



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE REPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES HEUI PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO”**

**AUTORES : GUAMUSHIG LAICA, JHILSON PAUL  
MORENO MUSO, LUIS SANTIAGO**

**ING. ERAZO LAVERDE , WASHINGTON GERMÁN Msc.  
DIRECTOR DE TESIS**



# ***OBJETIVO GENERAL***

- Investigar los procesos de reparación y calibración de inyectores HEUI para determinar el comportamiento mecánico y electrónico



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información teórica y técnica inherente a los procesos de reparación y calibración de inyectores HEUI 3126.
- Generar un sistema automatizado de medición y retorno de combustible para el banco de comprobación de inyectores diésel HEUI.
- Modelar las herramientas específicas para el proceso de desarmado, montaje y ajuste mecánico de los inyectores HEUI.
- Seleccionar herramientas de ajuste, medición, calibración y puesta a punto de inyector HEUI.
- Describir el proceso de reparación y calibración a través de la instrumentación adecuada para los inyectores HEUI 3126.

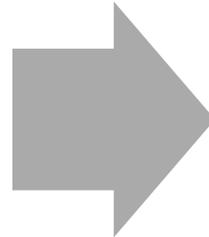


- Ejecutar pruebas de caudal de entrega de combustible a alta carga, media carga, ralentí y limpieza del inyector en un banco de comprobación de inyectores HEUI.
- Recopilar datos y mediciones de oscilogramas del inyector considerando voltajes, corrientes.
- Analizar el comportamiento y desempeño del inyector por medio de diagnóstico por imagen.



# JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Fue creada con la finalidad de disminuir la contaminación del medio ambiente logrando una atomización adecuada del combustible



Permite determinar el respectivo funcionamiento del inyector, así como sus respectivas anomalías, surgiendo ahí la necesidad de implementar un protocolo de calibración de dicho inyector.



# METAS

- Automatizar el sistema de drenaje y retorno del sistema de combustible del banco de comprobación HEUI.
- Disponer un sistema e instrumental de ajuste, medición, reparación y calibración de inyectores HEUI que permitan generar calibraciones con un 90 % de precisión.
- Dotar de información técnica confiable a personas involucradas en procesos de reparación y calibración de inyectores HEUI.



# ***HIPÓTESIS***

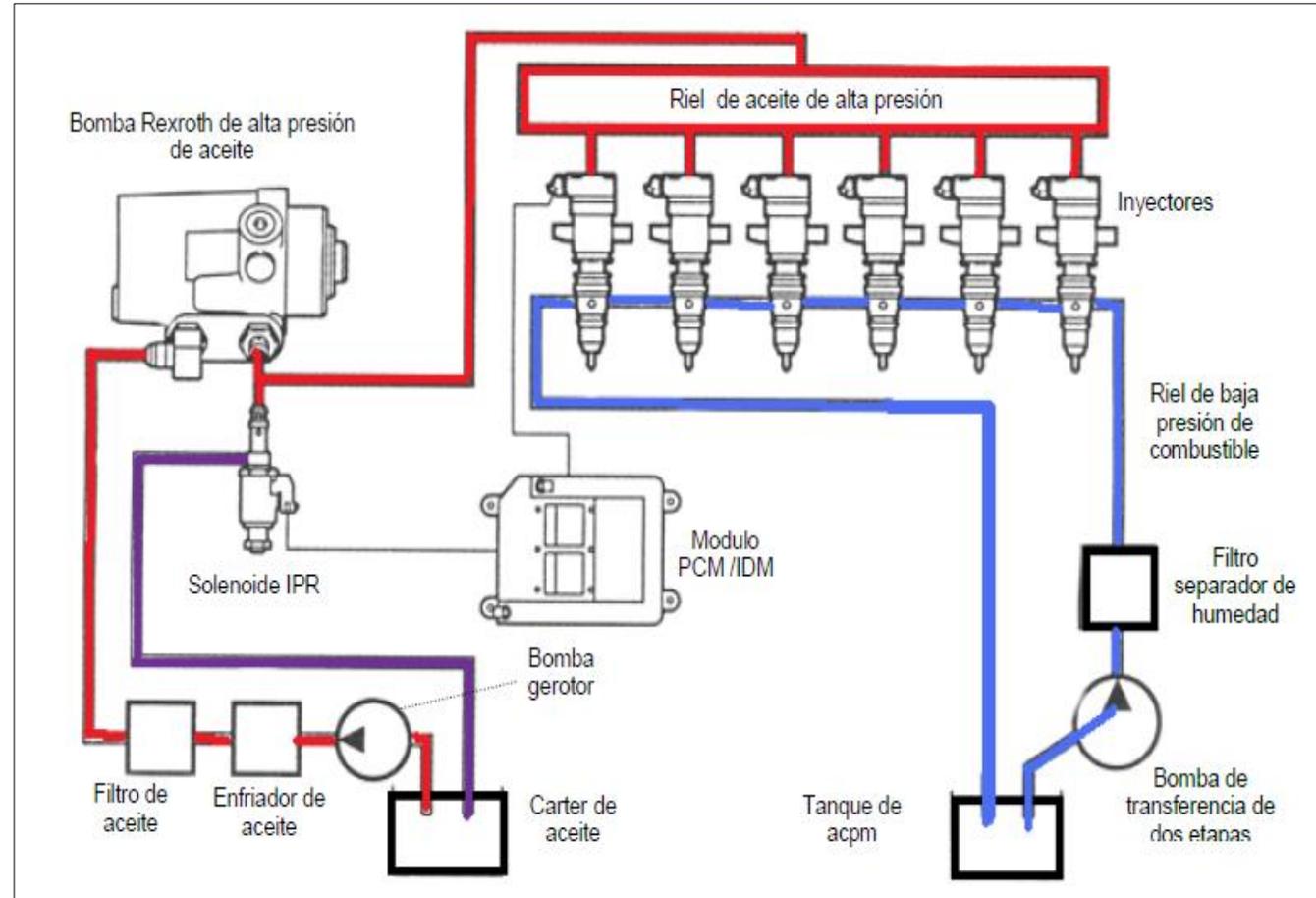
- ¿Contar con un proceso de reparación y calibración de inyectores HEUI permitirá obtener un comportamiento optimo mecánico y electrónico?



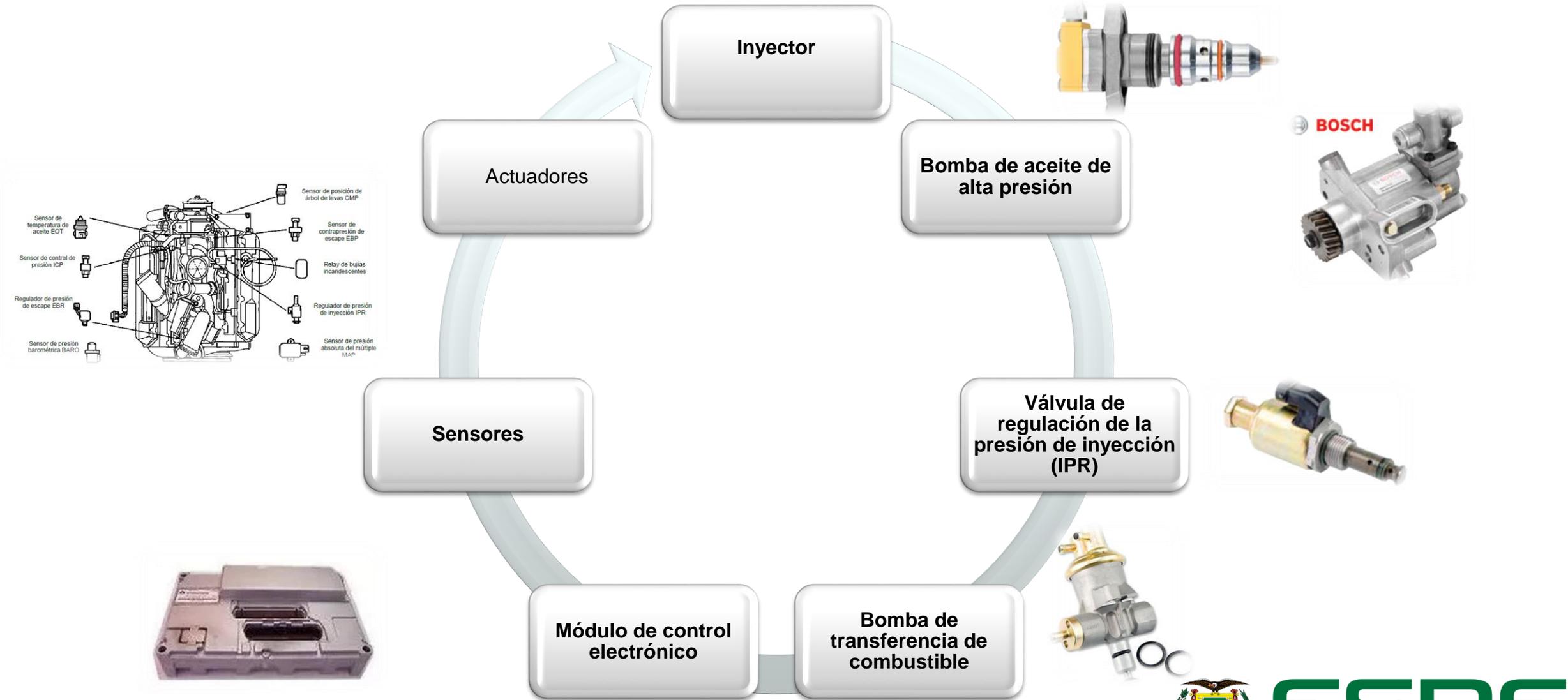
# SISTEMA DE INYECCIÓN HEUI

## INTRODUCCIÓN

- HEUI es el sistema de combustible que representa una de las innovaciones más significantes en la tecnología del motor Diésel en décadas. HEUI supera muchas de las limitaciones de los sistemas mecánicos y de los inyectores electrónicos convencionales, y se apega a las nuevas normas para la eficacia de combustible, fiabilidad y control de emisiones

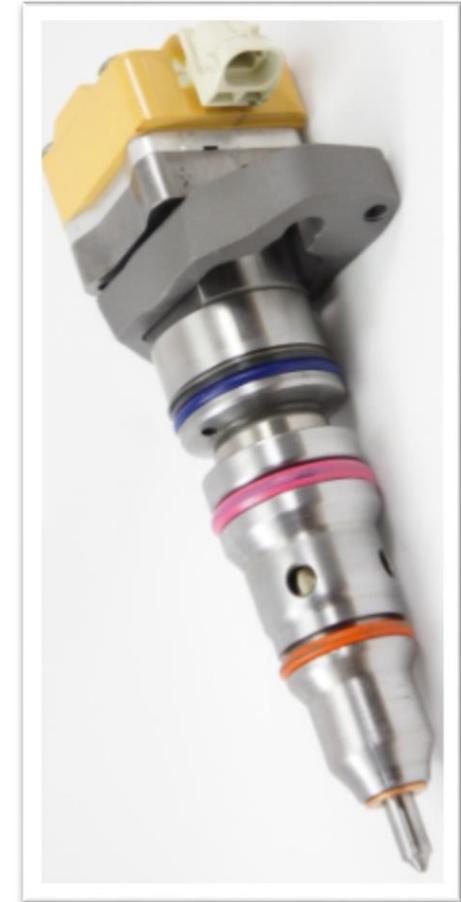


# COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN HEUI

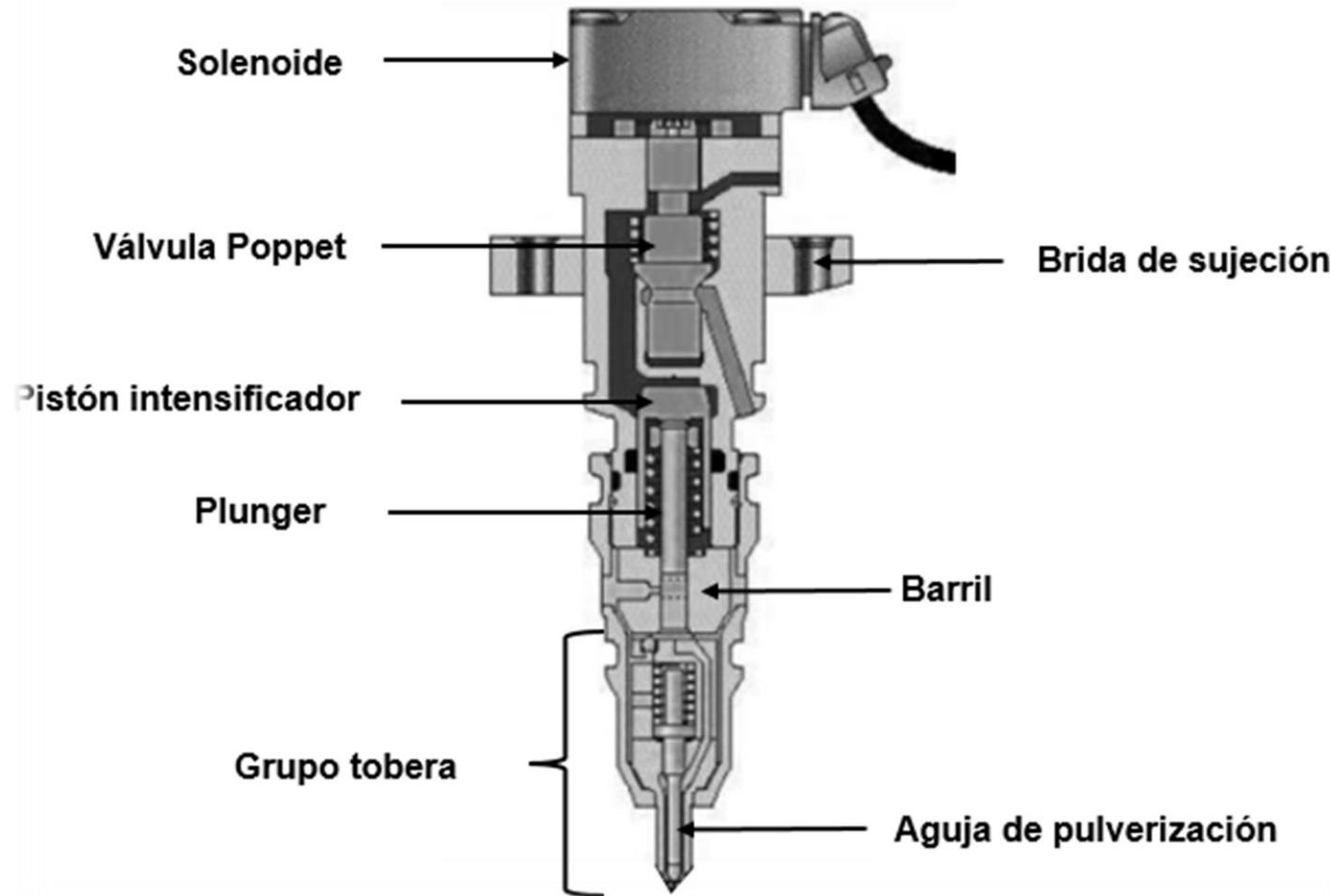


# ***FUNCIÓN DEL INYECTOR***

- Presurizar el combustible de 65 psi hasta un rango comprendido entre 5400 y 23500 psi.
- Atomizar el combustible a alta presión haciéndola pasar a través del orificio de la boquilla del inyector.
- Entregar la cantidad adecuada de combustible atomizado en la cámara de combustión
- Dispersar el combustible atomizado uniformemente en la cámara de combustión



# ***PARTES PRINCIPALES DEL INYECTOR HEUI***



# TIPOS DE INYECTOR

HEUI TIPO A



HEUI 3126A

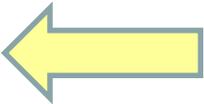
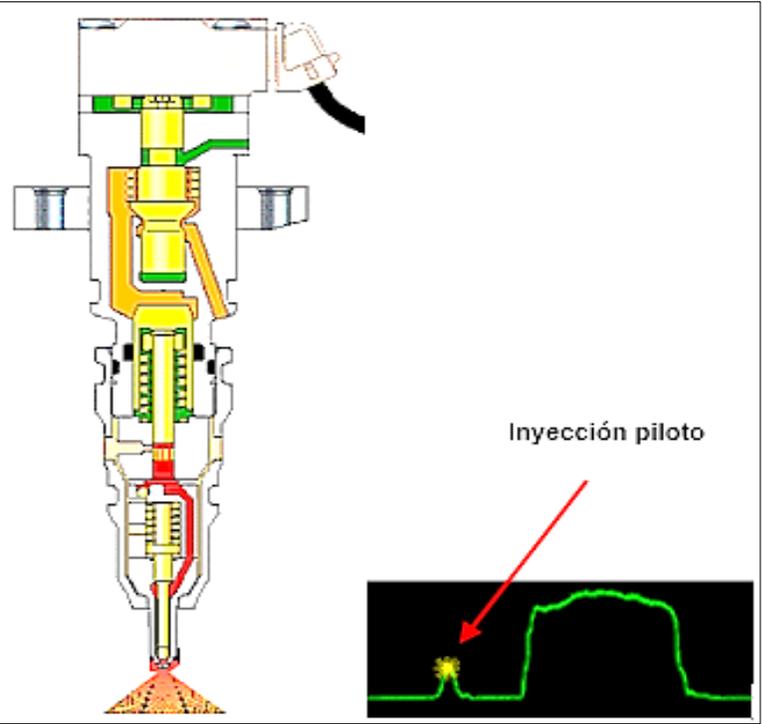
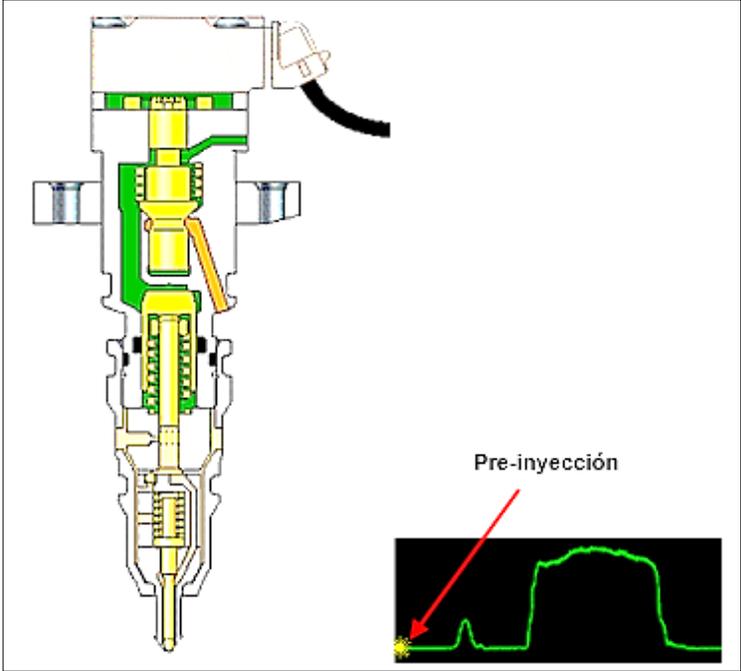


HEUI TIPO B



# FASES DE INYECCIÓN DEL INYECTOR HEUI

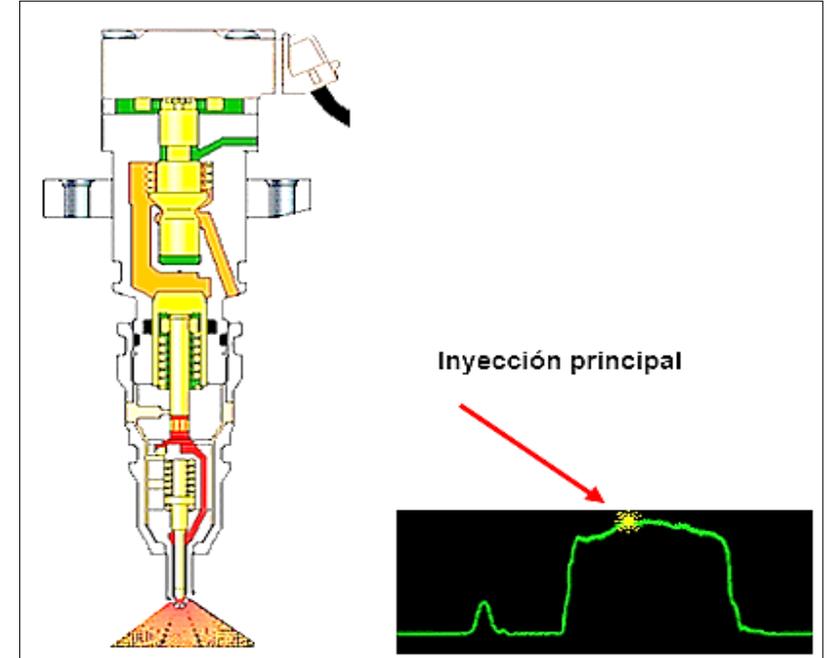
Pre- inyección



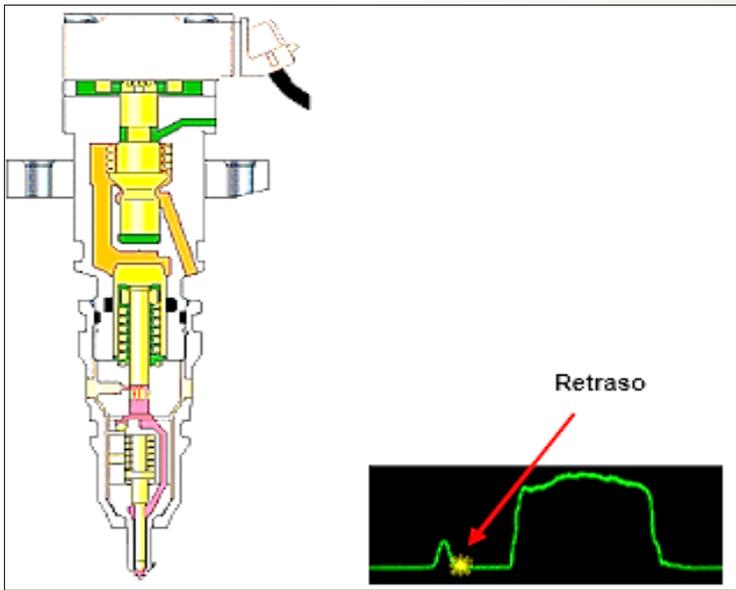
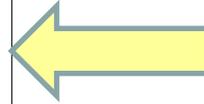
Inyección piloto



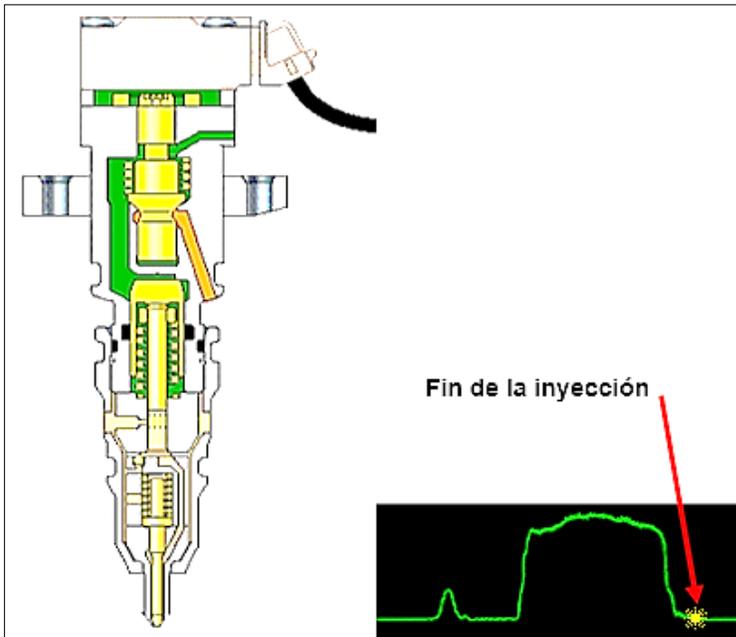
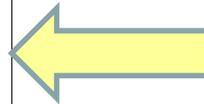
**Inyección Principal**



**Retraso**



**Fin de la inyección**



# EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE CALIBRACIÓN



Medidor de espesor digital

Reloj indicador de profundidad



Base magnética





**Herramientas HEUI 3126**

**Banco HEUI Dongtai CR-816**



# EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO



Osciloscopio  
Hantek 1008c

Detector de fallas  
FADOS9F1



Pinza  
amperimétrica

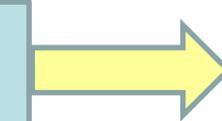


Fuente de atracamiento CR-370



Megohmetro Supco M500

Multímetro Digital Mt-5211



# PROCESO DE DESARMADO DEL INYECTOR HEUI

Con el destornillador Torx T20 retirar los pernos de la bobina junto con el separador.



Con un dado Torx E5 y una llave N°25 extraer el perno de la armadura.



Extraer los pernos del espaciador con el dado Torx T25 y desmontar junto con la brida del inyector



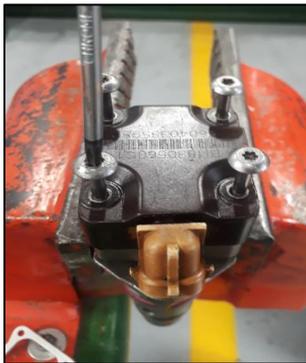
Retirar la válvula poppet junto con el resorte

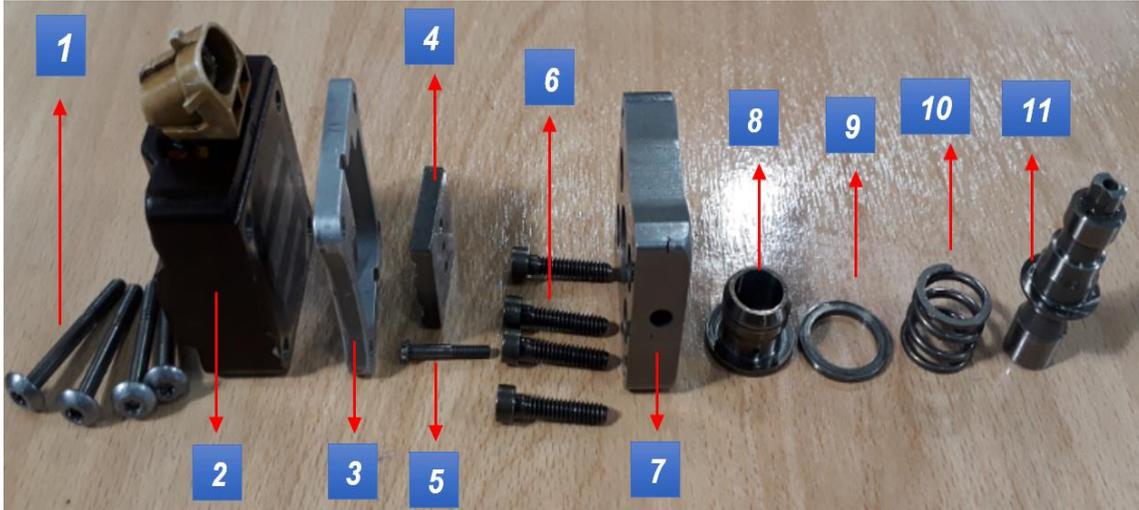


Colocar el inyector en forma vertical con acceso a la boquilla.



Con la herramienta H011 desacoplar la boquilla de la tobera.





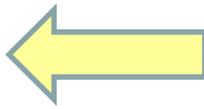
Despiece del conjunto bobina y válvula poppet

Despiece del grupo tobera

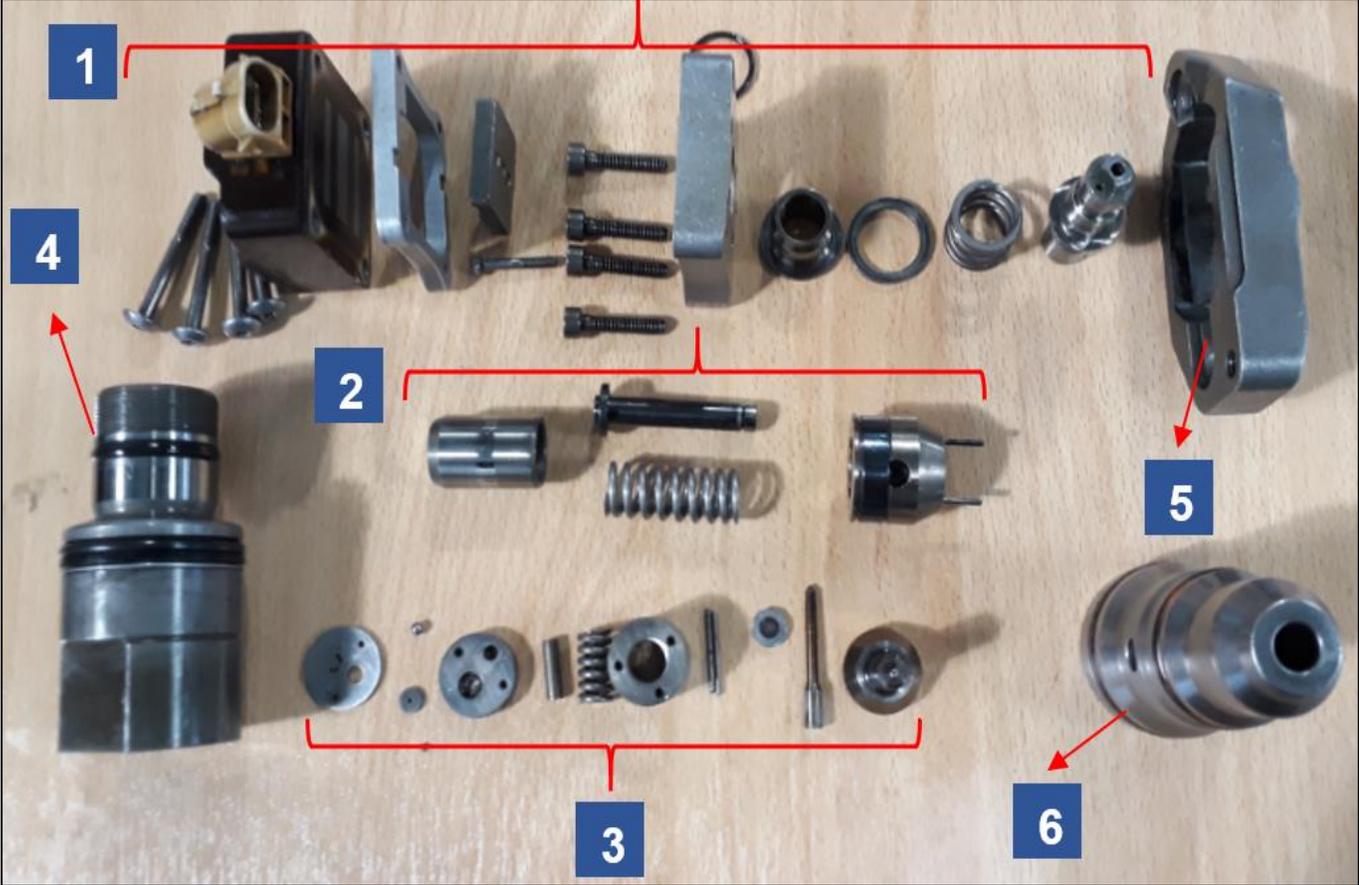




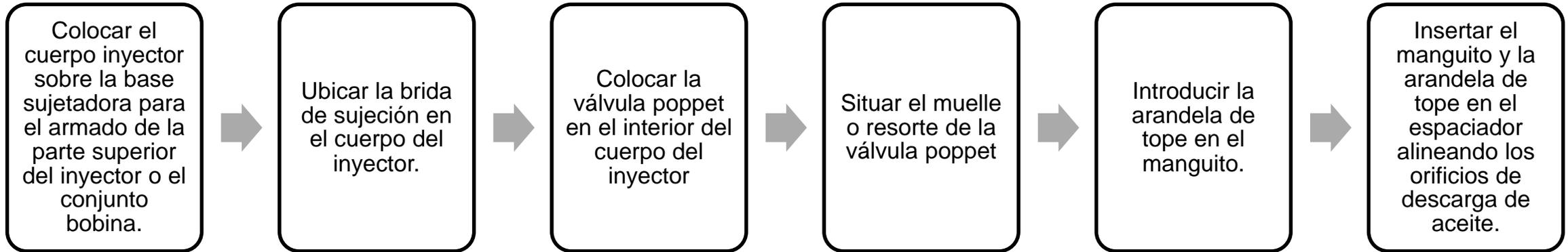
Despiece pistón intensificador y plunger



Despiece inyector HEUI



# PROCESO DE ARMADO DEL INYECTOR HEUI 3126



Monta el espaciador en el cuerpo del inyector considerando lo que el orificio de descarga del espaciador en los inyectores internacional se coloca en sentido contrario al conducto de salida del cilindro o cuerpo de inyector. (En los inyectores Caterpillar se colocan en el mismo sentido).



Con un dado Torx T25 ajustar los 4 pernos del espaciador a 10Nm.



Fijar el cuerpo inyector en la entenalla y con un dado Torx E5 y una llave N° 25 colocar la armadura.



Ubicar el separador de la bobina con la armadura, considerando que los pines de la bobina deben quedar al mismo lado del orificio de descarga de aceite.



Ubicar la bobina y con el destornillador Torx T20 ajustar los 4 tornillos.



Invertir el cuerpo de inyector y colocar el pistón intensificador



Introducir el plunger en el pistón intensificador



Ubicar el resorte o muelle del plunger



Colocar los palillos guía del barril del plunger



Instalar barril sobre el pistón intensificador y colocar los palillos guía del grupo tobera



Situar la placa plana de tope



Introducir el separador plano y la válvula anti retorno de combustible



Insertar la superficie de tope o base de tope



Instalar el manguito de la tobera sobre el conjunto tope.



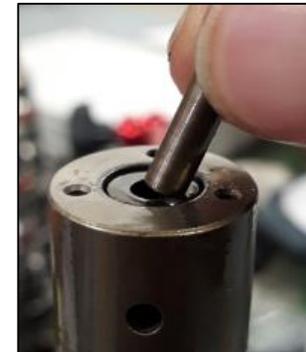
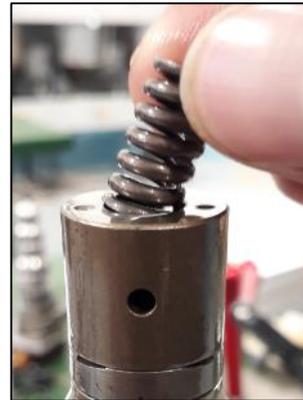
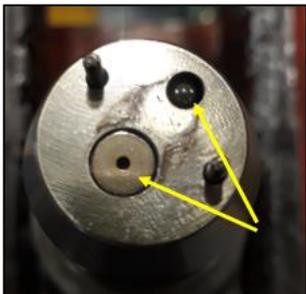
Introducir el resorte de la tobera dentro del manguito



Montar el barril de la tobera dentro del resorte



Colocar el espaciador circular plano.



Introducir la aguja de pulverización en la punta de la tobera



Ubicar la punta de la tobera sobre las guías colocadas en el manguito



Instalar la boquilla de la tobera



Con la herramienta H011 y un torquimetro ajustar la boquilla de la tobera a 60 lb/pie



# PROTOCOLO DE REPARACIÓN DE INYECTOR HEUI 3126



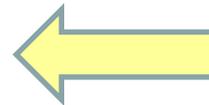
# PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN DEL INYECTOR HEUI 3126

## Especificaciones del Inyector



Ítem	Especificaciones
Torque en la tobera	60 libras/pie $\pm$ 10
Numero de orificios	6
Recorrido de la válvula poppet	0.22 mm
Distancia entre placas	0.32 mm
Presión de pulverización	250 bar $\pm$ 10

	Medida	Tolerancia
Calibración estándar	0.34 mm	$\pm$ 0.01 mm
Calibración mínima	0.27 mm	$\pm$ 0.01 mm
Calibración máxima	0.40 mm	$\pm$ 0.01 mm



## Parámetros de calibración de distancia entre placas

## Parámetros de calibración recorrido válvula Poppet



	Medida	Tolerancia
Calibración estándar	0.27 mm	$\pm$ 0.01 mm
Calibración mínima	0.20 mm	$\pm$ 0.01 mm
Calibración máxima	0.34 mm	$\pm$ 0.01 mm



# PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN DE LA VÁLVULA POPPET

Colocar al inyector sobre la base H014.



Con un destornillador Torx T20 retirar los pernos de la bobina



Retirar el tornillo de la armadura con el dado Torx E5



Desmontar los 4 pernos de sujeción del espaciador con el dado Torx T25.



Quitar el resorte de la válvula poppet y armar nuevamente la válvula



Con el dado Torx T25 ajustar los pernos de sujeción del espaciador



Ubicar la armadura y ajustar el tornillo con el dado Torx E5 y llave mixta #25.

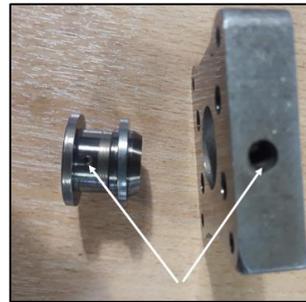
Fijar el inyector en una superficie estable para obtener datos de medición precisos

Encerar el reloj palpador en la superficie de la armadura con la ayuda de la base magnética

Elevar la armadura y anotar el valor de medición que marca el reloj palpador Para variar el recorrido de la válvula poppet se reemplaza la arandela de calibración que se encuentra entre el manguito y el espaciador.

Con un calibrador pie de rey o un medidor de espesor digital se determina el grosor de la arandela

Ubicar la arandela de calibración en el manguito y alinear lo orificios de retorno de aceite e introducir en el espaciador



Ensamblar la armadura con el tornillo de sujeción.



Instalar el reloj palpador digital sobre la armadura y encerar



Elevar la armadura y anotar el valor de medición que marca el reloj palpador  
Si la medición es correcta o tiene una tolerancia de  $\pm 0.01$  mm se encuentra calibrada



Se coloca el resorte de la válvula poppet y posteriormente se realiza el armado de la misma con el ajuste necesario en los pernos del espaciador en este caso son 10 Nm



Ubicar la bobina y ajustar los pernos de sujeción



# PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN DE DISTANCIA ENTRE PLACAS (ARMADURA -BOBINA)

Ubicar el inyector sobre la base H014

Extraer la bobina con el destornillador Torx T20

Fijar el inyector en una superficie estable para obtener datos de medición precisos.

Encerar el reloj indicador de profundidad en la superficie de la armadura.

Ubicar el indicador de profundidad sobre el espaciador y anotar el valor. Si la medición sobrepasa a la especificada en los parámetros, se debe sustituir la rodela de alza que se encuentra debajo de la armadura y después realizar el mismo procedimiento de verificación

Montar la bobina con los pernos de sujeción con el destornillador Torx T20; al terminar la calibración, realizar la prueba de atracamiento a la bobina.



# ***PRUEBAS DEL INYECTOR HEUI***

## **PRUEBAS MECÁNICAS**

- Prueba de estanqueidad
- Prueba de pulverización
- Prueba del ángulo de inyección

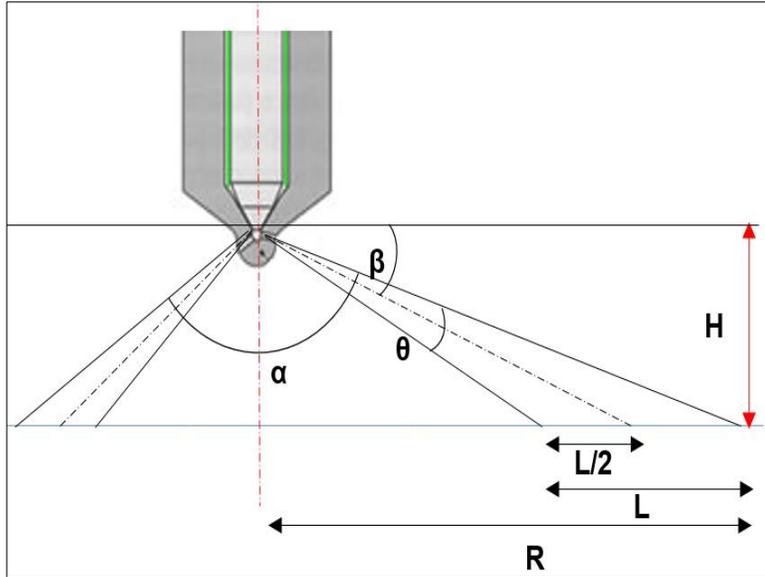
## **PRUEBAS ELÉCTRICAS**

- Resistencia
- Inductancia
- Aislamiento de la bobina
- Atracamiento de la bobina
- Oscilogramas de voltaje y corriente
- Diagnostico por imagen



# PRUEBA DEL ÁNGULO DE INYECCIÓN

Donde:



H= altura

R= alcance de chorro

L= diámetro de chorro

$\beta$ = ángulo de disparo

$\theta$ = ángulo de dispersión

$\alpha$ = ángulo de cono de inyección

**Ángulo de disparo**

$$\beta = \tan^{-1} \left( \frac{H}{R - \frac{L}{2}} \right)$$

**Ecuación 1.** Ángulo de disparo



- **Ángulo de dispersión**

- $$\theta = 2 x \left( \tan^{-1} \left( \frac{H}{R - \frac{L}{2}} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{H}{R} \right) \right)$$

***Ecuación 2.*** Ángulo de dispersión

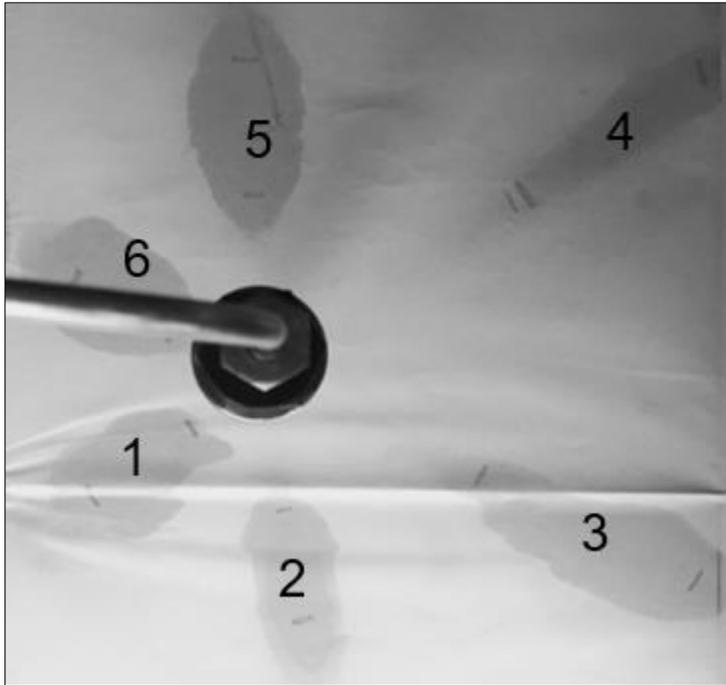
- **Ángulo de cono de inyección entre orificios opuestos**

- $$\alpha = 360 - \beta_1 - \beta_4 + \theta_1 + \theta_4$$

- ***Ecuación 3.*** Ángulo de cono de inyección



# Análisis de los ángulos de inyección tobera nueva 250 bares

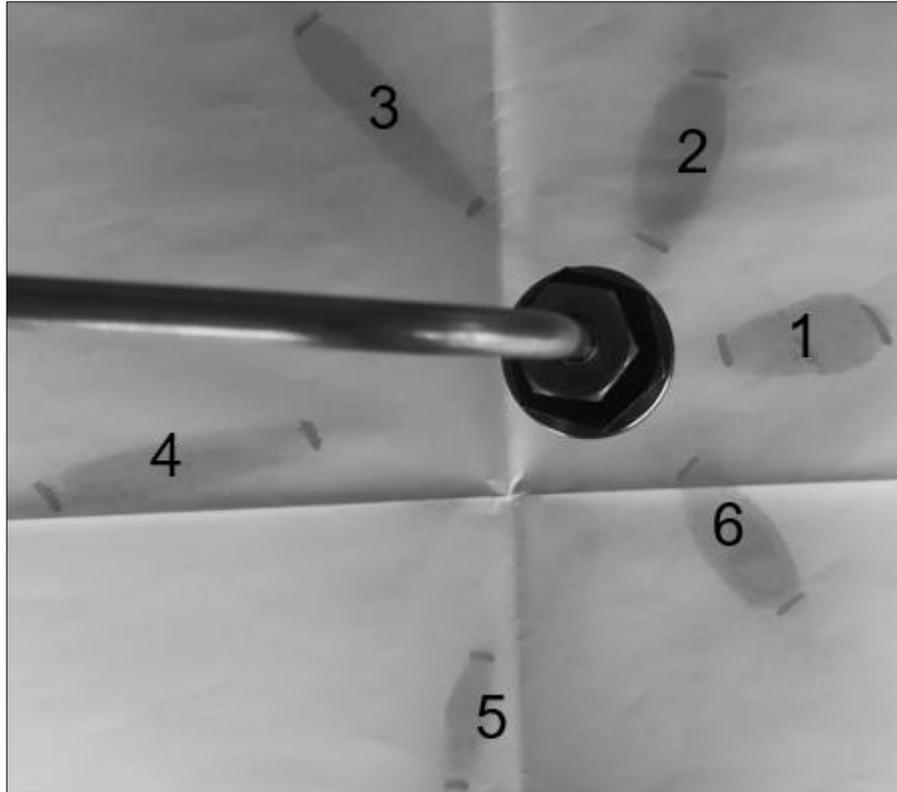


	Orificios					
	1	2	3	4	5	6
Ángulo de disparo	22,75	17,59	9,77	7,75	14,44	22,92
Ángulo de dispersión	11,86	7,11	4,87	3,53	6,25	11,44

	Orificios		
	1 - 4	2 - 5	3 - 6
Ángulo cono de inyección	337,19	334,65	335,47



# Análisis de los ángulos de inyección tobera nueva 200 bar



	Orificios					
	1	2	3	4	5	6
Ángulo de disparo	20,11	18,11	14,10	10,75	10,90	19,36
Ángulo de dispersión	5,25	5,04	4,07	2,53	2,21	5,32

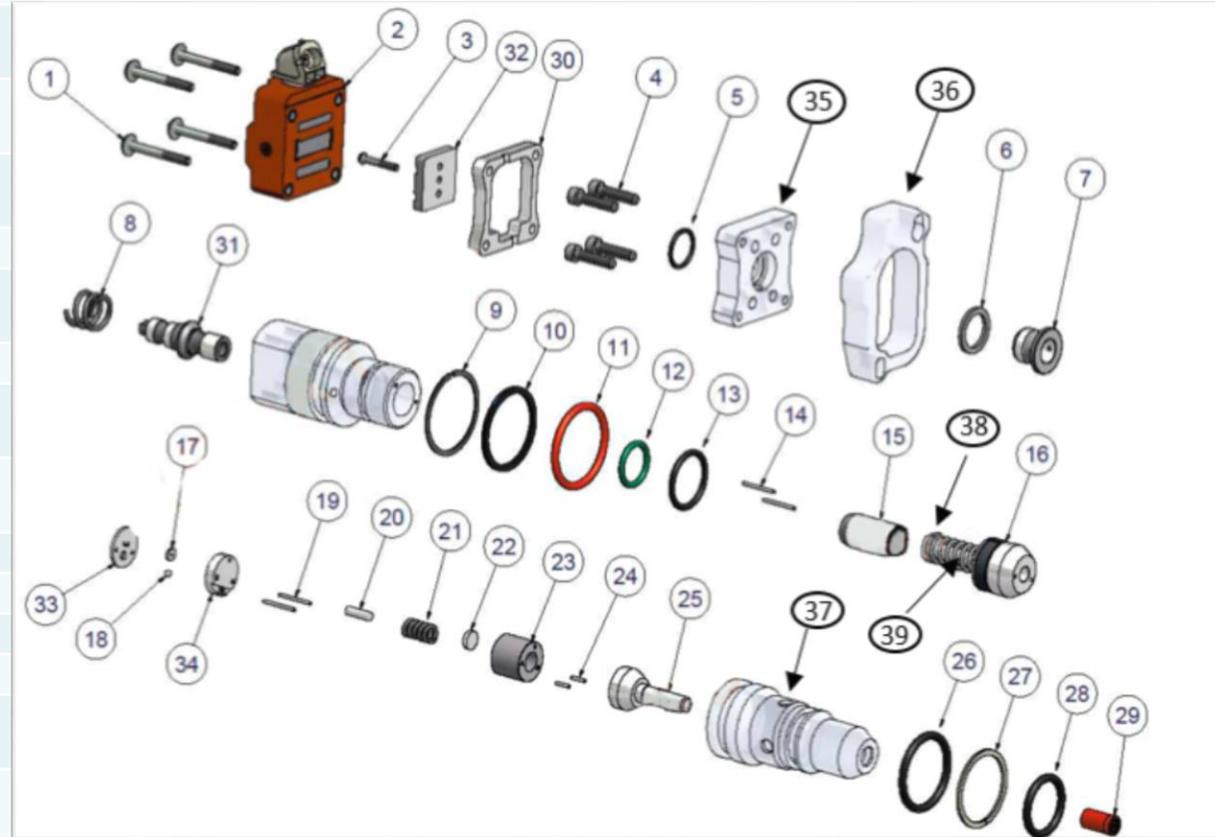
	Orificios		
	1 - 4	2 - 5	3 - 6
Ángulo cono de inyección	336,92	338,24	335,93



# ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Orden	Descripción	Orden	Descripción
1	Pernos de sujeción de la bobina	21	Resorte de Tobera
2	Bobina o solenoide	22	Espaciador circular plano
3	Tornillo de sujeción armadura	23	Manguito de tobera
4	Pernos de sujeción espaciador	24	Palillos guía de punta de tobera
5	O-ring del espaciador	25	Conjunto aguja y punta de tobera
6	Arandela de tope	26-27	O-ring intermedio
7	Manguito	28	O-ring de Inferior de combustible
8	Resorte válvula poppet	29	Asiento de inyector
9-10-11	Sello superior de aceite	30	Separador de bobina
12	O-ring cilindro intensificador	31	Válvula poppet
13	Sello de camisa	32	Armadura
14	Palillos guía	33	Tapa de tope
15	Pistón intensificador	34	Tope
16	Barril	35	Espaciador
17	Válvula check inversora de flujo	36	Brida de sujeción
18	Válvula check de combustible	37	Funda del inyector
19	Palillos guía de Tope	38	Plunger
20	Barril de tobera	39	Resorte de plunger

## Despiece y nomenclatura del inyector HEUI 3126



# Calibración del inyector HEUI para el banco DONGTAI CR-816

Calibración	Recorrido válvula poppet mm	Distancia entre armadura bobina mm	Presión de tobera bar
1	0,27	0,34	250
2	0,27	0,34	200
3	0,27	0,30	250
4	0,27	0,30	200
5	0,27	0,40	250
6	0,27	0,40	200
7	0,20	0,27	250
8	0,20	0,27	200
9	0,33	0,40	250
10	0,33	0,40	200



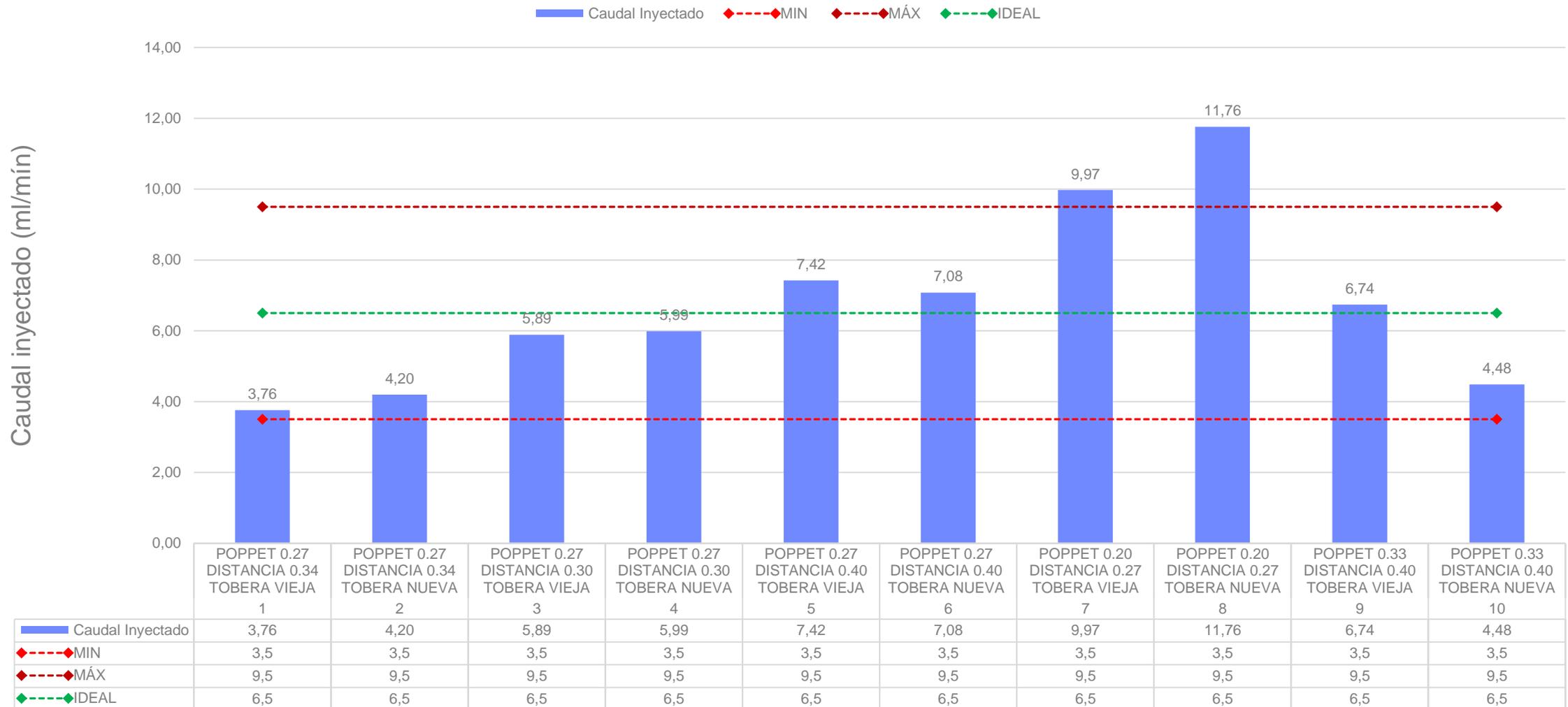
# Prueba a ralentí

Calibración	Caudal mín. ml/min	Caudal máx. ml/min	Caudal ideal ml/min	Prueba 1 ml/min	Prueba 2 ml/min	Prueba 3 ml/min	Caudal de inyección promedio ml/min
1	3,5	9,5	6,5	4,34	3,62	3,32	3,76
2	3,5	9,5	6,5	4,34	3,62	4,64	4,20
3	3,5	9,5	6,5	6,27	5,49	5,91	5,89
4	3,5	9,5	6,5	6,33	6,03	5,61	5,99
5	3,5	9,5	6,5	7,78	7,18	7,30	7,42
6	3,5	9,5	6,5	7,12	6,88	7,24	7,08
7	3,5	9,5	6,5	8,99	10,68	10,25	9,97
8	3,5	9,5	6,5	12,00	11,28	12,00	11,76
9	3,5	9,5	6,5	6,94	6,39	6,88	6,74
10	3,5	9,5	6,5	4,83	4,28	4,34	4,48



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a baja carga

Caudal de inyección a 80 bares de presión



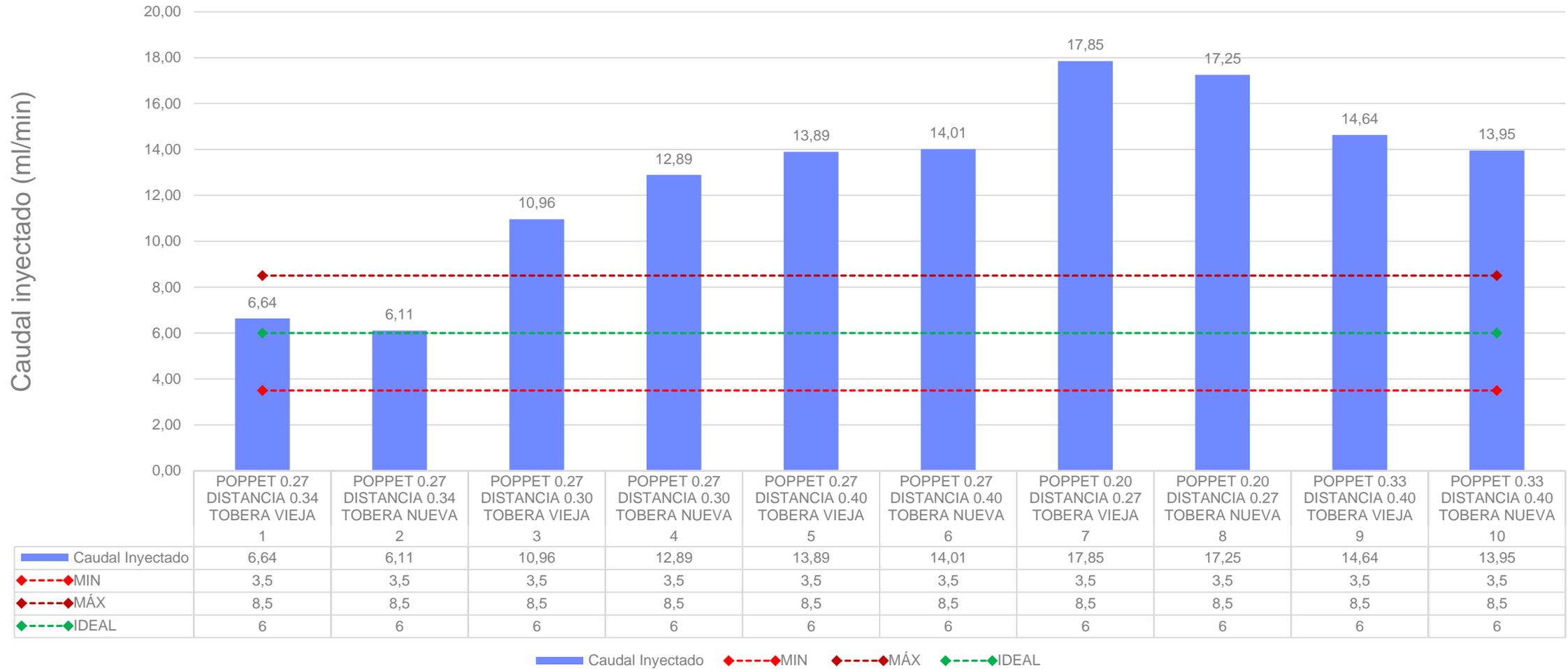
# Prueba a media carga

Calibración	Caudal mín. ml/min	Caudal máx. ml/min	Caudal ideal ml/min	Prueba 1 ml/min	Prueba 2 ml/min	Prueba 3 ml/min	Caudal de inyección promedio ml/min
1	3,5	8,5	6	8,99	6,09	4,83	6,64
2	3,5	8,5	6	8,08	5,85	4,40	6,11
3	3,5	8,5	6	13,75	14,72	13,21	13,89
4	3,5	8,5	6	12,91	15,14	13,99	14,01
5	3,5	8,5	6	10,8	10,5	11,58	10,96
6	3,5	8,5	6	12,31	12,18	14,18	12,89
7	3,5	8,5	6	18,82	17,91	16,83	17,85
8	3,5	8,5	6	15,92	18,58	17,25	17,25
9	3,5	8,5	6	13,81	15,56	14,54	14,64
10	3,5	8,5	6	13,87	14,3	13,69	13,95



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a media carga

Caudal de inyección a 150 bares de presión



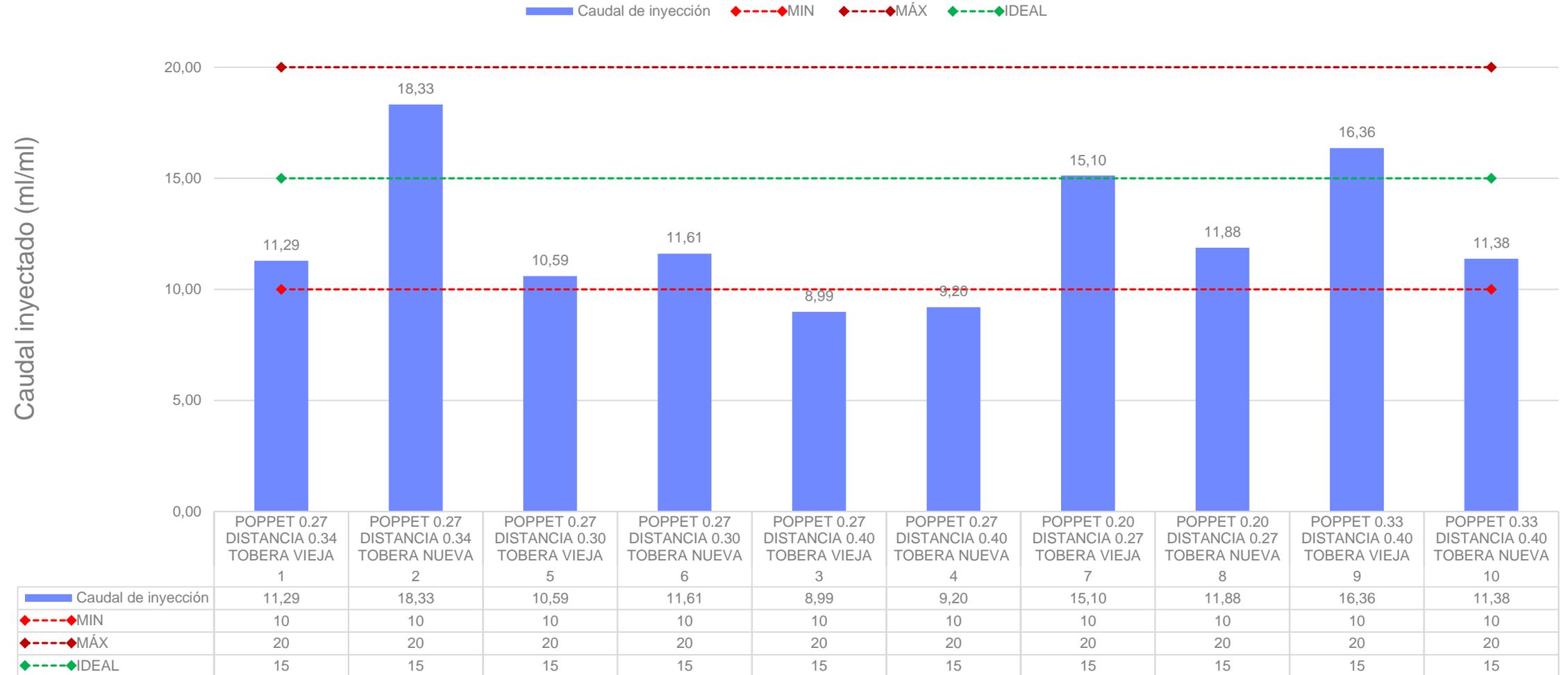
# Prueba a alta carga

Calibración	Caudal mín. ml/min	Caudal máx. ml/min	Caudal ideal ml/min	Prueba 1 ml/min	Prueba 2 ml/min	Prueba 3 ml/min	Caudal de inyección promedio ml/min
1	10	20	15	9,24	10,2	14,43	11,29
2	10	20	15	16,55	18,79	19,65	18,33
3	10	20	15	9,51	8,59	8,88	8,99
4	10	20	15	9,22	9,62	8,76	9,20
5	10	20	15	9,62	10,25	11,91	10,59
6	10	20	15	13,69	11,11	10,02	11,61
7	10	20	15	18,04	13,00	14,26	15,10
8	10	20	15	10,08	13,69	11,86	11,88
9	10	20	15	14,03	16,50	18,56	16,36
10	10	20	15	13,40	10,37	10,37	11,38



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a alta carga

Caudal de inyección a 200 bares de presión



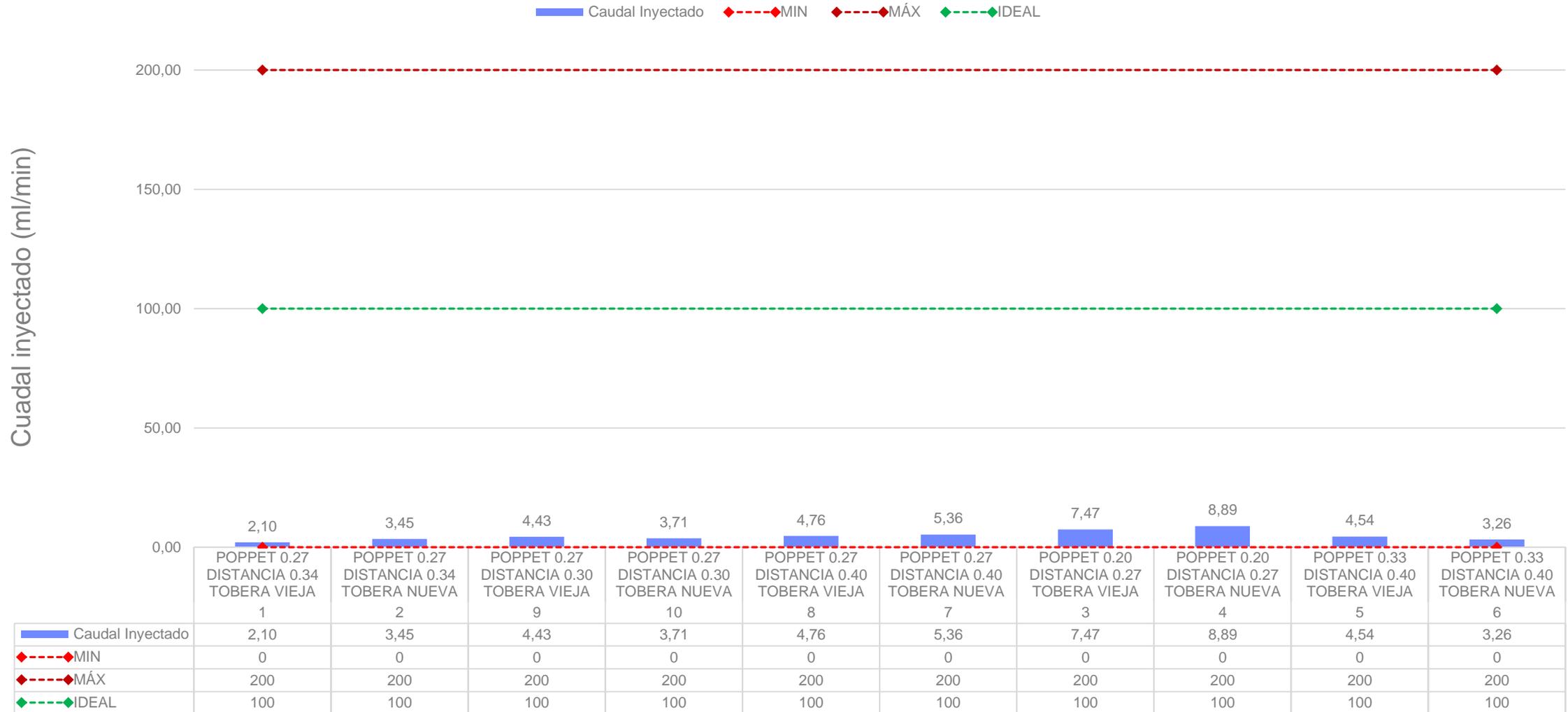
# Prueba en clear

Calibración	Caudal mín. ml/min	Caudal máx. ml/min	Caudal ideal ml/min	Prueba 1 ml/min	Prueba 2 ml/min	Prueba 3 ml/min	Caudal de inyección promedio ml/min
1	0	200	100	2,48	2,14	1,69	2,10
2	0	200	100	3,38	3,15	3,83	3,45
3	0	200	100	4,84	4,28	4,16	4,43
4	0	200	100	3,60	3,60	3,94	3,71
5	0	200	100	4,48	4,84	4,95	4,76
6	0	200	100	4,95	5,40	5,74	5,36
7	0	200	100	7,20	8,33	6,87	7,47
8	0	200	100	8,78	8,44	9,45	8,89
9	0	200	100	4,61	3,83	5,18	4,54
10	0	200	100	3,15	3,15	3,49	3,26



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a clear

Caudal de inyección a 200 bar de presión (clear)



# *Análisis mecánico en el banco de comprobación de inyectores HEUI-ESPE*

## *Calibración del inyector para el banco de comprobación HEUI-ESPE*

Calibración	Recorrido válvula poppet (mm)	Distancia entre armadura bobina (mm)	Presión de tobera (bar)
1	0,27	0,34	250
2	0,27	0,30	250
3	0,27	0,40	250
4	0,20	0,27	250
5	0,33	0,40	250



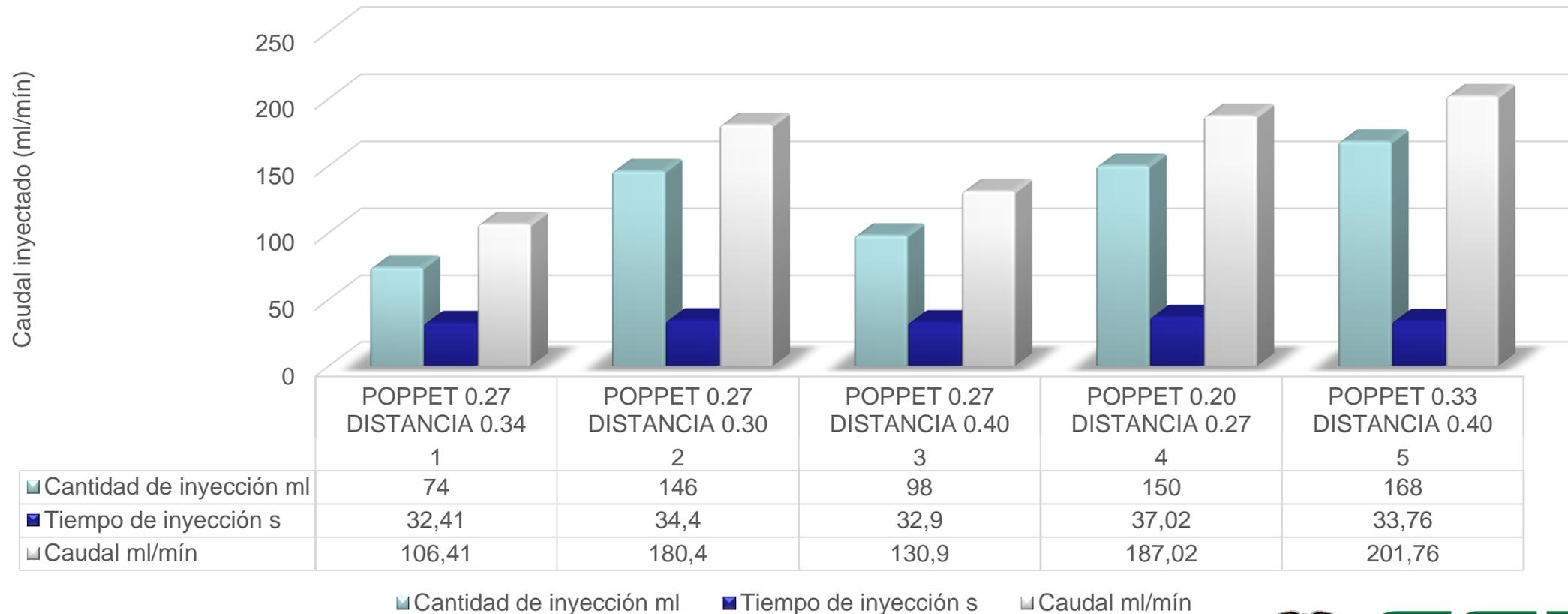
# Prueba a baja carga (ralentí)

Calibración	Cantidad de inyección (ml)	Tiempo de inyección (s)	Caudal (ml/mín.)
1	74	32,41	106,41
2	146	34,4	180,4
3	98	32,9	130,9
4	150	37,02	187,02
5	168	33,76	201,76



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a una presión constante de 1160 psi

Cantidad de inyección/ Tiempo de inyección / Caudal de inyección a 1160 psi de presión



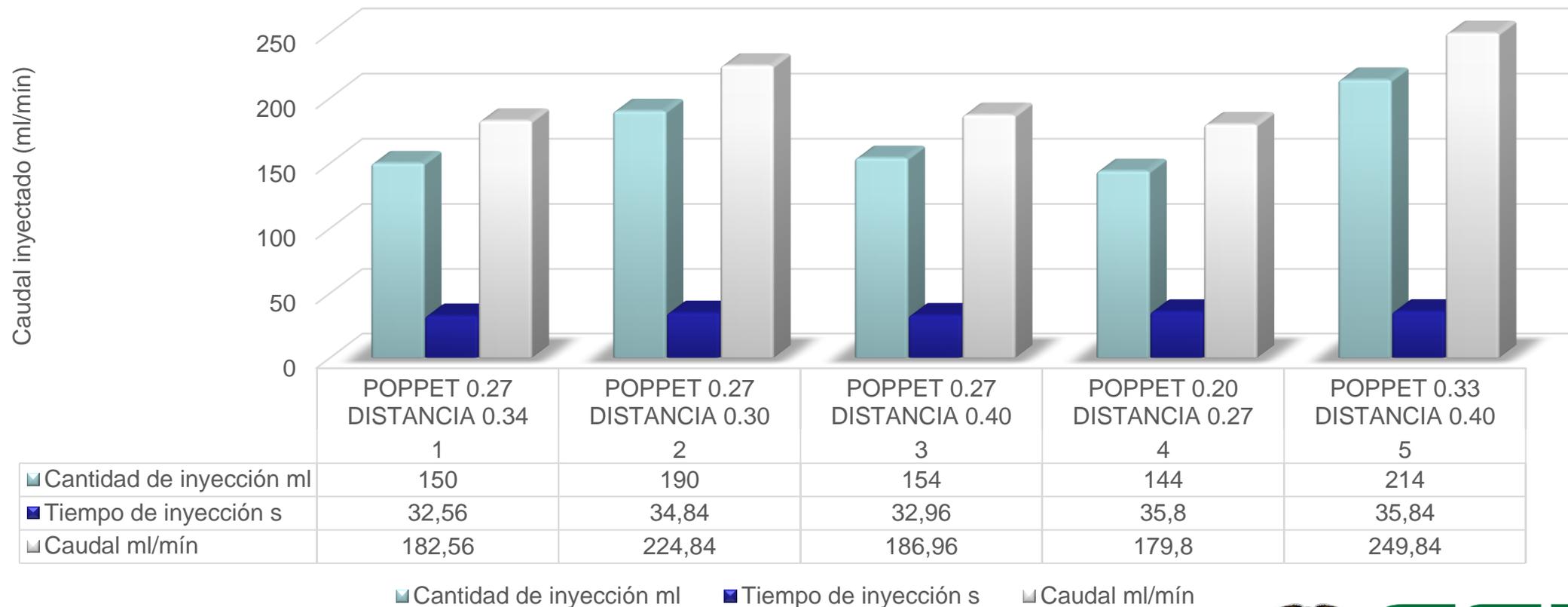
# Prueba media carga

Calibración	Cantidad de inyección (ml)	Tiempo de inyección (s)	Caudal (ml/mín.)
1	150	32,56	182,56
2	190	34,84	224,84
3	154	32,96	186,96
4	144	35,8	179,8
5	214	35,84	249,84



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a una presión constante de 1500 psi

Cantidad de inyección/ Tiempo de inyección / Caudal de inyección a 1500 psi de presión



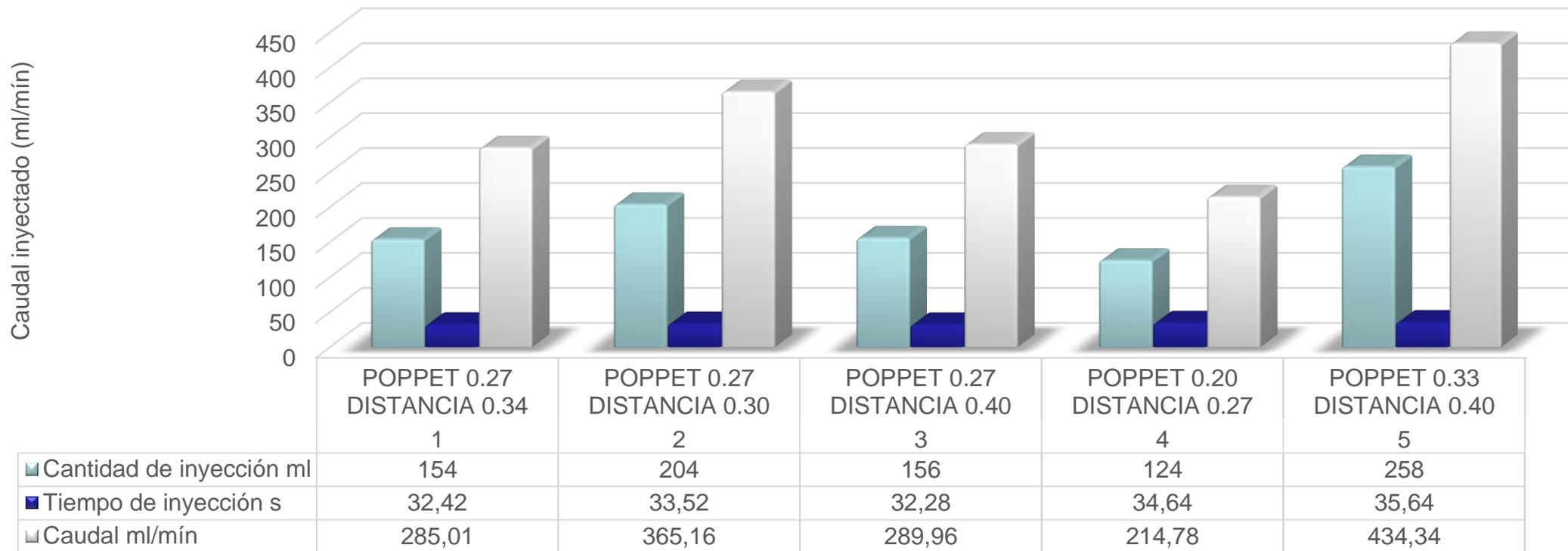
# Prueba alta carga

Calibración	Cantidad de inyección (ml)	Tiempo de inyección (s)	Caudal (ml/mín.)
1	154	32,42	285,01
2	204	33,52	365,16
3	156	32,28	289,96
4	124	34,64	214,78
5	258	35,64	434,34



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a una presión constante de 2000 psi

Cantidad de inyección/ Tiempo de inyección / Caudal de inyección a 2000 psi de presión



■ Cantidad de inyección ml   ■ Tiempo de inyección s   ■ Caudal ml/mín



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

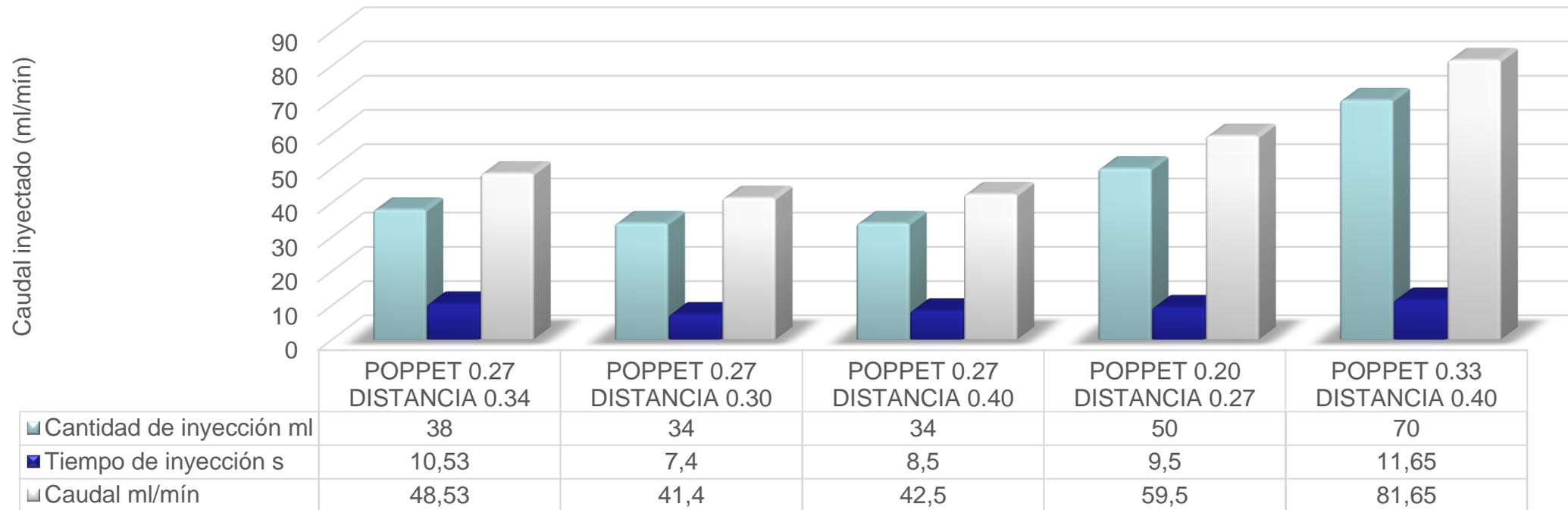
# Prueba de limpieza

CALIBRACION	Cantidad de inyección (ml)	Tiempo de inyección (s)	Caudal (ml/mín.)
1	38	10,53	48,53
2	34	7,4	41,4
3	34	8,5	42,5
4	50	9,5	59,5
5	70	11,65	81,65



# Pruebas sometidas al inyector HEUI 3126 a una presión constante de 1500 psi (limpieza)

Cantidad de inyección/ Tiempo de inyección / Caudal de inyección a 1500 psi de presión



■ Cantidad de inyección ml   ■ Tiempo de inyección s   ■ Caudal ml/mín



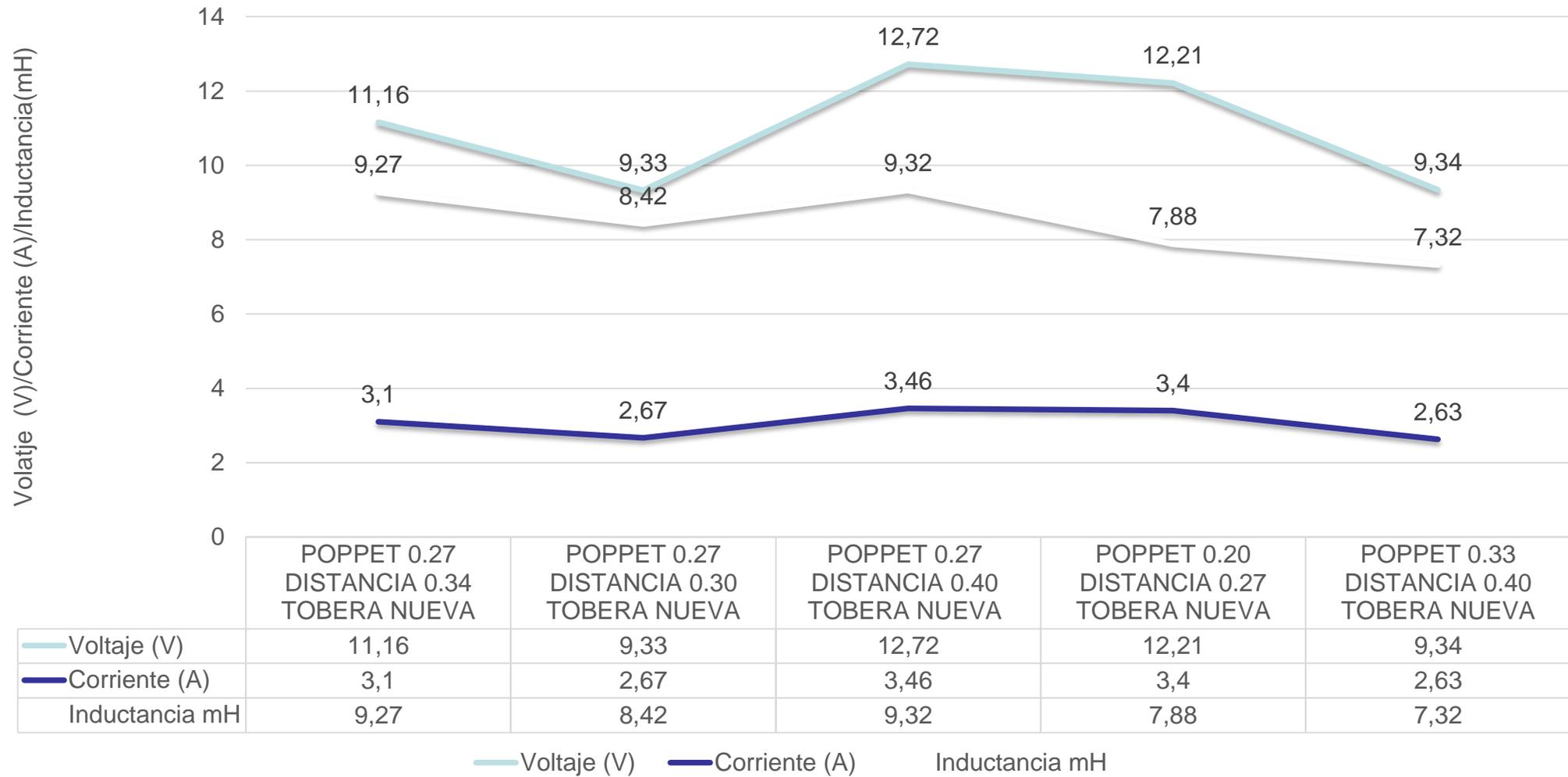
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Comprobación y análisis del comportamiento eléctrico del inyector HEUI

Calibración	Voltaje (V)	Corriente (A)	Inductancia mH	Resistencia ( $\Omega$ )
1	11,16	3,1	9,27	3
2	9,33	2,67	8,42	3,1
3	12,72	3,46	7,88	3,2
4	12,21	3,4	9,32	3
5	9,33	2,63	7,32	3

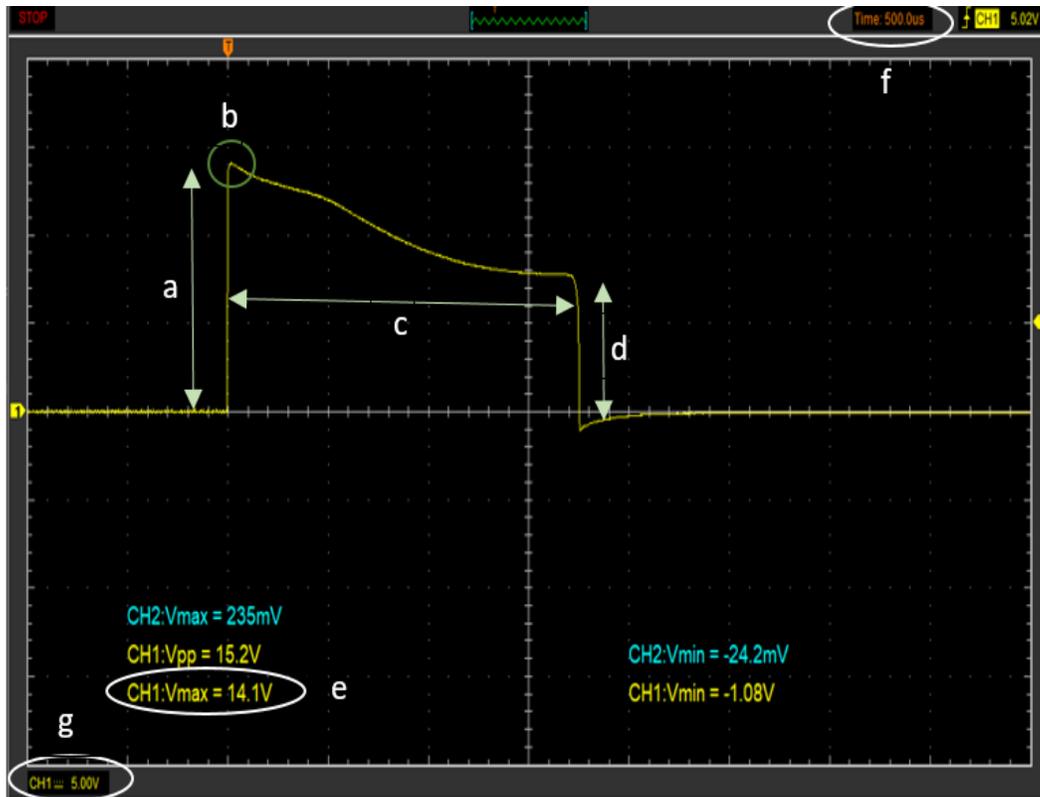


# Voltaje/Corriente/Inductancia de activacion mínima del inyector



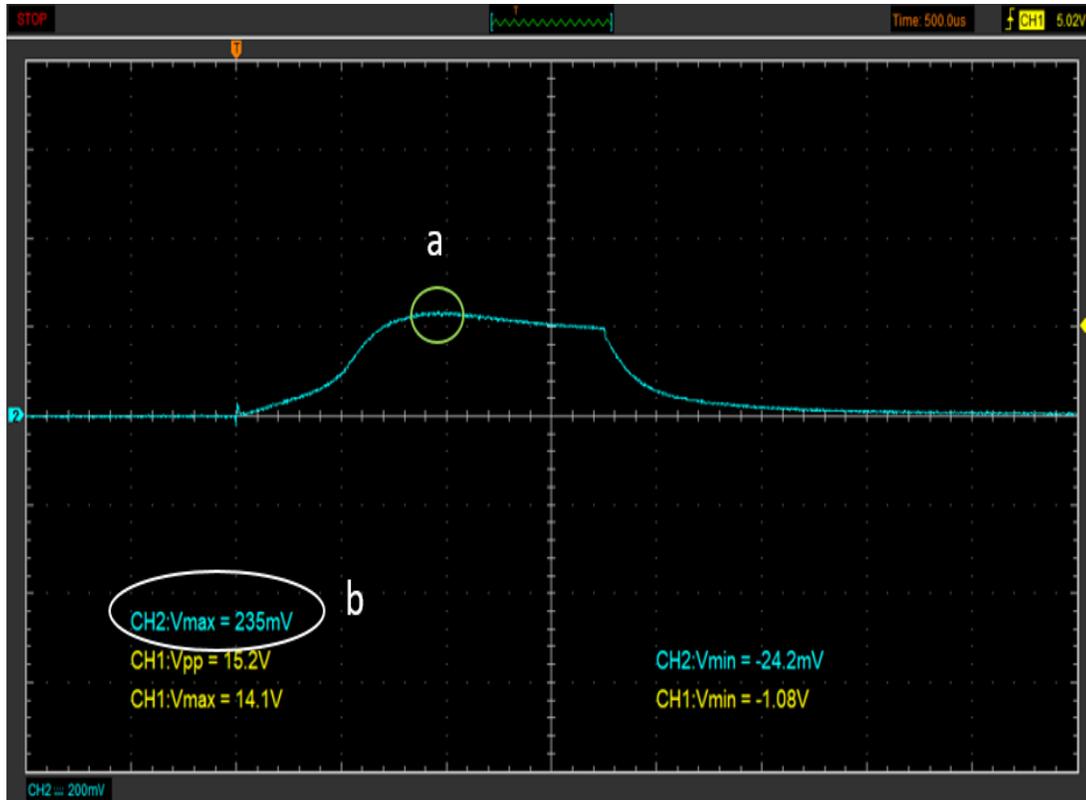
# Oscilogramas de voltaje y de corriente del inyector HEUI

- Elementos del oscilograma de voltaje y corriente



- a) Es el recorrido vertical que representa el inicio de la activación del inyector
- b) Punto máximo donde se produce el tiempo de disparo del inyector
- c) Distancia la cual representa el tiempo de retención que realiza el inyector
- d) El recorrido vertical que representa la caída de voltaje o el fin la inyección.
- e) Representa el voltaje máximo de activación del inyector
- f) Indica el valor de calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje "Y" y se ve representado por los voltios.
- g) Indica el valor de calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje "X" y se ve representado por la línea de tiempo

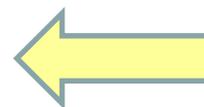
# Elementos del oscilograma de corriente



- a) Indica el momento del disparo del inyector en el oscilograma de corriente
- b) Representa el amperaje máximo de disparo del inyector



Calibración	2000 psi			1500 psi			1160 psi		
	V máx. (mV)	V mín. (mV)	Vpp (mV)	V máx. (mV)	V mín. (mV)	Vpp (mV)	V máx. (mV)	V mín. (mV)	Vpp (mV)
1	14,9	-0,918	15,9	15,8	-1,09	16,9	14,4	-1,31	15,8
2	14,1	-1,08	15,2	15,5	-1,08	16,6	14,2	-1,33	15,5
3	14,4	-0,996	15,4	14,9	-1,09	16	14,1	-1,42	15,5
4	14,1	-1,02	15,2	15,3	-1,04	16,3	14,1	-1,39	15,5
5	14,4	-1,16	15,6	15,6	-1,14	16,7	14	-1,15	15,5



**Valores máximos y mínimos de voltaje**

**Valores máximos y mínimos de corriente**

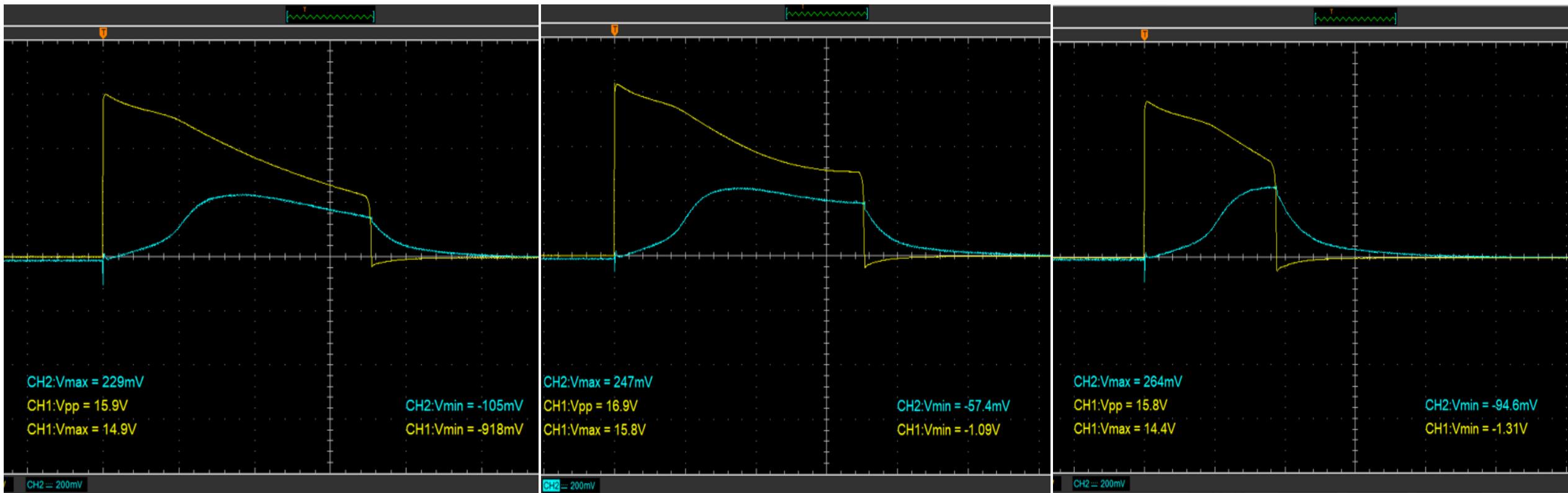


Calibración	2000		1500		1160	
	A máx.	A mín.	A máx.	A mín.	A máx.	A mín.
1	22,9	-10,5	24,7	-5,74	26,4	-9,46
2	20,9	-8,01	22,5	-9,77	24,9	-7,81
3	22,2	-6,84	23,1	-4,38	25	-12
4	23,5	-2,42	25,3	-12,9	26,1	-5,47
5	21,8	-10,8	25	-10,8	23,1	-9,65



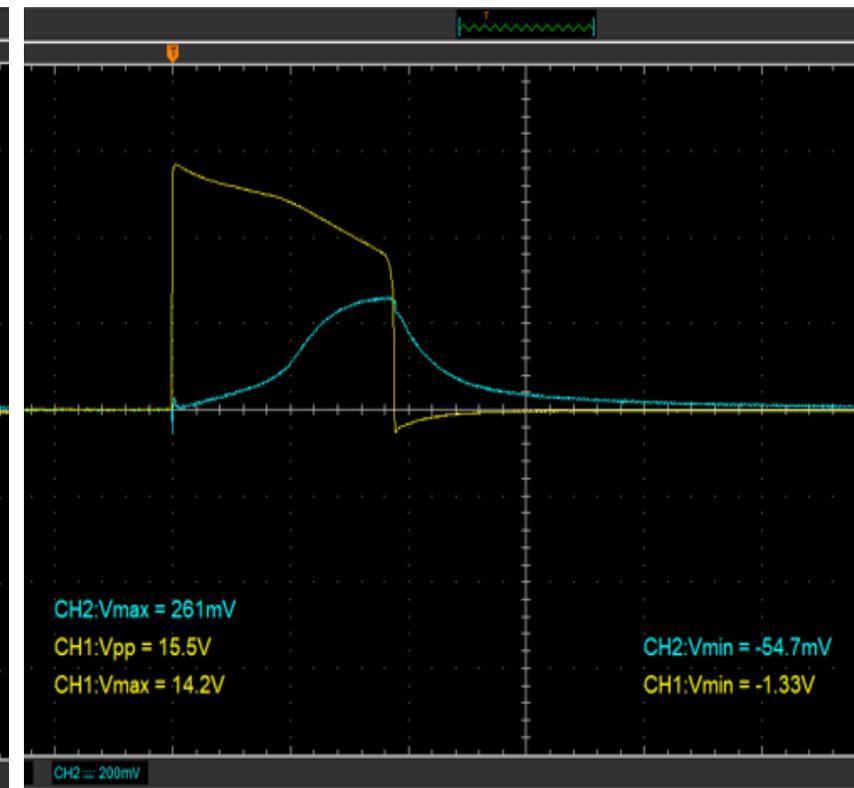
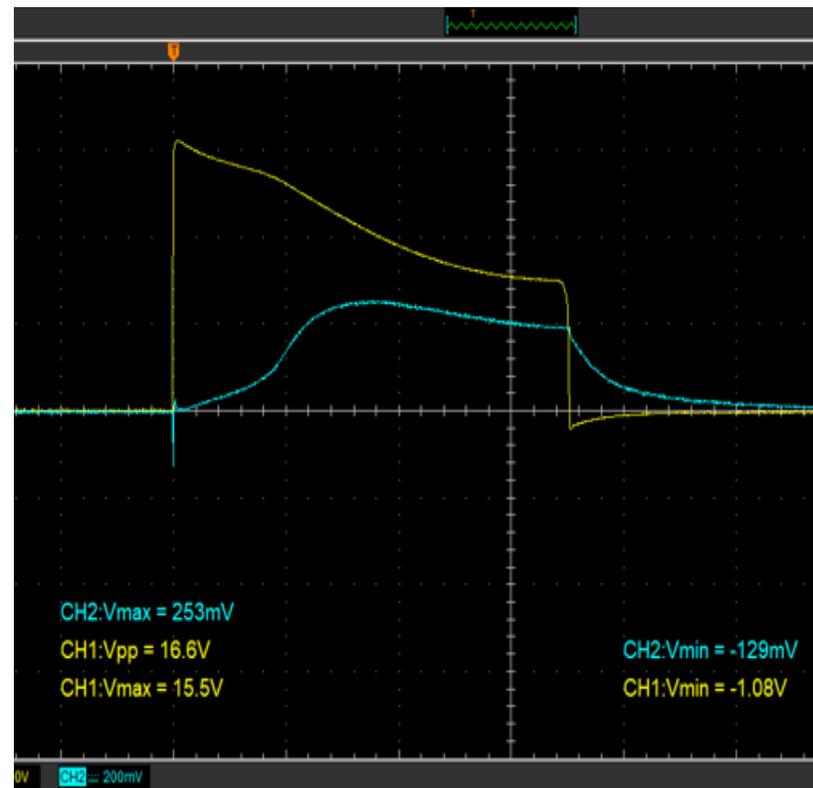
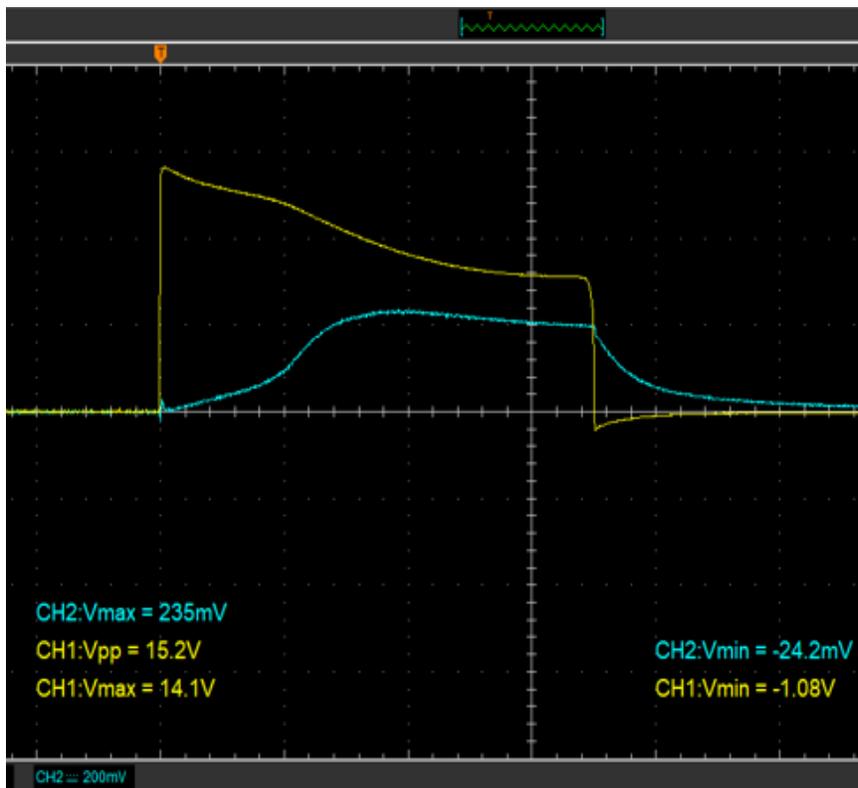
# Oscilograma de voltaje y corriente con calibración 1 a 2000 , 1500 ,1160 psi

- El recorrido de la válvula poppet a 0.27 mm y la distancia entre placas a 0.34 mm



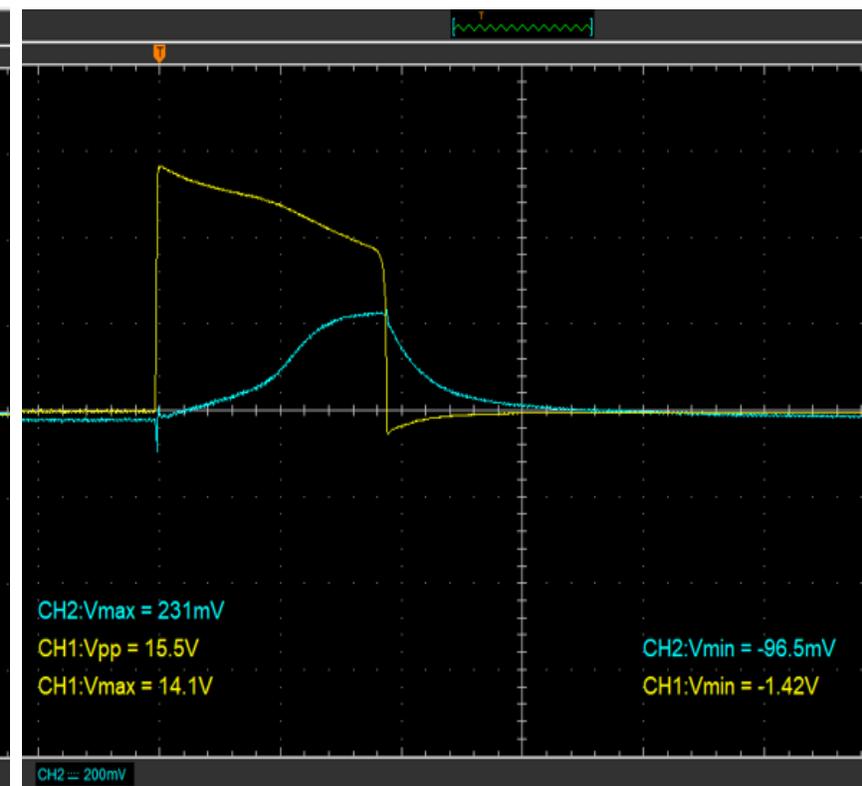
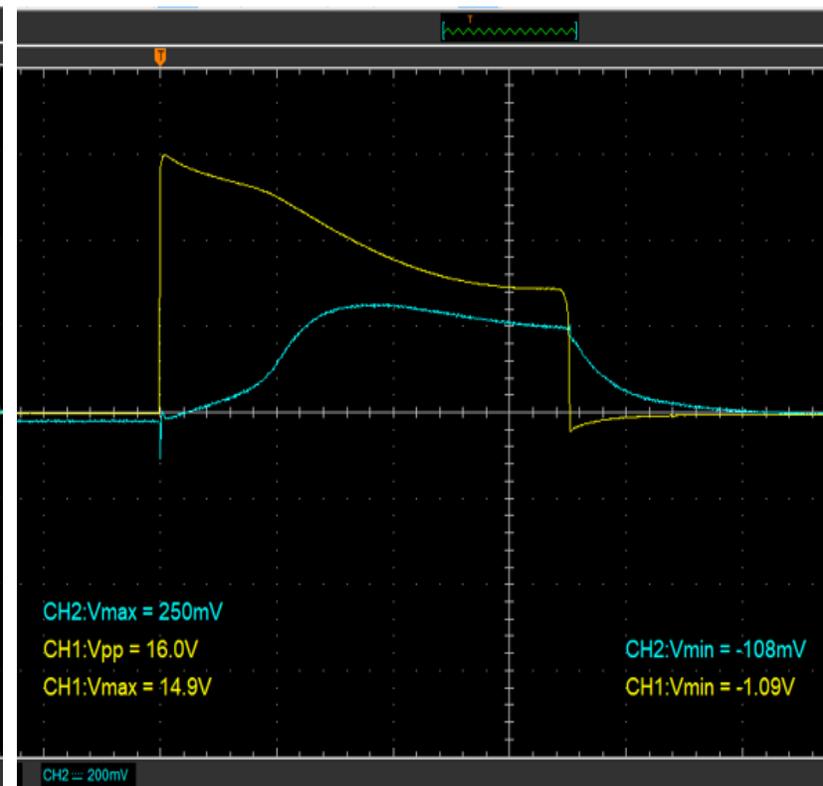
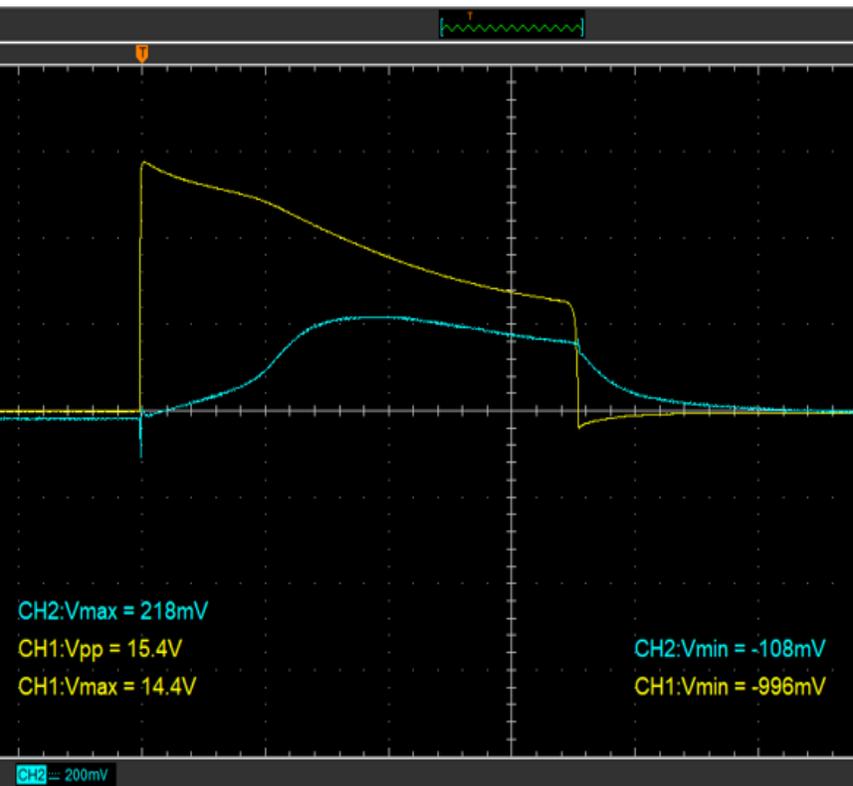
# Oscilograma de voltaje y corriente con calibración 2 a 2000 , 1500 ,1160 psi

- El recorrido de la válvula poppet a 0.27 mm y la distancia entre placas a 0.30 mm



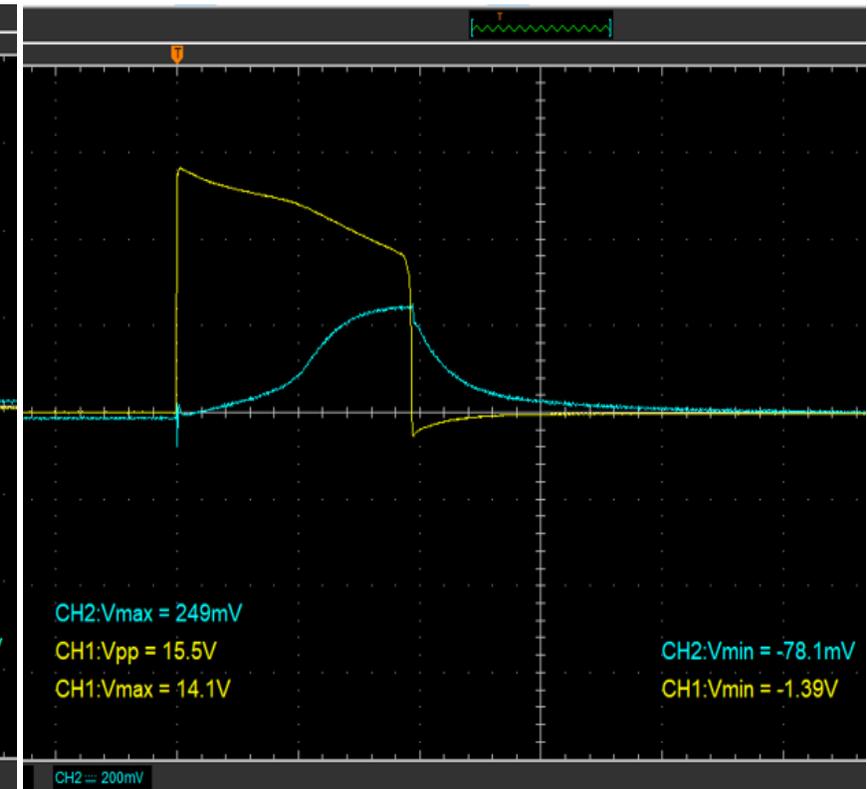
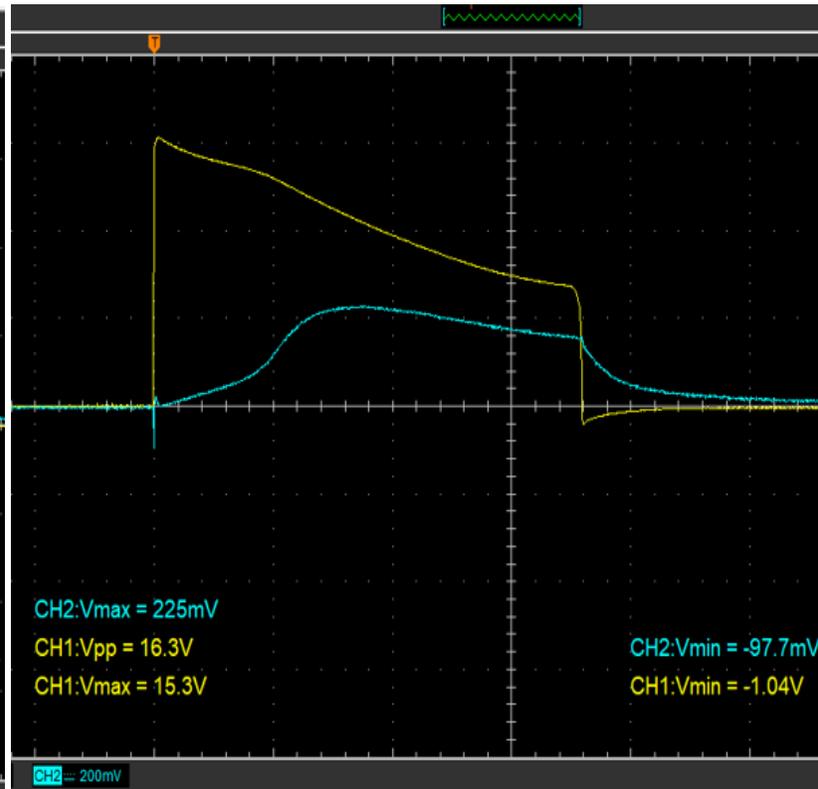
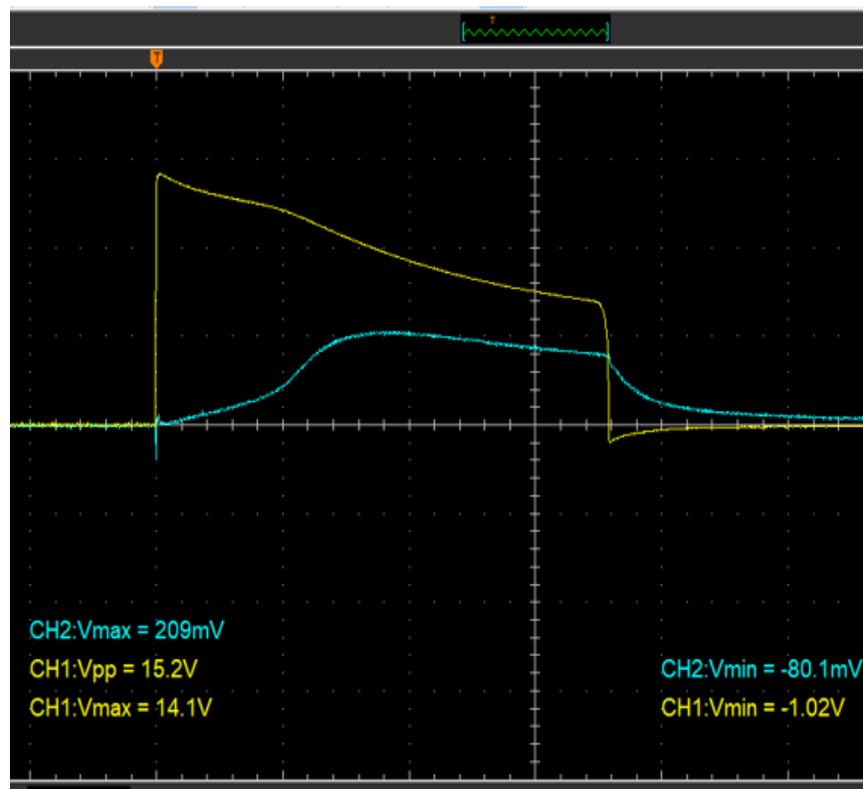
# Oscilograma de voltaje y corriente con calibración 3 a 2000 , 1500 ,1160 psi

- El recorrido de la válvula poppet a 0.27 mm y la distancia entre placas a 0.40 mm



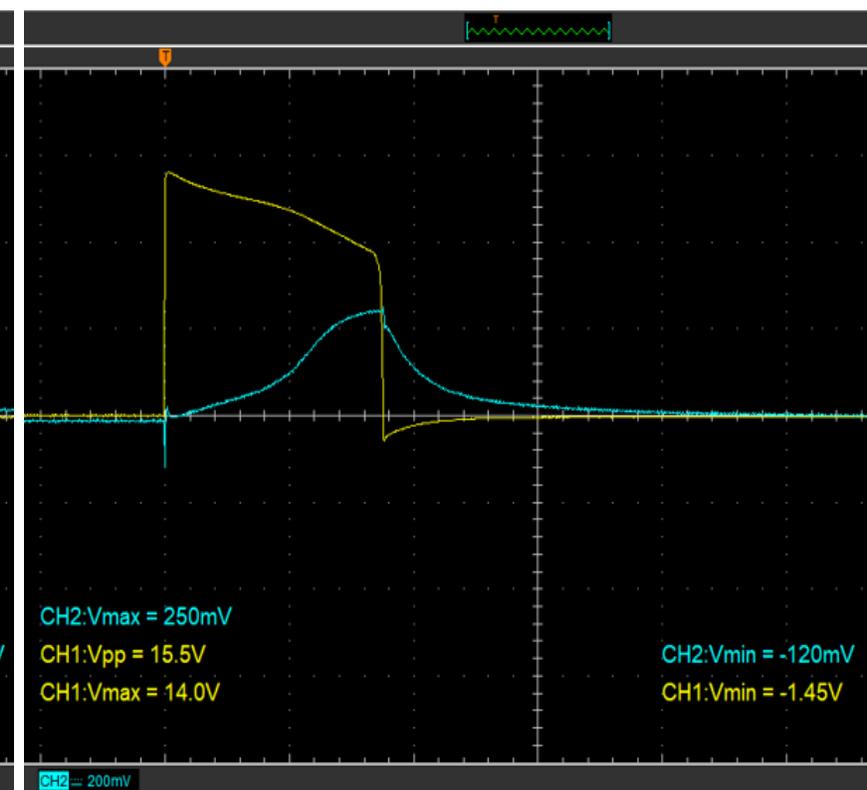
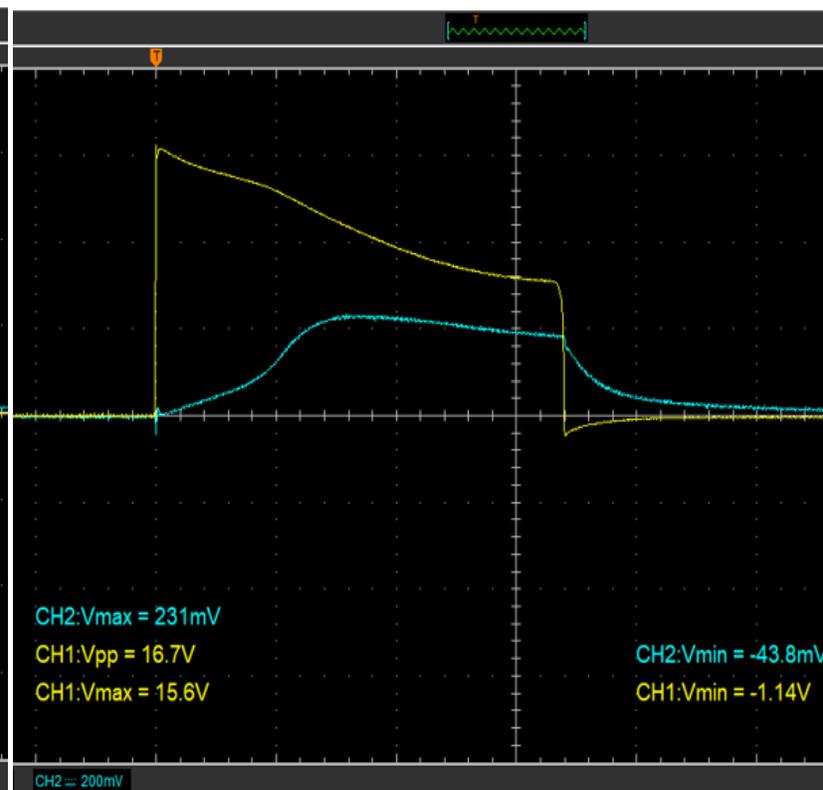
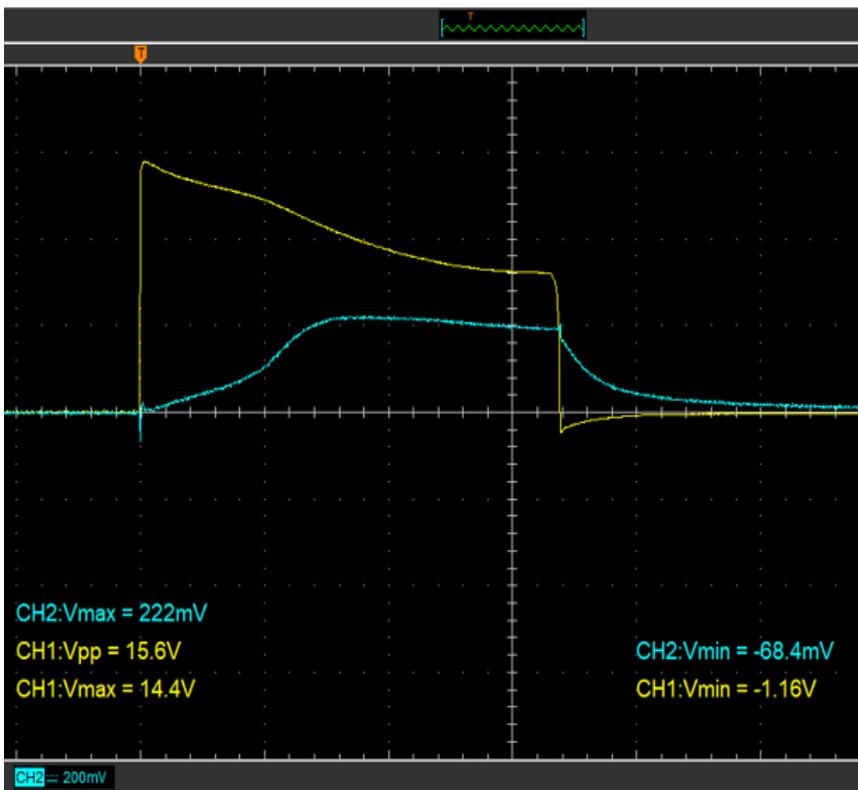
# Oscilograma de voltaje y corriente con calibración 4 a 2000 , 1500 ,1160 psi

- El recorrido de la válvula poppet a 0.20 mm y la distancia entre placas a 0.27 mm



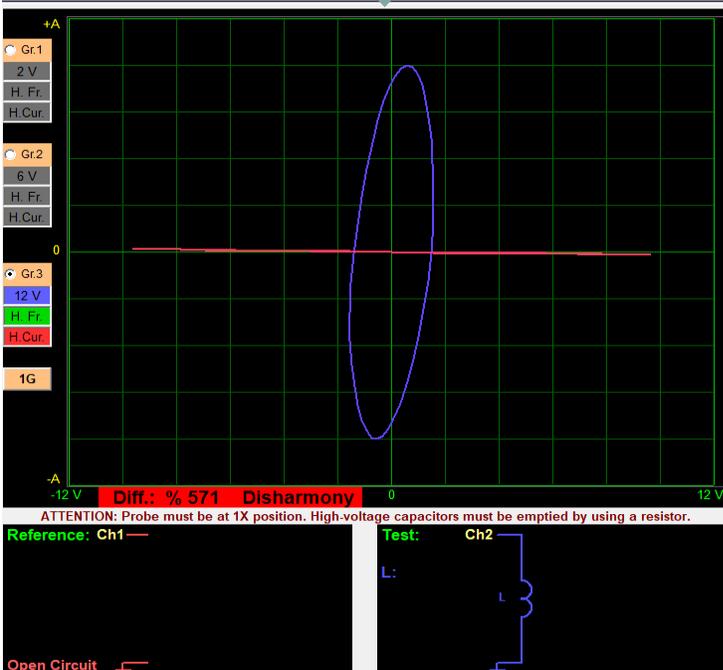
# Oscilograma de voltaje y corriente con calibración 5 a 2000 , 1500 ,1160 psi

- El recorrido de la válvula poppet a 0.34 mm y la distancia entre placas a 0.41 mm



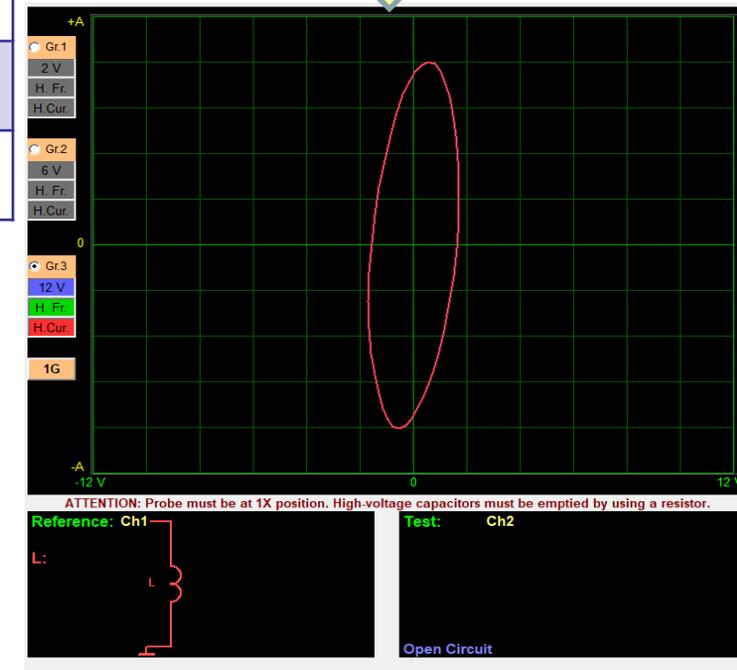
# DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

Patrón de imagen prueba

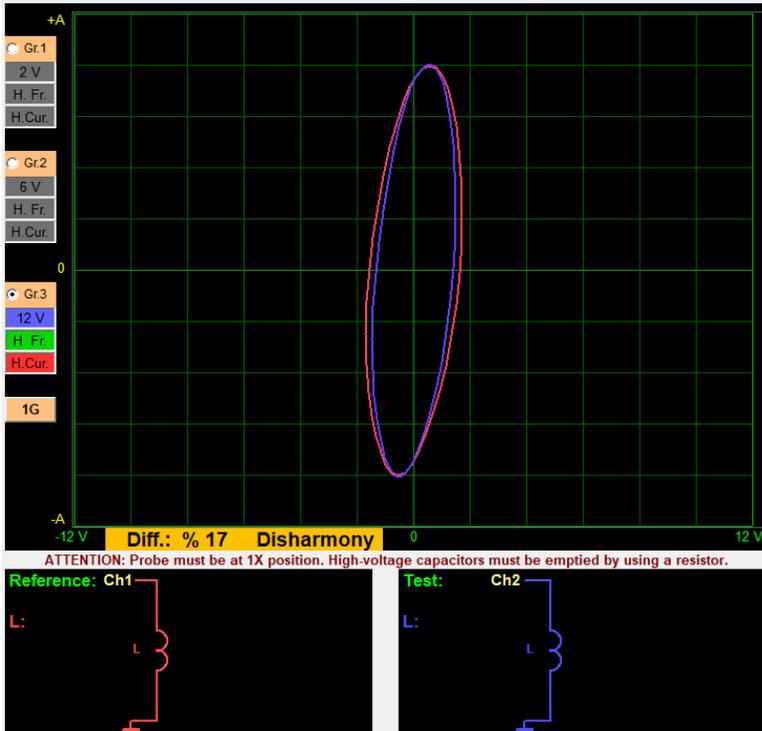


Calibraciones	Recorrido válvula Poppet	Distancia entre placas	Inductancia mH
1	27	34	9,27
2	27	40	7,88
3	20	27	9,32
4	34	41	7,32

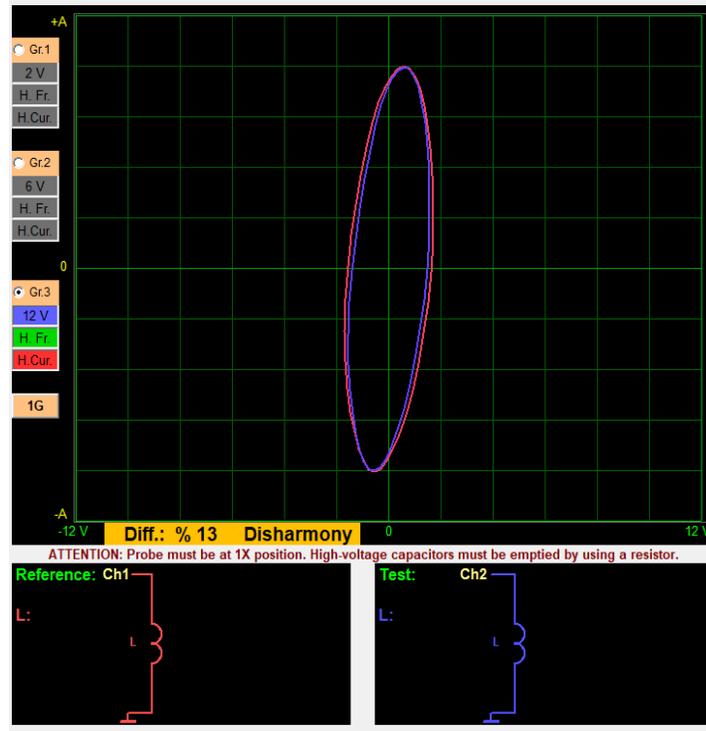
Patrón de imagen estándar



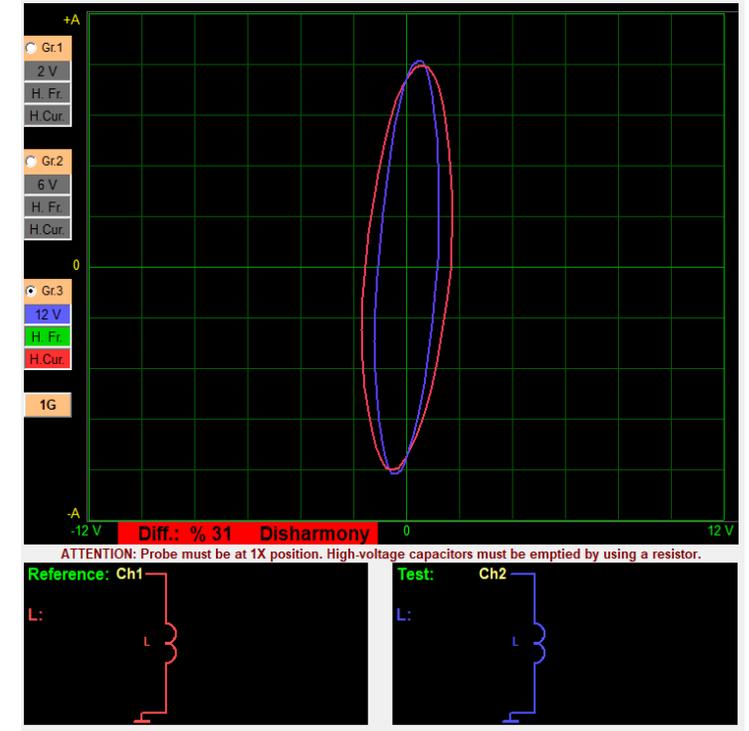
# Comparación de los patrones de imagen



Comparación 1- 2



Comparación 1- 3



Comparación 1- 4

# CONCLUSIONES

- Se recopiló información teórica y técnica inherente a los procesos de reparación y calibración de inyectores HEUI 3126.
- Se generó un sistema automatizado de retorno de combustible para el banco de comprobación de inyectores diésel HEUI-ESPE
- Se modeló las herramientas específicas para el proceso de desarmado, montaje y ajuste mecánico de los inyectores HEUI.
- Se seleccionó herramientas de ajuste, medición, calibración y puesta a punto de inyector HEUI que permitieron obtener calibraciones con una 90% de precisión.
- Se ejecutó el protocolo de reparación, calibración y pruebas a través de la instrumentación adecuada para los inyectores HEUI 3126.
- Se desarrolló pruebas de caudal de entrega de combustible a alta carga, media carga, ralentí y limpieza del inyector a diferente calibración en un banco de comprobación de inyectores HEUI



- Se realizó pruebas eléctricas de corriente y voltaje de activación, atracamiento, resistencia e inductancia de la bobina de los inyectores HEUI
- Se analizó el comportamiento y desempeño del inyector por medio de diagnóstico por imagen
- Se determinó que en la calibración entre placas el grosor de la arandela de calibración es inversamente proporcional a la distancia entre armadura y bobina. Ya que al colocar una arandela de mayor grosor la medida entre placas disminuye.
- Se comprobó que las calibraciones de los elementos del inyector fuera de su tolerancia afectan directamente a la entrega de combustible adecuado para un funcionamiento óptimo del motor.
- El estado óptimo de sellos externos del inyector permite mantener la presión de operación a 200 bares sin que exista fuga de aceite o comunicación con la galería del diésel.



- La disposición del inyector el en cabezote y el diseño de la cámara de combustión originan que los ángulos de inyección sean únicos para cada orificio de inyector siendo los más significativos el 1 y 4.
- La recolección de datos respecto al caudal de inyección en las diferentes pruebas permite valorar el estado de calibración de inyector y muestra si los valores se encuentran en los rangos apropiadas lo cual evitaría un consumo excesivo de combustible y por ende elevadas emisiones de gases contaminantes.
- En la prueba a 80 bares de presión se observó que el caudal excede los límites solo con la calibración de 0.20 mm de recorrido de la válvula poppet y 0.27 mm de la distancia de la armadura tanto con tobera nueva como la usada.
- A 150 bares de presión se observa que el caudal excede los límites en todas las calibraciones excepto en la calibración estándar tanto en tobera nueva como la usada.



- El caudal de inyección es afectado directamente proporcional al recorrido de la válvula poppet e inversamente proporcional a la distancia entre la armadura y bobina.
- La calibración adecuada para el uso del inyector en un motor se determina que es la estándar debido a que trabaja frecuentemente en media y altas revoluciones.
- La corriente y el voltaje de activación variar directamente proporcional a la calibración de la distancia armadura y bobina, mientras que varía inversamente proporcional a la calibración de la válvula poppet.
- La discrepancia máxima permitida entre componentes eléctricos de similares características es de 15%, por ende, las calibraciones 1 y 3 presenta una discrepancia de 13% y es la única que es óptima para el funcionamiento del inyector



- Se determinó en las pruebas eléctricas que la corriente tiende a variar directamente proporcional a la calibración de la distancia armadura bobina, mientras que varía inversamente proporcional a la calibración de la válvula poppet
- En las pruebas de calibración realizadas al inyector los oscilogramas comparten la misma similitud en toda la forma de onda, el parámetro que influye en la onda es la presión de operación y la distancia entre placas existente. (armadura – bobina)



# RECOMENDACIONES

- Para realizar las distintas pruebas al inyector HEUI en el banco comprobador se debe trabajar con un equipo de protección personal ya que este equipo trabaja a altas presiones y puede poner en peligro la integridad del ocupante.
- En ningún momento se debe encender el banco de comprobación si los inyectores no se encuentran instalados y con su protección respectiva, al ser un equipo que trabaja a altas presiones puede ocasionar una fuga excesiva de combustible y provocar daños de la persona.
- Verificar que los equipos de diagnóstico eléctrico y electrónico se encuentren calibrados y en óptimas condiciones de funcionamiento para evitar datos erróneos de medición.
- En las pruebas mecánicas del inyector verificar que sellos herméticos estén en perfectas condiciones para evitar fugas de presión y comunicación entre las galerías de combustible y de aceite.



- En el montaje de la tobera del inyector verificar que la punta del inyector no debe moverse mientras se ajusta
- Evitar la manipulación brusca de los elementos internos del inyector, así como la punta de tobera ya que posee finos orificios que pueden llegar a obstruirse.
- Para futuras investigaciones, al existir amplia variedad de inyectores HEUI y poca información de procesos de reparación y calibración es pertinente el uso de otro tipo de inyector como los HEUI C7 o C9 que son muy utilizados en Maquinaria pesada.





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

*VIVE COMO SI FUERAS A MORIR MAÑANA,  
APRENDE COMO SI FUERAS A VIVIR  
SIEMPRE*

**GANDHI**

