

Trabajo académico

Análisis de oscilogramas de los sensores y actuadores del sistema de inyección de un motor N04C

Oscillogram analysis of the sensors and actuators of the injection system of a N04C engine

Danny Sarmiento - Jonnathan Chávez - Fausto Avila

Instituto Superior Tecnológico Luis Roge-
rio González, Azogues, Ecuador

dannytun23@gmail.com
jontahanchavez15@gmail.com
fausto.avila@institutoscanar.ec

RESUMEN

El presente artículo trata del análisis de los oscilogramas de los sensores y actuadores del sistema de inyección de un vehículo Hino Dutro 300 con un motor N04C, con la finalidad de desarrollar mejores métodos de diagnóstico con respecto a los elementos del sistema de inyección del motor N04C. Para el análisis se realizó un reconocimiento de todos los componentes del sistema Common Rail, así como un estudio y análisis de las señales digitales y analógicas de los sensores y actuadores, con la ayuda de un osciloscopio y un escáner automotriz. Como resultado final se hace un análisis funcional de los elementos citados con base en sus formas de onda explicando el funcionamiento de un sistema Common Rail Denso. Como conclusión todas las señales obtenidas del análisis de oscilogramas de los sensores y actuadores del sistema inyección de un motor N04C se pudieron describir en detalle en la presente investigación.

Palabras Claves

Common Rail, Denso, Hino Dutro 300, Oscilogramas, Sensores y Actuadores.

ABSTRAC

This article deals with the analysis of the oscillograms of the injection system sensors and actuators of a Hino Dutro 300 vehicle with a N04C engine, in order to develop better diagnostic methods regarding the elements of the N04C engine injection system. For the analysis, a recognition of all the components of the Common Rail system was carried out, as well as a study and analysis of the digital and analog signals of the sensors and actuators, with the help of an oscilloscope and an automotive scanner. As a final result, a functional analysis of the mentioned elements is made based on their waveforms, explaining the operation of a Dense Common Rail system. In conclusion, all the signals obtained from the oscillogram analysis of the sensors and actuators of the injection system of a N04C engine could be described in detail in the present investigation.

Keywords

Common Rail, Denso, Hino Dutro 300, Oscillograms, Sensors and Actuators

I. Introducción

Según lo expresado en [1] se diferencian dos tipos de motores térmicos de acuerdo a su ciclo de trabajo y forma de realizar la combustión, los motores ciclo Diésel que generan el encendido por compresión (MEC) y los motores ciclo Otto o a gasolina que combustionan el carburante de forma provocada (MEP) debido a la chispa de las bujías [2], siendo los dos motores mencionados, de uso común en los vehículos para el transporte de carga y pasajeros como se afirma en la cronología de su evolución durante cien años presentada en [3].

Al generar la combustión por efecto de la compresión, los MEC o motores Diésel incrementan la temperatura en los cilindros debido al aporte de trabajo que proviene del volante de inercia y su elevada relación de compresión (R_c) [4], generando la ignición del combustible por efecto del auto encendido debido a las altas temperaturas derivadas de la compresión del aire [5], de una manera similar, el motor a gasolina o MEP enciende el carburante al final de la carrera de compresión, pero, al tener una menor R_c con respecto al MEC este necesita de una fuente de calor externa para lograr la combustión [6].

Los motores Diésel cuentan con un sistema de suministro de combustible que se compone por una etapa de baja y alta presión; entre dichas etapas se sitúa una bomba inyectora, que es la encargada de alimentar a los inyectores del sistema en cuestión. Existen dos diferenciados sistemas de inyección, según se aprecia en [7]: los sistemas de inyección mecánicos (generalmente de dos tipos como son por bomba lineal y bomba rotativa), así como también sistemas de inyección con control electrónico (Inyector Unitario o UIS, Bomba Unitaria o UPS y Common Rail).

El sistema Common Rail Direct Injection (CRDI) es un sistema electrónico de inyección directa Diésel, en el que, el combustible es enviado desde el depósito hacia una bomba generalmente de pistones radiales, incrementando en esta la presión del mismo y acumulándolo en un riel común de inyectores, para, posteriormente enviarlo a los cilindros del motor de forma controlada por un calculador (ECU) [8].

Las principales características del sistema CRDI es la disminución del consumo de combustible y el decremento de las emisiones de gases contaminantes. Esto gracias a las elevadas presiones de inyección que permiten una mejor pulverización y penetración del combustible en el interior de los cilindros [9]. Existen cuatro principales fabricantes de sistemas Common Rail: Denso, Bosch, Siemens, Delphi.

Cada fabricante comparte similitudes en el funcionamiento de sus sistemas, así como también poseen diferencias que los distinguen, como, por citar una de estas, la forma de regular la presión según Barquera en [10] respecto a Denso se hace mediante la Suction Control Valve (Válvula SCV) al regular la succión de los émbolos radiales de la bomba de alta presión, en Delphi dicha labor se realiza mediante la Inlet Metering Valve (Válvula IMV) [11] que gobierna el caudal de ingreso a la bomba de alta presión, en Bosch el conjunto de Volume Control Valve más la Pressure Control Valve (Válvula VCV + PCV) regulan la presión del

riel desde los sistemas de baja y alta presión respectivamente [12], haciéndolo de igual manera en Siemens mediante la Suction Control Valve más la Injection Pressure Regulator (Válvula SCV + IPR) como lo evidencia Barquera en [13]

El sistema CRDI Denso tiene gran aceptación en vehículos asiáticos y es el estudiado en la presente investigación, pues, esta se ha implementado en un motor N40C, el cual, generalmente es de uso en vehículos comerciales de las marcas Hino y Toyota en sus líneas Dutro y Dyna. El sistema cuenta con una bomba HP3, un riel de 5 conductos, cañerías de alta presión, inyectores electromagnéticos que se comandan mediante un Módulo de Control de Inyectores (EDU) y la Unidad de control del motor (ECU).

La presente investigación del sistema de inyección Denso de un motor N40C tienen como propósito, analizar e interpretar los parámetros funcionales de los sensores y actuadores presentes en dicho motor, obteniendo un dominio técnico del tema y aportando con conocimiento tecnológico en el campo de mecánica automotriz, logrando con esto experticia en los autores al mejorar la calidad del diagnóstico.

II. Método

En la localidad se han realizado distintas investigaciones relacionadas con el sistema de inyección CRDI, resultando de importancia para este trabajo, algunos de los métodos y procedimientos seguidos por sus autores, los cuales se detallan a continuación.

En [14] los autores se basan en una metodología deductiva experimental para la activación de los inyectores de las marcas Delphi y Denso, utilizan equipos de diagnóstico especializados obteniendo los oscilogramas de los actuadores del sistema (inyectores), se observan los tiempos de la apertura y cierre, curva de voltaje de activación y el control de corriente de las bobinas de las cámaras de control. Dichos oscilogramas se emplean para el diagnóstico de elementos al comparar patrones en buen y mal estado.

En el trabajo realizado por Carapaz y Vizcaíno en [15] se elabora una maqueta CRDI de un vehículo Mazda BT-50 con el fin de evaluar el funcionamiento del sistema y diagnosticar sus elementos, principalmente se analizan los sensores y actuadores de este. Los parámetros funcionales son evaluados y comparados con los teóricos por medio del multímetro, osciloscopio y escáner automotriz. La investigación se basa en el método deductivo experimental interpretando el trabajo de los elementos mencionados en el motor, un método analítico permite separar en partes el diagnóstico electrónico y mediante la síntesis se diagnostican dichos componentes.

Noboa y Vargas realizan una investigación y análisis del comportamiento de los inyectores Denso CRDI series "05S00047" y "06S00387" en [16], realizando pruebas de operación. Al seguir un método experimental obtienen las curvas de trabajo de estos elementos obteniendo un patrón evaluativo de los inyectores, que pueden ser usadas para futuras investigaciones sobre el diagnóstico, al compararlas

con inyectores usados o posiblemente averiados, para determinar si su funcionamiento es correcto y decidir si el inyector debe o no ser sustituido.

Valencia en [17] efectuó una maqueta CRDI, utilizando un método investigativo y experimental, se recopiló toda la información necesaria con el objeto de entender el funcionamiento correcto del sistema CRDI logrando diseñar y construir un banco de pruebas de un vehículo Hino GH. El autor opera en: la ECU, sensores, actuadores, realizando un análisis de funcionamiento del sistema que sirvió para el diagnóstico de Sistemas CRDI de marca Denso.

En [10] sobre una Toyota Hilux 2014, con un sistema Denso, se realiza un análisis funcional de los elementos del sistema obteniendo: la medición del caudal del retorno de su sistema de alta presión, señales de la mariposa de gases que identificando dos funciones, la primera es apagar el vehículo de forma inmediata y la segunda cerrarse para solventar eventos de activación de EGR; así mismo, se mide la señal del sensor de presión de riel, válvula limitadora de presión de riel, la señal que emiten los inyectores (voltaje y corriente), las señales del módulo EDU (IGT, IGF), la válvula SCV y la señal del CKP y CMP, mediante equipos especializados de mecánica automotriz como son: osciloscopio, pinza amperimétrica, escáner. Extrayendo los datos obtenidos para facilitar un diagnóstico técnico en dicho sistema.

Como se puede apreciar en las investigaciones citadas, todos los autores coinciden en el uso de una metodología experimental analítica, así como el uso de herramienta específica para el registro de señales de los sensores y actuadores del sistema. Con base a lo anteriormente descrito en esta investigación se usó una metodología experimental analítica, registrando datos mediante un osciloscopio, pinza amperimétrica y escáner automotriz, el levantamiento de datos se describe en la siguiente sección.

III. Técnicas utilizadas

Los datos y señales se obtuvieron de un vehículo Hino Dutro modelo 2010 con un motor Toyota N40C con sistema de inyección Denso de uso comercial cuya placa es PBG-2668.

A. Sensor de presión de riel

El sensor FRP es el encargado de detectar la presión de combustible en el riel, con la ayuda de una punta lógica Power Probe III se reconoce el cableado del sensor, para obtener las señales con el osciloscopio. El sensor tiene un socket que está conformado por 3 terminales como se aprecia en la Fig. 1 y Tabla I que son:

Tabla I. Detalle del cableado del sensor FRP

Detalle del conector del sensor FRP	
Terminal	Función
1	Alimentación
2	La señal que emite el sensor
3	Masa o tierra.



Fig. 1 Sensor de presión de riel.

B. Válvula de control de succión o SCV

Es la encargada de controlar la cantidad de combustible que va emplearse a la bomba HP3. Para la recopilación de datos y señales de la válvula SCV se emplean un osciloscopio y una pinza amperimétrica. El conector tiene dos pines como se aprecia en la Tabla II y Fig. 2 que son:

Tabla II. Detalle del cableado de la válvula SCV.

Detalle del conector de la válvula SCV	
Terminal	Función
1	Alimentación
2	Señal de comando

C. Inyectores

Cumple con la función de pulverizar combustible hacia los cilindros, con la finalidad de mezclarse con el aire y lograr la combustión.

Para medir el valor de resistencia del inyector se utiliza un multímetro y para la obtención de señales se emplea un osciloscopio, las terminales de la sonda se conectan en las dos entradas del inyector como se aprecia en la Figura 3 y Tabla III.



Fig. 2. Válvula de control de succión.

Así como también para medir la corriente se utiliza una pinza amperimétrica. El módulo EDU se conecta a un socket de ocho terminales, cada par de estos llega al conector de un inyector como se aprecia en la Tabla III y la Fig. 3.

Tabla III. Detalle del conector del inyector.

Detalle del conector del inyector	
Terminal	Función
1	Alimentación
2	Señal



Fig. 3. Conexión de Inyector

D. Módulo EDU.

Este módulo está diseñado para recibir una señal digital, emitida por la ECU (IGT) de activación y confirmar la realización de la inyección mediante una segunda señal (IGF). La ECU envía un pulso a la EDU y ésta, a través de su etapa de potencia, magnifica el voltaje para distribuirlo a los inyectores, el detalle de los conectores del vehículo Hino Dutro 300 se aprecian en la Fig. 4.

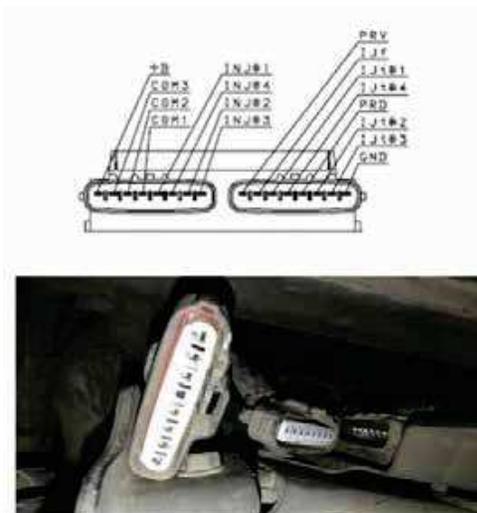


Fig. 4. Conectores del módulo EDU [18].Tabla III. Detalle del conector del inyector.

E. Sensor CKP (Crankshaft Position Sensor)

Para este vehículo es un elemento del tipo inductivo, produce voltaje a partir de la acción del mismo sensor y la

rueda fónica con dientes perdidos (plato convertidor) que está conectada al cigüeñal, con base en las secuencias de las ranuras de la rueda fónica identifica la velocidad y posición angular del cigüeñal, el detalle de los terminales de su conector se aprecia en la Tabla IV y la Fig. 5.



Fig. 5. Conector del sensor CKP.

Tabla IV. Detalle del conector del sensor CKP.

Detalle del conector del sensor CKP	
Terminal	Función
1	Alimentación
2	Masa

F. Sensor CMP (Camshaft Position Sensor)

La función principal del sensor del árbol de levas es definir con exactitud la posición del primer pistón, trabajando en conjunto con el sensor del cigüeñal. El trabajo de ambos sensores ofrece una señal combinada a la ECU para que esta identifique el punto muerto superior del cilindro número uno. El sensor de posición del árbol de levas envía una señal a la ECU y esta es usada para sincronizar el instante preciso de activación y la secuencia de los inyectores, para el vehículo en cuestión el sensor corresponde a uno de tipo efecto Hall, el detalle de sus terminales se aprecia en la Tabla V y Fig. 6.

Tabla V. Detalle del cableado del sensor CMP.

Detalle del conector del sensor CMP	
Terminal	Función
1	Masa
2	Positivo 5V
3	Señal



Fig. 6. Conector del sensor CMP.

G. Sensor de posición del pedal del acelerador o APS.A. Oscilograma del sensor de presión de riel o FRP en arranque.

Para el análisis de los oscilogramas del sistema de inyección Denso, la primera prueba que se realizó es la medición de señal del sensor de presión de riel en arranque, con la finalidad de observar el incremento de presión en el sistema, como se aprecia en la Fig. 8.e utilizó un escáner que permita ver y grabar datos en vivo.

Inicialmente las pruebas se realizaron mediante un osciloscopio, pero debido a la duración de la misma se optó por el equipo de diagnóstico, el sensor y el detalle de sus conectores se observan en la Fig. 7.

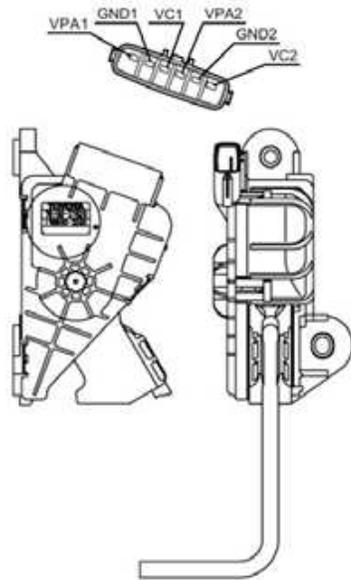


Fig. 7. Sensor del pedal del acelerador [19].

IV. Análisis de oscilogramas del sistema

A. Oscilograma del sensor de presión de riel o FRP en arranque.

Para el análisis de los oscilogramas del sistema de inyección Denso, la primera prueba que se realizó es la medición de señal del sensor de presión de riel en arranque, con la finalidad de observar el incremento de presión en el sistema, como se aprecia en la Fig. 8.

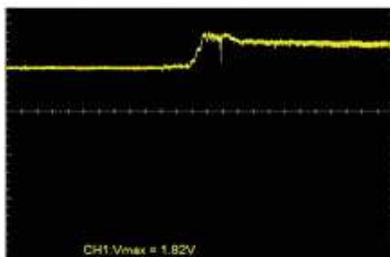


Fig. 8. Señal analógica del sensor FRP en arranque.

Las escalas que se manejan son de 1 voltio y 2 segundos por división, se puede visualizar en la Fig. 8 que cuando el sensor se encuentra en 1 voltio la presión en el riel es de 0 Bar con referencia a la información aportada por Denso en [18], al generar el arranque, el registro máximo de voltaje en el sensor es de 1.8 voltios lo cual corresponde a 512.5 Bar, constituyéndose esta como la presión de arranque que detecta el módulo de control del motor para activar los inyectores, dando como resultado el arranque del motor.

La señal en ralentí es estable entre 1.4 y 1.6 V, correspondiendo estos valores a 250 a 375 Bar, sin existencia de un ruido excesivo en el sensor, se deduce que el cableado se encuentra en buen estado, en cuanto al diagnóstico que compete al funcionamiento, se concluye que el sensor se encuentra entre los parámetros (310 Bar) establecidos como objetivos en el scanner del fabricante.

B. Oscilograma del sensor de presión de riel en acelerones.

Al estabilizar en ralentí el sensor FRP del vehículo Hino Dutro 300 se generan acelerones en vacío, para medir la máxima presión en el riel. En la Fig. 9 se muestra cada aceleración se evidencian variaciones en la señal del sensor, el valor máximo registrado es 2.57 V correspondiendo a una presión de 981.25 Bar con base en la información aportada en [18], la cual será la presión máxima obtenida en los acelerones en vacío, el sensor FRP. Los valores de las señales generadas en la figura están acordes con los datos correspondientes a la presión deseada por la ECU mediante un escáner automotriz indicando que el sensor se encuentra en perfecto estado de funcionamiento.

El sensor FRP es el encargado de corregir la presión de inyección para controlar electrónicamente el caudal de combustible ingresado.

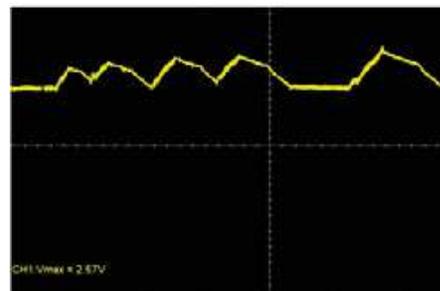


Fig. 9. Señal analógica del sensor FRP en acelerones.

C. Oscilograma de la válvula de control de succión o SCV en arranque.

Para la prueba y análisis de la válvula de control de succión se utilizan 2 canales de medición, como se puede apreciar en la Fig. 10, el canal de color amarillo hace referencia al voltaje, el cual esta escalado a 5 voltios por división, en el canal de color celeste se visualiza el consumo de corriente, con una escala de 1 amperio por división, los tiempos de registro son de 20 y 50 microsegundos.

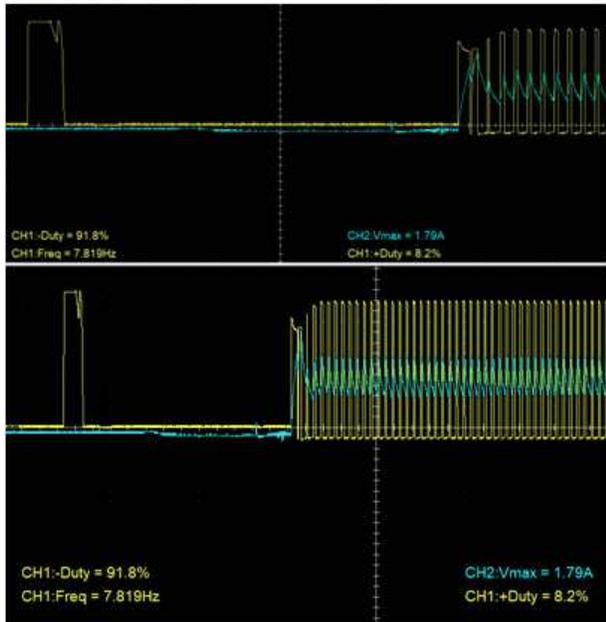


Fig. 10. Señal PWM y de consumo de corriente en la válvula SCV en arranque.

Al energizar la válvula SCV mediante el switch en posición ON, se aprecia en la Fig. 10 que la ECU genera un pulso sin consumo de corriente, esto es debido a una prueba para verificar que la válvula SCV se encuentre conectada.

La válvula SCV del Hino Dutro 300, es una válvula normalmente cerrada, lo cual se denota en la Fig. 10, pues, al generar el arranque del vehículo existe un incremento de corriente de 1.79 amperios, para abrir dicha válvula e incrementar la presión del riel, los picos de voltaje positivos significan que la válvula se abre, permitiendo el paso de combustible, los lapsos de voltaje correspondientes a cero voltios denotan que la válvula se cierra.

En la parte superior de la misma figura se aprecia con detalle el incremento de corriente para abrir la válvula y elevar la presión del combustible en el arranque, mientras que en la parte inferior se observa el control que ejerce la ECU sobre la SCV en ralentí al mantener una corriente promedio de 1 A en este actuador.

D. Oscilograma de la válvula de control de succión o SCV en elerones

Para acelerar el vehículo, al ser la SCV normalmente cerrada requiere enviar más combustible desde la bomba de transferencia a la bomba de alta presión para incrementar la presión en el riel. Esto se logra incrementando el consumo de corriente al variar el duty cycle del control PWM, permitiendo abrir más el flujo de combustible (Fig. 11).

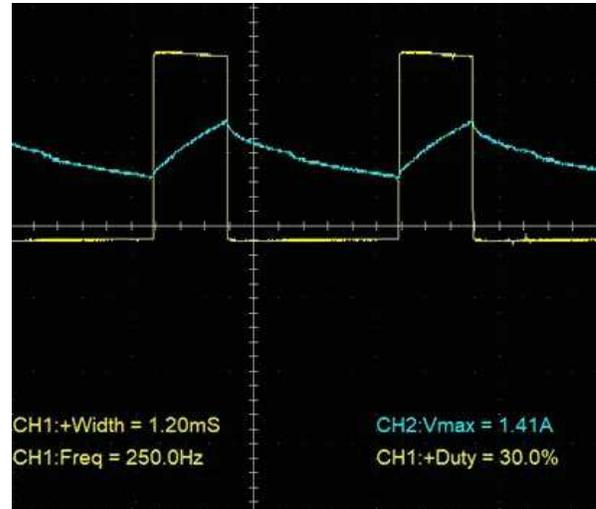


Fig. 11. Control PWM y consumo de corriente de la válvula

SCV

En la Fig. 11 se observa la válvula SVC en acelerones, la variación del PWM permite controlar de la presión del riel, el duty cycle muestra que el actuador abre un 30% y se cierra a un 70 %, notando que la corriente incrementa en cada acelerón, obteniendo un valor máximo de 1,41 amperios con un ancho de pulso de 1,20 milisegundos

El consumo de corriente de la válvula SCV va ser proporcional a la presión del riel, lo que quiere decir, a alta presión mayor corriente, cuando hay baja presión va estar la corriente en su nivel más bajo, hay que correlacionar que corriente de la válvula se incrementa con el porcentaje de trabajo del control PWM.

E. Oscilogramas del sensor de posición del árbol de levas o CMP y el sensor de posición del cigüeñal o CKP

Con respecto a la prueba y análisis de los sensores de posición CMP y CKP, en el osciloscopio se emplean 3 canales de medición como se observa en la Figura 12, el canal de color morado representa a la señal digital del sensor CMP el cual esta escalado a 2 voltios por división, el canal de color celeste denota el consumo de corriente generado en el primer inyector, en una escala de 5 amperios por división, el canal de color amarillo indica la señal analógica del sensor CKP que tiene 2 voltios por división, el tiempo de registro varia ya que se han tomado las señales a distintos intervalos.

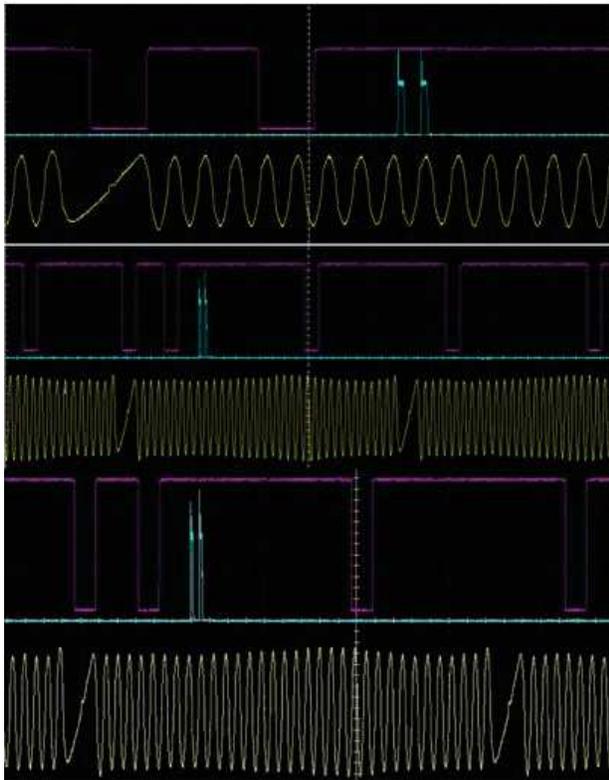


Fig. 12. Señal analógica de los sensores CMP y CKP.

Con respecto a la evaluación de la Fig. 12, el sensor CMP de tipo efecto Hall produce una forma de onda rectangular, su rueda fónica es de 5 dientes, la señal del primer cilindro se identifica al relacionarla con la señal del consumo de corriente del primer inyector denotándose el paso de dos dientes casi seguidos. Respecto al sensor de posición del cigüeñal o CKP de tipo inductivo, genera una señal alterna de 4 V en ralentí, su configuración es de 33 dientes con 3 perdidos, equivalente cada uno a 10 grados de giro del cigüeñal. No se visualizan daños en los dientes de las ruedas fónicas en los oscilogramas.

Mediante un equipo de diagnóstico se aprecia que en ralentí la inyección principal se genera en el PMS, por lo que se observa en la parte superior de la Figura 12 que el punto de sincronización de las señales del CKP y CMP está desfasado 105 grados antes del PMS

E. Oscilograma del sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT

Este sensor es de tipo NTC según aporta Denso en [18]. En el osciloscopio se registra su curva de funcionamiento cada 500 milisegundos durante la etapa de calentamiento, su voltaje varió lentamente en función de la temperatura como se aprecia en la Fig. 13.

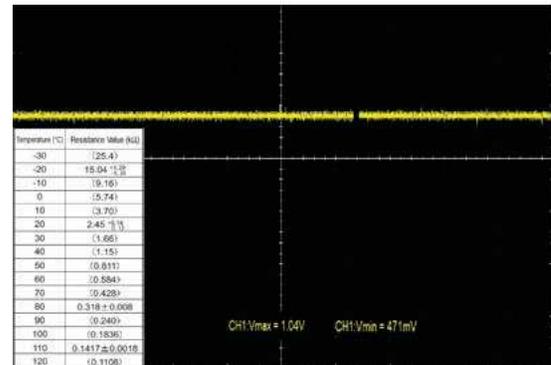


Fig. 13. Señal analógica del sensor ECT

G. Oscilograma del sensor de presión de admisión (MAP).

Para generar variaciones en el sensor MAP se acelera el vehículo para incrementar las revoluciones del turbocompresor, se utiliza un equipo de diagnóstico para obtener el valor de la presión de soplado y se visualiza que al acelerar por encima de 2200 rpm la presión del BPS varía, tanto en el voltaje del osciloscopio como en la línea de datos del escáner (Fig. 14) en donde el voltaje en 0 MPa es de 1V.

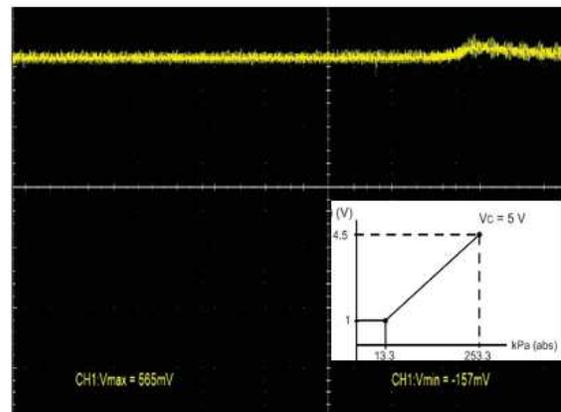


Fig. 14. Señal analógica del sensor MAP

H. Prueba del sensor de temperatura del aire de admisión (IAT).

De igual forma con un equipo de diagnóstico y un osciloscopio se mide la variación de la temperatura del aire de admisión en la etapa de calentamiento del motor, se registra que en ambos equipos se genera un cambio de magnitud y voltaje en el funcionamiento leve, su oscilograma se aprecia en la Fig. 15.

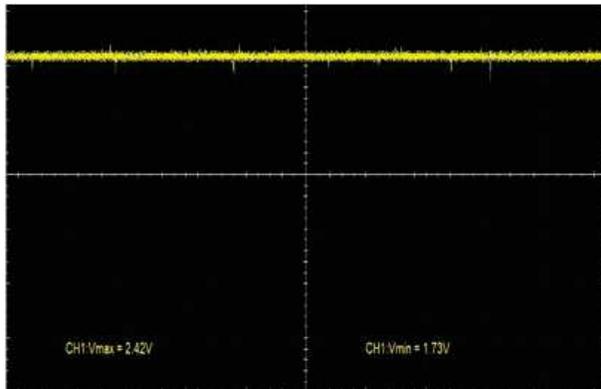


Fig. 15. Señal analógica del sensor IAT

I. Oscilograma del módulo EDU.

En el análisis del oscilograma del módulo EDU se emplean 3 canales en el osciloscopio como se aprecia en la Fig. 16, en el canal 2 de color celeste se aprecia el consumo de corriente del inyector, el canal 3 de color morado muestra la señal que envía la ECU hacia el EDU para activar el inyector o conocida como (IGT) según datos del fabricante, el canal 4 de color verde es la señal de confirmación que emite el módulo EDU hacia la ECU, o conocida como (IGF) según términos del fabricante.



Fig. 16. Oscilograma del módulo EDU con consumo de corriente de un inyector.

El oscilograma del modo EDU, se divide en 4 fases como son:

La fase A: Corriente de arranque, como se logra apreciar en la Fig. 16, una vez que la señal IGT es enviada, se genera la corriente necesaria para activar el inyector, lo cual se ve reflejado en el pico más elevado de consumo de corriente correspondiente a 10.4 Amperios.

La fase B: Detección del comienzo de la inyección, es el lapso en el cual la corriente del inyector se estabiliza para dar paso a la corriente de mantención, se puede apreciar que la señal IGF pasa de 5 a 0 Voltios.

La fase C: Corriente de mantención, se observa como la corriente se estabiliza con la finalidad de que se produzca la inyección, dicho lapso también conocido como ancho de pulso.

La fase D: Confirmación y desactivación, es la fase final en la cual, la señal IGT inhabilita la corriente del inyector, una vez que la corriente decae por completo, el módulo EDU envía la señal de confirmación IGF a la ECU, de que se cumplió con la inyección al elevar nuevamente el voltaje a 5 Voltios.

J. Oscilograma de los inyectores.

Respecto a los inyectores, en la Fig. 17 se puede apreciar el oscilograma de los mismos, el canal 1 del osciloscopio registra el voltaje de activación (color amarillo), mientras que el canal 2 de color celeste muestra el consumo de corriente, la preinyección sucede en primer lugar durando aproximadamente 500µs y la inyección principal sigue a está durando cerca de 700µs.

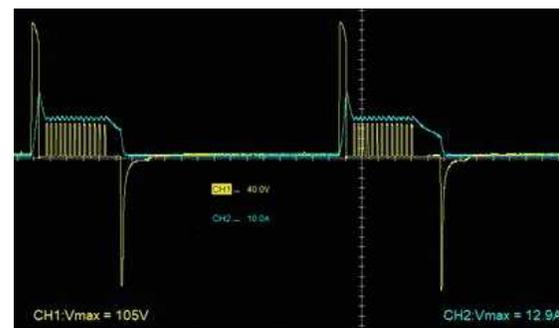


Fig. 17. Preinyección e Inyección principal

Un acercamiento a la inyección principal evidenciado en la Fig. 18 permite apreciar el voltaje boost de activación, correspondiendo este a 107 Voltios, el consumo de corriente de la electroválvula de la cámara de control refleja 12.9 Amperios para la etapa de activación y 8 A aproximadamente para la etapa de mantención, el control utilizado es un peak and hold con pulsos de 24 Voltios para mantener la corriente. El pico negativo de voltaje al final se produce por la disrupción al quitar la alimentación de la bobina de la electroválvula y suele utilizarse para cargar los condensadores que permiten el voltaje boost de activación en la siguiente inyección.

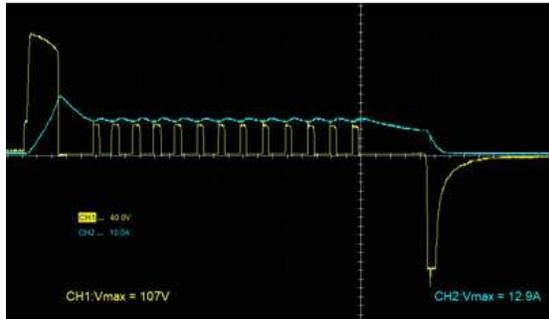


Fig. 18. Inyección principal generada en el sistema Denso de un motor N04C.

K. Gráfica del sensor del pedal del acelerador o APS.

Como se aprecia en la Fig. 19 el lapso de tiempo que utilizado en la prueba para registrar la señal del sensor APS es aproximadamente de 260 s, es por eso que los datos de tiempo y voltaje son extraídos con ayuda de un escáner automotriz, para luego verse reflejados en una gráfica de Microsoft Excel®.

J. Oscilograma de los inyectores.

Respecto a los inyectores, en la Fig. 17 se puede apreciar el oscilograma de los mismos, el canal 1 del osciloscopio registra el voltaje de activación (color amarillo), mientras que el canal 2 de color celeste muestra el consumo de corriente, la preinyección sucede en primer lugar durando aproximadamente 500µs y la inyección principal sigue a está durando cerca de 700µs.

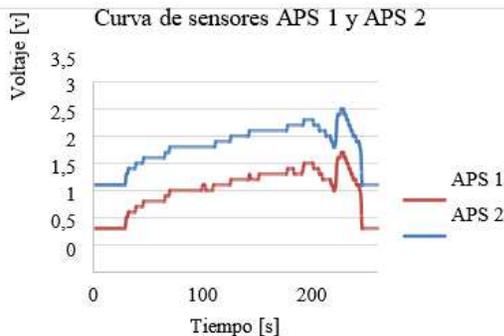


Fig. 17. Preinyección e Inyección principal

El sensor APS tiene dos captadores de efecto Hall, dicho sensor, envía dos señales analógicas variables APS 1 y APS 2 las cuales están desfasadas 0.8 V y cumplen con la función de informar a la ECU la posición del acelerador. En la Fig. 17, se visualiza que el pico del voltaje más elevado es de 3 voltios para la señal APS 2 y para la señal APS 1 es de 2,2 voltios, aproximadamente en un tiempo de 225 s, captado en un acelerón.

V. Conclusiones

Las señales obtenidas del análisis de oscilogramas de los

sensores y actuadores del sistema inyección de un motor N04C se describen en detalle en la presente investigación, entre los datos de interés se recalca que en la prueba de arranque se puede verificar que se alcanzan 512.15 Bar (1.82 V) de presión en el riel de inyectores según se aprecia en su oscilograma, la SCV del vehículo es del tipo normalmente cerrada consumiendo 1.79 A para alcanzar la presión antes mencionada.

El control PWM que comanda la SCV funciona a una frecuencia de 250 Hz con activación mediante el ciclo de trabajo positivo, el consumo de corriente en ralentí alcanza un máximo de 1.41 A con un 30% de activación, manteniendo la presión en el riel entre 275 a 350 Bar según se aprecia en la magnitud de voltaje del FRP (1.4 a 1.6 V).

La ECU evalúa la carga del motor para la variación del caudal inyectado, al generar acelerones en vacío se puede registrar un incremento en la presión del riel de hasta 981.25 Bar (2.57 V en la señal del FRP), tanto los tiempos de preinyección e inyección principal se mantienen en los distintos rangos de aceleración generados, entre 500µs para la preinyección y 700µs para la inyección principal.

El módulo EDU produce un voltaje boost para activar los inyectores correspondientes a 105 V, la corriente de activación de la electroválvula de la cámara de control es de 13 A, mientras que la corriente de mantención oscila entre los 8 A, internamente en el EDU el driver de activación puede sensar el consumo de corriente de los inyectores generando las señales IGF de confirmación de inyección.

Con los diagramas obtenidos es posible desarrollar un diagnóstico de los sensores y actuadores, con ello se pueden establecer fallas de funcionamiento y por consiguiente la debida reparación o cambio de la pieza.

VI. Referencias

- [1] D. González Calleja, Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, Madrid: Paraninfo, 2015.
- [2] J. Bejanes y E. Navarro, «Clasificación de los MCIA,» de Motores de Combustión Interna Alternativos, Valencia, Universitat Politècnica de Valencia, 2011, pp. 26-41.
- [3] M. Valdés y S. Molina, «Historia reciente de los motores de combustión interna alternativos,» de Motores de Combustión Interna Alternativos, Valencia, Universitat Politècnica de Valencia, 2011, pp. 14-16.
- [4] Y. A. Cengel y M. A. Boles, «Ciclo Diésel: el ciclo ideal para las máquinas de encendido por compresión,» de Termodinámica Séptima Edición, México D.F, McGraw- HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2012, pp. 504-507.
- [5] J. Bejanes y J. M. García-Oliver, «Combustión en MEC,» de Motores de Combustión Interna Alternativos, Valencia, Universitat Politècnica de Valencia, 2011, pp. 620-654.
- [6] F. V. Tinaut y J. J. López, «Combustión en MEP,» de Motores de Combustión Interna Alternativos, Valencia, Universitat Politècnica de Valencia, 2011, pp. 538-577.
- [7] J. Pardiñas y R. Feijoo, Sistemas Auxiliares Del Motor, Madrid: Editex, 2018.
- [8] J. V. Villarroel, Diseño y construcción de un banco de pruebas para el

-
- sistema Common Rail, Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016.
- [9] T. Raatz y H. Grieshaber, «Basic principles of the diesel engine, » de Diesel Engine Management Systems and Components, Wiesbaden, Springer, 2014, pp. 16-33.
- [10] C. Barquera, «Curso CRDI Denso,» de Curso CRDI Denso, San José, 2017.
- [11] C. Barquera, «Curso CRDI Delphi,» de Curso CRDI Delphi, San José, 2017.
- [12] C. Barquera, «Curso CRDI Bosch,» de Curso CRDI Bosch, San José, 2017.
- [13] C. Barquera, «Curso CRDI Siemens,» de Curso CRDI Siemens, San José, 2017.
- [14] R. Passo, C. Ulcuango, C. Toapanta y L. Luna, «ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIÉSEL CRDI DE LAS MARCAS DENSO Y DELPHI,» Universidad, Ciencia y Tecnología, vol. 2, n° 2, pp. 186-194, 2019.
- [15] M. F. Carapaz Cuasapaz y C. N. Vizcaino Escobar, Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 Diésel, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2015.
- [16] J. S. Noboa Pazmiño y D. A. Vargas Caspi, INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, “05S00047” Y “06S00387” DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION), Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2017.
- [17] J. L. V. Villaroel, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS, Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016.
- [18] Denso Corporation, «Electronic Driver Unit (EDU), » de N04C-# Engine COMMON RAIL SYSTEM (CRS) SERVICE MANUAL: Operation, Kariya, Denso Corporation, 2007, pp. 1-17.
- [19] Denso Corporation, «Accelerator position sensor and accelerator pedal module, » de N04C-# Engine COMMON RAIL SYSTEM (CRS) SERVICE MANUAL: Operation, Kariya, Denso Corporation, 2007, pp. 1-20.
- [20] Denso Corporation, «Pressure Sensor, » de Common Rail System for ISUZU 4HK1 / 6HK1 Type Engine, Kariya, Denso Corporation, 2004, p. 19.
- [21] Denso Corporation, «coolant temperature sensor, » de N04C-# Engine COMMON RAIL SYSTEM (CRS) SERVICE MANUAL: Operation, Kariya, Denso Corporation, 2007, pp. 1-21.