

Estos datos son similares a los presentados por López [9] quien estableció un modelo de gestión por procesos para el área de mantenimiento del GAD provincial del Cañar, pero con la diferencia de que los tiempos de mantenimientos son relativamente más bajos, es decir, en vez de optimizar el servicio de manteniendo, este ha decaído.

Esta situación difiere de un estudio realizado por Manzano [10] quien al ejecutar un plan de mejora del mantenimiento para flota de vehículos pesados en una empresa privada, destaca que el criterio de los conductores es muy bueno, debido a que cuentan con las herramientas necesarias, aunque le faltan algunos aspectos por mejorar como el número de personal que los atiende. Sin embargo, los datos son positivos, debido a que, al tratarse de una empresa privada, siempre está en la búsqueda de la optimización de sus servicios.

Ante lo cual, se presenta un plan de mantenimiento en el cual debe tomarse en consideración los aspectos más negativos de los resultados encontrados. Por un lado, al revisar los diagramas operativos de flujo se pudo conocer que, en el área de mecánica únicamente trabajan dos personas y que se encargan de todos los trabajos, lo que retrasa el mantenimiento de los vehículos, por lo que se prevé que la inclusión de uno o dos auxiliares a este sector maximizará el trabajo y disminuirá el tiempo de mantenimiento sobre todo el correctivo que se ejecuta en la mayoría de los casos.

Es necesario cambiar el sistema de registro de campo y archivos físicos debido a que, la automatización de este servicio no solo mejora el trámite de solicitud de repuestos, sino que, la digitalización de los registros de campo permite tener una base de datos mejor adecuada y sobre todo protegida, ya que los archivos físicos son susceptibles de deterioro con el tiempo y más en las condiciones que se encuentran.

[6]	G. Welinton and D. Pillacela, "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la gestión de activos físicos en la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sigsig," Universidad Politécnica de Cuenca, Cuenca, 2019.
[7]	C. Buelvas and K. Martínez, "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L," Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, 2014.
[8]	S. Huerta and S. Quizhpilema, "Implementación de un plan de gestión de mantenimiento mediante un software adecuado para el control de horómetros y odómetros en la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Cañar," Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, 2017.
[9]	W. López, "Modelo de gestión por procesos para optimizar el funcionamiento del área de mantenimiento del Gad Provincial del Cañar," Universidad del Azuay, Cuenca, 2021.
[10]	M. Manzano, "Plan de mejora en procesos de mantenimiento para flota de vehículos pesados," Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, 2019.

V. REFERENCIAS

[1]	J. Figueroa and A. Colon, "Diseño de un programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados de la empresa CENTTRACAR," Cartagena, 2009.
[2]	J. Chicaiza and R. Yaguana, "Propuesta de un plan de mantenimiento para el equipo caminero del consejo provincial de Imbabura," Cuenca, 2018.
[3]	J. Chimborazo and J. Zhau, "Implementación de un plan de gestión de mantenimiento integral a través de un software para la proyección y planificación de las actividades de mantenimiento automotriz para la flota de vehículos del municipio de Cañar," Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, 2017.
[4]	H. Allali, "Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota vehicular Megalog," Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2016.
[5]	C. Apolo and C. Matovelle, "Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del Gobierno Autónomo de la ciudad de Azogues," Cuenca, 2012.

Artículo Original

Diagnóstico de los componentes del sistema Common Rail Denso implementados en vehículos Isuzu e Hino

Diagnosis of the components of the Common Rail Denso system implemented in Isuzu and Hino vehicles

Christian Rojas - Santiago Quinteros

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Luis Rogerio González, Azogues, Ecuador

christian.rojas@institutoscanar.ec

santiago.quinteros@institutoscanar.ec

RESUMEN

En la presente investigación se presenta una metodología experimental aplicada al diagnóstico de los componentes que conforman el sistema de inyección Denso de dos vehículos comerciales, un ISUZU NPR con motor 4HK1 y un HINO DUTRO 300 con motor N04C.

Se fundamenta la misma con la explicación de los circuitos que conforman el sistema de inyección CRDI, y, analizando distintos trabajos aplicados a la inyección diésel se proceden a realizar pruebas en los elementos utilizando un equipo de diagnóstico, un osciloscopio, pinza amperimétrica y un banco de comprobación.

Las pruebas, sus resultados y la interpretación de las mismas se detallan ponderando el diagnóstico de los elementos, finalmente se aporta al sector automotriz una metodología experimental con sustento científico para la realización de pruebas que permitan evaluar los principales componentes del sistema de inyección en estudio.

Palabras Claves

Common Rail, Denso, ISUZU NPR, HINO DUTRO, Motor 4HK1, Motor N04C

ABSTRAC

These This research presents an experimental methodology applied to the diagnosis of the components that make up the Denso injection system of two commercial vehicles, an ISUZU NPR with a 4HK1 engine and a HINO DUTRO 300 with a N04C engine. It is based on the explanation of the circuits that make up the CRDI injection system, and, analyzing different works applied to diesel injection, tests are carried out on the elements using diagnostic equipment, an oscilloscope, current clamp and a bench. check. The tests, their results and their interpretation are detailed by weighing the diagnosis of the elements, finally an experimental methodology with scientific support is provided to the automotive sector for the performance of tests that allow evaluating the main components of the injection system under study.

Keywords

Common Rail, Denso, ISUZU NPR, HINO DUTRO, 4HK1 Motor, N04C Motor.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo aportado en [1] el motor a combustión interna es una máquina térmica, la cual, transforma energía química del combustible en energía térmica y a su vez esta, en energía mecánica, generando un trabajo útil que permite el movimiento del vehículo, dicha máquina térmica se puede clasificar de acuerdo a la forma en la que realiza la combustión, con referencia a lo manifestado en [1] y [2] existen motores: ciclo Otto o de encendido provocado (MEP) y ciclo Diésel o de encendido por compresión (MEC), llamados así por sus inventores Nicolaus August Otto y Rudolf Diésel respectivamente.

En particular el motor Otto funciona al conformar una mezcla homogénea de aire y gasolina regulada de forma cuantitativa [3] que se comprime y cuya combustión comienza con el salto de la chispa en el electrodo de una bujía; mientras que, los motores diésel admiten aire solamente, y este se comprime hasta alcanzar altas temperaturas, inyectando al final gasoil regulando la mezcla de forma cualitativa [4] y provocando que se inflame dando paso a la combustión.

La constitución del motor diésel según [5] es muy similar a la del motor Otto, encontrando su principal diferencia en el sistema de inyección y en sus cámaras de combustión. La robustez del motor diésel es mayor puesto que desarrolla altas presiones de compresión y par alto a la salida del volante motor, generando en consecuencia un motor pesado.

Los sistemas de inyección en los motores Diésel según [1] se clasifican en: Sistemas Mecánicos (con bomba de inyección en línea y rotativa ya sea de embolo axial o de émbolos radiales) y Sistemas de Inyección Electro Asistidos (con inyector-bomba, bomba unitaria y *Common Rail*).

El sistema de inyección directa diésel de riel común (CRDI) tuvo sus inicios en la década de los 80 desarrollándolo la empresa Fiat, pero, cedió sus derechos al grupo Robert Bosch que lo perfecciono e industrializo [6]. En este sistema existe una bomba hidráulica de alta presión, la cual es accionada por la distribución del motor y se encarga de enviar el gasoil a través del riel a los inyectores que se encuentran ubicados en los diferentes cilindros controlando su apertura y cierre por un calculador electrónico (ECU).

Se evidencia en [7] que, entre las múltiples ventajas de este sistema de inyección con respecto al clásico, se puede resaltar la reducción del ruido característico de la combustión en los motores diésel, debido a la inflamación brusca de la mezcla entre el aire y el gasoil, reducción en las emisiones contaminantes, disminución en el consumo y aumento de prestaciones.

Por lo expuesto en [8] [9] [10] y [11] se verifica que dentro de los proveedores de sistemas de inyección CRDI existen varios fabricantes, destacándose de entre ellos Denso, Delphi, Bosch y Siemens. Sus sistemas tienen principios de operación comunes y particulares que los hacen diferentes como el tipo de inyector, la forma de controlar la presión del riel, el voltaje de activación de los inyectores, las presiones máximas de operación entre otras.

Sin embargo dentro de un mismo fabricante de acuerdo con [8] se puede identificar variaciones concretas entre los mismos sistemas, lo cual ha motivado la realización de la

presente investigación, pues el conocimiento y dominio de los particulares implementados por el fabricante aporta significativamente al conocimiento técnico de diagnóstico, mantenimiento y reparación de este tipo de sistemas.

II. MÉTODO

Resulta fundamental para la presente investigación el análisis de los procedimientos seguidos por distintos autores que abarcan un objetivo similar al presentado. En la localidad se han realizado distintos trabajos de interés cuyos procedimientos y métodos utilizados se detallan a continuación.

En [12] Robayo y Sarabia a través del método analítico experimental, analizan el comportamiento mecánico y electrónico de dos sistemas CRDI de inyectores piezoeléctricos Bosch # 0445115 045 y # 0445115 028, pertenecientes a los vehículos *Volkswagen Crafter* y *Hyundai Veracruz IX55* respectivamente. Mediante un banco de pruebas CRDI VNP V-3500, osciloscopio *Hantek 1008c*, una pinza amperimétrica *Brain Bee* y con la finalidad de construir una base de datos y un protocolo de pruebas que sustente los diferentes rangos de trabajo de los inyectores, se obtienen sus curvas características representadas mediante oscilogramas realizando una comparación a diferentes ciclos de trabajo, variando, parámetros característicos de la inyección de los vehículos en cuestión con el fin de establecer estrategias de diagnóstico y reparación de componentes.

De acuerdo con la investigación realizada en [13] se evidencia la construcción de un banco de pruebas para inyectores CRDI de distintas marcas a través de un método experimental, analizando parámetros funcionales de relevancia para el sistema como son: la presión de inyección, frecuencia de activación, tiempo, ancho de pulso, caudal de retorno y entrega.

Los inyectores se prueban mediante un equipo C-MX 4000 y sus parámetros funcionales se registran con un osciloscopio *Picoscope 6 Automotive*, la comparación entre los distintos tipos de inyectores evidencia parámetros característicos de cada fabricante, para este caso son:

- El Inyector Bosch 0445110126 opera con voltaje de 48V y un ancho de pulso de 1ms, la corriente de activación es de 18 A.
- El Inyector Denso 1465A041 opera con voltaje de 45V y un ancho de pulso 1.3 ms y una corriente de activación de 19 A
- El Inyector Denso 5226 opera con voltaje de 48 V ancho de pulso de 0,8 ms y corriente de activación de 19 A

Finalmente se concluye que, si el caudal de entrega es mayor en un 50% más que el retorno en los inyectores, estos están en perfecto estado, si es igual a la entrega necesita ser limpiado y si es mayor el caudal de retorno que el de entrega el inyector debe ser reparado.

En [14] mediante la utilización de osciloscopios *Hantek 1008c* y *Owon*, un medidor de inductancia, pinza amperimétrica y un banco de pruebas de inyectores CRDI V-3500 de marca VNP, los autores, usando un método experimental analizan y comparan el comportamiento electromecánico de inyectores CRDI Denso 05S00047 implementados en un vehículo

Hino Dutro City 300 y un inyector CRDI Denso 06S00387 correspondiente a un Hino Dutro 816.

Finalmente, los parámetros funcionales de los inyectores medidos y sus oscilogramas permiten elaborar tablas comparativas útiles en los procesos de diagnóstico y reparación de elementos

Por otra parte, fundamentado en [8] Barquera con el análisis del sistema Denso en un vehículo Toyota Hilux 2014, utilizando un método experimental obtiene mediciones para el caudal de retorno en el sistema de baja presión, extrae los oscilogramas del cuerpo de aceleración, obtiene señales de la presión de riel, válvula limitadora de presión, voltaje y corriente que genera el pulso de los inyectores, señales emitidas por: EDU, válvula SVC, CKP y CMP, por medio de herramientas automotrices tales como osciloscopio, pinza amperimétrica, escáner, lo cual le permite facilitar el diagnóstico, comprensión y comparación de las diferentes sensores y actuadores del sistema.

Con base fundamentada en las investigaciones antes mencionadas, en las cuales todos sus autores utilizan el método analítico experimental para la recolección y registro de datos, mediante herramientas automotrices tales como: osciloscopio, pinza amperimétrica y escáner automotriz se procede de manera similar con la recolección, registro, comparación y diagnóstico de sistemas de inyección Denso implementados en vehículos de las marcas Isuzu e Hino

III. REGISTRO DE DATOS

Los presentes datos se obtienen de los motores Toyota N04C e Isuzu 4HK1 de los vehículos Hino Dutro 300 e Isuzu NPR respectivamente, los cuales se registran a continuación:

A. Registro de datos del FRP

En ambos vehículos es un sensor que consta de un circuito integrado de silicio y cambia su resistencia eléctrica cuando se aplica presión, siendo esta proporcional, a mayor presión de combustible mayor voltaje lo cual permite determinar la presión del riel y enviar señales de ajuste de velocidad a la bomba de alta presión mediante la ECU, este conector está compuesto por tres pines como se indica en la Figura 1.

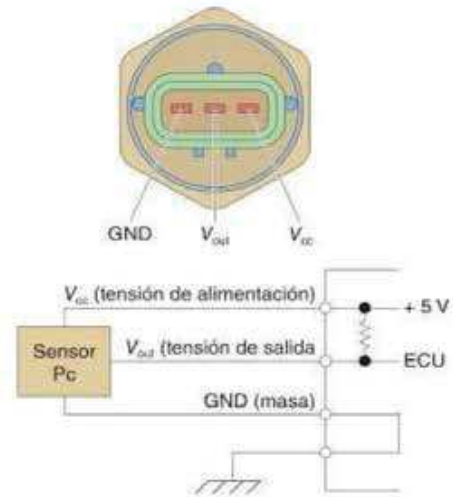


Figura. 1 Conector de sensor FRP [6]

B. Registro de datos de la SCV

Esta válvula permite el control del gasoil enviado desde la bomba de transferencia hacia la bomba de alta presión y está compuesta por 2 pines en los cuales se puede obtener la señal en uno de sus terminales siendo la otra la referencia a tierra del actuador, como se puede observar en la Figura 2.

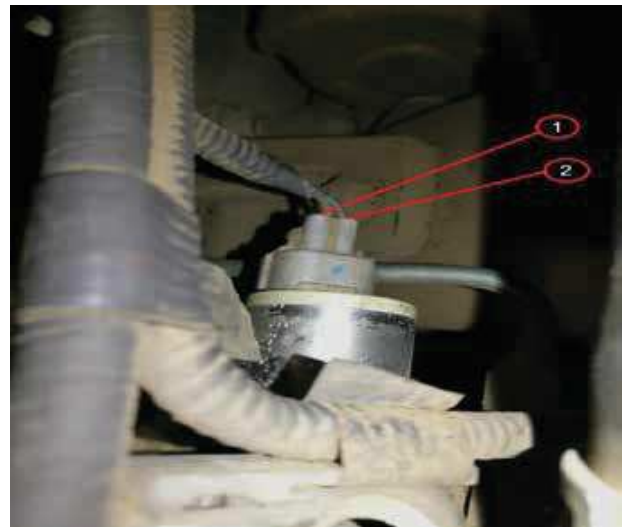


Figura. 2 Válvula de control de succión

C. Registro de datos de los inyectores

La unidad de control es la encargada de regular el inicio y el fin de la inyección a través de la electroválvula del inyector, La cantidad de combustible que se inyecta en la cámara de combustión depende básicamente de la presión y la posición del pedal de acelerador, el conector está compuesto por 2 pines los cuales el uno es alimentación y el otro es masa como lo muestra la Figura 3.



Figura. 3 Conector de Inyector

D. Registro de datos del Módulo EDU (solo en el motor N04C)

Este módulo recibe señal por parte del ECM y es enviada hacia el actuador electrónico EDU, cuya función es activar y desactivar la inyección y se puede identificar claramente en la Figura 4 por detrás del depurador.

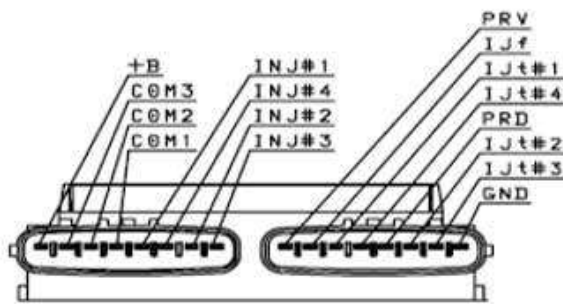


Figura. 4 Módulo EDU [15]

E. Registro de datos del Sensor CKP.

El sensor CKP dependiendo del vehículo en análisis es de efecto Hall (4HK1) o inductivo (N04C) y es el encargado de medir el ángulo de giro y las revoluciones del cigüeñal, el mismo se conecta a través de 2 o 3 pines dependiendo del motor evaluado, el sensor del motor N04C se aprecia

claramente en la Figura 5 conectando el pin de señal a la sonda del osciloscopio con referencia a masa.

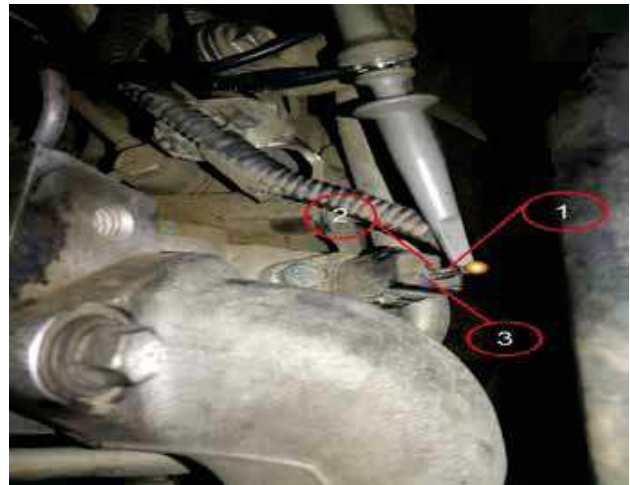


Figura. 5 Sensor inductivo CKP

F. Registro de datos del Sensor CMP.

Este sensor es del tipo efecto Hall en los dos vehículos, está destinado para definir con precisión la posición exacta del punto muerto superior del primer pistón, enviando una señal para activar los inyectores con el gasoil para la combustión de este, está compuesto por 3 pines, alimentación, masa y señal como se aprecia en la Figura 6.



Figura. 6 Sensor de efecto Hall CMP

G. Registro de datos del Sensor de posición del pedal de acelerador.

Este sensor está constituido por 6 pines, 2 de señal, 2 de alimentación, y 2 masas respectivamente, y está ubicado por detrás del pedal de acelerador en el habitáculo del vehículo para ambos casos, este mide la posición angular del pedal y

emite 2 señales hacia la ECM con las cuales se puede regular el caudal, la presión y el tiempo de inyección de acuerdo a lo que el conductor necesite en la conducción del vehículo y se lo puede identificar en la Figura 7.

IV. DIAGNÓSTICO DE ELEMENTOS

A. Diagnóstico de presión del riel al arranque mediante oscilograma de sensor FRP.

Uno de los problemas principales en vehículos CRDI que no arrancan o evidencian inestabilidad en funcionamiento es asociado a la presión del riel, para realizar una prueba de presión de arranque del sistema se puede utilizar un osciloscopio conectado al cable de la señal del FRP.

Inicialmente esta prueba se observa en el oscilograma del sensor FRP de un vehículo ISUZU NPR con motor 4HK1, al momento del arranque en la Figura 8, y el mismo sensor en el vehículo HINO DUTRO 300 con motor N04C bajo las mismas circunstancias en la figura 9.

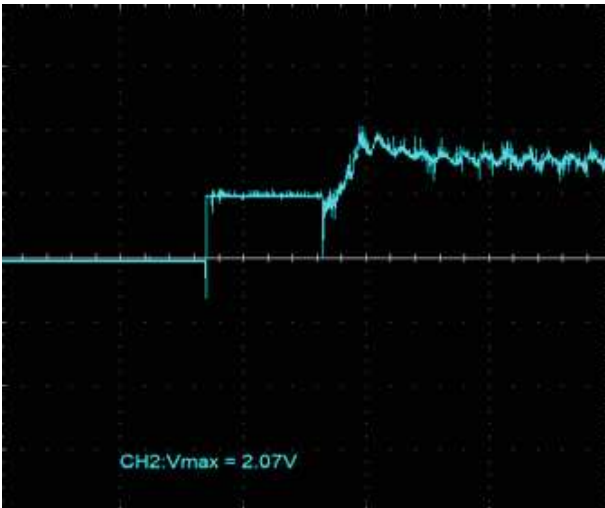


Figura. 8 Oscilograma de sensor FRP en arranque (ISUZU NPR 4HK1)

Los oscilogramas de la Figura 8 y de la Figura 9 se los maneja con una escala de 1 V y 2 seg por cada división, por lo que se observa, cuando los vehículos se encuentran con el *switch* en la posición *ON* se registra 1 V en la señal del sensor que corresponde a 0 Bar para ambos vehículos según lo referenciado por Denso en [16]; evidenciando un voltaje inicial correcto.

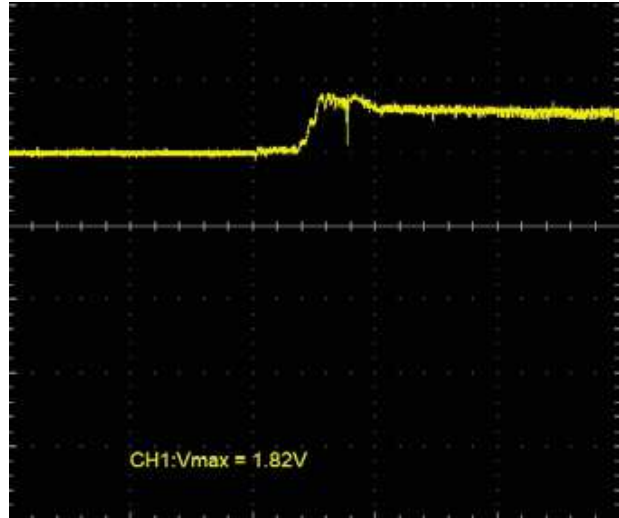


Figura. 9 Oscilograma de FRP al momento de arranque (HINO DUTRO 300 N04C)

Al arrancar el motor, la presión en el riel del vehículo ISUZU se incrementa hasta 668.75 Bar (2.07V) mientras que en el HINO está llega a 512.5 Bar (1.82 V), al medir la presión objetivo en el riel para arrancar los vehículos mediante un escáner se aprecia que la misma es de 300 Bar y 350 Bar respectivamente, lo que evidencia un buen estado de la válvula SCV, la bomba de alta presión, la bomba de transferencia, el riel, la válvula de retorno y estanqueidad en los conductos de ambos vehículos.

Inmediatamente después del arranque los vehículos estabilizan su funcionamiento en ralentí. El vehículo HINO oscila entre 1.4V a 1.6V (250 Bar o 375 Bar) mientras el ISUZU oscila entre 1.4V a 1.65V (250 Bar o 406.25 Bar), existe una oscilación un tanto distorsionada o ruidosa en el vehículo ISUZU, cabe indicar que esto se debe a la falta de aislante protector en los cables, generado por el envejecimiento, mas no varía el voltaje gravemente ya que se encuentra dentro de los parámetros.

B. Diagnosis en presiones de sensor de presión del riel generando acelerones. (FRP)

El rango de variación que presenta el fabricante para la realización de esta prueba es de 1 a 4.2V [16]; la prueba consiste en registrar el valor del voltaje durante variaciones de RPM con acelerones, debiendo este fluctuar dentro de los valores especificados por el fabricante. Mediante un escáner automotriz se registra el valor de presión objetivo, en caso que supere estos valores se contara con un sonido más ruidoso del común en la combustión y en caso que no alcance los valores mínimos el vehículo será muy inestable en términos de potencia efectiva, en la Figura 10 correspondiente al vehículo HINO se puede observar un valor máximo de 2.57 V siendo este valor el correspondiente a una presión de (981.25 Bar) e igual al de la presión objetivo registrada en el escáner, diagnosticando que el sensor y los mecanismos que generan el incremento de presión se encuentra funcionando en óptimas condiciones.

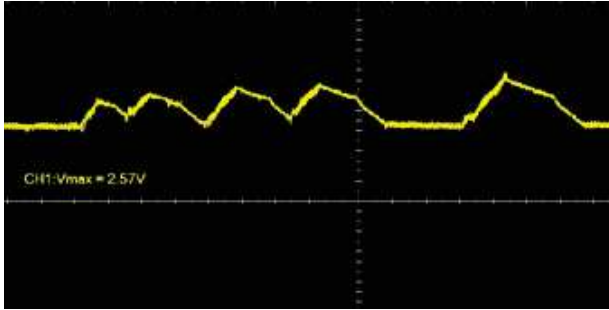


Figura. 10 Oscilograma del sensor FRP en prueba de acelerones vehículo (HINO DUTRO 300 N04C)

Se repite el proceso mencionado anteriormente en un vehículo ISUZU. En la Figura 11 se observa que durante la prueba de acelerones los picos máximos generados alcanzan valores de 3.17 V correspondientes a una presión de (1356.25 Bar) en concordancia con los valores máximos de presión objetivo del escáner diagnosticando que el sensor y los mecanismos que generan el incremento de presión se encuentra funcionando en óptimas condiciones.

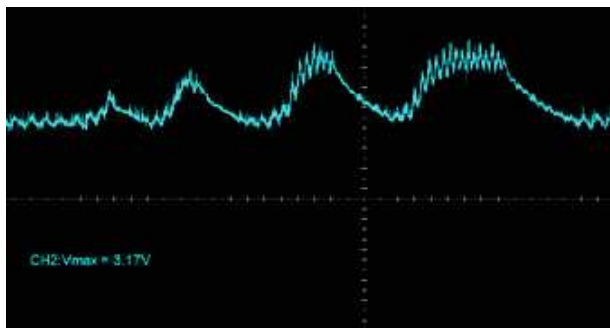
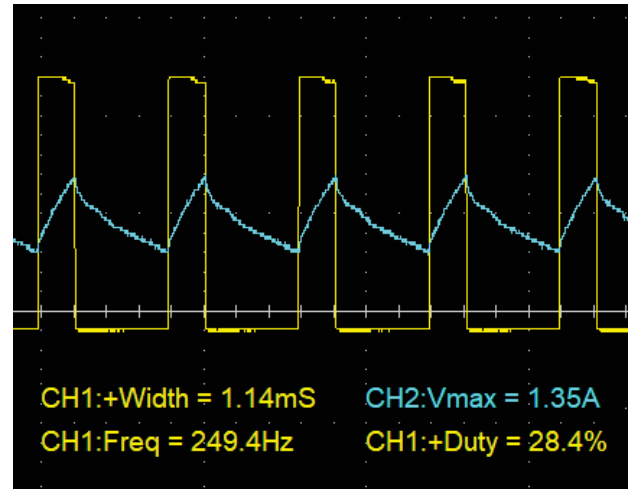


Figura. 11 Oscilograma del sensor FRP en prueba de acelerones vehículo (ISUZU NPR 1HK1)

C. Diagnóstico de la válvula de control de succión SVC mediante escáner y osciloscopio.

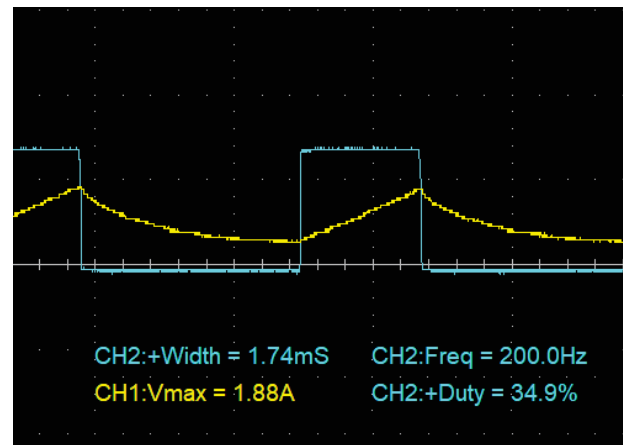
Mediante la prueba que se realiza con el escáner se obtienen valores para poder diagnosticar la SVC, conociendo que esta válvula controla y regula la presión deseada de gasoil que llega al riel para un funcionamiento óptimo y estable del vehículo, se observa en el escáner los valores de *duty cycle* deseado por la ECU y la corriente consumida de la SCV, comparándolos con los registrados en el osciloscopio, como se observa en la Figura. 12 del vehículo HINO.



Item(1/2)	Value	Unit
PCV Final Operation Duty	28.5	%
Pump Current Desired Value	1038.0	mA

Figura. 12 Datos obtenidos en escáner de *duty cycle* y consumo de corriente deseados vs. reales HINO

El proceso anterior se repite para el vehículo ISUZU, sus resultados se aprecian en la Figura 13.



Item(16/2)	Value	Unit
Rail Pressure Regulator Drive Duty	34	%
Rail Pressure Regulator Feed-back Current	1001	mA

Figura. 13 Datos obtenidos en escáner de *duty cycle* y consumo de corriente deseados vs. reales ISUZU

Como se puede apreciar para ambos vehículos los valores concuerdan, evidenciando en buen estado de la SCV y los elementos de control.

D. Inspección visual de válvulas de control de presión del riel

Es importante verificar que no exista obstrucción de las válvulas que gobiernan la presión del riel, generada por impurezas en el gasoil o limalla proveniente de la bomba de transferencia como se aprecia en la válvula de la Figura 14.



Figura. 14 Impurezas en válvula de regulación de presión del riel

E. Inspección de estabilidad en el régimen de giro en ralentí.

Se extrae una muestra de datos del régimen de giro en ralentí del escáner con los datos deseados por la ECM y el real que entrega los motores en análisis en la Figura 15 y Figura 16. Como se puede observar el bucle de control se efectúa en ambos vehículos se deduce que las correcciones que está haciendo la ECU en la válvula SVC de los vehículos son correctas.

Figura 15. Velocidad angular en ralentí (ISUZU NPR 4HK1)

Figura 16. Velocidad angular en ralentí (HINO DUTRO 300 N04C)

Dentro de las estrategias implementadas en el control electrónico diésel respecto al régimen de giro, se observa más inestabilidad en el vehículo con motor 4HK1 respecto al que tienen motor N04C, esto se advierte debido al ruido introducido desde la señal del FRP a la ECM interpretándose como fluctuaciones de presión en el riel, lo que modifica el control sobre la SCV.

F. Diagnóstico de los inyectores mediante escáner.

Mediante los datos de corrección de la cantidad de gasoil que está pulverizando cada inyector, realizada a través de un escáner se diagnostica la obstrucción o desgaste en los elementos de la electroválvula de control, como se menciona en [17], el control SRC o MAR de la ECM detecta las fluctuaciones de velocidad angular en el cigüeñal corrigiendo las mismas mediante la modificación individual del caudal inyectado como se aprecia en la Tabla I y Tabla II.

Tabla I. Correcciones individuales del caudal de inyección (HINO

300 N04C)

<i>Injection Quantity Correction #1 (mm³/st)</i>	<i>Injection Quantity Correction #2 (mm³/st)</i>	<i>Injection Quantity Correction #3 (mm³/st)</i>	<i>Injection Quantity Correction #4 (mm³/st)</i>
-1.4	1.5	1.5	-2.2
-1.4	1.5	1.5	-2.2
-1.4	1.5	1.5	-2.2
-1.4	1.5	1.5	-2.2
-1.4	1.5	1.5	-2.2
-1.4	1.5	1.5	-2.4

El exceso de corrección presente en los inyectores 1 y 3 del vehículo con motor 4HK1 evidencia desgaste en los elementos del inyector 3 y obstrucción en el inyector 1. Los parámetros de los inyectores del motor N04C evidencian ligero desgaste en los inyectores 1 y 4 y obstrucción en los inyectores 2 y 3.

Tabla II. Correcciones individuales del caudal de inyección (ISUZU NPR 4HK1)

<i>Cylinder No.1 Fuel Correction Quantity (mm³/st)</i>	<i>Cylinder No.2 Fuel Correction Quantity (mm³/st)</i>	<i>Cylinder No.3 Fuel Correction Quantity (mm³/st)</i>	<i>Cylinder No.4 Fuel Correction Quantity (mm³/st)</i>
5.0	-1.3	-4.0	0.2
4.9	-1.5	-4.1	0.2
5.0	-1.5	-4.1	0.5
5.1	-1.5	-3.9	0.2
5.1	-1.5	-3.7	0.3
4.9	-1.2	-4.0	0.5
5.1	-1.2	-3.7	0.5

G. Diagnóstico de elementos mediante pruebas en banco.

Los elementos del sistema de inyección CRDI se pueden diagnosticar a través de herramienta especializada, como por ejemplo bancos de comprobación como el que se aprecia en la Figura 17, cuando se somete a los inyectores a pruebas se destacan las siguientes comprobaciones.



Figura 17. Banco de comprobación de sistemas CRDI Speedmaq

- Medición de inductancia (inyectores electromagnéticos).
- Medición de capacitancia (inyectores piezoeléctricos).
- Prueba de estanqueidad.
- Prueba de funcionamiento a plena carga.
- Prueba de emisiones.
- Prueba de preinyección.
- Prueba de ralentí.

Para el presente análisis se sometió los inyectores Denso tanto del motor 4HK1 como el N04C a las pruebas citadas, los resultados de las mismas se han transcrito en la Tabla III y Tabla IV, así como el diagnóstico y las condiciones en la que se realizan las pruebas.

Tabla III. Pruebas en Inyector de motor N04C

Denso 095000-641#				
Prueba de estanqueidad 1000 Bar – 0 Hz – 0 μs				
	min	max	medido	
Caudal	0 ml	0 ml	0 ml	aprueba
Retorno	0 ml	10 ml	8 ml	aprueba
Prueba de plena carga 1600 Bar – 9 Hz – 940 μs				
	min	max	medido	
Caudal	38 ml	58 ml	94 ml	
Retorno	1 ml	39 ml	150 ml	
Prueba de emisiones 800 Bar – 17 Hz – 810 μs				
	min	max	medido	
Caudal	17 ml	35 ml	40 ml	
Retorno	25 ml	55 ml	38 ml	aprueba
Prueba de preinyección 800 Bar – 34 Hz – 430 μs				
	min	max	medido	
Caudal	3 ml	16 ml	30 ml	
Retorno	18 ml	45 ml	80 ml	
Prueba de ralentí 250 Bar – 34 Hz – 870 μs				
	min	max	medido	
Caudal	10 ml	24 ml	24 ml	aprueba
Retorno	16 ml	46 ml	37 ml	aprueba
Prueba de estanqueidad 1400 Bar – 0 Hz – 0 μs				

	min	max	medido	
Caudal	0 ml	0 ml	0 ml	aprueba
Retorno	0 ml	15 ml	22 ml	

Tabla IV. Pruebas en Inyector de motor 4HK1

Denso 095000-8902				
Prueba de estanqueidad 1000 Bar – 0 Hz – 0 μs				
	min	max	medido	
Caudal	0 ml	0 ml	0 ml	aprueba
Retorno	0 ml	10 ml	6 ml	aprueba
Prueba de plena carga 1600 Bar – 9 Hz – 860 μs				
	min	max	medido	
Caudal	23 ml	40 ml	24 ml	aprueba
Retorno	42 ml	59 ml	33 ml	
Prueba de emisiones 800 Bar – 17 Hz – 680 μs				
	min	max	medido	
Caudal	19 ml	35 ml	14 ml	
Retorno	16 ml	45 ml	26 ml	aprueba
Prueba de preinyección 800 Bar – 34 Hz – 330 μs				
	min	max	Medido	
Caudal	2 ml	14 ml	2 ml	aprueba
Retorno	10 ml	35 ml	54 ml	
Prueba de ralentí 250 Bar – 34 Hz – 780 μs				
	min	max	medido	
Caudal	5 ml	20 ml	6 ml	aprueba
Retorno	10 ml	35 ml	28 ml	aprueba
Prueba de estanqueidad 1400 Bar – 0 Hz – 0 μs				
	min	max	medido	
Caudal	0 ml	0 ml	0 ml	aprueba
Retorno	0 ml	15 ml	16 ml	

V. CONCLUSIONES

En la presente investigación se han registrado distintas pruebas sobre los elementos del sistema de inyección marca Denso aplicables en el diagnóstico y reparación utilizando herramienta específica como lo es un escáner automatizado, un osciloscopio, pinza amperimétrica y banco de comprobación de elementos.

La presión de arranque puede ser evaluada mediante un equipo de diagnóstico en la línea de flujo de datos, generalmente se evidencia la presión objetivo o deseada, pero, mediante un osciloscopio se puede evidenciar el gradiente de presión cuando el motor arranca y su voltaje pico alcanzado, los valores de arranque superan a los deseados por la ECM, pues se 668.75 Bar (2.07V) en el ISUZU NPR mientras que en el HINO está llega a 512.5 Bar.

En los sistemas de inyección Denso a diferencia de Bosch, Delphi y Siemens la presión que entrega la señal del FRP es de 1 V cuando en el riel existen 0 Bar de presión, mientras que en el resto de los sistemas de inyección la presión de 0 Bar