

DISEÑO DE UN EMULADOR DE SEÑALES PARA REALIZAR EL AJUSTE Y MODIFICACIÓN DE MAPAS TRIDIMENSIONALES DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO DE COMPUTADORES PROGRAMABLES AUTOMOTRICES

Autores:

**Palacios Guerrero, Cristian Eduardo
Rocha Pullopaxi, Henry Joel**

Director:

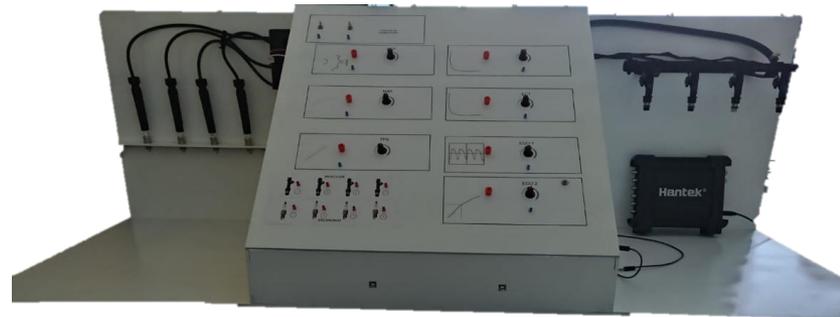
Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

Latacunga, agosto de 2022



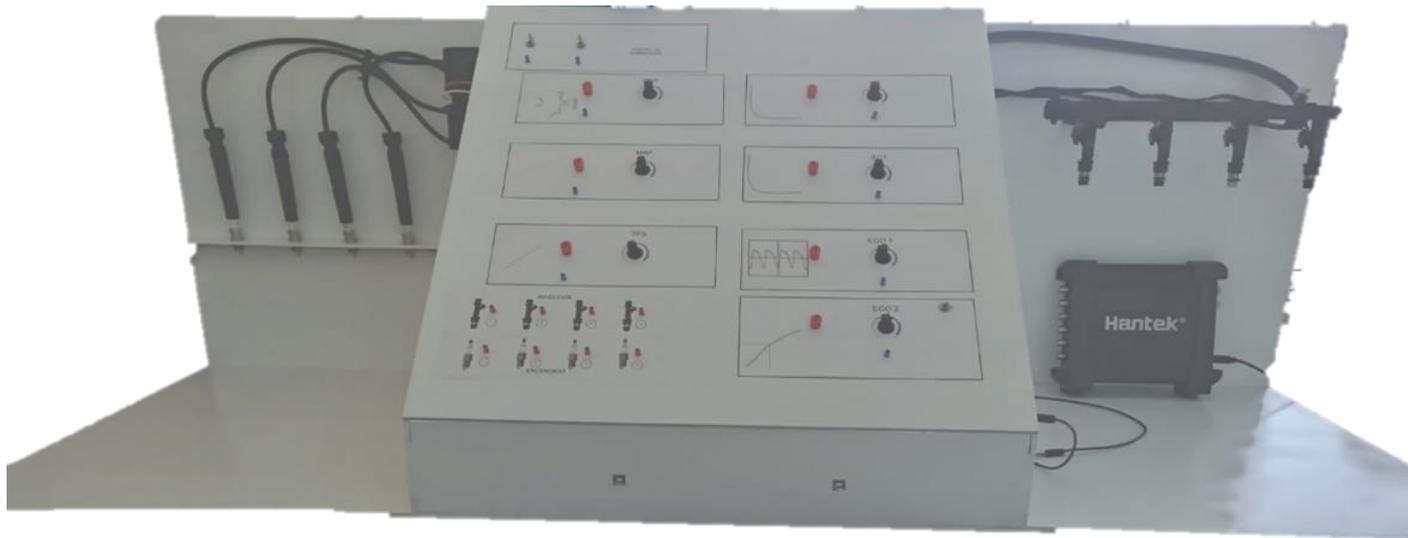
Contenido

- Objetivo
- Planteamiento del problema
- Metas
- Marco teórico
- Diseño y construcción del banco de pruebas
- Pruebas realizadas
- Conclusiones
- Recomendaciones



Objetivo General

Diseñar y construir un emulador de señales de ajuste y modificación de mapas tridimensionales de inyección y encendido de computadoras programables automotrices



Objetivos específicos

- Investigar sobre los parámetros que influyen en la generación de mapas tridimensionales de inyección y encendido aplicados en motores de combustión interna y ajustados con una ECU programable
- Diseñar y construir un emulador de señales para monitoreo de mapas tridimensionales con una ECU programable, para el control de actuadores en los sistemas de inyección y encendido.
- Generar una base de cálculo para establecer los parámetros necesarios a ser ingresados en las matrices de encendido e inyección para el óptimo

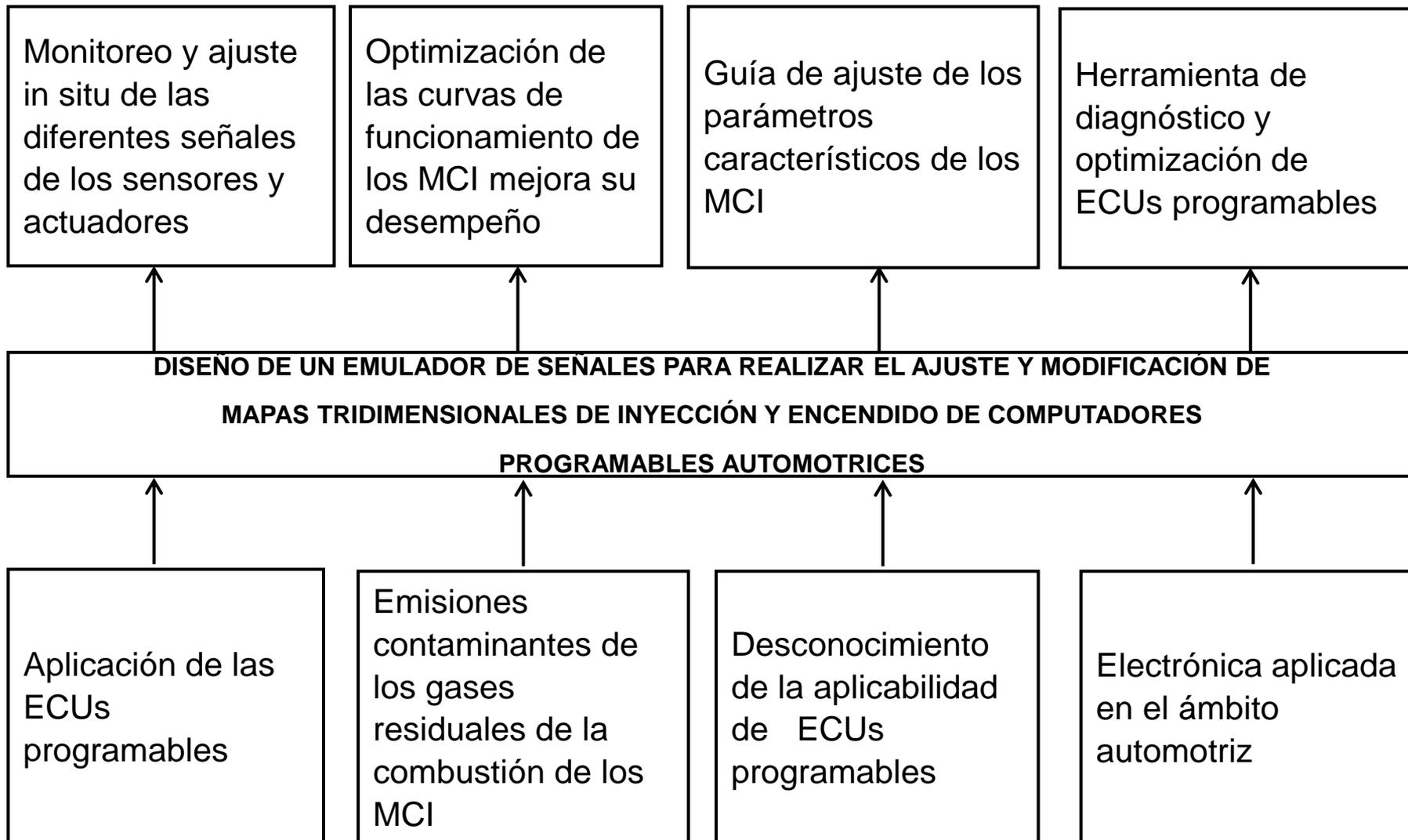


Objetivos específicos

- Elaborar una base de mapas de inyección y encendido que puedan ser implementados en un motor de combustión interna ciclo Otto
- Realizar ensayos prácticos a través de un protocolo de pruebas, que determinen los parámetros de ajuste de la ECU programable inyección y encendido.
- Generar una guía de uso y configuración del banco de monitoreo de mapas tridimensionales proyectado a motores de combustión interna ciclo otto
- Analizar la influencia de la emulación de señales en el banco de monitoreo de señales tridimensionales en la inyección y encendido, utilizando software especializado en ECU programables.

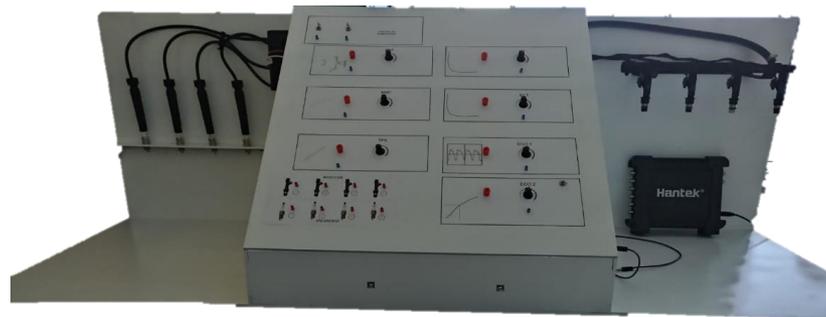


Planteamiento del problema



Meta

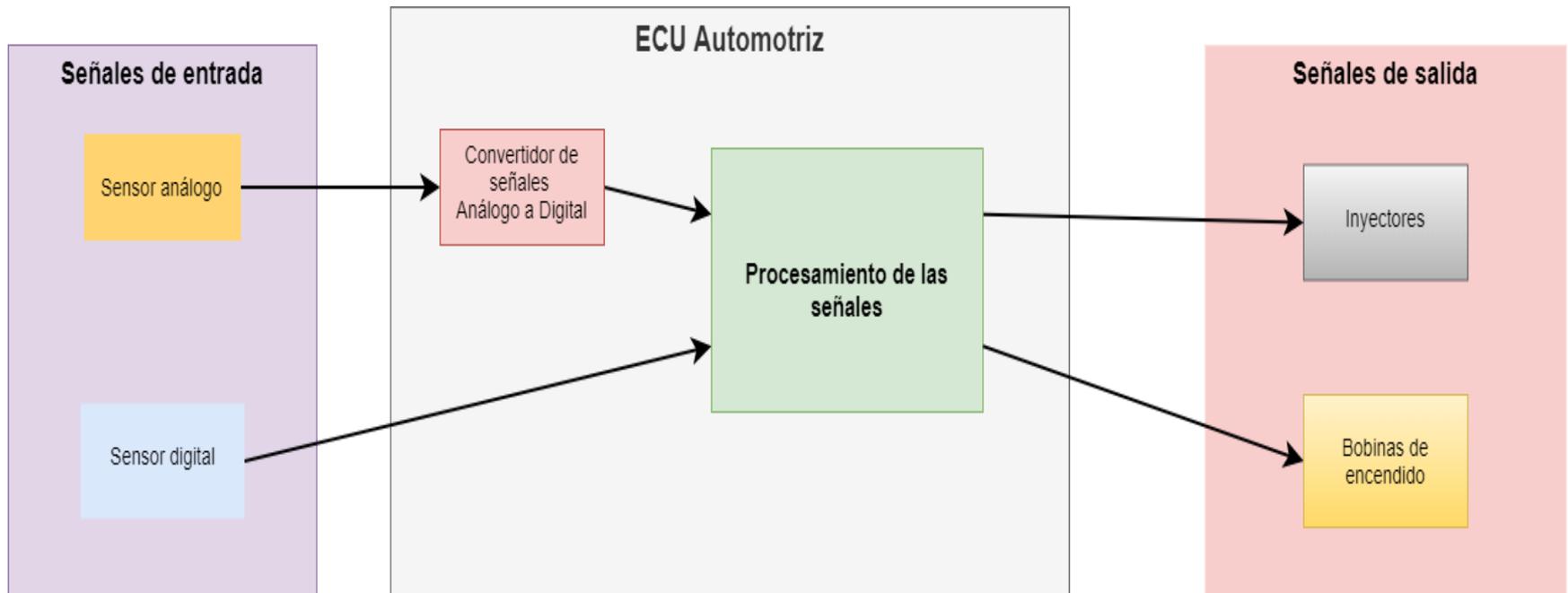
Emular las señales de entrada y salida de los sistemas de inyección y encendido de motores ciclo Otto, que permita obtener mapas tridimensionales, para el ajuste y modificación de los mismos a través de una ECU programable.



MARCO TEÓRICO



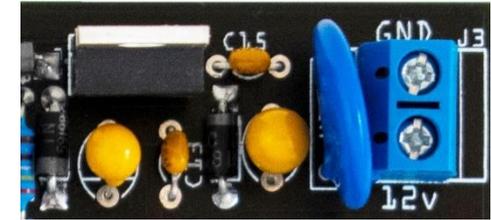
ECU programable



Constitución ECU Speeduino 0.4.3c

Circuito Fuente

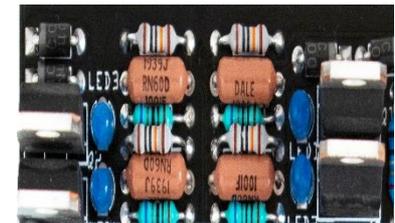
Se encarga de modular el voltaje de entrada para alimentar al modulo de control y componentes de la placa, emplea un circuito de condensadores y un varistor para proteger la placa de sobretensiones.



Circuito Fuente

Circuito Driver

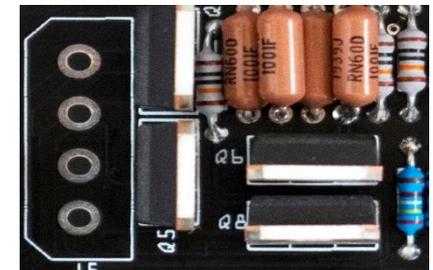
Realiza la activación de salidas para actuadores de acuerdo a la señal que recibe desde el modulo de control.



Circuito Driver

Salidas de corriente alta

Son salidas dispuestas para el control de actuadores como: válvula de ralentí, VVT, Boost Control, Bomba de combustible o un electroventilador.



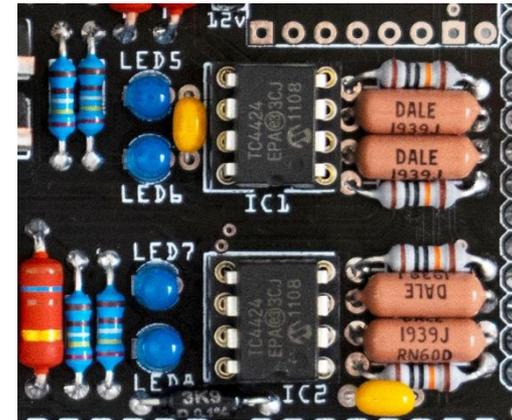
Salidas de corriente alta



Constitución ECU Speeduino 0.4.3c

Salidas para ignición

Son salidas de baja corriente, para uso de bobinas con modulo de encendido, provee un voltaje de activación de 12V o 5V dependiendo del tipo de bobina.



Salidas para ignición

Circuito de entrada

Es el encargado de recibir las señales de sensores para gestionarlas mediante el circuito de control.



Circuito de entrada



Módulo de control

Arduino Mega

Se encarga del control y gestión de todas las señales de entrada y del monitoreo de actuadores configurados a través del Firmware de Speeduino.



Módulo de control

Fundamentos para generar el mapa base

$$G_0 = V_a * \rho_0$$

Ecuación 1: masa de aire que ingresa al motor

$$G_a = \frac{P_{abs} * V_a}{R_{gases} * T_{aire}}$$

Ecuación 2: masa de aire desplazada

$$VE = \frac{G_a}{G_0} * 100\%$$

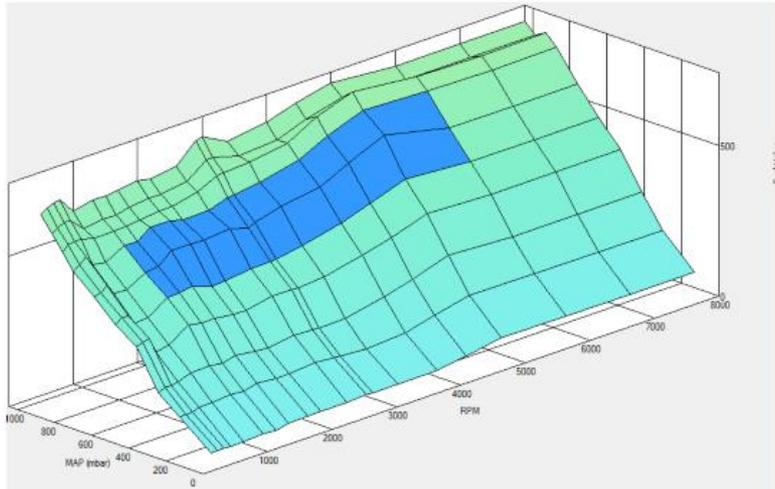
Ecuación 3: rendimiento volumétrico



Mapas tridimensionales

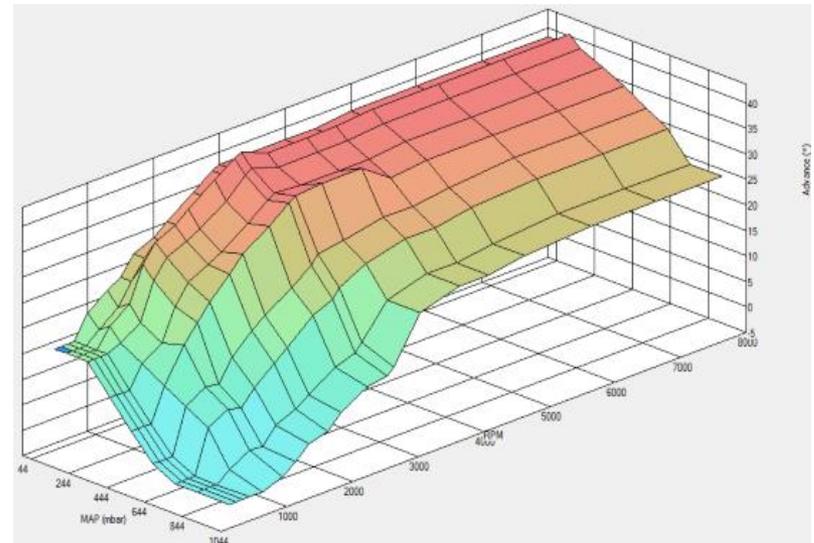
- **Mapa de inyección**

Es importante conocer la eficiencia volumétrica del motor para crear correctamente el mapa de combustible, dado que dicha eficiencia resulta un factor determinante al momento de establecer el intervalo de tiempo para la inyección de combustible



- **Mapa de encendido**

La optimización del mapa de encendido se logra ya sea mediante la modificación en tiempo real tanto en valores máximos o mínimos de la tabla de datos o bien por cambios en las coordenadas



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS



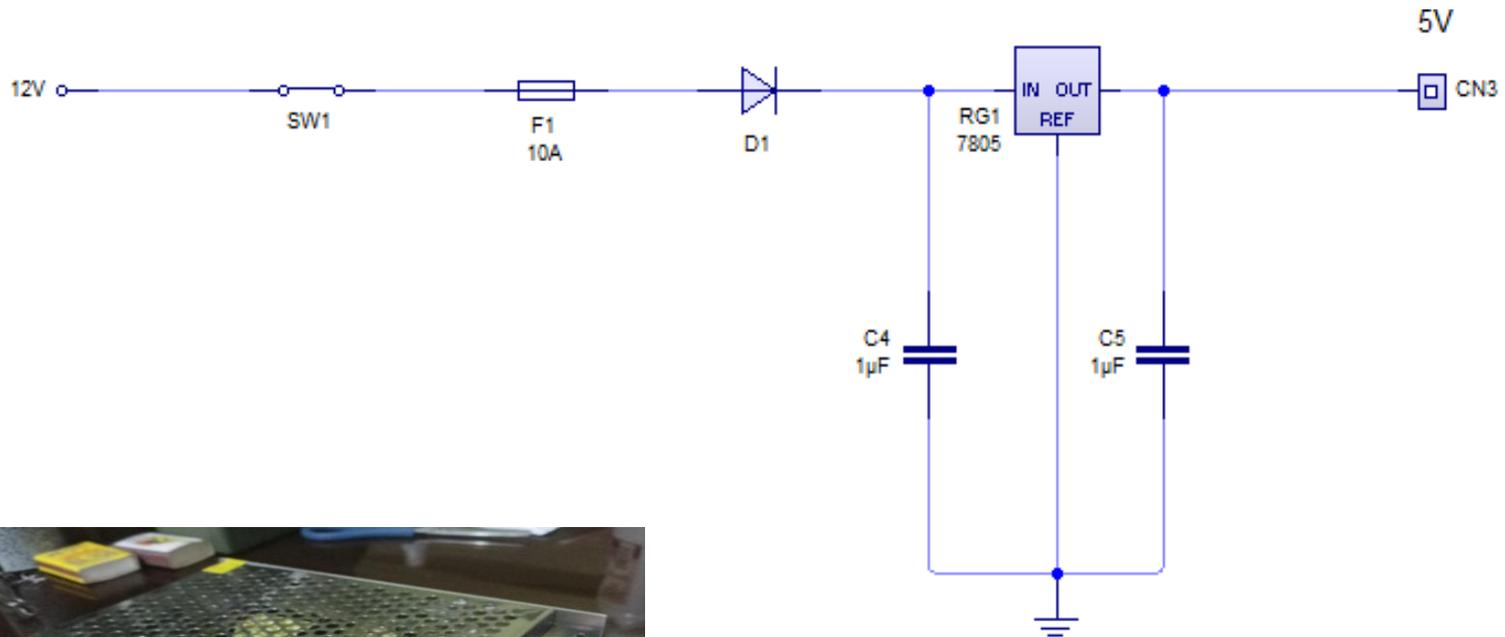
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Características del banco de pruebas

- Proveer la alimentación requerida por cada circuito electrónico sea este de 5V ó 12V.
- Generar la señal de sensores del tipo digital y analógico.
- Controlar la señal de cada sensor de forma que permita emular el funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina.
- Generar los mapas de inyección y encendido de cada configuración a través del programa Tuner Studio para la optimización de rendimiento y acondicionamiento de cada señal.
- Verificar a través de control de actuadores de inyección y encendido el funcionamiento del banco, así como la configuración entre la señal generada en cada sensor y la variación en cada sistema.



Alimentación del banco de pruebas



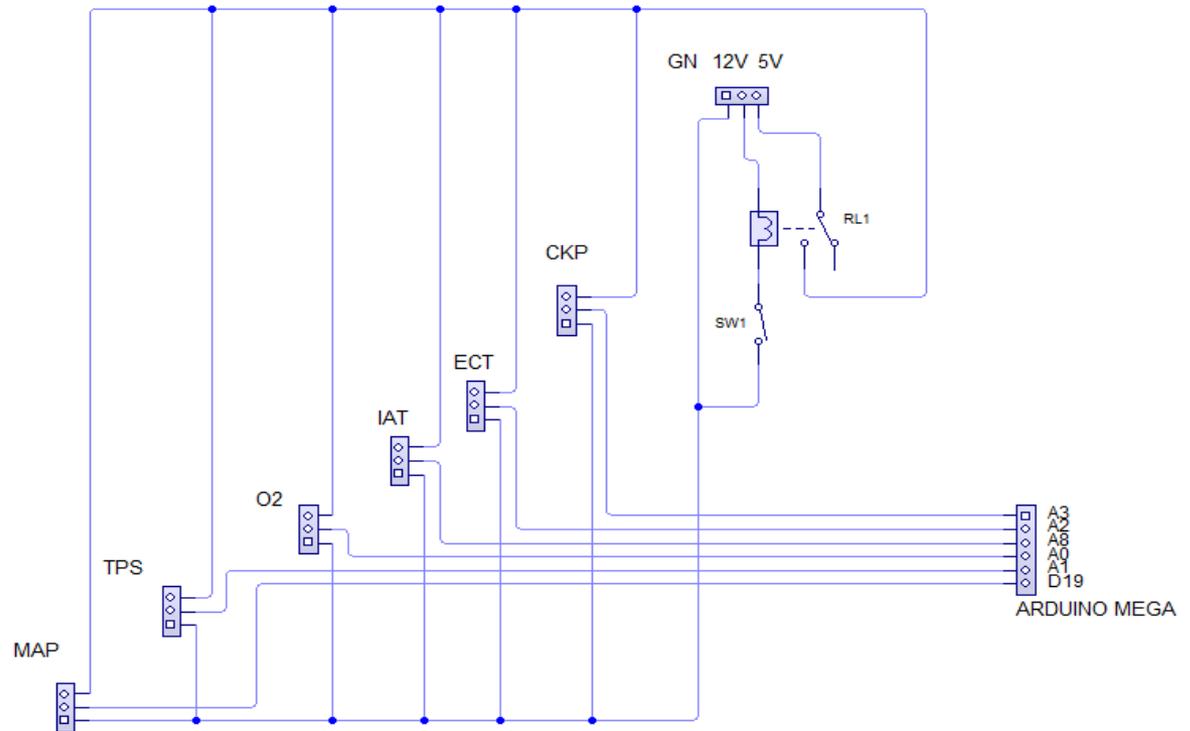
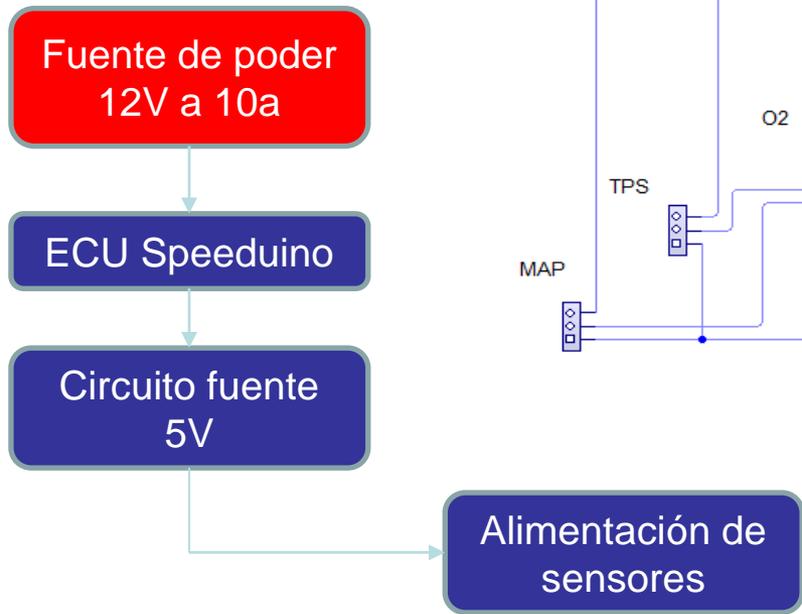
Fuente de poder

- 12V en corriente continua
- Valor de corriente de 10 A

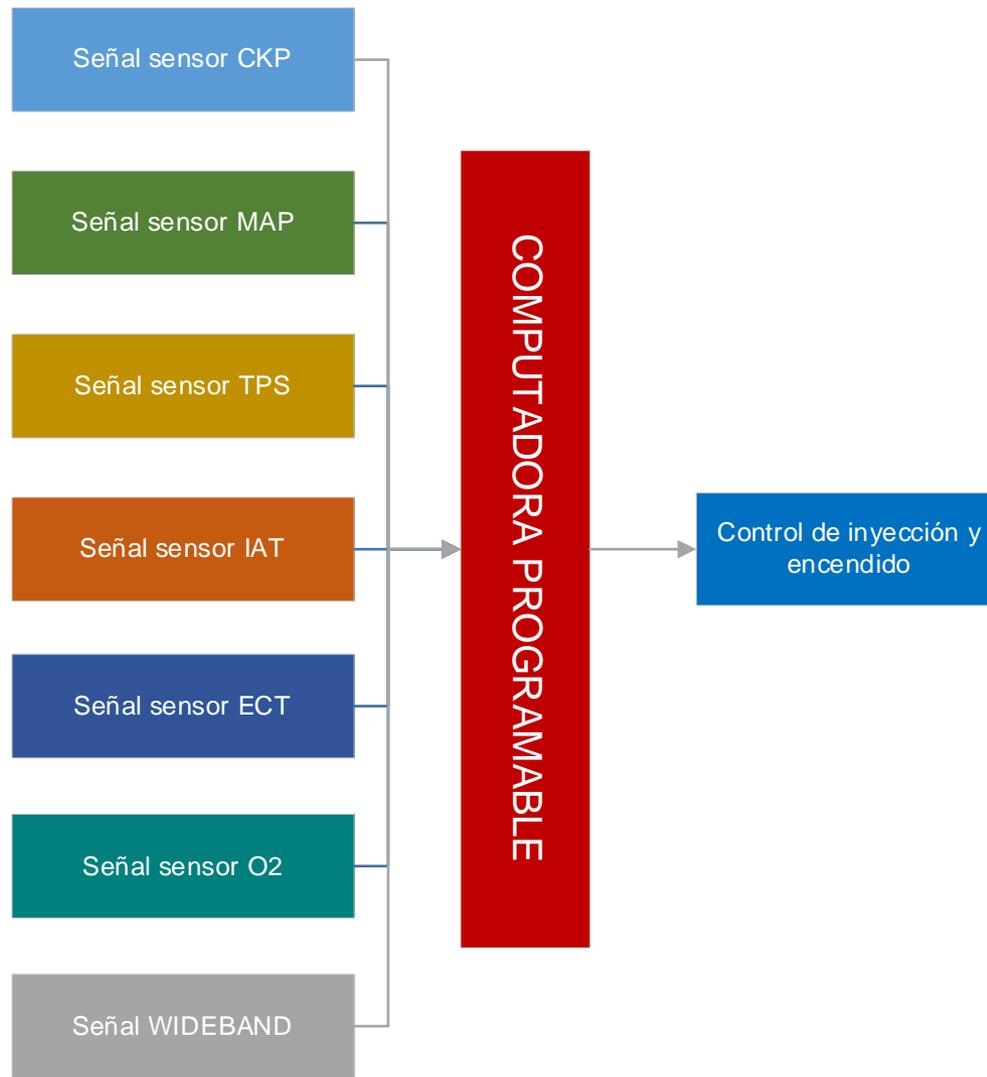


Alimentación de los sensores

La fuente de poder alimenta con 12V a la placa, mediante el circuito fuente se regula ese voltaje a 5V para alimentación de sensores a través de una placa electrónica.



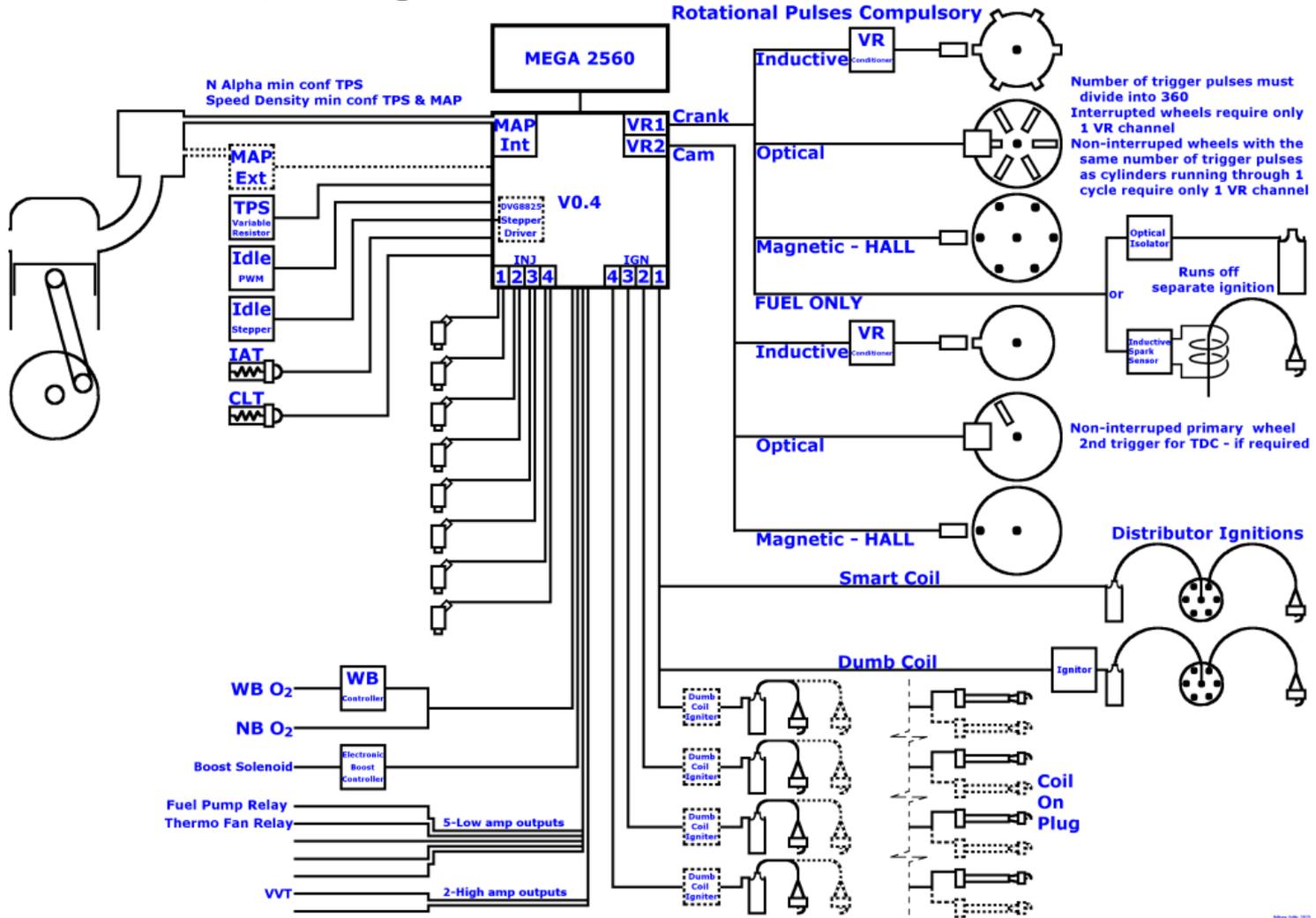
Sensores de entrada



La señal del bloque de sensores está conformado por las señales más importantes de un motor, la ECU realiza el monitoreo de estas señales para el control del motor.



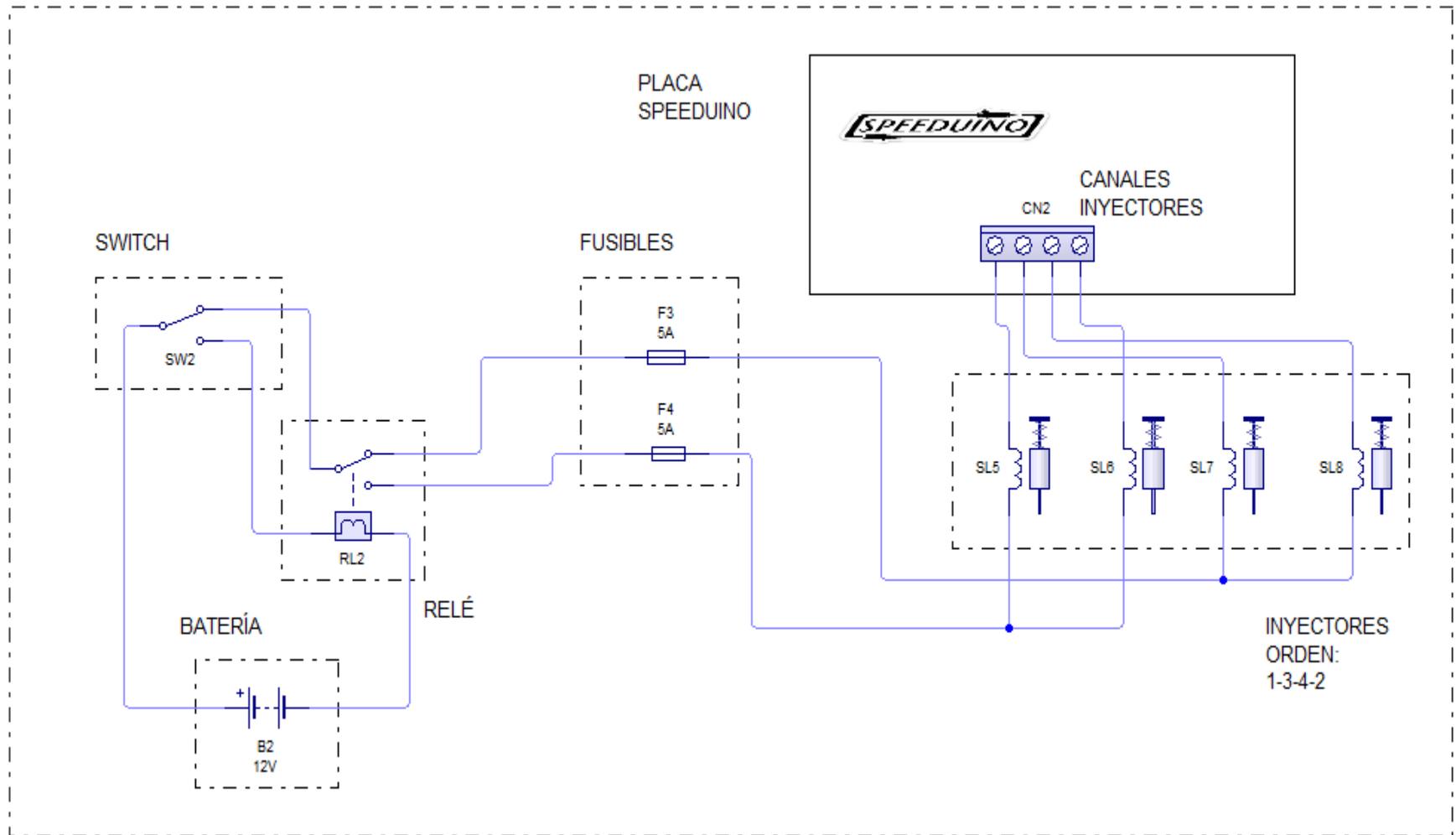
Centralita programable Speeduino



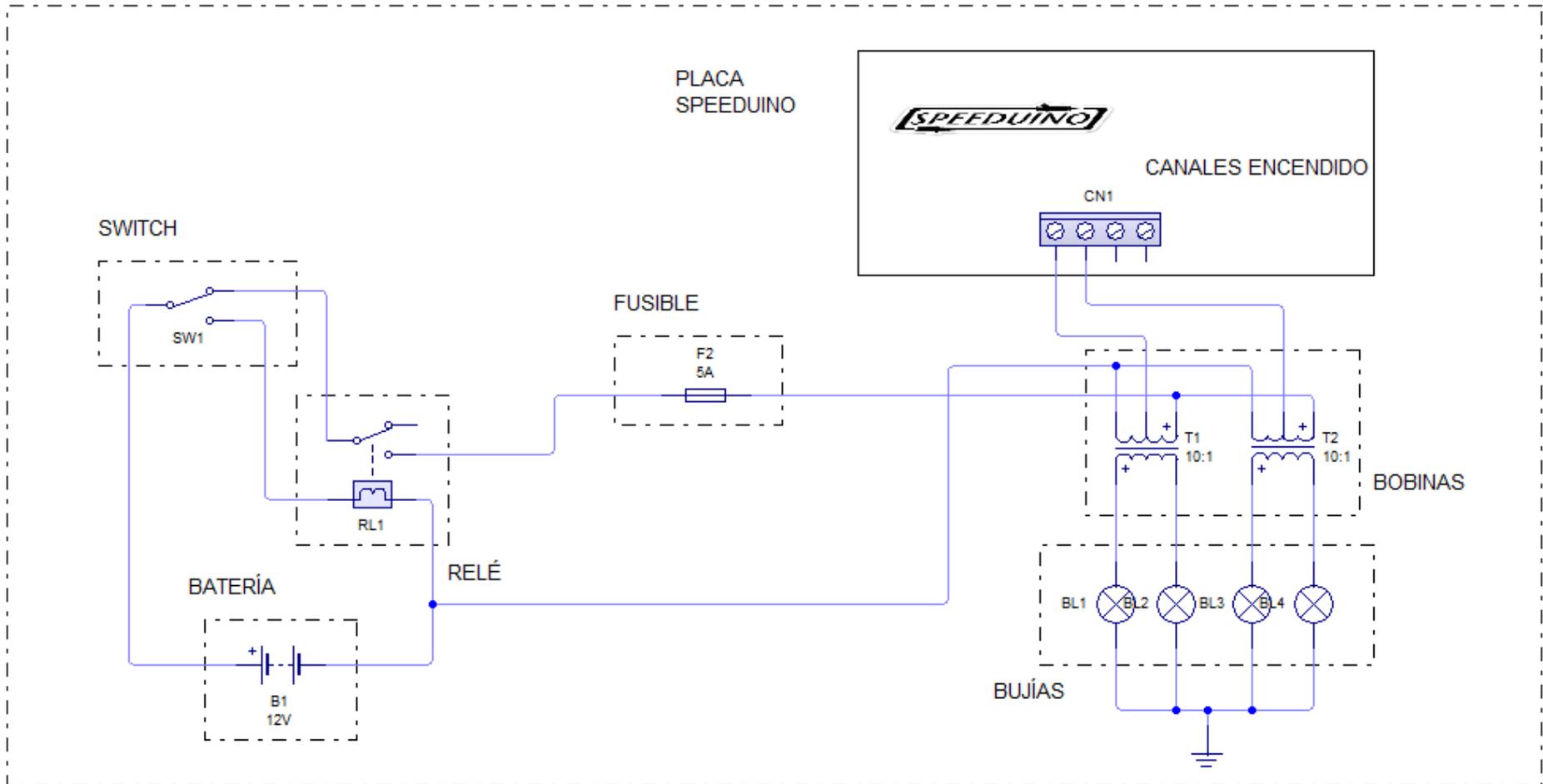
Esquema de conexión de la placa Speeduino



Método de conexión de inyectores

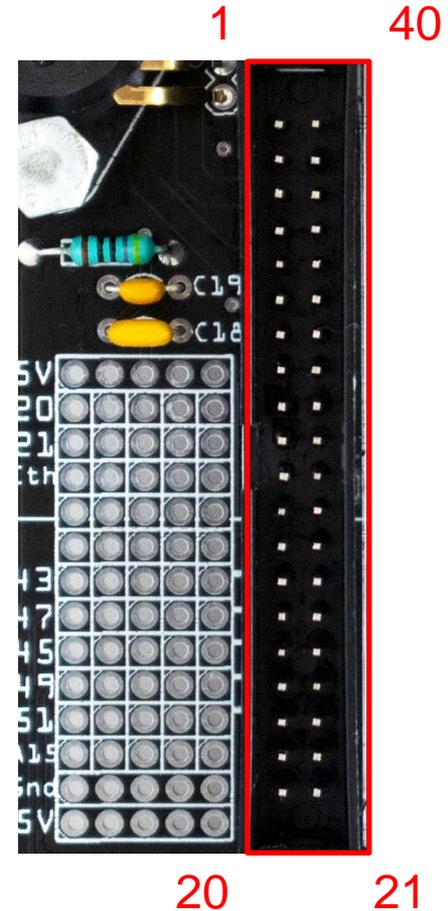


Método de conexión bobina de encendido



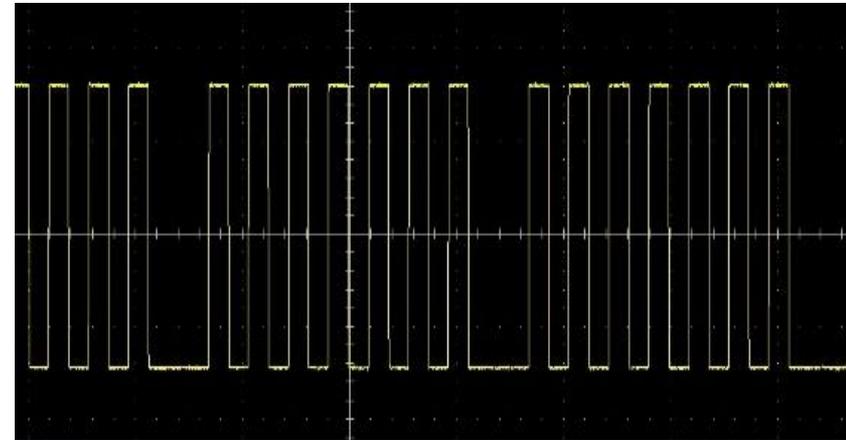
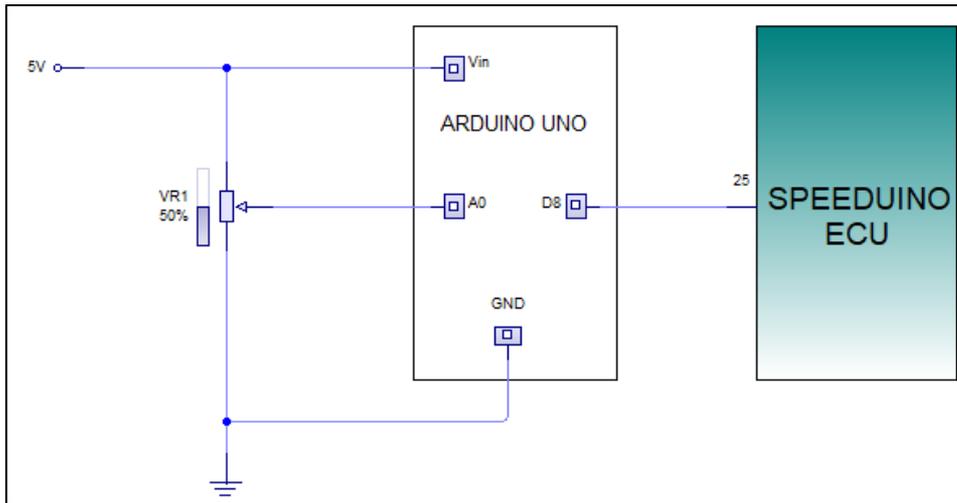
Disposición de pines de la placa Speeduino

Pin	Función	Pin	Función
1	Inyector 1 – Pin 1/2	21	Sensor oxígeno
2	Inyector 2 – Pin 1/2	22	Entrada TPS
3	Inyector 3 – Pin 1/2	23	Ground
4	Inyector 3 – Pin 2/2	24	CMP Entrada/VR2+
5	Inyector 4 – Pin 1/2	25	CKP entrada/VR1+
6	Inyector 4 – Pin 2/2	26	VR2-
7	Encendido 1	27	VR1-
8	Encendido 4	28	5V
9	Ground	29	Paso a paso 2B
10	Ground	30	Paso a paso 2A
11	Sensor MAP (0V-5V)	31	Paso a paso 1A
12	Ground	32	Paso a paso 1B
13	5V	33	Encendido 3
14	Área Proto 1	34	Encendido 2
15	Área Proto 2 (ventilador)	35	Boost
16	Área Proto 3 (bomba combustible)	36	Idle 2
17	Área Proto 4 (tacómetro)	37	PWM idle
18	Área Proto 5 (embrague)	38	VVT
19	Sensor ECT	39	Inyector 2 – Pin 2/2
20	Sensor IAT	40	Inyector 1 – Pin 2/2



Señal de emulada por el Banco de pruebas

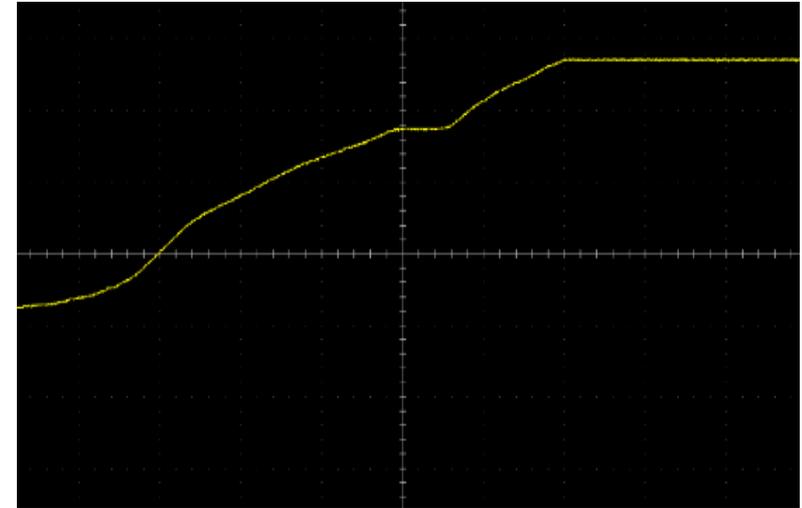
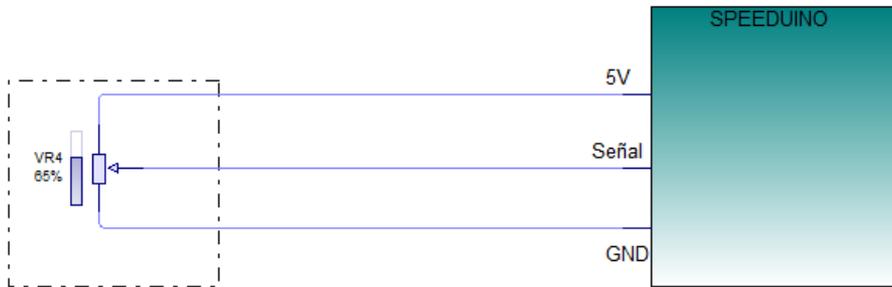
Señal CKP



Efecto Hall

Señal de emulada por el Banco de pruebas

Circuito MAP, TPS,
WB



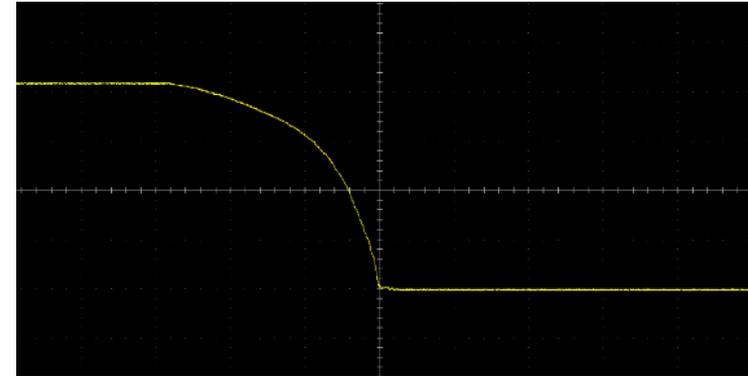
Señal MAP,
TPS, WB



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Señal de emulada por el Banco de pruebas

Circuito ECT, IAT

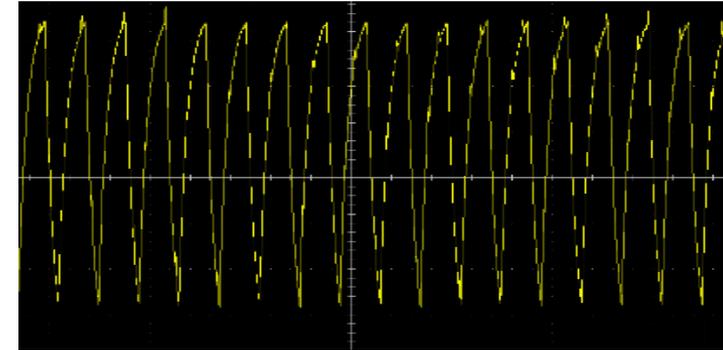
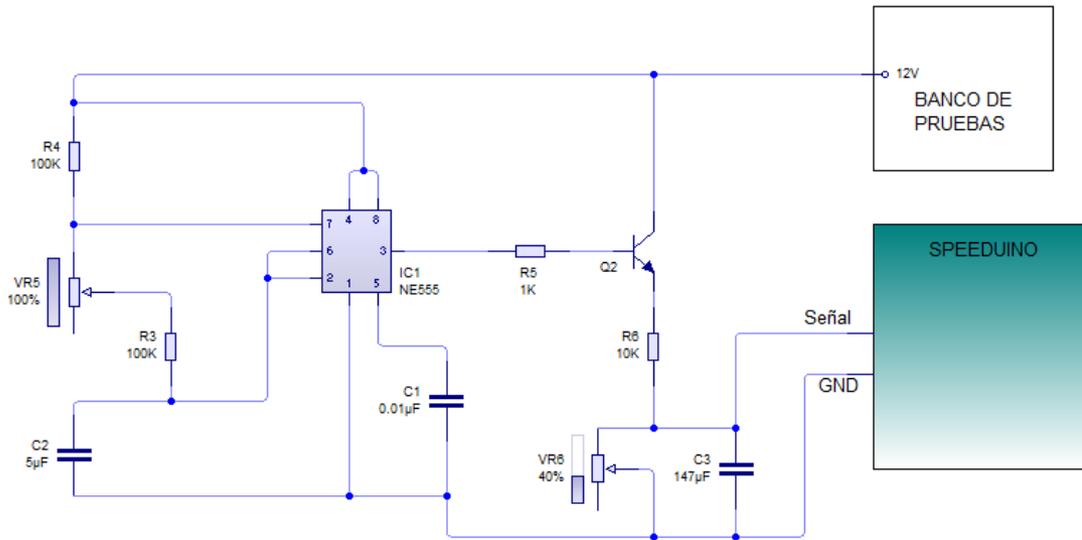


Señal ECT,
IAT



Señal de emulada por el Banco de pruebas

Circuito EGO



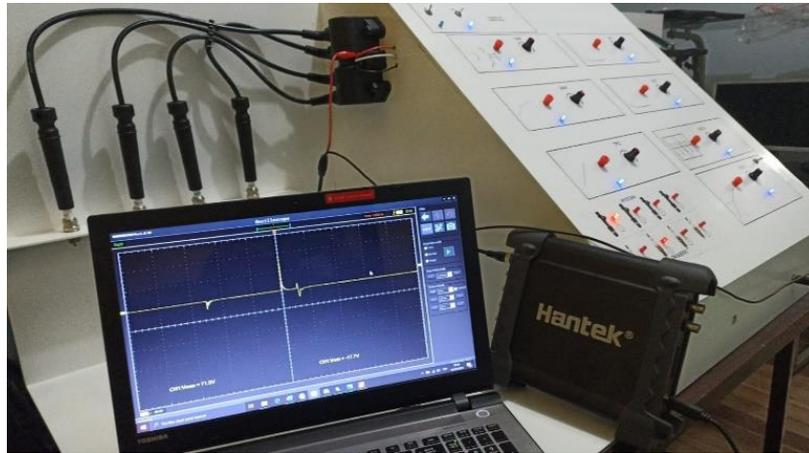
Señal EGO



Actuadores para el banco de pruebas

Mediante la emulación de señales que genera el banco de pruebas se monitorea cada actuador al conectar vía USB la ECU al software de gestión electrónica, la placa provee las salidas suficientes para el tipo de sistema empleado en el simulador.

Actuadores

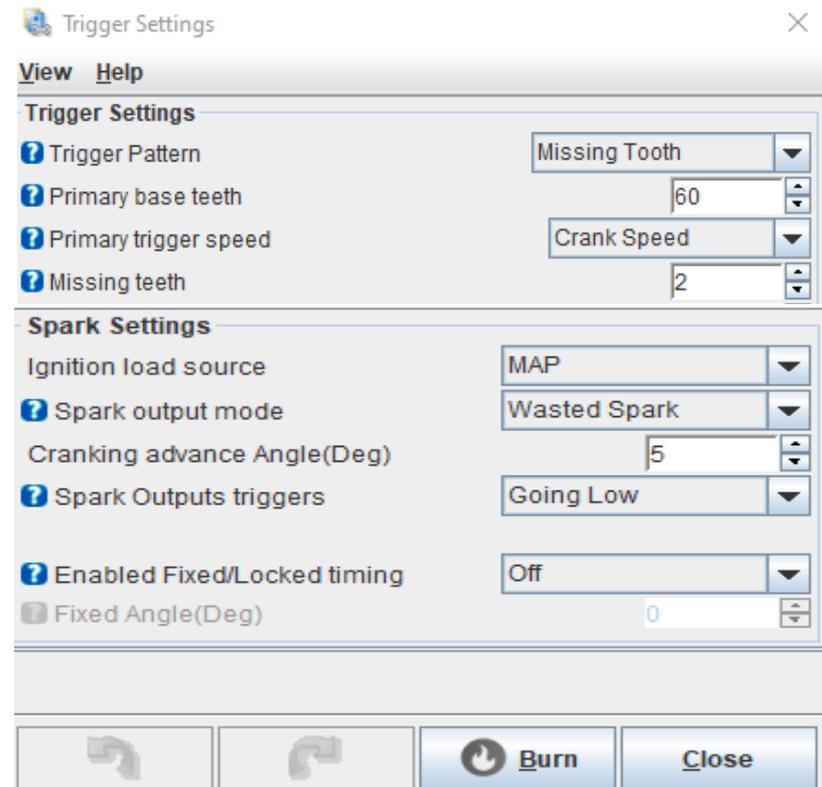
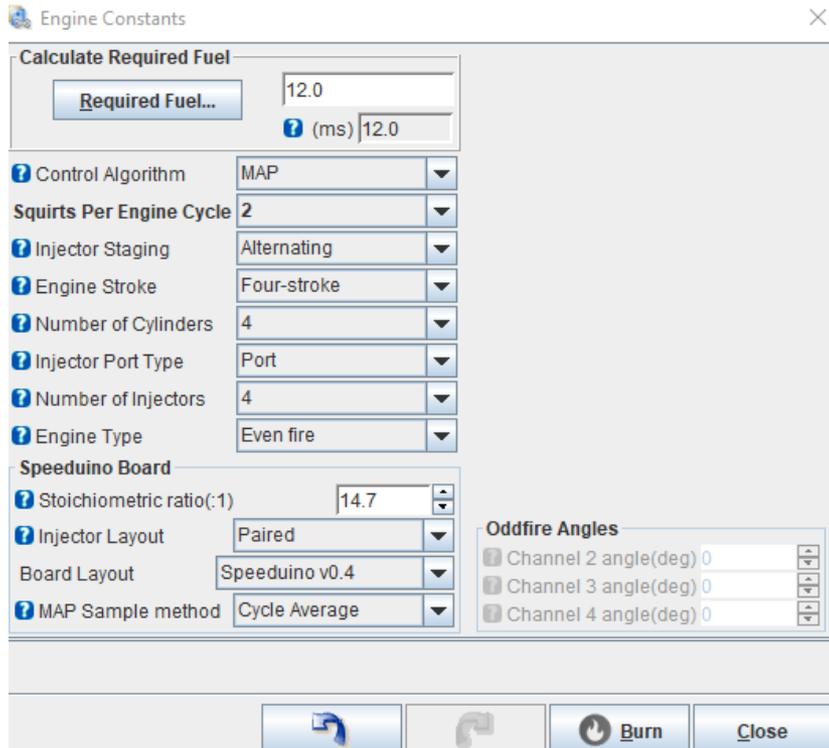


Componentes	Características	Cantidad
Inyectores	Flujo: 19,9 lb/h	4
	Resistencia: 12 Ω	
Bobina	Resistencia prim: 1,2 Ω	1
	Resistencia sec: 5 k Ω	
Bomba de combustible	Convencional	1



Configuración de Tuner Studio

Se establecen los parámetros referentes al tipo de motor, tipos de sistemas, y calibración de sensores



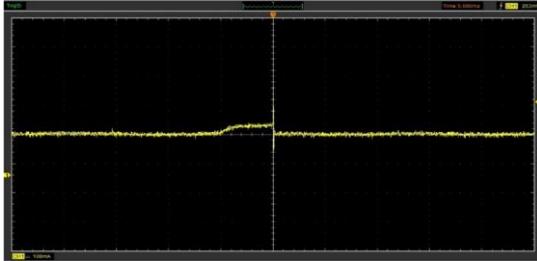
Mapa de encendido

Limite de carga de bobina DIS

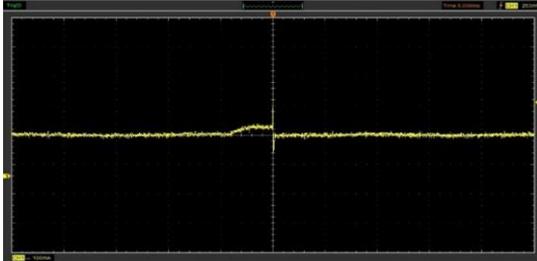
Tiempo
[ms]

Medición

5



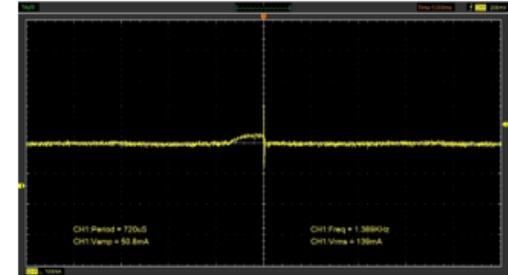
4



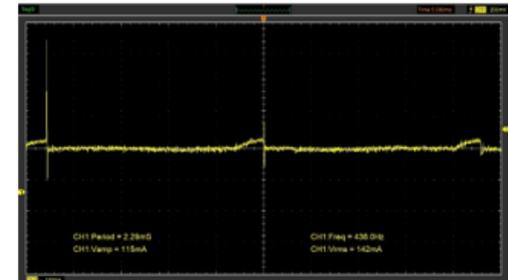
Tiempo
[ms]

Medición

3.5



2.5



Cálculos del mapa base

Ecuación 1

Cilindraje del motor	Densidad del aire
V_a	ρ_0
[cm ³]	[Kg/m ³]
1498	1,225
RESULTADO	
[gramos]	
$G_0 = 1,83505$	

Ecuación 3

Cantidad ideal de aire ingresa	Valor real coeficiente de llenado
G_0	G_a
[gramos]	[gramos]
1,83505	1,667
RESULTADO	
VE	
[%]	
$G_0 = 90,84 \rightarrow 91$	

Presión barométrica	Cilindraje del motor	Constante ideal gases	Temperatura aire entrada
P_{baro}	V_a	R_{gases}	T_{aire}
[kPa]	[cm ³]	[kPam ³ /kgK]	[K]
100kPa	1498	0.28705	40+273K
RESULTADO			
[gramos]			
$G_a = 1,667$			

Ecuación 2



Generación del mapa VE

Presión kPa	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
VE [%]	18	23	27	32	36	41	45	50	55	59	64	68	73	77	82	91

Presión absoluta kPa	100	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
	90	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
	85	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
	80	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
	75	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
	70	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
	65	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	55	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	45	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
	40	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	35	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	25	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
0	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000	
Revoluciones RPM																	



Generación del mapa VE

TunerStudio MS Lite! v3.1.08 - PROYECTO_TESIS (Speeduino 2018.6) EFI Simplified

File Options Data Logging Communications Tools Help

3D Tuning Maps Upgrade!

VE Table

View Tools Help

	100	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
F	90	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
u	86	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
e	80	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
i	76	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
l	70	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
o	66	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
a	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
d	56	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
:	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	46	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
k	40	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
P	36	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
a	30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	26	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000		

RPM

Multiply VE value by MAP:Baro ratio No

Multiply by ratio of AFR to Target AFR Yes

Burn Close

Color Shade White Color Theme

RPM: 1000
Fuel Load: 26
Selected %: 23

Burn Close

Not Running Launch Soft Soft Limit OFF Hard Limit OFF Ign Cut OFF No Sync Reset Lock OFF Std. Boot Nitrous Off No Errors FLOOD OFF DFCO OFF Launch Har Data Logging Not Connected Protocol Err



Ajuste del mapa mediante M. Corners

1. Delimitación de la zona de altas RPM
 $\Lambda = 0,87$

100	91	91	91	91	91	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	
90	82	82	82	82	82	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	
85	77	77	77	77	77	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	
80	73	73	73	73	73	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	
75	68	68	68	68	68	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
70	64	64	64	64	64	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	
65	59	59	59	59	59	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	
60	55	55	55	55	55	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
55	50	50	50	50	50	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	
50	45	45	45	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
45	41	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
40	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
35	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
30	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
25	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
20	18	18	18	18	18	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
Presión absoluta kPa																
Revoluciones RPM																

2. Delimitación de la zona de alta carga
 $\Lambda = 0,98$

100	91	91	91	91	91	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
90	82	82	82	82	82	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	
85	77	77	77	77	77	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	
80	73	73	73	73	73	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	
75	68	68	68	68	68	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	
70	64	64	64	64	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	
65	59	59	59	59	59	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	
60	55	55	55	55	55	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
55	50	50	50	50	50	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	
50	45	45	45	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
45	41	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
40	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
35	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
30	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
25	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
20	18	18	18	18	18	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
Presión absoluta kPa																
Revoluciones RPM																

3. Delimitación de la zona de desaceleración
 $\Lambda = 1,02$

100	91	91	91	91	91	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
90	82	82	82	82	82	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	
85	77	77	77	77	77	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	
80	73	73	73	73	73	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	
75	68	68	68	68	68	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	
70	64	64	64	64	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	
65	59	59	59	59	59	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	
60	55	55	55	55	55	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
55	50	50	50	50	50	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	
50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
45	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	
40	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
35	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
25	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
20	18	18	18	18	18	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
Presión absoluta kPa																
Revoluciones RPM																

100	91	91	91	91	91	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
90	82	82	82	82	82	86	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
85	77	77	77	77	77	81	82	82	82	82	82	82	82	82	82	
80	73	73	73	73	73	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	
75	68	68	68	68	68	71	72	72	72	72	72	72	72	72	72	
70	64	64	64	64	64	67	68	68	68	68	68	68	68	68	68	
65	59	59	59	59	59	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	
60	55	55	55	55	55	57	58	58	58	58	58	58	58	58	58	
55	50	50	50	50	50	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
50	45	45	45	45	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
45	41	41	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
40	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
35	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
25	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
20	18	18	18	18	18	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
Presión absoluta kPa																
Revoluciones RPM																

4. Corrección
 $\Lambda = 1,02$

100	89	89	89	89	91	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
90	80	80	80	80	82	86	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
85	75	75	75	75	77	81	82	82	82	82	82	82	82	82	82	
80	72	72	72	72	73	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	
75	67	67	67	67	68	71	72	72	72	72	72	72	72	72	72	
70	63	63	63	63	64	67	68	68	68	68	68	68	68	68	68	
65	58	58	58	58	59	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	
60	54	54	54	54	55	57	58	58	58	58	58	58	58	58	58	
55	49	49	49	49	50	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
50	44	44	44	44	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
45	40	40	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
40	35	35	35	35	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
35	31	31	31	31	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
30	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
25	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
20	18	18	18	18	18	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
Presión absoluta kPa																
Revoluciones RPM																

5. Zona de baja de demanda
 $\Lambda = 1,02$



Ajuste del mapa mediante M. Corners

VE Table

View Tools Help

VE Table

	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200	4600	5000	5500	6000	6500	7000
100	89	89	89	89	91	96	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
90	80	80	80	80	82	86	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
86	75	75	75	75	77	81	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
80	72	72	72	72	73	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
76	67	67	67	67	68	71	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
70	63	63	63	63	64	67	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
66	58	58	58	58	59	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
60	54	54	54	54	55	57	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
56	49	49	49	49	50	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
50	44	44	44	44	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
46	40	40	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
40	35	35	35	35	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
36	31	31	31	31	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
30	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
26	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
20	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

RPM

Multiply VE value by MAP:Baro ratio No

Multiply by ratio of AFR to Target AFR Yes

M. Corners

Color Shade: White Color Theme

RPM: 1000
Fuel Load: : 26
Selected %: 23

Burn Close



Mapa de encendido

Presión absoluta kPa	100	7	7	7	5	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
	90	8	8	8	6	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
	85	10	10	10	8	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3
	80	10	10	10	10	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6
	75	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	7	7	7	7	7
	70	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8
	65	10	10	10	10	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10
	60	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13	13	12	11	12	12	12
	55	9	12	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22
	50	9	12	12	12	13	15	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23
	45	9	12	12	12	13	16	17	18	19	20	21	22	22	22	23	24
	40	9	14	14	12	13	16	17	18	20	20	22	23	23	23	24	25
	35	9	12	13	12	13	16	17	19	20	20	22	23	23	23	24	25
	30	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22	23	24	24	25	26
	25	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22	23	24	24	25	26
20	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22	23	24	24	25	26	
0	500	700	1200	1700	2200	2700	3200	3700	4200	4700	5200	5700	6200	6700	7200	7700	
Revoluciones																	



Mapa de encendido

TunerStudio MS Lite! v3.1.08 - PROYECTO_TESIS (Speeduino 2018.6) EFI Simplified

File Options Data Logging Communications Tools Help

Settings Tuning Spark Starting/Idle Accessories 3D Tuning Maps Upgrade!

Gauge Ignition Load : k p a

Ignition Advance Table

100	7	7	7	5	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
96	8	8	8	6	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
88	10	10	10	8	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3
80	10	10	10	10	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6
74	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	7	7	7	7	7
66	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8
56	10	10	10	10	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10
50	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13	13	12	11	12	12	12
46	9	12	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22
40	9	12	12	12	13	15	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23
36	9	12	12	12	13	16	17	18	19	20	21	22	22	22	23	24
30	9	14	14	12	13	16	17	18	20	20	22	23	23	23	24	25
26	9	12	13	12	13	16	17	19	20	20	22	23	23	23	24	25
20	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22	23	24	24	25	26
16	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22	23	24	24	25	26
10	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22	23	24	24	25	26
	500	700	1200	1700	2200	2700	3200	3700	4200	4700	5200	5700	6200	6700	7200	7700

RPM

Burn Close

3D Tuning Maps

Color Shade White Color Theme Even Spacing Follow Mode

RPM: 700
Ignition Load: 16
Selected deg: 10

Burn Close

Not Running Not Cranking ASE OFF WUE OFF Accel Decel MAP Accel MAP Decel No Errors FLOOD OFF DFEO OFF Launch Hard
Launch Soft Soft Limit OFF Hard Limit OFF Ign Cut OFF No Sync Reset Lock OFF Std. Boot Nitrous Off Data Logging Not Connected Protocol Error



Ajustes adicionales

Acceleration Enrichment

View Help

Acceleration Enrichment

Added	15	59	74	85
TPSdot	70	220	430	790

Acceleration Enrichment

Enrichment mode: TPS

Enrichment method: PW Multiplier

TPSdot Threshold(%/s): 70

MAPdot Threshold(kPa/s): 70

Accel Time(ms): 200

Taper Start RPM: 1000

Taper End RPM: 5000

Deceleration Fuel Cutoff (DFCO): Enabled

Acceleration Enrichment cold adjustment

Cold adjustment(%): 100

Cold adjustment taper start temperature(C): 0

Cold adjustment taper end temperature(C): 60

Burn Close

Cranking Settings

View Help

Cranking Settings

Cranking RPM (Max)(rpm): 400

Flood Clear level(%): 80.0

Fuel pump prime duration(s): 6

Injectors priming delay(S): 1.0

Cranking enrichment taper time(s): 0.5

Cranking Enrichment

Note

Values are specified as modifiers to the normal fuelling. Eg 100% = No change

Cranking Enrichment Curve

Cranking Timing

Cranking advance Angle(Deg): 5

Cranking bypass: Off

Bypass output pin: 3

Fix cranking timing with trigger: Off

Burn Close

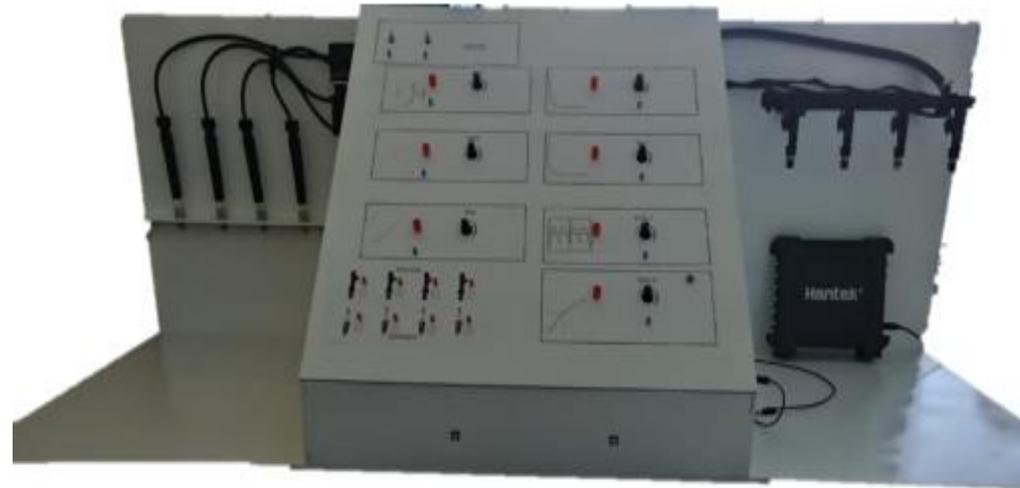


PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



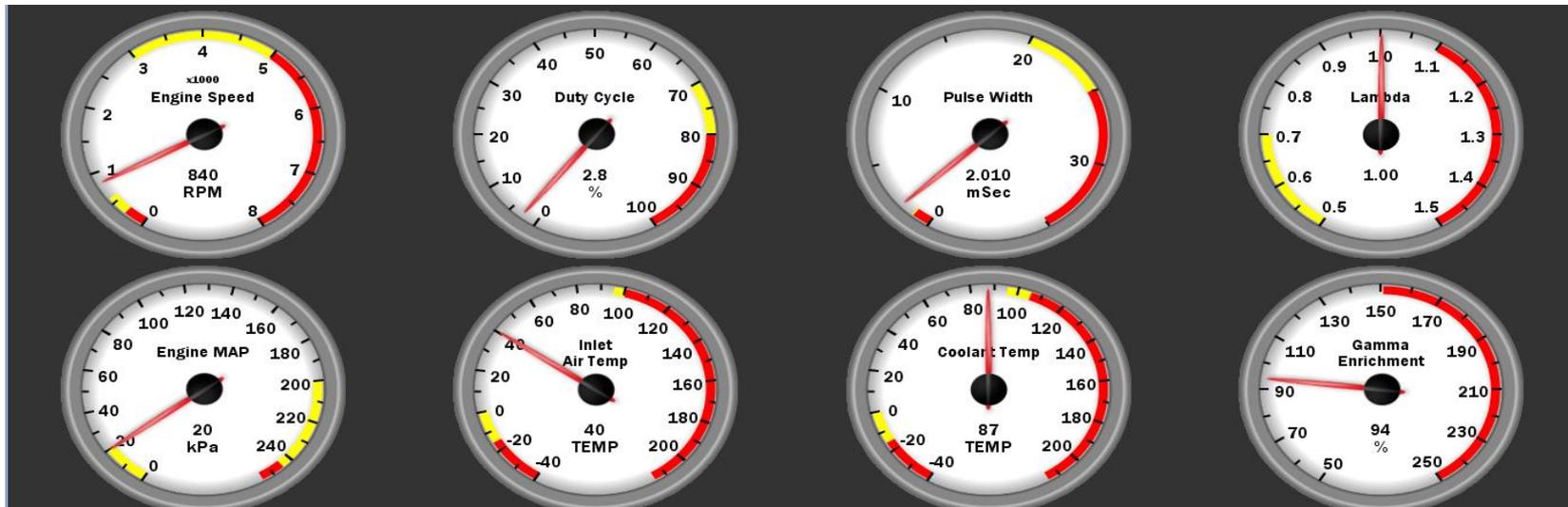
Equipos de medición

- Multímetro
- Osciloscopio HANTEK 1008C
- Tuner Studio
- Banco de pruebas
- ECU programable Speeduino
- Laptop

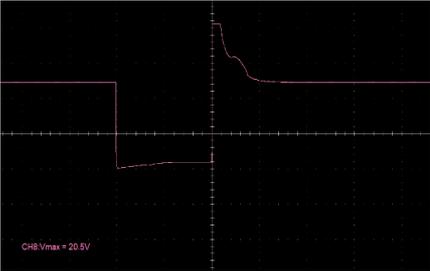
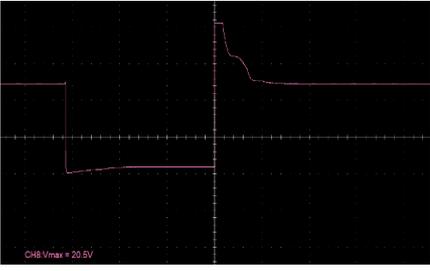
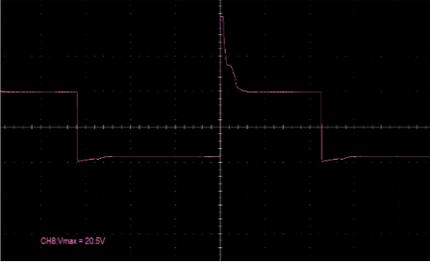


Condiciones iniciales para el mapeo

Parámetro	Valor
Temperatura de aire	40°C (313 K)
Temperatura de refrigerante	85°C (358 K)
Presión atmosférica	100 kPa
Densidad del aire	0,8 kg/m ³
Constante ideal del aire	0.28705 kPa m ³ /kgK
Voltaje fuente	12.80V

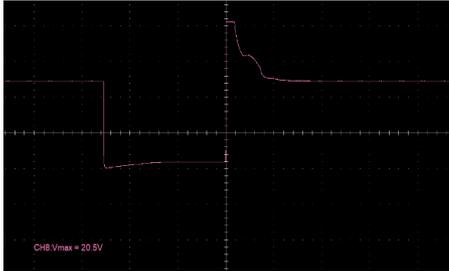
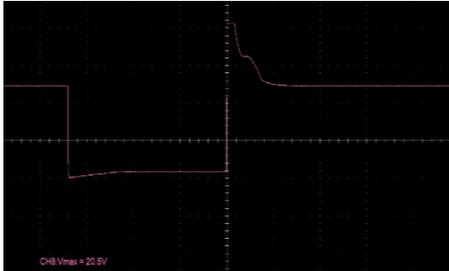
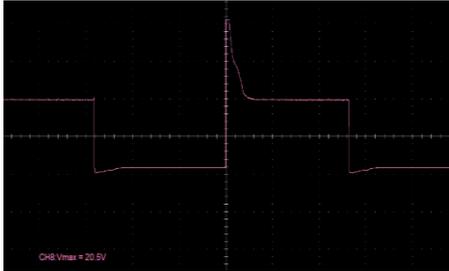


Resultados con MAPA BASE

Revoluciones [rpm]	Carga [kPa]	Pulso de inyección [ms]	Gráfico
850	20 kPa	2.010	
3000	50 kPa	3.830	
5500	75 kPa	6.164	

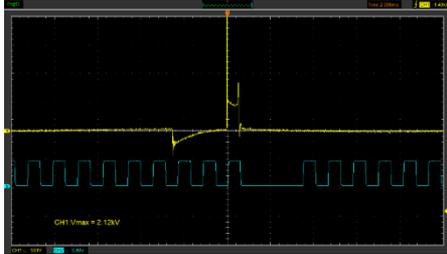
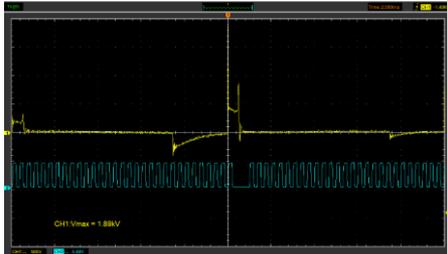
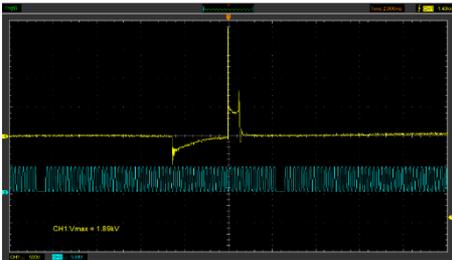


Resultados con MAPA MODIFICADO

Revoluciones [rpm]	Carga [kPa]	Pulso de inyección [ms]	Gráfico
850	20 kPa	2.537	
3000	50 kPa	4.283	
5500	75 kPa	5.635	

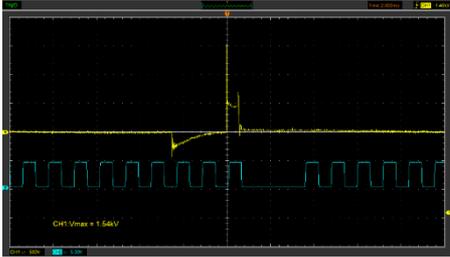
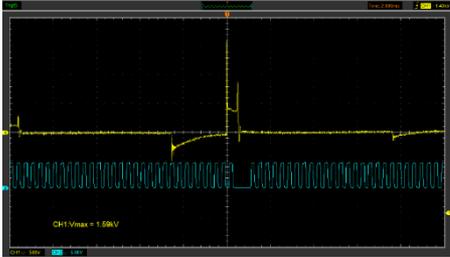
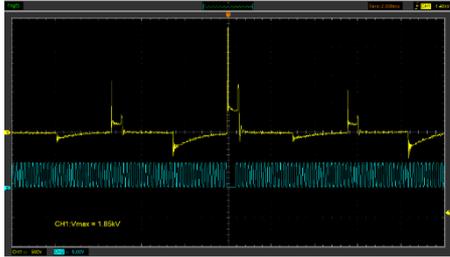


Resultados con mapa encendido base

Revoluciones [rpm]	Carga [kPa]	Avance [grados]	Gráfico
850	20 kPa	10	
3000	50 kPa	13	
5500	75 kPa	6	



Resultados con mapa encendido modificado

Revoluciones [rpm]	Carga [kPa]	Avance [grados]	Gráfico
850	20 kPa	10	
3000	50 kPa	12	
5500	75 kPa	7	



Conclusiones

- La presente investigación se ha concluido con los resultados esperados, diseñando un banco de pruebas para el ajuste de mapas tridimensionales de computadores programables automotrices mediante la simulación de señales fundamentales que permite el uso del mismo en diferentes computadores similares, en el ajuste y modificación de señales en sistemas de inyección y encendido automotrices.
- Dentro de los parámetros a considerar en el ajuste de mapas tridimensionales es la generación de señales fundamentales del vehículo como: CKP, MAP, ECT, TPS, IAT, EGO, permitiendo que el Software Tuner Studio interprete toda la entrada de datos a la ECU en una situación realista.



- En la selección de la ECU programable se ha tenido en cuenta las necesidades como usuarios, así como la disponibilidad, empezando desde la importación de los elementos electrónicos hasta el ensamble de la ECU al 100% disminuyendo notablemente el costo de la ECU programable en comparación a otras marcas.
- Mediante el uso del programa LiveWire y Proteus se ha diseñado cada circuito del emulador de señales automotrices que permite la entrada de datos para una ECU Programable y que permite modificar la señal en tiempo real únicamente con el uso de resistores variables.
- En la construcción del banco de pruebas se ha hecho uso del diseño asistido por computador para el dimensionamiento del banco de pruebas, obteniendo un modelado en 3D y 2D que han permitido la fabricación de cada panel de manera exacta mediante el corte por láser.



- A través de una metodología de cálculo basado en el objetivo AFR que se debe obtener para cada zona del mapa tridimensional se establece una base cálculo realizado en el programa Excel que permite obtener un mapa lineal base como punto de partida para el ajuste posterior del mismo.
- Mediante el programa Tuner Studio se han desarrollado diferentes mapas de inyección y encendido para el motor del vehículo Chevrolet Aveo 1.5L, considerando condiciones reales de trabajo, así como los parámetros característicos del motor como la cilindrada, número de cilindros y el caudal de los inyectores.



- Mediante el uso del osciloscopio HANTEK 1008C se han realizado pruebas medibles para cada mapa de inyección y encendido variando el régimen de giro del motor, así como la carga en ese momento, utilizando el algoritmo de la señal del sensor MAP que provee el banco de pruebas.
- Para complementar la investigación sobre la ECU programable de Speeduino se realizó un manual de funciones sobre la operabilidad de esta placa de pruebas, así como del banco de pruebas detallando el ajuste que debe tener cada señal, las funciones disponibles, puertos de entrada, puertos de salida, y las características que envuelven al panel de control.



Recomendaciones

- Antes de realizar cualquier tipo de manipulación en el banco de pruebas es necesario leer la guía de uso en donde se detalla la operabilidad del banco de pruebas, así como las funciones que este posee, esto con el fin de evitar errores en la configuración de la placa programable.
- Para la simulación de las señales disponibles se recomienda mantener en OFF los alimentadores de los sistemas de inyección y encendido pues esto evitara que empiecen a funcionar sin haber configurado de manera correcta cada señal en el programa Tuner Studio.



- La ECU de Speeduino hace uso del microcontrolador de un Arduino Mega para poder funcionar, debido a esto se pueden presentar problemas con el ruido electromagnético producido por el uso de bobinas e inyectores, que en caso de aparecer deben eliminarse con el uso de capacitores cerámicos conectados en paralelo con la fuente de 12V o en su defecto utilizando la opción para filtrar las señales en el propio Tuner Studio.
- Se recomienda utilizar los diferentes diagramas que se han presentado en la investigación para que en caso de existir modificaciones en algún circuito se tome en cuenta la distribución de pines con los que cuenta la ECU a fin de precautelar la integridad de la placa.



- Debido al diseño del banco de pruebas se recomienda usar únicamente inyectores de alta impedancia puesto que la salida de señal de la placa de Speeduino está conectada directamente a estos actuadores y si se pasa el límite de corriente que soportan los transistores Mosfet de la ECU pueden explotar estropeando por completo la ECU.
- Antes de realizar la modificación de cualquier mapa tridimensional es necesario revisar el manual de fabricante de cada sistema para tener datos realistas y tratar de ajustar el mapa lo más cercano a la realidad.



- Para el ajuste del mapa tridimensional se debe plantear las condiciones de trabajo del motor estos valores dependerán netamente de las necesidades que el usuario establezca a través del banco de pruebas.
- Para salvaguardar la integridad del osciloscopio es necesario usar atenuadores al momento de realizar mediciones en el sistema de encendido debido a que los picos de voltaje producidos por el embobinado primario de la bobina pueden originar daños internos.
- Para una mayor durabilidad del banco de pruebas es necesario mantenerlo en lugares con buena ventilación y alejados de temperaturas altas para evitar el deterioro de componentes electrónicos y de sus actuadores.

