



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

Ingeniería Automotriz

“INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES PIEZOELÉCTRICOS BOSCH DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIÉSEL INJECTION) DE LOS VEHÍCULOS VOLKSWAGEN CRAFTER 2.5 TDI HYUNDAI VERACRUZ IX55 3.0”

**Flavio Robayo
Álvaro Sarabia**



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La innovación tecnológica en la industria automotriz ha desarrollado nuevos sistemas de inyección con diferentes métodos de funcionamiento y accionamiento en sus inyectores, de ahí que aparecen los inyectores piezoeléctricos en los sistemas CRDI Bosch (Inyección diésel de riel común), colaborando específicamente con un mayor desempeño y rendimiento de los motores de combustión interna, siendo beneficioso tanto para el usuario de automotor debido a un menor consumo de combustible, así como al medio ambiente debido a la reducción considerable de las emisiones de gases contaminantes, pero a su vez este tipo de inyectores piezoeléctricos es carente de información técnica sobre los parámetros óptimos de funcionamiento



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Al existir poca o muy escasa información sobre los parámetros técnicos iniciales de funcionamiento de los inyectores piezoeléctricos Bosch, de igual manera sobre las pruebas, mediciones mecánicas, eléctricas produce un escaso proceso o protocolo de pruebas para el mantenimiento del mismo, así mismo la cantidad de técnicos calificados para la evaluación y calibración de dichos inyectores es reducida.
- Por tanto, el problema que se investigó es la influencia de las propiedades mecánica y electrónica de los inyectores piezoeléctricos Bosch en el desempeño del motor de combustión interna



OBJETIVOS:

GENERAL: Investigar el comportamiento mecánico y electrónico para generar información técnica, y relevante de los parámetros de operación de los inyectores piezoeléctricos CRDI (Inyección directa de riel común) en los inyectores piezoeléctricos Bosch de los vehículos Volkswagen Crafter 2.5 TDI, Hyundai Veracruz IX55 3.0

- **ESPECÍFICOS:**

- Recopilar información relacionada a la investigación para el desarrollo de la misma.
- Investigar la disponibilidad del mercado en las marcas y modelos con inyector piezoeléctricos el Ecuador.
- Determinar los parámetros de funcionamiento mecánico y eléctrico de los inyectores piezoeléctricos Bosch
- Realizar pruebas mecánicas a los inyectores Bosch tales como: caudal de inyección, caudal de retorno, ángulo de pulverización.
- Ejecutar pruebas eléctricas de corriente de activación, voltajes de activación y los grados de activación de los inyectores piezoeléctricos CRDI Bosch.
- Generar tablas estadísticas de identificación de resultados obtenidos en los protocolos de pruebas.



HIPÓTESIS:

- La investigación los parámetros de desempeño mecánico y eléctrico de los inyectores piezoeléctricos Bosch permitirá establecer el comportamiento de los parámetros de operación del sistema de inyección CRDI que se realiza en los vehículos Marca Hyundai, y Volkswagen modelos Veracruz y Crafter.

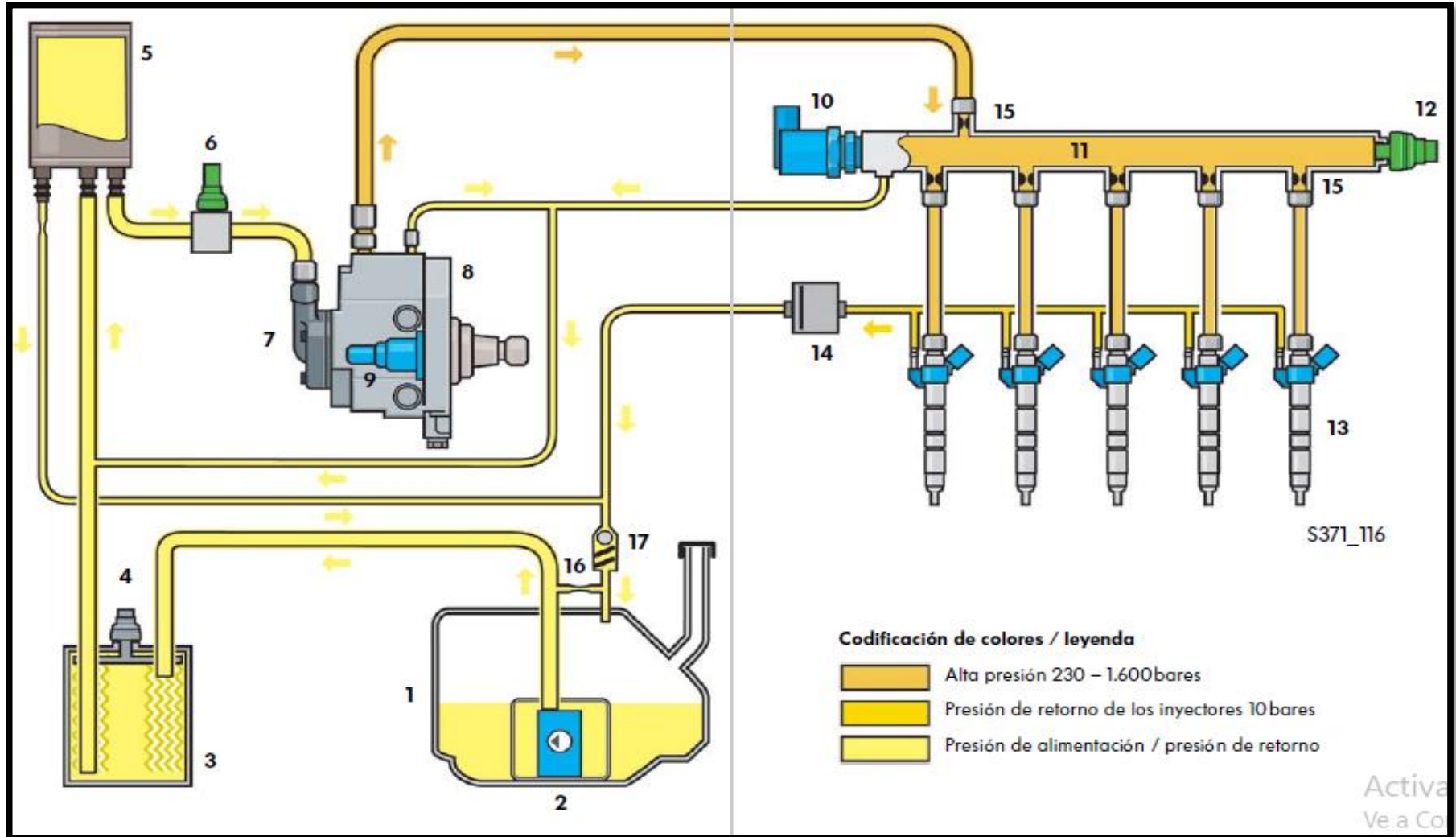


Sistemas common rail o de conducto común diésel.

- (Bosch R. , Sistema de inyección Diésel por acumulador Common Rail, 2005) aduce que: El sistema common rail es uno de los sistemas de inyección más perfeccionado en los sistemas por acumulador. La ventaja principal del sistema common rail son las amplias posibilidades de variación de configuración de la presión de la inyección y los momentos de inyección.



SISTEMA CRDI O RIEL COMÚN BOSCH



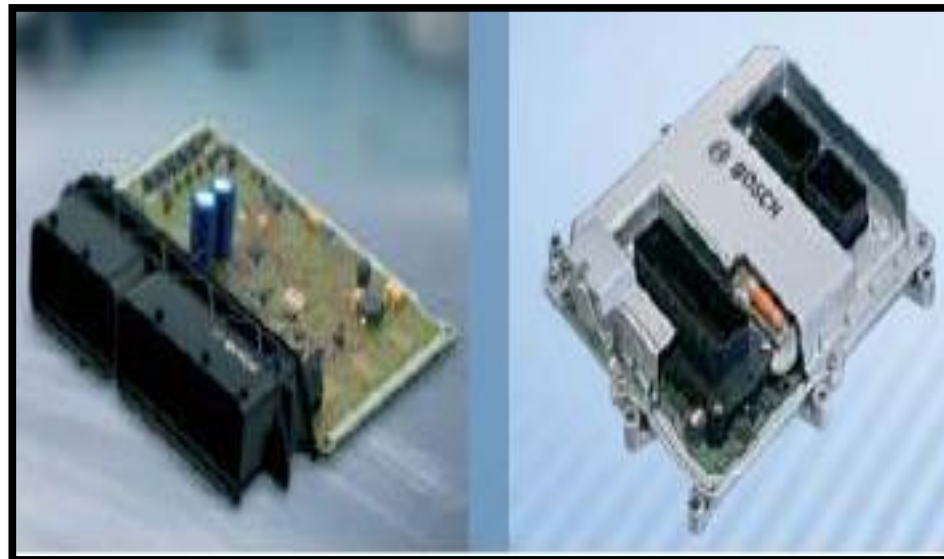
CONTROL ELECTRÓNICO

- En relación al sistema convencional de alimentación mecánica, el sistema de alimentación electrónica posee una EDC, la cual se encarga de regular todos los parámetros de alimentación dependiendo los requerimientos del conductor, y los valores son determinados por 4 requerimientos en especial;
 - **Parámetros de entrada a la ECU.**
- Datos específicos que nos genera el sensor de oxígeno sobre las emisiones contaminantes del motor.
- Régimen de temperatura que será proporcionada por los diferentes tipos de sensores de temperatura.
- Revoluciones a las cuales el cigüeñal este girando, presión del turbo alimentador.
- Posición del pedal de aceleración dependiendo las exigencias del conductor.



- **Parámetros de salida de la ECU.**

- (kia, 2016) aducen que: Los parámetros enviados de la ECU son:
- Corriente de accionamiento para la válvula de control del inyector.
- Corriente de accionamiento para la válvula de derivación de caudal de entrada al riel.
- Calentador del filtro de combustible (opcional).



Características del sistema de alimentación Bosch

- En el manual de la Crafter 2.5 TDI Common Rail (Figard, 2011)
- La presión de la inyección es casi libremente programable y puede ser adaptada a cada estado operativo del motor.
- Una presión de la inyección, de hasta 1.600 bares como máximo posibilita una buena formación de la mezcla.
- Desarrollo flexible de la inyección con varios ciclos de preinyección y postinyección
- Bajo consumo de combustible.
- Bajas emisiones contaminantes
- Marcha suave del motor



SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE BAJA PRESIÓN.

- El circuito de baja presión tiene como finalidad alimentar al sistema con una presión baja y constante, por eso se lo considera sistema de transferencia y cumple con las siguientes características.
- Bomba de transferencia:

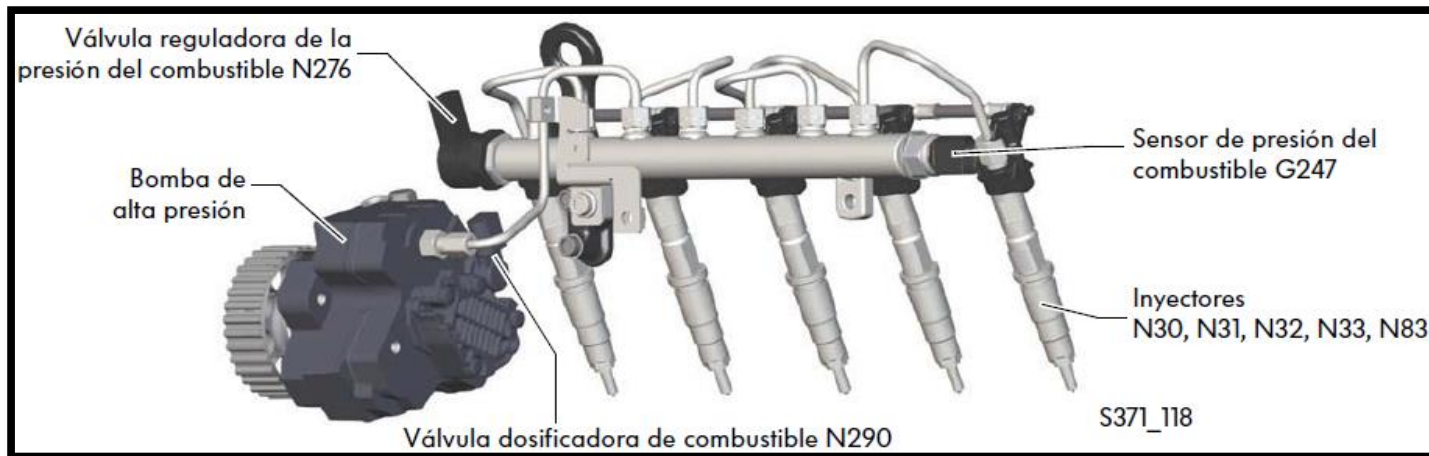
Tipo	Aspas o paletas
Presión máxima	6 Bar
Capacidad de la bomba	5.6 cc/rev
Flujo de combustible	90lt a 300rpm y 650l/h a 2500 rpm
Capacidad de aspiración	65mBar a 100 rpm



Sistema de alimentación de alta presión

CRDI Bosch.

- Estos sistemas de conducto común son muy eficaces, ya que al someter a un líquido a grandes presiones y cuando lo hace pasar por una perforación diminuta en el inyector se genere un spray (atomización) con partículas de combustible muy pequeñas que al entrar en contacto con el oxígeno permita que se quemen casi por completo, esto causa que el motor sea muy eficiente, ahorrando combustible y evitando que las emanaciones de gases contaminantes sea casi nulas,



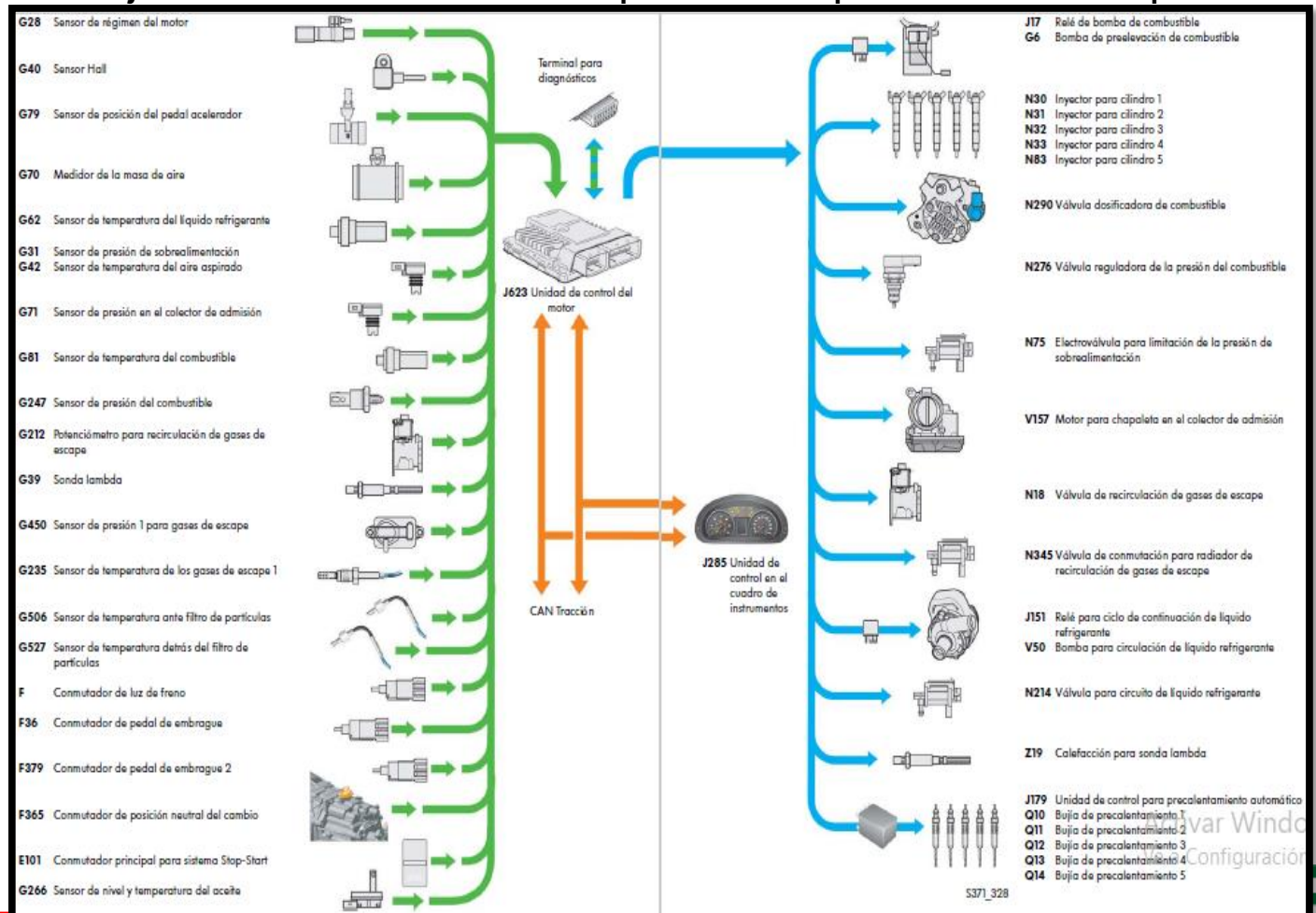
FASES DE LA INYECCION A ALTA PRESIÓN

- En este tipo de sistemas se localizan más de uno o dos inyecciones pilotos o preinyecciones, lo cual nos permite disminuir el ruido que se genera internamente por la combustión, este tipo de inyecciones consiste en;
- Preinyección
- Inyección principal.
- Postinyección.

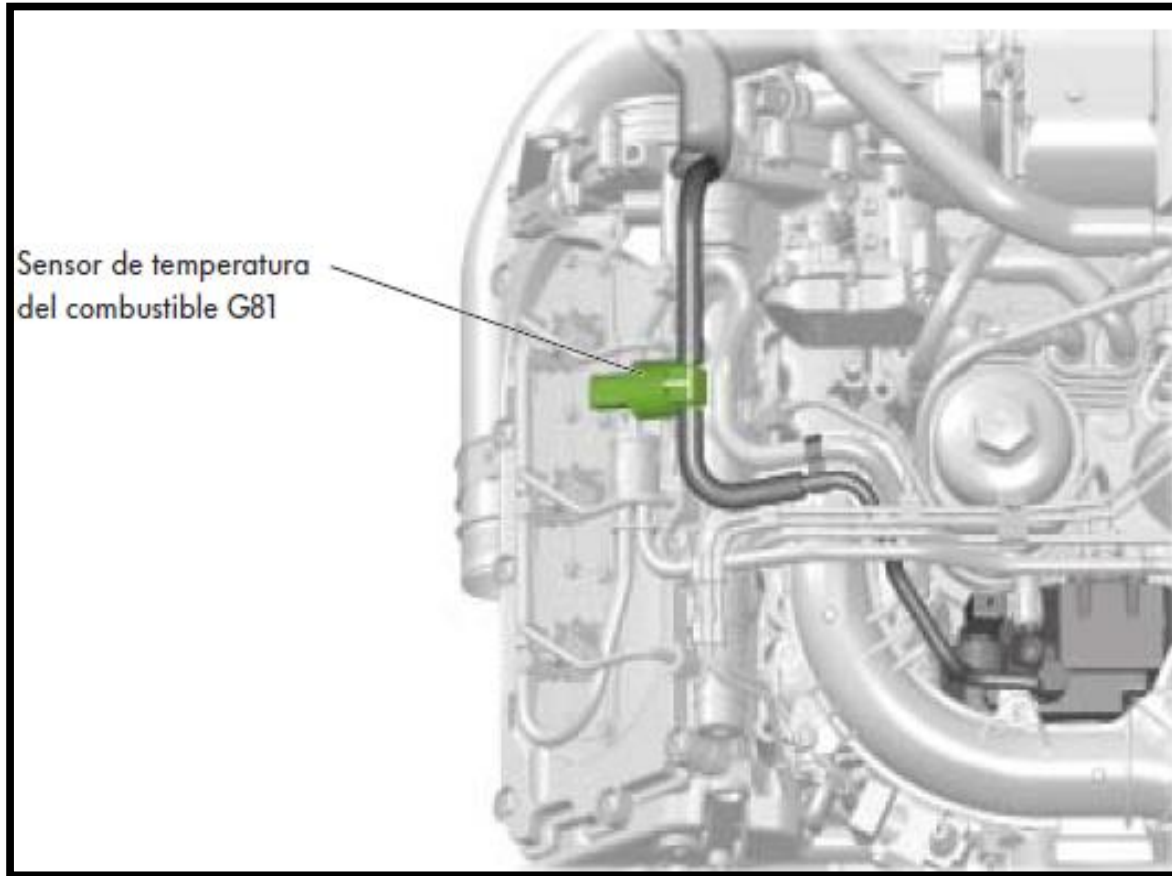


ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.

Todos los elementos constitutivos del sistema crdi trabajando conjuntamente y son los encargados de ajustar las condiciones perfectas para el desempeño del vehículo y son:

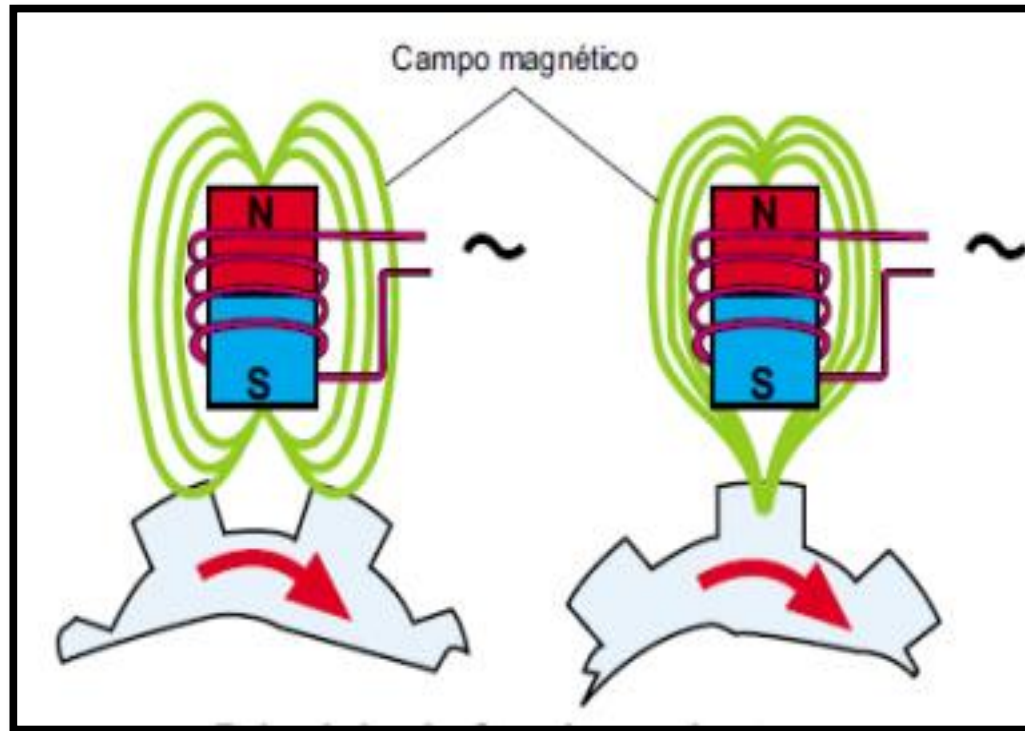


SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE.

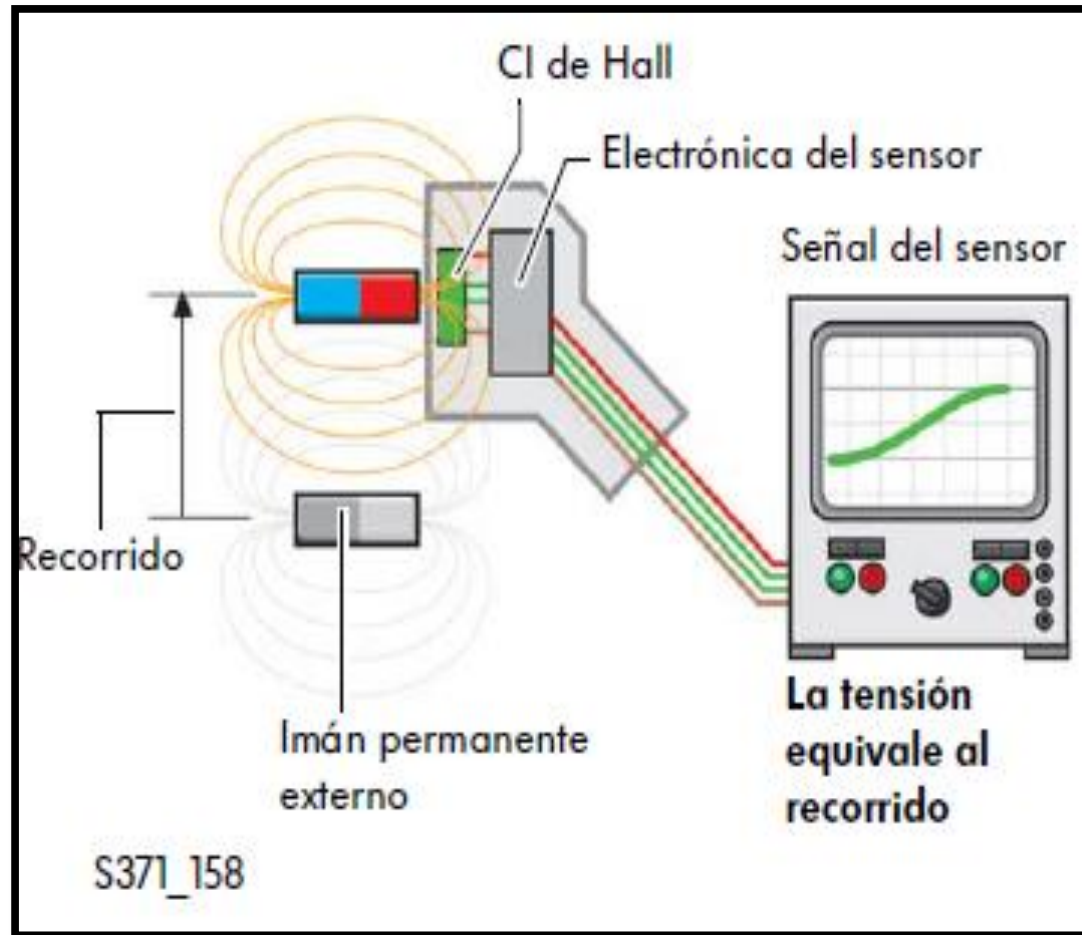


ANÁLISIS DEL TEMA

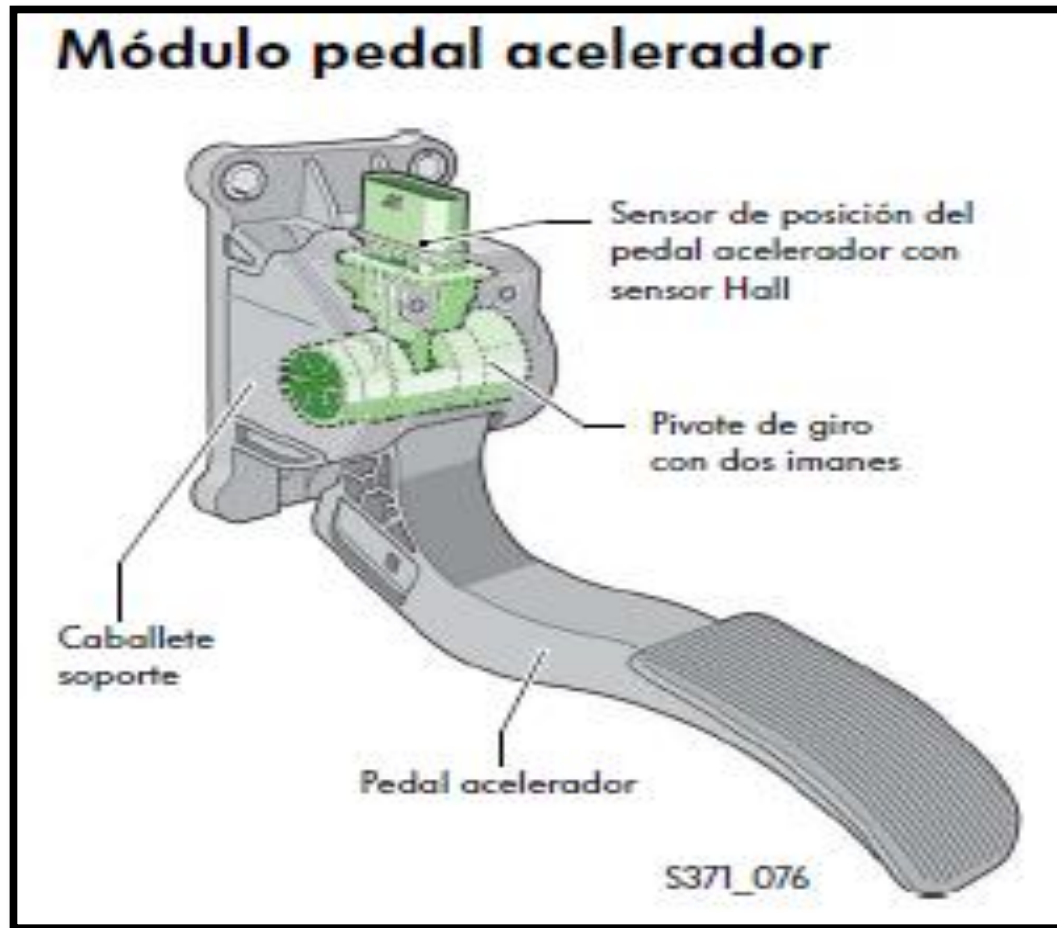
- SENSOR DE REVOLUCIONES.
- SENSOR CKP



SENSOR DE POSICION DE ÁRBOL DE LEVAS CMP

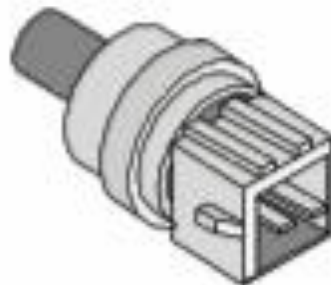
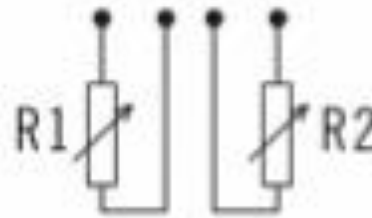
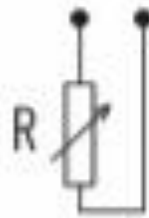


SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR



SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR

Sensor de temperatura con dos terminales (A)
y 4 terminales (B)



A



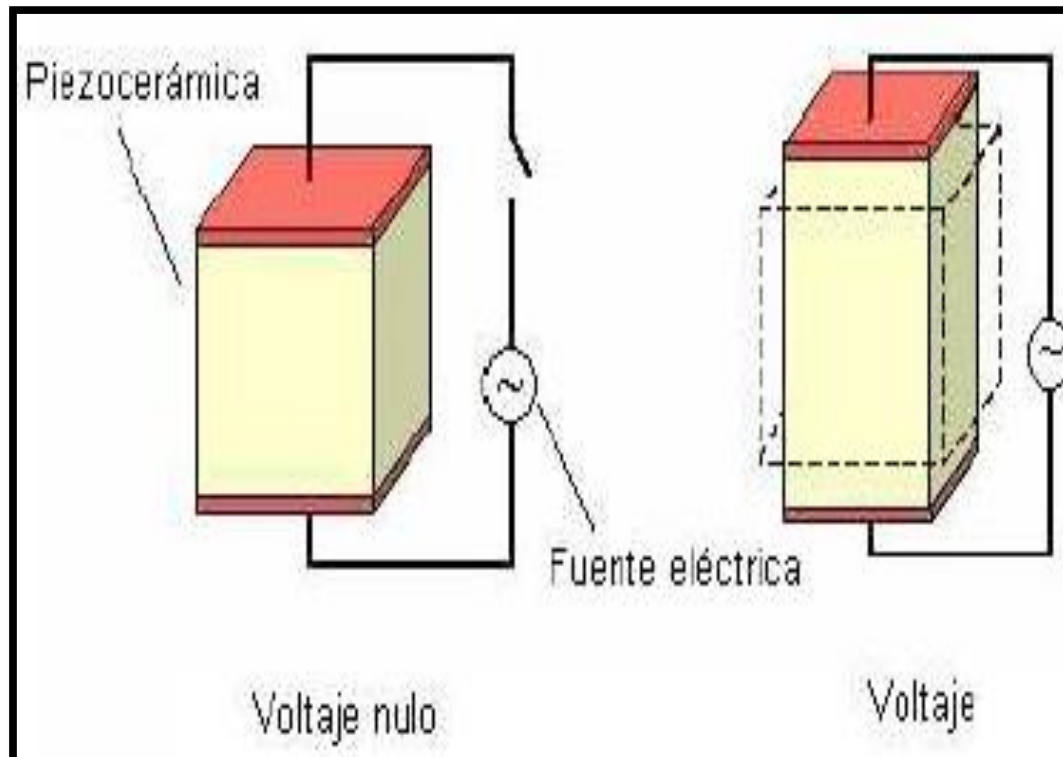
B



MATERIALES Y FUNDAMENTOS

PIEZOELÉCTRICOS

El efecto piezoeléctrico describe la relación entre una tensión mecánica y un voltaje eléctrico en sólidos. Es la capacidad de ciertos materiales-minerales, cerámicas y algunos polímeros para producir una carga eléctrica en respuesta a un esfuerzo mecánico aplicado. También puede observarse el efecto inverso, en el que los materiales piezoeléctricos se deforman por la aplicación de un campo eléctrico.



La piezoelectricidad fue descubierta de 1880 por Jacques y Pierre Curie. Los hermanos Curie descubrieron que cuando se aplico una tensión a ciertos cristales como la turmalina, el cuarzo, el topacio y la sal Rochelle, aparecía una carga eléctrica, y su voltaje era proporcional a la tensión. De los materiales mencionados, solo el cuarzo se utiliza hoy en día comercialmente. Todos los demás cristales piezoeléctricos importantes desde el punto de vista práctico se obtienen de forma artificial.



La evolución se ha tenido el estudio de los materiales piezoeléctricos en los últimos años, se han seleccionado los datos correspondientes a la publicación de artículos y publicaciones de conferencias entre el año 1980 y 2009. Para la realización de las búsquedas se ha utilizado la base de datos de la Web of Knowledge.



INVESTIGACIONES FUTURAS

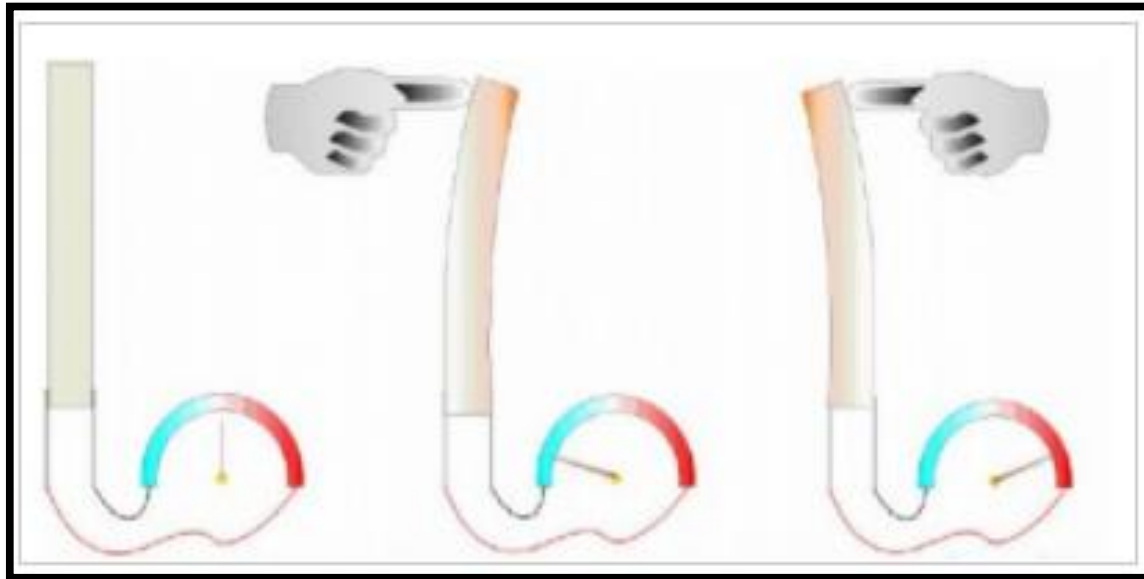
- Según los datos obtenidos, Estados Unidos es el país que en los últimos 5 años está publicando e investigando más en este tema, seguido de China y Japón, España representaría casi el 2% mundial.

POSICIÓN	SOLICITANTE	Nº PATENTES
1	SEIKO EPSON CORP	2438
2	MURATA MANUFACTURING CO	1002
3	EPSON TOYOCOM CORP	824
4	BROTHER IND LTD	674
5	KYOCERA CORP	637
6	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	619
7	SAMSUNG ELECTRONICS	615
8	BOSH GMBH ROBERT	611
9	NGK INSULATORS LTD	539
10	CANON KK	494
11	FUJI PHOTO FILM CO LTD	487
12	TDK CORP	392
13	SIEMENS AG	370
14	FUJITSU LTD	355
15	DENSO CORP	351
16	KYOCERA KINSEKI CORP	320
17	NIHON DEMPA KOGYO CO	278

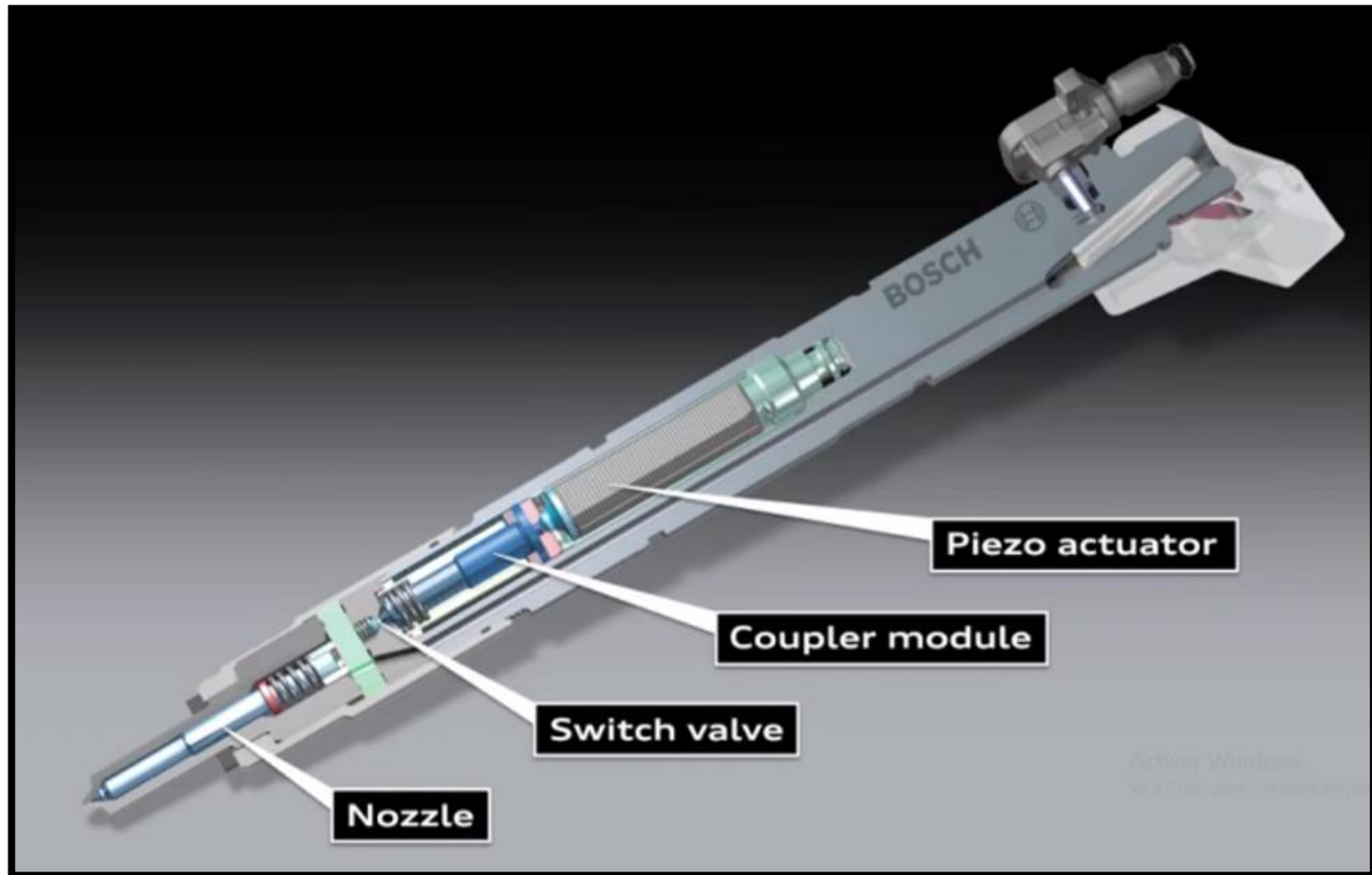


FUNCIONAMIENTO PIEZOELÉCTRICO

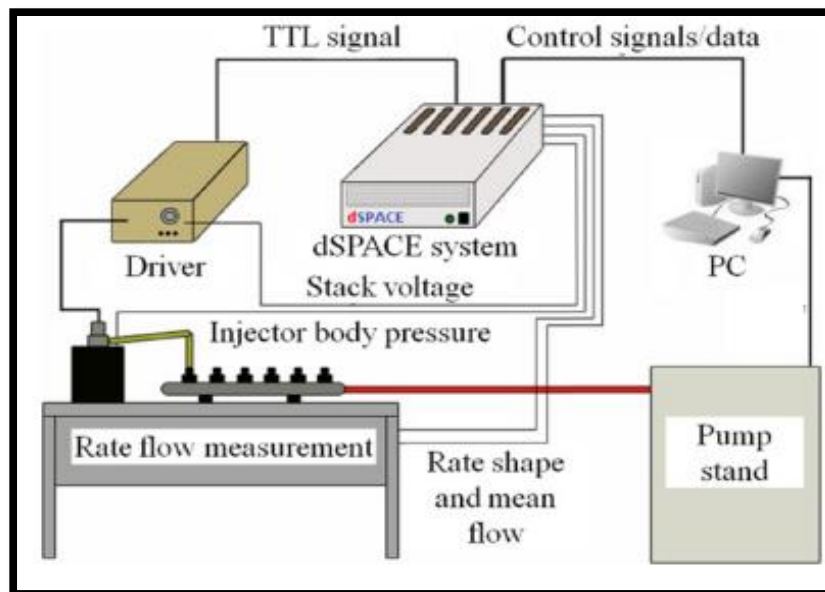
la operación de estos inyectores se realiza por un efecto llamado piezoeléctrico. El fenómeno piezoeléctrico consiste en un cristal de cuarzo que cambia de tamaño cuando se somete a un impulso eléctrico. Inversamente es capaz de generar un impulso eléctrico si se fuerza a cambiar deformándolo



FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR PIEZOELÉCTRICO



- Hay que tener muy en cuenta que los inyectores piezoeléctricos son accionados por medio de la unidad de control ECU, esta se encarga de recibir todos los datos generados por los sensores y procesa la información y dependiendo de los requerimientos del conductor acciona y detiene dejando de proporcionar señales eléctricas al sistema.



PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR PIEZOELÉCTRICO.

- Estos inyectores han sido diseñados para cumplir con las exigencias que demandan los nuevos motores diésel y cumplir con las normativas de control de emisiones Euro 3&4, para ello, el inyector debe cumplir con las siguientes exigencias del mercado.
- Permitir múltiples inyecciones por cada ciclo (5min)
- Inyectar partículas de combustible mucho más pequeñas (0.5mg/cp)
- Presiones elevadas que superen los 1800 bar.
- Distribuir de forma homogénea en el cilindro



EQUIPOS A UTILIZAR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

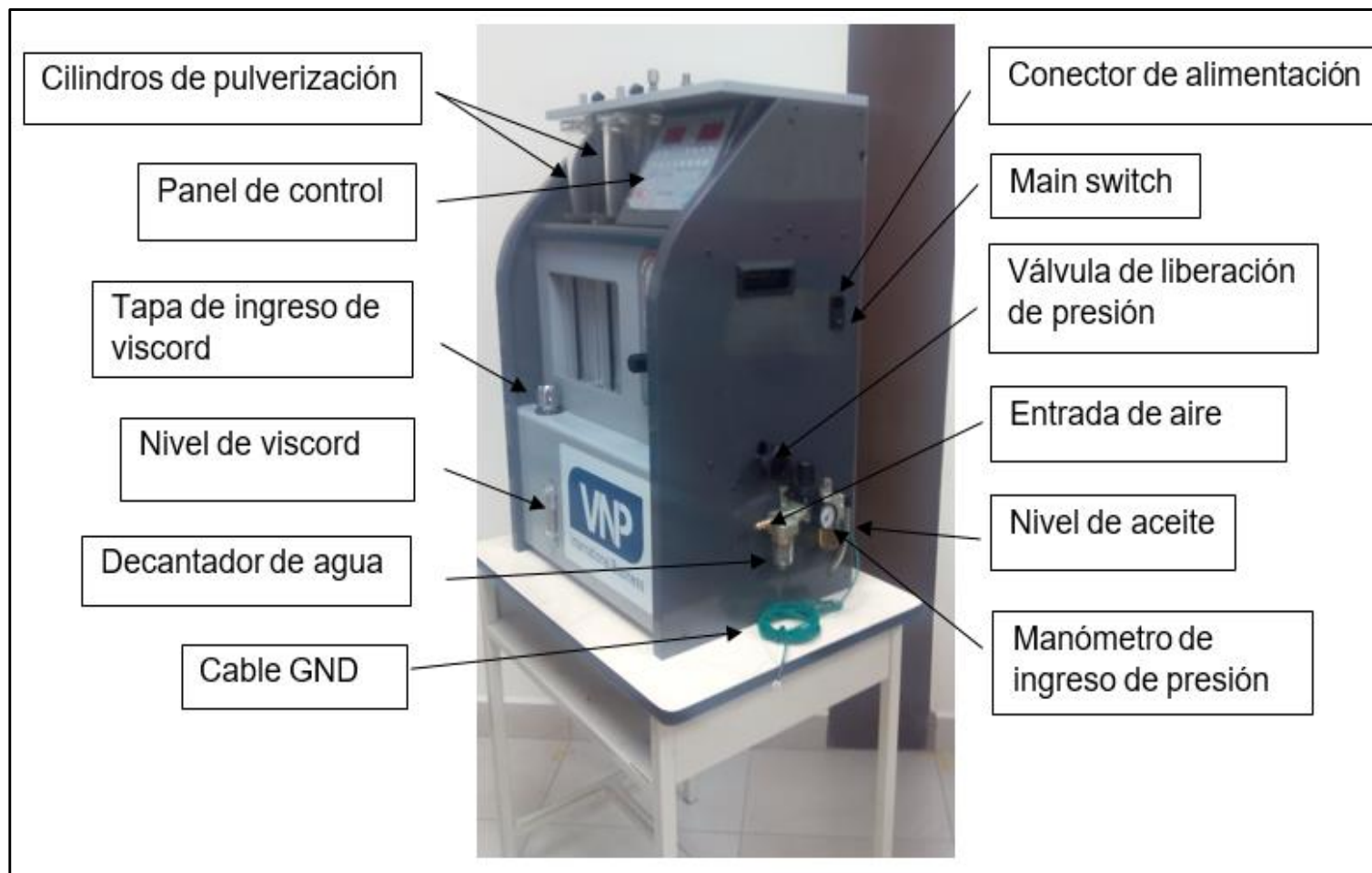
Osciloscopio Hantek 1008c

- Cuenta con opciones que ayuda a la medición de valores (measure) que se miden en tiempo real y en planos bidimensionales tales como son el eje (X, Y), su uso es mucho más amigable y se puede usar para hacerlo de forma comparativa.



Banco de pruebas Tester CRDI V – 3500

VNP



Banco de pruebas Tester CRDI V – 3500

VNP



Especificaciones

Categoría	Especificación
Producto	VNP Internatinal Business
Modelo No.	MT 3500
Tipo de control	Digital
CPU	18.4 MHz
Entrada	AC 110, Max 300W
Salida	DC 0 – 12V, Max 200W
Corriente de funcionamiento	13A / Max 25A
Entrada de presión	8 bar
Salida de presión Max.	800 bar
Temperatura	5 – 40 `C
Fusible	110V 2 ^a
Peso	55Kg



Pinza amperimétrica Brain Bee

- En la medición de consumo de corriente se debe usar la pinza amperimétrica ya que esta nos permite una medición sin tener la necesidad de interrumpir el circuito o el flujo de corriente evitando la caída de tensión



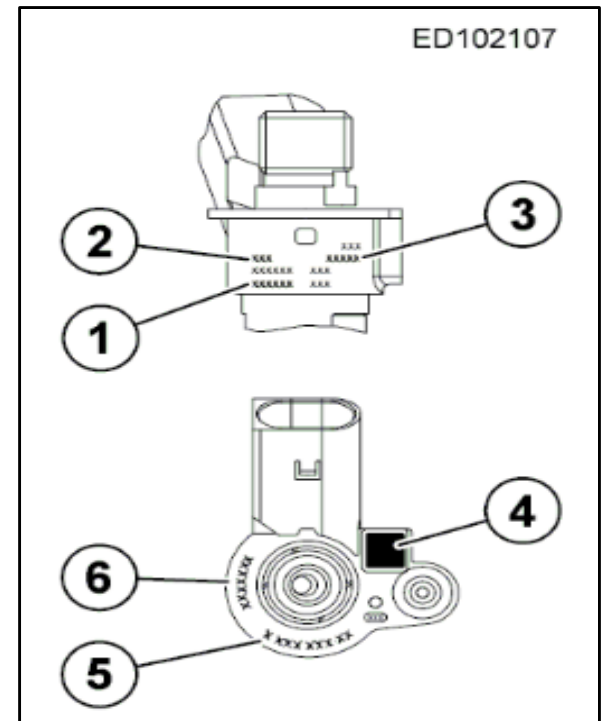
Especificaciones

Pinza Amperimétrica	
Entrada	60A Max AC/DC
Salida	10mV/A – 100mV/A
Max voltaje	240V – AC / 300V – DC



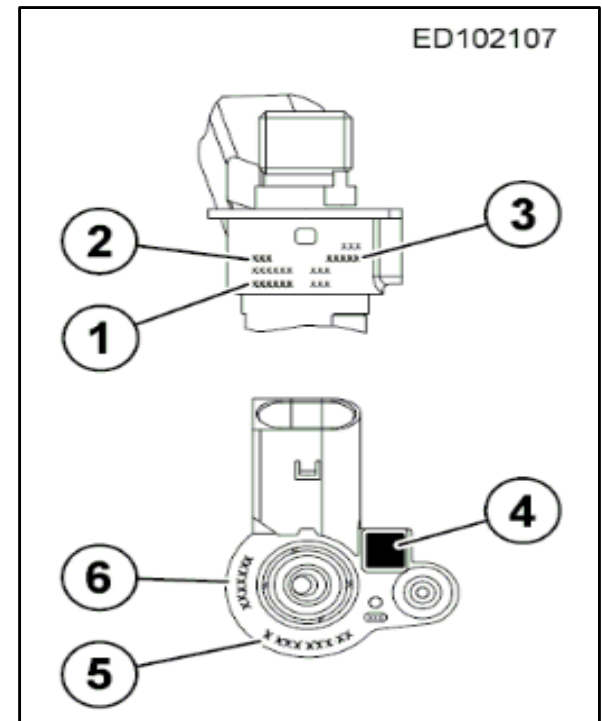
Inyector CRDI Bosch 0445115045

1. Numero de pedido de Bosch (10 dígitos)
0445 115... = CRI 3-16 (CRI 3.0) 1600 bar
0445 116... = CRI 3-16 (CRI 3.2) 1800 bar
0445 117... = CRI 3-16 (CRI 3.3) 2000 bar
2. Numero de inyector (5 dígitos)
3. Fecha de fabricación (día mes año, 2 cifras)
4. Código de matriz de datos.
5. Numero de pedido del fabricante del vehículo
6. Clasificación IMA/ISA.



Inyector CRDI Bosch 0445115028

1. Numero de pedido de Bosch (10 dígitos)
0445 115... = CRI 3-16 (CRI 3.0) 1600 bar
0445 116... = CRI 3-16 (CRI 3.2) 1800 bar
0445 117... = CRI 3-16 (CRI 3.3) 2000 bar
2. Numero de inyector (5 dígitos)
3. Fecha de fabricación (día mes año, 2 cifras)
4. Código de matriz de datos.
5. Numero de pedido del fabricante del vehículo
6. Clasificación IMA/ISA.



Inspección previa del tester v-3500




N.-	Detalle	Ubicación
1	El nivel de viscor se debe encontrar en arriba de la parte media del medidor de nivel y x debajo de la zona máxima permitida.	
2	Verificar que el nivel de aceite este dentro del límite permitido y verificar que no haya agua o impurezas, esto afecta al sistema y debe ser purgado hasta eliminar completamente el agua.	
3	El liberador de presión debe encontrarse ajustado para poder realizar las pruebas en el tester V-3500 y debe aflojarse antes de retirar los inyectores.	

Figura 40: Nivel de viscor

Figura 41: Nivel de aceite

Figura 42: Liberador de presión

Inspección previa del tester v-3500

-
- Las cañerías que se conectan desde el teste V-3500 a los
- 4 inyectores deben estar en muy buenas condiciones para soportar las presiones de funcionamiento.

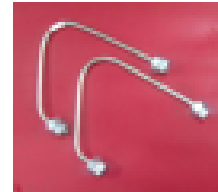


Figura 43: Cañerías de acoplamiento

-
- Las mangueras de conexión hacia el retorno deben calzar perfectamente en los inyectores y además deben estar en perfecto estado.
- 5

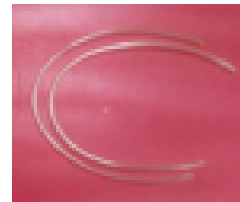


Figura 44: Mangueras de retorno

-
- Conectar a una fuente de alimentación de 110V y accionar el interruptor de encendido (Deben estar montados los inyectores).
- 8

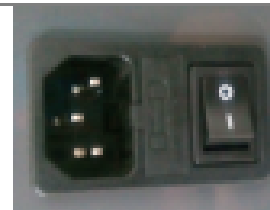


Figura 47: Conector de alimentación



Protocolo de montaje de los inyectores


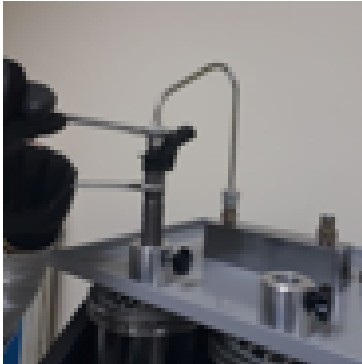
N.-	Detalle	Ubicación
1	Colocar el inyector la parte superior del tester V-3500 en conjunto con la cañería de tal manera que se acoplen manualmente sin uso de herramientas de apriete. (el inyector debe estar dentro del cilindro para poder visualizar su inyección)	
2	Con la ayuda de una llave boca fija (19mm) ajustar la cañería al tester V-3500 y de igual manera ajustar la cañería al inyector con la ayuda de dos llaves de boca fija (19mm y 14mm), realizarlo con precaución ya que se puede generar daños irreparables en el inyector.	

Figura 48: Montaje inyector

Figura 49: Ajuste del inyector



Protocolo de montaje de los inyectores

-
- 3 Ajustar el fijador de los inyectores para evitar que haya recorrido vertical de los mismos.



Figura 50: Fijador del inyector

-
- 4 Colocar las mangueras de retorno al tester V-3500 para que pueda ser medido su caudal.



Figura 51: Colocación de manguera de retorno



-
- 5 Ubicar los sockets a cada inyector asegurándose de que sea los correctos y en la posición adecuada.



Figura 52: Conexión del socket



Protocolo de montaje del osciloscopio Hantek en los inyectores

N.-	Detalle	Ubicación
1	Insertar agujas en los cables de los sockets sin dañar los cables de tal manera que no se toquen las agujas.	 <p data-bbox="989 668 1340 728">Figura 53: Conexión de las agujas</p>
2	Mediante la utilización de lagartos conectar las agujas a los terminales de los cables del osciloscopio Hantek	 <p data-bbox="989 1092 1340 1152">Figura 54: Conexión de los lagartos</p>

Protocolo de montaje del osciloscopio Hantek en los inyectores

-
- 3 El cable del osciloscopio se debe conectar en cualquier canal del mismo (este posee 8 canales).



Figura 55: Conexión al osciloscopio

-
- 4 Verificar si las ondas de inyección se visualizan correctamente en la pantalla caso contrario ajustar el trigger para observar la curva de inyección.



Figura 58: Interfaz del Hantek



Prueba de caudal de inyección y retorno

- Las pruebas de caudal de inyección de van variando con respecto al tiempo de inyección, los números de pulsos (STRK) y la presión del sistema.



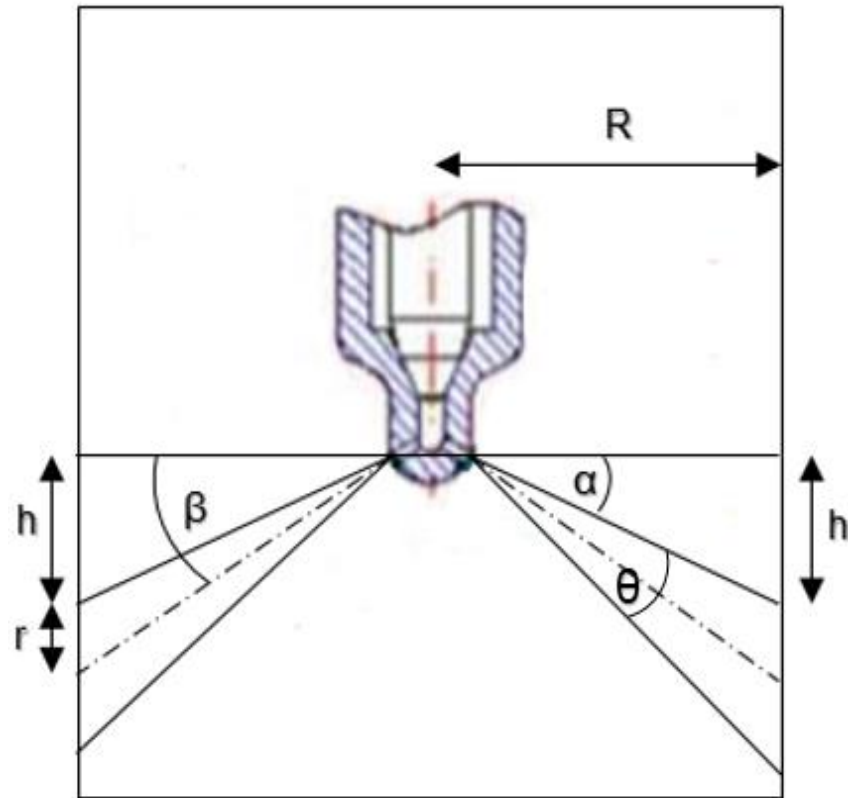
Tabla del caudal de inyección y retorno

Presión (Bar)	Numero de inyecciones (STRK)	Tiempo de inyección (ms)
300	500	0.5 – 1.25 – 2
	700	0.5 – 1.25 – 2
	900	0.5 – 1.25 – 2
400	500	0.5 – 1.25 – 2
	700	0.5 – 1.25 – 2
	900	0.5 – 1.25 – 2
500	500	0.5 – 1.25 – 2
	700	0.5 – 1.25 – 2
	900	0.5 – 1.25 – 2



Prueba de ángulo de pulverización

- En el cálculo del Angulo de pulverización se debe tomar en cuenta datos del tester V-3500 tal es el diámetro interno y externo del cilindro,



Prueba de ángulo de pulverización

- R= Radio del cilindro = 40,53mm
- h= altura = 3,8mm
- r= radio del chorro = 4,5mm
- β = Angulo de disparo
- θ = Angulo de dispersión
- Donde la fórmula para calcular el ángulo de disparo y el ángulo de dispersión está dada de la siguiente manera:

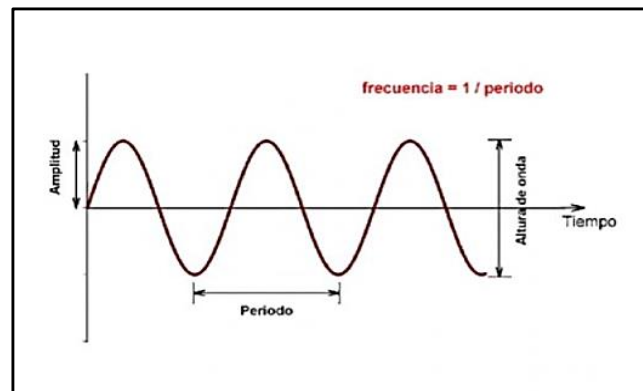
- $\beta = \tan^{-1} \left(\frac{h+r}{R} \right)$ Angulo de Disparo:

- $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h+2*r}{R} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{h}{R} \right)$ Angulo de Dispersión:



Pruebas de corriente y voltaje del inyector

- Las pruebas de corriente de activación se realiza con los tiempos de inyección de 0.5, 1.25 y 2ms medidas con la pinza amperimétrica.
- La pruebas de voltaje son medidas con el osciloscopio Hantek usando los mismo parámetros que en las pruebas de corriente.

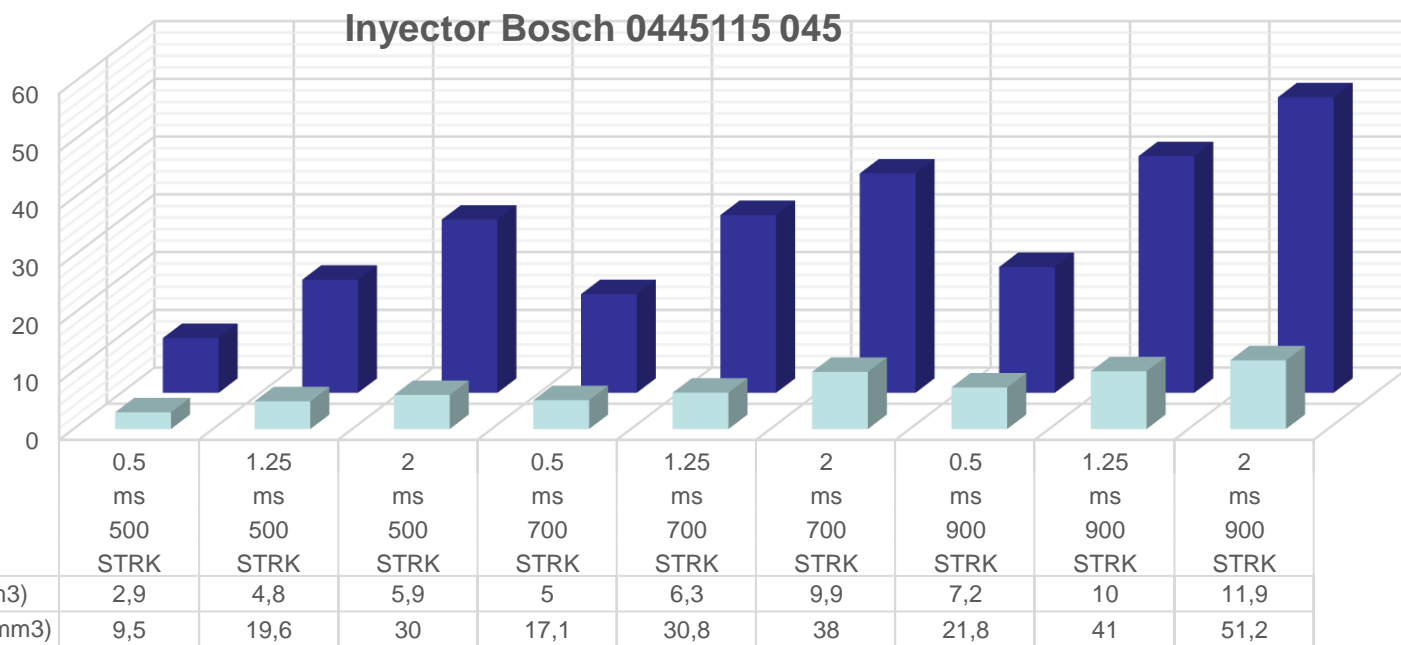


PRUEBAS Y ENSAYO



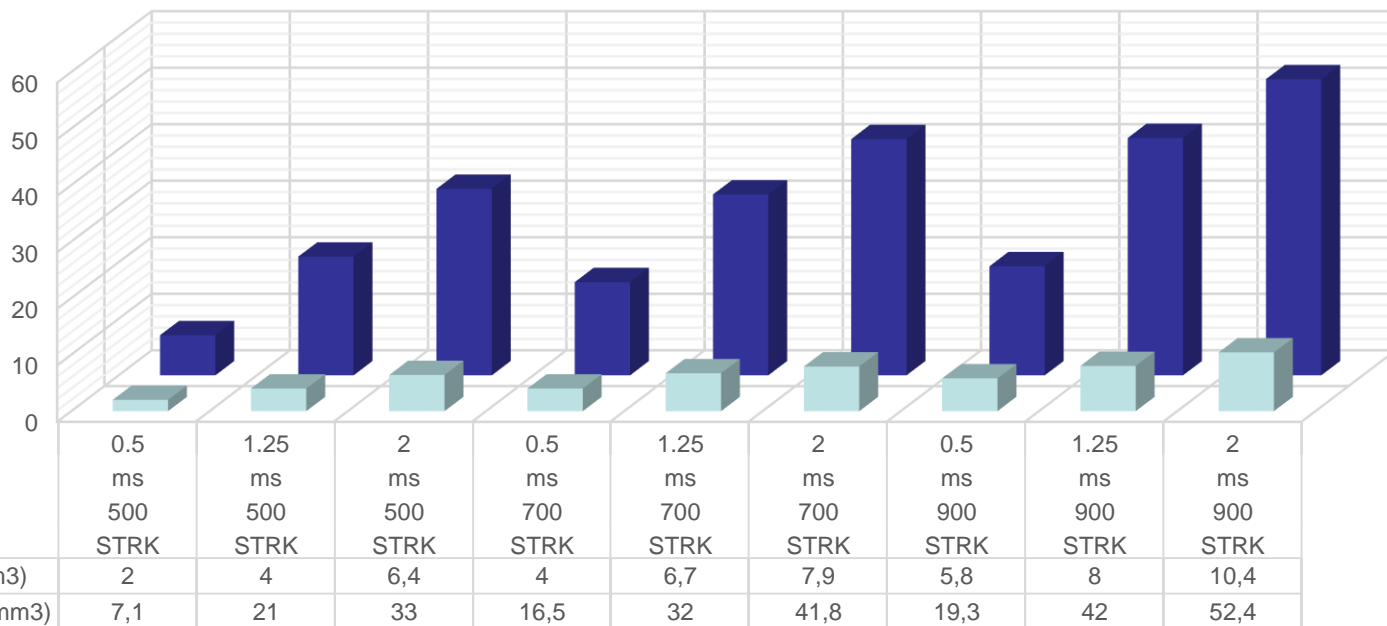
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis de resultados a 300 bares



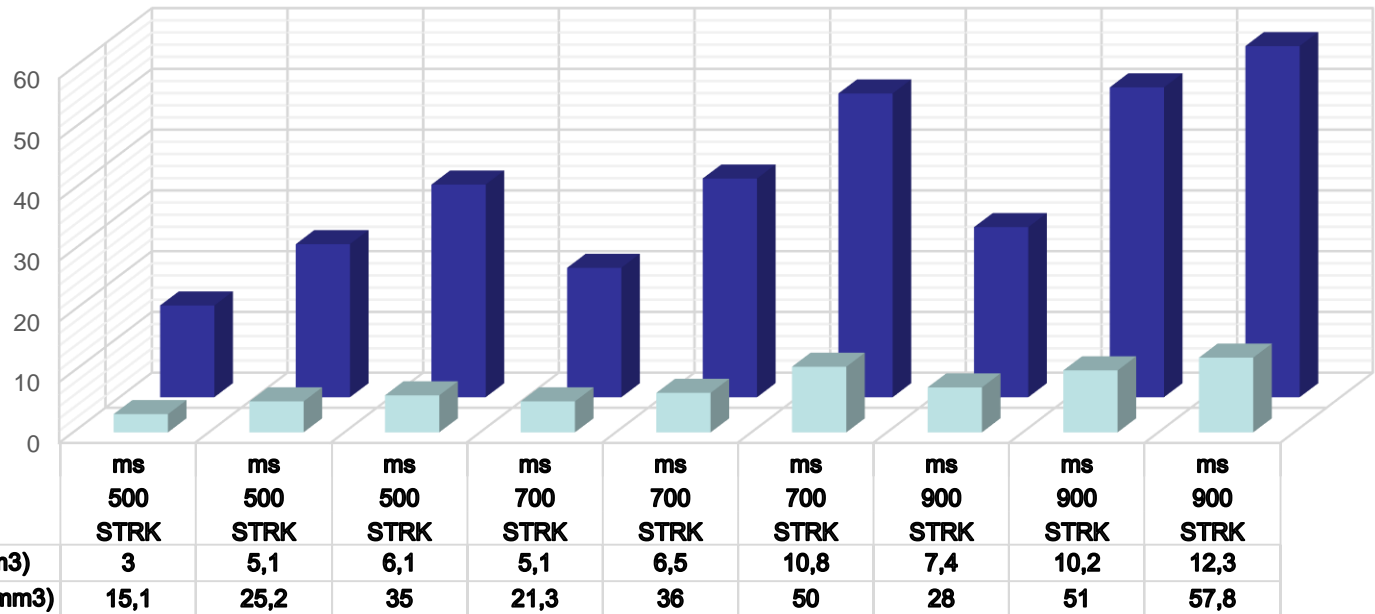
Análisis de resultados a 300 bares

inyector Bosch 0445115 028



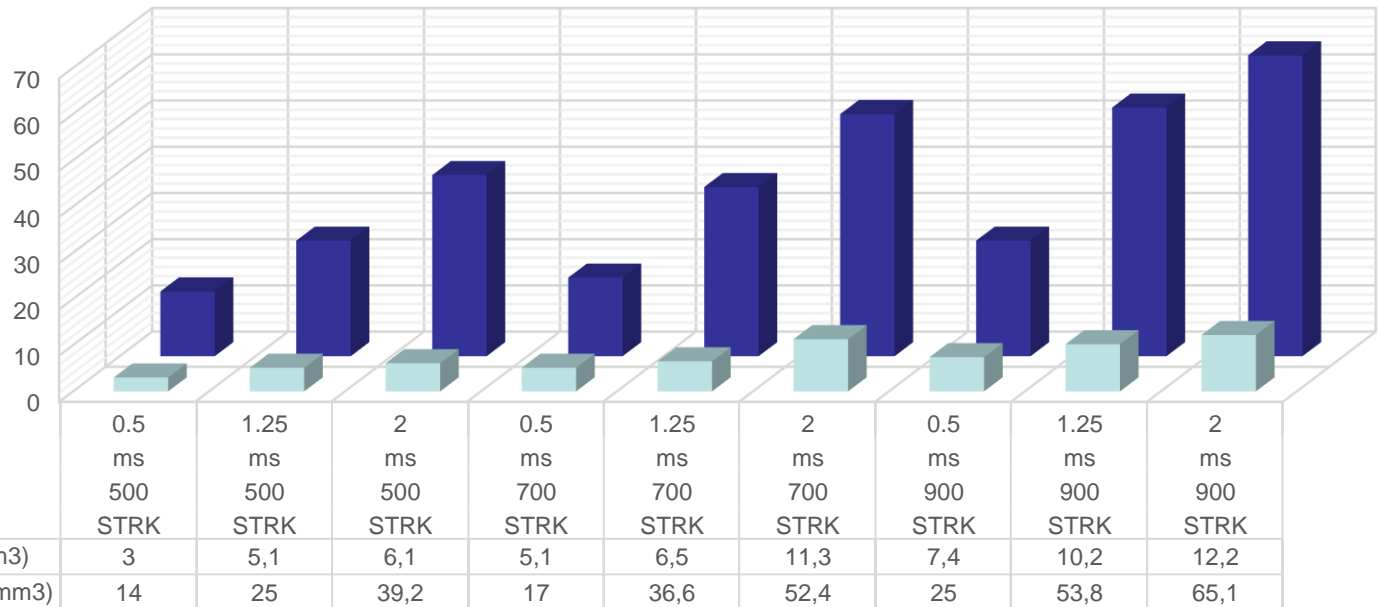
Análisis de resultados a 400 bares

inyector Bosch 0445115 045



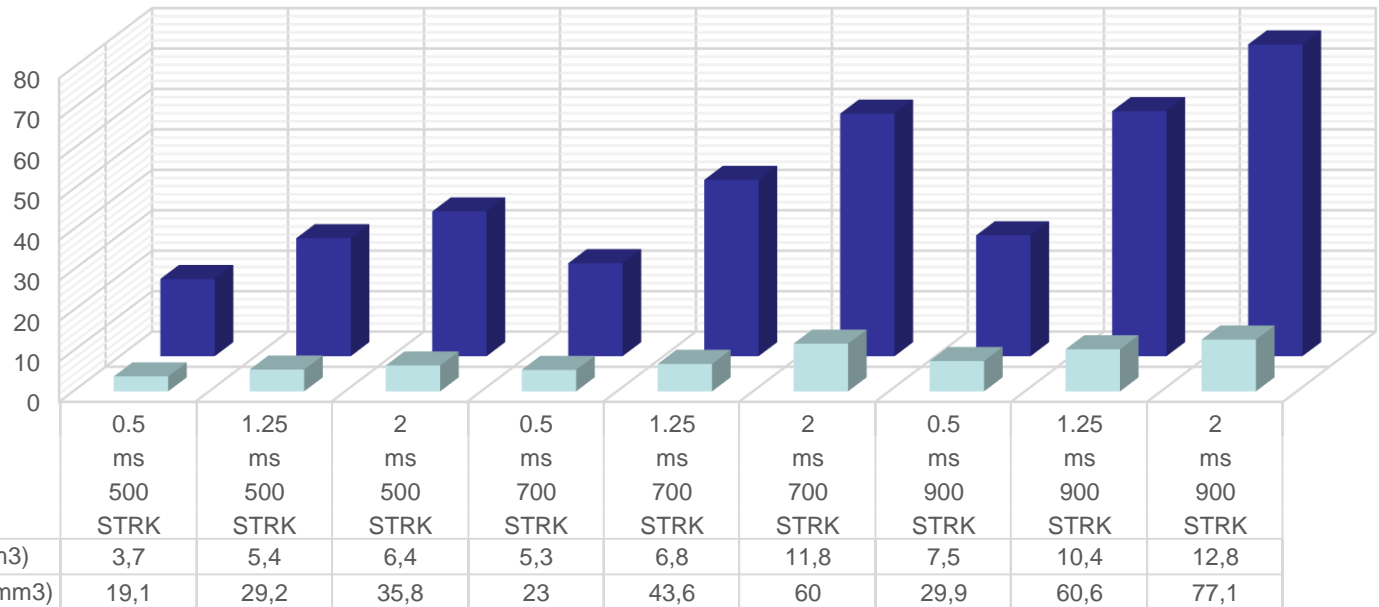
Análisis de resultados a 400 bares

inyector Bosch 0445115 028



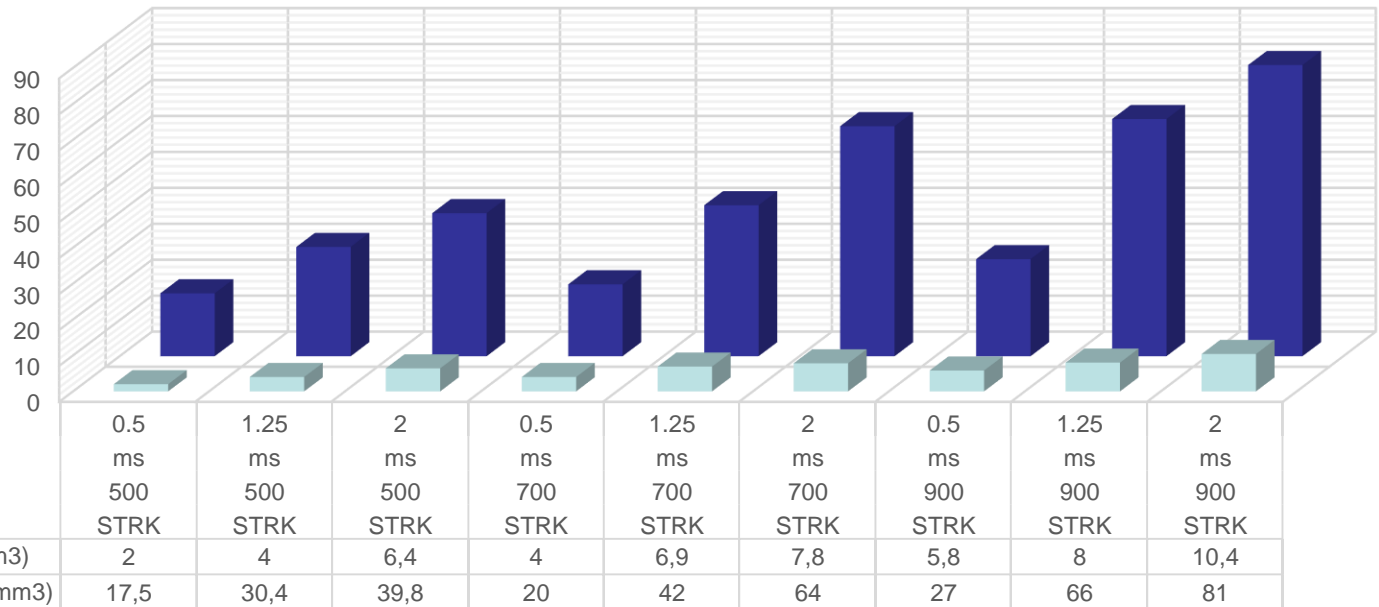
Análisis de resultados a 500 bares

inyector Bosch 0445115 045



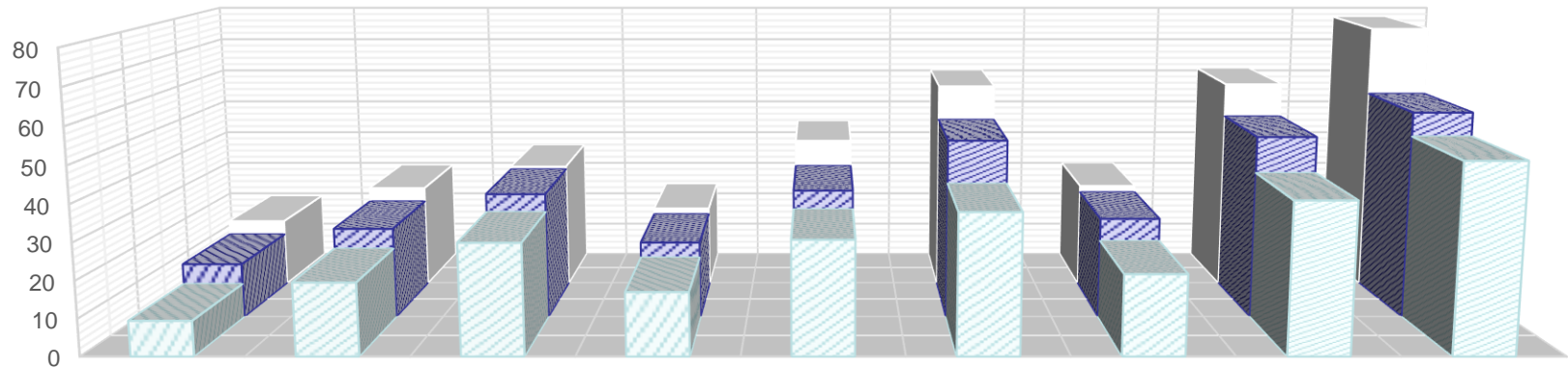
Análisis de resultados a 500 bares

inyector Bosch 0445115 028



Caudal de inyección a 300, 400 y 500Bar

CAUDAL DE INYECCIÓN DEL INYECTOR BOSCH 0445115 045

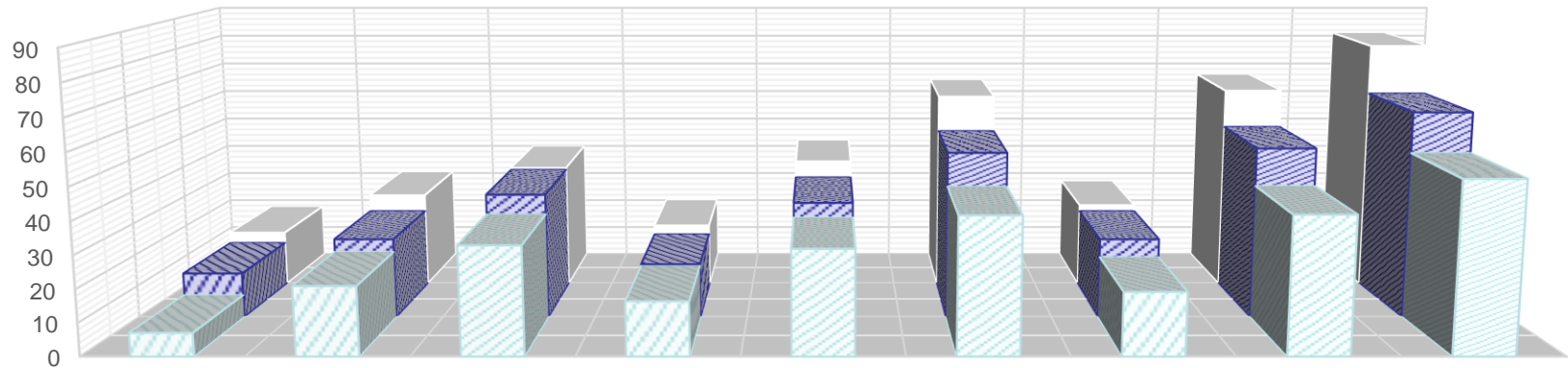


	STRK 500 ms 0.5	STRK 500 ms 1.25	STRK 500 ms 2	STRK 700 ms 0.5	STRK 700 ms 1.25	STRK 700 ms 2	STRK 900 ms 0.5	STRK 900 ms 1.25	STRK 900 ms 2
☒ Caudal a 300Bar (mm3)	9,5	19,6	30	17,1	30,8	38	21,8	41	51,2
☒ Caudal a 400Bar (mm3)	15,1	25,2	35	21,3	36	50	28	51	57,8
☒ Caudal a 500Bar (mm3)	19,1	29,2	35,8	23	43,6	60	29,9	60,6	77,1



Caudal de inyección a 300, 400 y 500Bar

CAUDAL DE INYECCIÓN DEL INYECTOR BOSCH 0445115 028

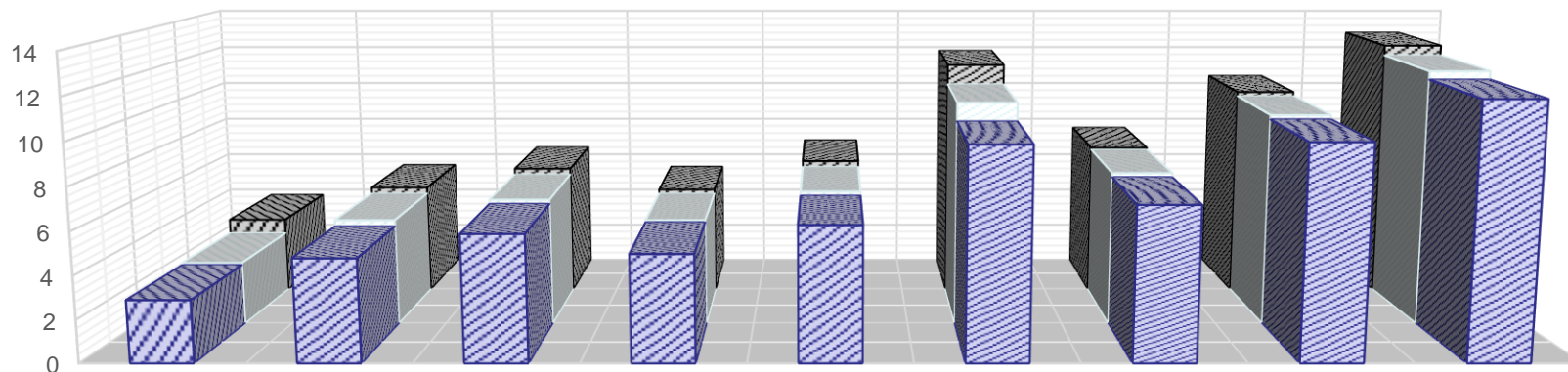


	STRK 500 ms 0.5	STRK 500 ms 1.25	STRK 500 ms 2	STRK 700 ms 0.5	STRK 700 ms 1.25	STRK 700 ms 2	STRK 900 ms 0.5	STRK 900 ms 1.25	STRK 900 ms 2
☒ Caudal a 300Bar (mm3)	7,1	21	33	16,5	32	41,8	19,3	42	52,4
☒ Caudal a 400Bar (mm3)	14	25	39,2	17	36,6	52,4	25	53,8	65,1
☒ Caudal a 500Bar (mm3)	17,5	30,4	39,8	20	42	64	27	66	81



Caudal de retorno a 300, 400 y 500Bar.

CAUDAL DE RETORNO DEL INYECTOR BOSCH 0445115 045

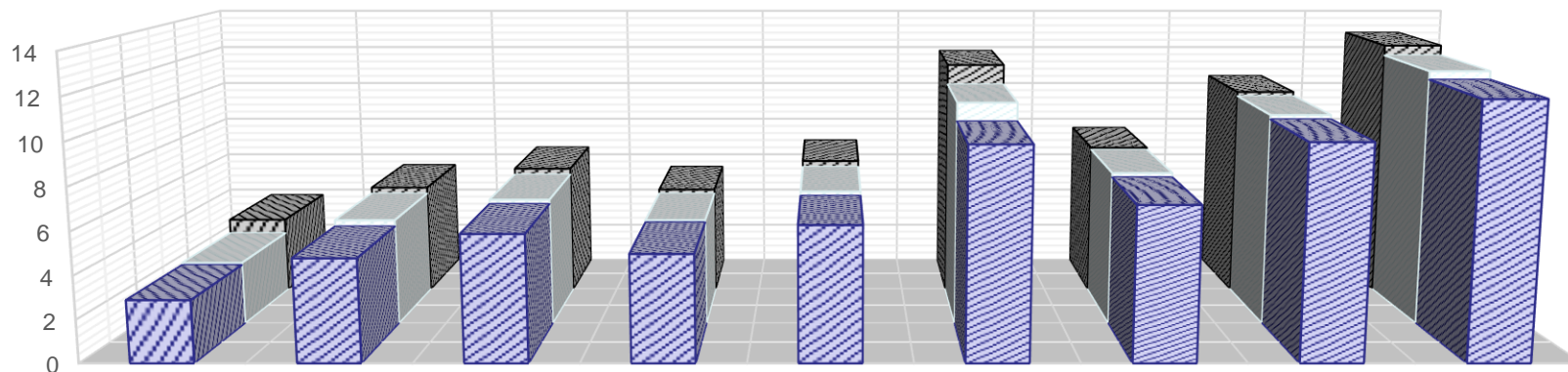


	STRK 500 ms	STRK 500 ms	STRK 500 ms	STRK 700 ms	STRK 700 ms	STRK 700 ms	STRK 900 ms	STRK 900 ms	STRK 900 ms
▣ Caudal a 300Bar (mm3)	2,9	4,8	5,9	5	6,3	9,9	7,2	10	11,9
▣ Caudal a 400Bar (mm3)	3	5,1	6,1	5,1	6,5	10,8	7,4	10,2	12,3
▣ Caudal a 500Bar (mm3)	3,7	5,4	6,4	5,3	6,8	11,8	7,5	10,4	12,8



Caudal de retorno a 300, 400 y 500Bar.

CAUDAL DE RETORNO DEL INYECTOR BOSCH 0445115 028



	STRK 500 ms	STRK 500 ms	STRK 500 ms	STRK 700 ms	STRK 700 ms	STRK 700 ms	STRK 900 ms	STRK 900 ms	STRK 900 ms
▣ Caudal a 300Bar (mm3)	2,9	4,8	5,9	5	6,3	9,9	7,2	10	11,9
▣ Caudal a 400Bar (mm3)	3	5,1	6,1	5,1	6,5	10,8	7,4	10,2	12,3
▣ Caudal a 500Bar (mm3)	3,7	5,4	6,4	5,3	6,8	11,8	7,5	10,4	12,8



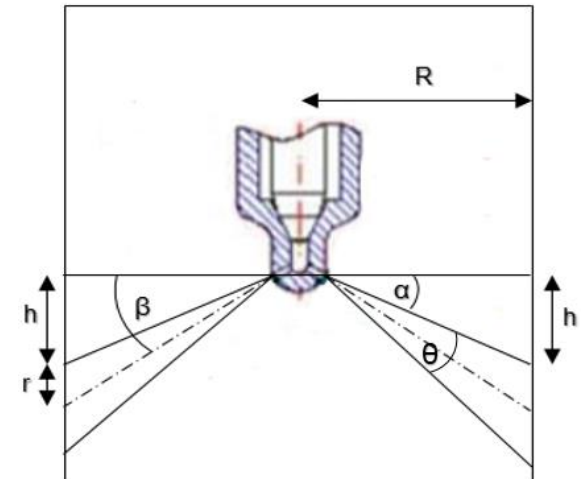
Ángulo de pulverización

Inyector Bosch 0445115 045

Tipo de Ángulo	Valor del Ángulo
Ángulo de Disparo	11,57°
Ángulo de Dispersión	12,17°

Inyector Bosch 0445115 028

Tipo de Ángulo	Valor del Ángulo
Ángulo de Disparo 1	9,11°
Ángulo de Disparo 2	10,48°
Ángulo de Disparo 3	11,84°
Ángulo de Disparo 4	11,84°
Ángulo de Disparo 5	25,69°
Ángulo de Disparo 6	29,04°
Ángulo de Disparo 7	35,12°
Ángulo de Dispersión	15,08°



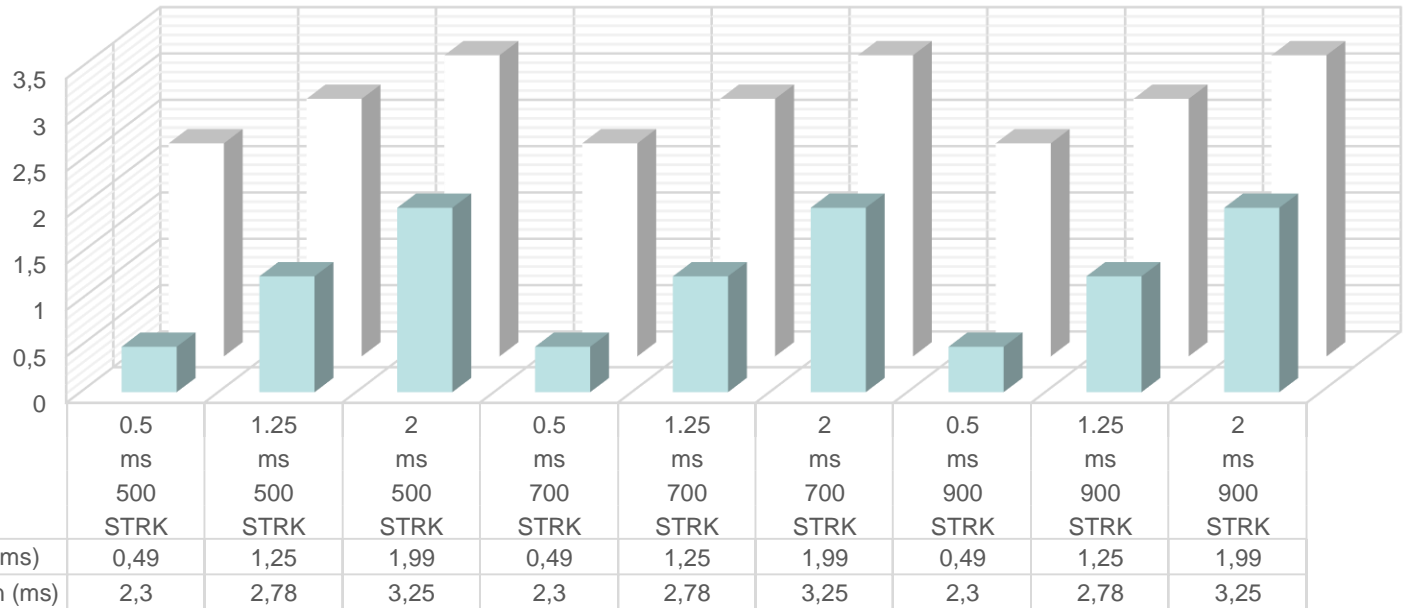
Corriente de activación de los inyectores.



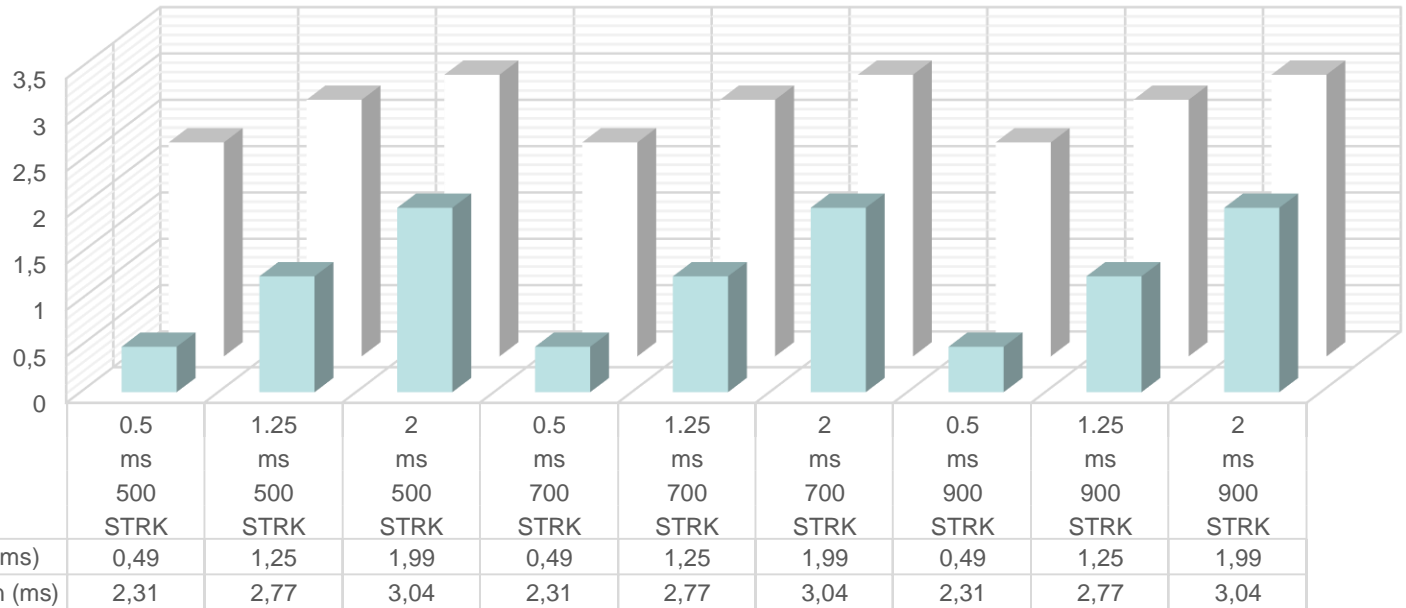
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Corriente de activación de los inyectores

Inyector Bosch 0445115 045

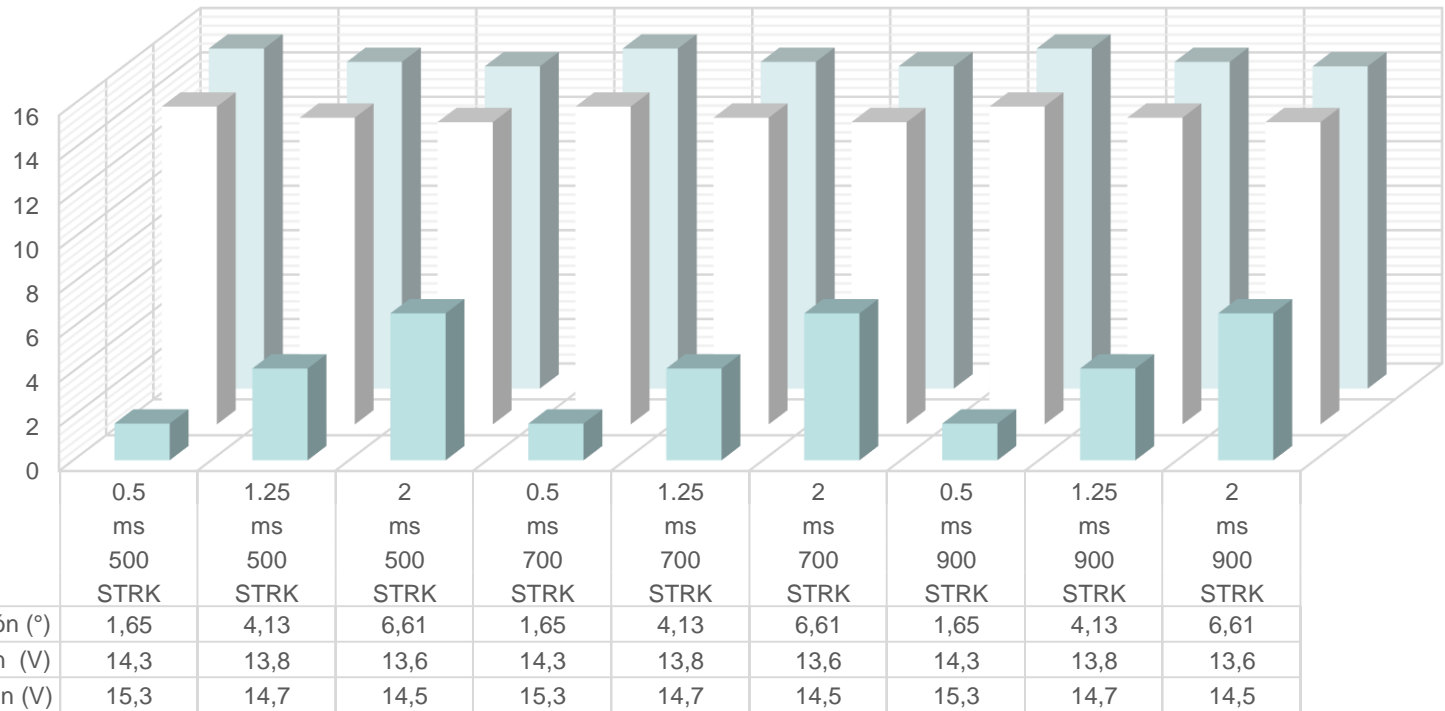


inyector Bosch 0445115 028



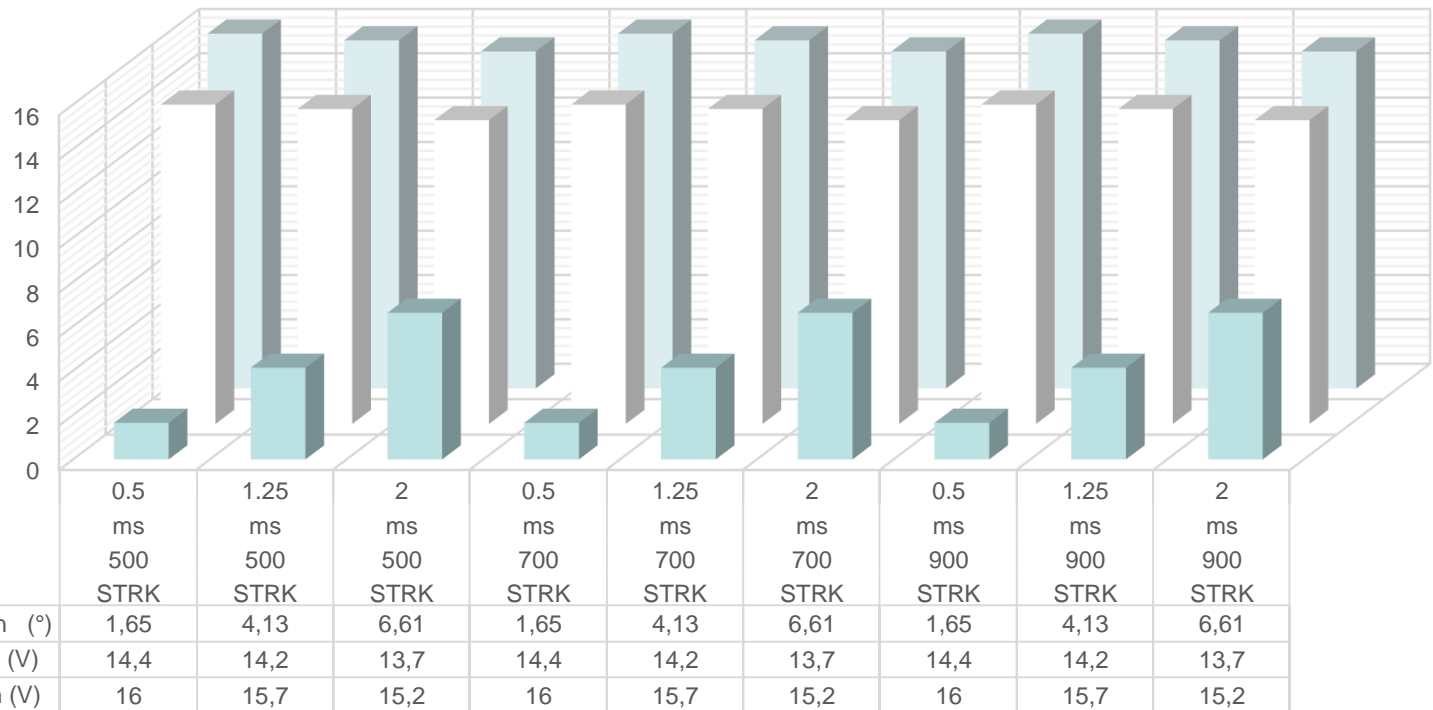
Voltaje de activación de los inyectores

Inyector Bosch 0445115 045



Voltaje de activación de los inyectores

Inyector Bosch 0445115 028



CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se realizó una investigación exhaustiva de fuentes confiables que poseen importante información teórica, la cual permitió el estudio, desarrollo y ejecución del trabajo de investigación propuesto.
- Se pudo determinar que los vehículos que utilizan los inyectores piezoeléctricos en el Ecuador son: Volkswagen Crafter 2.5 TBI, Volkswagen Amarok 2.0, Hyundai Veracruz 3.0 ix V6, Land Rover Freelander II
- Se determinó el método de operación de los inyectores piezoeléctrico y cuáles son las características mecánicas y eléctricas que presenta en su funcionamiento.



CONCLUSIONES

- Se comprobó que los inyectores piezoeléctricos poseen una resistencia interna especial, la cual no puede ser medida con un multímetro convencional.
- Se realizó pruebas mecánicas para poder determinar la cantidad de inyección en la cámara de combustión, la cantidad de retorno que existe y el ángulo de inyección que poseen los inyectores piezoeléctricos variando las condiciones de trabajo.
- Se realizó un análisis comparativo con los resultados obtenidos en las diferentes pruebas, los cuales fueron reflejados en tabla de resultados de cada uno de los protocolos de pruebas.



RECOMENDACIONES

- Debido a las grandes presiones que se generan en el banco de pruebas VNP-3500, se aconseja utilizar el equipo de protección personal adecuado.
- Antes de la manipulación del banco VNP-3500 se recomienda leer el instructivo de uso de la máquina.
- Todos los instrumentos de medición deben ser verificados y calibrados correctamente para su operación.



▪

GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA