



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

**TEMA: "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y
ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y
"06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL
DIESEL INJECTION)"**

*AUTORES: NOBOA PAZMIÑO JONATHAN STALIN
VARGAS CASPI DIEGO ALEJANDRO*

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

Latacunga, 2017



Antecedentes

- El sistema CRDI en el país se ve afectado, reduciendo la vida útil de varios de sus componentes como son los inyectores específicamente por el combustible diésel, lo que hace que cause daños a largo plazo, donde se provoca desgastes prematuros, erosión, falta de estanqueidad interna del componente, volumen de inyección, volumen de retorno y la descalibración en los inyectores.
- El common rail se ha convertido entretanto en el sistema de inyección más utilizado en los motores diésel modernos y de elevadas prestaciones para turismos.
- En el campo de los motores diésel se han desarrollado sistemas de inyección directa que son más eficientes en los procesos de combustión y por ende en la disminución de los niveles de contaminación que afectan al medio ambiente.



OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Investigar el desempeño mecánico, eléctrico y electrónico de los inyectores marca Denso “05S00047” Y “06S00387” para generar información técnica de los parámetros de funcionamiento de los inyectores CRDI.



Objetivos específicos

- Consultar en fuentes bibliográficas confiables, bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos sobre los inyectores Denso en los sistemas Common rail CRDI para desarrollo y ejecución del estudio.
- Realizar un protocolo de pruebas dentro del banco de pruebas donde se verifique diagnósticos eléctricos de inducción y resistencia a la bobina, volumen de inyección a carga completa, carga parcial, carga baja, y volumen de retorno en los inyectores denso serie “05S00047” Y “06S00387””.

- Desarrollar pruebas de orden mecánico a través de accionamiento electrónico para verificar y diagnosticar inyectores Denso del sistema riel común.
- Realizar pruebas eléctricas: de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina, impedancia e inductancia de los inyectores CRDI Denso.
- Seleccionar equipos de comprobación, verificación, y datos obtenidos de laboratorios especializados para el desarrollo del estudio.
- Elaborar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas.



Sistema de inyección CRDI

Funcionamiento: Sistemas de inyección de riel común, el combustible que se extrae de la bomba de alimentación se presuriza hasta alcanzar la presión necesaria para el funcionamiento del sistema. La bomba de alta presión con ayuda del émbolo y en función del régimen del motor y las condiciones de carga, se puede obtener presiones que oscilan entre 20MPa en estado de ralentí y a 135 MPa en condiciones de aceleración o regímenes altos. La presencia del computador o la unidad de control (UCE) es vital, ya que regula la presión del combustible que ingresa a la bomba de alta presión por medio de la válvula de control de aspiración (SCV) y detecta en todo momento la presión del combustible en el riel, a través del sensor FRP (presión de combustible en el riel) y lleva a cabo un control de retroalimentación.



Inyector Denso

- **Función:**

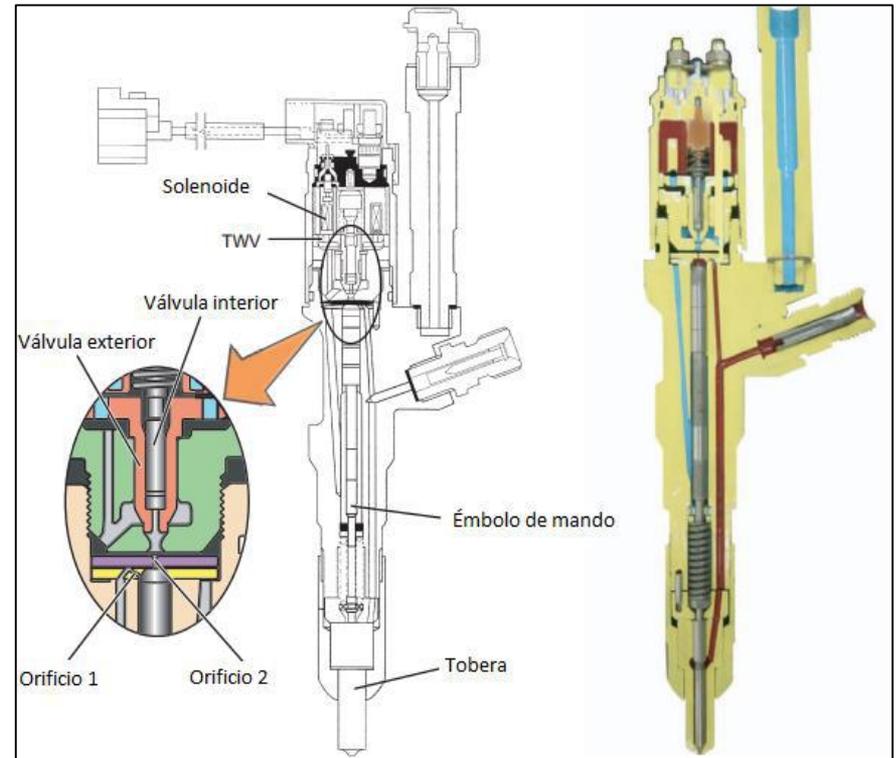
El trabajo del inyector en el sistema Common Rail es el de pulverizar diésel a presión en el interior del motor en el momento preciso de la inyección, la cantidad, velocidad y patrón de inyección se controla mediante señales de la ECM.



Tipos de inyectores Denso

- **Tipo X1**

El funcionamiento de este tipo de inyector lo controla el módulo electrónico. La válvula TWV comprende dos válvulas: la válvula interior (fijo) y la válvula exterior (móvil).

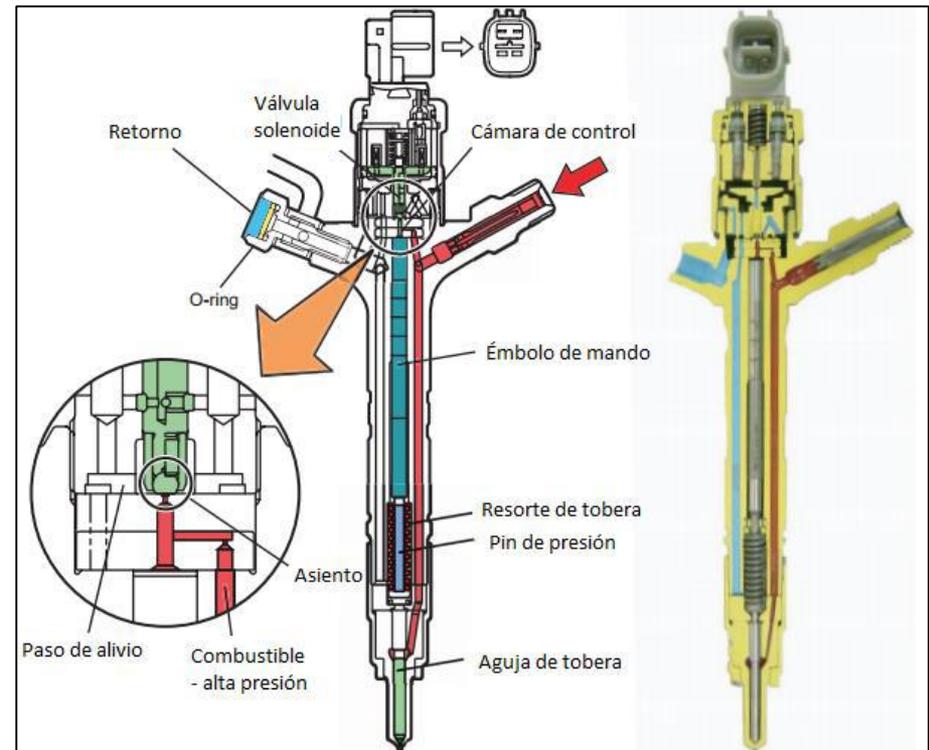


Tipos de inyectores Denso

- **Tipo X2**

Al disminuir la carga de accionamiento del inyector, éste es más compacto y eficiente, y la precisión de inyección ha mejorado.

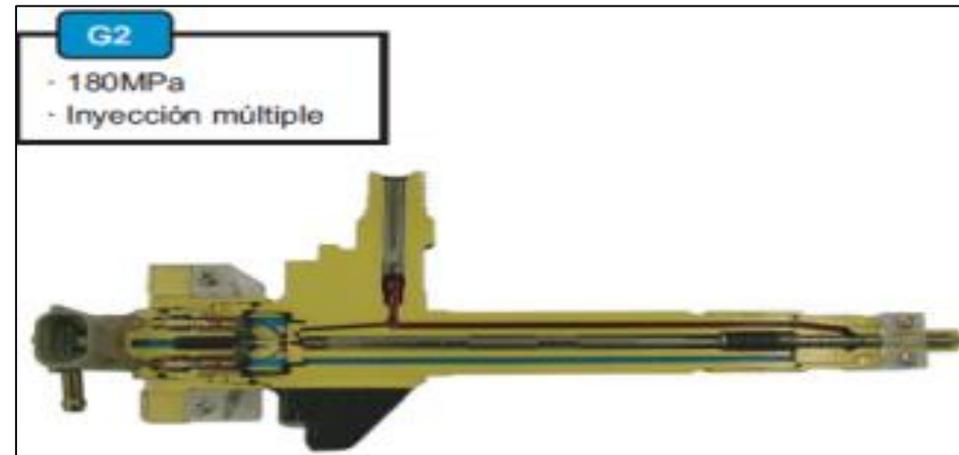
La válvula TWV se abre directamente y se cierra el orificio de salida.



Tipos de inyectores Denso

- **Tipo G2**

Se enfoca en altas presiones de operación, al mejorar su capacidad de resistencia a la presión con características de desgaste mayores. Al responder ante condiciones de trabajo exigentes de inyecciones múltiples la respuesta ante velocidades altas se han mejorado.

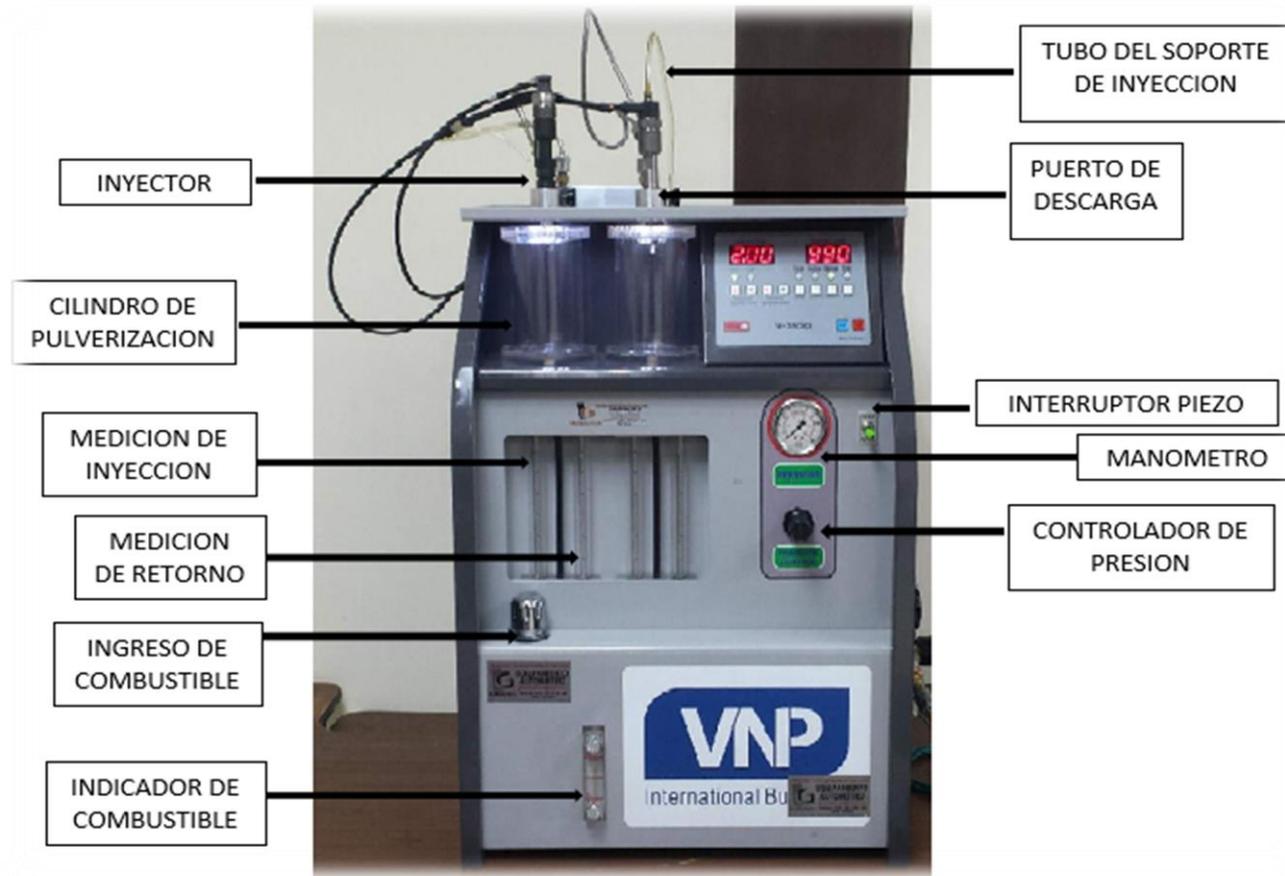


Valores de funcionamiento Inyector Denso

Especificación	Valor
Resistencia	0.6-1 Ohm
Voltaje	5V
Corriente o Amperaje	12A (Apertura)
	20A (Mantenimiento)
Presión de Apertura	200 Bares
Presión Máxima	1800 Bares



Equipos



Equipos



Equipos



Parámetros del funcionamiento del Inyector CRDI Denso "05S00047" y "06S00387"

Parámetro	Valor
Inyector "05S00047"	HINO "DUTRO CITY"
Inyector "06S00387"	HINO "DUTRO 816"
Voltaje (V)	80 V
Amperaje (A)	80 A (conjunto) 20 A (c/u)
Resistencia (Ohm)	0,6 Ohm
Presión de apertura	200bar
Presión máxima	1800bar

Pruebas Mecánicas

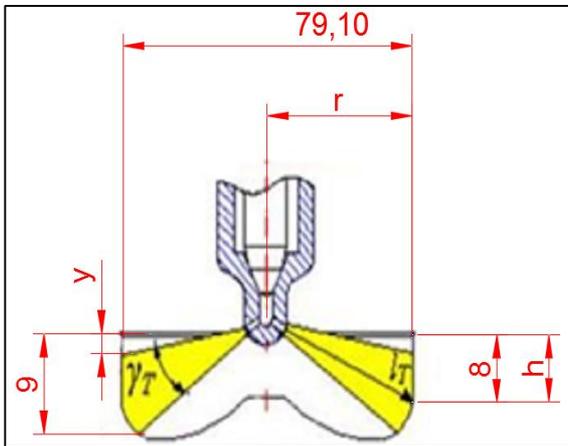
Realizar la comprobación del tiempo de activación y cierre, caudal de inyección y retorno con presiones correspondientes a 300, 400, 500, 600, 700 Bares, tomando en cuenta el tiempo de inyección 0,25; 0,50; 1; 1,50; 2 y el contador de inyección 250, 500, 750, 990.

1. Tiempo de disparo
2. Tiempo de retención
3. Caudal de inyección
4. Caudal de retorno



Pruebas Mecánicas

- Prueba del ángulo de pulverización del inyector



$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right)$$

Ángulo de disparo

$$\beta = \arctan\left(\frac{\theta + \gamma}{r}\right) - \arctan\left(\frac{\gamma}{r}\right)$$

Ángulo de dispersión

h = altura

r = radio del cilindro

θ = Diámetro del chorro

IT = Ángulo de Disparo

YT = Ángulo de Dispersión

Y = Diferencia de Alturas

Ángulo del inyector Denso

Ángulo de disparo

11,43

Ángulo de dispersión

15,49



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas Electrónicas

1. Pruebas de voltaje de activación del inyector
2. Pruebas de corriente de activación del inyector
3. Pruebas de resistencia de la bobina del inyector.
4. Prueba de inductancia
5. Periodo



Cálculo del ángulo de activación de los inyectores

- Los grados de activación del inyector se obtienen mediante el ángulo de giro del cigüeñal en un ciclo de trabajo completo.

- $T_i = \frac{T}{n}$

Donde:

T_i : Período para un inyector

T : Período total

n : Número de cilindros



Cálculo del ángulo de activación de los inyectores

$$\bullet \theta_i = \frac{\theta_{gc}}{n}$$

Donde:

θ_i = Ángulo individual

θ_{gc} = Ángulo de giro del cigüeñal

n : Número de cilindros

$$\bullet \text{ } ^\circ ac = \frac{ti * 180^\circ}{Ti}$$

Donde:

$^\circ ac$ = Grados de activación

ti = tiempo de activación, dependiendo de la prueba que se encuentre realizándolos valores son 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2.



Cálculo del ángulo de activación de los inyectores

Para el cálculo del ángulo de los inyectores DENSO serie “05S00047” y “06S00387” se tiene:

- Periodo: 340ms
- Giro del cigüeñal en un ciclo de trabajo: 720°
- Número de cilindros: 4

Tiempo de inyección (ms)	Grados de activación (°)
0.25	0.53
0.50	1.06
1.00	2.12
1.50	3.18
2.00	4.24



Análisis de los grados de activación de los inyectores



Análisis de resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio



Análisis de las pruebas a presión de 300bar

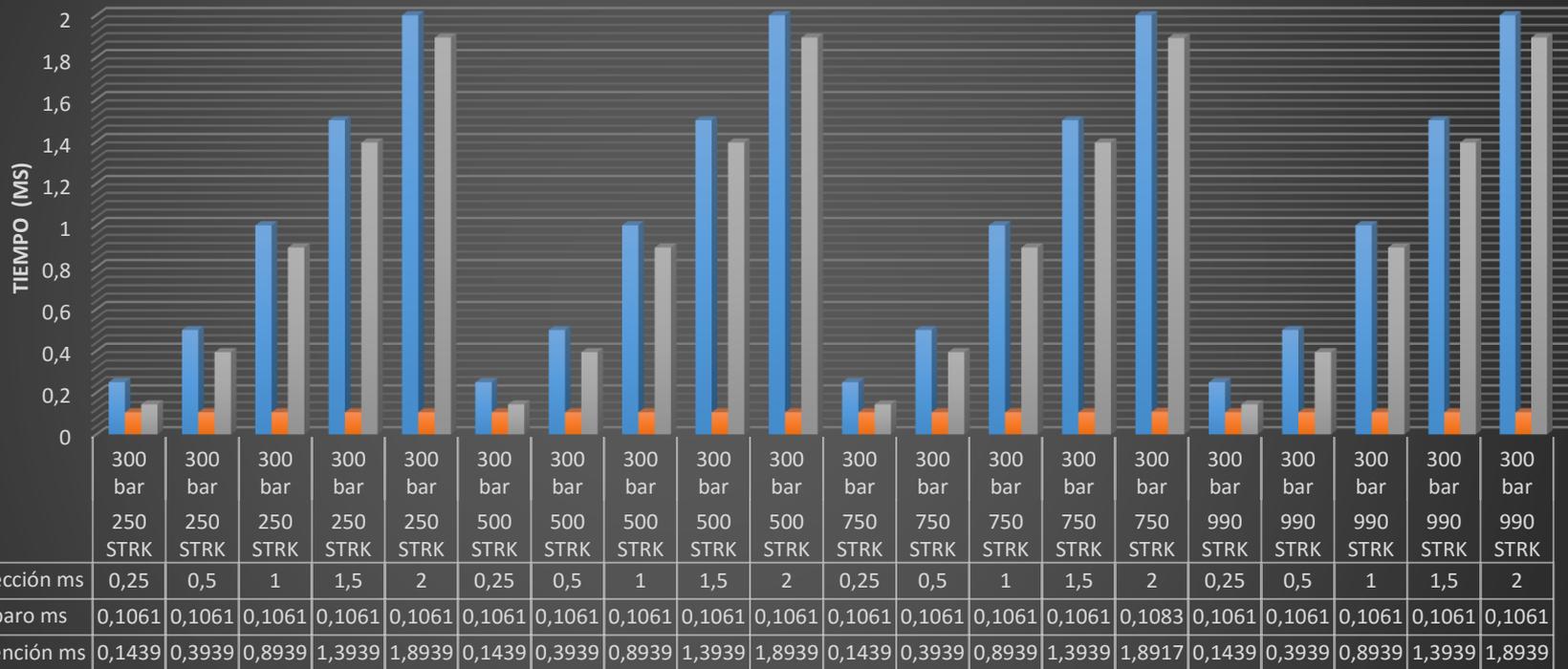
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,1061	0,1439	---	---	26,4
250	0,5	0,1061	0,3939	---	---	26,4
250	1	0,1061	0,8939	---	0,2	26,4
250	1,5	0,1061	1,3939	3,8	1,6	26,4
250	2	0,1061	1,8939	12	2,2	26,4
500	0,25	0,1061	0,1439	---	1,3	26,4
500	0,5	0,1061	0,3939	---	1,6	26,4
500	1	0,1061	0,8939	0,7	3,4	26,4
500	1,5	0,1061	1,3939	12	5,5	26,4
500	2	0,1061	1,8939	27,9	9,9	25,4
750	0,25	0,1061	0,1439	---	3	27,4
750	0,5	0,1061	0,3939	---	4,4	27,4
750	1	0,1061	0,8939	4	6,8	26,4
750	1,5	0,1061	1,3939	25,7	10,7	26,4
750	2	0,1083	1,8917	36,2	12,2	26,4
990	0,25	0,1061	0,1439	---	5	28,3
990	0,5	0,1061	0,3939	---	6,6	28,3
990	1	0,1061	0,8939	5,8	9,5	28,3
990	1,5	0,1061	1,3939	28,1	13,3	28,3
990	2	0,1061	1,8939	52,5	17,6	27,4

Análisis de las pruebas a presión de 300bar

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,5	2,3	0,53	0,6	296μH
250	0,5	20,5	6,3	1,06	0,6	296μH
250	1	20,5	5,9	2,12	0,6	296μH
250	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	296μH
250	2	20,5	5,5	4,24	0,6	296μH
500	0,25	20,5	2,5	0,53	0,6	296μH
500	0,5	20,5	6,4	1,06	0,6	296μH
500	1	20,5	5,8	2,12	0,6	296μH
500	1,5	20,5	5,9	3,18	0,6	296μH
500	2	20,5	5,9	4,24	0,6	296μH
750	0,25	20,5	2,5	0,53	0,6	296μH
750	0,5	20,5	6,1	1,06	0,6	296μH
750	1	20,5	5,8	2,12	0,6	296μH
750	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	296μH
750	2	20,5	5,9	4,24	0,6	296μH
990	0,25	20,5	2,4	0,53	0,6	296μH
990	0,5	20,5	6,5	1,06	0,6	296μH
990	1	20,5	5,9	2,12	0,6	296μH
990	1,5	20,5	5,6	3,18	0,6	296μH
990	2	20,5	5,3	4,24	0,6	296μH

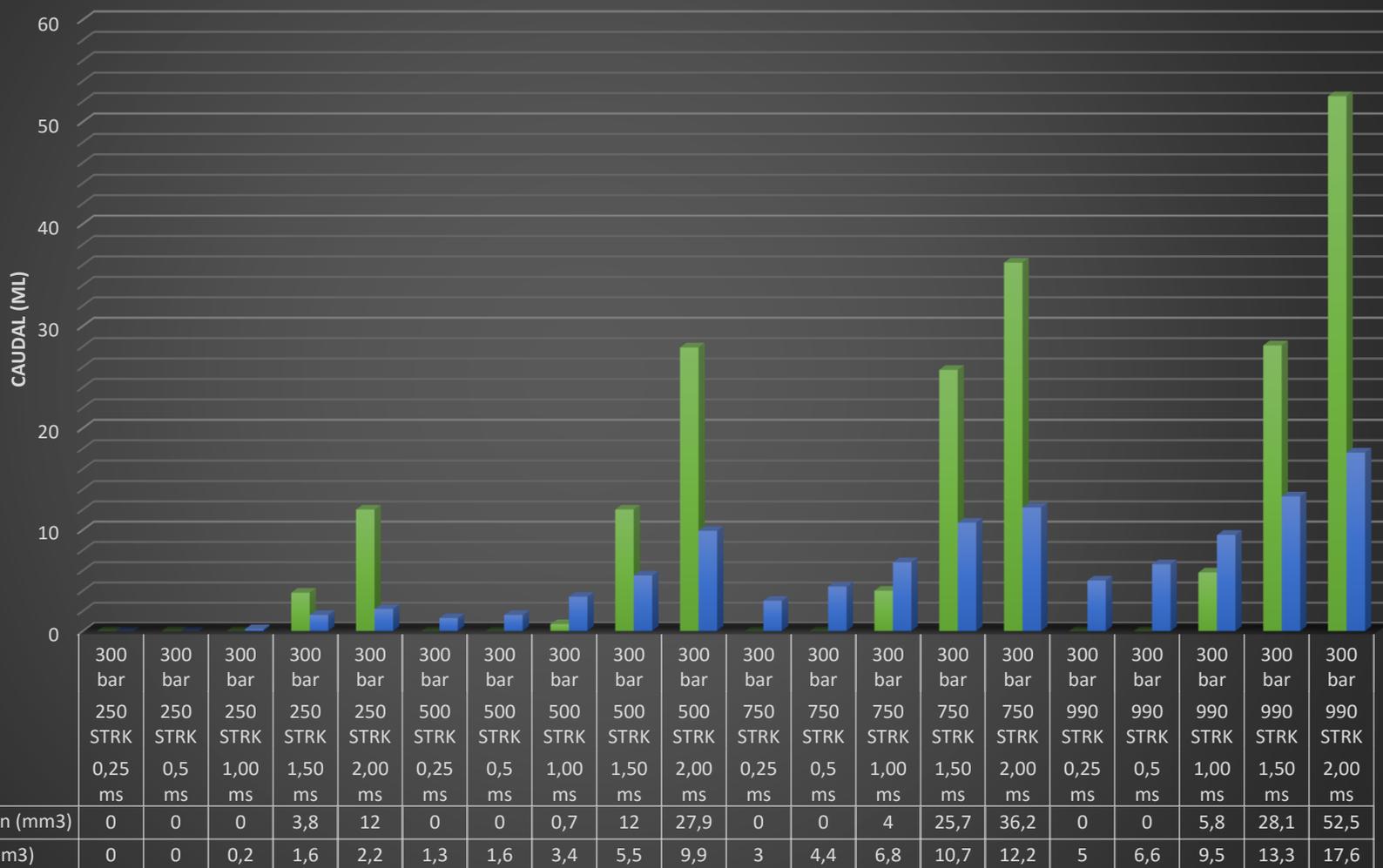
Análisis de las pruebas a presión de 300bar

Número de strock/ Tiempo de inyección/ Tiempo de disparo/ Tiempo de retención a 300 bar de presión



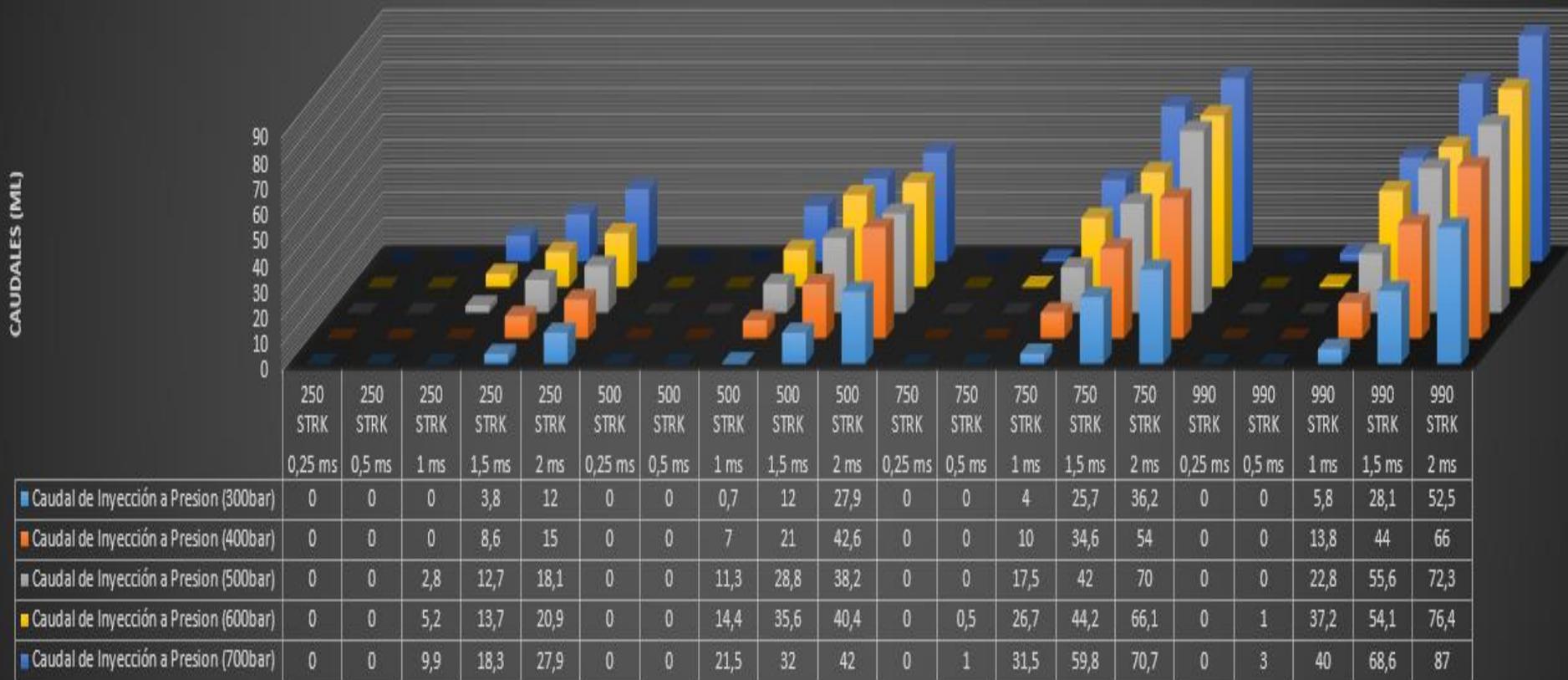
Análisis de las pruebas a presión de 300bar

Numero de pulsos (stroock)/ Tiempo de inyeccion/ Caudal de Inyeccion/
Caudal de Retorno a presion de 300bar



Análisis de los caudales de inyección

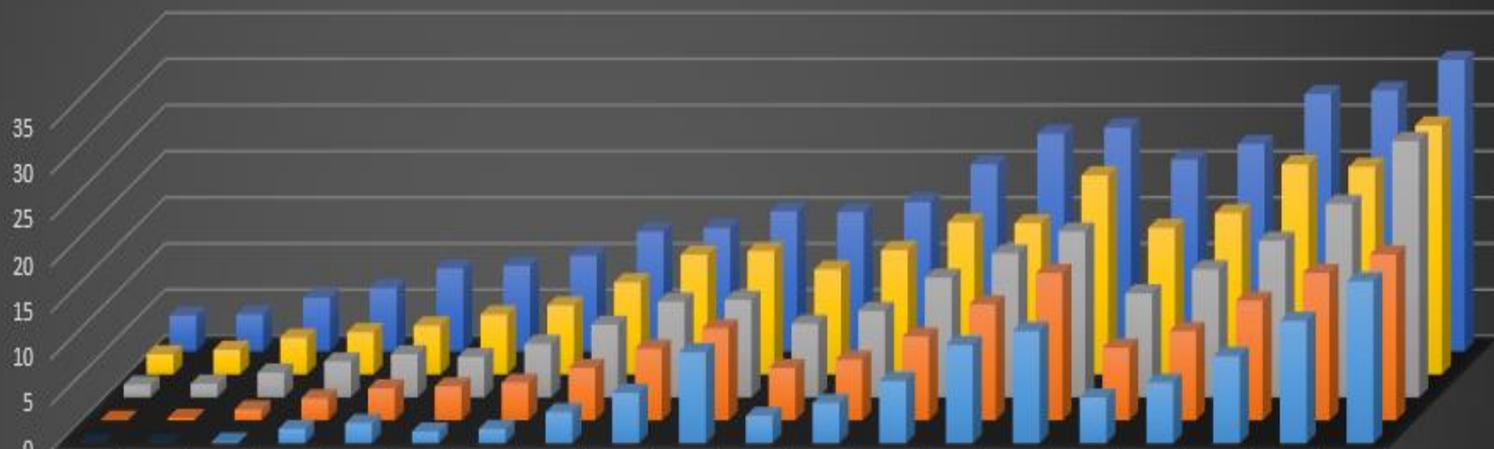
Análisis de los caudales de inyección



Análisis de los caudales de retorno

Análisis de los caudales de retorno

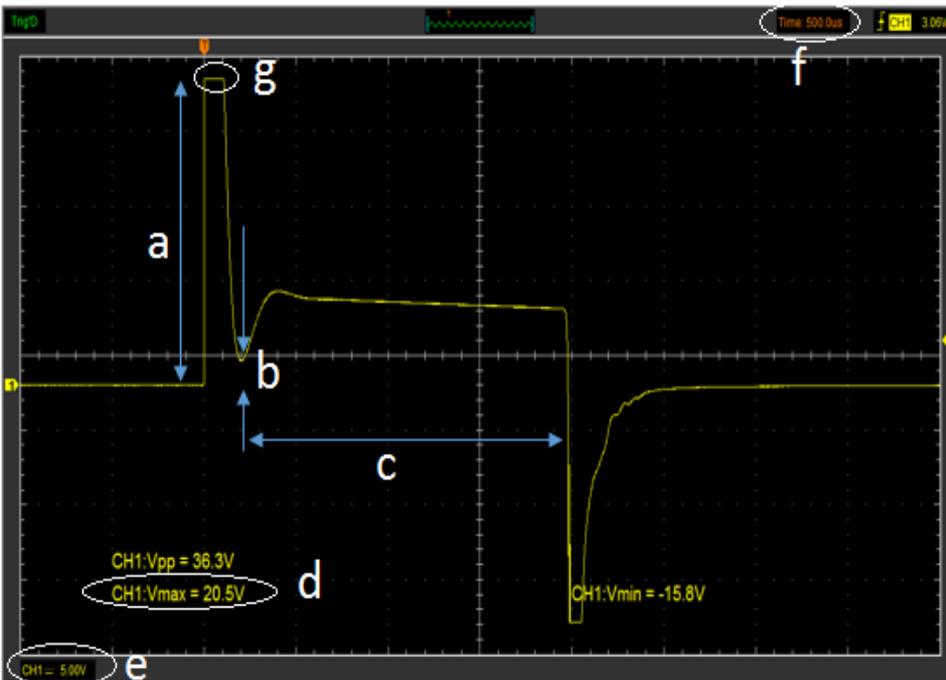
CAUDAL (ML)



	250 STRK	500 STRK	750 STRK	990 STRK																
	0,25 ms	0,5 ms	1 ms	1,5 ms	2 ms	0,25 ms	0,5 ms	1 ms	1,5 ms	2 ms	0,25 ms	0,5 ms	1 ms	1,5 ms	2 ms	0,25 ms	0,5 ms	1 ms	1,5 ms	2 ms
■ Caudal de Retorno a Presion (300bar) (mm3)	0	0	0,2	1,6	2,2	1,3	1,6	3,4	5,5	9,9	3	4,4	6,8	10,7	12,2	5	6,6	9,5	13,3	17,6
■ Caudal de Retorno a Presion (400bar) (mm3)	0,1	0,3	1,2	2,4	3,5	3,7	4,1	5,7	7,8	10	5,7	6,6	9,1	12,6	16	7,9	9,7	13	16	18
■ Caudal de Retorno a Presion (500bar) (mm3)	1,4	1,5	2,7	3,9	4,7	4,4	5,8	7,9	10,4	10,6	8	9,4	13	15,6	18	11,3	13,9	17	21	27,8
■ Caudal de Retorno a Presion (600bar) (mm3)	2,2	2,7	4	4,6	5,3	6,5	7,5	10	13	13,4	11,4	13,5	16,5	16,4	21,6	15,9	17,5	22,8	22,5	27
■ Caudal de Retorno a Presion (700bar) (mm3)	3,9	4	5,8	6,9	9	9,3	10,4	13	13,4	15,2	15,1	16,2	20,3	23,6	24,3	20,8	22,5	27,9	28,3	31,6

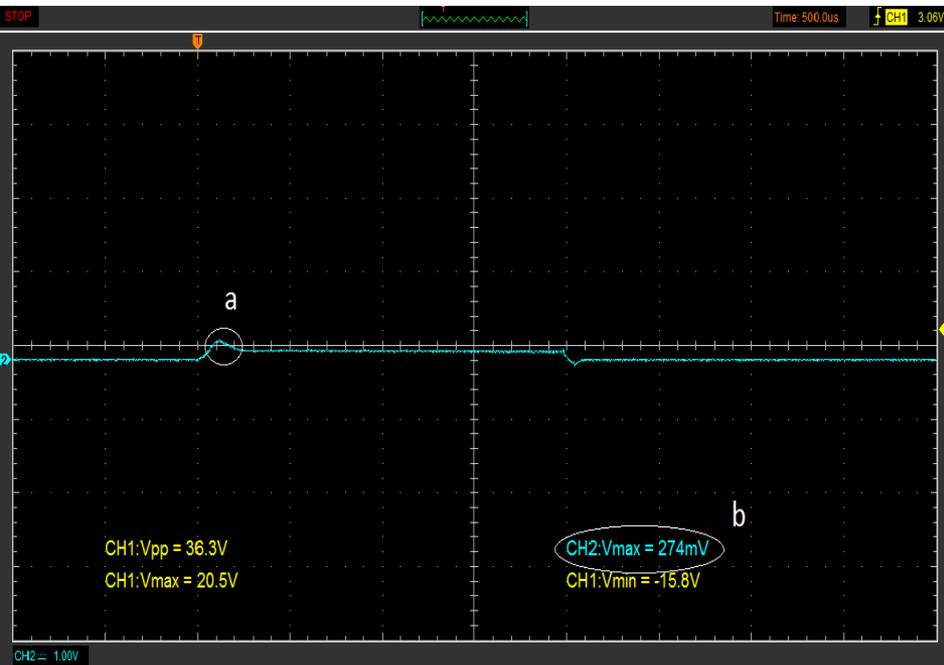


Oscilograma de voltaje de los inyectores estudiados



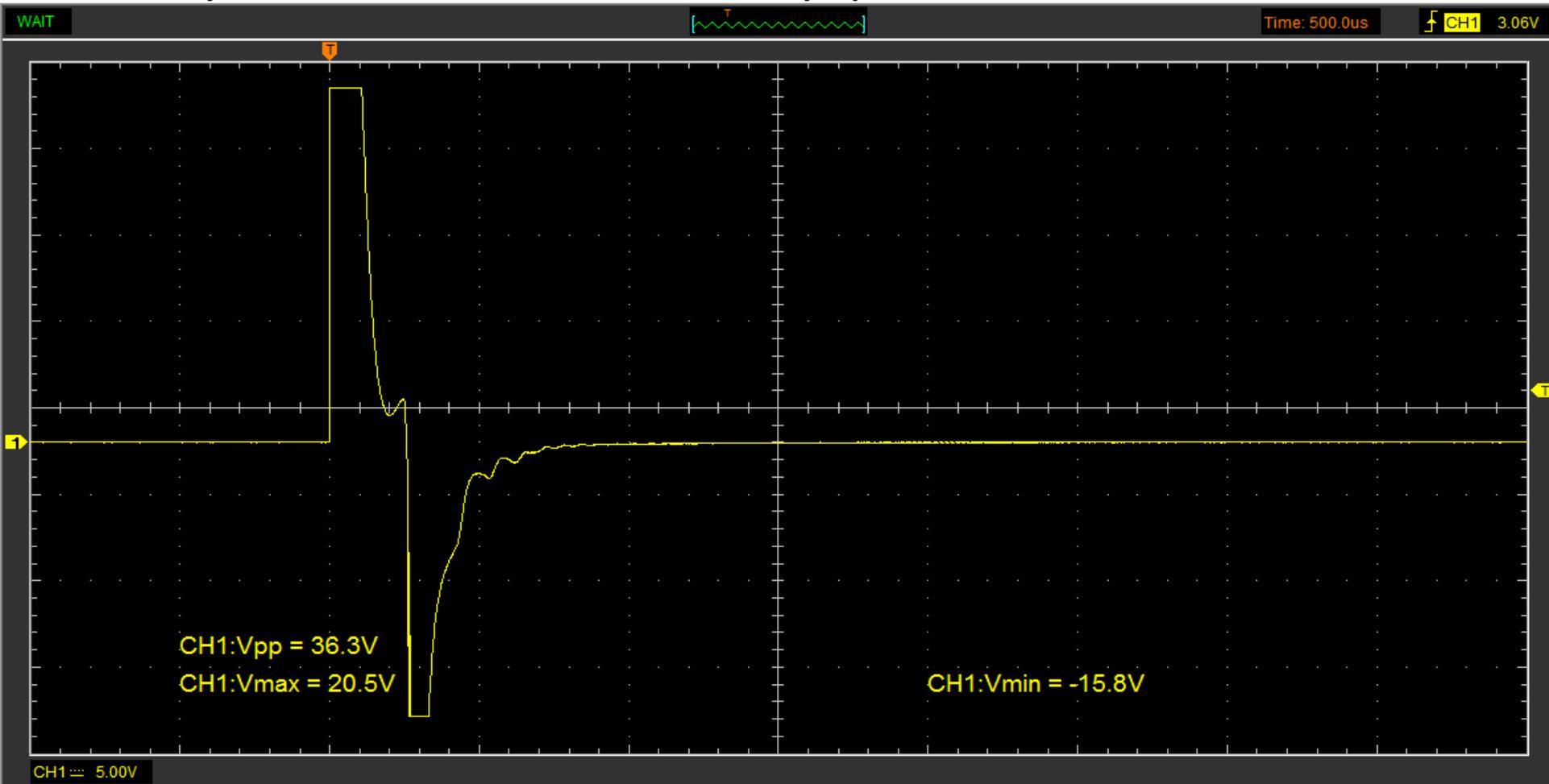
- Es la distancia vertical que representa el voltaje de activación cuyas unidades son los voltios.
- Es la distancia vertical que representa el voltaje de retención sus unidades son los voltios
- Es la distancia que representa el tiempo de retención, y esta ira aumentando o disminuyendo dependiendo el tiempo de inyección.
- Representa el voltaje de activación, sus unidades son los voltios y se lo obtiene mediante la opción measure.
- Calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje "Y", donde se ve representado los voltios.
- Calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje "X", donde se ve representado el tiempo.
- Representa el tiempo de disparo en ms.

Oscilograma de corriente de los inyectores estudiados

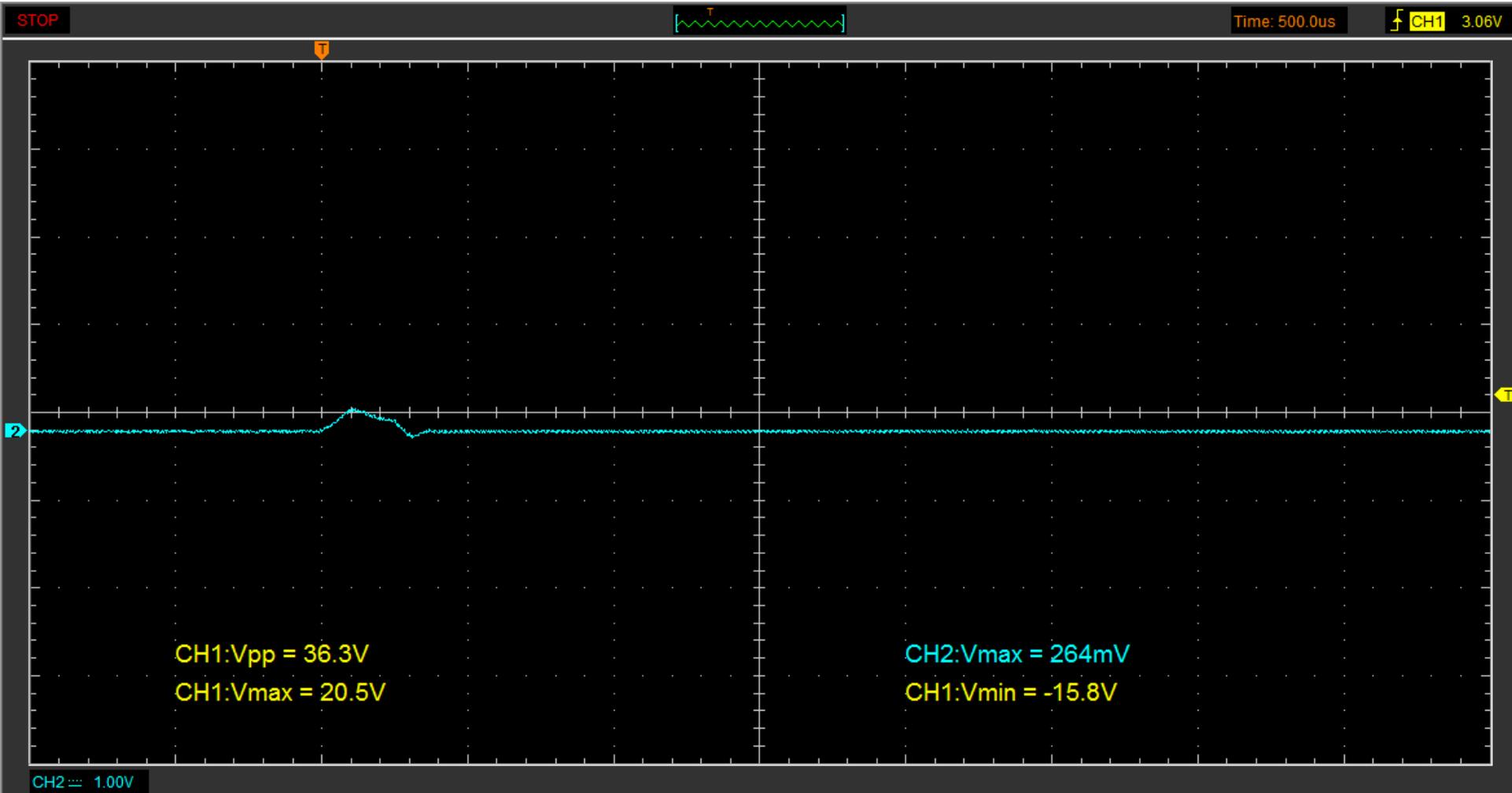


- El tiempo de disparo del inyector en la gráfica de corriente.
- Representa el amperaje de activación del inyector, esta opción se la puede obtener mediante measure. Cabe resaltar que en la obtención de este valor se debe realizar una conversión donde existe la siguiente equivalencia 10mv es igual a 1 amperio.

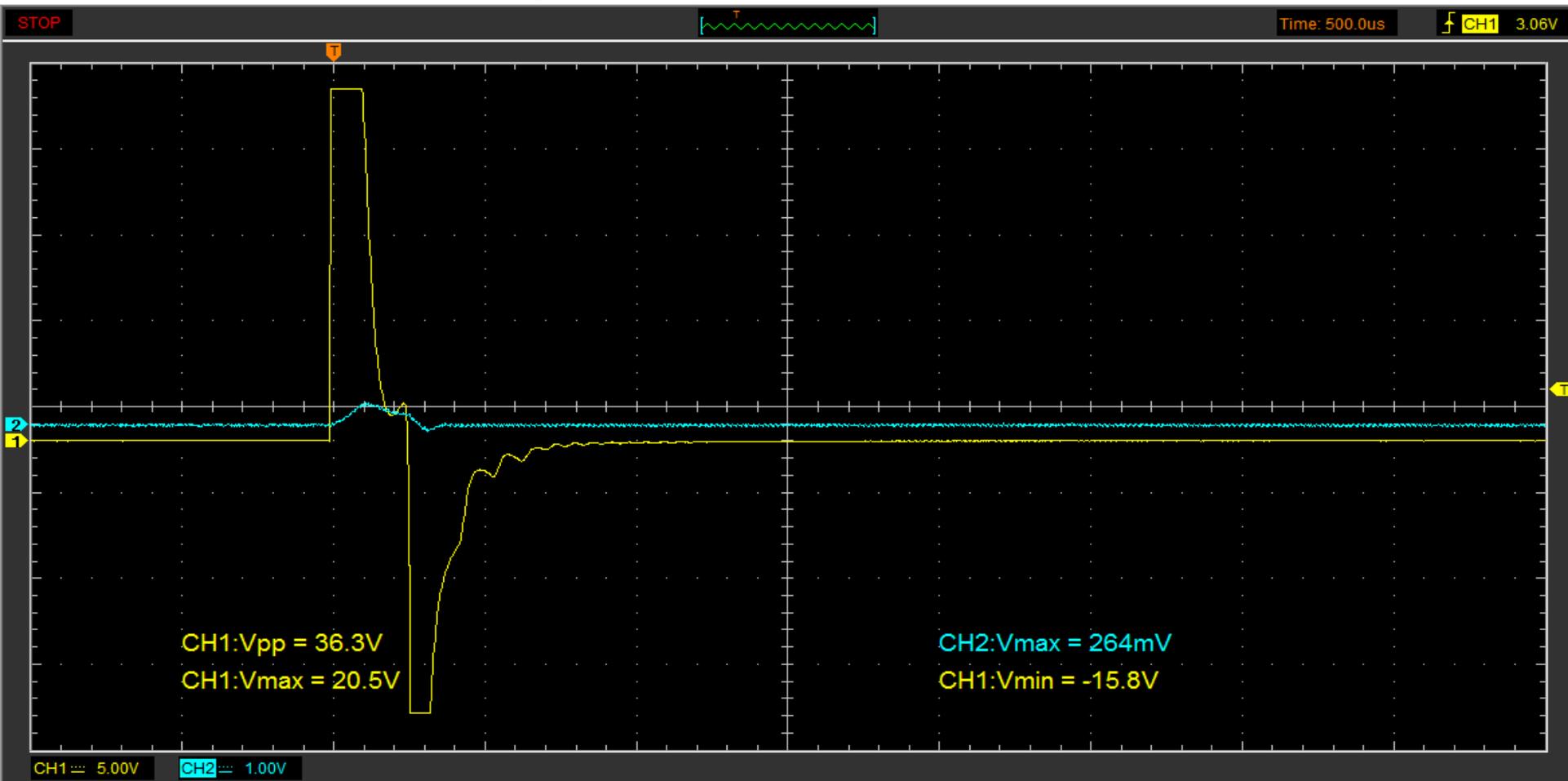
Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.25ms y presión de 300bar



Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.25ms y presión de 300bar



Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.25ms y presión de 300bar



CONCLUSIONES

- Se investigó el desempeño mecánico, eléctrico y electrónico de los inyectores marca Denso “05S00047” Y “06S00387” para generar información técnica de los parámetros de funcionamiento de los inyectores CRDI.
- Se consultó en fuentes bibliográficas confiables, bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos sobre los inyectores Denso en los sistemas Common rail CRDI para desarrollo y ejecución del estudio.
- Se realizó un protocolo de pruebas dentro del banco de pruebas donde se verifique diagnósticos eléctricos de inducción y resistencia a la bobina, volumen de inyección a carga completa, carga parcial, carga baja, y volumen de retorno en los inyectores denso serie “05S00047” Y “06S00387””.



CONCLUSIONES

- Se realizó pruebas eléctricas: de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina, impedancia e inductancia de los inyectores CRDI Denso
- Se seleccionó equipos de comprobación, verificación, y datos obtenidos de laboratorios especializados para el desarrollo del estudio.
- Se elaboró un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas.

CONCLUSIONES

- Se verificó que para todas las presiones, con tiempo de inyección 0,25 ms el valor del voltaje de retención se mantiene o su variación es de 2,3 a 2,7 ms.
- Se observó que para todas las presiones de prueba y strock, con tiempo de inyección 0,50 ms el valor del voltaje de retención se mantiene o su variación es de 5,9 a 6,3 ms.
- El caudal máximo registrado en cada presión del protocolo de pruebas se presenta cuando el contador de inyección y el tiempo de inyección es el máximo.



CONCLUSIONES

- La presión y strock de cada prueba perteneciente al protocolo, no alteran el tiempo de disparo del inyector.
- Se observó con mayor facilidad la pulverización del inyector cuando el strock se encuentra en 990 y la presión del banco de pruebas supera los 500 bares.
- La resistencia medida en la bobina del inyector no varió antes ni después de realizar el protocolo de pruebas.
- Los grados de activación del inyector están relacionados directamente al tiempo de inyección, a mayor tiempo, mayor son los grados.



RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo de la investigación es obligatorio utilizar el equipo de protección personal como es: mandil, zapatos punta de acero, gafas, guantes industriales, guantes de nitrilo.
- Antes de iniciar el protocolo de pruebas se debe verificar la presión establecida en el manómetro del banco de pruebas, para evitar valores alterados en los resultados.
- Se debe purgar el compresor en la mañana o a su vez antes de iniciar las pruebas, con la finalidad de proteger el banco V-3500 y evitar daños a futuro por la entrada de agua o aceite.



RECOMENDACIONES

- Verifique los cilindros de pulverización de inyectores, que no se encuentren con elementos contaminantes.
- Con respecto al uso del amperímetro se debe verificar que la batería se encuentre con el voltaje adecuado para su funcionamiento, caso contrario la lectura en el programa Hantek 1008c se muestra con datos erróneos.
- Utilizar las herramientas correctas para el anclaje y extracción de inyectores en el banco de pruebas, no exponga los inyectores a daños mecánicos.
- Cuando se haya finalizado el día de trabajo se debe verificar que las probetas del banco de pruebas hayan sido purgadas por completo y no exista Viscor.
- Antes de apagar el equipo recuerde liberar la presión del equipo V-3500 mediante la válvula ubicada con la trampa de agua y aceite, para evitar accidentes.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA