

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

Corrección del inyector en función de la altura en
sistemas CRDI

Miguel Gustafsson

Robert Derichs

Ing. Juan Carlos Rubio
Director

Contenido

.....	0
RESUMEN	2
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	4
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	6
Cantidad de particulado de oxígeno en el aire según la altura:	6
Funcionamiento de un motor CRDI:	7
DESARROLLO.....	8
Los inyectores corrigen la inyección de acuerdo a la altura.....	8
PRUEBAS REALIZADAS:	11
Primera Prueba A 0 msnm:.....	12
A 500 msnm:	12
A 1000 msnm:	13
A 1500 msnm:	13
A 2000 msnm.....	14
A 2500 msnm.....	14
A 3000 msnm.....	15
CONCLUSIÓN	16
BIBLIOGRAFIA	17
ANEXOS	18

Corrección del inyector en función de la altura en sistemas CRDI

ING. JUAN CARLOS RUBIO, MIGUEL GUSTAFSSON, ROBERT DERICHS

RESUMEN

Introducción: Se realizó este estudio con el afán de comprobar y entender mejor el funcionamiento de los inyectores en un sistema Common Rail Diesel Injection (CRDI) además de ver la corrección de la inyección que se da en el sistema. **Metodología:** Se realizaron varias pruebas en un auto equipado con un sistema CRDI de Bosch, con la ayuda de un escáner automotriz y los resultados obtenidos se compararon con la bibliografía disponible. **Resultados:** En los sistemas CRDI la corrección de la inyección en función de la altitud geográfica está dada por la Unidad de Control Electrónico (ECU). **Conclusión:** La corrección de la inyección es efectuada por la computadora en base a la información recibida por los sensores, mas no por los inyectores.

Palabras clave: CRDI, inyector, Corrección, altitud, inyección.

ABSTRACT

Introduction: This study was conducted with the aim of checking and understanding better the operation of the injectors in a CRDI system in addition to seeing the correction of the injection that occurs in the system. **Methodology:** In order to carry out this research, we carried out several tests on a car equipped with a CRDI system from Bosch, with the help of an automotive scanner, we obtained the results and made an objective comparison. **Results:** The comparison of the obtained results allow us to see that in the CRDI systems in general the correction according to the altitude geography is given by the ECU, thanks to this we can affirm that the injectors are only actuators and do not make any correction. **Conclusion:** The injector is an actuator that only receives orders from the computer and does not make any correction, since this is done by the computer with all the information it receives from the sensors.

Keywords: CRDI, injector, Correction, altitude, injection

INTRODUCCIÓN

En los motores CRDI se utiliza como combustible el diésel o también llamado gasóleo. Tiene como característica principal para la combustión el autoencendido de la mezcla aire combustible. El aire ingresa al motor sobrealimentado por un turbo; en el cilindro, el pistón incrementa la presión y la cámara de combustión genera un movimiento giratorio del aire comprimido. El caudal generado por la bomba mecánica crea una alta presión del diésel en el riel común, que al momento de la inyección lo pulveriza dentro del cilindro y provoca la combustión.

El presente estudio es una investigación mixta y tiene como finalidad determinar si los inyectores del sistema CRDI modifican los parámetros de corrección de inyección, según la altitud geográfica.

Se utilizó una camioneta Mahindra Pick Up con motor Mhawk y sistema Bosch CRDI para obtener información que permita validar o rebatir la hipótesis de que “Los inyectores corrigen los parámetros de inyección”.

Se comprobó que los parámetros de corrección no están determinados por los inyectores ya que éstos son actuadores

que responden a una señal del computador.

Esta investigación es descriptiva ya que describe lo que ocurre con los sensores de un sistema CRDI a diferentes alturas geográficas y los asocia para determinar si los inyectores corrigen o no los parámetros de inyección. También es cuantitativa ya que para obtener la información de los sensores se utilizó un método de medición, con la ayuda de un escáner y posteriormente se observaron los resultados sistemáticamente.

En esta investigación descriptiva cuantitativa se empleó una camioneta Mahindra Pick Up con motor Mhawk y sistema Bosch CRDI para obtener información que permita validar o rebatir la hipótesis de que “Los inyectores corrigen los parámetros de inyección”.

Se realizaron mediciones de 11 parámetros, descritos en las tablas a diferentes alturas desde cero a 3.800 metros de altura, con intervalos de 500 metros aproximadamente. La altura se midió con un altímetro marca CASIO modelo Pathfinder PAW-2000T. Se conectó el escáner de marca G-Scan en el puerto OBD-2 del auto, se ajustaron los parámetros al escáner para obtener la variación de lectura de datos en las distintas alturas geográficas sobre el nivel del mar.

Para obtener datos exactos, reales y poder comparar la variación de parámetros por el cambio de presión barométrica se realizaron las mediciones a la temperatura de trabajo del motor (73°Centígrados), asegurando que la computadora no realice compensación por temperatura del refrigerante. Se realizaron las pruebas en lugares que cumplieran parámetros de posición geográfica del vehículo; no pendientes y el mismo régimen de trabajo del motor. Cabe mencionar que la toma de datos se realizó a horas similares durante dos días, con el mismo escáner automotriz, vehículo y el mismo altímetro.

Se seleccionaron en el G-Scan los sensores de temperatura de aire, temperatura de combustible, presión del turbo, presión barométrica y como actuadores los inyectores, para poder realizar la medición en función de la altitud a la que se encuentra el vehículo, con el motor en relanti, a media y a plena carga. Se seleccionaron los sensores de posición del acelerador, revoluciones por minuto (RPM) del motor y la velocidad del vehículo para evitar la variabilidad según la cantidad de aire aspirado y al intercambio de gases que ocurre internamente en el cilindro. Los datos necesarios obtenidos y enviados por la ECU para comparar la

cantidad de combustible dosificada y el tiempo en el cual se realiza la inyección de este, fueron registrados y analizados posteriormente en este estudio.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

El factor en estudio o variable independiente de esta investigación es la altura que ejerce su efecto en 3 variables dependientes medidas con los sensores de: temperatura de combustible, presión del turbo, presión barométrica y como actuadores los inyectores, que fueron medidos a las alturas de 0, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 y 3800 m.s.n.m. bajo 3 condiciones de régimen de trabajo. En la primera condición se mantuvo el motor en relanti con un rango de velocidad de motor de 776,41 – 800,67 rpm; una posición del acelerador de 0% y una velocidad del vehículo de 0 km/h. En la segunda el motor estuvo a media carga con un rango de velocidad del motor de 2426,27 – 3057.1 rpm; una posición del acelerador de 46 a 60% y una velocidad del vehículo de 54 – 67 km/h. La tercera condición se determinó con el motor a plena marcha, una velocidad del motor de 2183,64 – 2596,11 rpm; una posición del acelerador del 100% y una velocidad del vehículo de 55 – 80 km/h.

Los datos tomados de 0 m a 217 m.s.n.m se midieron a lo largo de la Vía Santo Domingo – Esmeraldas; desde los 217m.s.n.m a 2500 m.s.n.m a lo largo de la vía Calacalí – La Independencia y los datos tomados desde 3000m.s.n.m a 3800 m.s.n.m fueron tomados en la vía Pifo – Papallacta.

La parte experimental de la investigación comprende la toma de datos antes descrita y la parte investigativa compara los resultados obtenidos, con el fundamento teórico de manuales y publicaciones de la cantidad de particulado de aire según la presión atmosférica, altitud geográfica en un motor diésel con sistema CRDI y la explicación de funcionamiento de una ECU o centralita. Se compararon los datos obtenidos con el respaldo teórico y se llegó a la conclusión que los inyectores **no corrigen los parámetros de inyección** y también se pudo constatar durante el análisis que los datos tomados son correctos.

FUNDAMENTO TEÓRICO.

Para realizar esta investigación se utilizaron varios fundamentos teóricos, los principales son: la cantidad de particulado de oxígeno en el aire dependiendo la altitud geográfica, el funcionamiento de un motor con un

sistema CRDI y las cartografías de una ECU.

Cantidad de particulado de oxígeno en el aire según la altura:

El aire está compuesto por un 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1% de otros gases, esto se mantiene hasta 100 km de atmósfera. A nivel del mar la presión atmosférica es de 760 mmHg, mayor que en sitios más altos como la sierra ecuatoriana (Quito 2850 m.s.n.m presión atmosférica de valor de 546.7 mmHg), lo que provoca que las partículas de los gases que lo componen (particulado) sea afectado por la presión, haciendo que las partículas se junten a nivel de mar y se segreguen de acuerdo a la pérdida de presión atmosférica. Se sabe que el particulado a nivel del mar es más alto y que conforme se asciende en altitud, la cohesión entre partículas disminuye; por lo cual tenemos menos partículas de oxígeno en la altura, que a nivel del mar.

El particulado no depende solo de la presión atmosférica, sino de otros factores como la temperatura y la humedad del ambiente, a mayor temperatura la densidad del aire y el particulado disminuyen; mientras que, a menor temperatura, estos aumentan. La

humedad en cambio es directamente proporcional al particulado del aire.

Si bien hay varios factores que afectan el particulado del aire, el más importante e influyente es la presión atmosférica, por lo que se ha planteado como variable independiente del estudio.

Funcionamiento de un motor

CRDI:

Para asegurar un correcto funcionamiento de la inyección la unidad de control del sistema CRDI utiliza una serie de sensores como la posición del pedal del acelerador, el ángulo y número de revoluciones del cigüeñal, la presión del rail, la presión de alimentación del turbo, temperatura del aire, refrigerante y combustible, la masa de aire, la velocidad en marcha entre otros.

La ECU evalúa toda la información de entrada recibida por los sensores para sincronizar la combustión, manejando la válvula reguladora de presión, la unidad de dosificación, los inyectores, válvula reguladora de presión del turbo entre otros. El sistema de ángulo/tiempo se sincroniza mediante los sensores del cigüeñal y el árbol de levas para poder realizar un tiempo de trabajo eficiente.

Las ventajas de este sistema es poder controlar el tiempo, la cantidad de combustible y la presión necesaria según

los parámetros de funcionamiento del motor y poder tener un motor más eficiente con menor consumo de combustible y con mínimo ruido.

La evolución de los sistemas CRDI se basa en las bombas e inyectores con control electrónico, pudiendo alcanzar presiones de hasta 2000 bares. Estos sistemas comparten un riel de acumulación de presión, donde están conectados todos los inyectores que son alimentados por la bomba. Los inyectores al ser comandados por la ECU controlan el tiempo y la dosificación de inyección del diésel. Sistemas con inyectores mecánicos dosifican la cantidad de combustible cuando la bomba vence el resorte dentro del inyector, abriendo la tobera para pulverizar el diésel.

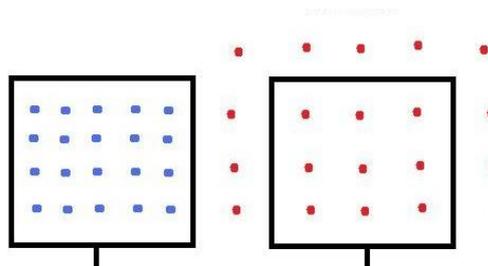
DESARROLLO

Los inyectores corrigen la inyección de acuerdo a la altura.

El estudio pretende aclarar los paradigmas de que, si los inyectores corrigen los parámetros de la inyección de acuerdo a altitud sobre el nivel del mar, los adelantos a la inyección, los parámetros de temperaturas de aire y de combustible para obtener un mejor desempeño del motor.

El principio físico de la gravedad afecta el proceso de combustión porque a más altura menos particulado de aire (oxígeno), lo que afecta en su funcionamiento. Adicional a ello tenemos otros parámetros que debemos tener en cuenta para las correcciones en el proceso de combustión como son:

Temperatura de Aire: Este dato es muy importante teniendo en cuenta que un gas a mayor temperatura ocupa un mayor espacio; esto quiere decir que se tiene menor concentración de oxígeno cuando el aire se somete a altas temperaturas. Por esta razón los sistemas turbo alimentados modernos utilizan el sistema de intercooler para poder reducir la temperatura de admisión.



(Bosch, 2005)

Particulado de Aire (Presión atmosférica): El oxígeno se encuentra constante en toda la atmósfera con un porcentaje del 21%, lo que sucede en la altura al tener motores atmosféricos es que la eficiencia volumétrica desciende, porque al aumentar la altitud, la presión atmosférica se va reduciendo, lo que afecta directamente al llenado del cilindro y aproximadamente se reduce un 10% de oxígeno por cada 1000 metros de altura.

Adelanto a la inyección: El adelanto a la inyección es referente al ángulo de giro del cigüeñal, que como se mencionó antes, el punto de inyección en sistemas diésel se realiza en el ciclo de compresión antes de llegar al (PMS) y el adelanto de este se da por el tiempo que se demora el combustible inyectado en encenderse. Para que el pistón pueda aprovechar de mejor manera la combustión se tiene que dar el adelanto a la inyección, de tal manera que el mayor punto de inflamación se encuentre en el (PMS) y unos grados después.

Temperatura de combustibles: La temperatura del combustible en los sistemas CRDI es muy importante, ya que con este dato la ECU maneja de manera correcta la presión en el rail de combustible, el tiempo de inyección y el adelanto de este. Conforme la temperatura del diésel va subiendo, su densidad va cambiando y se vuelve más fluido.

Tiempo de Inyección: El tiempo de inyección es el tiempo que permanece el inyector abierto, para suministrar combustible dentro del cilindro. Este tiempo depende del tipo de inyección; la inyección piloto se utiliza para elevar la temperatura del cilindro y crear un frente de llama, mientras que la inyección principal es la que aporta la mayor cantidad de trabajo. Este tiempo está dado en milisegundos o micro segundos, dependiendo de la interfaz de diagnóstico.

El tiempo de inyección aumenta en función de las revoluciones o cuando el motor necesita acelerar hasta llegar a las revoluciones deseadas.

Presión del turbo: La presión del turbo influye dentro del motor generando un mejor llenado del cilindro y sobre cargando el motor para generar mayor trabajo sobre la cabeza del pistón.

La combustión se da en el momento en que se inyecta el diésel dentro del cilindro, gracias a la alta presión que hay en este, el diesel inyectado se inflama. La combustión tiene tres elementos fundamentales para que ocurra: foco de calor, combustible y oxígeno.

El proceso de combustión está determinado por la cantidad de aire que ingresa a la cámara de combustión. La cantidad de aire que ingresa al cilindro está determinado por la cantidad de vacío generado por la temperatura de los gases de escape y por la cantidad de aire (particulado) disponible en el ambiente y éste está determinado por la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentre funcionando el motor de combustión. Estos datos se los obtiene por medio de un transductor que se denomina MAP, que es el encargado de medir la presión absoluta del múltiple, con este dato se obtiene dos informaciones importantes: la altura sobre el nivel del mar como dato preciso, y la cantidad de aire que está ingresando al motor.

El sensor de temperatura de aire brinda un dato más preciso sobre las características del aire que está ingresando al motor y con ello la computadora puede hacer una calibración más fina de la mezcla aire combustible.

El combustible, al encontrarse dentro de un motor de presión constante, se inflama espontáneamente al ingresar en la cámara de combustión. La cantidad de combustible que debe ser suministrado y el tiempo de adelanto al que debe ser inyectado, son el resultado de las acciones determinadas por la computadora en base a la cantidad de aire que ingresa, la temperatura del motor, los datos de la sonda lambda y la presión barométrica. El adelanto al encendido es la cantidad de tiempo que tarda la mezcla aire combustible, para que pueda realizar su proceso de combustión en el tiempo definido. Este adelanto está determinado por la cantidad de oxígeno disponible a la altura a la que se encuentre funcionando el motor.

La temperatura del aire y la temperatura del combustible son datos que ayudan a obtener una mejor lectura de lo que está ocurriendo, para lograr una mejor relación aire combustible.

En cuanto a la cantidad de combustible inyectado o tiempo de energización del inyector se debe recordar que este tiempo de abertura está determinado por un componente base, que está cargado en la cartografía del computador y que se puede modificar de acuerdo a la señal de

los sensores de altitud, temperaturas y presión del múltiple.

Las preinyecciones en los sistemas electrónicos pueden darse hasta en dos ocasiones consecutivas, para mejorar la combustión y con ello también bajar el ruido ocasionado por la combustión.

Para poder determinar los cambios que se realizan en los inyectores se llevaron a cabo una serie de pruebas, que se describen a continuación, en el motor diésel de las características antes mencionadas.

PRUEBAS REALIZADAS:

Con el afán de explicar el funcionamiento de la ECU en un sistema CRDI realizaron una serie de pruebas en un auto que funciona con este tipo de sistema. Las pruebas consistían en observar el comportamiento de diferentes tipos de sensores y actuadores en el motor, los cuales son comandados por la ECU, a diferentes niveles de carga, así como a diferentes niveles de altura.

Para determinar las mediciones a realizar se debe tener en cuenta las siguientes características básicas para todas las pruebas:

Vehículo: Mahindra Pick UP

Temperatura de trabajo de motor: 73°C

Scan de vehículo: Gscan-2

Altímetro: CASIO Pathfinder

Las pruebas que se realizaran en el motor están tomadas a diferentes alturas: 0, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, y 3800 metros sobre el nivel del mar.

Los parámetros de carga del motor para las pruebas serán:

- Relanti bajo: es la marcha mínima de un motor en la cual no aporta trabajo se mantiene para no apagarse.
- Media carga: es cuando el motor se encuentra acelerando con un 50% de la posición del acelerador, el vehículo en marcha y aporta trabajo.
- Plena carga: es cuando el auto está acelerando con el 100% de la posición del acelerador y aporta trabajo al vehículo.

Primera Prueba A 0 msnm:

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	3.76	24	48.94
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	1.41	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	5.65	27.29	50.82
4		Cantidad actual del inyector	5.18	26.82	50.82
5	µs	Tiempo de energización del inyector	554	586	908
6	hPa	Presión actual del turbo	988.24	1772.55	1976.48
7	hPa	Presión atmosférica	1003.92	1003.92	1003.92
8	RPMs	Velocidad del motor	776.41	2547.58	2353.48
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	56	72
10	%	Posición del Acelerador	0	51	100
11	°C	Temperatura de combustible	45	45	45

La corrección realizada en esta tabla por la computadora es referente a la mayor presión del turbo, con lo que el inyector debería entregar una mayor cantidad de combustible, pero al estar el vehículo en la costa y debido por la temperatura ambiental, el Diesel aumenta su temperatura y por este motivo disminuye su densidad.

A 500 msnm:

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	7.53	27.2	49.41
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0.94	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	8.94	28.9	50.82
4		Cantidad actual del inyector	8.47	29.32	51.3
5	µs	Tiempo de energización del inyector	696	698	936
6	hPa	Presión actual del turbo	988.24	1866.67	1976.48
7	hPa	Presión atmosférica	941.18	941.18	941.18
8	RPMs	Velocidad del motor	776.41	3057.1	2474.8
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	67	75
10	%	Posición del Acelerador	0	60	100
11	°C	Temperatura de combustible	43	43	43

Mientras la altura va subiendo la presión en el múltiple va a disminuir porque la presión atmosférica es menor, pero la temperatura ambiental también se reduce mientras aumenta la altura por esta razón la densidad del aire disminuye y hay más partículas de aire en el mismo espacio, también observamos la temperatura del Diesel empieza a disminuir.

A 1000 msnm:

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	8	30.12	49.88
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0.94	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	9.41	31.53	51.3
4		Cantidad actual del inyector	9.88	33.41	52.24
5	μs	Tiempo de energización del inyector	717	620	901
6	hPa	Presión actual del turbo	925.49	1725.49	1976.48
7	hPa	Presión atmosférica	894.12	909.81	909.81
8	RPMs	Velocidad del motor	776.41	2523.32	2499.06
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	56	76
10	%	Posición del Acelerador	0	51	100
11	°C	Temperatura de combustible	42	42	42

La compensación de la inyección aumenta la entrega de combustible por el aumento de la densidad del aire, aunque se reduzca la presión en el múltiple la cantidad de aire que ingresa al cilindro es mayor por la temperatura.

A 1500 msnm:

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	7.06	22.59	49.41
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0.94	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	9.88	25.41	51.3
4		Cantidad actual del inyector	8.47	25.41	51.3
5	μs	Tiempo de energización del inyector	693	549	916
6	hPa	Presión actual del turbo	862.75	1960.79	1992.16
7	hPa	Presión atmosférica	847.06	847.06	831.37
8	RPMs	Velocidad del motor	800.67	2814.47	2183.64
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	62	68
10	%	Posición del Acelerador	0	49	100
11	°C	Temperatura de combustible	40	40	40

La temperatura del Diesel se mantiene a esta altura, pero la entrega de Diesel en relanti va disminuyendo porque la presión atmosférica es menor y a ese número de RPMs el turbo no sobre alimenta el motor.

A 2000 msnm

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	3.76	23.53	49.88
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0.94	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	5.18	26.82	51.3
4		Cantidad actual del inyector	5.18	26.35	51.3
5	µs	Tiempo de energización del inyector	557	597	931
6	hPa	Presión actual del turbo	800	1349.02	2054.91
7	hPa	Presión atmosférica	800	800	815.69
8	RPMs	Velocidad del motor	800.67	2523.32	2596.11
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	56	80
10	%	Posición del Acelerador	0	46	100
11	°C	Temperatura de combustible	38	38	38

Por las condiciones externas el Diesel empieza a bajar su temperatura que en conjunto con la disminución de la presión atmosférica, reduce la cantidad de entrega de combustible, cuando se encuentra en relanti.

A 2500 msnm

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	3.29	27.77	48.94
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0.94	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	4.24	31.06	50.82
4		Cantidad actual del inyector	4.24	30.12	50.35
5	µs	Tiempo de energización del inyector	534	656	938
6	hPa	Presión del turbo	737.26	1317.65	1819.61
7	hPa	Presión atmosférica	737.26	737.26	721.57
8	RPMs	Revoluciones del motor	800.67	2499.06	2523.32
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	56	55
10	%	Posición del Acelerador	0	49	100
11	°C	Temperatura de combustible	36	36	36

La densidad del diésel aumenta con la reducción de la temperatura, esto aumenta el tiempo de energización del inyector, dificultando el paso de combustible a través de los orificios del inyector.

A 3000 msnm

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	4.24	33.88	48.47
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0.94	2.82	1.41
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	5.65	37.18	49.88
4		Cantidad actual del inyector	5.65	36.24	50.35
5	µs	Tiempo de energización del inyector	613	691	953
6	hPa	Presión actual del turbo	721.57	1537.26	1678.44
7	hPa	Presión atmosférica	705.88	705.88	690.2
8	RPMS	Velocidad del motor	776.41	2426.27	2232.17
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	54	69
10	%	Posición del Acelerador	0	51	100
11	°C	Temperatura de combustible	34	34	34

La presión del turbo no puede llegar a la obtenida a nivel del mar por la reducción de presión atmosférica, de igual manera la temperatura del Diesel en el sistema de inyección desciende por el entorno en el que se encuentra el vehículo.

A 3800 msnm

N°	Unidades		Relanti	Media carga	Carga total
1		Cantidad de inyección deseada. MI 1	4.24	17.41	47.53
2		Cantidad de inyección deseada. Pil 1	0	1.41	1.88
3		Suma de valores deseados de (MI y Pil)	5.65	19.29	49.41
4		Cantidad actual del inyector	5.65	19.29	49.88
5	µs	Tiempo de energización del inyector	599	568	929
6	hPa	Presión actual del turbo	650.83	1082.36	1772.55
7	hPa	Presión atmosférica	643.14	643.14	627.45
8	RPMS	Velocidad del motor	800.67	2547.58	2523.32
9	Km/h	Velocidad del vehículo	0	58	77
10	%	Posición del Acelerador	0	50	100
11	°C	Temperatura de combustible	31	31	31

La presión atmosférica es muy baja por la altura a la que se encuentra el vehículo y reduciendo la inyección en relanti y por la temperatura del combustible la energización del inyector es mayor.

Al analizar los resultados de las pruebas efectuadas, se puede afirmar que los inyectores no realizan ningún tipo de corrección cuando el vehículo circula a diferentes niveles de altura. La corrección se realiza por parte de la computadora, la cual, al recibir información del sensor barométrico, que nos indica la presión ambiental, la cual varía según la altitud, procede a modificar los tiempos de inyección del inyector. En la teoría, así como en las pruebas realizadas podemos comprobar que el elemento encargado de modificar la inyección en función de la altura, la presión atmosférica, el nivel de carga, la cantidad de oxígeno, y demás factores externos al motor, así como internos, es la ECU.

CONCLUSIÓN

El inyector en sistemas CRDI y como en el resto de los sistemas es solo un actuador, que nos permite realizar la entrega de combustible dentro del cilindro. La única acción que realiza el inyector es abrirse o cerrarse dependiendo de la orden que la computadora envíe, mas no realiza ninguna acción por sí solo. Los elementos tecnológicos que llevan los inyectores nos sirven para mejorar la comunicación y velocidad de respuesta de estos.

La cantidad de entrega, adelanto del tiempo de inyección y el número de pre inyecciones son ordenadas por la ECU, ya que esta es la que recibe toda la información de los sensores que se encuentran en los diferentes sistemas del motor y con esto la ECU controla al inyector.

Se observó en las tablas comparativas que el tiempo de energización varía en función de la altura. Estas variaciones suceden por muchos factores como la temperatura del aire, la temperatura del combustible, la presión del combustible en el rail, presión de carga del turbo entre otros. De esta manera la computadora sabe cuánto tiempo deberá permanecer abierto el inyector y si se debe realizar una pre inyección o inyección piloto.

BIBLIOGRAFIA

- Bosch, R. (n.d.). *Diesel-Engine Management: An Overview* (illustrate). Bentley Pub, 2003.
- Bosch, R. (2005). Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail, 94. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=3Jl1hs3QiMC&pgis=1>
- Getting, C. (n.d.). <http://www.obd2be.com/>, 1–111.
- State, P., Society, A., General, G. N. U., & License, P. (2004). A Quick Derivation relating altitude to air pressure.

ANEXOS