

BANCO DE PRUEBA PARA DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE INYECCIÓN A GASOLINA GDI



**FÉLIX MAYORGA
MARTIN NÚÑEZ**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- **Desconocimiento de tecnologías aplicadas en los vehículos de motores de combustión interna gasolina.**
- **Falta de equipos para pruebas.**
- **Requiere que se investigue acerca del diseño de un banco de pruebas para mantenimiento y diagnóstico de inyectores GDI**



OBJETIVOS

General

Específicos



Hipótesis

Banco de
inyectores con
prestaciones
necesarias



Manual del
Operador



Metas



Análisis de
características
de
funcionamiento
inyectores



BOSCH

Innovación para tu vida

Inyección directa de gasolina

INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA



INTRODUCCIÓN

- Ganancia en la potencia.
- Ganancia en el par motor.
- Alto potencial para reducir el consumo de combustible.
- Menos emisiones contaminantes.

TIPOS DE INYECCIÓN

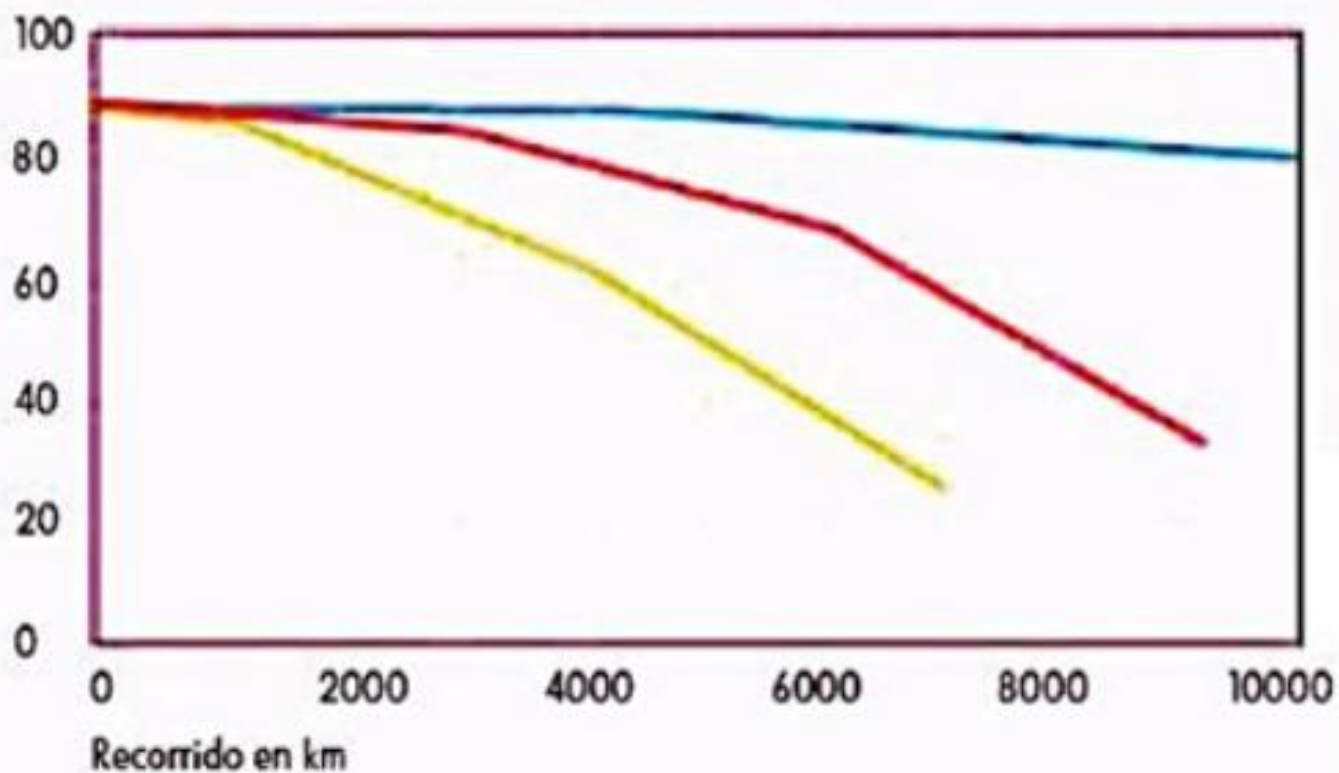
- Inyección directa con mezcla homogénea.
- Inyección directa con mezcla estratificada.
- Inyección directa con la mezcla homogénea y auto-ignición controlada la carga de encendido por compresión.

OBJETIVOS DE LA INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA

- **Contrarrestar significativamente el consumo de combustible.**
- **Disminuir las emisiones de gases contaminantes en los motores (hidrocarburos, CO, NOx).**
- **El CO principal causante del efecto invernadero se puede reducir con la disminución del consumo de combustible.**
- **Inyección se da en un momento y lugar exacto para lograr una combustión exacta.**



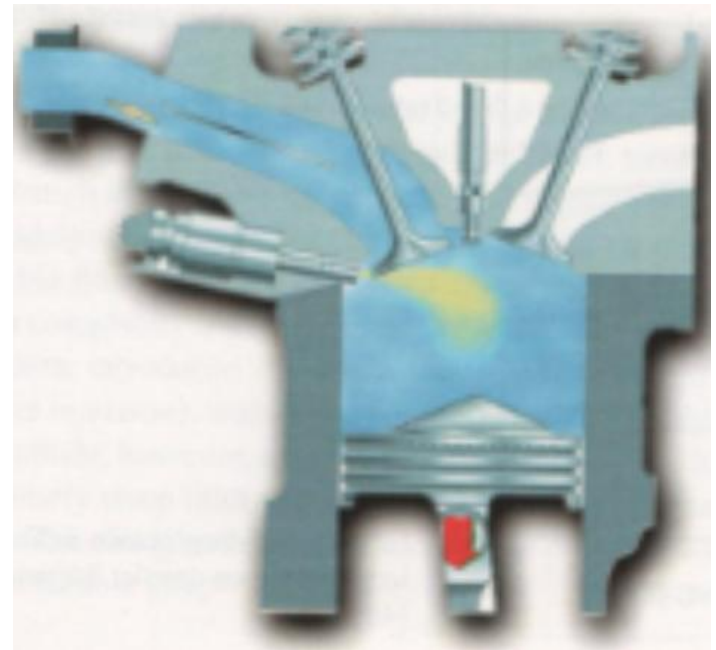
Capacidad de acumulación de NOx, en %



- Shell Optimax sin plomo de 99 octanos (ROZ) (< 10 ppm azufre)
- Super Plus sin plomo de 98 octanos (ROZ) (< 50 ppm azufre)
- Super sin plomo de 95 octanos (ROZ) (< 150 ppm azufre)

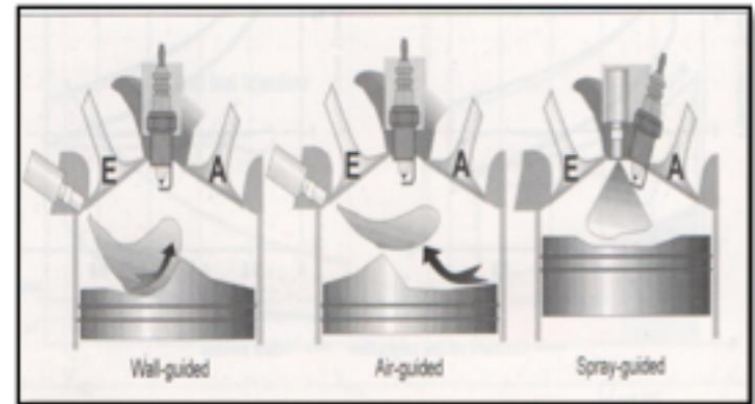
INYECCIÓN DIRECTA CON MEZCLA HOMOGÉNEA

- No requiere de combustibles especiales.
- Proceso adecuado en todo el mundo.
- Se centra en la optimización de la potencia, el par y comportamiento dinámico.
- Se inyecta en la cámara de combustión al principio del proceso de admisión.
- Pérdida por fricción se reduce, consumo de combustible se reduce hasta en un 10% en comparación a un motor PFI.



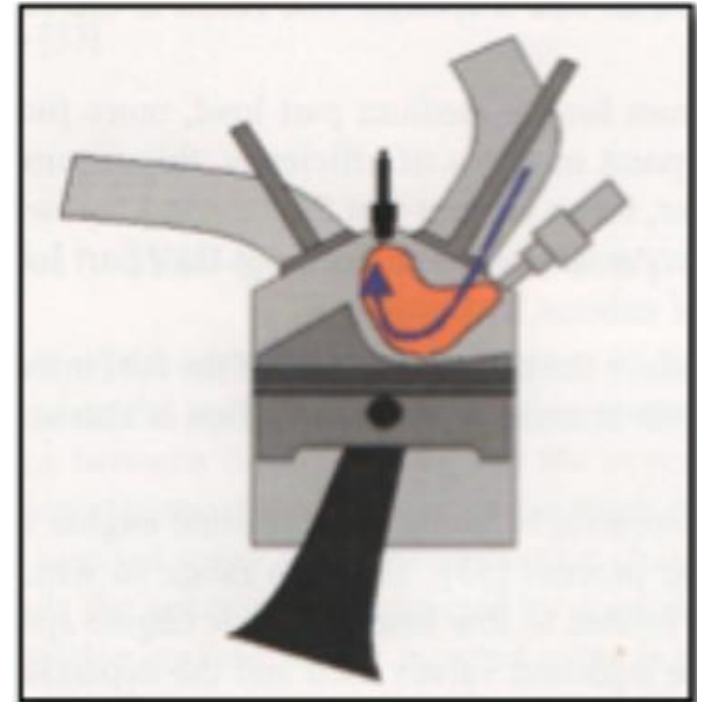
INYECCIÓN DIRECTA CON MEZCLA ESTRATIFICADA

- Se reduce el consumo de combustible y las emisiones de CO₂.
- Requieren combustible sin azufre.
- Reducciones en el consumo de combustible hasta el 20%.
- Se inyecta el combustible durante o sólo hacia el final de la fase de compresión.
- Métodos de inserción de combustible.



PROCESOS DE COMBUSTIÓN PARED GUIADA (WALL-GUIDED).

- Motores FSI de la primera generación.
- Interacción entre el fluido inyectado y la pared de la cámara de combustión.
- Pulverización guiada a la bujía con flujo de remolino o caída gracias al diseño del pistón.
- El proceso del Mitsubishi GDI, HPI por Peugeot y Citroen PSA y FSI por Volkswagen son ejemplos de los procesos de combustión de pared guiada actualmente en el mercado.



PROCESOS DE COMBUSTIÓN DE AIRE GUIADO (AIR GUIDED)

- Combustible transportado a la bujía por el movimiento de carga generado en el lado de admisión.
- El aire se mezcla simultáneamente con la pulverización.
- El movimiento de carga también es apoyado por un pistón en forma específica.
- Contacto entre combustible y pared de la cámara de combustión debe de ser evitado.
- Especialmente difícil, pulverización guiada y pared guiada deben ser resueltos al mismo tiempo.



PROCESOS DE COMBUSTIÓN POR PULVERIZACIÓN GUIADA

- **Distancias más pequeñas entre la bujía y la válvula de inyección.**
- **Inyección directa de la segunda generación.**
- **El atomizado del combustible se mezcla con el aire circulante por efectos aerodinámicos.**
- **Disposición de la bujía de tal manera que una mezcla inflamable próxima al electrodo de encendido en el punto de encendido en todos los puntos de funcionamiento.**


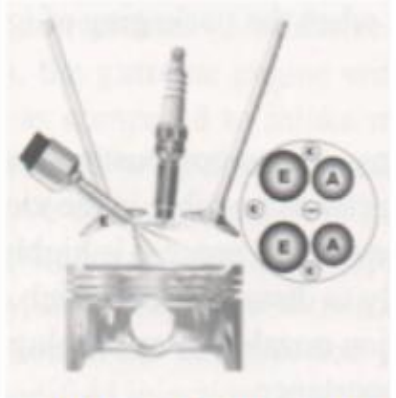
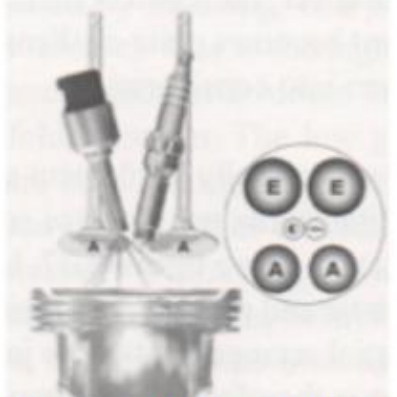
Inyección directa con mezcla homogénea y auto ignición controlada

HCCI (Carga homogénea de encendido por compresión), CAI (Control de auto-ignición).

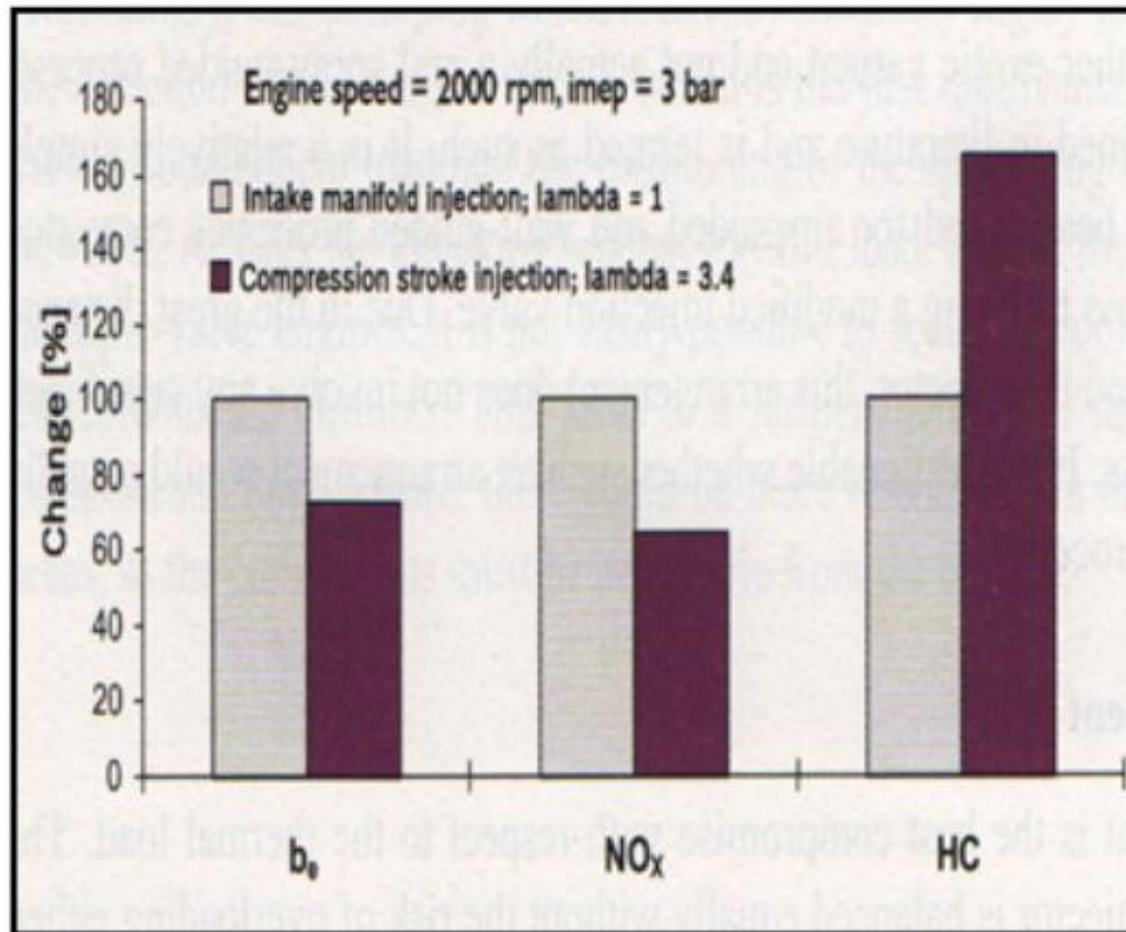
Se están desarrollando como nuevos procesos de combustión de la gasolina y motores diésel

Mínimas pérdidas durante el intercambio de gases y mínimas pérdidas de calor a través de la cámara de combustión

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UBICACIÓN DEL INYECTOR Y LA BUJÍA

		
Disposición transversal	Disposición distante	Disposición longitudinal
+ Buena refrigeración del inyector	+ Buena refrigeración del conector de bujía.	+ Buen desarrollo con respecto a la carga térmica de la bujía y el inyector
+ Disposición simple	+ Construcción simple	+ Ninguna influencia en la construcción de la lumbrera de entrada
- Refrigeración por agua longitudinal difícil	- Refrigeración por agua longitudinal difícil	+ Buena refrigeración tanto en longitudinal como in transversal.
- Entrada restringida o lumbrera de escape	- Entrada restringida o lumbrera de escape	- Disposición difíciles (riel de combustible, bobinas de ignición)
- Alta carga térmica de la bujía	- Alta carga térmica en el inyector (rápida formación de depósitos)	

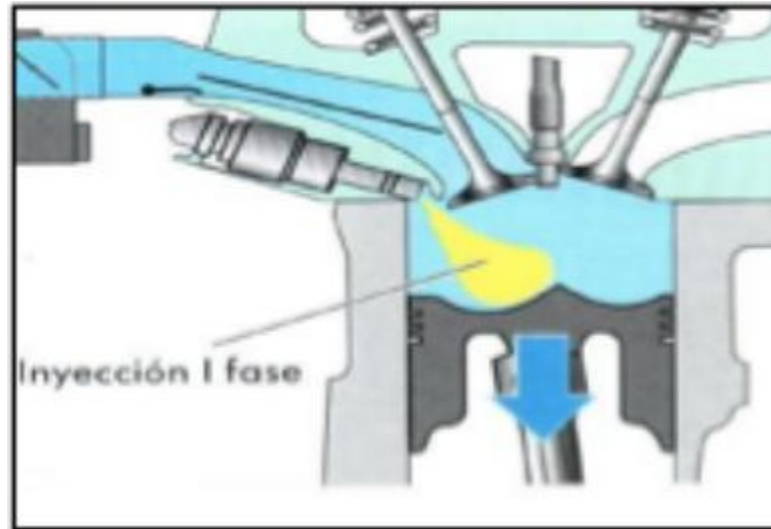
INYECCIÓN PFI VS INYECCIÓN GDI





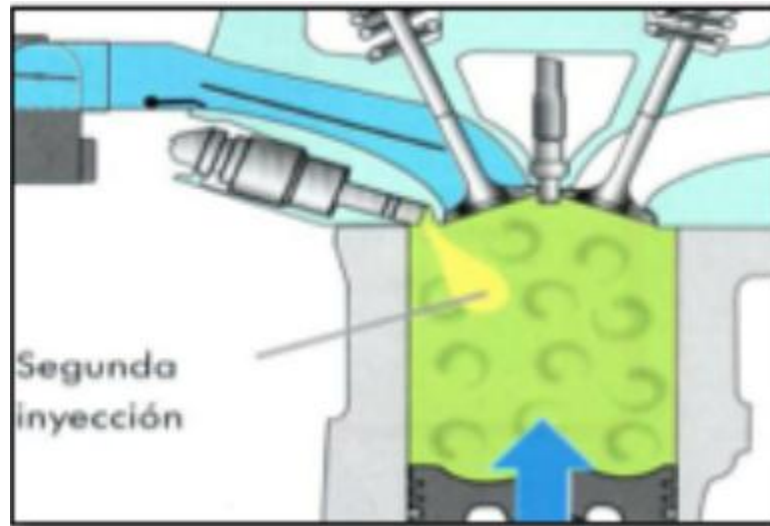
INYECCIÓN DE DOS FASES A PLENA CARGA

La primera inyección se realiza a 300 grados APMS durante el ciclo de admisión. Se inyecta aproximadamente $2/3$ de la cantidad de combustible.



SEGUNDA FASE A PLENA CARGA

La cantidad restante se inyecta en los ciclos de compresión, de esta forma se logra evaporar más el combustible mejorando el reparto de la mezcla.



Convertidores catalíticos de calefacción pueden ser acelerados mediante la distribución de la cantidad de combustible en múltiples inyecciones.

Una mezcla básica homogénea se prepara mediante la inyección temprana durante la carrera de admisión

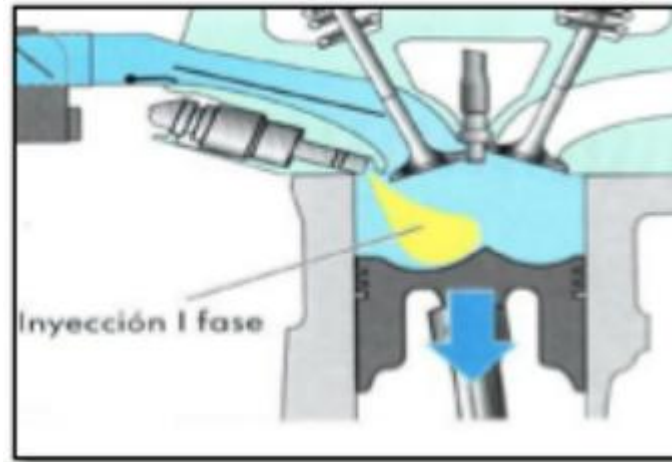
ESTRATEGIA PARA
CALENTAR
CONVERTIDORES
CATALÍTICOS

Una o más inyecciones cerca del tiempo de encendido generan una rica mezcla de gas en el área de la bujía.

Reducción eficaz de la emisión de hidrocarburos no tratados.

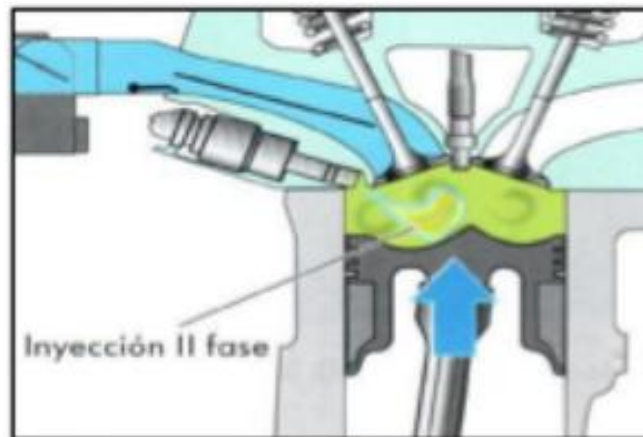
PRIMERA FASE DE INYECCIÓN CALENTANDO EL CATALIZADOR

La inyección de la primera fase se realiza a unos 300 grados APMS durante el ciclo de admisión. De esta forma se consigue un reparto uniforme de la mezcla aire-combustible.



SEGUNDA FASE DE INYECCIÓN CALENTADO CATALIZADOR

Se inyecta una pequeña cantidad de combustible a aproximadamente 60 APMS. Esta mezcla se quema muy tarde y hace que aumente la temperatura de los gases de escape.





Baja Presión

Genera una baja presión de aproximadamente 4 bares.

Se compone de una bomba de combustible eléctrica y un controlador de presión mecánico.



Alta Presión

Genera la alta presión (un máximo de 200 bares).

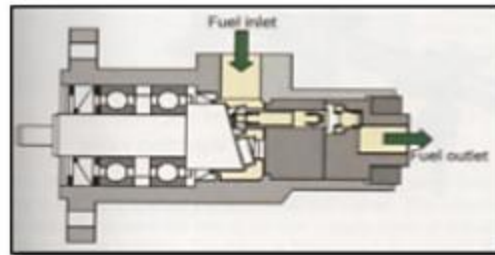
Bomba de alta presión de pistones y un riel o acumulador de presión.



Se utilizan bombas de pistón.

Genera la alta presión solamente a velocidad máxima del motor

La bomba de combustible de alta presión se maneja mediante el árbol de levas



Bombas de caudal fijo.

El flujo de volumen suministrado debe ser independiente de la presión de suministro

Almacena y amortigua el combustible a alta presión.

Suministra el combustible a los inyectores



A mayor capacidad de almacenamiento mayores propiedades de amortiguación

las válvulas de inyección, el sensor de presión y, si es necesario, la válvula de control de presión está conectada directamente al riel.

INYECTORES ELECTROMAGNÉTICOS



Interfaz entre el rail de combustible y la cámara de combustión.

Su función es dosificar el combustible y vaporizarlo de tal modo que este y el aire se mezcle en una zona específica de la cámara de combustión.



Presión de trabajo de estos inyectores puede superar los 100 bares.

La resistencia de la bobina está bajo los 2 ohmios.



INYECTORES PIEZOELÉCTRICOS

Tienen varios elementos piezoeléctricos conectados unos tras otro.

La cerámica no puede soportar cualquier esfuerzo de tracción.

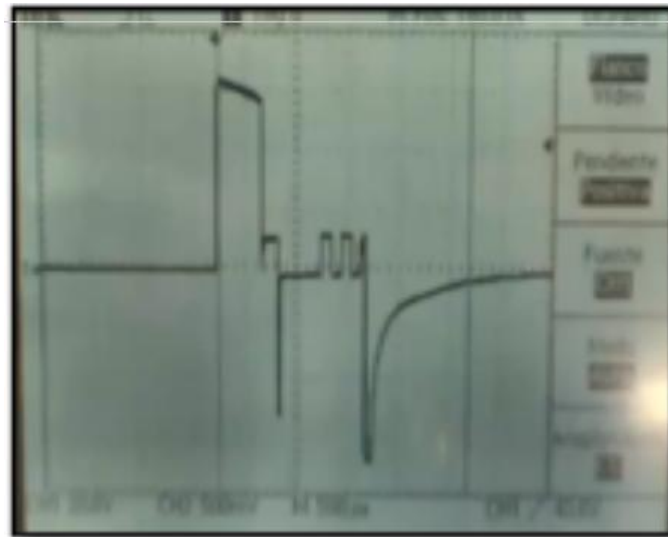


Los elementos piezoeléctricos están precargados utilizando un resorte.

Esto evita la formación de esfuerzo de tracción en el estado desplazado protegiendo así el actuador contra daños.

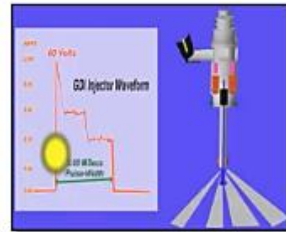
PROCESO DE ACTIVACIÓN DE UN INYECTOR GDI

- Tensión alta de 80 Voltios.
- Por la descarga del capacitor el voltaje se mantiene en 12V a una corriente de 5 A.
- ECU envía pulsos a 2,5 A para evitar que la bobina se caliente.
- Este crecimiento y decrecimiento de la corriente asegura una apertura y cierre más instantáneo.



PEAK AND HOLD

El sistema Peak and hold regula la corriente de activación



y esto podría calentar el bobinado del mismo lo que produciría la quema del inyector o daño del sistema.

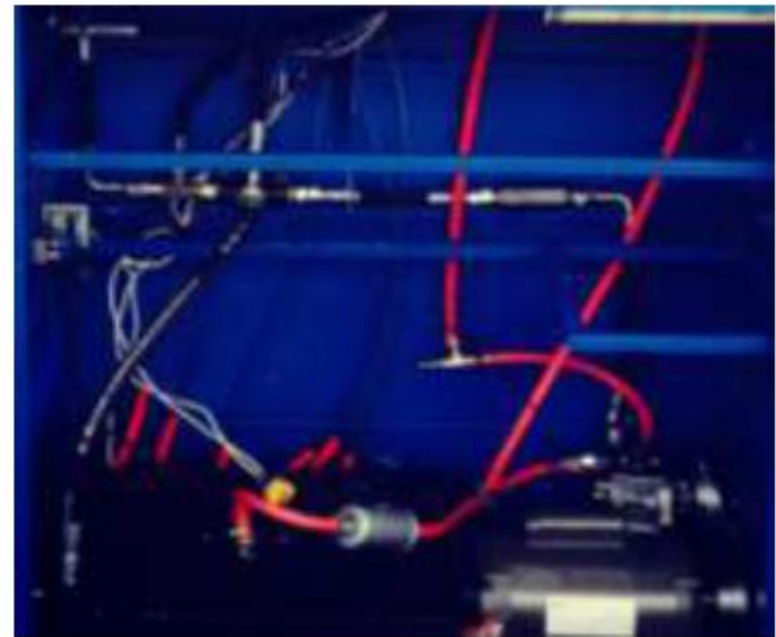
dado que al ser una resistencia interna muy baja tiene un consumo alto de corriente

INYECCIÓN PFI VS INYECCIÓN GDI

INYECTORES PFI	INYECTORES GDI
Trabajan con una presión máxima de 5 bares.	Trabajan con una presión máxima de hasta 200 bares.
Resistencia de la bobina de 12-17 ohm.	Resistencia de la bobina menor a 2 ohm.
Activado con masa constante de la ECU.	Activado por sistema Peak and Hold.
Se ubican por el múltiple de admisión	Se ubican dentro de la cámara de combustión.
Realiza un pulso de inyección en diferentes tiempos, sin tener estrategias de control de emisión de gases nocivos para el ambiente.	Tiene dos estrategias de inyección para calentado del catalizador y a plena carga.

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES HIDRÁULICO Y MECÁNICOS

- **Selección Manómetros**
- **Selección de la bomba de baja y alta presión**
- **Diseño del depósito**
- **Selección de válvulas**
- **Selección de las mangueras hidráulicas**
- **Selección del fluido limpia inyectores**

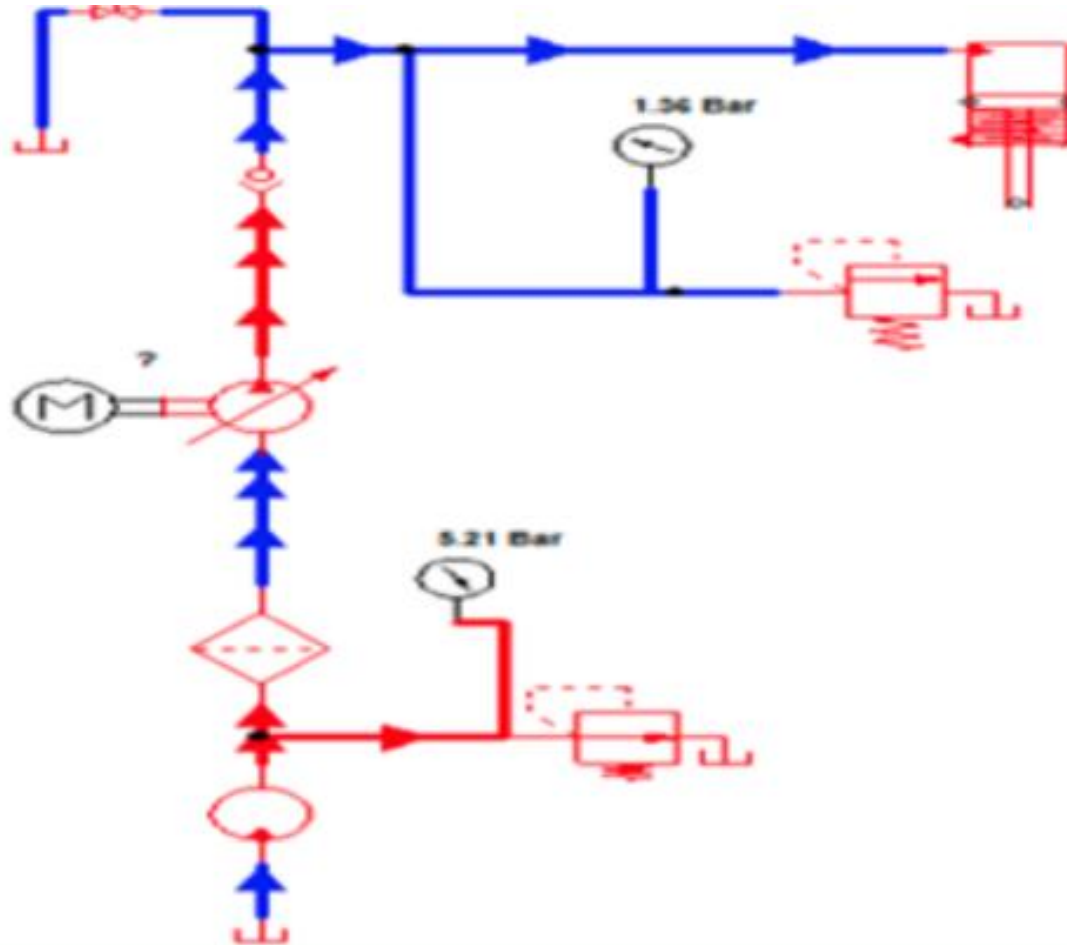


FUNCIONES DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

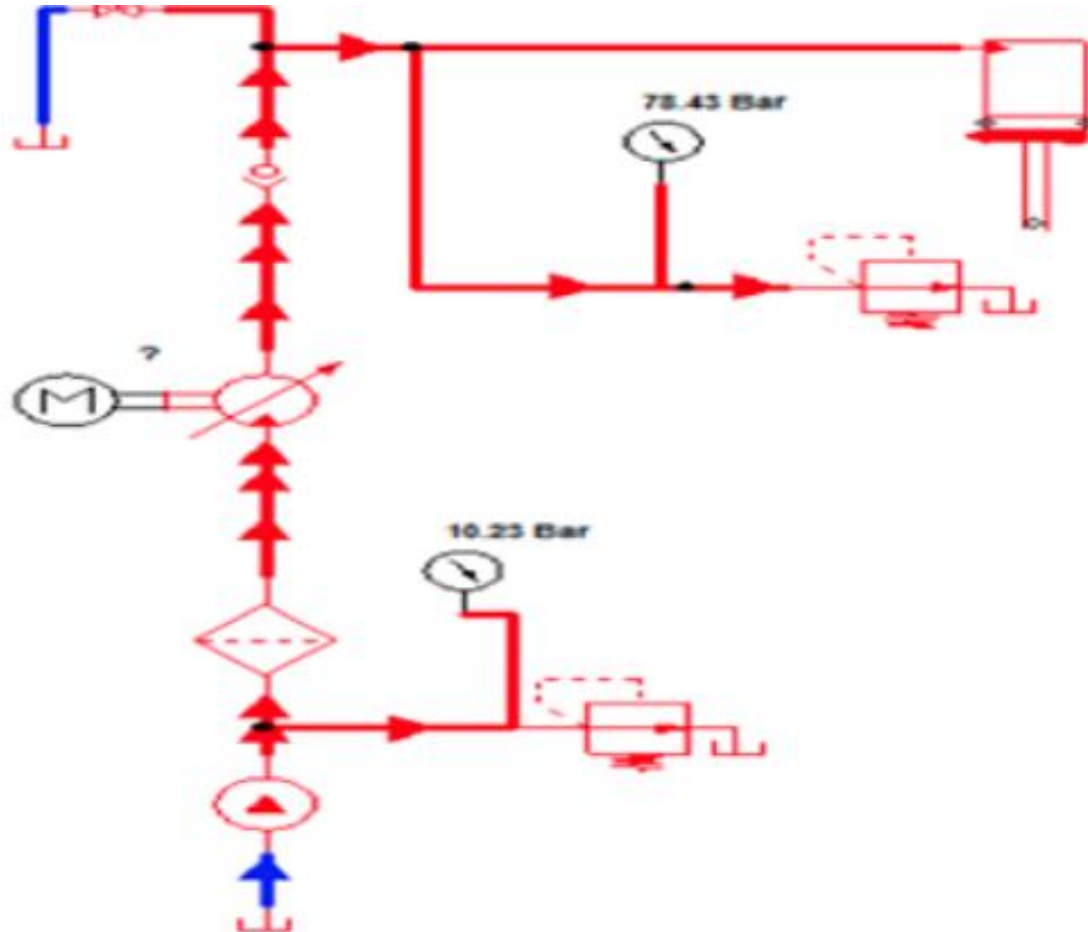
El circuito hidráulico consta de tres funciones:

- 1. Activación sistema de baja presión.**
- 2. Activación sistema de alta presión.**
- 3. Despresurización del sistema por válvula bypass.**

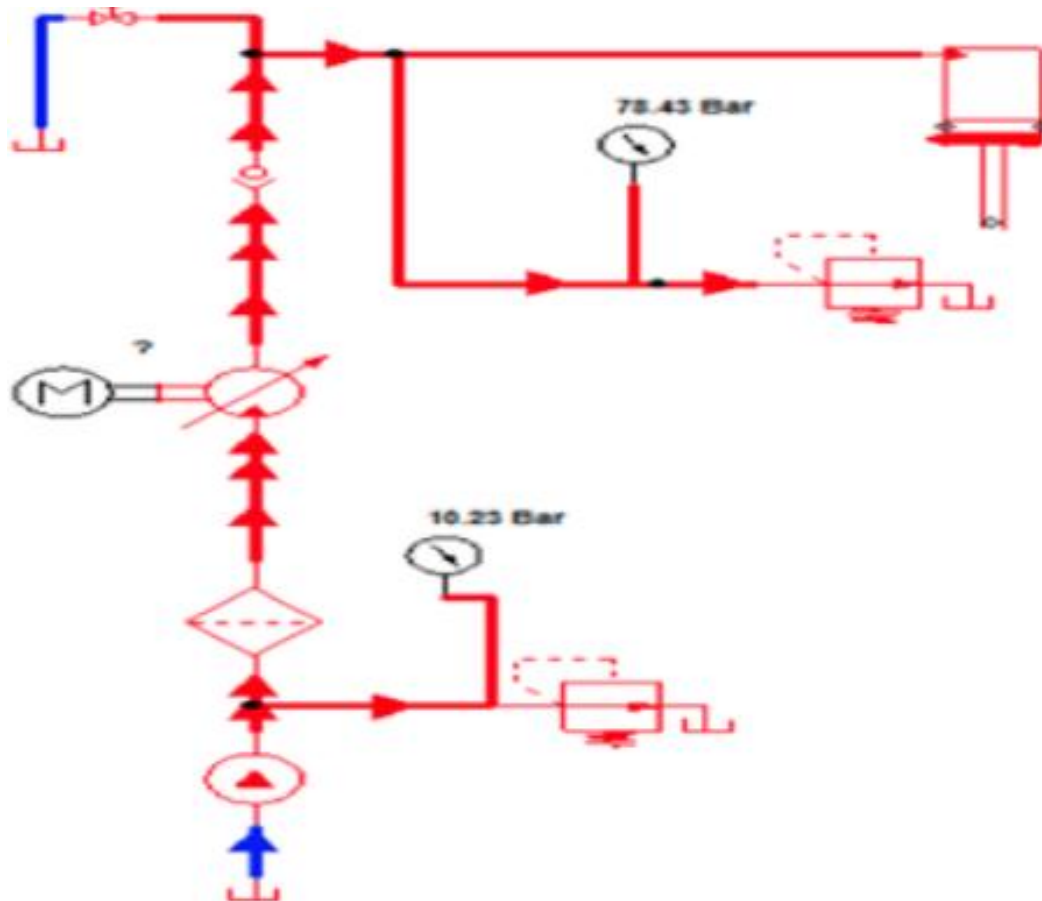
BAJA PRESIÓN



ALTA PRESIÓN



DESPRESURIZACIÓN



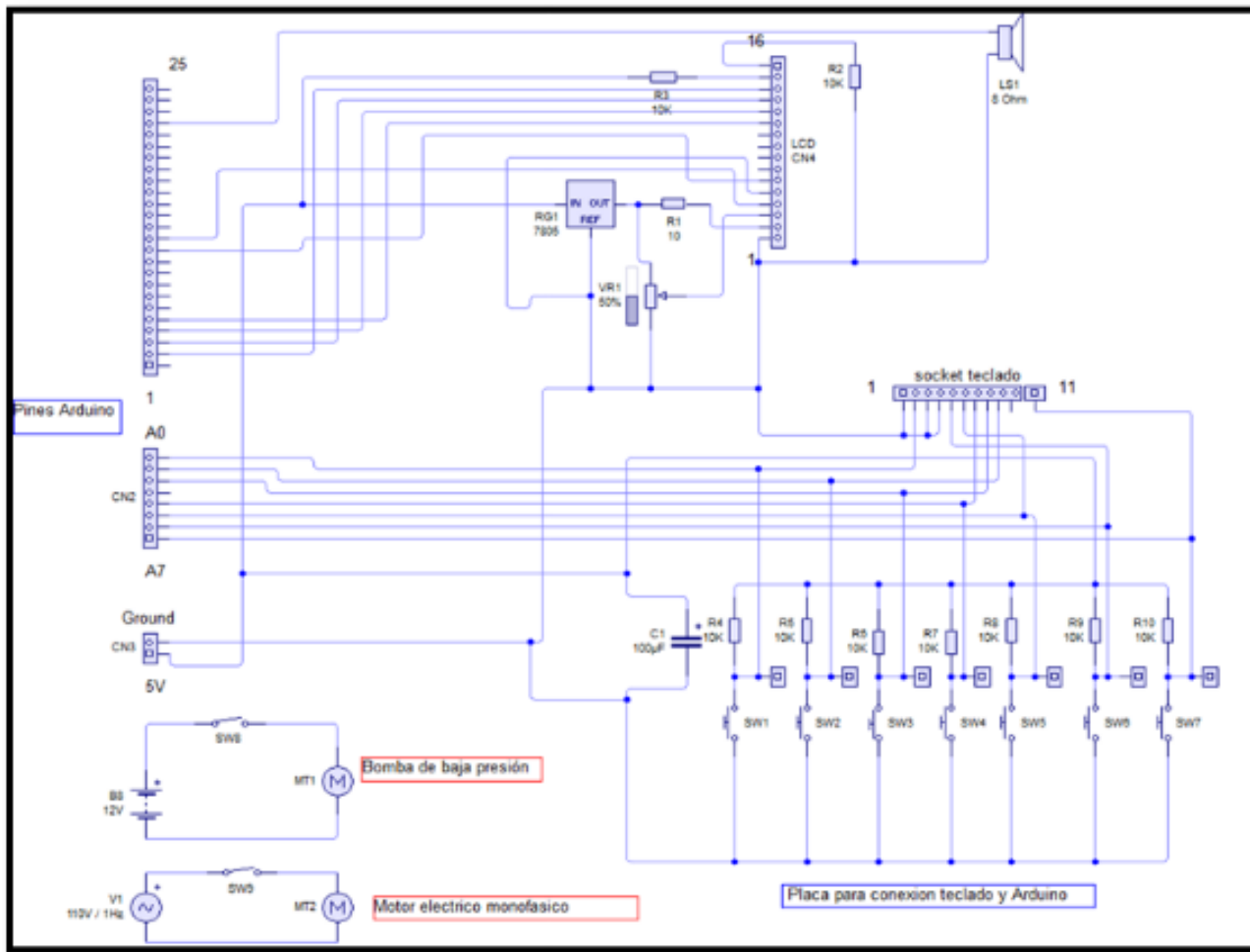
DISEÑO ELECTRÓNICO

Selección y cálculos de la parte eléctrica Selección del cableado.

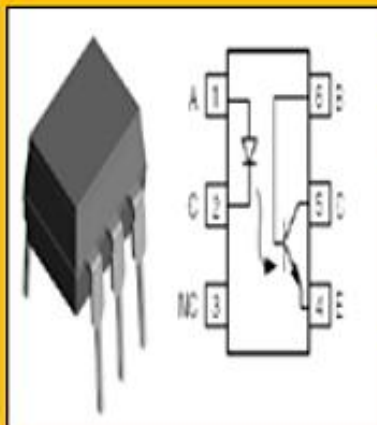
- **Corriente de consumo del motor eléctrico**
- **Potencia absorbida por el motor**
- **Perdidas en el motor eléctrico**

DISEÑO ELECTRÓNICO

- Fuentes de alimentación
- Circuito de potencia para activación de electroválvulas
- Circuito de conexión del LCD y del teclado.

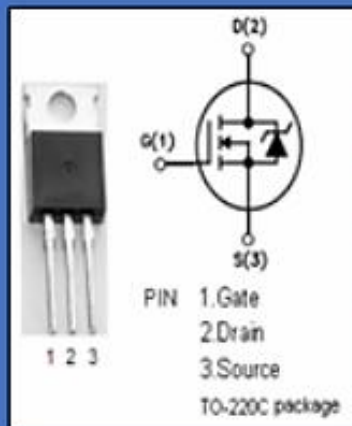


Optoacoplador 4N25



- Manipulación de altas corrientes
- Las etapas digitales y potencia se separan por medio de este acoplamiento que permite aislar eléctricamente a los sistemas
- Se produce el acoplamiento en un rango del espectro infrarrojo producido por dispositivos emisores de luz

Transistor IRFZ44N



- Inversores
- Fuentes conmutadas
- Equipos de computo
- Circuitos de modulación por ancho de pulso (PWM)

PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Condición	Prueba	Presión		Amplitud de pulso
		Baja	Alta	
Prueba por Prueba	Flujo	3 bar	30 – 80 bar	5000 ms
	Estanqueidad	3 bar	30 – 80 bar	0 ms
	Spray	3 bar	30 – 80 bar	8,57 – 75 ms
	Reverse	3 bar	30 – 80 bar	10 – 75 ms
Prueba automática	Auto <u>clean</u>	3 bar	30 – 80 bar	8,57 – 75 ms

MODELADO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO

El diseño de la base se lo realizó con tubo estructural cuadrado cuyas medidas son de 1 1/2 x 2 pulgadas, para las partes donde soportará cargas estáticas. En la parte superior del banco, se utilizó soportes para el panel de instrumentos. El material seleccionado es un acero ASTM A-36, que tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi) y es muy utilizado en la construcción de estructuras metálicas.



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

$$N = \frac{60000}{T}$$

$$800 = \frac{60000}{T}$$

$$T = \frac{60000}{800}$$

$$T = 75 \text{ ms}$$

$$\%CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$\%28 = \frac{T_i}{75} \times 100$$

$$T_i = 21 \text{ ms}$$

$$T_o = 54 \text{ ms}$$

Cálculos pruebas en ralentí
800 RPM y 600 Psi

$$N = \frac{60000}{T}$$

$$2500 = \frac{60000}{T}$$

$$T = \frac{60000}{2500}$$

$$T = 24 \text{ ms}$$

$$\%CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$\%28 = \frac{T_i}{24} \times 100$$

$$T_i = 6.72 \text{ ms}$$

$$T_o = 17.28 \text{ ms}$$

Cálculos pruebas a 2500 RPM
y 800 Psi

$$N = \frac{60000}{T}$$

$$7000 = \frac{60000}{T}$$

$$T = \frac{60000}{7000}$$

$$T = 8.57 \text{ ms}$$

$$\%CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$\%28 = \frac{T_i}{8.57} \times 100$$

$$T_i = 2.4 \text{ ms}$$

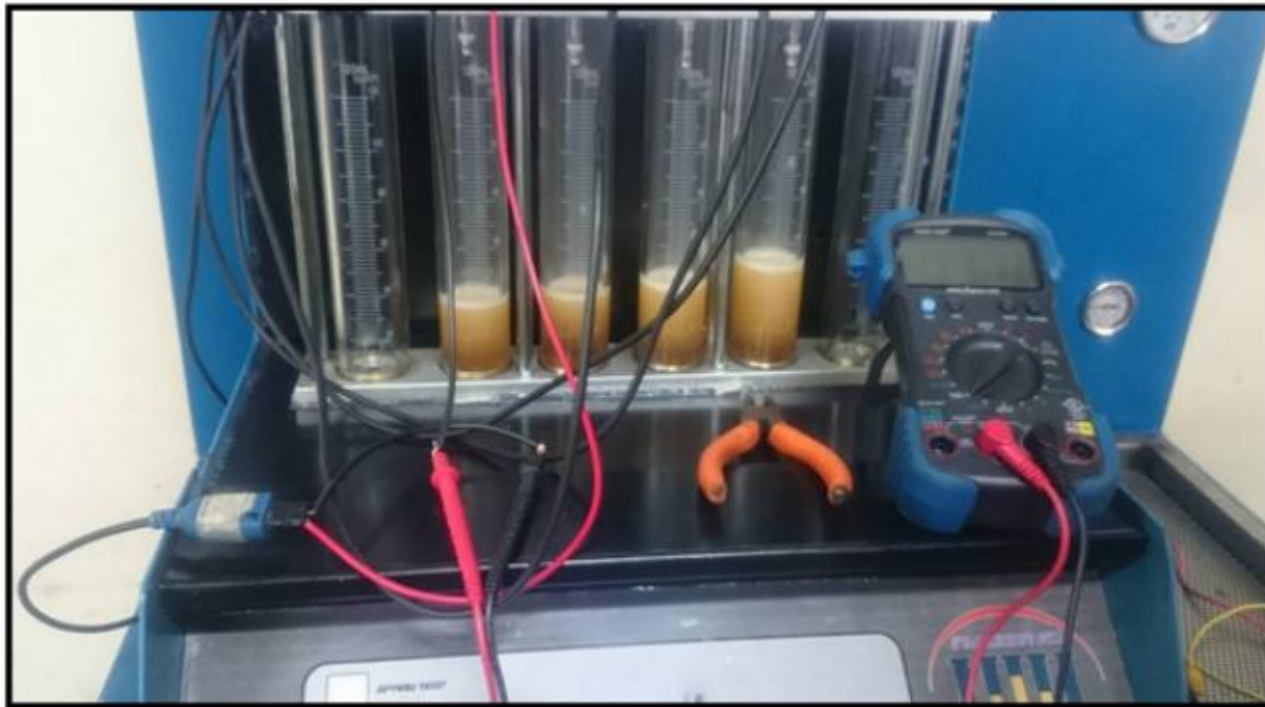
$$T_o = 6.17 \text{ ms}$$

Cálculos pruebas aceleración
brusca 7000 RPM y 1100 Psi

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA



MEDICIÓN DE CORRIENTE, VOLUMEN Y ÁNGULO DE ATOMIZACIÓN



VARIACIÓN DE LA CORRIENTE SEGÚN LOS TIEMPOS DE ACTIVACIÓN



$T_i = 21 \text{ ms}$



$T_i = 2,798 \text{ ms}$



$T_i = 5000 \text{ ms}$

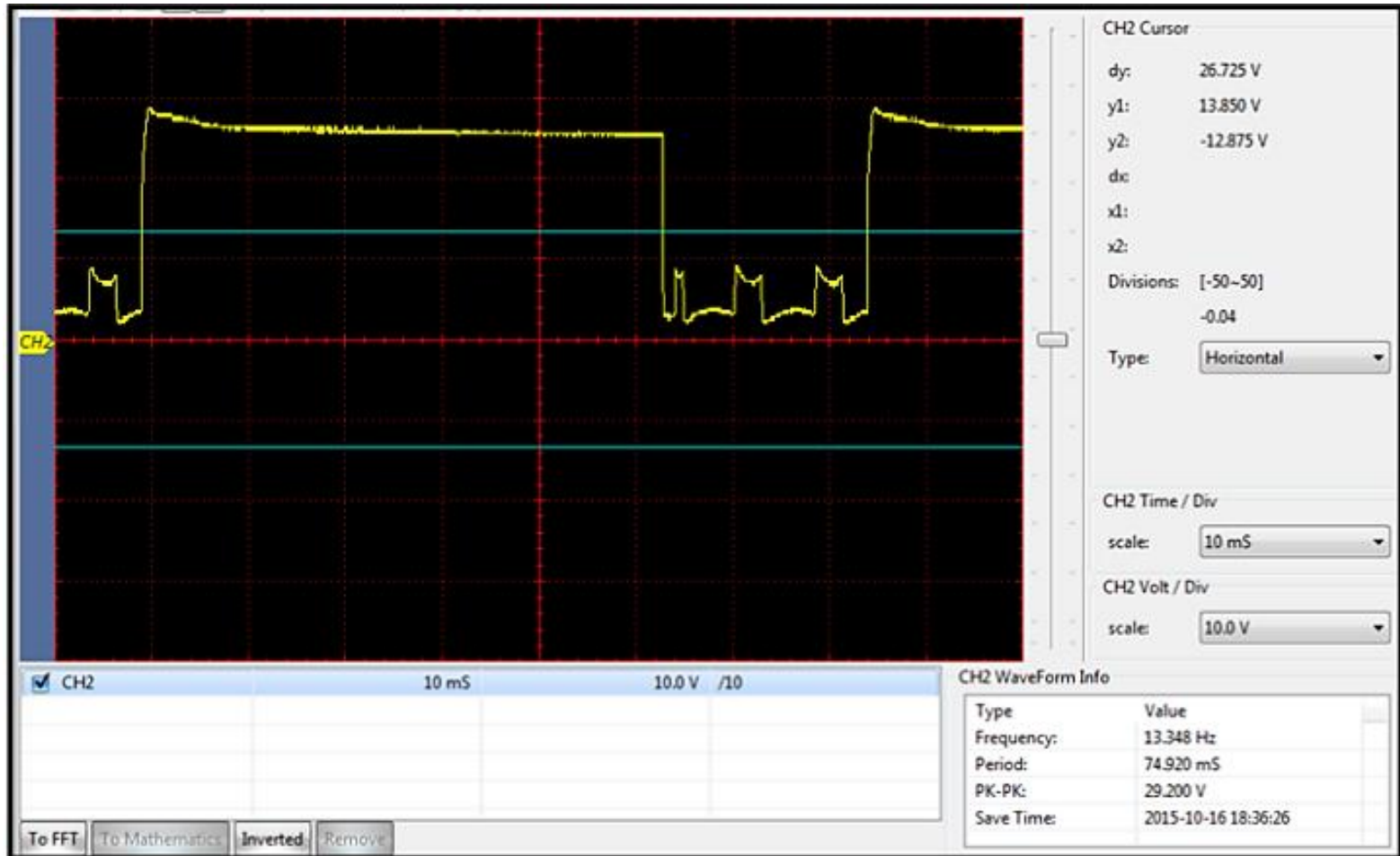
DATOS EN PRUEBA A RALENTÍ

Inyector	Resistencia Ω	RPM	Ti (ms)	<u>Toff</u> (ms)	%CT	Presión (Psi)	Volumen (ml)	α Inyección (°)	Corriente A
1	1,1	800	21	54	28	600	80	51	1,308
2	1,1	800	21	54	28	600	84	41.6	1,308
3	0,9	800	21	54	28	600	98	40.1	1,308
4	0,9	800	21	54	28	600	82	41.6	1,308

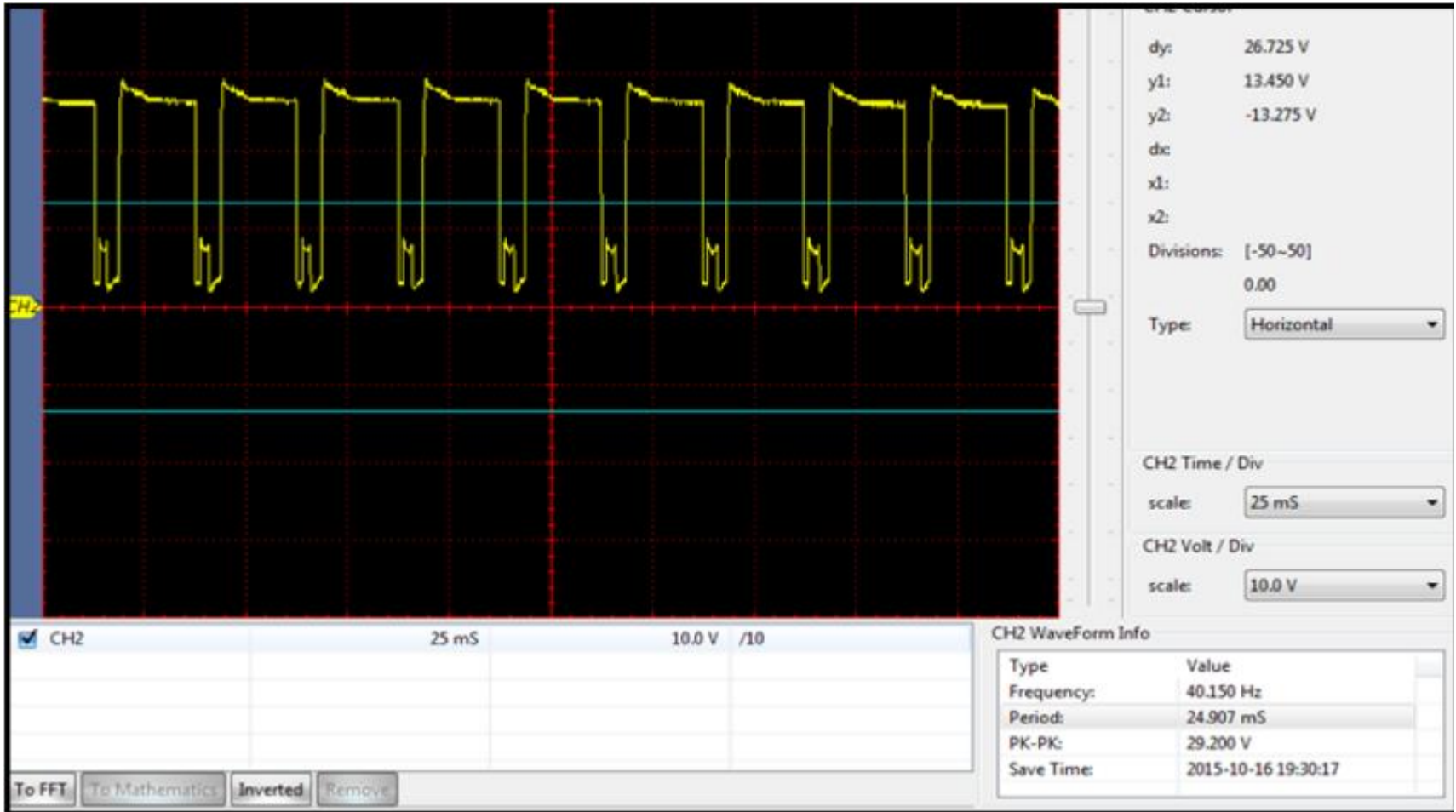
OSCILOGRAMAS



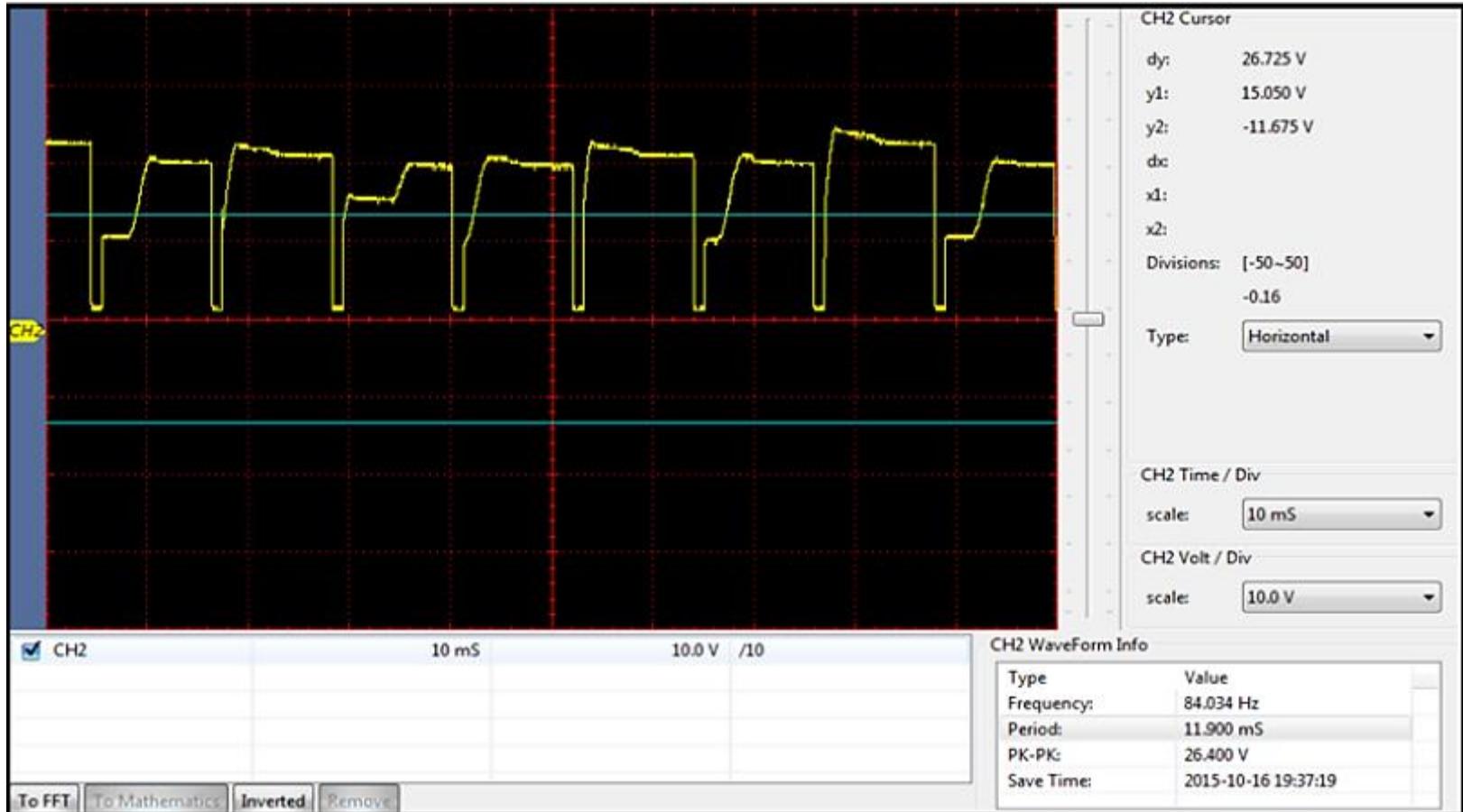
RALENTÍ



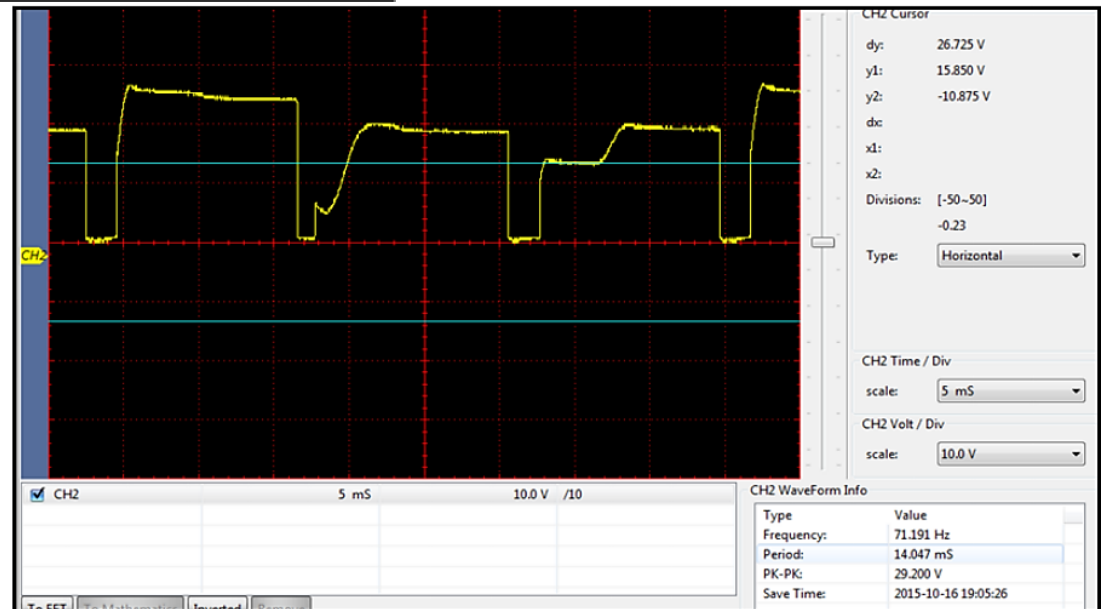
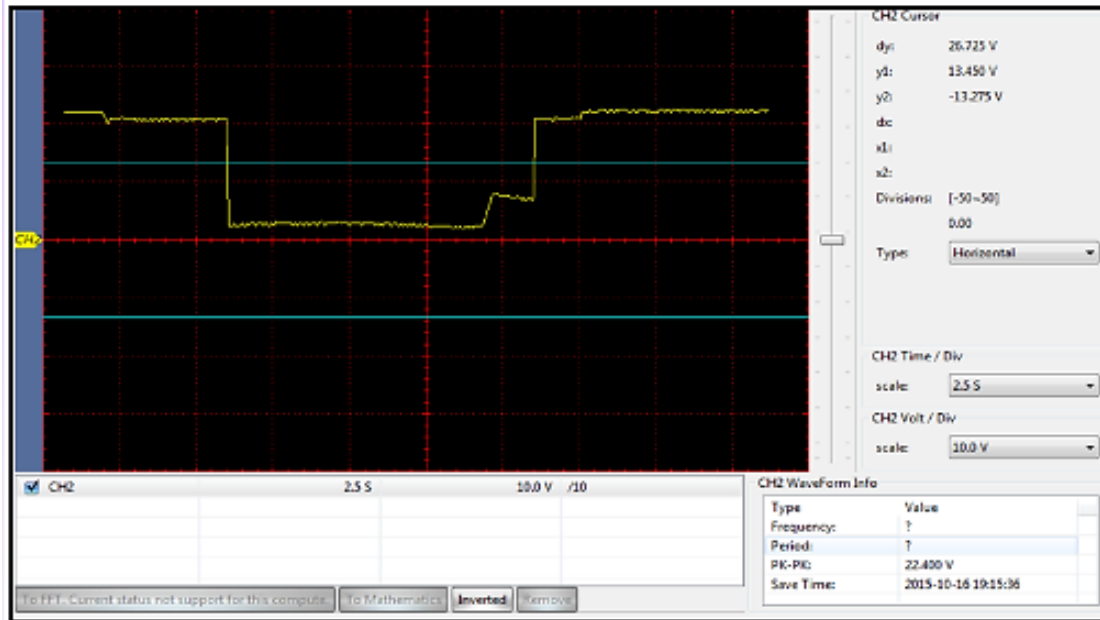
2500 RPM



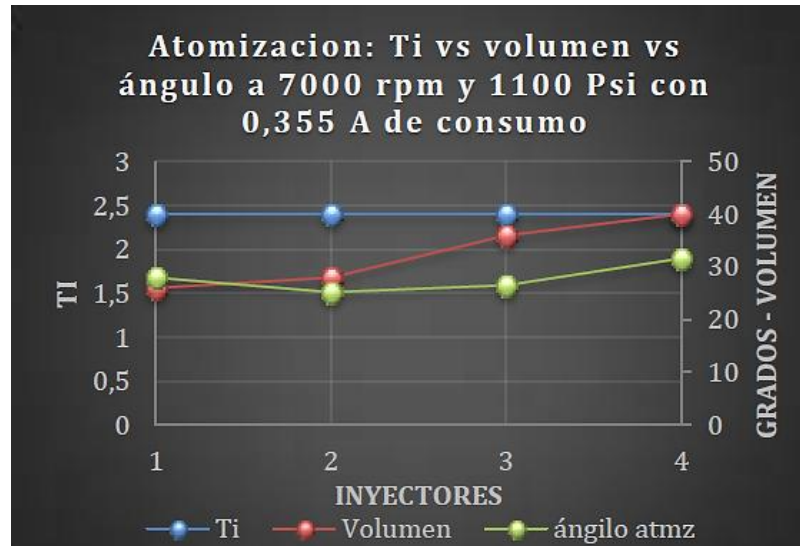
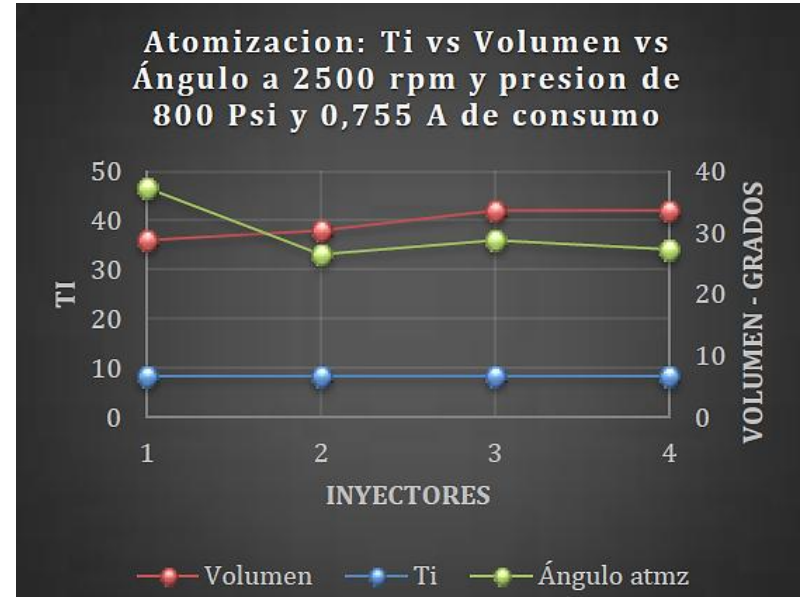
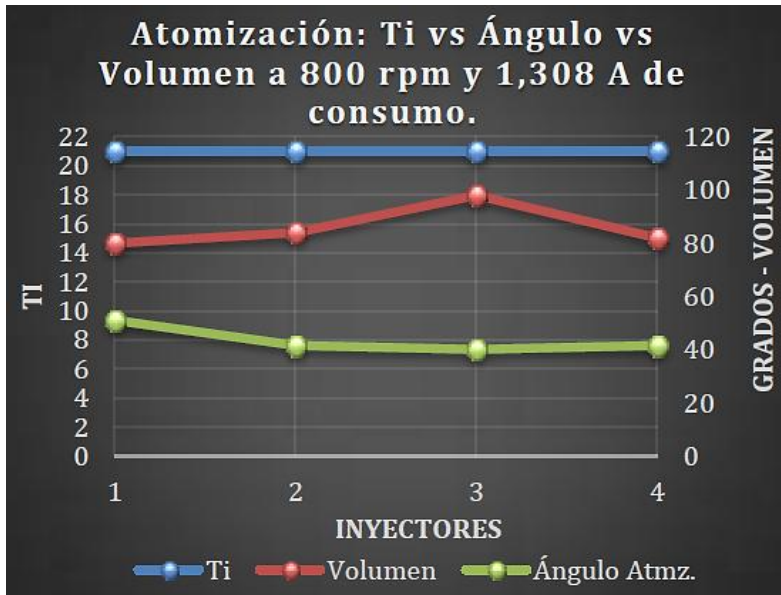
7000 RPM



REVERSA (6000 RPM) E INYECCIÓN



ANÁLISIS GENERAL



CONCLUSIONES

- El banco brinda opciones de prueba a diferentes parámetros de funcionamiento que facilitan el diagnóstico de inyectores GDI.
- En función de la corriente medida se determina que con tiempos de activación más largos del inyector mayor va a ser el consumo de la misma.
- La variación de volumen entregado por un inyector a distintos parámetros de funcionamiento depende de la presión de inyección y los tiempos de apertura.

RECOMENDACIONES

- **Incentivar este tipo de proyectos ya que constituyen un fortalecimiento del aprendizaje y la aplicación de conocimientos adquiridos durante toda la carrera.**
- **Comenzar con iniciativas que aumenten la cantidad de proyectos referentes a sistemas GDI dado que los vehículos actuales cuentan con esta tecnología.**
- **Organizar giras a plantas donde se fabrican o ensamblan vehículos con tecnología GDI.**

**GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN**