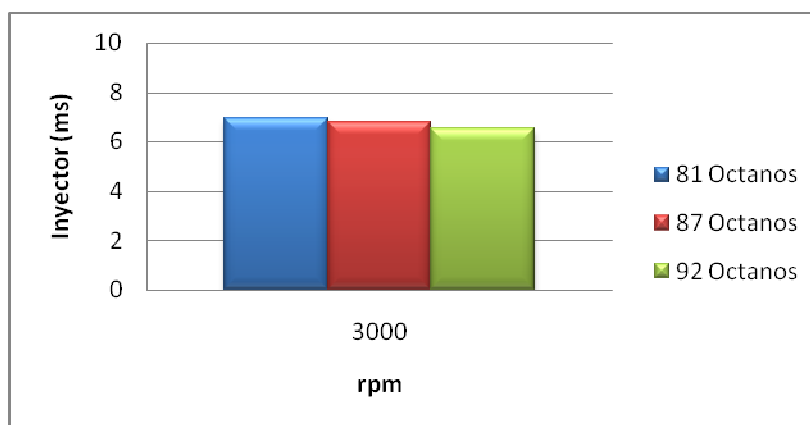


Figura 3. 31 Prueba de Ruta Corta – Daihatsu Terios

3.2.1.3 Chevrolet Trooper

Tabla 3. 27 Prueba de Ruta Corta – Chevrolet Trooper

CHEVROLET TROOPER		
COMBUSTIBLE	RPM	Inyector
81 Octanos	3000	7,73 ms
87 Octanos	3000	7,55 ms
92 Octanos	3000	7,42 ms

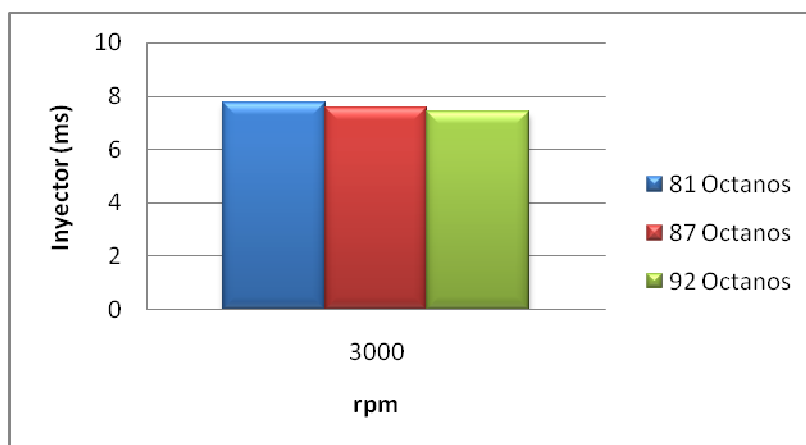


Figura 3. 32 Prueba de Ruta Corta – Chevrolet Trooper

3.2.1.4 Toyota 4Runner

Tabla 3. 28 Prueba de Ruta Corta – Toyota 4Runner

TOYOTA 4RUNNER		
COMBUSTIBLE	RPM	Inyector
81 Octanos	3000	7,79 ms
87 Octanos	3000	7,41 ms
92 Octanos	3000	7,12 ms

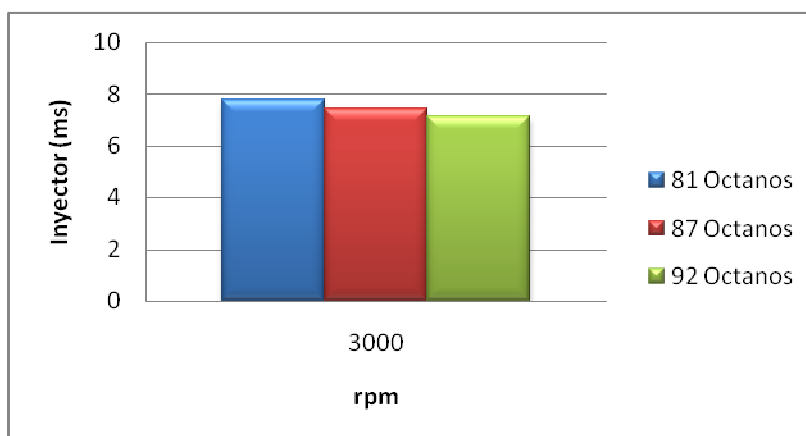


Figura 3. 33 Prueba de Ruta Corta – Toyota 4Runner

En las Tablas 3.29 hasta la Tabla 3.32 se muestran los valores en milivoltios del sensor de oxígeno con el vehículo encendido y con carga.

Información básica de la ruta:

- Calle José Figueroa y Huachi hasta finalizar la calle José Figueroa
- Distancia aproximada: 650 m
- Ángulo de pendiente: 20%

Tabla 3. 29 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Ford Eco Sport

VOLTAJE COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	60 mv	750 mv	125 mv	800 mv	150 mv	920 mv
87 Octanos	45 mv	760 mv	100 mv	820 mv	115 mv	930 mv
92 Octanos	25 mv	835 mv	75 mv	900 mv	80 mv	950 mv

Tabla 3. 30 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Daihatsu Terios

VOLTAJE COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	65 mv	850 mv	110 mv	900 mv	120 mv	850 mv
87 Octanos	40 mv	900 mv	90 mv	940 mv	55 mv	880 mv
92 Octanos	10 mv	870 mv	40 mv	980 mv	30 mv	940 mv

Tabla 3. 31 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Chevrolet Trooper

VOLTAJE COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	120 mv	870 mv	180 mv	890 mv	190 mv	915 mv
87 Octanos	110 mv	890 mv	170 mv	900 mv	165 mv	920 mv
92 Octanos	75 mv	940 mv	130 mv	940 mv	170 mv	950 mv

Tabla 3. 32 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Toyota 4Runner

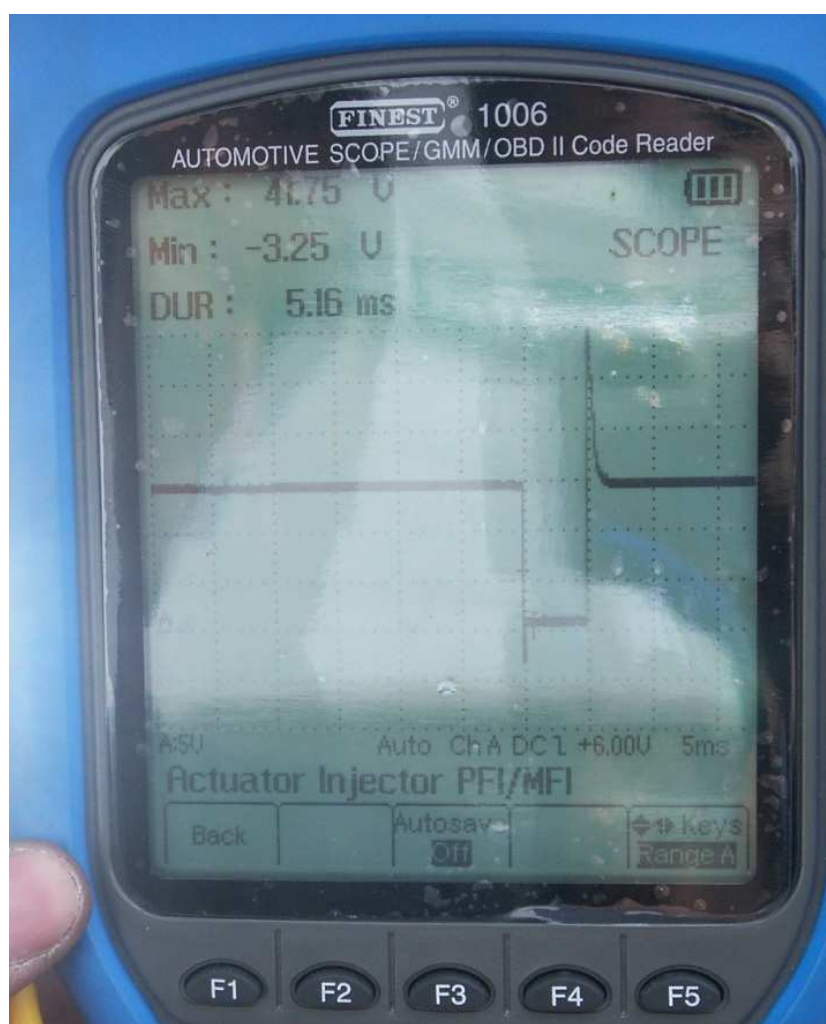
VOLTAJE COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	110 mv	810 mv	90 mv	900 mv	110 mv	935 mv
87 Octanos	70 mv	870 mv	80 mv	910 mv	135 mv	980 mv
92 Octanos	50 mv	980 mv	70 mv	995 mv	60 mv	1000 mv

3.2.2 PRUEBAS EN RUTA LARGA

Desde la Figura 3.35 hasta la Figura 3.50 se muestran valores en milisegundos del ancho de pulso del inyector con el vehículo encendido y con carga sobre el vehículo a través de la pendiente variable de la ruta seleccionada.

Información básica de la ruta:

- Manuel Córdoba Galarza y Alborada hasta llegar a la Avenida Occidental y Bernardo de Legarda
- Distancia aproximada: 7,2 Km.
- Ángulo de la pendiente variable: 5%, 10%, 10%, 0%, -5%, 5%, 5%, 10%, 10%, 10%, 15%, 20%, 20%, 25%, 25%.



Daihatsu Terios – 81 Octanos

Figura 3. 34 Señal del inyector / Ruta Larga (7.2Km)

3.2.2.1 Ford Eco Sport

81 Octanos:

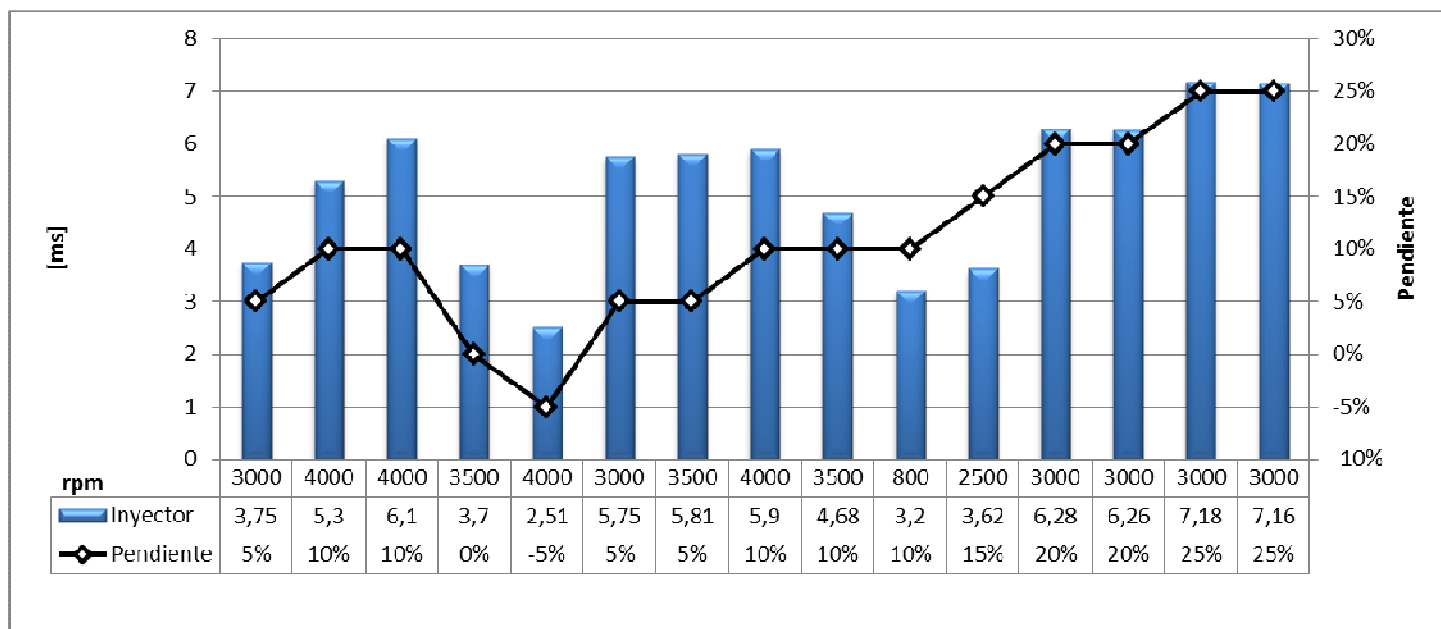


Figura 3. 35 Prueba de Ruta Larga – Ford Eco Sport 81 Octanos

87 Octanos:

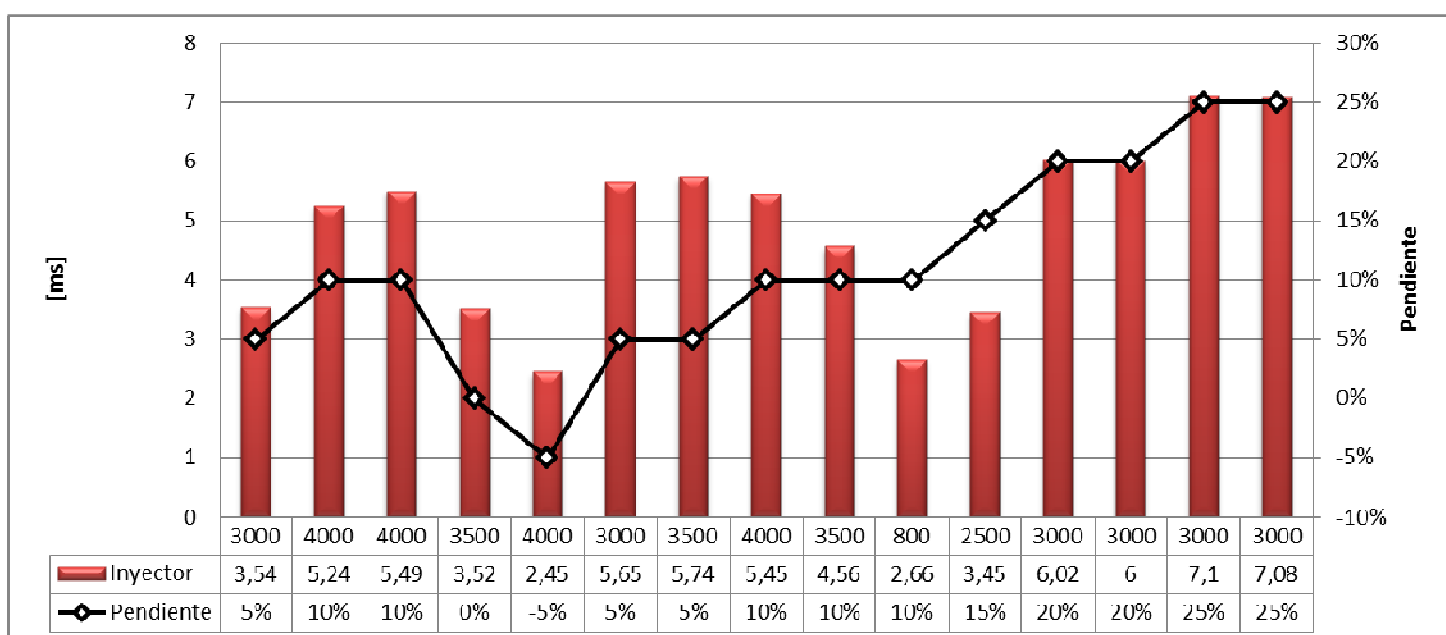


Figura 3. 36 Prueba de Ruta Larga – Ford Eco Sport 87 Octanos

92 Octanos:

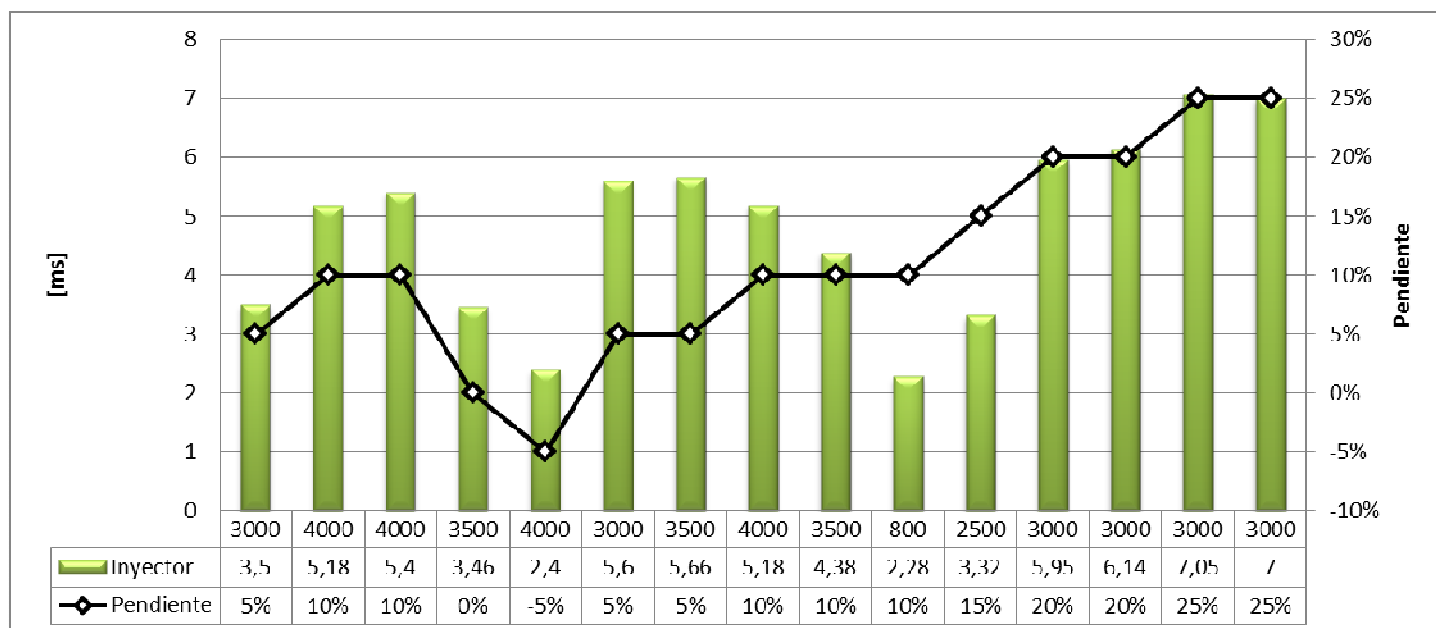


Figura 3. 37 Prueba de Ruta Larga – Ford Eco Sport 92 Octanos

Gráfica unificada con 81, 87 y 92 Octanos:



Figura 3. 38 Prueba de Ruta Larga – Ford Eco Sport 81, 87 y 92 Octanos

3.2.2.2 Daihatsu Terios

81 Octanos:

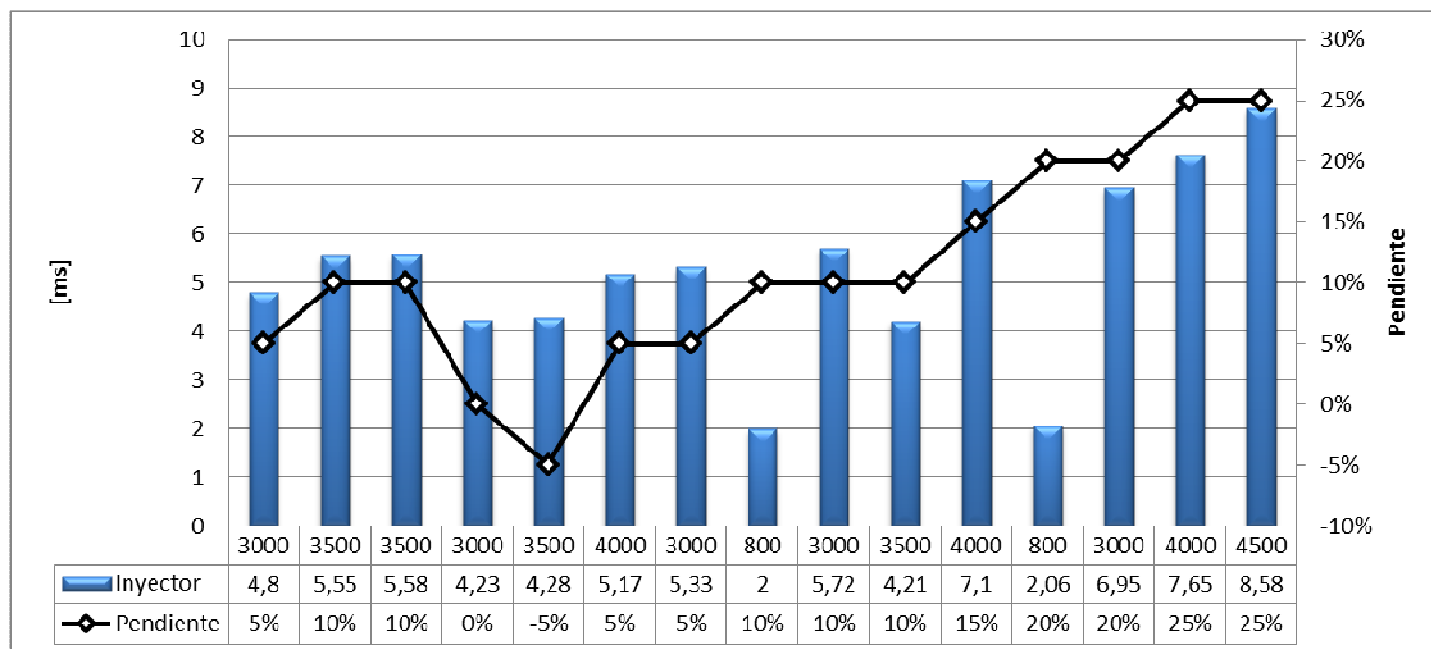


Figura 3. 39 Prueba de Ruta Larga – Daihatsu Terios 81 Octanos

87 Octanos:

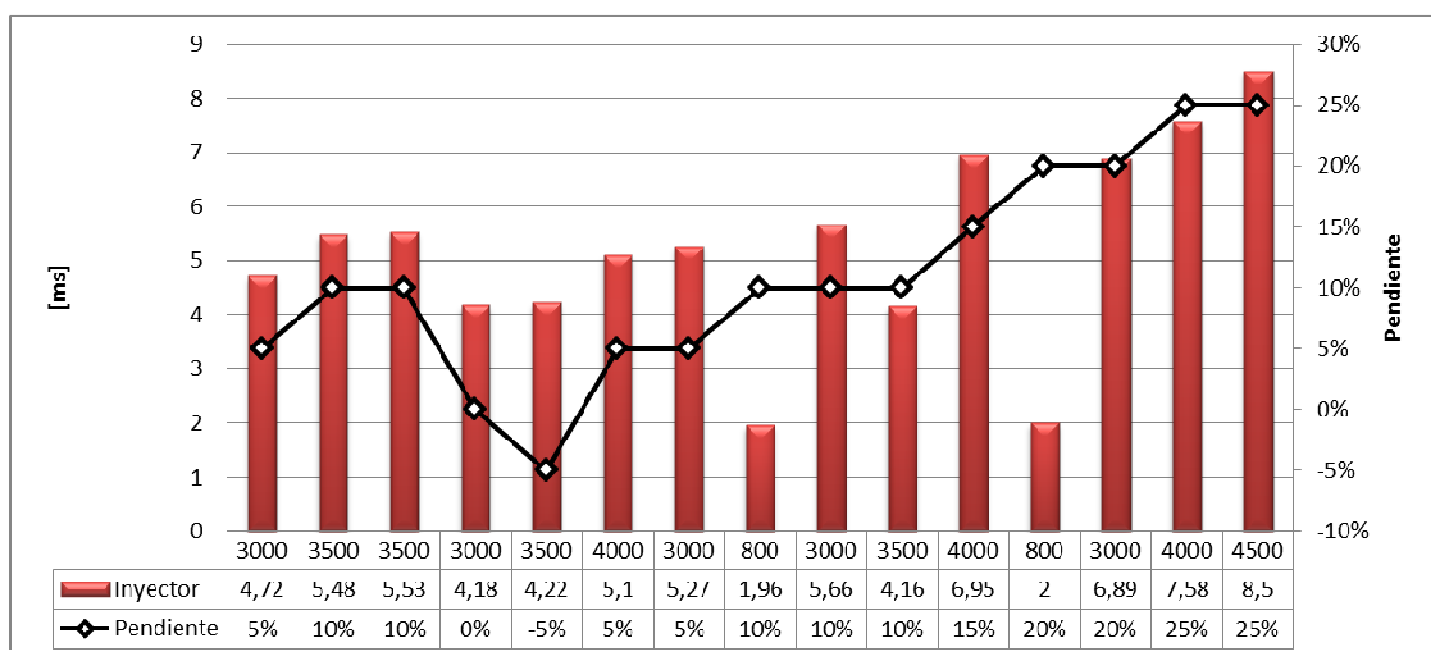


Figura 3. 40 Prueba de Ruta Larga – Daihatsu Terios 87 Octanos

92 Octanos:

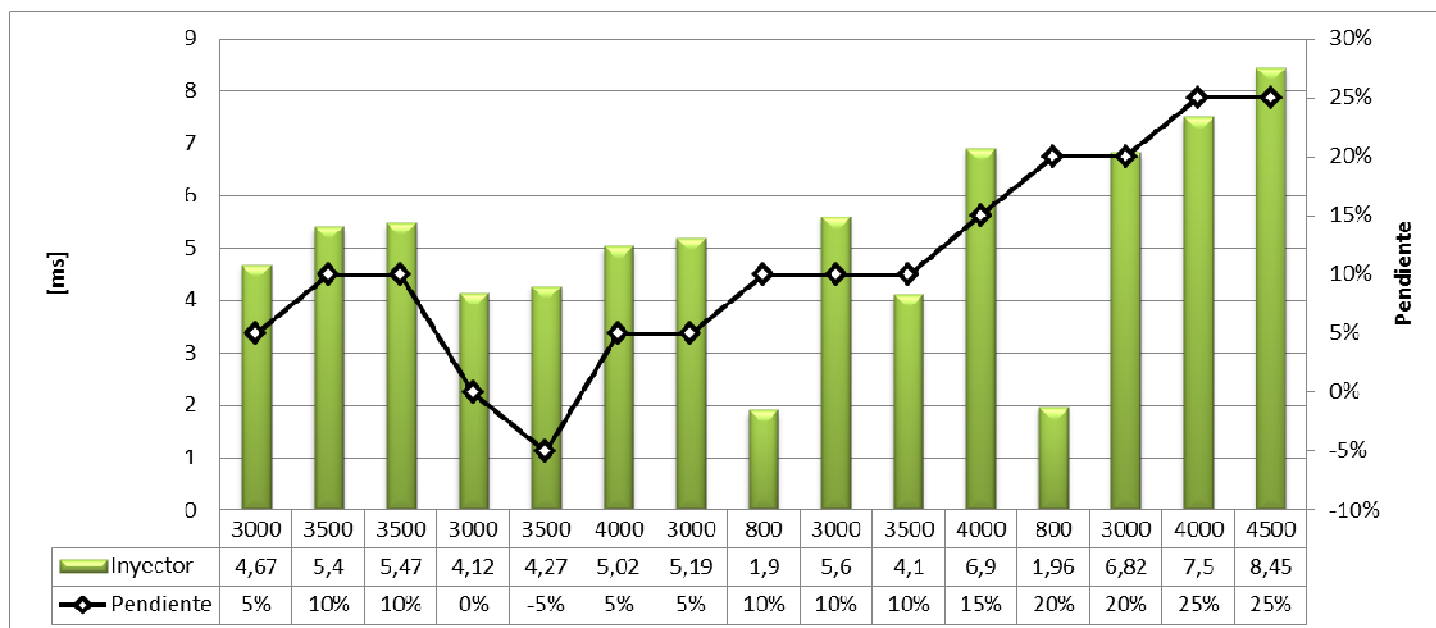


Figura 3. 41 Prueba de Ruta Larga – Daihatsu Terios 92 Octanos

Gráfica unificada con 81, 87 y 92 Octanos:

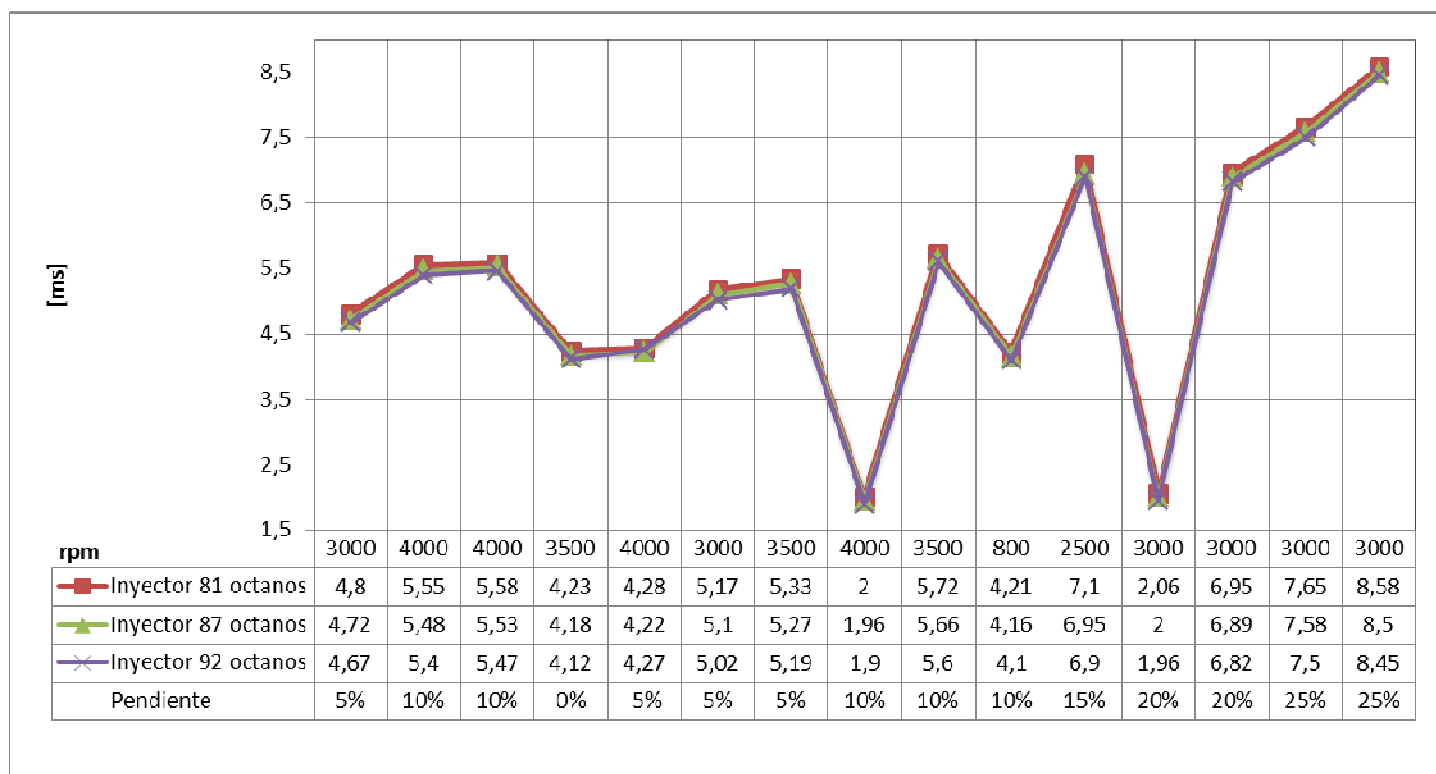


Figura 3. 42 Prueba de Ruta Larga – Daihatsu Terios 81, 87 y 92 Octanos

3.2.2.3 Chevrolet Trooper

81 Octanos:

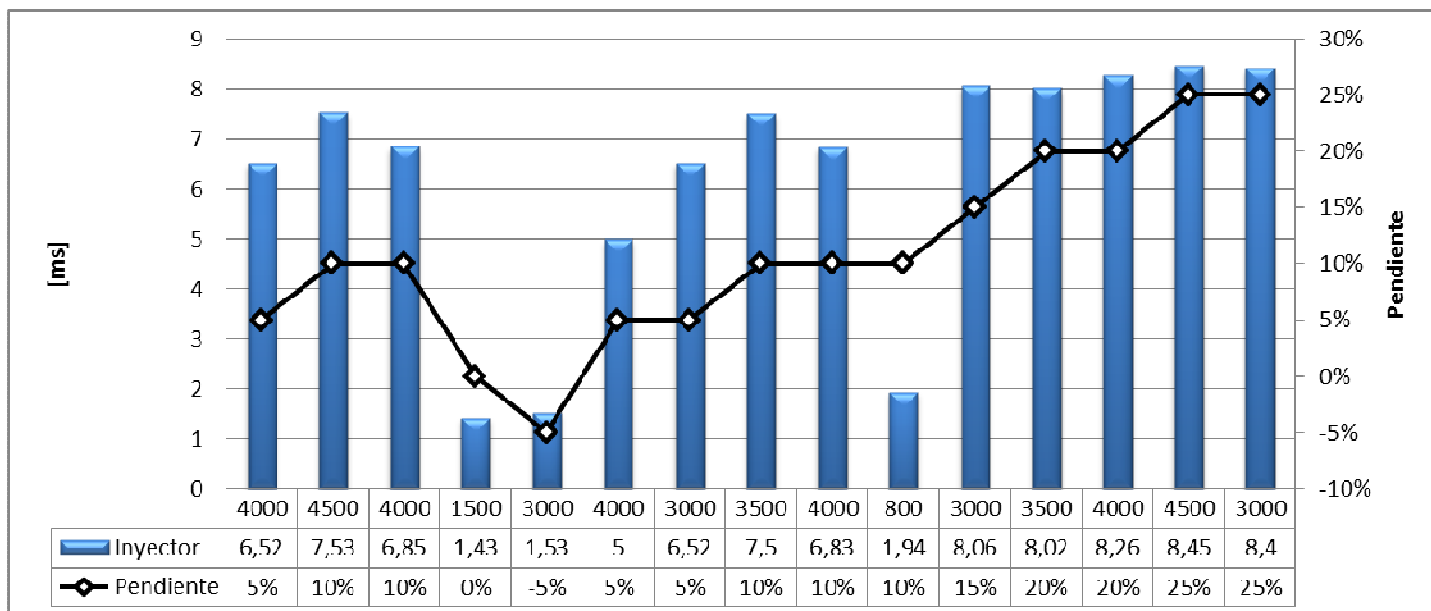


Figura 3. 43 Prueba de Ruta Larga – Chevrolet Trooper 81 Octanos

87 Octanos:

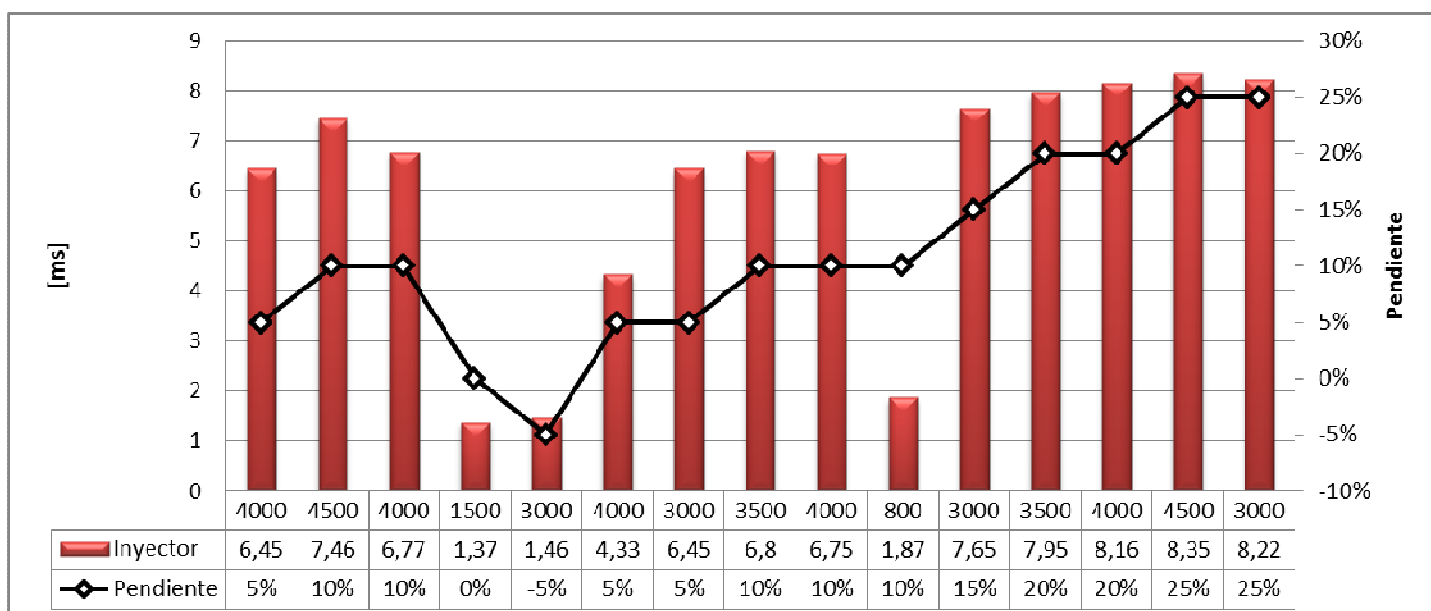


Figura 3. 44 Prueba de Ruta Larga – Chevrolet Trooper 87 Octanos

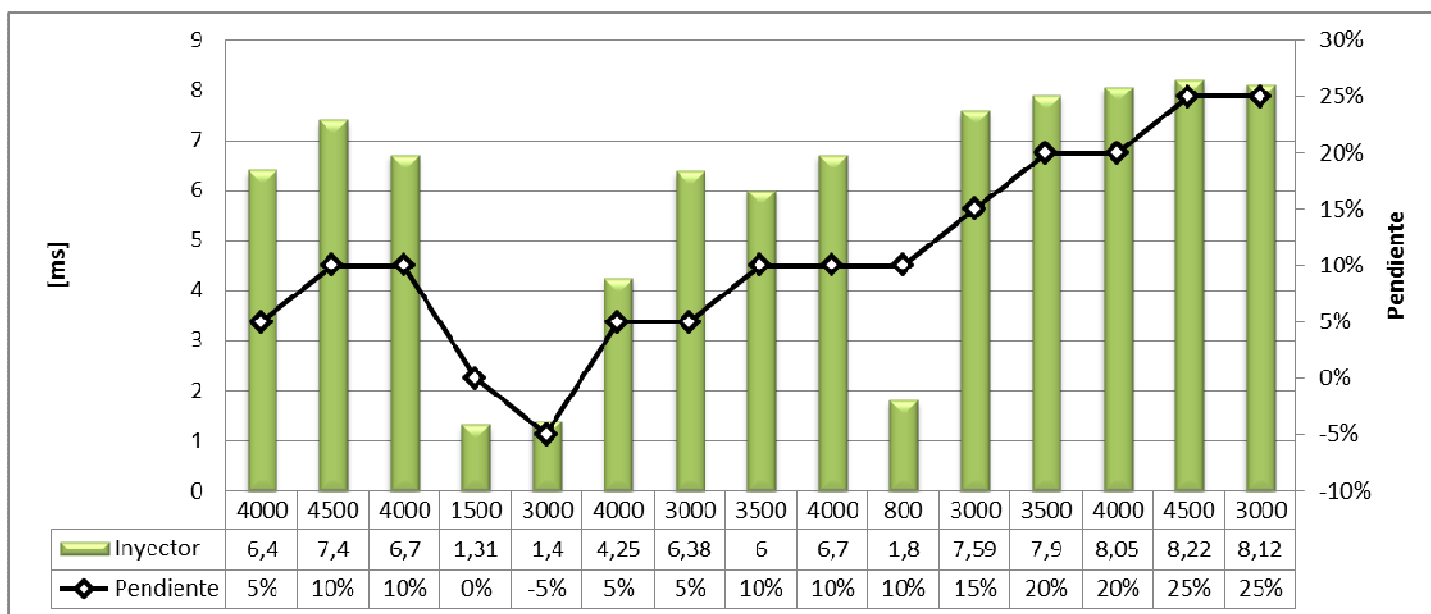
92 Octanos:

Figura 3. 45 Prueba de Ruta Larga – Chevrolet Trooper 92 Octanos

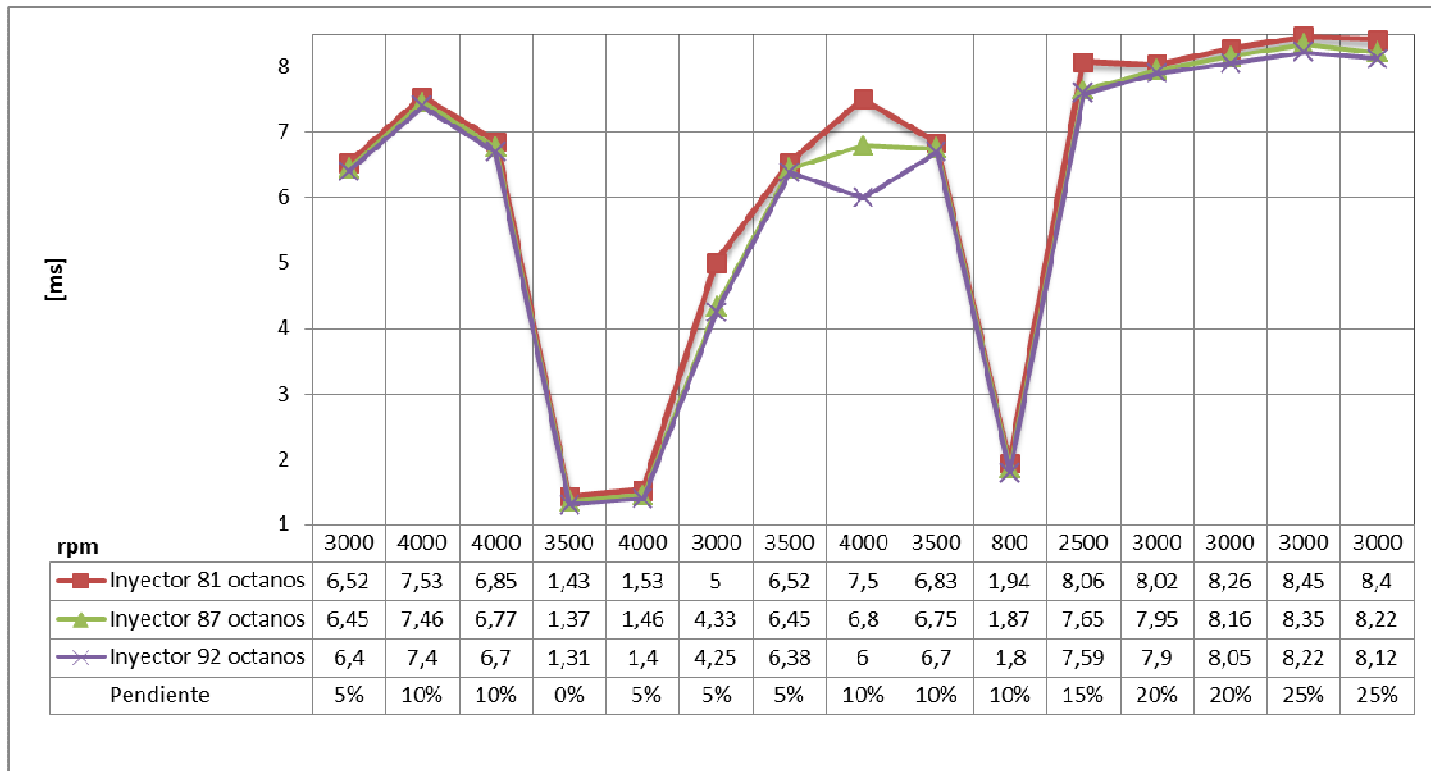
Gráfica unificada con 81, 87 y 92 Octanos:

Figura 3. 46 Prueba de Ruta Larga – Chevrolet Trooper 81, 87 y 92 Octanos

3.2.2.4 Toyota 4Runner

81 Octanos:

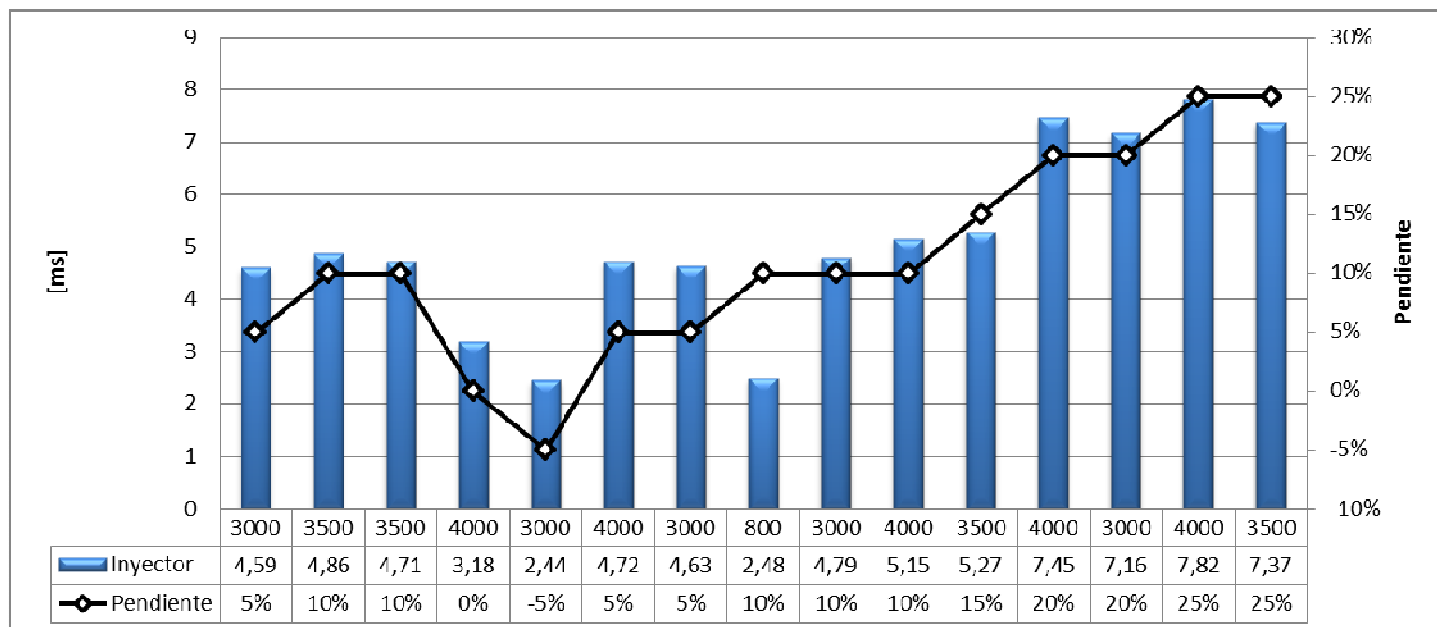


Figura 3. 47 Prueba de Ruta Larga – Toyota 4Runner 81 Octanos

87 Octanos:

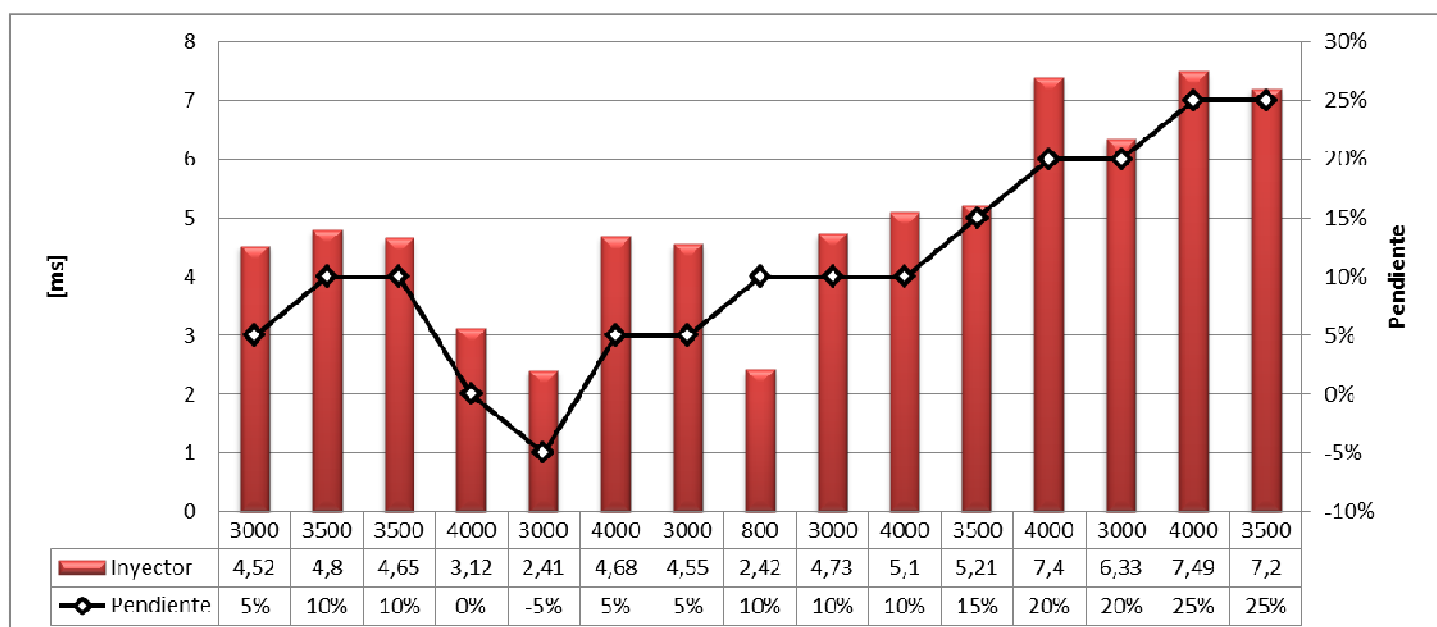


Figura 3. 48 Prueba de Ruta Larga – Toyota 4Runner 87 Octanos

92 Octanos:

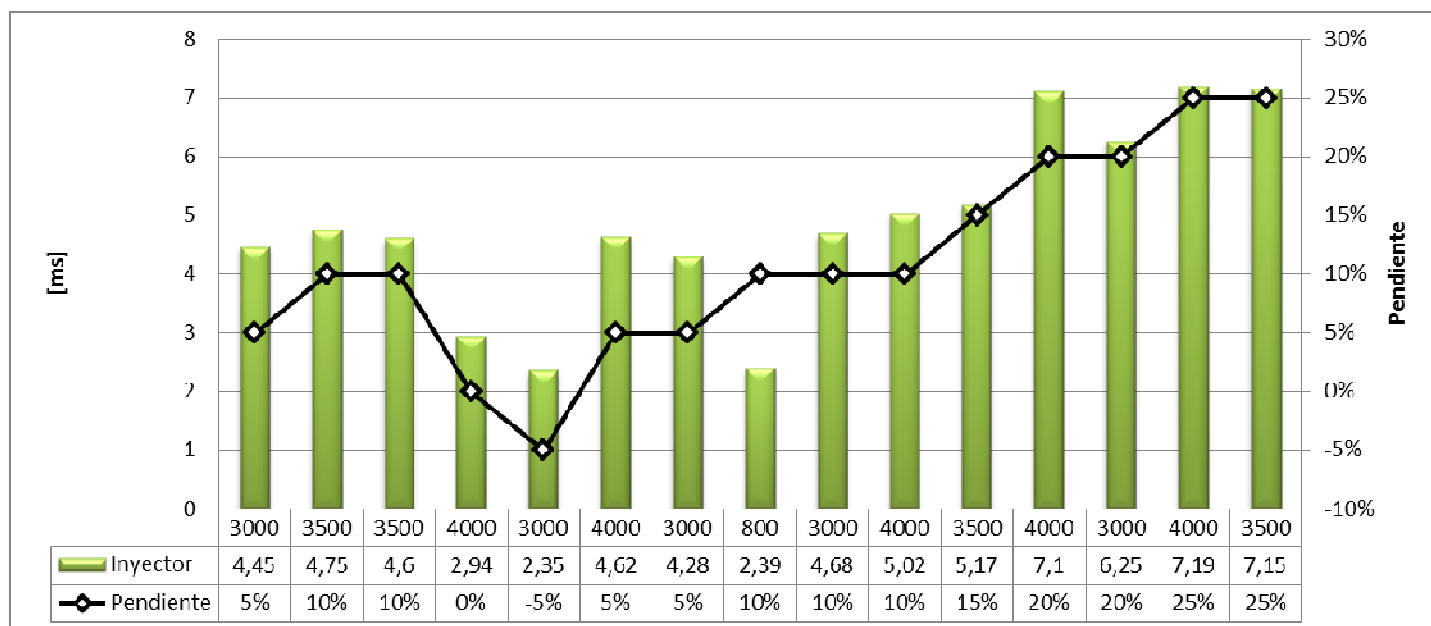


Figura 3. 49 Prueba de Ruta Larga – Toyota 4Runner 92 Octanos

Gráfica unificada con 81, 87 y 92 Octanos:

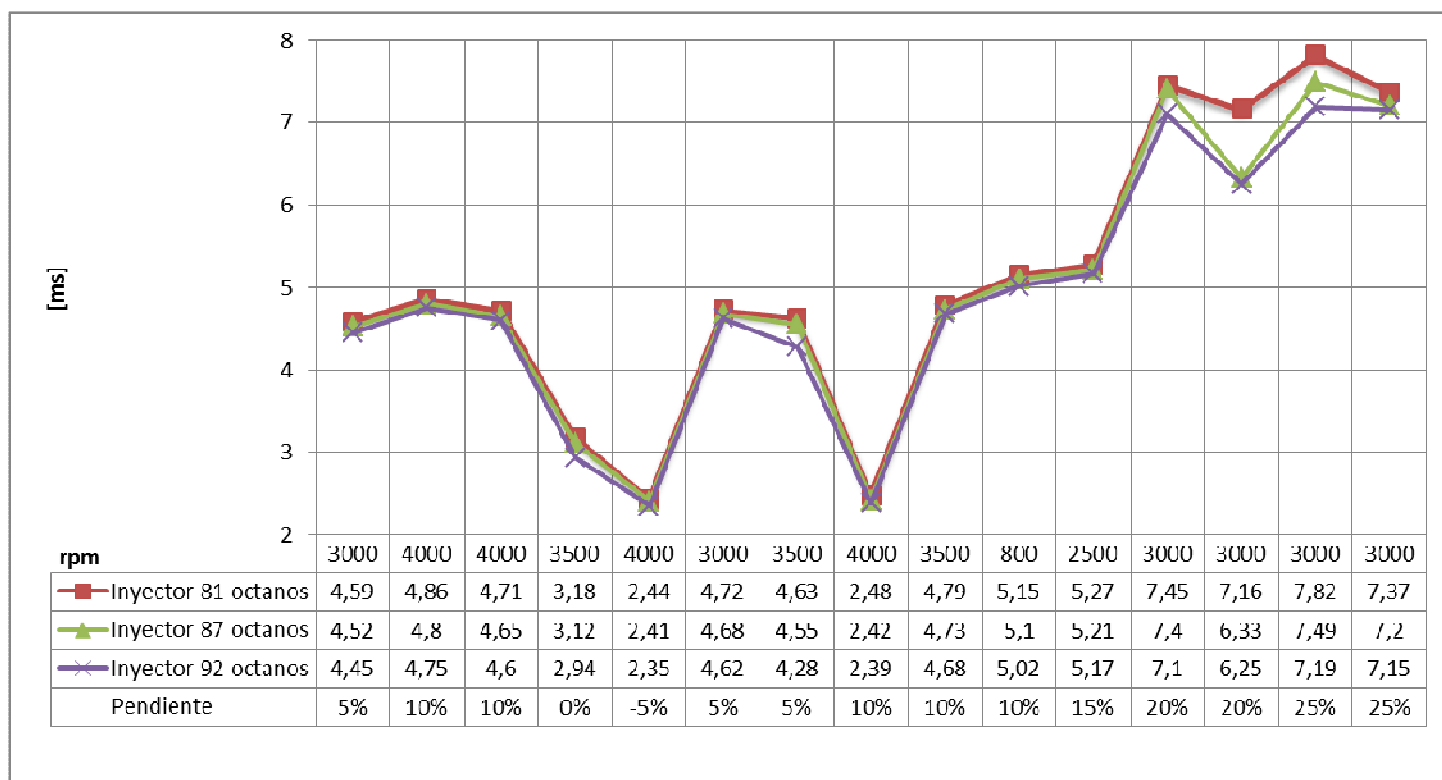


Figura 3. 50 Prueba de Ruta Larga – Toyota 4Runner 81, 87 y 92 Octanos

En las Tablas 3.33 a la Tabla 3.36 se muestran los valores en milivoltios del sensor de oxígeno con el vehículo encendido y con carga, siendo variable el ángulo de la pendiente de la ruta.

Información básica de la ruta:

- Manuel Córdoba Galarza y Alborada hasta llegar a la Avenida Occidental y Bernardo de Legarda.
- Distancia aproximada: 7,2 Km
- Ángulo de la pendiente variable: 5%, 10%, 10%, 0%, -5%, 5%, 5%, 10%, 10%, 10%, 15%, 20%, 20%, 25%, 25%.

Tabla 3. 33 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Ford Eco Sport

COMBUSTIBLE \ VOLTAJE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	63 mv	755 mv	120 mv	810 mv	155 mv	925 mv
87 Octanos	47 mv	765 mv	105 mv	830 mv	120 mv	935 mv
92 Octanos	20 mv	830 mv	65 mv	895 mv	75 mv	960 mv

Tabla 3. 34 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE \ VOLTAJE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	60 mv	860 mv	115 mv	910 mv	120 mv	920 mv
87 Octanos	45 mv	905 mv	90 mv	960 mv	60 mv	925 mv
92 Octanos	5 mv	880 mv	35 mv	990 mv	30 mv	1000 mv

Tabla 3. 35 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE \ VOLTAJE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	125 mv	880 mv	165 mv	895 mv	180 mv	920 mv
87 Octanos	115 mv	900 mv	170 mv	910 mv	160 mv	940 mv
92 Octanos	70 mv	960 mv	140 mv	970 mv	150 mv	970 mv

Tabla 3. 36 Mediciones del Sensor de Oxígeno – Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE \ VOLTAJE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos	115 mv	820 mv	95 mv	920 mv	100 mv	945 mv
87 Octanos	65 mv	880 mv	80 mv	930 mv	120 mv	985 mv
92 Octanos	55 mv	990 mv	60 mv	990 mv	65 mv	1000 mv

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. SOBRE LAS PRUEBAS ESTÁTICAS

Estas pruebas fueron realizadas básicamente en talleres, mediante la observación del comportamiento de los inyectores (actuadores) y de los dos tipos de sensores, sensor de golpeteo y sensor de oxígeno, mediante la utilización de multímetro, escáner y osciloscopio automotrices. Además se usó el dinamómetro de chasis para la medición de la potencia al freno de cada uno de los vehículos analizados con los distintos tipos de combustible. Las siguientes conclusiones son parte fundamental del análisis de los resultados de este tipo de pruebas:

- Referente a los inyectores, mientras el número de revoluciones del motor se incrementa, mayor es el ancho de pulso del mismo. Sin embargo, el grado de octanos del combustible sí tuvo influencia referente al comportamiento del inyector debido que con cada combustible sometido a prueba, muestra variaciones en los milisegundos obtenidos en el ancho de pulso. Se puede observar (Tabla 4.1) que a mayor octanaje, manteniendo las rpm constantes, el tiempo de apertura del inyector es menor, de manera que es mejor la calidad de respuesta del inyector porque su reacción para alcanzar dichas revoluciones se efectúa con mayor rapidez.

Tabla 4. 1 Mediciones del Inyector en pruebas estáticas

Ford

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]
81 Octanos	2,52	4,73	9,45	[ms]
87 Octanos	2,55	4,78	9,56	[ms]
92 Octanos	2,54	4,76	9,53	[ms]

Daihatsu

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]
81 Octanos	2,27	4,26	8,51	[ms]
87 Octanos	2,30	4,31	8,63	[ms]
92 Octanos	2,27	4,26	8,50	[ms]

Trooper

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	<i>[rpm]</i>
81 Octanos	2,5	4,69	9,38	<i>[ms]</i>
87 Octanos	2,51	4,71	9,41	<i>[ms]</i>
92 Octanos	2,47	4,63	9,26	<i>[ms]</i>

4Runner

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	<i>[rpm]</i>
81 Octanos	2,47	4,63	9,26	<i>[ms]</i>
87 Octanos	2,43	4,56	9,11	<i>[ms]</i>
92 Octanos	2,45	4,59	9,19	<i>[ms]</i>

- En relación al sensor de golpeteo (KS) se puede afirmar que en cada prueba a distintas revoluciones del motor no existieron síntomas de cascabeleo en los cuatro vehículos probados al utilizar los tres tipos de gasolina.
- El sensor de oxígeno, expone gráficas representativas del comportamiento del mismo al ser sometido a tres revoluciones para la obtención de datos, tomando como referencias indispensables los milivoltios mínimos y máximos que arrojó el osciloscopio automotriz. El sensor de oxígeno muestra un comportamiento dependiente del octanaje de la gasolina. Un sensor de oxígeno en correcto funcionamiento deberá producir voltajes que están continuamente cambiando de mezcla rica a pobre. Mientras mayor sea el octanaje, mayor es la amplitud de onda de la señal generada por el sensor. Esto quiere decir que a mayor octanaje de la gasolina, el comportamiento del sensor es más eficiente, debido al mayor rango de amplitud de la onda generada por el mismo.

Tabla 4. 2 Variación de la amplitud de onda del Sensor de Oxígeno – Prueba Estática

Octanaje	Ford EcoSport	Daihatsu Terios	Chevrolet Trooper	Toyota 4Runner
81	800 rpm: 710 mv	800 rpm: 795 mv	800 rpm: 763 mv	800 rpm: 872 mv
	1500 rpm: 690 mv	1500 rpm: 820 mv	1500 rpm: 775 mv	1500 rpm: 780 mv
	3000 rpm: 770 mv	3000 rpm: 730 mv	3000 rpm: 790 mv	3000 rpm: 690 mv
87	800 rpm: 730 mv	800 rpm: 920 mv	800 rpm: 786 mv	800 rpm: 778 mv
	1500 rpm: 705 mv	1500 rpm: 900 mv	1500 rpm: 740 mv	1500 rpm: 815 mv
	3000 rpm: 785 mv	3000 rpm: 830 mv	3000 rpm: 770 mv	3000 rpm: 715 mv
92	800 rpm: 800 mv	800 rpm: 810 mv	800 rpm: 825 mv	800 rpm: 840 mv
	1500 rpm: 810 mv	1500 rpm: 930 mv	1500 rpm: 760 mv	1500 rpm: 925 mv
	3000 rpm: 850 mv	3000 rpm: 840 mv	3000 rpm: 760 mv	3000 rpm: 750 mv

4.2. SOBRE LAS PRUEBAS DINÁMICAS

Estas pruebas se basaron en aquellas realizadas tanto en ruta corta como en ruta larga. Los siguientes aspectos constituyen la parte fundamental del análisis de los resultados obtenidos.

- Estas pruebas constituyeron la mayor parte de las pruebas experimentales ya que se seleccionaron dos tipos de ruta. La primera fue una ruta corta de 650 metros en una vía continua (calle José Figueroa) con una pendiente constante del 20%, donde se muestran resultados puntuales sobre los sensores e inyectores descritos anteriormente. Cada prueba de la ruta corta tuvo una duración aproximada de 3 minutos. Los resultados obtenidos entregaron una perspectiva en tiempo real pero muy puntual de resultados.
- En las pruebas de ruta corta, no se evidenció la presencia de cascabeleo a través del sensor de golpeteo con ninguno de los tres tipos de gasolina.

- Sobre los inyectores, en las pruebas dinámicas de ruta corta, las rpm del motor son variables y la carga constante. Al aumentar el número de revoluciones del motor, mayor es el ancho de pulso del inyector mientras menor es el número de octanos del combustible. El octanaje de la gasolina sí tuvo influencia referente al comportamiento del inyector ya que con cada combustible probado hubo variaciones en el tiempo de apertura del mismo.
- De la premisa anterior se puede afirmar que el inyector presenta una mejor velocidad de respuesta mientras mayor es el octanaje de la gasolina ya que su reacción para alcanzar dichas revoluciones se efectúa en menor tiempo. En la Tabla 4.3 donde 1 representa al mayor tiempo de apertura del inyector, 2 el tiempo de apertura intermedio y 3 el menor tiempo de apertura.

Tabla 4.3 Cuadro General – Resultados de pruebas de ruta corta - Inyectores

VEHÍCULOS DE CILINDRAJE ENTRE 1.5 L– 2.0L	81	87	92	RESULTADO CUALITATIVO
FORD ECOSPORT 2.0L				81 Octanos. Mayor Tiempo de Apertura
3.2.1.1 Ancho de pulso del Inyector - 3000 rpm	1	2	3	87 Octanaje. Tiempo de Apertura Intermedio
DAIHATSU TERIOS 1.5L				92 Octanos. Menor Tiempo de Apertura
3.2.1.2 Ancho de pulso del Inyector - 3000 rpm	1	2	3	
VEHICULOS DE CILINDRAJE ENTRE 3.0 L– 4.0 L	81	87	92	RESULTADO CUALITATIVO
CHEVROLET TROOPER 3.2L				81 Octanos. Mayor Tiempo de Apertura
3.2.1.3 Ancho de pulso del Inyector - 3000 rpm	1	2	3	87 Octanaje. Tiempo de Apertura Intermedio
TOYOTA 4RUNNER 4.0L				92 Octanos. Menor Tiempo de Apertura
3.2.1.3 Ancho de pulso del Inyector - 3000 rpm	1	2	3	

- El sensor de oxígeno, expone gráficas representativas del comportamiento del mismo al ser sometido a tres revoluciones para la obtención de datos tanto en la ruta corta como en la ruta larga, tomando como referencias indispensables los milivoltios mínimos y máximos que arrojó el osciloscopio automotriz. El sensor de oxígeno muestra un comportamiento dependiente del octanaje de la gasolina. Un sensor de oxígeno en correcto funcionamiento deberá producir voltajes que están continuamente cambiando de mezcla rica a pobre. Mientras mayor sea el octanaje, mayor es la amplitud de onda de la señal generada por el sensor.

Esto significa que mientras mayor es el octanaje de la gasolina, el comportamiento del sensor es más eficiente, debido al mayor rango de amplitud de la onda generada por el mismo.

Tabla 4. 4 Variación de la amplitud del Sensor de Oxígeno – Ruta corta

Octanaje	Ford EcoSport	Daihatsu Terios	Chevrolet Trooper	Toyota 4Runner
81	800 rpm: 690 mv	800 rpm: 785 mv	800 rpm: 750 mv	800 rpm: 700 mv
	1500 rpm: 675 mv	1500 rpm: 790 mv	1500 rpm: 710 mv	1500 rpm: 810 mv
	3000 rpm: 770 mv	3000 rpm: 730 mv	3000 rpm: 725 mv	3000 rpm: 825 mv
87	800 rpm: 715 mv	800 rpm: 860 mv	800 rpm: 780 mv	800 rpm: 800 mv
	1500 rpm: 720 mv	1500 rpm: 850 mv	1500 rpm: 730 mv	1500 rpm: 830 mv
	3000 rpm: 815 mv	3000 rpm: 825 mv	3000 rpm: 755 mv	3000 rpm: 845 mv
92	800 rpm: 810 mv	800 rpm: 860 mv	800 rpm: 865 mv	800 rpm: 930 mv
	1500 rpm: 825 mv	1500 rpm: 940 mv	1500 rpm: 810 mv	1500 rpm: 925 mv
	3000 rpm: 870 mv	3000 rpm: 910 mv	3000 rpm: 780 mv	3000 rpm: 940 mv

Tabla 4. 5 Variación de la amplitud del Sensor de Oxígeno – Ruta larga

Octanaje	Ford EcoSport	Daihatsu Terios	Chevrolet Trooper	Toyota 4Runner
81	800 rpm: 692 mv	800 rpm: 800 mv	800 rpm: 755 mv	800 rpm: 705 mv
	1500 rpm: 690 mv	1500 rpm: 795 mv	1500 rpm: 730 mv	1500 rpm: 825 mv
	3000 rpm: 770 mv	3000 rpm: 800 mv	3000 rpm: 740 mv	3000 rpm: 845 mv
87	800 rpm: 718 mv	800 rpm: 860 mv	800 rpm: 785 mv	800 rpm: 815 mv
	1500 rpm: 725 mv	1500 rpm: 870 mv	1500 rpm: 740 mv	1500 rpm: 850 mv
	3000 rpm: 815 mv	3000 rpm: 865 mv	3000 rpm: 780 mv	3000 rpm: 865 mv
92	800 rpm: 810 mv	800 rpm: 875 mv	800 rpm: 890 mv	800 rpm: 935 mv
	1500 rpm: 830 mv	1500 rpm: 955 mv	1500 rpm: 830 mv	1500 rpm: 930 mv
	3000 rpm: 885 mv	3000 rpm: 970 mv	3000 rpm: 820 mv	3000 rpm: 935 mv

- El segundo tipo de prueba dinámica se denominó prueba de ruta larga, que fue realizada en un trayecto de 7.2 kilómetros de longitud en donde a diferencia de la ruta corta, se pudo variar el porcentaje de carga sobre el vehículo para cada tipo de combustible probado. Cada prueba tuvo una duración aproximada de 20 minutos. El porcentaje de carga cambió en función de la pendiente de la trayectoria, siendo este un valor que presentó variaciones desde el -5% hasta el 25%, a diferencia de la ruta corta cuyo pendiente fue una constante del 20%.
- Es importante recalcar que tampoco se presentó cascabeleo alguno registrado en el osciloscopio a través de la observación del comportamiento del sensor de golpeteo para ningún régimen de carga bajo un correcto esquema de conducción del vehículo. Se trató de producir un cascabeleo voluntario en los vehículos de transmisión manual al cambiar desde una marcha alta como segunda hasta una marcha de baja relación

de transmisión como quinta, en donde en algunas ocasiones si se pudo visualizar un golpeteo. Pero hay que enfatizar que este procedimiento más bien es atribuible a un mal procedimiento de manejo del vehículo antes que a un esquema de cascabeleo propiamente dicho. Por tanto, se puede aseverar que en la prueba de ruta larga, no existe la presencia de cascabeleo bajo la presencia de distintas sollicitaciones de carga sobre el motor en los vehículos de prueba y con todos los tipos de gasolina.

- En relación al ancho de pulso del inyector, aquí se pudo apreciar un hecho importante. Al tener como variables de conducción en la ruta larga, tanto el porcentaje de carga, las revoluciones del motor y el octanaje de la gasolina, se pudo ver que a mayor porcentaje de carga, es decir a mayor pendiente de ruta, y a mayor número de revoluciones del motor, mayor es el ancho de pulso exigido al inyector. El tipo de combustible influyó en el ancho de pulso del inyector observando que a mayor octanaje, el tiempo de apertura del inyector es menor para el mismo régimen de velocidad. Este análisis se puede visualizar desde el Anexo 21 al Anexo 24.
- La tendencia a la detonación aumenta con el avance al encendido, así por ejemplo un motor que tiene un avance de 6° BTDC precisa una gasolina de 93 octanos, mientras que si el avance es de 8° , se requiere un octanaje de 96. Un mayor avance de encendido ayuda a desarrollar mayor potencia durante la aceleración del motor. Sin embargo este avance es limitado por la autodetonación. A mayor índice de octanos mayor avance permisible. Este ajuste es recomendable hacerlo ya que a mayor altitud el valor de la presión atmosférica disminuye y por consiguiente la densidad de la mezcla.
- Al retardarse el tiempo de ignición, la tendencia del cascabeleo disminuye y viceversa, pero a mayor retardo del tiempo de ignición menor es el rendimiento de potencia del motor. Esta situación es extremadamente importante en los motores de vehículos modernos, ya que la ECU se encarga de retardar o adelantar el encendido en función de las características de octanaje, carga del motor y revoluciones.

A continuación se presenta una tabla general donde se resume todos los valores obtenidos en las pruebas de potencia para cada vehículo evaluado:

- Se analizan dos tipos de categorías de vehículos, clasificadas en base a su cilindraje, pero con relaciones de compresión comprendidas entre 9:1 y 10:1. Para el análisis de los resultados obtenidos en adelante se denomina bajo rango de cilindraje a los vehículos cuyo cilindraje varíe entre 1500 y 2000cc (centímetros cúbicos), mientras que se denomina alto cilindraje a los vehículos cuyo cilindraje se encuentre comprendido entre 3000 y 4000cc.
- En la Tabla 4.6 se muestra el ordenamiento del desarrollo de la potencia efectiva para cada tipo de vehículo examinado. Se califica con valores de 1, 2, 3 en orden descendente de la potencia desarrollada 3000, 3500, 4000 y 4500 rpm de cada prueba.
Es importante notar que cada fabricante, entrega el valor de potencia máxima a 6000 rpm, por tanto también en la Tabla 4.4 se muestra la potencia máxima obtenida a 6000 rpm para cada analizado.
- Tanto en la categoría de vehículos de bajo cilindraje como en los de alto cilindraje, la gasolina que genera la mayor potencia efectiva es la de 81 octanos, que actualmente, ya no se fabrica en el país. Este es uno de los principales resultados obtenidos en este trabajo de investigación y que se encuentra plenamente probado a través de los ensayos en el dinamómetro LPS 3000 previamente descrito.
- Sin embargo para los vehículos de bajo cilindraje, la gasolina que genera menor potencia es la de 87 octanos, mientras que para los vehículos de alto cilindraje, la gasolina que genera menor potencia es la de 92 octanos.

Tabla 4. 6 Cuadro General - Resultados de Pruebas de Potencia

VEHÍCULOS DE CILINDRAJE ENTRE 1.5 L– 2.0L	81	87	92	
FORD ECOSPORT 2.0L				RESULTADO CUALITATIVO
Potencia - 3000 rpm	1	3	2	
Potencia - 3500 rpm	1	3	2	
Potencia - 4000 rpm	1	3	2	
Potencia - 4500 rpm	1	3	2	
Potencia vs. Fabricante (6000 rpm)	1	3	2	
DAIHATSU TERIOS 1.5L				
Potencia - 3000 rpm	1	3	2	
Potencia - 3500 rpm	1	3	2	
Potencia - 4000 rpm	1	3	2	
Potencia - 4500 rpm	1	3	2	
Potencia vs. Fabricante (6000 rpm)	1	3	2	
				81 Octanos. Mayor Potencia
				92 Octanos. Potencia Intermedia
				87 Octanos. Menor Potencia
VEHICULOS DE CILINDRAJE ENTRE 3000cc - 4000cc	81	87	92	
CHEVROLET TROOPER 3.2L				RESULTADO CUALITATIVO
Potencia - 3000 rpm	1	2	3	
Potencia - 3500 rpm	1	2	3	
Potencia - 4000 rpm	1	2	3	
Potencia - 4500 rpm	1	2	3	
Potencia vs. Fabricante (6000 rpm)	1	2	3	
TOYOTA 4RUNNER 4.0L				
Potencia - 3000 rpm	1	2	3	
Potencia - 3500 rpm	1	2	3	
Potencia - 4000 rpm	1	2	3	
Potencia - 4500 rpm	1	2	3	
Potencia vs. Fabricante (6000 rpm)	1	2	3	
				81 Octanos. Mayor Potencia
				87 Octanaje con mediana potencia
				92 Octanos. Menor Potencia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La potencia efectiva desarrollada por los vehículos de prueba cuyo cilindraje está comprendido entre 1.5 L y 2.0 L muestran un desarrollo potencia como el siguiente: 1.- Gasolina de 81 octanos (máxima), 2.- Gasolina de 92 octanos (intermedia), 3.- Gasolina de 87 octanos (menor). Mientras que los vehículos de prueba cuyo cilindraje está comprendido entre 3.0 L y 4.0 L presentan el siguiente ordenamiento de potencia: 1.- Gasolina de 81 octanos (máxima), 2.- Gasolina de 87 octanos (intermedia), 3.- Gasolina de 92 octanos (menor). En las dos categorías de vehículos analizados, es indiscutible, que el mayor desarrollo de potencia se obtuvo con la gasolina de 81 octanos, sin olvidar que ésta ya no se fabrica actualmente en el país.
- El consumo promedio de gasolina de los vehículos de rango de cilindraje bajo (1500- 2000cc) es aproximadamente 35 km/galón, mientras que el consumo de los vehículos de alto rango de cilindraje (3000 – 4000cc) es aproximadamente 25 km/galón¹⁹. Teniendo como referencia que el Estado Ecuatoriano vendió más petróleo en el año 2012 en relación con el año 2011, pero cerca del 50% de los ingresos totales se destinaron a la importación de derivados en el año 2012. (12mil millones de dólares aproximadamente)²⁰. Con las premisas anteriores, se concluye que para una misma muestra de las dos categorías de vehículos, alto y bajo cilindraje, tiene mayor impacto económico en el consumo de combustible aquellos vehículos de alto cilindraje, por lo que es más conveniente para su funcionamiento consumir gasolina de 87 octanos, mientras que en los vehículos de bajo cilindraje, al tener menor consumo de combustible, el impacto económico también disminuye, por lo que en este caso se recomienda usar combustible de 92 octanos.

¹⁹Manual proporcionado por el Fabricante de los vehículos

²⁰Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador, *Informe Estadístico 2011*, 2010

- El octanaje de la gasolina no es un sinónimo de la calidad del combustible. Es su capacidad antidetonante en función de la altura de operación del vehículo. Cuanto menor sea la relación de compresión de un motor, menor es número de octano requerido. A nivel del mar, por ejemplo la mayoría de fabricantes automotrices piden para una relación de compresión menor de 9:1 un número de octano de 92, Para una relación de compresión igual a 9 y menor que 10 el número de octano pedido es de 95. Mientras que para una relación de compresión igual o mayor que 10 se pide un valor de 98 RON. Existe una regla generalizada la cual indica que por cada 300 metros sobre el nivel del mar se puede utilizar una gasolina con menos una unidad RON²¹. Es decir en la ciudad de Quito por ejemplo a 3000 metros sobre el nivel del mar, se puede disminuir 10 unidades RON en la gasolina. La regla indica que el octanaje necesario debe calcularse multiplicando 10 x (Relación de compresión del motor). Por ejemplo en un vehículo Chevrolet Cruze cuya relación de compresión es 10.5: 1, requeriría a nivel del mar un grado RON de 105, pero a nivel de la ciudad de Quito necesita 95 octanos para no incurrir en el cascabeleo. Pero un vehículo cuya relación de compresión sea de 9.7: 1, que corresponde al 90% de los vehículos en la ciudad de Quito, la necesidad de octanaje sería de 87 octanos en Quito para que éste no presente el fenómeno del cascabeleo.
- El poder calórico de la gasolina varía en función del contenido en carbono e hidrógeno y será mayor mientras mayor sea el contenido en hidrógeno. Los compuestos oxigenados, cuya principal cualidad es su alta capacidad antidetonante, poseen un poder calorífico de menor valor que las gasolinas no oxigenadas. 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. Esto ocurre en el caso de los alcoholes usados como combustibles en motores de combustión interna.

²¹Technical Background for Harmonised Fuel Recommendations Gasoline. WWFC 2000.

- Cuanto más alta sea la relación de compresión de un motor, mayor será el rendimiento efectivo, ya que aumenta el rendimiento termodinámico, y mayor la potencia desarrollada, pero la relación de compresión no puede aumentarse más allá del punto en que aparece la detonación. El límite de la relación de compresión en un motor de combustión interna vendrá impuesto por la aparición de la detonación, determinada por las características de la cámara de combustión.
- El exceso de octanaje por sobre lo requerido por un motor no agrega mayores beneficios, ni en términos de potencia, torque, ni rendimiento del motor. Las principales causas que pueden causar la autodetonación en un motor de gasolina son: Octanaje inadecuado del combustible, excesiva relación de compresión, excesivo avance del encendido, excesiva temperatura de la cámara de combustión, y excesiva temperatura del aire en admisión.
- La tendencia a la detonación aumenta con el avance del encendido, así por ejemplo un motor que tiene un avance de 6° BTDC precisa una gasolina de 93 octanos, mientras que si el avance es de 8° , se requiere un octanaje de 96. Un mayor avance de encendido ayuda a desarrollar mayor potencia durante la aceleración del motor. Sin embargo este avance es limitado por el fenómeno de la detonación. A mayor índice de octano mayor avance permisible. Al retardarse el tiempo de ignición disminuye la tendencia al cascabeleo y también disminuye el rendimiento en potencia del motor.²²
- El actuador directamente involucrado en el proceso de combustión de la gasolina, es el inyector, cuyo tiempo de apertura o ancho de pulso de inyección es función del grado de octanaje del combustible. Se puede concluir tanto en pruebas estáticas como dinámicas que para un cierto valor de revoluciones del motor, mientras mayor es el octanaje del combustible utilizado, el tiempo de apertura del inyector es menor. Esto indica que la calidad de respuesta del inyector mejora debido a que su

²²Motores de Combustión Interna, Obert F. Edwards 1997

reacción, para alcanzar las revoluciones mencionadas, se efectúa con mayor rapidez (ver análisis de resultados). El tiempo de apertura del inyector también depende del porcentaje de carga requerido por el motor y las revoluciones del mismo.

- El sensor de oxígeno muestra un comportamiento dependiente del octanaje de la gasolina ya que a mayor octanaje mayor es la amplitud de onda de la señal generada por el sensor. Una mayor amplitud de onda implica una mejor respuesta del sensor hacia la ECU a la cual le informa sobre la condición de la mezcla aire - combustible. Esto quiere decir que a mayor octanaje de la gasolina, el comportamiento del sensor es más eficiente.
- La presión media efectiva desarrollada en el motor, es una función directa de la relación de compresión, y de la relación aire combustible. El máximo valor de la presión media efectiva en un motor de combustión interna corresponde a una mezcla ligeramente rica, λ entre 1 y 1,1.
- Pueden existir dos gasolinas de idéntico octanaje y que pueden tener contenidos energéticos diferentes debido a que su composición es diferente. Generalmente se relaciona el alto octanaje con alta potencia, esto es falso. En principio es lo contrario pues a mayor octanaje, menor es la proporción del componente hidrógeno en la gasolina y por tanto menor la potencia generada por el motor del vehículo.

5.2. RECOMENDACIONES

- El análisis de las pruebas efectuadas en este trabajo de investigación se enfocó en dos grupos de cilindraje de vehículos. El primero para vehículos comprendido desde 1.5 L a 2.0 L. el segundo grupo considerado es para vehículos entre 3.0 L a 4.0 L. se recomienda realizar un análisis similar para el grupo de vehículos comprendido desde 2.0 L hasta 3.0 L, con la finalidad de confirmar las tendencias presentadas.
- Siendo el objeto de este estudio el análisis del comportamiento en cuanto a potencia desarrollada y a la presencia del cascabeleo en motores a gasolina en altura constante como es la ciudad de Quito, es recomendable realizar un análisis similar a distintas alturas y en función de la concentración vehicular en otras zonas del país.
- Es importante realizar un análisis complementario a este trabajo, para analizar la calidad misma de la gasolina producida en el Ecuador. Entendiendo como calidad las características con las que este producto se expende al consumidor, como son presión de vapor, viscosidad, presencia de gomas, detergencia, porcentaje de aromáticos, etc; que podrían afectar a otros componentes inter relacionados del vehículo como son el catalizador, sistema de inyectores, sensor de oxígeno, etc.
- Es recomendable que a través de este estudio, y de otros complementarios, tal como un análisis económico en detalle, se pueda sectorizar el uso de la gasolina en el país en función de la altura geográfica, del tipo de parque automotor representativo, de manera que el subsidio que actualmente se dispensa sobre los combustibles en el país se encuentre dirigido de manera óptima, en función de necesidades reales y determinadas de manera correcta a través de estudios bien enfocados.
- Desde el punto de vista ambiental, se debería analizar los aspectos de contaminantes atmosféricos de los distintos tipos de gasolina para un parque automotor representativo en la ciudad de Quito, de modo que se puedan realizar recomendaciones integrales con la ayuda del presente estudio a las

entidades relacionadas como son el Municipio de la ciudad con la finalidad de favorecer a la población y al medio ambiente con recomendaciones válidas para un desarrollo sostenible.

- Se debería socializar los resultados de este y otros estudios relacionados hacia los organismos pertinentes, con la finalidad de develar varios conceptos, creencias y puntos de opinión de varios sectores productivos y de la ciudadanía en general que finalmente contribuirá en no desperdiciar el dinero del usuario en la compra de combustibles innecesarios para su vehículo hasta una mejor focalización de los subsidios de los combustibles en el Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

- MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, Obert F. Edwards, Ceca México 1997
- MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA, Álvarez, Callejón, Forns, Balsells y otros. Ediciones UPC. 2005
- FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA. Pulkrabek Willard. Prentice Hall New Jersey 07458 2009.
- TECHNICAL DATA ON FUEL. Spiers H.M. 6th ed. 2001 British National Committee.
- TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL. MOTORES. Alonso J. M. Thomson Paraninfo. ISBN: 978-84-9732-106-B. 10th Ed. 2007. España.
- MÁQUINAS TÉRMICAS MOTORAS. Álvarez J. Callejón I. Alfaomega, Ediciones Universidad Politécnica de Catalunya (Upc). 2005
- INTERNAL COMBUSTION ENGINES. Applied Thermosciences. Ferguson Colin. Wiley & Sons. 1986
- TERMODINÁMICA. Wark Kenneth. 6th ed. McGraw Hill. ISBN 0-07-068305-0. 2010
- MANUAL TÉCNICO DE FUEL INJECTION. Rueda Jesús. Diseli. 2006.
- INTERNAL COMBUSTION ENGINE FUNDAMENTALS, Heywood J. B. McGraw Hill, 1988.
- TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL MODERNO. EQUIPO ELÉCTRICO. Alonso J. M. Paraninfo. 2009 ISBN: 978-84-9732-720-6. España.
- PROCESOS Y TECNOLOGÍA DE MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS. Arregle, Galindo, Broatch y otros. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 84-9705-273-0. 2002. España.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. N.- 60, 61, 62, 63, 64, Año 2012.

- EPPETROECUADOR. El Petróleo en el Ecuador. Unidad de Relaciones interinstitucionales de Ep Petroecuador. 2009.
- EP PETROECUADOR. Informe Estadístico 2010. Coordinación General de Planificación Estratégica y Control de Programas. 2011.
- INEN, Norma técnica ecuatoriana. NTE INEN 935: 2010 séptima revisión. 2010.
- INEN, Norma técnica ecuatoriana. NTE INEN 935: 2012 séptima revisión. 2012.
- TECHNICAL BACKGROUND FOR HARMONISED FUEL RECOMENDATIONS GASOLINE. World Wide Fuel Charter. 2000.
- HANDBOOK of MECHANICAL ENGINEERING 2nd Edition. KreithFrank.CRC Press. ISBN 0-8493-0866-6. 2004
- HANDBOOK OF PRETROLEUM PROCESSING. ISBN 1-4020-2819-9 1st Edition Springer. Jones David. 2006
- PETROLEUM PROCESSING HANDBOOK. CRC Press. ISBN 0-8247-8681-5 McKetta John. 1992
- THE RELATION BETWEEN GASOLINE QUALITY, OCTANE NUMBER AND THE ENVIRONMENT, AssiRafat, Unite Nations Environment Programme. 2008
- GASOLINE FAQ, Hamilton Bruce, Industrial Research Ltd. New Zealand 2010.
- COMBUSTIÓN y COMBUSTIBLES PARA MOTORES INDUSTRIALES. Ayala Galo. 256 p. Ep. Petroecuador 2006.
- METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION. Munch Lourdes – Angel Ernesto. Editorial Trillas.

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de la potencia a revoluciones estandarizadas

La potencia desarrollada por un MCI es:

$$potencia = \frac{PLAN}{33000}$$

Donde P: PRESIÓN MEDIA EFECTIVA EN EL CILINDRO

L: Carrera

A: Área del cilindro

N: Rpm del motor

$$POTENCIA @ 4500rpm = POTENCIA @ Nrpm \times \frac{4500}{Nrpm}$$

Ejemplo:

Terios 87oct. 79.6 hp a 5890 rpm y 80.1 lb.pie a 4685 rpm

POTENCIA a 4500RPM = 79,6 X 4500/5890 = 60,82 HP




Potencia a 4685 rpm = 60,82 x (4685/4500) = 63,32 hp.

Anexo 2. Tabla de Diagnóstico

Conexión directa a los inyectores, sensor de oxígeno y sensor de golpeteo.






Anexo 3. Tabla de Datos: Potencia – Ford EcoSport 81 Octanos




 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW														
Vehículo:	FORD ECO SPORT					Motor Otto / Sin turbo												
Matrícula:	POM0633					Caja Manual												
Probador:	CCICEV																	
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 81 OCTANOS																		
Fecha de la medición: 14.06.2012 (8:42)					Página 2													
Tabla de datos																		
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}											
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]											
1900	31,0	18,6	26,5	37,6	104,3	20,8	138											
2000	32,6	19,5	27,9	39,5	104,1	23,0	138											
2100	34,3	20,7	29,5	41,8	105,1	22,0	136											
2200	35,9	22,0	31,3	44,4	106,4	20,5	135											
2300	37,5	23,3	33,2	47,0	107,8	21,0	133											
2400	39,2	24,7	35,0	49,7	109,2	22,0	133											
2500	40,8	25,6	36,6	51,8	109,3	22,0	131											
2600	42,4	26,6	38,1	54,0	109,6	22,0	131											
2700	44,0	27,8	39,9	56,5	110,5	22,5	129											
2800	45,7	28,8	41,5	58,8	110,7	22,5	127											
2900	47,3	29,4	42,6	60,4	109,9	22,5	127											
3000	48,9	29,6	43,5	61,7	108,5	22,5	126											
3100	50,6	29,8	44,4	62,9	107,1	22,5	124											
3200	52,2	30,1	45,4	64,3	106,0	22,5	124											
3300	53,8	30,6	46,6	66,0	105,6	22,5	122											
3400	55,5	32,0	48,7	69,0	107,0	22,5	122											
3500	57,1	33,3	50,7	71,8	108,2	23,0	120											
3600	58,7	34,0	52,1	73,8	108,1	23,0	120											
3700	60,4	34,6	53,4	75,7	107,9	23,0	118											
3800	62,0	35,2	54,7	77,5	107,6	23,0	117											
3900	63,6	36,3	56,6	80,3	108,6	23,5	117											
4000	65,3	37,9	59,0	83,6	110,2	23,5	117											
4100	66,9	40,1	61,8	87,6	112,7	23,0	115											
4200	68,5	42,6	65,0	92,1	115,7	23,0	115											
4300	70,1	44,3	67,6	95,8	117,6	18,5	115											
4400	71,8	45,2	69,5	98,5	118,1	22,0	113											
4500	73,4	45,2	70,6	100,1	117,4	19,0	111											
4600	75,0	45,5	71,9	102,0	116,9	21,7	111											
4700	76,7	46,2	73,9	104,7	117,5	21,5	111											
4800	78,3	45,9	74,6	105,7	116,2	21,5	109											
4900	79,9	45,7	75,6	107,1	115,4	21,5	109											
5000	81,6	45,9	76,9	109,0	115,0	21,5	108											
5100	83,2	46,3	78,1	110,8	114,6	20,0	108											
5200	84,8	46,8	79,8	113,1	114,7	22,5	108											
5300	86,5	47,4	81,6	115,6	115,1	24,0	106											
5400	88,1	48,4	83,8	118,8	116,0	24,5	106											
5500	89,7	48,8	85,6	121,3	116,3	25,0	106											
5600	91,4	48,4	86,5	122,6	115,5	25,5	104											
5700	93,0	46,9	86,3	122,3	113,2	26,5	104											
5800	94,6	44,7	85,5	121,2	110,2	26,1	104											

Valor mínimo Valor máximo




Anexo 4. Tabla de Datos: Potencia – Ford EcoSport 87 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW													
Vehículo:	FORD ECOSPORT					Motor Otto / Sin turbo											
Matrícula:	POM0633					Caja Manual											
Probador:	CCICEV																
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 87 OCTANOS																	
Fecha de la medición: 12.06.2012 (9:17)				Página 2													
Tabla de datos																	
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}										
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lb.ft]	[°]	[F]										
1900	30,9	18,1	25,8	36,7	101,7	17,5	142										
2000	32,6	19,0	27,2	38,6	101,7	20,0	142										
2100	34,2	20,1	28,8	41,0	102,7	19,5	140										
2200	35,8	21,4	30,6	43,6	104,2	21,5	140										
2300	37,4	22,8	32,6	46,3	105,9	21,5	138										
2400	39,1	24,4	34,7	49,3	108,0	20,5	138										
2500	40,7	25,7	36,5	51,9	109,2	21,0	136										
2600	42,3	26,9	38,3	54,4	110,1	21,5	136										
2700	44,0	28,1	40,1	57,0	111,1	21,5	135										
2800	45,6	29,3	41,8	59,5	111,8	22,0	135										
2900	47,2	29,9	43,1	61,2	111,1	22,0	133										
3000	48,8	30,2	43,9	62,4	109,5	22,0	133										
3100	50,5	30,3	44,6	63,4	107,6	22,0	131										
3200	52,1	30,5	45,4	64,5	106,0	22,0	131										
3300	53,7	30,9	46,4	66,0	105,2	22,0	130										
3400	55,3	32,0	48,2	68,5	106,0	22,0	129										
3500	57,0	33,3	50,2	71,4	107,4	22,5	129										
3600	58,6	34,1	51,8	73,6	107,6	22,5	127										
3700	60,2	34,6	52,9	75,3	107,0	22,5	127										
3800	61,9	35,0	54,1	77,0	106,6	23,0	127										
3900	63,5	35,8	55,7	79,2	106,8	20,5	126										
4000	65,1	37,0	57,5	81,7	107,5	14,5	126										
4100	66,7	38,9	60,1	85,4	109,7	23,0	124										
4200	68,4	41,2	63,1	89,7	112,4	15,0	124										
4300	70,0	43,1	66,0	93,8	114,8	21,4	124										
4400	71,6	44,1	68,1	96,8	115,7	21,5	124										
4500	73,3	44,5	69,5	98,8	115,6	20,0	122										
4600	74,9	44,5	70,6	100,3	114,7	20,5	122										
4700	76,5	44,9	72,1	102,5	114,7	17,5	120										
4800	78,1	45,2	73,5	104,4	114,5	20,5	120										
4900	79,8	44,9	73,8	104,9	112,7	21,0	120										
5000	81,4	44,7	73,8	104,9	110,4	21,5	118										
5100	83,0	44,9	75,0	106,6	110,0	18,5	118										
5200	84,7	45,7	76,9	109,3	110,6	22,0	118										
5300	86,3	47,2	79,5	113,1	112,3	23,4	117										
5400	87,9	47,7	81,2	115,5	112,5	24,0	117										
5500	89,5	47,5	82,2	116,9	111,9	24,5	117										
5600	91,2	46,9	82,8	117,8	110,7	25,5	117										
Valor mínimo		Valor máximo															



Anexo 5. Tabla de Datos: Potencia – Ford EcoSport 92 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW			
Vehículo:	FORD ECO SPORT					Motor Otto / Sin turbo	
Matrícula:	POM0633					Caja Manual	
Probador:	CCICEV						
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE GASOLINA SUPER 92 OCTANOS							
Fecha de la medición: 19.06.2012 (9:05)					Página 2		
Tabla de datos							
n [rpm]	v [mph]	P _{Rueda} [HP]	P _{Mot} [HP]	P _{Normal} [HP]	M _{Normal} [lbf.ft]	Encendi [°]	T _{Aire} [F]
1900	31,0	11,5	19,2	27,1	75,0	25,0	113
2000	32,6	11,2	19,4	27,4	72,0	25,5	111
2100	34,2	11,7	20,4	28,7	71,9	25,5	111
2200	35,9	12,4	21,7	30,6	73,0	25,0	109
2300	37,5	13,0	22,9	32,2	73,7	25,0	109
2400	39,1	14,6	25,0	35,3	77,3	24,5	109
2500	40,8	16,6	27,6	39,0	81,9	24,5	108
2600	42,4	17,8	29,4	41,5	83,8	25,0	108
2700	44,0	18,3	30,4	42,9	83,6	25,6	106
2800	45,6	18,2	30,9	43,6	81,9	26,5	106
2900	47,3	18,4	31,6	44,6	80,9	27,0	106
3000	48,9	18,7	32,5	45,9	80,4	27,5	104
3100	50,5	19,1	33,7	47,5	80,5	28,0	104
3200	52,2	19,8	35,0	49,4	81,1	28,5	104
3300	53,8	20,3	36,1	51,0	81,2	29,0	102
3400	55,4	20,5	37,1	52,3	80,8	29,0	102
3500	57,1	20,9	38,2	53,8	80,8	29,0	100
3600	58,7	21,5	39,4	55,6	81,1	29,5	100
3700	60,3	22,5	41,2	58,1	82,5	29,5	100
3800	61,9	22,8	42,3	59,6	82,5	29,0	100
3900	63,6	24,2	44,5	62,8	84,6	28,0	99
4000	65,2	27,0	48,1	67,8	89,0	28,0	99
4100	66,8	29,8	51,5	72,7	93,1	29,0	97
4200	68,5	31,0	53,5	75,4	94,4	29,0	97
4300	70,1	31,2	54,9	77,4	94,6	28,9	97
4400	71,7	31,3	56,1	79,1	94,4	28,5	95
4500	73,4	31,4	57,1	80,6	94,1	28,0	95
4600	75,0	32,3	59,2	83,5	95,4	28,0	95
4700	76,6	33,1	61,2	86,3	96,5	27,4	95
4800	78,2	33,4	62,9	88,7	97,1	25,1	93
4900	79,9	36,2	67,1	94,6	101,5	25,0	93
5000	81,5	39,9	72,4	102,1	107,3	25,0	93
5100	83,1	41,0	75,6	106,6	109,9	25,5	92
5200	84,8	41,3	77,8	109,7	110,9	25,5	91
5300	86,4	41,8	79,7	112,4	111,5	26,0	91
5400	88,0	42,7	82,2	115,9	112,8	26,5	91
5500	89,7	43,2	84,2	118,8	113,5	27,0	91
5600	91,3	42,2	84,9	119,8	112,4	27,5	90
5700	92,9	41,0	85,4	120,5	111,1	28,5	90
5800	94,5	39,8	85,9	121,1	109,8	29,0	90
5900	96,2	38,0	85,9	121,2	108,0	30,5	90
Valor mínimo		Valor máximo					




Anexo 6. Tabla de Datos: Potencia – Daihatsu Terios 81 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW													
Vehículo:	DAIHATSU TERIOS	Motor Otto / Sin turbo															
Matrícula:	ICN0369	Caja Manual															
Probador:	CCICEV																
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE: EXTRA 81 OCTANOS																	
Fecha de la medición: 11.06.2012 (8:19)				Página 2													
Tabla de datos																	
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}										
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]										
2000	31,6	12,5	18,9	26,7	71,0	9,0	142										
2100	33,1	13,1	19,9	28,2	71,2	9,5	142										
2200	34,7	13,7	20,9	29,5	71,3	10,0	140										
2300	36,3	14,4	22,1	31,3	72,2	10,5	140										
2400	37,9	15,3	23,4	33,1	73,2	11,4	140										
2500	39,4	16,2	24,8	35,1	74,4	12,5	140										
2600	41,0	17,2	26,2	37,2	75,9	13,7	140										
2700	42,6	18,0	27,5	39,0	76,6	15,5	140										
2800	44,2	18,9	28,9	40,9	77,6	16,0	140										
2900	45,8	19,9	30,4	43,0	78,7	16,0	138										
3000	47,3	20,7	31,7	44,9	79,5	15,5	138										
3100	48,9	21,4	32,9	46,6	79,8	15,0	138										
3200	50,5	22,1	34,1	48,4	80,2	15,0	138										
3300	52,1	22,7	35,4	50,1	80,6	15,5	138										
3400	53,6	23,4	36,6	51,8	80,9	16,5	137										
3500	55,2	24,0	37,7	53,5	81,1	17,0	136										
3600	56,8	24,5	38,8	55,0	81,0	18,5	136										
3700	58,4	25,0	40,0	56,7	81,3	17,5	136										
3800	60,0	25,2	41,0	58,1	81,2	19,0	136										
3900	61,5	25,2	41,5	58,9	80,1	17,0	135										
4000	63,1	25,1	42,1	59,7	79,2	18,3	135										
4100	64,7	25,6	43,3	61,3	79,3	19,0	135										
4200	66,3	26,2	44,6	63,1	79,8	19,0	135										
4300	67,9	26,6	45,6	64,6	79,7	18,5	135										
4400	69,4	26,9	46,6	66,0	79,6	17,5	133										
4500	71,0	27,6	48,2	68,3	80,6	18,5	133										
4600	72,6	28,8	50,3	71,3	82,3	19,5	133										
4700	74,2	29,4	51,9	73,5	83,0	20,0	133										
4800	75,7	29,6	52,9	75,0	82,9	21,0	133										
4900	77,3	29,0	53,5	75,8	82,1	21,2	131										
5000	78,9	28,1	53,7	76,1	80,8	21,0	131										
5100	80,5	27,5	54,4	77,0	80,1	21,0	131										
5200	82,1	26,7	54,9	77,8	79,4	21,0	131										
5300	83,6	25,7	55,2	78,3	78,4	20,0	131										
5400	85,2	25,1	55,5	78,7	77,3	20,0	129										
5500	86,8	24,3	55,9	79,2	76,5	19,5	129										
5600	88,4	23,5	56,3	79,8	75,6	19,4	129										
5700	89,9	22,5	56,7	80,3	74,8	20,0	129										
5800	91,5	21,9	57,4	81,3	74,4	22,5	127										
5900	93,1	20,6	57,4	81,4	73,2	24,5	127										
6000	94,7	18,9	57,2	81,0	71,6	24,0	127										
Valor mínimo		Valor máximo															




Anexo 7. Tabla de Datos: Potencia – Daihatsu Terios 87 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW															
Vehículo:	DAIHATSU TERIOS					Motor Otto / Sin turbo													
Matrícula:	ICN0369					Caja Manual													
Probador:	CCICEV																		
PRUEBA CONTINUA 1 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 87 OCTANOS																			
Fecha de la medición: 13.06.2012 (8:03)					Página 2														
Tabla de datos																			
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}												
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]												
2000	31,5	11,5	18,5	26,0	68,3	13,0	131												
2100	33,0	11,8	19,2	27,1	67,7	13,0	131												
2200	34,6	12,3	20,2	28,4	67,9	13,0	131												
2300	36,2	13,0	21,3	30,0	68,6	13,0	131												
2400	37,8	13,6	22,4	31,6	69,1	13,0	131												
2500	39,3	14,4	23,8	33,5	70,4	14,0	129												
2600	40,9	15,4	25,2	35,5	71,8	15,0	129												
2700	42,5	16,1	26,4	37,3	72,5	15,5	129												
2800	44,1	17,0	27,9	39,3	73,7	16,0	129												
2900	45,6	18,0	29,4	41,4	75,0	16,0	129												
3000	47,2	18,7	30,7	43,3	75,8	16,0	129												
3100	48,8	19,3	31,8	44,8	76,0	15,5	129												
3200	50,3	19,7	32,8	46,2	75,9	15,0	127												
3300	51,9	20,1	33,9	47,7	75,9	16,0	127												
3400	53,5	20,6	35,0	49,3	76,1	16,0	127												
3500	55,1	20,9	36,0	50,7	76,1	16,6	127												
3600	56,6	21,5	37,2	52,4	76,4	18,5	126												
3700	58,2	21,8	38,2	53,8	76,4	17,7	126												
3800	59,8	22,0	39,0	54,9	75,9	18,5	126												
3900	61,4	21,8	39,5	55,7	75,0	18,9	126												
4000	62,9	21,8	40,3	56,7	74,5	18,5	126												
4100	64,5	22,2	41,4	58,4	74,7	19,0	126												
4200	66,1	22,8	42,8	60,3	75,4	18,5	124												
4300	67,7	23,3	44,1	62,1	75,9	18,0	124												
4400	69,2	24,0	45,6	64,3	76,7	17,6	124												
4500	70,8	25,0	47,6	67,0	78,2	19,0	124												
4600	72,4	25,9	49,6	69,9	79,8	19,5	124												
4700	73,9	26,0	50,9	71,7	80,1	20,5	122												
4800	75,5	25,6	51,5	72,6	79,4	21,0	122												
4900	77,1	24,4	51,5	72,6	77,8	21,0	122												
5000	78,7	23,7	51,9	73,1	76,8	21,2	122												
5100	80,2	23,1	52,7	74,2	76,4	21,0	122												
5200	81,8	22,3	53,1	74,9	75,6	21,0	120												
5300	83,4	21,7	53,6	75,5	74,8	20,0	120												
5400	85,0	20,9	53,9	76,0	73,9	20,0	120												
5500	86,5	20,1	54,5	76,8	73,3	19,5	119												
5600	88,1	19,5	55,3	77,9	73,1	19,5	118												
5700	89,7	18,7	55,9	78,8	72,6	20,5	118												
5800	91,3	17,5	56,2	79,2	71,7	22,0	118												
5900	92,8	16,3	56,5	79,6	70,8	24,5	117												
6000	94,4	13,9	55,7	78,4	68,6	25,0	117												
Valor mínimo		Valor máximo																	

Anexo 8. Tabla de Datos: Potencia – Daihatsu Terios 92 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 MMA LPS 3000 LKW															
Vehículo:	DAIHATSU TERIOS					Motor Otto / Sin turbo													
Matrícula:	ICN0369					Caja Manual													
Probador:	CCICEV																		
PRUEBA CONTINUA 1 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE SUPER 92 OCTANOS																			
Fecha de la medición: 19.06.2012 (9:23)					Página 2														
Tabla de datos																			
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}												
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]												
2000	31,7	14,0	20,3	28,7	75,3	12,5	124												
2100	33,3	14,4	21,1	29,8	74,6	12,5	124												
2200	34,8	15,0	22,1	31,2	74,5	12,5	124												
2300	36,4	15,7	23,2	32,8	75,0	12,5	124												
2400	38,0	16,4	24,4	34,5	75,4	13,0	124												
2500	39,6	17,4	25,9	36,5	76,7	13,5	124												
2600	41,2	18,3	27,2	38,4	77,5	14,0	122												
2700	42,8	19,2	28,6	40,4	78,6	15,0	122												
2800	44,4	20,4	30,4	42,9	80,5	16,0	122												
2900	45,9	21,6	32,1	45,3	82,0	15,5	122												
3000	47,5	22,3	33,3	47,0	82,3	15,5	122												
3100	49,1	22,9	34,4	48,5	82,2	15,0	122												
3200	50,7	23,4	35,4	50,0	82,0	15,0	122												
3300	52,3	24,0	36,6	51,7	82,3	15,5	120												
3400	53,9	24,6	37,8	53,4	82,4	15,5	120												
3500	55,4	25,0	38,8	54,8	82,2	17,0	120												
3600	57,0	25,5	39,9	56,3	82,2	17,5	120												
3700	58,6	26,1	41,0	57,9	82,3	16,8	120												
3800	60,2	26,2	41,8	59,0	81,6	18,5	120												
3900	61,8	26,3	42,6	60,1	81,0	18,0	120												
4000	63,4	26,7	43,7	61,7	81,0	18,5	118												
4100	64,9	27,2	44,9	63,5	81,3	17,0	118												
4200	66,5	27,6	45,9	64,9	81,1	17,5	118												
4300	68,1	28,0	47,0	66,4	81,1	17,5	118												
4400	69,7	28,8	48,5	68,5	81,8	18,0	118												
4500	71,3	29,8	50,5	71,3	83,3	18,5	118												
4600	72,9	30,6	52,5	74,1	84,6	19,0	118												
4700	74,5	30,8	54,0	76,2	85,1	20,0	117												
4800	76,0	30,5	54,8	77,4	84,7	21,0	117												
4900	77,6	30,0	55,5	78,3	84,0	21,0	117												
5000	79,2	29,2	56,0	79,0	83,0	21,0	117												
5100	80,8	27,8	56,0	79,1	81,5	22,0	117												
5200	82,4	27,1	56,8	80,2	81,0	22,0	115												
5300	84,0	26,5	57,2	80,8	80,0	22,0	115												
5400	85,5	25,8	57,7	81,4	79,2	22,5	115												
5500	87,1	24,5	57,8	81,6	78,0	24,0	115												
5600	88,7	23,1	57,8	81,7	76,6	24,5	115												
5700	90,3	21,3	57,5	81,2	74,8	24,5	113												
5800	91,9	20,3	58,0	81,9	74,2	24,5	113												
5900	93,5	18,2	57,5	81,2	72,3	24,0	113												
6000	95,0	16,7	57,7	81,5	71,3	23,0	111												
Valor mínimo		Valor máximo																	




Anexo 9. Tabla de Datos: Potencia – Chevrolet Trooper 81 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW	
Vehículo:	CHEVROLET TROOPER	Motor Otto / Sin turbo			
Matrícula:	ICB0016	Caja Manual			
Probador:	CCICEV				
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 81 OCTANOS					
Fecha de la medición: 15.06.2012 (10:25)				Página 2	
Tabla de datos					
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]
1400	32,6	14,5	25,7	36,6	137,3
1500	34,9	15,7	27,9	39,6	138,8
1600	37,2	16,7	29,9	42,5	139,4
1700	39,5	17,7	32,0	45,5	140,6
1800	41,9	18,7	34,1	48,5	141,4
1900	44,2	19,5	36,0	51,2	141,5
2000	46,5	20,9	38,4	54,6	143,5
2100	48,8	22,4	41,0	58,3	145,9
2200	51,2	24,2	44,0	62,6	149,4
2300	53,5	26,7	47,7	67,8	154,9
2400	55,8	29,0	51,3	72,9	159,5
2500	58,1	30,6	54,2	77,0	161,8
2600	60,5	31,5	56,4	80,2	162,1
2700	62,8	32,4	58,7	83,5	162,3
2800	65,1	33,6	61,3	87,2	163,5
2900	67,4	34,9	64,0	91,0	164,9
3000	69,8	36,0	66,6	94,8	165,9
3100	72,1	36,4	68,6	97,6	165,4
3200	74,4	36,9	71,1	101,1	165,9
3300	76,7	36,6	72,8	103,6	164,8
3400	79,1	36,1	74,3	105,7	163,2
3500	81,4	35,5	75,9	107,9	161,9
3600	83,7	34,3	77,3	110,0	160,5
3700	86,0	32,5	78,4	111,5	158,2
3800	88,4	30,6	79,4	113,0	156,2
3900	90,7	30,2	82,6	117,6	158,3
4000	93,0	30,0	86,2	122,7	161,1
4100	95,3	29,6	88,7	126,3	161,8
4200	97,7	29,0	91,4	130,0	162,6
4300	100,0	28,1	94,0	133,7	163,4
4400	102,3	27,1	96,7	137,6	164,2
4500	104,6	24,9	98,4	140,0	163,4
4600	107,0	20,7	98,2	139,7	159,5




Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001




Anexo 10. Tabla de Datos: Potencia – Chevrolet Trooper 87 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW	
Vehículo:	CHEVROLET TROOPER	Motor Otto / Sin turbo			
Matrícula:	ICB0016	Caja Manual			
Probador:	CCICEV				
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 87OCTANOS					
Fecha de la medición: 14.06.2012 (10:00)				Página 2	
Tabla de datos					
n [rpm]	v [mph]	P _{Rueda} [HP]	P _{Mot} [HP]	P _{Normal} [HP]	M _{Normal} [lbf.ft]
1400	32,5	17,7	27,4	39,1	146,8
1500	34,9	19,1	29,7	42,3	147,8
1600	37,2	20,3	31,7	45,2	148,5
1700	39,5	21,4	33,8	48,2	148,8
1800	41,8	22,5	35,8	51,0	148,7
1900	44,2	23,6	37,9	54,0	149,2
2000	46,5	25,0	40,2	57,4	150,7
2100	48,8	26,6	42,9	61,2	152,9
2200	51,1	28,8	46,2	65,9	157,1
2300	53,5	31,5	50,0	71,4	162,7
2400	55,8	34,0	53,7	76,5	167,5
2500	58,1	35,8	56,6	80,8	169,4
2600	60,4	37,0	59,1	84,3	170,1
2700	62,8	38,0	61,4	87,5	170,1
2800	65,1	39,2	63,9	91,2	170,8
2900	67,4	40,7	66,7	95,1	172,0
3000	69,7	42,1	69,5	99,0	173,4
3100	72,1	42,9	72,2	102,9	174,3
3200	74,4	42,8	74,0	105,5	173,1
3300	76,7	42,5	75,4	107,5	171,1
3400	79,0	41,9	76,6	109,2	168,8
3500	81,4	41,1	77,7	110,8	166,3
3600	83,7	40,4	79,3	113,1	165,0
3700	86,0	38,5	79,5	113,4	161,1
3800	88,3	36,7	79,9	113,9	157,6
3900	90,7	36,1	81,2	115,8	156,0
4000	93,0	35,8	81,9	116,7	153,4
4100	95,3	35,4	83,0	118,4	151,9
4200	97,6	34,3	84,4	120,4	150,7
4300	100,0	33,2	85,9	122,4	149,9
4400	102,3	31,0	86,4	123,2	147,5
4500	104,6	28,3	86,6	123,4	144,6
4600	106,9	23,9	85,1	121,2	139,2
Valor mínimo		Valor máximo			




Anexo 11. Tabla de Datos: Potencia – Chevrolet Trooper 92 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW	
Vehículo:	CHEVROLET TROOPER	Motor Otto / Sin turbo			
Matrícula:	ICB016	Caja Manual			
Probador:	CCICEV				
PRUEBA CONTINUA 1 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE SUPER 92 OCTANOS					
Fecha de la medición: 18.06.2012 (8:32)				Página 2	
Tabla de datos					
n [rpm]	v [mph]	P _{Rueda} [HP]	P _{Mot} [HP]	P _{Normal} [HP]	M _{Normal} [lbf.ft]
1400	32,6	17,3	27,1	38,2	143,3
1500	34,9	18,7	29,4	41,5	145,5
1600	37,2	19,8	31,5	44,4	145,9
1700	39,6	21,0	33,6	47,4	145,9
1800	41,9	22,0	35,5	50,1	146,1
1900	44,2	22,9	37,4	52,8	145,8
2000	46,5	23,9	39,5	55,7	146,1
2100	48,9	25,4	42,0	59,3	148,3
2200	51,2	27,5	45,2	63,9	152,1
2300	53,5	30,1	49,0	69,2	157,6
2400	55,9	32,5	52,5	74,1	161,8
2500	58,2	34,2	55,3	78,1	163,8
2600	60,5	35,3	57,8	81,6	164,7
2700	62,8	36,5	60,5	85,5	166,1
2800	65,2	37,9	63,2	89,2	167,0
2900	67,5	39,3	65,8	92,9	168,2
3000	69,8	40,4	68,3	96,5	168,8
3100	72,1	41,0	70,5	99,6	168,6
3200	74,5	41,2	72,4	102,3	167,9
3300	76,8	40,9	73,6	104,0	165,4
3400	79,1	40,3	75,1	106,1	163,6
3500	81,5	39,6	76,4	107,9	161,8
3600	83,8	38,3	76,8	108,5	158,3
3700	86,1	36,9	77,6	109,6	155,7
3800	88,4	35,2	77,8	109,9	151,9
3900	90,8	35,2	79,7	112,7	151,8
4000	93,1	35,2	81,2	114,7	150,8
4100	95,4	35,1	81,6	115,3	147,8
4200	97,7	34,6	83,4	117,8	147,6
4300	100,1	33,7	84,9	119,9	146,8
4400	102,4	32,0	85,6	120,9	144,5
4500	104,7	29,5	85,6	120,9	141,5
4600	107,0	26,7	85,3	120,5	138,1
Valor mínimo		Valor máximo			




Anexo 12. Tabla de Datos: Potencia – Toyota 4Runner 81 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 MAMA LPS 3000 LKW													
Vehículo:	TOYOTA 4RUNNER					Motor Otto / Sin turbo											
Matrícula:	PPO0158					Caja Automática											
Probador:	CCICEV																
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 81 OCTANOS																	
Fecha de la medición: 11.06.2012 (10:27)					Página 2												
Tabla de datos																	
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}										
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]										
2000	31,9	8,8	18,7	26,7	70,0	30,0	106										
2100	33,5	9,7	20,0	28,6	71,6	30,0	106										
2200	35,1	10,6	21,6	30,9	73,8	30,5	106										
2300	36,7	12,0	23,5	33,6	76,8	31,0	106										
2400	38,3	13,8	25,9	37,0	81,1	31,0	106										
2500	39,9	16,7	29,6	42,2	88,7	30,5	106										
2600	41,5	20,3	33,7	48,2	97,3	31,5	106										
2700	43,1	23,5	37,6	53,7	104,4	31,5	106										
2800	44,7	26,5	41,3	59,0	110,6	32,5	106										
2900	46,3	28,5	44,0	62,9	113,9	33,0	106										
3000	47,9	30,6	46,7	66,8	116,9	34,0	106										
3100	49,5	33,0	49,9	71,2	120,7	35,0	106										
3200	51,1	37,1	54,7	78,2	128,4	35,4	106										
3300	52,7	42,3	60,7	86,8	138,1	34,5	106										
3400	54,3	46,8	66,0	94,3	145,6	33,5	106										
3500	55,9	50,5	70,4	100,6	151,0	33,0	106										
3600	57,4	54,4	74,8	106,8	155,8	33,0	106										
3700	59,0	58,6	79,7	113,8	161,6	32,0	106										
3800	60,6	62,2	84,6	120,8	167,0	31,5	106										
3900	62,2	65,2	88,4	126,3	170,1	30,7	106										
4000	63,8	68,4	92,5	132,1	173,4	29,5	106										
4100	65,4	71,8	96,8	138,3	177,1	29,0	104										
4200	67,0	75,3	101,2	144,6	180,8	28,5	104										
4300	68,6	79,2	106,1	151,6	185,2	28,0	104										
4400	70,2	83,4	111,2	158,9	189,7	28,0	104										
4500	71,8	87,1	116,0	165,6	193,3	27,0	104										
4600	73,4	90,9	120,8	172,6	197,1	26,5	104										
4700	75,0	94,5	125,6	179,4	200,4	26,5	104										
4800	76,6	93,6	125,8	179,7	196,6	27,0	104										
4900	78,2	89,7	123,0	175,7	188,4	27,0	102										
5000	79,8	87,8	122,2	174,6	183,4	27,0	102										
5100	81,4	86,6	122,3	174,7	179,9	27,5	102										
5200	83,0	85,6	122,6	175,1	176,9	27,5	102										
5300	84,6	84,2	122,4	174,9	173,3	27,5	102										
Valor mínimo		Valor máximo															

Anexo 13. Tabla de Datos: Potencia – Toyota 4Runner 87 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 MAHA LPS 3000 LKW													
Vehículo:	TOYOTA 4RUNNER	Motor Otto / Sin turbo															
Matrícula:	PPO0158	Caja Automática															
Probador:	CCICEV																
PRUEBA CONTINUA 1 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE EXTRA 87 OCTANOS																	
Fecha de la medición: 13.06.2012 (9:18)				Página 2													
Tabla de datos																	
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}										
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]										
1400	32,2	18,9	27,6	39,2	188,6	23,5	108										
1500	34,5	25,7	35,3	50,0	188,6	21,5	108										
1600	36,8	30,3	40,6	57,6	189,0	21,5	108										
1700	39,1	31,6	42,6	60,5	186,8	21,5	108										
1800	41,4	34,4	46,3	65,6	191,5	21,5	108										
1900	43,7	36,8	49,5	70,2	194,0	22,0	108										
2000	46,0	40,7	54,2	76,9	202,0	21,5	108										
2100	48,3	45,3	59,8	84,8	212,0	21,0	108										
2200	50,6	49,4	64,9	92,0	219,6	20,5	106										
2300	52,9	52,7	69,1	98,0	223,8	22,0	106										
2400	55,2	55,7	73,3	103,9	227,3	24,5	106										
2500	57,5	58,7	77,3	109,7	230,4	24,0	106										
2600	59,8	61,3	81,0	114,8	232,0	25,5	106										
2700	62,1	62,8	83,5	118,4	230,3	26,0	106										
2800	64,4	64,5	86,3	122,4	229,7	27,0	106										
2900	66,7	65,9	88,7	125,7	227,7	27,0	106										
3000	69,0	67,8	91,6	129,9	227,4	27,0	106										
3100	71,3	70,2	95,5	135,5	229,6	26,9	106										
3200	73,6	72,8	99,0	140,3	230,3	27,2	106										
3300	75,9	75,0	103,0	146,0	232,4	27,0	106										
3400	78,2	77,2	106,5	151,0	233,3	27,5	106										
3500	80,5	80,1	110,8	157,2	235,9	27,0	106										
3600	82,8	83,1	115,4	163,6	238,7	27,0	104										
3700	85,1	84,5	118,2	167,7	238,0	26,5	104										
3800	87,4	88,1	123,5	175,2	242,1	25,0	104										
3900	89,7	93,0	130,0	184,3	248,2	24,5	104										
4000	92,0	94,9	133,6	189,4	248,7	24,5	104										
4100	94,3	92,9	133,4	189,2	242,3	24,5	104										
4200	96,6	89,5	131,8	186,9	233,8	24,5	104										
4300	98,9	88,1	132,2	187,5	229,1	24,5	104										
4400	101,2	87,1	133,1	188,8	225,4	24,5	104										
Valor mínimo		Valor máximo															

Anexo 14. Tabla de Datos: Potencia – Toyota 4Runner 92 Octanos

 		AV. TOLEDO S/N Y MADRID TELEF: 2902831 QUITO - ECUADOR		 LPS 3000 LKW													
Vehículo:	TOYOTA 4RUNNER	Motor Otto / Sin turbo															
Matrícula:	PPO0158	Caja Automática															
Probador:	CCICEV																
PRUEBA CONTINUA 2 CORRECCION NORMA ISO 1585 COMBUSTIBLE SUPER 92 OCTANOS																	
Fecha de la medición: 18.06.2012 (9:38)				Página 2													
Tabla de datos																	
n	v	P _{Rueda}	P _{Mot}	P _{Normal}	M _{Normal}	Encendi	T _{Aire}										
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbf.ft]	[°]	[F]										
1400	32,0	20,9	30,0	42,5	171,8	22,5	106										
1500	34,3	23,3	33,1	46,9	171,8	22,0	104										
1600	36,6	25,9	36,5	51,7	171,8	21,5	104										
1700	38,9	28,9	40,4	57,3	176,9	21,5	104										
1800	41,1	33,2	45,5	64,4	188,0	21,5	104										
1900	43,4	35,9	49,1	69,5	192,1	22,5	102										
2000	45,7	39,3	53,4	75,7	198,7	22,5	102										
2100	48,0	42,7	57,7	81,7	204,4	23,5	102										
2200	50,3	44,3	60,3	85,5	204,1	24,5	100										
2300	52,6	45,5	62,5	88,6	202,2	25,0	100										
2400	54,8	50,4	68,4	96,9	212,1	25,5	100										
2500	57,1	55,9	74,8	106,1	222,8	26,0	100										
2600	59,4	60,5	80,6	114,2	230,6	26,5	100										
2700	61,7	62,2	83,4	118,2	230,0	26,5	100										
2800	64,0	63,3	85,6	121,3	227,6	27,0	99										
2900	66,3	64,5	87,9	124,6	225,7	27,0	99										
3000	68,6	66,1	90,7	128,5	225,0	27,0	99										
3100	70,8	67,4	93,3	132,2	224,0	26,5	99										
3200	73,1	68,8	96,4	136,6	224,2	26,5	99										
3300	75,4	70,3	99,3	140,7	223,9	26,5	99										
3400	77,7	72,3	102,7	145,6	224,9	27,0	99										
3500	80,0	75,3	107,2	152,0	228,0	26,5	97										
3600	82,3	79,3	112,8	159,9	233,3	27,0	97										
3700	84,6	81,5	116,7	165,4	234,7	26,5	97										
3800	86,8	83,5	120,3	170,5	235,7	26,0	97										
3900	89,1	84,5	123,0	174,4	234,9	25,0	97										
4000	91,4	84,5	124,9	177,0	232,4	24,5	97										
4100	93,7	84,0	126,3	179,0	229,3	24,5	97										
4200	96,0	83,6	127,8	181,2	226,6	25,0	97										
4300	98,3	82,8	129,0	182,9	223,4	25,0	97										
4400	100,6	81,3	129,6	183,7	219,3	24,5	97										
4500	102,8	79,4	129,8	184,1	214,8	25,0	97										
Valor mínimo		Valor máximo															

Anexo 15. Potencia a 3000, 3500, 4000, 4500 Rpm (Ford EcoSport – Daihatsu Terios)

FORD ECO SPORT	Potencia (HP) a RPM Constante				RESULTADOS DINAMÓMETRO	
	3000	3500	4000	4500	POTENCIA [HP]	RPM
COMBUSTIBLE / rpm						
81 Octanos	65.44	76.34	87.25	98.15	122.80	5630
87 Octanos	62.33	72.71	83.10	93.49	117.90	5675
92 Octanos	62.37	72.76	83.15	93.55	121.30	5835

DAIHATSU TERIOS	Potencia (HP) a RPM Constante				RESULTADOS DINAMÓMETRO	
	3000	3500	4000	4500	POTENCIA [HP]	RPM
COMBUSTIBLE / rpm						
81 Octanos	42.14	49.17	56.19	63.22	81.90	5830
87 Octanos	40.54	47.30	54.06	60.81	79.60	5890
92 Octanos	42.10	49.12	56.14	63.16	81.40	5800

Anexo 16. Potencia a 3000, 3500, 4000, 4500 Rpm (Chevrolet Trooper – Toyota 4Runner)

CHEVROLET TROOPER	Potencia (HP) a RPM Constante				RESULTADOS DINAMÓMETRO	
COMBUSTIBLE / rpm	3000	3500	4000	4500	POTENCIA [HP]	RPM
81 Octanos	92.81	108.28	123.75	139.22	140.30	4535
87 Octanos	82.63	96.41	110.18	123.95	123.40	4480
92 Octanos	81.62	95.22	108.82	122.42	121.20	4455

TOYOTA 4RUNNER	Potencia (HP) a RPM Constante				RESULTADOS DINAMÓMETRO	
COMBUSTIBLE / rpm	3000	3500	4000	4500	POTENCIA [HP]	RPM
81 Octanos	140.30	163.68	187.06	210.44	190.1	4065
87 Octanos	124.99	145.82	166.65	187.48	190.4	4570
92 Octanos	114.25	133.29	152.34	171.38	180.9	4750

Anexo 17. Tabla de Datos: Inyectores

FORD ECO SPORT	INYECTORES (ms)		
COMBUSTIBLE	800 rpm	1500 rpm	3000 rpm
81 Octanos	2.52 ms	4.73 ms	9.45 ms
87 Octanos	2.55 ms	4.78 ms	9.56 ms
92 Octanos	2.54 ms	4.76 ms	9.53 ms

CHEVROLET TROOPER	INYECTORES (ms)		
COMBUSTIBLE	800 rpm	1500 rpm	3000 rpm
81 Octanos	2.5 ms	4.69 ms	9.38 ms
87 Octanos	2.51 ms	4.71 ms	9.41 ms
92 Octanos	2.47 ms	4.63 ms	9.26 ms

DAIHATSU TERIOS	INYECTORES (ms)		
COMBUSTIBLE	800 rpm	1500 rpm	3000 rpm
81 Octanos	2.27 ms	4.26 ms	8.51 ms
87 Octanos	2.30 ms	4.31 ms	8.63 ms
92 Octanos	2.27 ms	4.26 ms	8.51 ms

TOYOTA 4RUNNER	INYECTORES (ms)		
COMBUSTIBLE	800 rpm	1500 rpm	3000 rpm
81 Octanos	2.47 ms	4.63 ms	9.26 ms
87 Octanos	2.43 ms	4.56 ms	9.11 ms
92 Octanos	2.45 ms	4.59 ms	9.19 ms

Anexo 18. Tabla de Datos: Sensor de Oxígeno (Ford EcoSport – Daihatsu Terios)

Ford EcoSport

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	50,00	760,00	100,00	790,00	50,00	820,00	[mv]
87 Octanos	180,00	770,00	110,00	800,00	150,00	825,00	[mv]
92 Octanos	30,00	830,00	80,00	890,00	50,00	900,00	[mv]

Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	30,00	855,00	50,00	920,00	100,00	930,00	[mv]
87 Octanos	60,00	950,00	100,00	980,00	200,00	1000,00	[mv]
92 Octanos	00,00	810,00	80,00	860,00	190,00	870,00	[mv]

Anexo 19. Tabla de Datos: Sensor de Oxígeno (Chevrolet Trooper – Toyota 4Runner)

Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	104,00	895,00	160,00	935,00	180,00	970,00	[mv]
87 Octanos	103,00	889,00	160,00	900,00	160,00	930,00	[mv]
92 Octanos	70,00	867,00	125,00	885,00	155,00	915,00	[mv]

Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]		
	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	
81 Octanos	100,00	982,00	70,00	995,00	200,00	1000,00	[mv]
87 Octanos	60,00	838,00	80,00	895,00	180,00	945,00	[mv]
92 Octanos	80,00	800,00	95,00	875,00	150,00	900,00	[mv]

Anexo 20. Tabla de Datos: Sensor de Golpeteo

Ford EcoSport

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	80,00	257,50	380,00	[mv]	NO
87 Octanos	79,00	256,50	378,50	[mv]	NO
92 Octanos	79,50	257,00	379,50	[mv]	NO

Chevrolet Trooper

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	85,00	147,50	351,00	[mv]	NO
87 Octanos	84,50	147,00	349,00	[mv]	NO
92 Octanos	84,00	148,00	350,00	[mv]	NO

Daihatsu Terios

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	95,00	230,00	320,00	[mv]	NO
87 Octanos	94,00	229,50	319,50	[mv]	NO
92 Octanos	97,00	230,50	320,00	[mv]	NO

Toyota 4Runner

COMBUSTIBLE	800	1500	3000	[rpm]	Cascabeleo
81 Octanos	125,00	142,50	367,50	[mv]	NO
87 Octanos	124,50	142,50	366,50	[mv]	NO
92 Octanos	125,00	142,00	367,00	[mv]	NO

Anexo 21. Tabla de Datos: Prueba de Ruta – Ford EcoSport

FORD ECO SPORT				FORD ECO SPORT				FORD ECO SPORT			
81 OCTANOS				87 OCTANOS				92 OCTANOS			
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo
3000	5%	3,75	NO	3000	5%	3,54	NO	3000	5%	3,5	NO
4000	10%	5,3	NO	4000	10%	5,24	NO	4000	10%	5,18	NO
4000	10%	6,1	NO	4000	10%	5,49	NO	4000	10%	5,4	NO
3500	0%	3,7	NO	3500	0%	3,52	NO	3500	0%	3,46	NO
4000	-5%	2,51	NO	4000	-5%	2,45	NO	4000	-5%	2,4	NO
3000	5%	5,75	NO	3000	5%	5,65	NO	3000	5%	5,6	NO
3500	5%	5,81	NO	3500	5%	5,74	NO	3500	5%	5,66	NO
4000	10%	5,9	NO	4000	10%	5,45	NO	4000	10%	5,18	NO
3500	10%	4,68	NO	3500	10%	4,56	NO	3500	10%	4,38	NO
800	10%	3,2	NO	800	10%	2,66	NO	800	10%	2,28	NO
2500	15%	3,62	NO	2500	15%	3,45	NO	2500	15%	3,32	NO
3000	20%	6,28	NO	3000	20%	6,02	NO	3000	20%	5,95	NO
3000	20%	6,26	NO	3000	20%	6	NO	3000	20%	6,14	NO
3000	25%	7,18	NO	3000	25%	7,1	NO	3000	25%	7,05	NO
3000	25%	7,16	NO	3000	25%	7,08	NO	3000	25%	7	NO
FIN				FIN				FIN			

Anexo 22. Tabla de Datos: Prueba de Ruta – Daihatsu Terios

DAIHATSU TERIOS		81 OCTANOS		
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	
3000	5%	4,8	NO	
3500	10%	5,55	NO	
3500	10%	5,58	NO	
3000	0%	4,23	NO	
3500	-5%	4,28	NO	
4000	5%	5,17	NO	
3000	5%	5,33	NO	
800	10%	2	NO	
3000	10%	5,72	NO	
3500	10%	4,21	NO	
4000	15%	7,1	NO	
800	20%	2,06	NO	
3000	20%	6,95	NO	
4000	25%	7,65	NO	
4500	25%	8,58	NO	
FIN				

DAIHATSU TERIOS		87 OCTANOS		
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	
3000	5%	4,72	NO	
3500	10%	5,48	NO	
3500	10%	5,53	NO	
3000	0%	4,18	NO	
3500	-5%	4,22	NO	
4000	5%	5,1	NO	
3000	5%	5,27	NO	
800	10%	1,96	NO	
3000	10%	5,66	NO	
3500	10%	4,16	NO	
4000	15%	6,95	NO	
800	20%	2	NO	
3000	20%	6,89	NO	
4000	25%	7,58	NO	
4500	25%	8,5	NO	
FIN				

DAIHATSU TERIOS		92 OCTANOS		
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	
3000	5%	4,67	NO	
3500	10%	5,4	NO	
3500	10%	5,47	NO	
3000	0%	4,12	NO	
3500	-5%	4,27	NO	
4000	5%	5,02	NO	
3000	5%	5,19	NO	
800	10%	1,9	NO	
3000	10%	5,6	NO	
3500	10%	4,1	NO	
4000	15%	6,9	NO	
800	20%	1,96	NO	
3000	20%	6,82	NO	
4000	25%	7,5	NO	
4500	25%	8,45	NO	
FIN				

Anexo 23. Tabla de Datos: Prueba de Ruta – Chevrolet Trooper

CHEVROLET TROOPER	81 OCTANOS		
Rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo
4000	5%	6,52	NO
4500	10%	7,53	NO
4000	10%	6,85	NO
1500	0%	1,43	NO
3000	-5%	1,53	NO
4000	5%	5	NO
3000	5%	6,52	NO
3500	10%	7,5	NO
4000	10%	6,83	NO
800	10%	1,94	NO
3000	15%	8,06	NO
3500	20%	8,02	NO
4000	20%	8,26	NO
4500	25%	8,45	NO
3000	25%	8,4	NO
FIN			

CHEVROLET TROOPER	87 OCTANOS		
Rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo
4000	5%	6,45	NO
4500	10%	7,46	NO
4000	10%	6,77	NO
1500	0%	1,37	NO
3000	-5%	1,46	NO
4000	5%	4,33	NO
3000	5%	6,45	NO
3500	10%	6,8	NO
4000	10%	6,75	NO
800	10%	1,87	NO
3000	15%	7,65	NO
3500	20%	7,95	NO
4000	20%	8,16	NO
4500	25%	8,35	NO
3000	25%	8,22	NO
FIN			

CHEVROLET TROOPER	92 OCTANOS		
Rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo
4000	5%	6,4	NO
4500	10%	7,4	NO
4000	10%	6,7	NO
1500	0%	1,31	NO
3000	-5%	1,4	NO
4000	5%	4,25	NO
3000	5%	6,38	NO
3500	10%	6	NO
4000	10%	6,7	NO
800	10%	1,8	NO
3000	15%	7,59	NO
3500	20%	7,9	NO
4000	20%	8,05	NO
4500	25%	8,22	NO
3000	25%	8,12	NO
FIN			

Anexo 24. Tabla de Datos: Prueba de Ruta – Toyota 4Runner

TOYOTA 4RUNNER		81 OCTANOS		
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	
3000	5%	4,59	NO	
3500	10%	4,86	NO	
3500	10%	4,71	NO	
4000	0%	3,18	NO	
3000	-5%	2,44	NO	
4000	5%	4,72	NO	
3000	5%	4,63	NO	
800	10%	2,48	NO	
3000	10%	4,79	NO	
4000	10%	5,15	NO	
3500	15%	5,27	NO	
4000	20%	7,45	NO	
3000	20%	7,16	NO	
4000	25%	7,82	NO	
3500	25%	7,37	NO	
FIN				

TOYOTA 4RUNNER		87 OCTANOS		
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	
3000	5%	4,52	NO	
3500	10%	4,8	NO	
3500	10%	4,65	NO	
4000	0%	3,12	NO	
3000	-5%	2,41	NO	
4000	5%	4,68	NO	
3000	5%	4,55	NO	
800	10%	2,42	NO	
3000	10%	4,73	NO	
4000	10%	5,1	NO	
3500	15%	5,21	NO	
4000	20%	7,4	NO	
3000	20%	6,33	NO	
4000	25%	7,49	NO	
3500	25%	7,2	NO	
FIN				

TOYOTA 4RUNNER		92 OCTANOS		
rpm	Pendiente	Inyector	Cascabeleo	
3000	5%	4,45	NO	
3500	10%	4,75	NO	
3500	10%	4,6	NO	
4000	0%	2,94	NO	
3000	-5%	2,35	NO	
4000	5%	4,62	NO	
3000	5%	4,28	NO	
800	10%	2,39	NO	
3000	10%	4,68	NO	
4000	10%	5,02	NO	
3500	15%	5,17	NO	
4000	20%	7,1	NO	
3000	20%	6,25	NO	
4000	25%	7,19	NO	
3500	25%	7,15	NO	
FIN				