

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ**

**“INVESTIGACIÓN PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS DE
DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
T18SED L4 DOHC 1.8L A TRAVÉS DE LA REPROGRAMACIÓN
ELECTRÓNICA MEDIANTE LA CONEXIÓN EN PARALELO DE
UNA ECU PROGRAMABLE”**

**AUTORES: MAURICIO JAVIER TONATO CAIZA
DARÍO FERNANDO PUMARICA LLAMATUMBI**

**ING: JOSÉ QUIROZ
DIRECTOR DE TESIS**



DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

- Recopilo de fuentes bibliográficas como: libros, tesis, artículos científicos, manuales de los fabricantes.
- Se investigo y se eligió el hardware y software especializados para la reprogramación de una ECU programable.
- Se obtuvo las características iniciales del motor T18SED L4 DOHC 1.8L del vehículo Optra antes de la modificación electrónica.
- Mediante fórmulas específicas, cálculos matemáticos, datos característicos del motor, se logró obtener un modelo matemático básico de eficiencia volumétrica en función de la cantidad de aire que ingresa al cilindro.
- Se modificó los parámetros de los mapas tridimensionales de eficiencia volumétrica y de avance de encendido, calibrándolos en función de la relación de aire combustible.
- Finalmente se realizó pruebas de potencia, torque, emisiones de gases y consumo de combustible, para determinar la influencia que tiene la reprogramación Electrónica.



OBJETIVOS:

Objetivo General:

- Investigar los parámetros de desempeño del motor de combustión interna a través de la reprogramación electrónica mediante la conexión en paralelo de una computadora reprogramable.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar información de fuentes bibliográficas confiables para elevar los parámetros del MCI T18SED L4 DOHC 1.8L mediante la reprogramación electrónica de la ECU.
- Realizar mediciones de torque, potencia y consumo de combustible en condiciones estándares del vehículo.
- Determinar el tipo de software (Programa) y hardware (ECU) compatible con el MCI T18SED L4 DOHC 1.8L.
- Determinar los componentes necesarios para la conexión en paralelo de una computadora programable en el motor MCI T18SED L4 DOHC 1.8L, para no perder indicadores del tablero de instrumentos.
- Realizar la reprogramación de la unidad de control en los diferentes parámetros electrónicos del motor, modificando mapas tridimensionales de eficiencia volumétrica y avance de encendido.
- Realizar pruebas de potencia, torque, consumo de combustible y análisis de gases con la ayuda de equipos de medición, cuando está en funcionamiento la computadora reprogramable.
- Comparar los resultados obtenidos con la ECU estándar y la ECU reprogramada para verificar la eficacia de la computadora reprogramable.



SELECCIÓN DE LA ECU PROGRAMABLE

MODELO	CARACTERÍSTICAS	VALORACIÓN	TOTAL
MEGA SQUIRT MS2 EXTRA	Inyectores de alta y baja impedancia	3	9
	Con una salida de ignición, configurable hasta 6 salidas	3	
	Costo 400	3	
HALTECH SPRINT	Inyectores de alta impedancia	2	5
	4 salidas de ignición, no configurables	2	
	Costo 800	1	



ECU MEGASQUIRT MS2 EXTRA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Características ECU Megasquirt Ms2 Placa 3.57

Especificaciones De La ECU Megasquirt Ms2 Placa 3.57

Inputs

- Crank and Cam Tach analog.
- Map presión Max de 110 Kpas (Analog).
- MAF con modificaciones en la placa.
- IAT (sensor de temperatura del aire) Analog.
- CLT (sensor de temperatura del agua) Analog.
- TPS (Throttle Position Sensor) Analog.
- O2 sensor de oxigeno (Analog)
- MAF.
- CAN HIGH/LOW

Outputs

- Inyectores
- Bank1, Bank2.
- 2 salidas de ignición de fábrica.
- Bomba de combustible.
- Idle. (salida adicional configurable).



Pines utilizados ECU Megasquirt

N°-	Descripción
1	Baja referencia Sensor CKP
2	Malla sensor CKP
7	Gnd sensores
15-19	Tierra ECU
20	Señal IAT
21	Señal ECT
22	Señal TPS
23	Señal sensor Wideband
28	Banco de ignición A
29	Banco de ignición B
30	Válvula Idle
31-32	Banco 1 inyectores
33-34	Banco 2 inyectores
37	Control de Bomba de combustible



Metas

- Obtener el aumento de la eficiencia mecánica de MCI entre 5% y 10%, realizando modificaciones en la ECU programable, sin cambiar elementos mecánicos.
- Monitorear la variación de las curvas características del motor con la ECU programada, obtenidas en el banco de pruebas de torque y potencia.

Hipótesis

A través de la reprogramación electrónica mediante la conexión en paralelo de una ECU programable será posible elevar los parámetros de desempeño del motor de combustión interna T18SED L4 DOHC 1.8L.



TIPOS DE REPROGRAMACIÓN

- Flash
- ECU estándar
- ECU programable

Reprogramación flash

Cada módulo es programado de fábrica con un software específico que permiten realizar ciertas funciones. La actualización del software en los módulos de la ECU es conocida como reprogramación Flash, en los concesionario es sumamente sencilla ya que los técnicos están conectados en línea a la fabrica de automóviles y poseen herramientas especializadas de servicio del distribuidor dedicado a la reprogramación



Reprogramación estándar

- Este tipo de programación se realiza directamente en los mapas de inyección y encendido que son programados y codificados desde su fabricación.

Leer la información de la ECU.

- La información del vehículo esta en la memoria de la ECU, al realizar la lectura se obtiene un archivo el cual podrá ser modificado.

Modificar los mapas

- Existen varias tipos de software para la modificación de mapas entre los mas conocidos son ECM2001, WINOLS, TUNERPRO, estos ofrecen diferentes características la usuario y en su mayoría tienen versiones gratuitas

Grabar la información.

- Se graba la información modificada en la ECU.



Reprogramación Programable

Reprogramación
programable

- Es una característica especializada ya que sus parámetros no vienen predeterminados, es decir los parámetros pueden ser modificados por el usuario tales como: Ignición, eficiencia volumétrica, Límite de revoluciones, Correcta temperatura del agua, Alimentación de combustible temporal, Inyección Banked, entre otros .



Fórmulas matemáticas

$$VE = \frac{Ga}{Go} * 100\%$$

Ga = Cantidad actual de aire

Go = Cantidad ideal de aire

$$P * V = m * R * T.$$

P_{abs} = presión que genera el sensor map.

$$V_{motor} = 0.0018 \text{ m}^3.$$

$$m = Ga = \frac{P_{abs} * V_{motor}}{R_{gases} * T_{aire}}$$

R_{gases} = constantes de los gases 0.28705 kPa m³.

$$T_{aire} = 40 \text{ C} - 313.15 \text{ K}.$$

$$Go = Vol(cil) * \delta$$

vol(cil) = volumen del cilindro m³

δ = densidad del aire (g/m³)

$$C = \frac{m}{\delta * s} * 100 \left[\frac{\text{lbs}}{100 \text{ km}} \right]$$

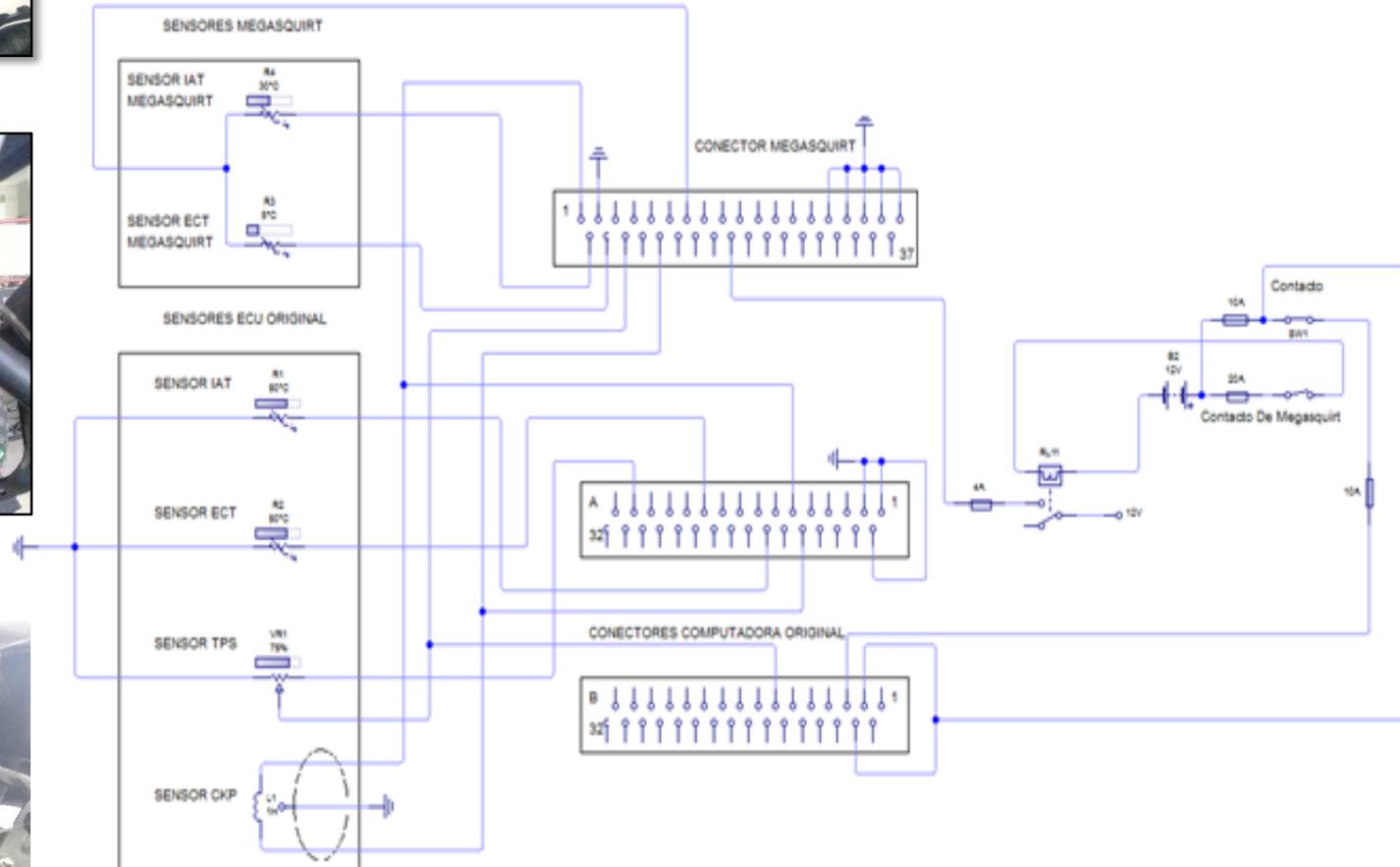
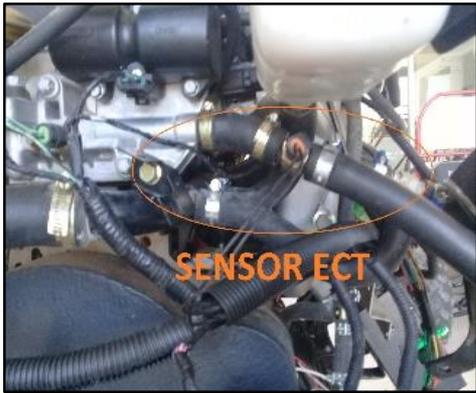
C = consumo de combustible.

δ = densidad del combustible 0.73508 $\frac{\text{Kg}}{\text{lbs}}$.

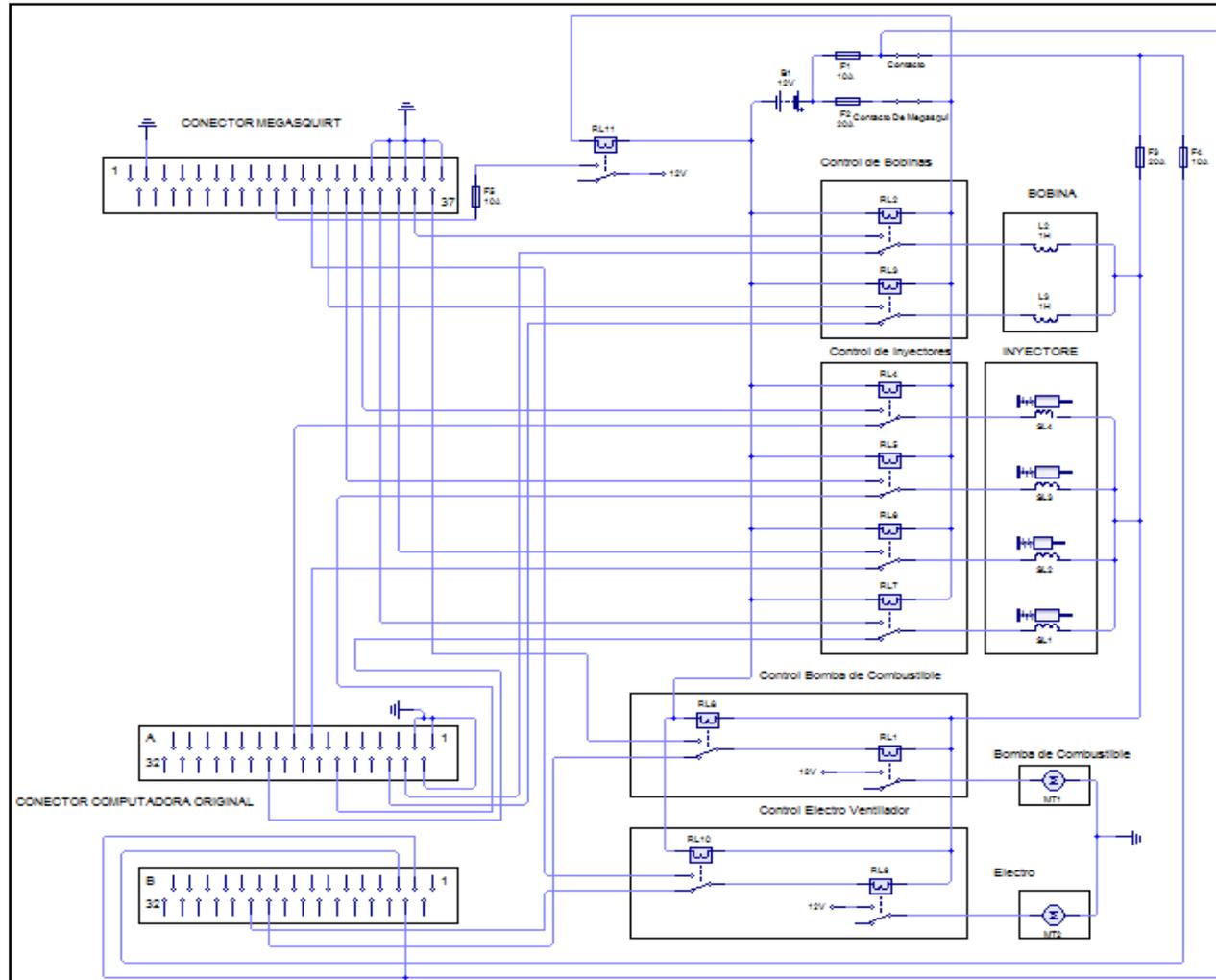
$$\delta = \frac{m}{v}$$



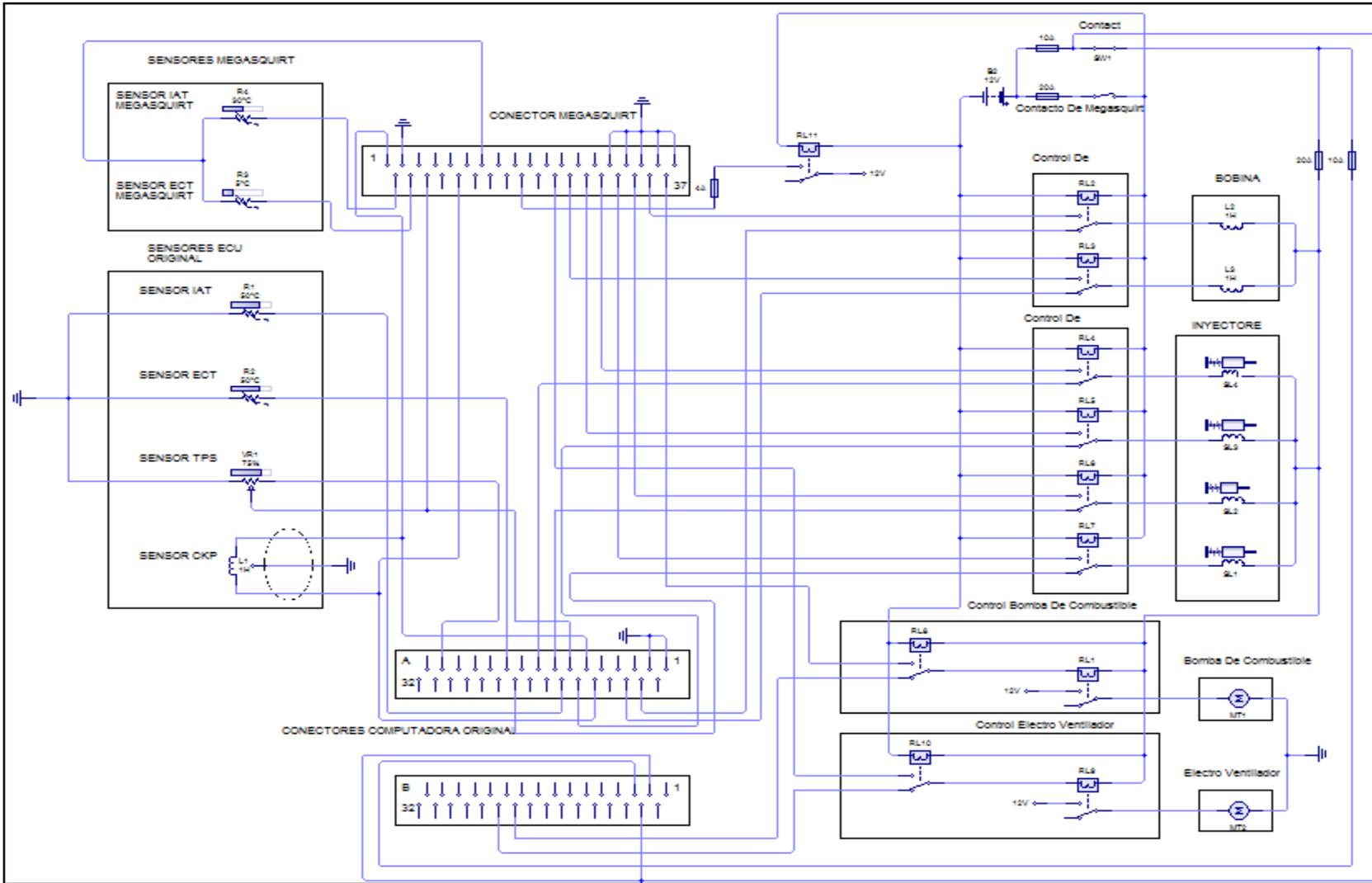
DISEÑO CIRCUITO SENSORES



DISEÑO CIRCUITO ACTUADORES



DISEÑO COMPLETO DEL BANCO DE PRUEBAS



Proceso de programación

1. Configuraciones generales

TunerStudio 3.0



1. Calibración de sensores

- Protocol Stats
- Update / Install Firmware
- TunerStudio Plug-ins
- Calibrate TPS
- Calibrate MAP/Baro
- Calibrate Battery Voltage
- Un/Lock Calibrations
- Calibrate Thermistor Tables
- Calibrate AFR Table

1. Configuraciones de seguridad

HARD REV LIMIT

Hard Rev Limit(RPM) 6500

Soft Limit Zone / Hysteresis(RPM) 300

COOLANT TEMP LIMITER

Rev Limiter CLT Based Normal

Rev Limit TPS Bypass(TPS %) 90.0

SPARK RETARD

Spark Retard Mode Progressive retard

Maximum Retard(deg) 12.0

Retard To(deg) 10.0

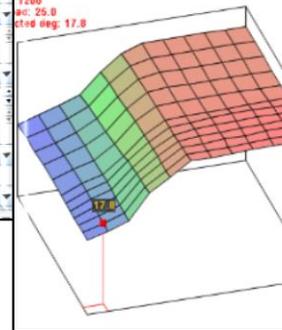
SPARK CUT

Enable Spark Cut Limiting Off

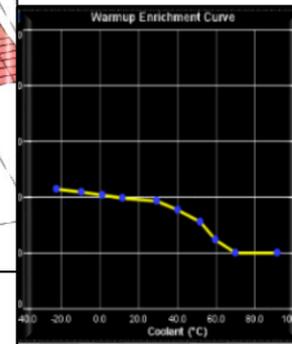
FUEL CUT

Enable Fuel Cut Limiting On

1. Modificación de mapas tridimensionales



Configuraciones adicionales



Software Tunerstudio

- Permite procesar la información de los parámetros extraídos del motor para modificar los mapas tridimensionales que permitirán el control electrónico del motor.



Software Tunerstudio

- La barra de herramientas contiene las características a través de las cuales se lleva a cabo la configuración y ajuste de la ECU Megasquirt.

Basic/Load Settings	Fuel Settings	Ignition Settings	Startup/Idle	Accel Enrich	Boost/Advanced	3D Tuning Maps
Engine and Sequential Settings	Injector Dead-Time/PWM	Ignition Options / Wheel Decoder	Cranking / Startup settings	Accel Enrich Settings	Boost Control Settings	Fuel VE Table 1
General Settings	Staged Injection	Trigger Wizard	Priming Pulse	Time-Based Accel Enrichment	Boost Control Duty Table	Fuel VE Table 2
Rev Limiter	Fuel Sensor Settings (Flex)	Dwell Battery Correction	Cranking Pulse %	TPS WOT curve	Boost Control Target Table	Fuel VE Table 3
Tacho Output	Over-Run Fuel Cut	Cold Advance	AfterStart Enrichment (ASE)	EAE Adhere-to-walls Coefficient	Boost Control Initial Duty Table	Fuel VE Trim Table 1
Barometric Correction	EGO Control	MAT-Based Timing Retard	AfterStart Enrichment (ASE) Taper	EAE Sucked-from-walls Coefficient	Table Switching Control	Fuel VE Trim Table 2
MAP Sample Settings	AFR Table 1	Noise Filtering	Warmup Enrichment (WUE)	EAE Adhere-to-walls RPM Correction	Launch Control	Fuel VE Trim Table 3
ITB Load Settings	AFR Table 2	Knock Sensor Settings	Idle Control	EAE Sucked-from-walls RPM Correction	Nitrous System	Fuel VE Trim Table 4
MAF Settings	Fuel VE Table 1	Ignition Table 1	Idle Cranking Duty/Steps	EAE Adhere-to-walls CLT Correction	Nitrous Stage 2	Fuel VE Trim Table 1
MAF Flow Curve	Fuel VE Table 2	Ignition Table 2	Idle Warmup Duty/Steps	EAE Sucked-from-walls CLT Correction	Sequential Shift Cut	AFR Table 1
MAF Correction Table (Old)	Fuel VE Table 3	Ignition Table 3	Closed-Loop Idle Settings	EAE Lag Compensation	Programmable On/Off Outputs	AFR Table 2
MAF/MAT Correction Table	Injection Timing Table 1	Rotary Settings	Closed-Loop Idle Target RPM Curve			Ignition Table 1
MAT Air Density Table	Injection Timing Table 2	Rotary Split Table	Closed-Loop Idle Initial Values			Ignition Table 2
MAT/CLT Correction	Injection Timing Table 3	Spark Calculations Summary	PWM Idle Voltage Compensation			Ignition Table 3
Real-Time Display	Fuel VE Trim Table 1		Air Conditioning Idle-up			Rotary Split Table
Feature List Showing I/O Pins	Fuel VE Trim Table 2		Idle Advance Settings			Boost Control Duty Table
Gauge and Settings Limits	Fuel VE Trim Table 3		Idle Load Advance Timing			Boost Control Target Table
	Fuel VE Trim Table 4		Idle RPMs Advance Timing			Injection Timing Table 1
	Sequenced Batch Fire		Idle Adaptive Advance Timing			Injection Timing Table 2
	Fuel Calculations Summary					Injection Timing Table 3



Configuraciones generales

The image shows a software interface for engine tuning. The main window is titled "Engine and Sequential Settings" and contains various configuration options. A secondary dialog box, "Required Fuel Calculator", is open over the main window.

Engine and Sequential Settings

Engine and Sequential Settings

Calculate Required Fuel

Required Fuel... 12.0
(ms) 12.00

Control Algorithm: Speed Density

Squirts Per Engine Cycle: 2

Injector Staging: Alternating

Engine Stroke/Rotary: Four-stroke

No. Cylinders/Rotors: 4

Number of Injectors: 4

Engine Type: Even fire

Engine Size(cc): 1800

Injector Size Each(cc): 217

Sequential Injection

Sequential Injection: Untimed injection

Timing Trigger: Start-of-pulse

Fixed Timing Or Table: Fixed Timing

Number Of Timing Values: Single value

Fixed Injection Timing 1(deg): 90.0

Fixed Injection Timing 2(deg): 270.0

Fixed Injection Timing 1 When Staging On(deg): 90.0

Fixed Injection Timing 2 When Staging On(deg): 270.0

Cranking Injection Timing 1(deg): 90.0

Cranking Injection Timing 2(deg): 270.0

VE Trim Tables: Don't use VE Trim Tables

Injector Drivers: Standard drivers

Sequential Siamese Hybrid Mode

Single Pulse Activation RPM: 15000

Hysteresis On Single Pulse Activation RPM: 100

Fixed Injection Timing 3(deg): 90.0

Fixed Injection Timing 3 When Staging On(deg): 90.0

Required Fuel Calculator

Required Fuel Calculator

Engine Displacement: 1800

Number of Cylinders: 4

Injector Flow: 217

Air-Fuel Ratio: 14.7

Units: CID CC lb/hr cc/min

Ok Cancel

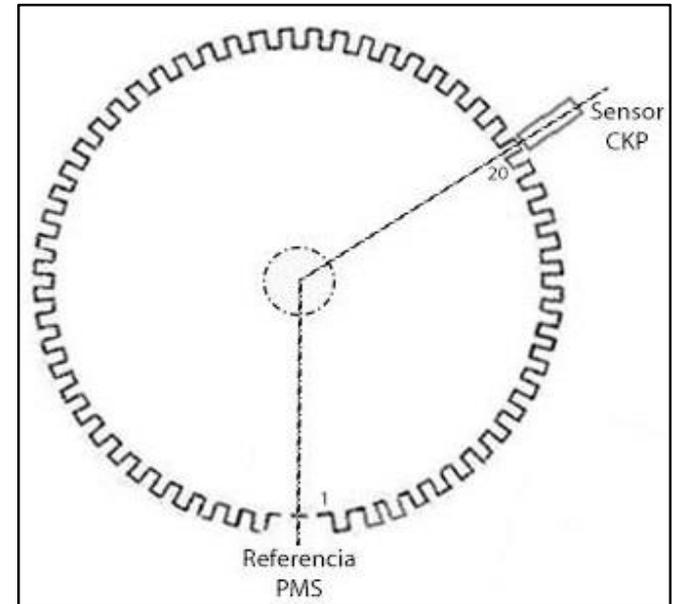


Configuraciones generales

The screenshot shows the 'Ignition Options / Wheel Decoder' window. The interface is divided into several sections for configuring engine ignition and wheel speed sensing. Key settings include:

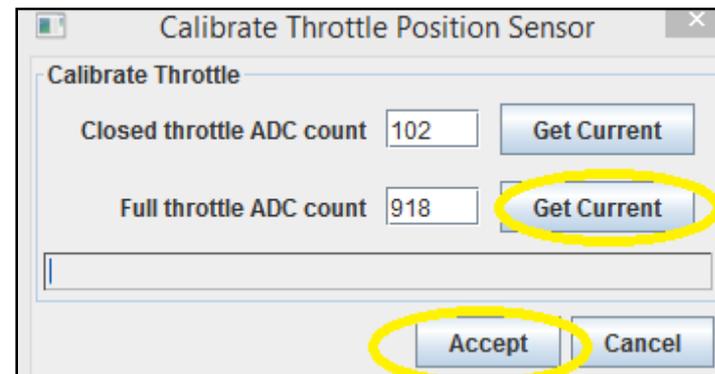
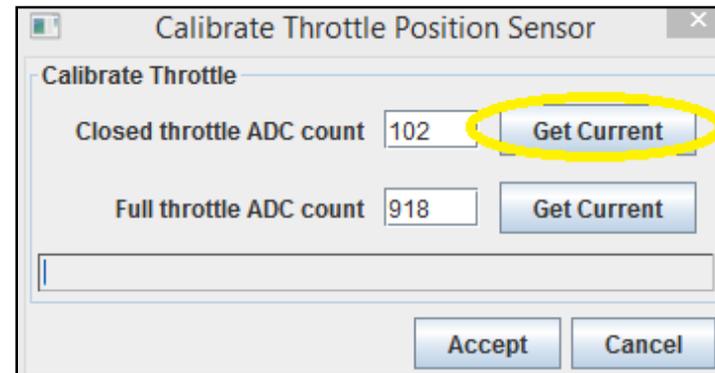
- Spark Mode:** Toothed wheel
- Fixed Advance:** Use Table
- Use Prediction:** No Prediction
- Timing For Fixed Advance:** 0.0
- Cranking Dwell:** 1.5
- Cranking Advance:** 10.0
- Toyota Multiplex:** Off
- Dwell Type:** Standard Dwell
- Nominal Dwell:** 2.4
- Spark Duration:** 1.0
- Dwell Time:** 0.7
- Dwell Duty:** 50
- Spark Hardware Latency:** 0
- Middle LED Indicator:** Off
- Kick-start crank delay:** Off
- Delay:** 1.000
- Custom Oddfire Angles In Sequence From #1:** 1st: 180, 2nd: 180, 3rd: 180, 4th: 180
- Trigger Wheel Arrangement:** Single wheel with missing tooth
- Trigger Wheel Teeth:** 60
- Missing Teeth:** 2
- Tooth #1 Angle:** 120.0
- Wheel Speed:** Crank wheel
- Second Trigger Active On:** Rising edge
- Level For Phase 1:** Low
- And Every Rotation Of:** Cam

At the bottom, there is a note: "Single wheel with missing tooth = typically a crank wheel such as 36-1 or 60-2". The window also features standard Windows-style navigation buttons like 'Burn', 'Close', and 'Go to IC settings to'.



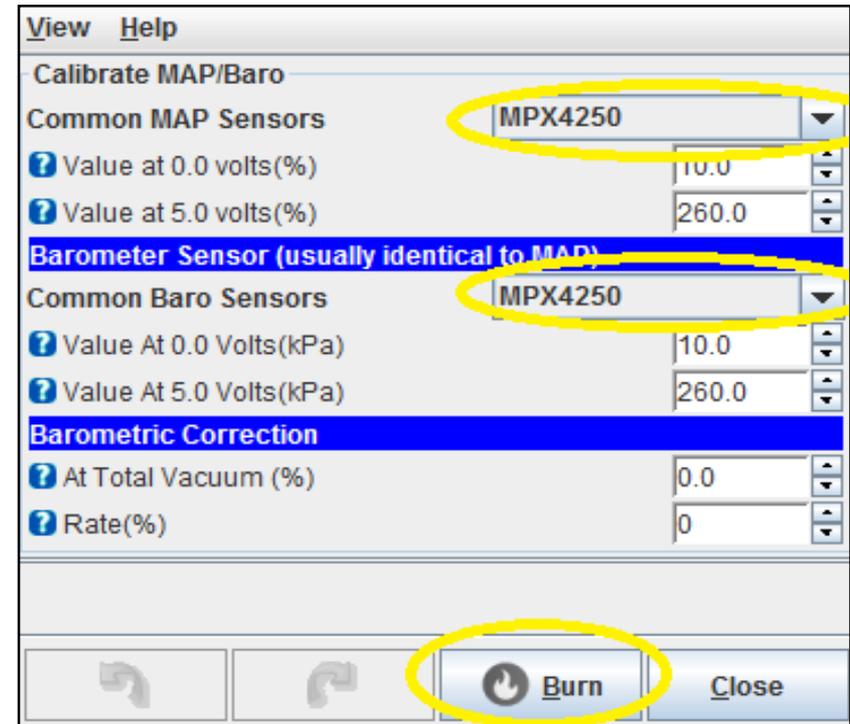
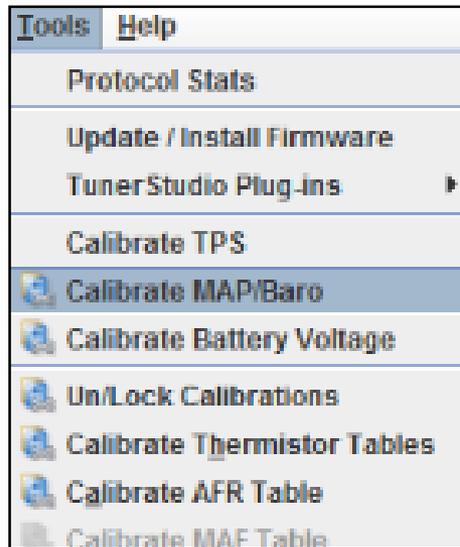
Calibración de sensores

- Sensor TPS



Calibración de sensores

- Sensor MAP



Calibración de sensores

- Sensores de temperatura

Calibrate Thermistor Tables...

Help

Calibrate Thermistor Tables...

Sensor Table

Coolant Temperature Sensor

Coolant Temperature Sensor

Air Temperature Sensor

Thermistor Measurements

Common Sensor Values GM

Bias Resistor Value (Ohms) 2490.0

Fahrenheit Celsius

Temperature(°C)	Resistance (Ohms)
-40.0	100700.0
30.0	2238.0
99.0	177.0

Select settings, click "Write to Controller"

Write to Controller

Close

Calibrate Thermistor Tables...

Help

Calibrate Thermistor Tables...

Sensor Table

Coolant Temperature Sensor

Table Input Solution

3 Point Therm Generator

3 Point Therm Generator

Custom inc File

Thermistor Measurements

Common Sensor Values GM

Bias Resistor Value (Ohms) 2490.0

Fahrenheit Celsius

Temperature(°C)	Resistance (Ohms)
-40.0	100700.0
30.0	2238.0
99.0	177.0

Select settings, click "Write to Controller"

Write to Controller

Close

Calibrate Thermistor Tables...

Help

Calibrate Thermistor Tables...

Sensor Table

Coolant Temperature Sensor

Table Input Solution

3 Point Therm Generator

Thermistor Measurements

Common Sensor Values GM

Bias Resistor Value (Ohms) 2490.0

Fahrenheit Celsius

Temperature(°C)	Resistance (Ohms)
-40.0	100700.0
30.0	2238.0
99.0	177.0

Select settings, click "Write to Controller"

Write to Controller

Close



Calibración de sensores

- Sensor O2 Wide-band

Calibrate AFR Table...

Help

Calibrate AFR Table

Table Input Solution

EGO Sensor Innovate LC-1 / LC-2 Default

Custom Linear WBP

	Volts	AFR
Point 1	1.0	9.7
Point 2	4.0	18.7

Select settings, click
"Write to Controller"

Write to Controller

Close



Configuraciones de seguridad

- Limitador de revoluciones y electroventilador

Rev Limiter

HARD REV LIMIT

Hard Rev Limit(RPM) 6500

Soft Limit Zone / Hysteresis(RPM) 300

COOLANT TEMP LIMITER

Rev Limiter CLT Based Normal

Rev Limit TPS Bypass(TPS %) 90.0

SPARK RETARD

Spark Retard Mode Progressive retard

Maximum Retard(deg) 12.0

Retard To(deg) 10.0

SPARK CUT

Enable Spark Cut Limiting Off

FUEL CUT

Enable Fuel Cut Limiting On

Progressive Fuel Cut Off

Programmable On/Off Outputs

Output Port

Port

FIDLE

LED D14

LED D16

LED D15

PT7 - IAC1

PT6 - IAC2

JS11 (PA0)

Port Settings

Enabled

Power On Value Off

Active Value On

Active Conditions

Output Channel	Threshold	Hysteresis
coolant	> 90.0	5.0
And		
rpm	> 300	0

Buttons: Back, Forward, Burn, Close



CÁLCULOS PARA GENERAR UN MAPA BASE



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Eficiencia volumétrica

$$VE = \frac{Ga}{Go} * 100\%$$

Donde:

Ga = Carga de aire ideal

$$P * V = m * R * T$$

$$m = \frac{P * V}{R * T}$$

$$Ga = \frac{P_{abs} * V_{motor}}{R_{gases} * T_{aire}}$$

Go = Carga de aire actual

$$Go = V_{motor} * \rho_{aire}$$



Ecuación mapa base VE

$$VE = \frac{Ga}{Go} * 100\%$$

$$VE = \frac{\frac{P_{abs} * V_{motor}}{R_{gases} * T_{aire}}}{V_{motor} * \rho_{aire}} * 100\%$$

$$VE = \frac{P_{abs}}{R_{gases} * T_{aire} * \rho_{aire}} * 100\%$$

$$VE = \frac{P_{abs}}{0.28705 \text{ KPa m}^3 / \text{Kg K} * (40 \text{ }^\circ\text{C} + 273.15)\text{K} * 1.168 \text{ Kg/m}^3} * 100\%$$



Mapa base VE

Tabla 1:
Porcentajes VE a diferentes presiones

Presión [KPa]	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
VE [%]	19	29	33	38	43	48	52	57	62	67	71	76	81	86	90	95



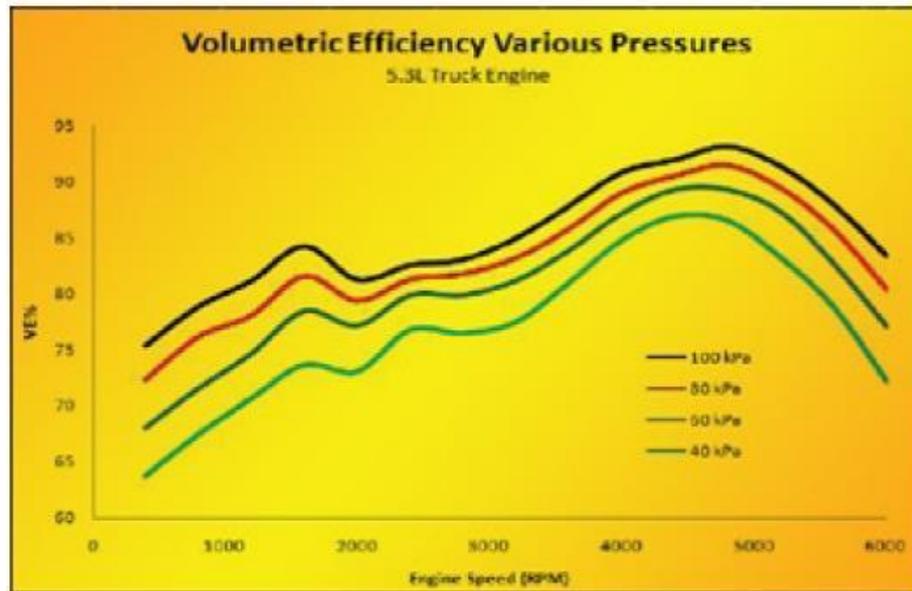
Mapa base VE

Tabla 2:
Porcentajes VE en función de la presión y RPM del motor

Presión absoluta [KPa]	100	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	95	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	90	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
	85	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
	80	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
	75	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
	70	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
	65	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	60	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	55	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
	50	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
	45	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
	40	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
	35	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	0	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000
Revoluciones del motor [RPM]																	



Tendencia VE a varias presiones



Mapa base VE

Tabla 3:
Porcentajes VE corregidos con el aumento del 2% a altas RPM.

Presión absoluta [KPa]	100	95	95	95	95	95	96	98	100	102	104	106	108	110	110	108	106
	95	90	90	90	90	90	91	93	95	97	99	101	103	105	105	103	101
	90	86	86	86	86	86	87	88	90	92	94	96	97	99	99	97	95
	85	81	81	81	81	81	82	83	85	87	88	90	92	94	94	92	90
	80	76	76	76	76	76	77	78	80	82	83	85	87	88	88	87	85
	75	71	71	71	71	71	72	74	75	77	78	80	81	83	83	81	80
	70	67	67	67	67	67	67	69	70	71	73	74	76	77	77	76	74
	65	62	62	62	62	62	64	65	66	68	69	70	72	73	73	72	70
	60	57	57	57	57	57	59	60	61	62	64	65	66	68	68	66	65
	55	52	52	52	52	52	54	55	56	57	58	60	61	62	62	61	60
	50	48	48	48	48	48	50	51	52	53	54	55	56	57	57	56	55
	45	43	43	43	43	43	45	46	47	48	49	50	51	52	52	51	50
	40	38	38	38	38	38	40	41	42	42	43	44	45	46	46	45	44
	35	33	33	33	33	33	35	36	36	37	38	39	39	40	40	39	39
	30	29	29	29	29	29	30	31	31	32	32	33	34	34	34	34	33
	20	19	19	19	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	22
0	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000	
Revoluciones del motor [RPM]																	



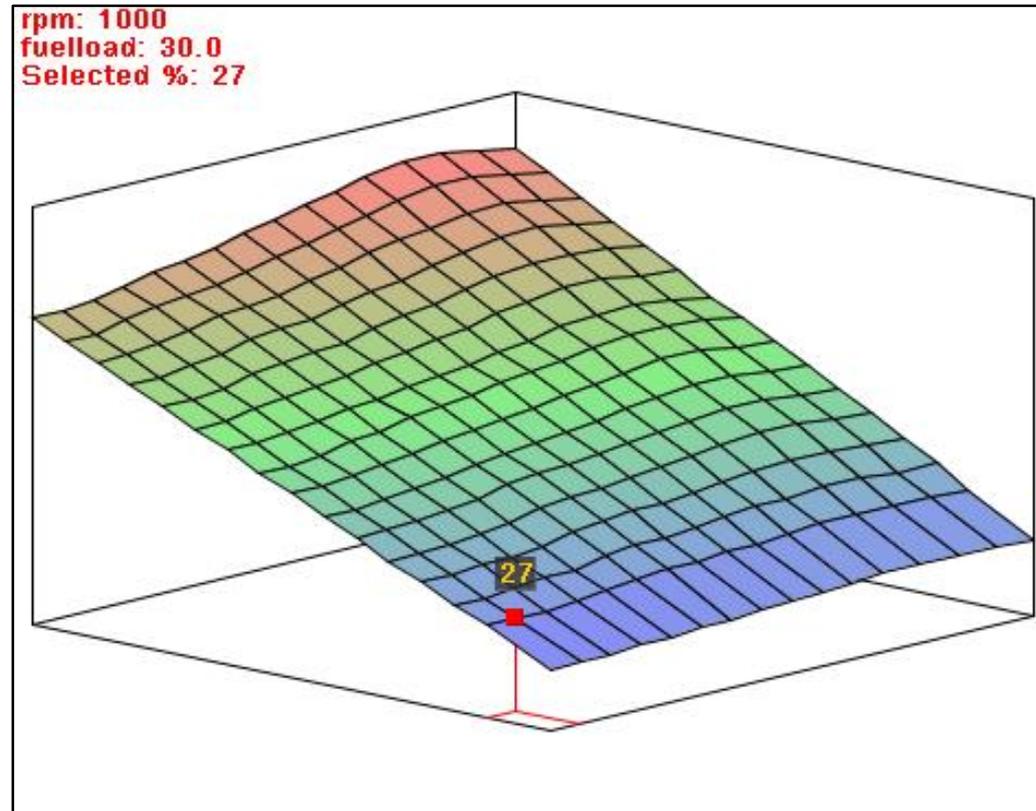
Mapa base VE

Tabla 4:
Porcentajes VE corregidos con la disminución del 2% a bajas RPM.

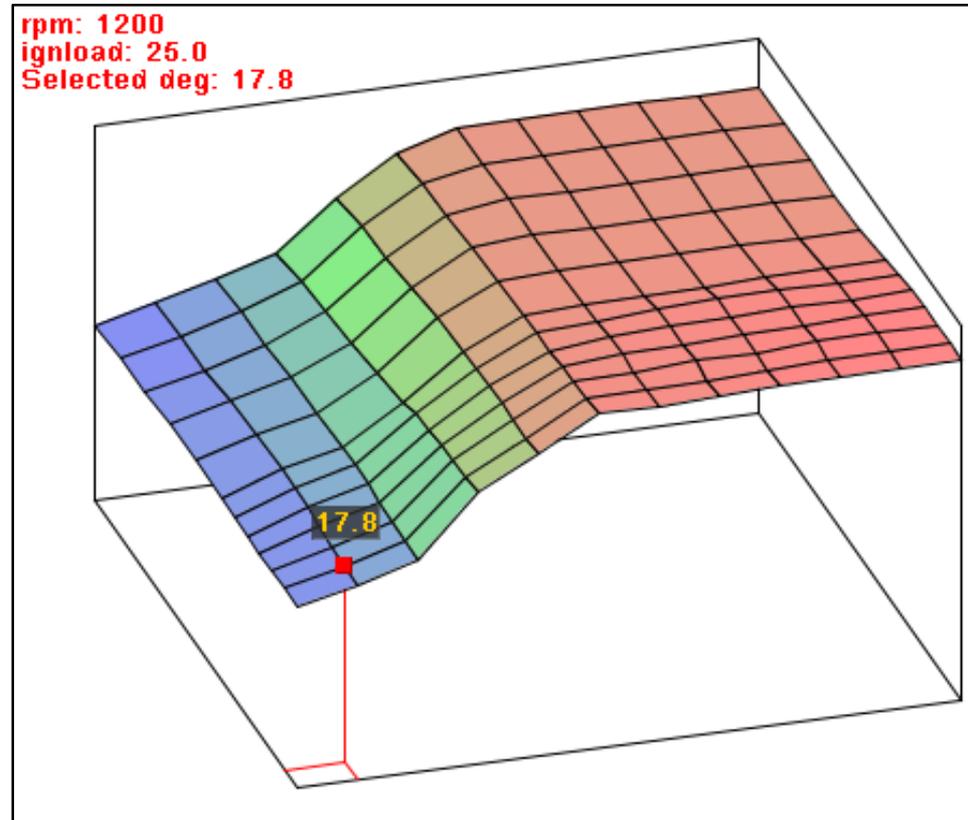
Presión absoluta [KPa]	100	90	90	91	93	95	96	98	100	102	104	106	108	110	110	108	106
	95	85	85	87	89	90	91	93	95	97	99	101	103	105	105	103	101
	90	81	81	82	84	86	87	88	90	92	94	96	97	99	99	97	95
	85	76	76	78	79	81	82	83	85	87	88	90	92	94	94	92	90
	80	72	72	73	75	76	77	78	80	82	83	85	87	88	88	87	85
	75	67	67	69	70	71	72	74	75	77	78	80	81	83	83	81	80
	70	63	63	64	65	67	67	69	70	71	73	74	76	77	77	76	74
	65	58	58	59	61	62	64	65	66	68	69	70	72	73	73	72	70
	60	54	54	55	56	57	59	60	61	62	64	65	66	68	68	66	65
	55	49	49	50	51	52	54	55	56	57	58	60	61	62	62	61	60
	50	45	45	46	47	48	50	51	52	53	54	55	56	57	57	56	55
	45	40	40	41	42	43	45	46	47	48	49	50	51	52	52	51	50
	40	36	36	37	37	38	40	41	42	42	43	44	45	46	46	45	44
	35	31	31	32	33	33	35	36	36	37	38	39	39	40	40	39	39
	30	27	27	27	28	29	30	31	31	32	32	33	34	34	34	34	33
	20	18	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	22
	0	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000
Revoluciones del motor [RPM]																	



Mapa base de eficiencia volumétrica



Mapa base de encendido



AFINACIÓN DE LOS MAPAS TRIDIMENSIONALES



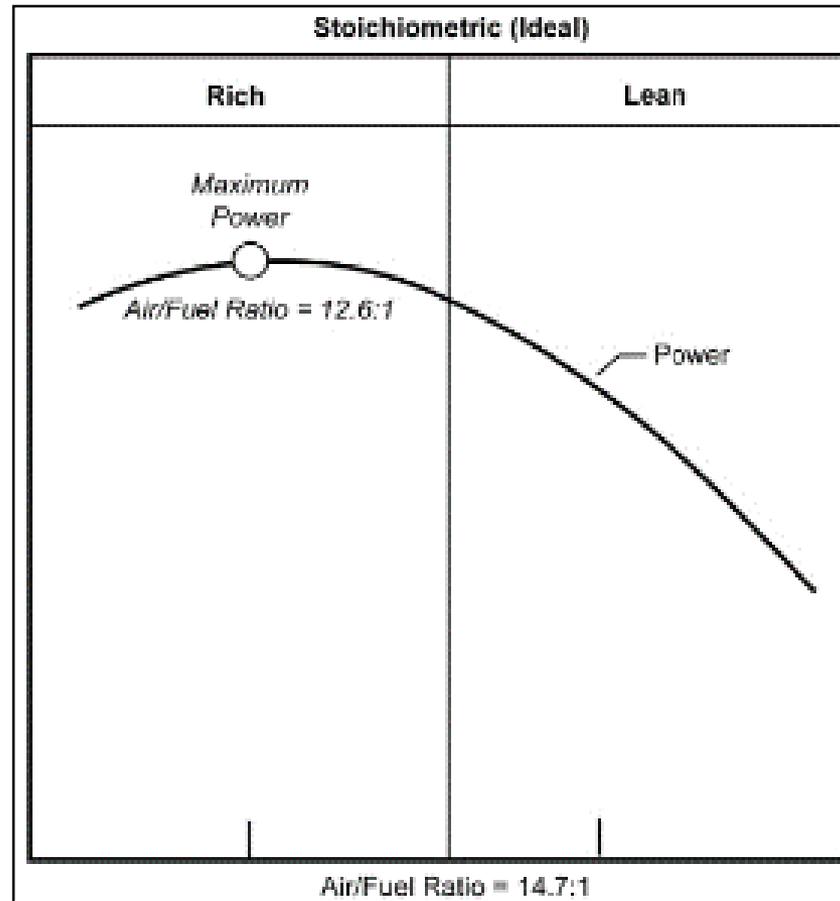
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Calibración del dinamómetro para generar cargas

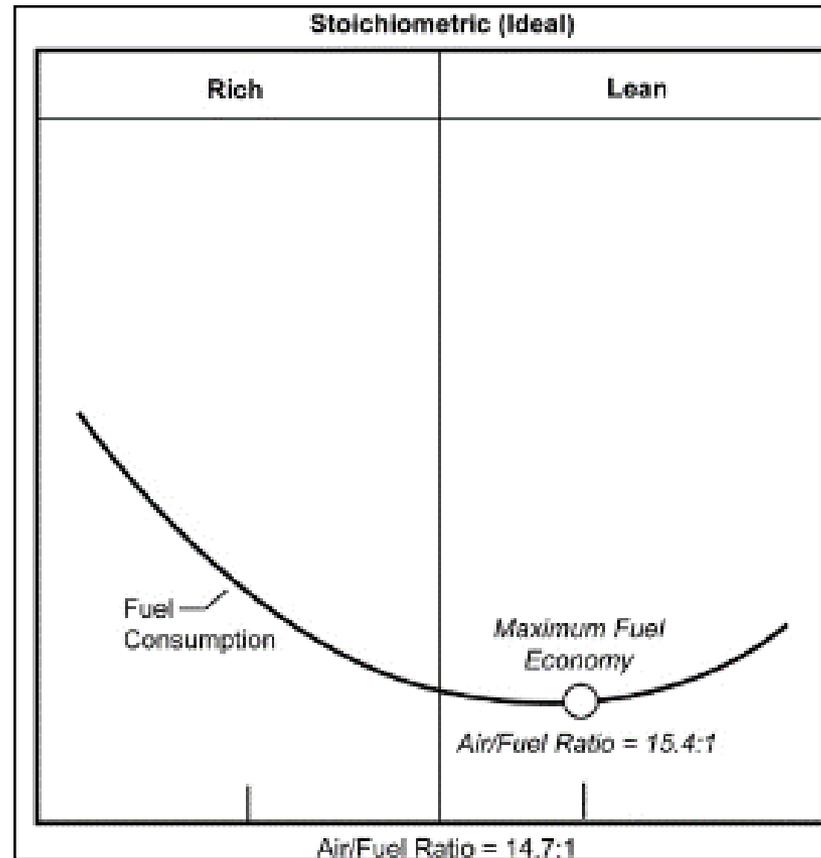
- Se calibra el dinamómetro con cargas hidráulicas que permitan acelerar el motor hasta las 6500 RPM en cuarta marcha



Influencia AFR en la potencia



Influencia AFR en el consumo de combustible



Calibración del mapa VE

- Zona de ralentí

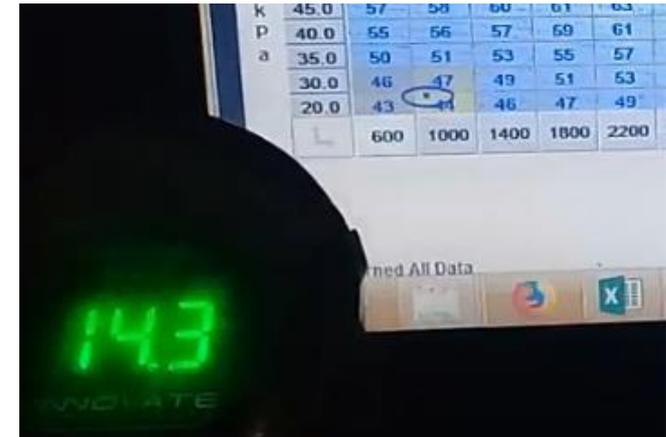
Fuel VE Table 1

View Tools Help

100.0	96	97	99	100	102	104	107	109	112	114	117	117	117	115	113	109	
95.0	91	93	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	111	109	106	102	
90.0	88	89	90	92	94	96	98	99	101	104	107	109	109	106	102	97	
85.0	84	86	88	89	91	93	94	96	98	101	104	106	106	103	98	94	
80.0	79	82	84	86	88	89	91	92	94	97	101	103	103	100	96	91	
75.0	76	78	80	82	83	85	87	89	92	95	98	100	100	97	93	88	
70.0	74	76	78	79	80	82	85	87	89	92	95	97	97	94	90	85	
65.0	70	71	73	75	76	78	81	83	85	88	90	92	92	89	85	80	
60.0	66	68	69	70	72	75	77	79	81	84	86	88	87	84	80	76	
55.0	63	64	66	67	69	71	74	76	78	80	81	82	82	79	76	72	
50.0	60	61	62	64	66	67	70	72	74	76	78	78	77	75	72	68	
45.0	57	58	60	61	63	65	67	69	71	73	74	73	72	70	67	64	
40.0	55	56	57	59	61	63	64	66	67	69	69	69	69	66	64	60	
35.0	50	51	53	55	57	59	60	62	63	65	66	66	65	63	60	57	
30.0	46	47	49	51	53	55	57	58	59	60	61	62	62	60	58	55	
20.0	43	44	46	47	49	50	52	53	54	55	56	57	57	57	56	53	
	↵	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000

rpm

↶ ↷ 🔁 Burn Close



Calibración del mapa VE

- Zona de velocidad crucero

Fuel VE Table 1

View Tools Help

100.0	96	97	99	100	102	104	107	109	112	114	117	117	117	115	113	109
95.0	91	93	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	111	109	106	102
90.0	88	89	90	92	94	96	98	99	101	104	107	109	109	106	102	97
85.0	84	86	88	89	91	93	94	96	98	101	104	106	106	103	98	94
80.0	79	82	84	86	88	89	91	92	94	97	101	103	103	100	96	91
75.0	76	78	80	82	83	85	87	89	92	95	98	100	100	97	93	88
70.0	74	76	78	79	80	82	85	87	89	92	95	97	97	94	90	85
65.0	70	71	73	75	76	78	81	83	85	88	90	92	92	89	85	80
60.0	66	68	69	70	72	75	77	79	81	84	86	88	87	84	80	76
55.0	63	64	66	67	69	71	74	76	78	80	81	82	82	79	76	72
50.0	60	61	62	64	66	67	70	72	74	76	78	78	77	75	72	68
45.0	57	58	60	61	63	65	67	69	71	73	74	73	72	70	67	64
40.0	55	56	57	59	61	63	64	66	67	69	69	69	69	66	64	60
35.0	50	51	53	55	57	59	60	62	63	65	66	66	65	63	60	57
30.0	46	47	49	51	53	55	57	58	59	60	61	62	62	60	58	55
20.0	43	44	46	47	49	50	52	53	54	55	56	57	57	57	56	53

rpm

Burn Close



Calibración del mapa VE

- Zona de aceleración total

Fuel VE Table 1

View Tools Help

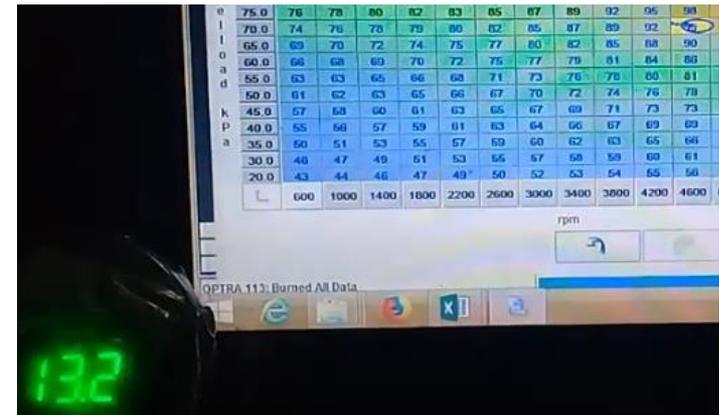
100.0	96	97	99	100	102	104	107	109	112	114	117	117	117	115	113	109
95.0	91	93	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	111	109	106	102
90.0	88	89	90	92	94	96	98	99	101	104	107	109	109	106	102	97
85.0	84	86	88	89	91	93	94	96	98	101	104	106	106	103	98	94
80.0	79	82	84	86	88	89	91	92	94	97	101	103	103	100	96	91
75.0	76	78	80	82	83	85	87	89	92	95	98	100	100	97	93	88
70.0	74	76	78	79	80	82	85	87	89	92	95	97	97	94	90	85
65.0	70	71	73	75	76	78	81	83	85	88	90	92	92	89	85	80
60.0	66	68	69	70	72	75	77	79	81	84	86	88	87	84	80	76
55.0	63	64	66	67	69	71	74	76	78	80	81	82	82	79	76	72
50.0	60	61	62	64	66	67	70	72	74	76	78	78	77	75	72	68
45.0	57	58	60	61	63	65	67	69	71	73	74	73	72	70	67	64
40.0	55	56	57	59	61	63	64	66	67	69	69	69	69	66	64	60
35.0	50	51	53	55	57	59	60	62	63	65	66	66	65	63	60	57
30.0	46	47	49	51	53	55	57	58	59	60	61	62	62	60	58	55
20.0	43	44	46	47	49	50	52	53	54	55	56	57	57	57	56	53

rpm

600 1000 1400 1800 2200 2600 3000 3400 3800 4200 4600 5000 5500 6000 6500 7000

rpm

Burn Close



Calibración del mapa VE

- Zona de potencia máxima

Fuel VE Table 1

View Tools Help

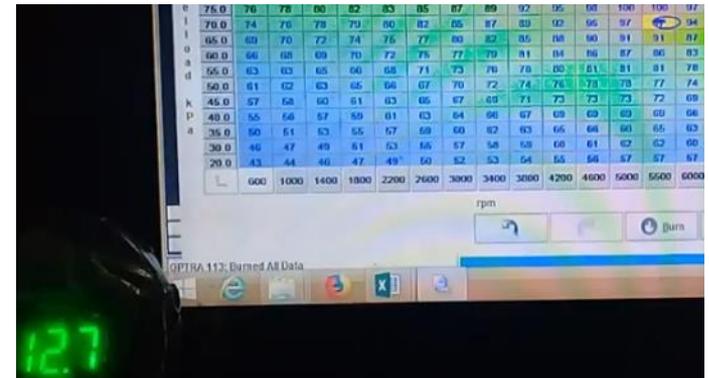
100.0	96	97	99	100	102	104	107	109	112	114	117	117	117	115	113	109
95.0	91	93	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	111	109	106	102
90.0	88	89	90	92	94	96	98	99	101	104	107	109	109	106	102	97
85.0	84	86	88	89	91	93	94	96	98	101	104	106	106	103	98	94
80.0	79	82	84	86	88	89	91	92	94	97	101	103	103	100	96	91
75.0	76	78	80	82	83	85	87	89	92	95	98	100	100	97	93	88
70.0	74	76	78	79	80	82	85	87	89	92	95	97	97	94	90	85
65.0	70	71	73	75	76	78	81	83	85	88	90	92	92	89	85	80
60.0	66	68	69	70	72	75	77	79	81	84	86	88	87	84	80	76
55.0	63	64	66	67	69	71	74	76	78	80	81	82	82	79	76	72
50.0	60	61	62	64	66	67	70	72	74	76	78	78	77	75	72	68
45.0	57	58	60	61	63	65	67	69	71	73	74	73	72	70	67	64
40.0	55	56	57	59	61	63	64	66	67	69	69	69	69	66	64	60
35.0	50	51	53	55	57	59	60	62	63	65	66	66	65	63	60	57
30.0	46	47	49	51	53	55	57	58	59	60	61	62	62	60	58	55
20.0	43	44	46	47	49	50	52	53	54	55	56	57	57	57	56	53

rpm

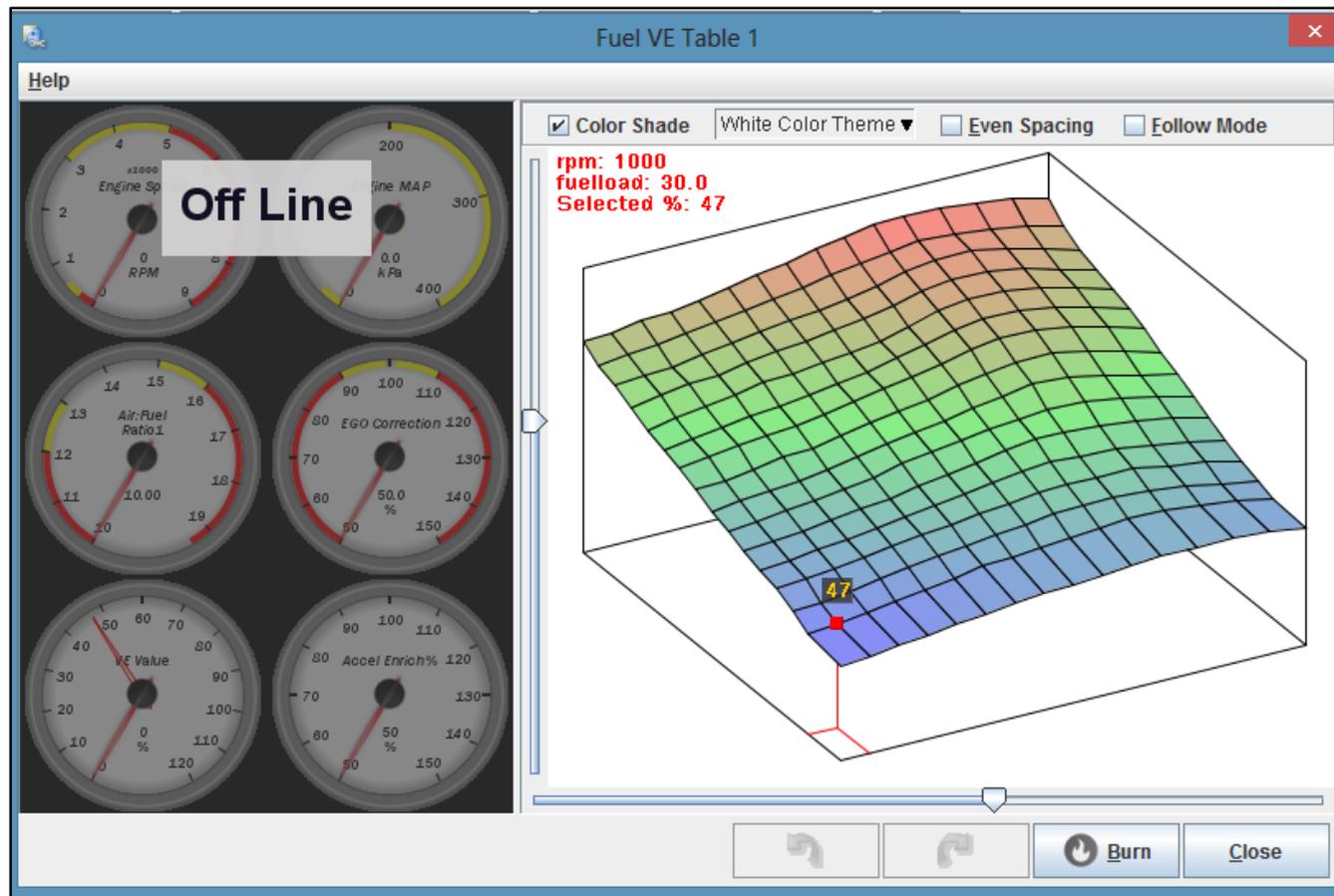
600 1000 1400 1800 2200 2600 3000 3400 3800 4200 4600 5000 5500 6000 6500 7000

rpm

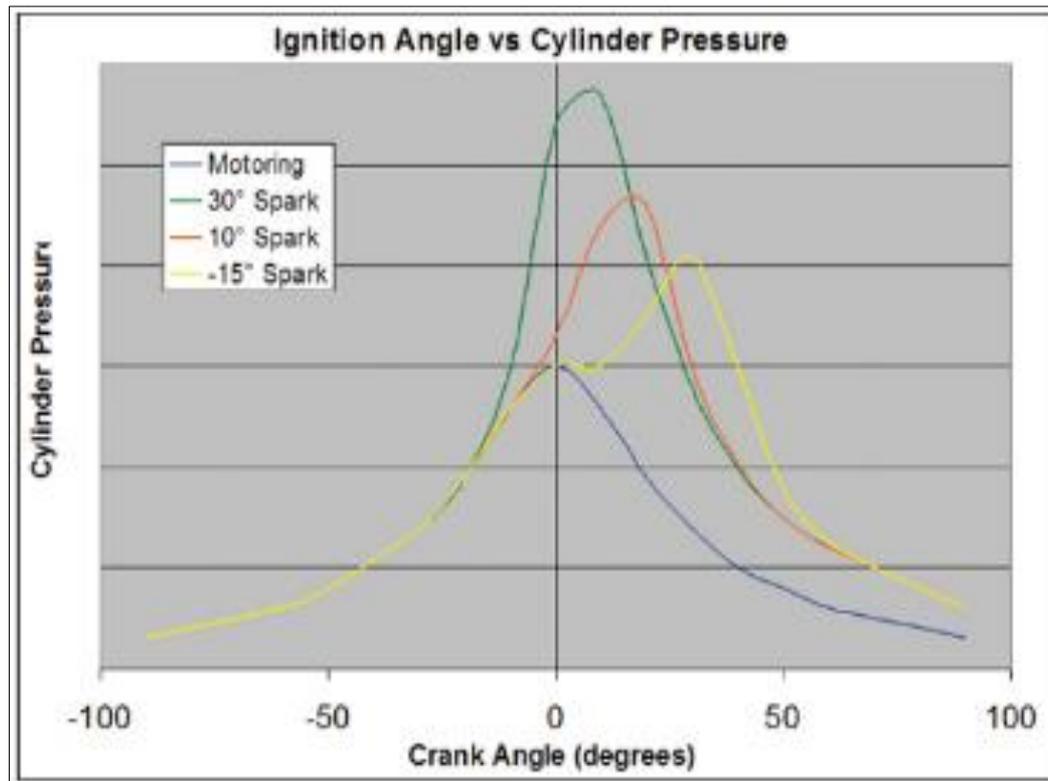
Burn Close



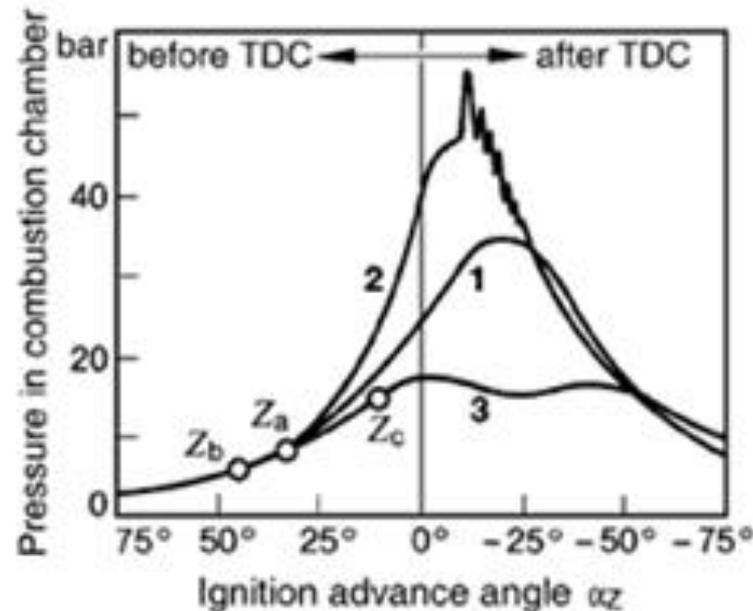
Mapa final VE



Efectos del avance sobre la presión de cilindro



Efectos de un adelanto o retraso excesivo

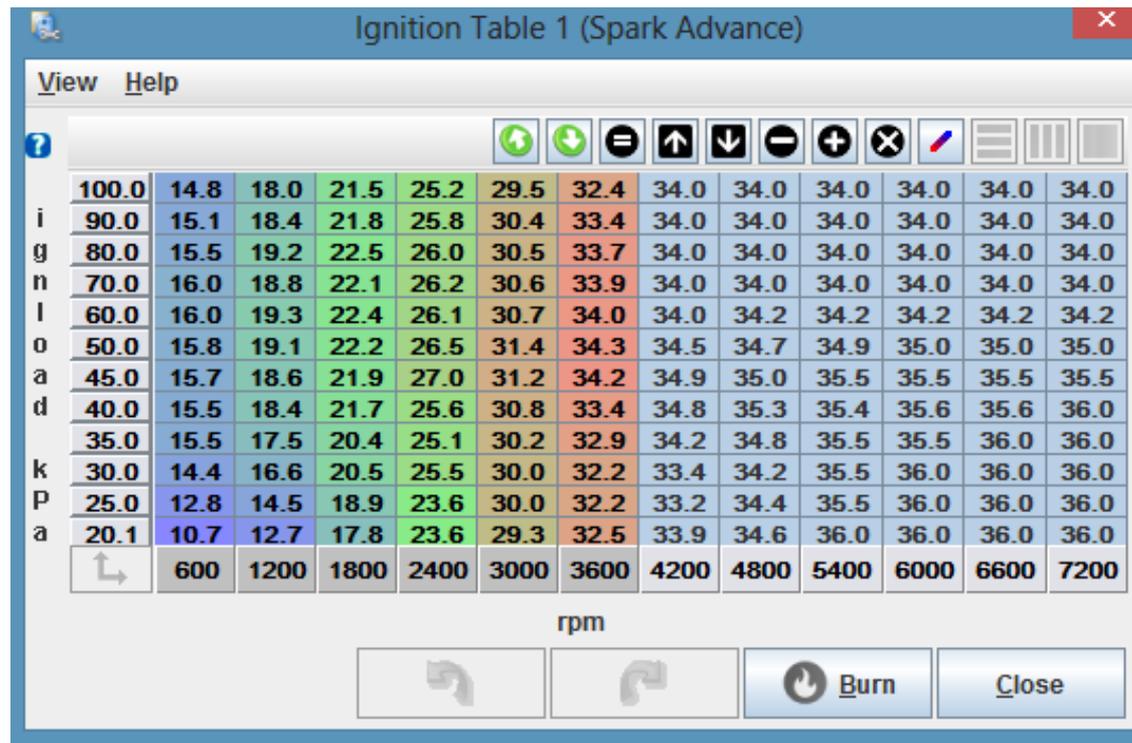


- 1 Correct ignition advance (Z_a),
- 2 Excessive ignition advance (Z_b),
- 3 Excessive ignition retard (Z_c).



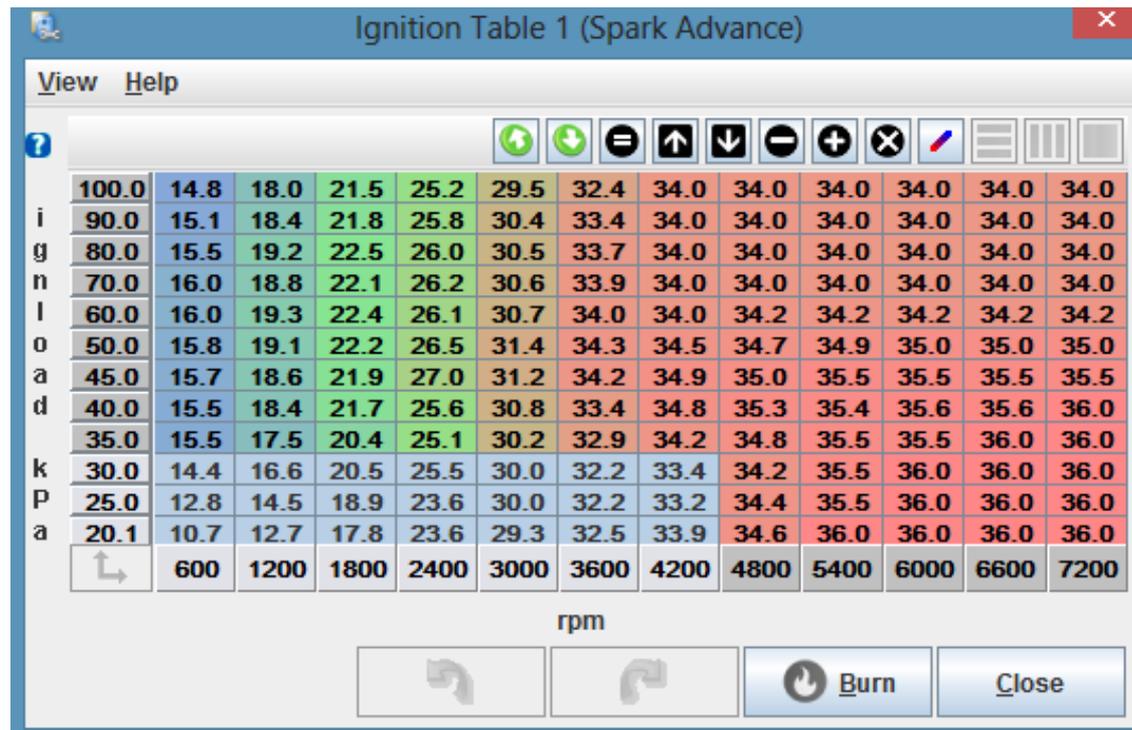
Calibración del mapa de encendido

- Avance a altas revoluciones



Calibración del mapa de encendido

- Avance a cargas bajas

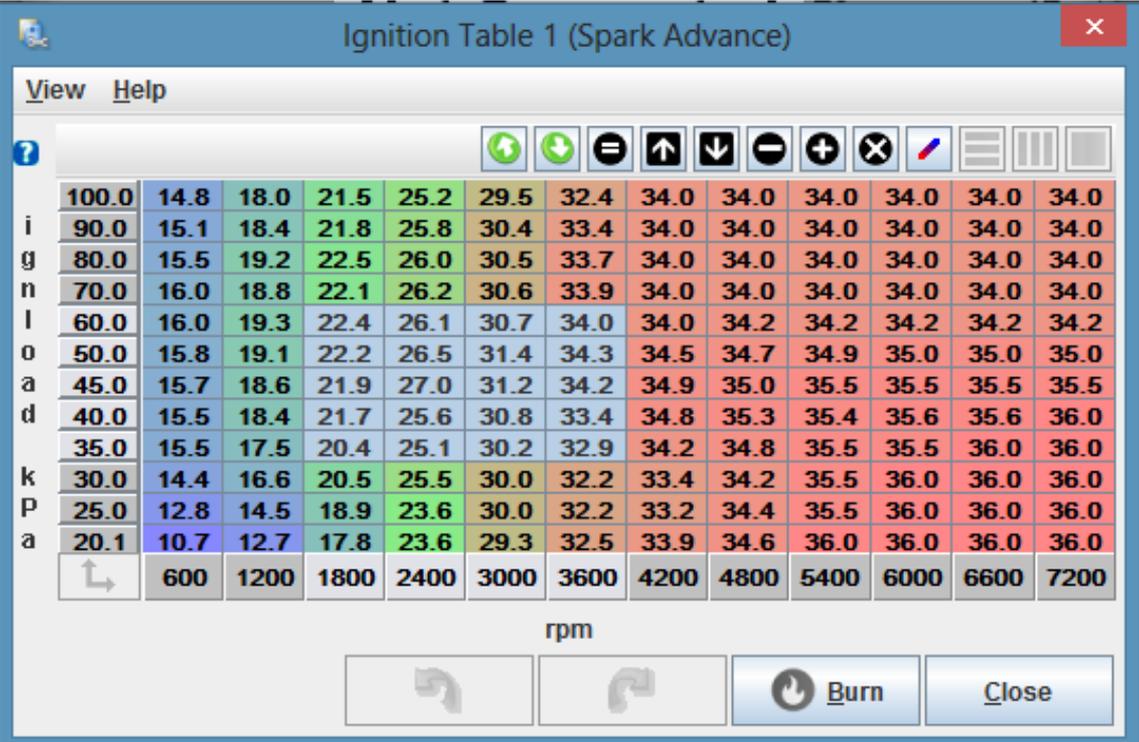


Calibración del mapa de encendido

- Avance a velocidad crucero

Ignition Table 1 (Spark Advance)

View Help



The screenshot shows a software window titled "Ignition Table 1 (Spark Advance)". It features a menu bar with "View" and "Help". Below the menu is a toolbar with various icons for navigation and editing. The main area is a grid with throttle position on the vertical axis (ranging from 20.1 to 100.0) and engine speed in rpm on the horizontal axis (ranging from 600 to 7200). The grid cells contain numerical values representing spark advance in degrees. The values generally increase with both throttle position and engine speed. At the bottom of the window, there are buttons for "Burn" and "Close", along with some navigation icons.

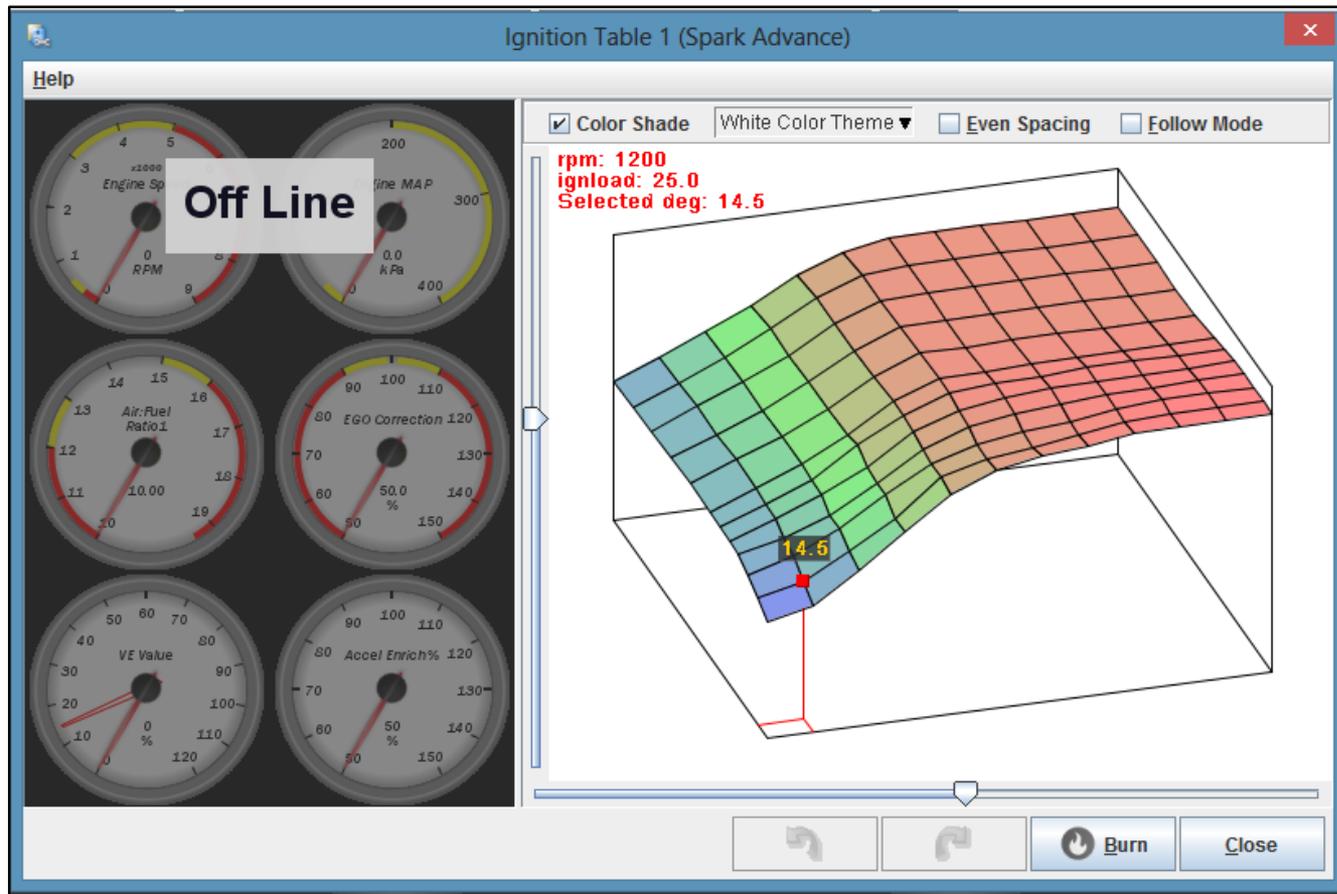
100.0	14.8	18.0	21.5	25.2	29.5	32.4	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
90.0	15.1	18.4	21.8	25.8	30.4	33.4	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
80.0	15.5	19.2	22.5	26.0	30.5	33.7	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
70.0	16.0	18.8	22.1	26.2	30.6	33.9	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
60.0	16.0	19.3	22.4	26.1	30.7	34.0	34.0	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
50.0	15.8	19.1	22.2	26.5	31.4	34.3	34.5	34.7	34.9	35.0	35.0	35.0
45.0	15.7	18.6	21.9	27.0	31.2	34.2	34.9	35.0	35.5	35.5	35.5	35.5
40.0	15.5	18.4	21.7	25.6	30.8	33.4	34.8	35.3	35.4	35.6	35.6	36.0
35.0	15.5	17.5	20.4	25.1	30.2	32.9	34.2	34.8	35.5	35.5	36.0	36.0
30.0	14.4	16.6	20.5	25.5	30.0	32.2	33.4	34.2	35.5	36.0	36.0	36.0
25.0	12.8	14.5	18.9	23.6	30.0	32.2	33.2	34.4	35.5	36.0	36.0	36.0
20.1	10.7	12.7	17.8	23.6	29.3	32.5	33.9	34.6	36.0	36.0	36.0	36.0
	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200

rpm

Burn Close

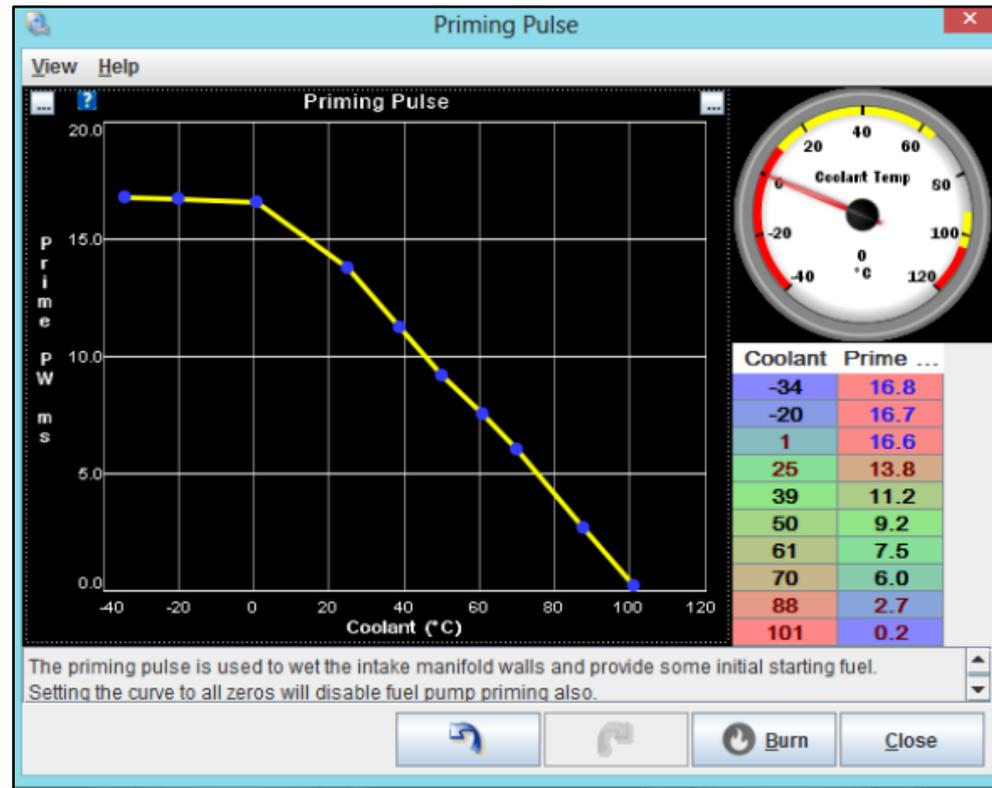


Mapa final de encendido



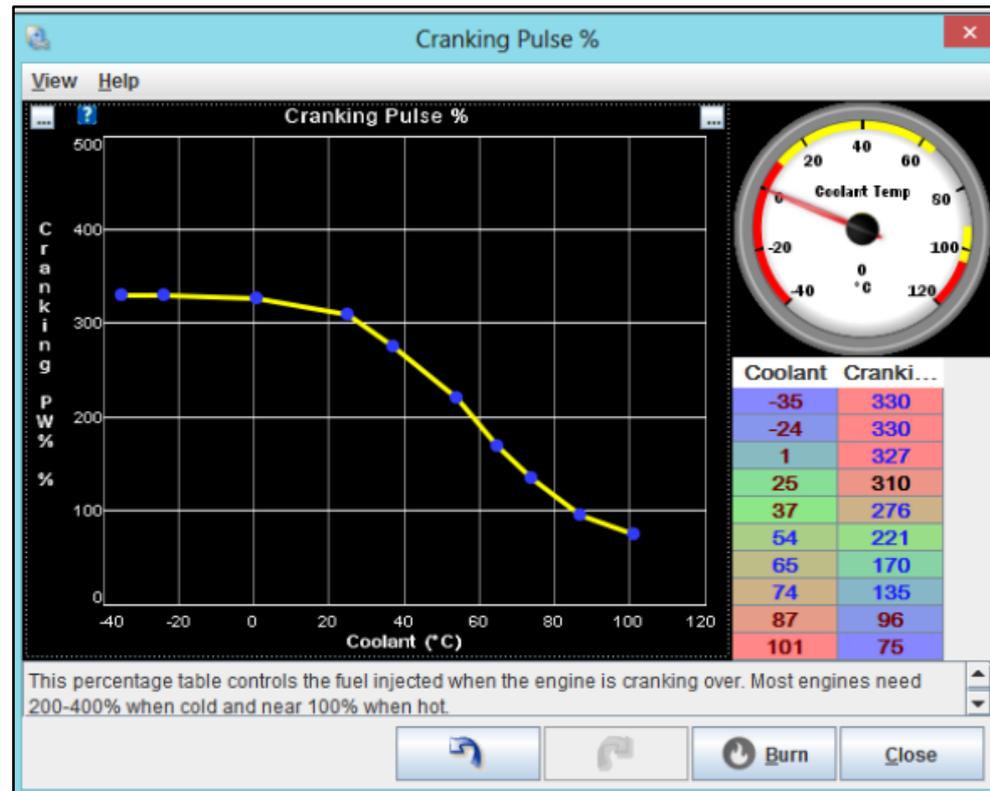
Configuraciones adicionales

- Pulso de cebado



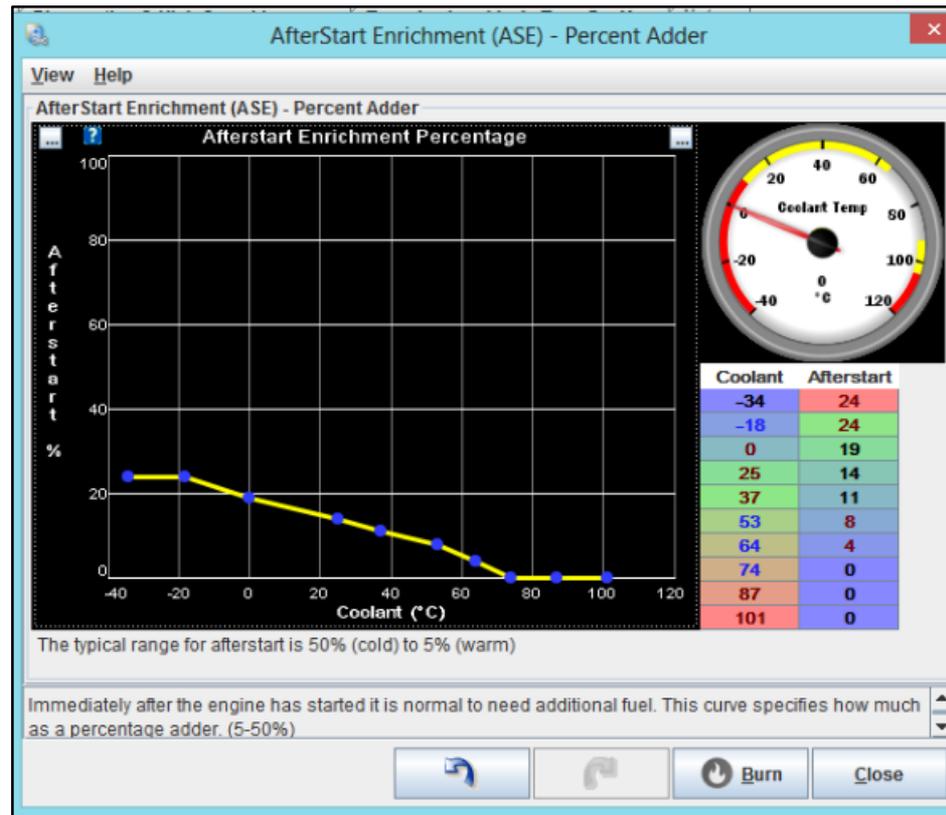
Configuraciones adicionales

- Pulso de arranque



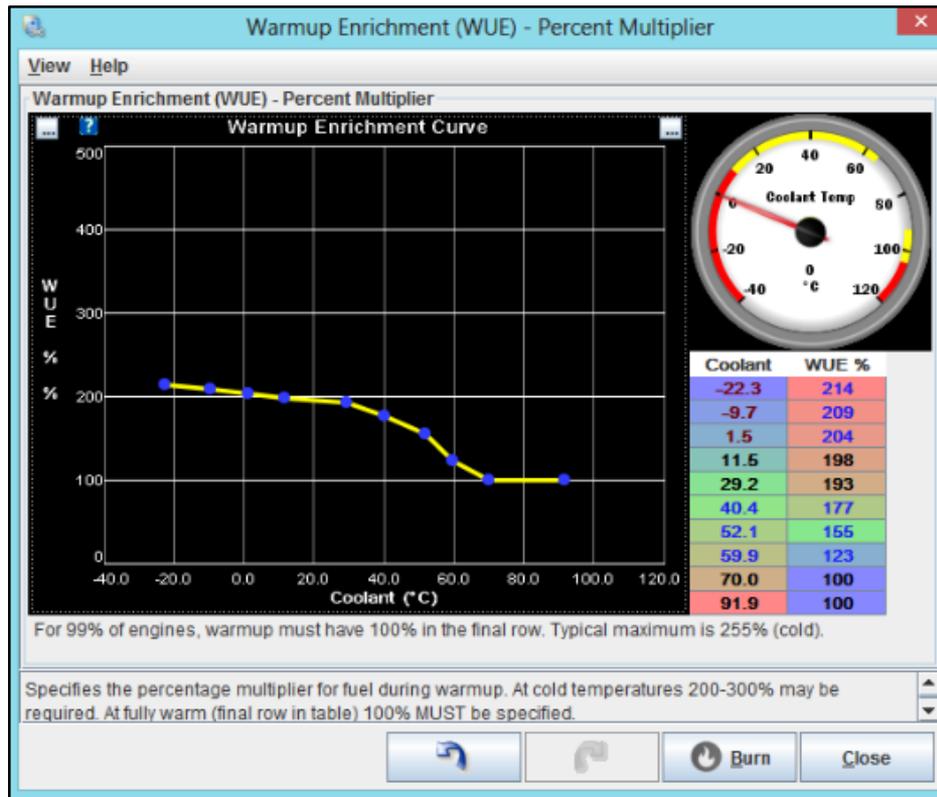
Configuraciones adicionales

- Enriquecimiento luego del arranque



Configuraciones adicionales

- Enriquecimiento de calentamiento

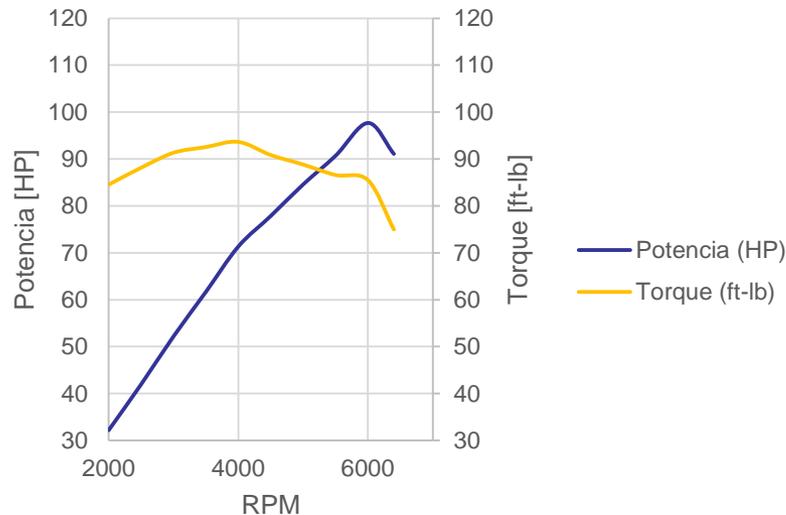


ANÁLISIS DE PRUEBAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

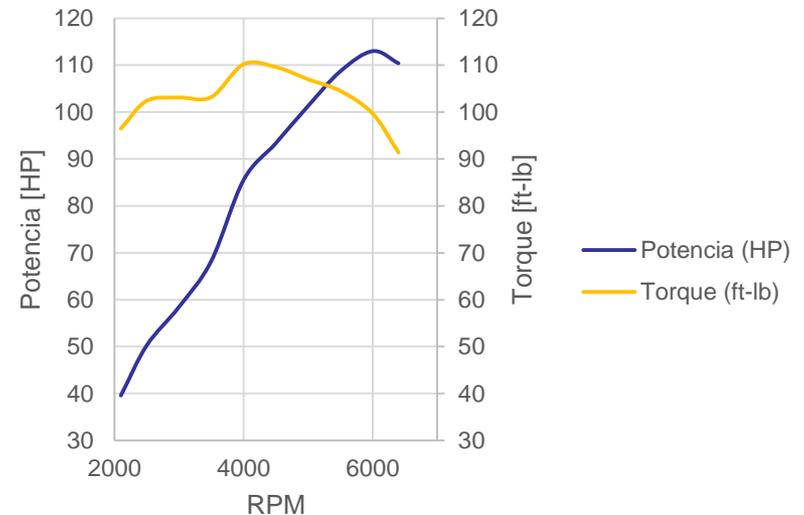
Potencia y torque obtenidas



ECU estándar

Potencia: 99.10 HP a 5750 RPM

Torque: 93.65 ft-lb a 4000 RPM



ECU programable

Potencia: 113.2 HP a 6050 RPM

Torque: 111.0 ft-lb a 4100 RPM

Ganancia

Potencia: 14.1 HP 14.22%

Torque: 17.35 ft-lb 18.52%



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Comparación de potencia

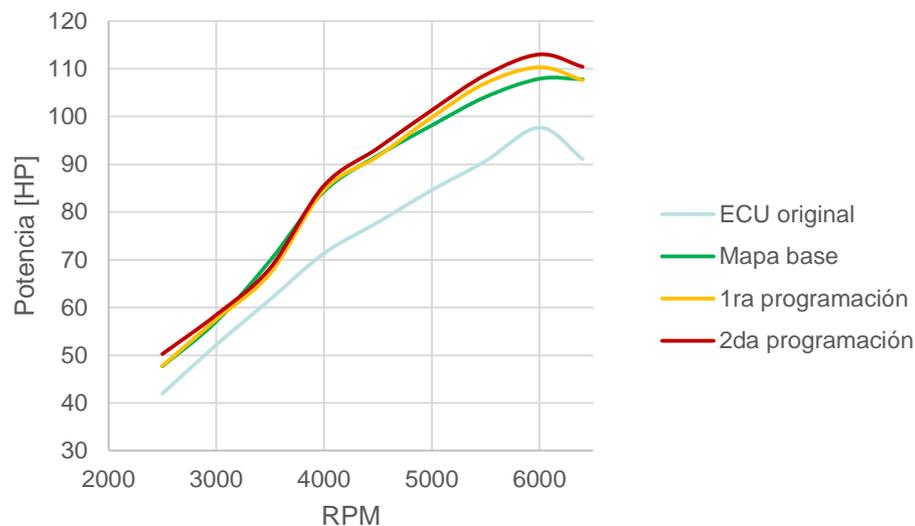


Tabla 5:

Datos en el punto de máxima potencia.

	Potencia [HP]	Torque [ft-lb]	Relación a/c	RPM	VE [%]	Avance [°]
Mapa base	108.4	96.42	12.42	5950	81	36
Primera programación	110.4	98.19	12.88	6100	84	35
Segunda programación	113.2	98.97	12.95	6050	87	34



Comparación de torque

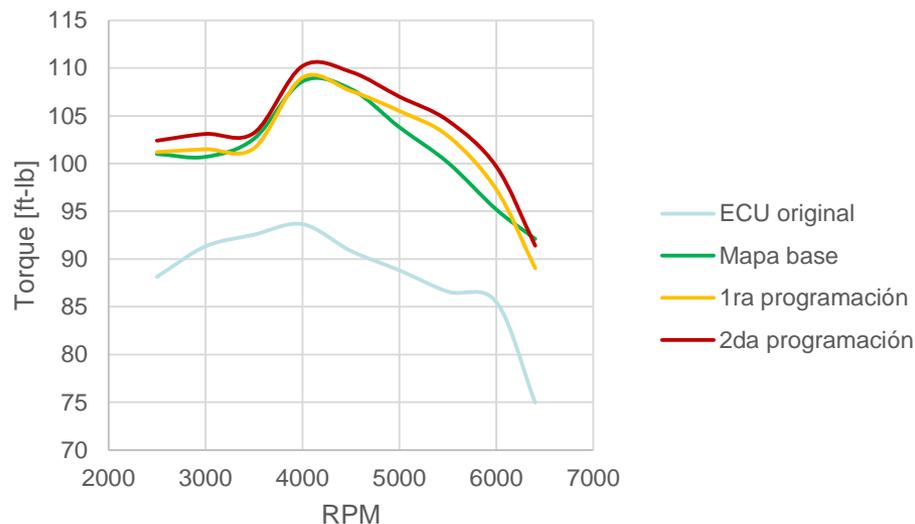


Tabla 6:

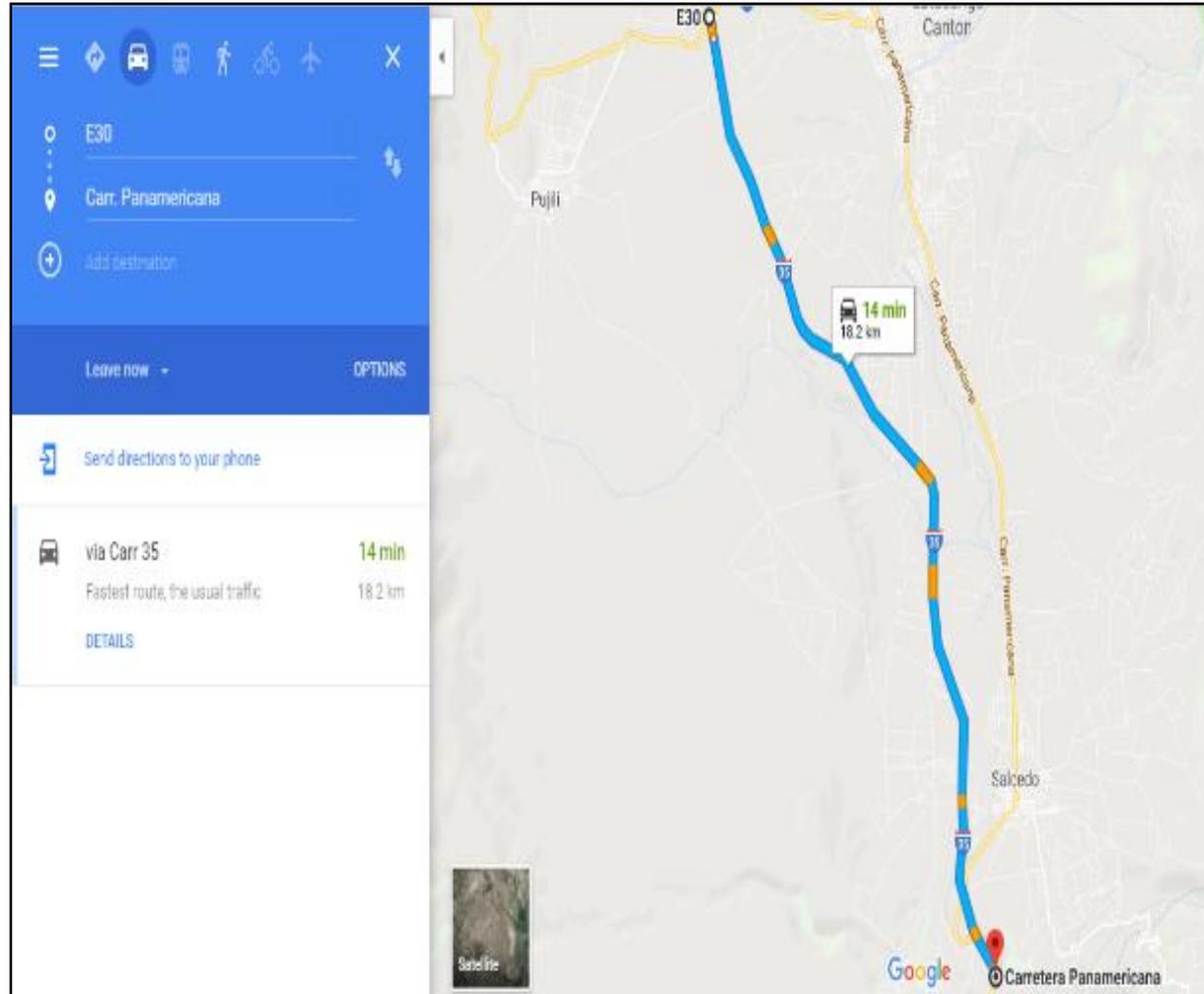
Datos en el punto de máximo torque.

	Potencia [HP]	Torque [ft-lb]	Relación a/c	RPM	VE [%]	Avance [°]
Mapa base	86.87	109.2	12.70	4100	76	36
Primera programación	84.61	109.0	13.38	4000	82	35
Segunda programación	88.29	111.0	13.62	4100	85	34



Pruebas de consumo de combustible

Esta prueba de combustible tubo una distancia de 74 km Desde el redondel de Pujilí hasta el peaje de panzaleo, 2 pruebas con cada Ecu estándar y Megasquirt.



Instrumentos de medición

Depósito y probetas graduados



Depósito de combustible y multímetro



Parámetros de conducción para vías autopistas

Tabla de recopilación de datos

- En el recorrido de la ruta no se debe disminuir las RPM del motor por debajo de las 2000 RPM.
- En el recorrido de la ruta se debe respetar los límites de velocidad establecidos para autopistas.
- En todo el recorrido de la ruta hay que mantener una velocidad promedio.

DATOS DE PRUEBA

Fecha:	Tramo:	Tipo de vía	
		Autopista	
		Urbana	
Marca:		Modelo:	
Año:		Peso del vehículo:	
Cilindraje:		Potencia:	
Datos iniciales		Datos finales	
Volumen de combustible(L)		Volumen de combustible(L)	
Temperatura ambiente (°C)		Temperatura ambiente (°C)	
Resistencia de la boya (Ω)		Resistencia de la boya (Ω)	
Kilometraje (km)		Kilometraje (km)	
Cronometro		Cronometro	
Consumo			
Kilómetros	Tiempo	Δ Resistencia(Ω)	Δ Combustible (L)



1°- Prueba de combustible ECU estándar



DATOS DE PRUEBA

Fecha: 8/01/2018	Tramo: Redondel de Pujilí-Peaje de panzaleo	Tipo de vía	
		Autopista	x
		Urbana	

Marca: Chevrolet	Modelo: Optra Design
Año 2008	Peso del vehículo: 1211 Kg
Cilindraje: 1.8 L	Potencia: 98 HP

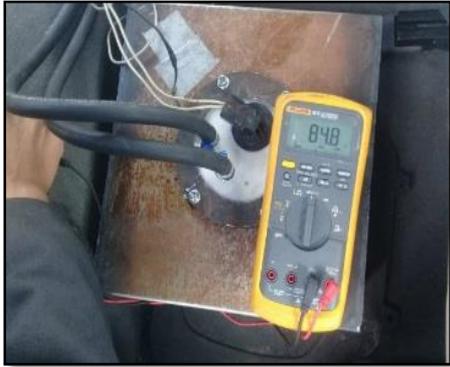
Datos iniciales		Datos finales	
Volumen de combustible(L)	10	Volumen de combustible(L)	4,490
Temperatura ambiente (°C)	12 °C	Temperatura ambiente (°C)	13°C
Resistencia de la boya (Ω)	84,7	Resistencia de la boya (Ω)	205,9
Kilometraje (km)	15335	Kilometraje (km)	15409
Cronometro	0	Cronometro(min)	48.4

Consumo

Kilómetros (km)	Tiempo (min)	Δ Resistencia(Ω)	Δ Combustible (L)
74	48.4	121.2	5.510



2°- Prueba de combustible ECU estándar



DATOS DE PRUEBA

Fecha: 08/01/2018	Tramo: Redondel de Pujilí-Peaje de panzaleo	Tipo de vía	
		Autopista	x
		Urbana	

Marca: Chevrolet	Modelo: Optra Design
Año 2008	Peso del vehículo: 1211 Kg
Cilindraje: 1.8 L	Potencia: 98 HP

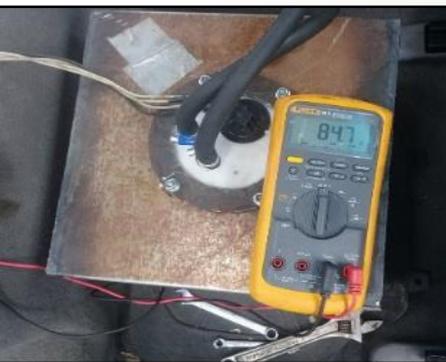
Datos iniciales		Datos finales	
Volumen de combustible(L)	10	Volumen de combustible(L)	4,205
Temperatura ambiente (°C)	12°C	Temperatura ambiente (°C)	14°C
Resistencia de la boya (Ω)	84,8	Resistencia de la boya (Ω)	205,9
Kilometraje (km)	15409	Kilometraje (km)	15483
Cronometro	0	Cronometro(min)	48.2

Consumo

Kilómetros (km)	Tiempo (min)	Δ Resistencia(Ω)	Δ Combustible (L)
74	48.2	121.1	5.795



1°- Prueba Programación Megasquirt



DATOS DE PRUEBA

Fecha: 11/01/2018	Tramo: Redondel de Pujilí-Peaje de panzaleo	Tipo de vía	
		Autopista	x
		Urbana	
Marca: Chevrolet		Modelo:	Optra Design
Año 2008		Peso del vehículo:	1211 Kg
Cilindraje: 1.8 L		Potencia:	113 HP
Datos iniciales		Datos finales	
Volumen de combustible(L)	10	Volumen de combustible(L)	4.055
Temperatura ambiente (°C)	13°C	Temperatura ambiente (°C)	14°C
Resistencia de la boya (Ω)	84.7	Resistencia de la boya (Ω)	200,2
Kilometraje (km)	15844	Kilometraje (km)	15918
Cronometro	0	Cronometro(min)	48.20
Consumo			
Kilómetros (km)	Tiempo (min)	Δ Resistencia(Ω)	Δ Combustible (L)
74	48.20	115.5	5.945



2°- Prueba Programación Megasquirt

DATOS DE PRUEBA



Fecha: 11/01/2018	Tramo: Redondel de Pujilí-Peaje de panzaleo	Tipo de vía	
		Autopista	x
		Urbana	

Marca: Chevrolet	Modelo: Optra Design
Año: 2008	Peso del vehículo: 1211 Kg
Cilindraje: 1.8 L	Potencia: 113 HP

Datos iniciales		Datos finales	
Volumen de combustible(L)	10	Volumen de combustible(L)	4.480
Temperatura ambiente (°C)	15°C	Temperatura ambiente (°C)	15°C
Resistencia de la boya (Ω)	84.6	Resistencia de la boya (Ω)	200.2
Kilometraje (km)	15918	Kilometraje (km)	15992
Cronometro	0	Cronometro(min)	48.35

Consumo

Kilómetros (km)	Tiempo (min)	Δ Resistencia(Ω)	Δ Combustible (L)
74	48.35	115.6	4.520



Tabulación de resultados

ECU estándar

1 galon = 3.785l

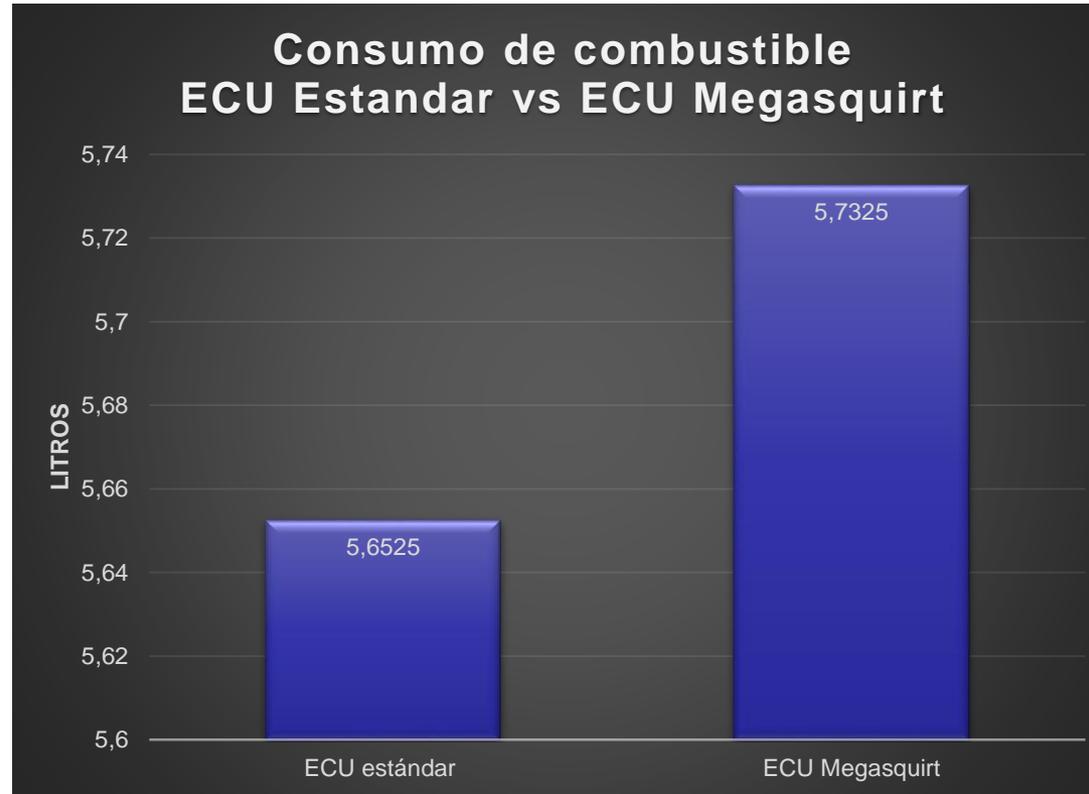
$$5.510 \text{ l} * \frac{1 \text{ galon}}{3.785 \text{ l}} = 1.46 \text{ galones}$$

	Consumo de combustible (L)	Consumo de combustible (Gal)
1 Prueba	5.510	1.455
2 Prueba	5.795	1.53

ECU Megasquirt

	Consumo de Combustible (l)	Consumo de combustible (Gal)
1 Prueba	5,945	1,57
2 Prueba	5,520	1,458

Consumo de combustible
ECU Estandar vs ECU Megasquirt



Cálculos de consumo de combustible

ESTÁNDAR

$$m = \delta * v \text{ Ecuacion 3}$$

$$m = 0.73508 \frac{gr}{cm^3} * 5.6225l * \frac{1000cm^3}{1l} * \frac{1kg}{1000gr}$$
$$= 4.13kg$$

$$C = \frac{m}{\delta * s} * 100 \left[\frac{l}{100km} \right] \text{ Ecuacion 2}$$

$$C = \frac{4.13kg}{0.73508 \frac{kg}{l} * 74 km} * 100 \left[\frac{l}{100km} \right]$$

$$7.59 \left[\frac{l}{100km} \right] * \frac{1 galon}{3.785 l} = 2.005 \left[\frac{galones}{100km} \right]$$

Consumo especifico

$$B = \frac{C * \delta * 3600}{t} \left[\frac{kg}{h} \right] \text{ Ecuacion 4}$$

$$B = \frac{5.6525l * \frac{0.73508kg}{l} * 3600}{48.2min * \frac{60seg}{1min}} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$B = 5.17 Kg/h$$

MEGASQUIRT

$$m = \delta * v \text{ Ecuacion 3}$$

$$m = 0.73508 \frac{gr}{cm^3} * 5.7325l * \frac{1000cm^3}{1l} * \frac{1kg}{1000gr}$$
$$= 4.21kg$$

$$C = \frac{m}{\delta * s} * 100 \left[\frac{l}{100km} \right] \text{ Ecuacion 2}$$

$$C = \frac{4.21kg}{0.73508 \frac{kg}{l} * 74 km} * 100 \left[\frac{l}{100km} \right]$$

$$7.73 \left[\frac{l}{100km} \right] * \frac{1 galon}{3.785l} = 2.04 \left[\frac{galones}{100km} \right]$$

Consumo especifico

$$B = \frac{C * \delta * 3600}{t} \left[\frac{kg}{h} \right] \text{ Ecuacion 4}$$

$$B = \frac{5.7325ts * \frac{0.73508kg}{l} * 3600}{48.35min * \frac{60seg}{1min}}$$

$$B = 5.24 Kg/h$$



EMISIONES DE GASES

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

PRUEBA DE GASES RALENTÍ

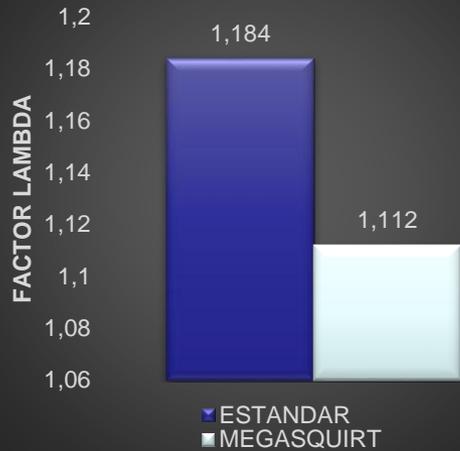
RPM	Estándar	Megasquirt
Lambda	1,184	1,112
CO	0,34	0,16
CO2	12,3	13,2
HC	182	253
O2	3,70	2,47
NO	64	138

PRUEBA DE GASES 3000 RPM

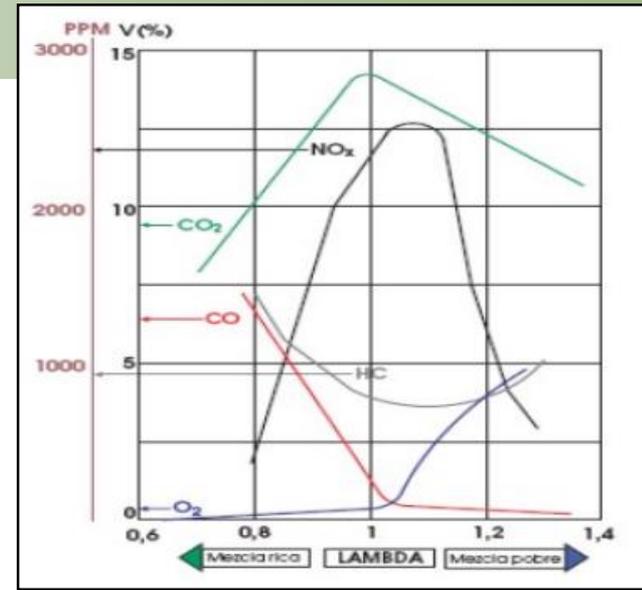
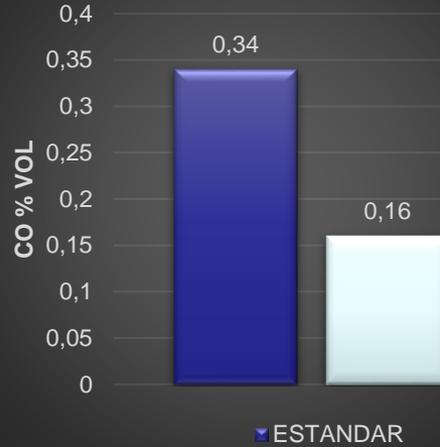
RPM	Estándar	Megasquirt
Lambda	1,008	1,111
CO	0,18	0,22
CO2	14,8	13,3
HC	71	125
O2	0,35	2,40
NO	373	487



LAMBDA RALENTÍ



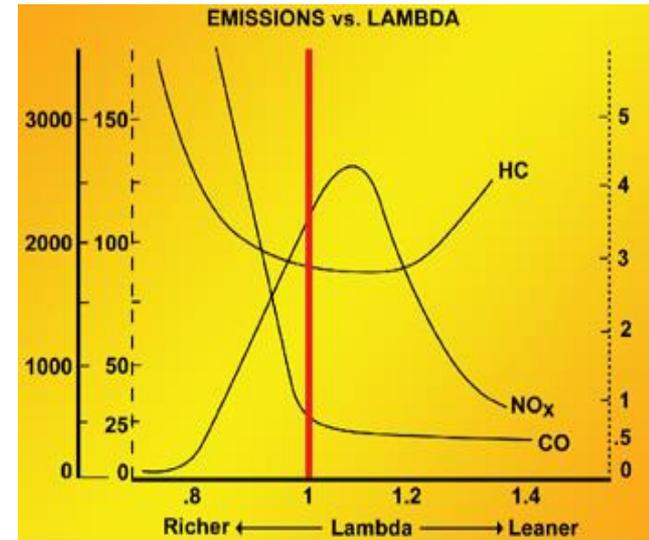
CO-Ralentí



LAMBDA 3000 RPMS



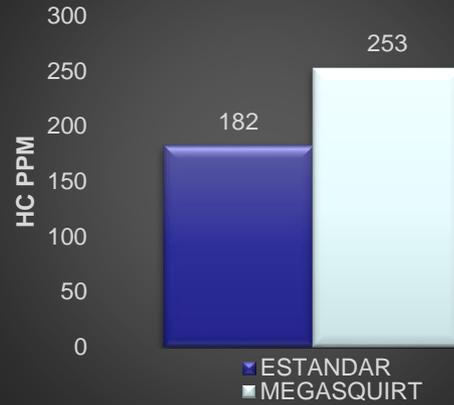
CO % Vol 3000RPM



CO2 %vol Ralenti



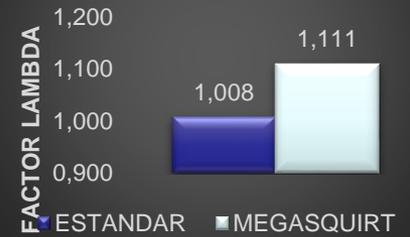
HC ppm Ralenti



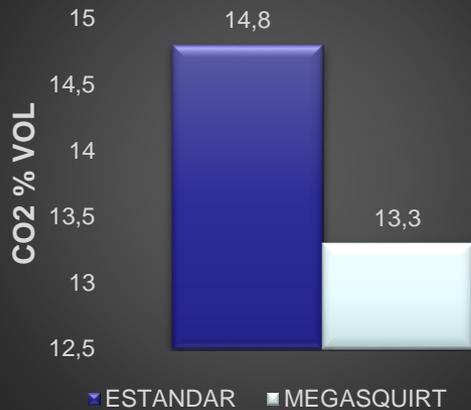
LAMBDA RALENTÍ



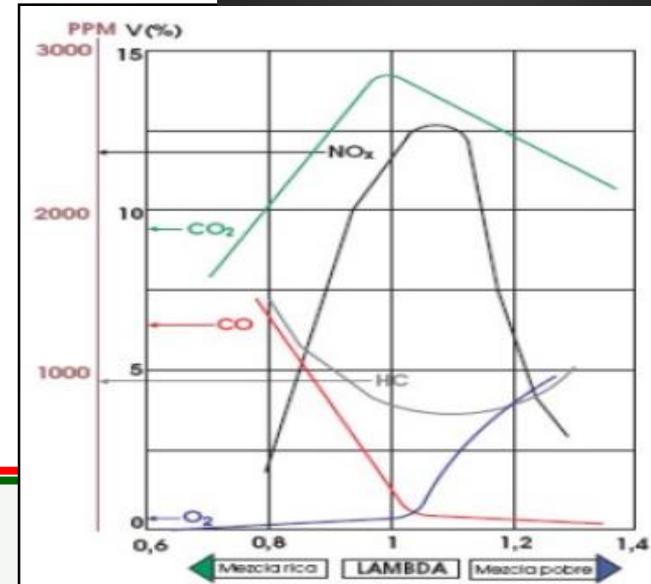
LAMBDA 3000 RPMS



CO2 %vol 3000



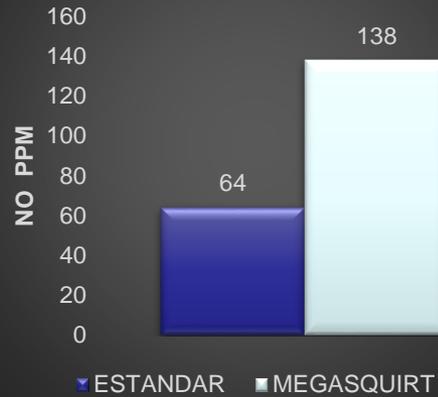
HC ppm 3000 RPM



O2 % Vol RALENTÍ



NO ppm Vol RALENTÍ



LAMBDA RALENTÍ



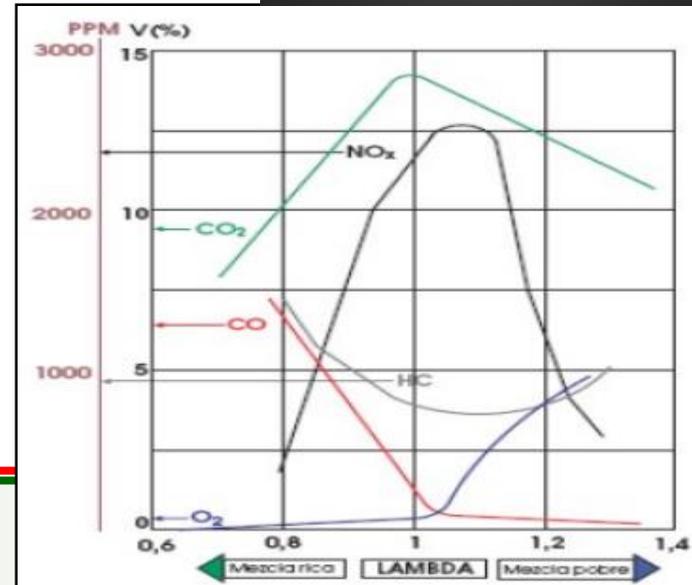
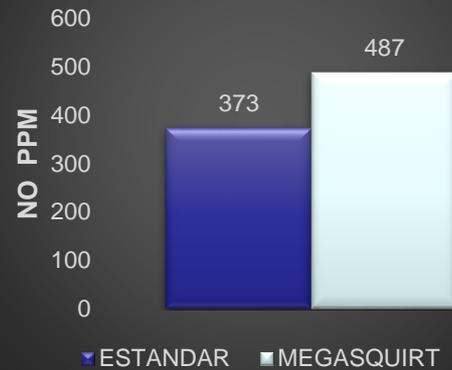
LAMBDA 3000 RPMS



O2 % Vol 3000RPM



NO ppm Vol 3000 RPM



CÁLCULOS DE EFICIENCIA MECÁNICA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ciclo OTTO teórico

- Presión de admisión

$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi) * \frac{w a d^2}{2} (\rho_o) 10^{-6}$$

$$P_a = 0.1 \text{ MPa} - (3.1) * \frac{82^2}{2} (1.209) 10^{-6}$$

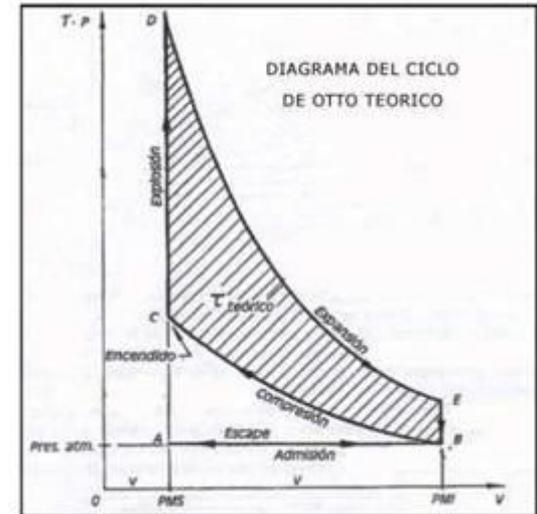
$$P_a = 0.087 \text{ MPa}$$

- Temperatura de admisión

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma r T_r}{1 + \gamma r}$$

$$T_a = \frac{(15^\circ\text{C} + 273.15)\text{K} + (8) + (0.076)(940)\text{K}}{1 + 0.076}$$

$$T_a = 341.626 \text{ K}$$



Ciclo OTTO teórico

- Presión de compresión

$$P_c = P_a * \epsilon^{n1}$$

$$P_c = 0.087 \text{ MPa} * 9.8^{1.328}$$

$$P_c = 1.802 \text{ MPa}$$

- Temperatura de compresión

$$T_c = T_a * \epsilon^{n1-1}$$

$$T_c = 341.626 \text{ K} * 9.8^{1.328-1}$$

$$T_c = 722.226 \text{ K}$$

- Presión de explosión

$$P_z = \mu_r * \frac{T_z}{T_c} * P_c$$

$$P_z = 1.074 * \frac{2613.15 \text{ K}}{722.226 \text{ K}} * 1.802 \text{ MPa}$$

$$P_z = 7.002 \text{ MPa}$$



Ciclo OTTO teórico

- Grado elevación de presión

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$$

$$\lambda = \frac{7.002 \text{ MPa}}{1.802 \text{ MPa}}$$

$$\lambda = 3.886$$

- Presión media indicada del ciclo

$$p_{mi} = P_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

$$p_{mi} = 1.044 \text{ Mpa}$$



Potencia indicada

- Presión media indicada real

$$P_i = \varphi_1 * p_{mi}$$

$$P_i = 0.97 * 1.044 \text{ MPa}$$

$$P_i = 1.013 \text{ Mpa}$$

- Potencia indicada

$$N_i = \frac{p_{mi} * V_h * N * i}{z * 60}$$

$$N_i = \frac{1.013 \text{ MPa} * 0.45 \text{ m}^3 * 5800 \text{ RPM} * 4}{2 * 60}$$

$$N_i = 88.131 \text{ KW}$$



Rendimiento mecánico

- ECU estándar

Ne = 99.10 HP al convertir 73.89 KW

$$\eta_m = \frac{Ne}{Ni}$$

$$\eta_m = \frac{73.89 \text{ KW}}{88.13 \text{ KW}}$$

$$\eta_m = 0.8384$$

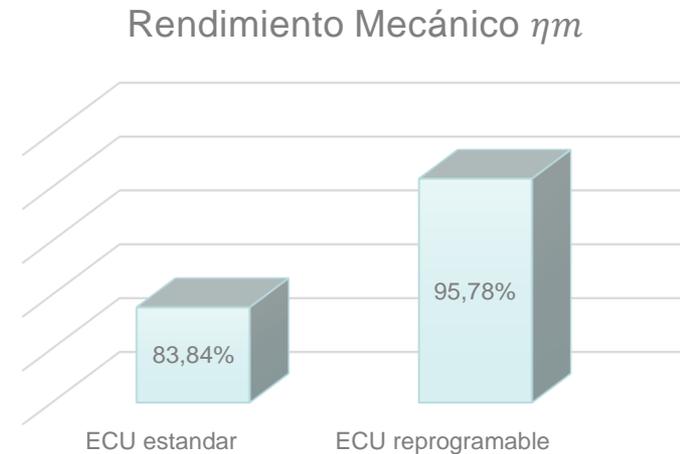
- ECU programable

Ne = 113.20 HP al convertir 84.41 KW

$$\eta_m = \frac{Ne}{Ni}$$

$$\eta_m = \frac{84.41 \text{ KW}}{88.13 \text{ KW}}$$

$$\eta_m = 0.9578$$



CONCLUSIONES

- Se investigó los parámetros de desempeño del motor de combustión interna a través de la reprogramación de una ECU programable.
- Se realizó las mediciones de potencia, torque, consumo de combustible y emisiones de gases, en condiciones estándares del vehículo y con cada una de las reprogramaciones de la Megasquirt.
- Se realizó la reprogramación electrónica del motor de combustión interna, elevando las curvas características del MCI.
- Se determinó el tipo de software y hardware compatible con el motor de combustión interna Chevrolet Optra 1.8.
- Se realizó la conexión de la ECU programable en paralelo con la ECU original en el motor Chevrolet Optra 1.8 l.
- Se tabulo los valores obtenidos con la ECU estándar y las programaciones de la Megasquirt.
- El software dedicado Tunerstudio posee una amplia opción de configuraciones que permiten el control electrónico para una calibración más fina del motor.



- La unidad reprogramable Megasquirt 2 es una computadora muy versátil con la capacidad de ampliar su configuración electrónica para el control de una gran variedad de vehículos.
- La conexión en paralelo entre la ECU reprogramable Megasquirt y ECU original es necesaria para vehículos en los cuales la ECU controla diferentes módulos electrónicos, permitiendo que se mantenga la comunicación con estos módulos durante el funcionamiento de la unidad reprogramable.
- Para la conexión en paralelo de la ECU programable se determinó aspectos muy importantes sobre su finalidad una de estas es para mantener indicadores del motor como es la luz MIL y RPM.
- Mediante la modificación de parámetros de eficiencia volumétrica y avance al encendido se obtuvo un aumento del desempeño mecánico del motor T18SED, aumentando el torque el 18% y la potencia en un 14.22% con respecto los datos obtenidos en las curvas características con la ECU estándar.
- En la pruebas de consumo de combustible se logró constatar, que para la ECU estándar del vehículo se obtuvo un consumo de: 7,59 l/100Km y para la segunda programación en la que se alcanzó la máxima potencia de 113 HP se obtuvo un consumo de 7,73 l/100km, teniendo un incremento de 0,14 l/100km perteneciente al 1,84 % adicional de consumo de combustible.



- En la pruebas de emisiones de gases según la norma INEN 2204:2002 los valores máximos en ralentí permitidos de CO% vol para el motor Optra T18SED es: 1% y para los hidrocarburos HC es de 200 ppm, y los valores generados en el analizador de gases de CO% vol para la ECU estándar es: 0,34 y los HC ppm es: 182 y para la segunda programación con la Megasquirt en CO% vol es: 0,16 y para los HC es: 253, la cual se llega a la conclusión que con la ECU estándar pasa la prueba y con la ECU Megasquirt no pasaría por los HC.



RECOMENDACIONES

- Durante la afinación de los mapas de eficiencia volumétrica es necesario conocer la relación de aire/combustible indicada en cada una de las zonas para lograr un desempeño adecuado del motor.
- Para la afinación de los mapas de encendido se debe evitar el golpeteo producido por un adelanto excesivo de encendido para evitar daños mecánicos internos del motor.
- Previo a la utilización del dinamómetro de rodillos, se debe utilizar fajas que inmovilicen el vehículo ya que a altas RPM el vehículo pierde estabilidad sobre los rodillos.
- Aplicar una carga hidráulica óptima en el dinamómetro de rodillos para que el motor desarrolle la máxima potencia a altos regímenes de RPM para tener una mayor facilidad en la modificación de los mapas.
- Se debe implementar dos sensores adicionales de IAT y ECT, para la conexión en paralelo ya que estos sensores generan voltaje de referencia y al mismo instante señal a las ECU's y generan interferencia entre las dos ECU's.

