



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**ANÁLISIS DE LA CURVA $I - t$ EN LA ACTIVACION DE LOS INYECTORES
CRDI DEL MOTOR J3 DEL HYUNDAI TERRACAN GL EX.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.**

AUTOR:

CARLOS AYRTON BAYAS CAJAPE.

Guayaquil, Abril del 2017

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Edwin Puente

CERTIFICA

Que el trabajo de **“Análisis de la curva I- t en la activación de los inyectores CRDI DEL motor J3 DE Hyundai Terracan GL EX”** realizado por el estudiante: BAYAS CAJAPE CARLOS AYRTON ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de (un) empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: BAYAS CAJAPE CARLOS AYRTON que lo entregue a biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, abril del 2017



Ing. Edwin Puente Moromenacho

Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, Carlos Ayrton Bayas Cajape, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.


Carlos Ayrton Bayas Cajape

CI. 1309953600

DEDICATORIA

A mis padres principalmente por brindarme una excelente educación, inculcándome valores y principios que me sirvió para llegar a cumplir esta meta trazada, por motivarme siempre, guiándome en cada paso y jamás dejarme desistir de cumplir mis metas.

A mis hermanos y demás familiares que me incentivaron a seguir adelante brindándome seguridad y total respaldo en el transcurso de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Al Msc. Edwin Puente por ser mi tutor y guiarme a la realización de este proyecto, compartiendo conocimientos y sacrificando su tiempo para ayudarme a culminar esta etapa.

A mis compañeros y amigos de aula por los valiosos momentos compartidos llenos de aprendizaje

A todos los docentes que conforman la UIDE por todos sus conocimientos impartidos.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS	xi
PRESENTACION	xii
Abstract.....	xiii
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Objetivos de la investigación.....	1
1.2.1. Objetivo general.....	1
1.2.2. Objetivos específicos	1
1.3. Alcance.....	1
1.4. Justificación e importancia de la investigación	2
1.4.1 Justificación teórica	2
1.4.2 Justificación metodológica.....	2
1.4.3 Justificación práctica	2
1.5. Marco metodológico	2
1.5.1. Método de investigación	2
1.5.2. Tipo de investigación	3
CAPÍTULO II	4
2.1 Vehículo Hyundai Terracan.....	4
2.1.1 Componentes	4
2.1.2 Compromiso con el medio ambiente.....	5
2.2 Motor J3	5
2.3 Sistema CRDI Delphi	6

2.3.1	Característica	6
2.3.2	Circuito de alimentación de combustible	7
2.3.2.1	Circuito de baja presión	7
2.3.2.1.1	Bomba de cebado	8
2.3.2.1.2	Filtro de combustible	9
2.3.2.1.3	Calentador de carburante	10
2.3.2.1.4	Enfriador de combustible	10
2.3.2.2	Circuito de alta presión	10
2.3.2.2.1	Bomba de alta presión	10
2.3.2.2.2	Riel o acumulador de alta presión	11
2.3.2.2.3	Sensor de la presión de combustible	12
2.4	Inyectores	13
2.4.1	Tipos de inyectores.....	14
2.4.2	Fase de las inyecciones.....	14
2.4.2.1	Inyecciones pilotos	14
2.4.2.2	La inyección principal	15
2.4.2.3	Las post-inyecciones.....	16
2.4.3	Partes del inyector	16
2.5	Osciloscopio	17
2.5.1.2	Descarga mediante los inyectores.	19
2.5.1.3	Corrección individual de inyector.....	19
2.5.2	Funcionamiento del inyector	19
2.5.3	Ondas.....	20
2.5.3.1	Movimiento oscilatorio.....	21
2.5.3.2	Clasificación de las ondas	21
2.5.3.2.1	Según su necesidad	21
2.5.3.2.2	Según el transporte de energía:	21
2.5.3.3	Propiedades de ondas	22
CAPÍTULO III		23
Pruebas y Diagnostico		23
3	Pruebas.....	23
3.1	Diagnóstico de los inyectores	29
Capitulo IV		33

4	Análisis y resultado.....	33
4.1	Onda del cilindro 1 inyector 1.....	33
4.2	Onda del cilindro 3 inyector 2.....	35
4.3	Onda del cilindro 4 inyector 3.....	36
4.4	Onda del cilindro 2 inyector 4.....	38
CAPÍTULO V		40
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....		40
5.1	Conclusiones	40
5.2	Recomendaciones	40
Bibliografía.....		41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Terracan.....	4
Figura 2 Esquema de principio de Common Riel	6
Figura 3. Sistema de inyección Common Riel.	7
Figura 4. Bomba eléctrica de combustible.....	8
Figura 5. Estructura del filtro de combustible.....	9
Figura 6.Sección longitudinal y frontal de la bomba de alta presión.	11
Figura 7 Riel o acumulador de presión.....	12
Figura 8.Sensor de presión del acumulador	13
Figura 9.Partes del inyector	16
Figura 10.Grafico I-t del inyector CRDI.....	18
Figura 11. Funcionamiento del inyector.....	19
Figura 12. Motor Hyundai Terracan.....	23
Figura 13. Conexión del cable.....	24
Figura 14. Osciloscopio del equipo FSA-740	24
Figura 15. Conexión del cable.....	25
Figura 16. Onda del primer inyector	25
Figura 17 . Conexión de cable	26
Figura 18. Onda del segundo inyector	26
Figura 19. Conexión del cable.....	27
Figura 20. Onda del tercer inyector	27
Figura 21. Conexión del cable.....	28
Figura 22. Onda del cuarto inyector	28
Figura 23. Posición de los inyectores.	29
Figura 24. Onda del primer inyector	29
Figura 25. Onda del segundo inyector	30
Figura 26. Onda del tercer inyector	31
Figura 27. Onda del cuarto inyector	32

Figura 28. Onda del primer inyector, A preinyección, B inyección principal.....	34
Figura 29. Onda del primer inyector que da el fabricante	34
Figura 30. Onda del segundo inyector, A preinyección, B inyección principal	35
Figura 31. Onda del segundo inyector que da el fabricante	36
Figura 32. Onda del Tercero inyector, A preinyección, B inyección principal.....	37
Figura 33. Onda del tercer inyector que da el fabricante	37
Figura 34. Onda del cuarto inyector, A preinyección, B inyección principal	38
Figura 35. Onda del cuarto inyector que da el fabricante	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del motor J3.....	18
Tabla 2. Valores de la curva inyector 1.....	30
Tabla 3. Valores de la curva inyector 2.....	30
Tabla 4. Valores de la curva inyector 3.....	31
Tabla 5. Valores de la curva inyector 4.....	32

PRESENTACION

En esta investigación se explica el funcionamiento de los inyectores del motor J3 del Hyundai Terracan, con ayuda de un osciloscopio que es un instrumento de medición vamos a encontrar las curvas que representan la activación de los inyectores CRDI. Ya que en el país se incrementando los vehículos con el sistema CRDI.

El sistema Common riel es uno de los sistemas diésel más utilizados en la actualidad, este sistema ha tenido su evolución constante desde su aparición.

Este sistema inyecta combustible a altas y casi continuas presiones en el interior de la tubería común, que el flujo de combustible va a ser controlado por una válvula inyector que se abren cuando la unidad de control lo considere necesaria.

La unidad de control es la que es la que calcula y controla la presión y la cantidad de inyección, junto con el momento exacto de la inyección.

Los inyectores van a ser controlados eléctricamente por un calculador de inyección. Que envía impulsos a la bobina del inyector en reposo, con el objetivo de crear una tensión que cargue la etapa correspondiente.

Para la tomas de mediciones en el análisis de la curva se utilizara el osciloscopio que es un instrumento de medición de ondas para así saber la curva de activación de cada inyector

Con el análisis de los parámetros obtenidos podemos observar que tenemos una curva menor a la que da el fabricante esto puede ser por el desgaste del motor y por los años que tiene el vehículo.

Abstract

This investigation explains the operation of the injectors J3 engine of the Hyundai Terracan, with the help of an oscilloscope which is a measurement instrument that will find the curves representing the activation of the CRDI injectors. Since the country is increasing vehicles with the CRDI system.

The common rail system is one of the most used systems today, this system has had its constant evolution since its appearance.

This system injects fuel at high temperatures and almost continuous pressures inside the common pipeline, that the fuel flow will be controlled by a valve injector which open when the control unit deems it necessary.

The control unit is the one that calculates and controls the pressure and amount of injection, along with the exact moment of the injection. The injectors of a control electrically controlled by an injection calculator.

It sends impulses to the coil of the injector at rest, in order to create a voltage that charges the corresponding stage. For the measurements taken in the analysis of the curve the oscilloscope is used which is a wave measurement instrument to know the activation curve of each injector With the analysis of the parameters obtained we can observe that we have a smaller curve than that of the manufacturer can be due to the wear of the engine and the years that the vehicle has.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL

1.1. Definición del problema

La investigación es para verificar y controlar el funcionamiento de los inyectores CRDI, y el estado en que se encuentran por medio del osciloscopio.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Analizar la curva de intensidad – tiempo que se produce en la activación de los inyectores CRDI del motor J3 de Hyundai Terracan GL EX, para evaluar el desarrollo y funcionamiento del motor dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz en la Universidad Internacional del Ecuador.

1.2.2. Objetivos específicos

- Examinar el comportamiento del inyector en cada uno de los procesos a realizarse.
- Verificar la curva intensidad – tiempo en la activación de los inyectores.
- Comprobar con el osciloscopio si la curva intensidad – tiempo es la correcta para activar los inyectores

1.3. Alcance

Este proyecto se basara en el funcionamiento de los inyectores del sistema CRDI del motor de un Hyundai Terracan, que se va a comprobar por medio del análisis de su curva intensidad – tiempo.

El análisis de la curva dará resultados de la intensidad de activación de los inyectores y que tiempo pasan activos.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

La base teórica del trabajo se fundamenta en la investigación de la onda que genera el inyector en el sistema CRDI, debido que muchos de los lectores del mismo desconocerán de términos ligados a la mecánica automotriz y es con ellos que se debe de trabajar para profundizar la investigación.

1.4.2 Justificación metodológica

La metodología en la que se va a sentar es un enfoque cuantitativo porque se centra en el poder sacar conclusiones al estudiar la curva intensidad – tiempo de los inyectores de un sistema CRDI en el momento de su activación.

Para esto es necesario considerar la opinión de expertos para en base a sus perspectivas también desarrollar la propuesta.

El método científico es la guía de cada trabajo de investigación, en donde existe un respaldo de la información que se plasma.

1.4.3 Justificación práctica

El análisis de la curva intensidad – tiempo en la activación de los inyectores CRDI, ayudara a evaluar el funcionamiento de los inyectores, ya que es necesario conocer las posibles fallas que se producirían si fallara un inyector.

1.5. Marco metodológico

1.5.1. Método de investigación

Se considera la aplicación de método de enfoque cuantitativo porque se realizara el análisis de la curva intensidad – tiempo, para analizar los resultados de la curva.

1.5.2. Tipo de investigación

En lo que se refiere al tipo de estudio que se desarrollara, se considera la aplicación de un tipo de investigación descriptiva, debido a que se pretende conocer la curva que genera el inyector, es decir, podremos obtener la información que genera la curva en los inyectores.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Vehículo Hyundai Terracan

El vehículo Hyundai Terracan figura 1 nace de la necesidad de superar todos los retos tanto como en el campo como en el asfalto, viene con un motor potente y elástico y unas prestaciones dinámicas mejoradas. Y todo eso sin perder las características: su espectacular espacio interior, su gran capacidad de carga y su completo equipamiento.



Figura 1. Hyundai Terracan
Fuente: Manuales de automóviles
Editado por: Carlos Bayas

2.1.1 Componentes

El vehículo Hyundai Terracan está equipado con un motor de 2.9 litros, dotado con un sistema de inyección directa Common Rail y turbocompresor con intercooler, con una potencia de 163CV a 3.800rpm. El motor es avanzado, silencioso, robusto y poderoso.

Está equipado con una caja de transmisión automática de 4 velocidades controladas electrónicamente.

2.1.2 Compromiso con el medio ambiente

Con el medio ambiente Hyundai Motor Company realizó un sistema de anticontaminación gracias a las nuevas tecnologías que permite optimizar ciclos de vida de los productos y minimizar el impacto ambiental en los automóviles.

En la actualidad, todos los componentes de Hyundai cuentan con un código que permitirá su reciclaje para una vez terminada la vida útil del automóvil.

2.2 Motor J3

Refiriéndose a la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones del motor J3

Editado por: Carlos Bayas

Modelo del motor			Sistema Common rail J3	
Tipo			Diésel, 4 tiempos	
Numero de cilindros			4 cilindros en línea	
Cámara de combustión			Re – entrante	
Desplazamiento		cu-in (cc)	177 (2902)	
Diámetro y carrera		in (mm)	3.82x3.85 (97.1x98)	
Índice de compresión			19.3	
Presión de compresión		psi(kpa, <i>kg/cm²</i>) – rpm	426.6 (2943.30) – 200	
Sincronización de válvulas	Admisión	Abierta	BTDC 26°	
		Cerrada	ABDC 50°	
	Escape	Abierta	BBDC 50°	
		Cerrada	ATDC 29°	
Holgura de la válvula (motor frio)		Admisión	0: libre de mantenimiento	
		Escape	0: libre de mantenimiento	
Ralentí			rpm	800+/-100
Orden de inyección				1-4-2-3

2.3 Sistema CRDI Delphi

El sistema CRDI (COMMON RIEL DIRECT INJECTION) es un sistema de inyección electrónica de una alta presión para motores diésel de inyección directa. Este sistema surge como la innovación de los motores diésel, consta de un sistema de riel común con inyectores independientes para cada cilindro, y maneja una presión independiente a la velocidad del motor, tal como se muestra en la figura 2.

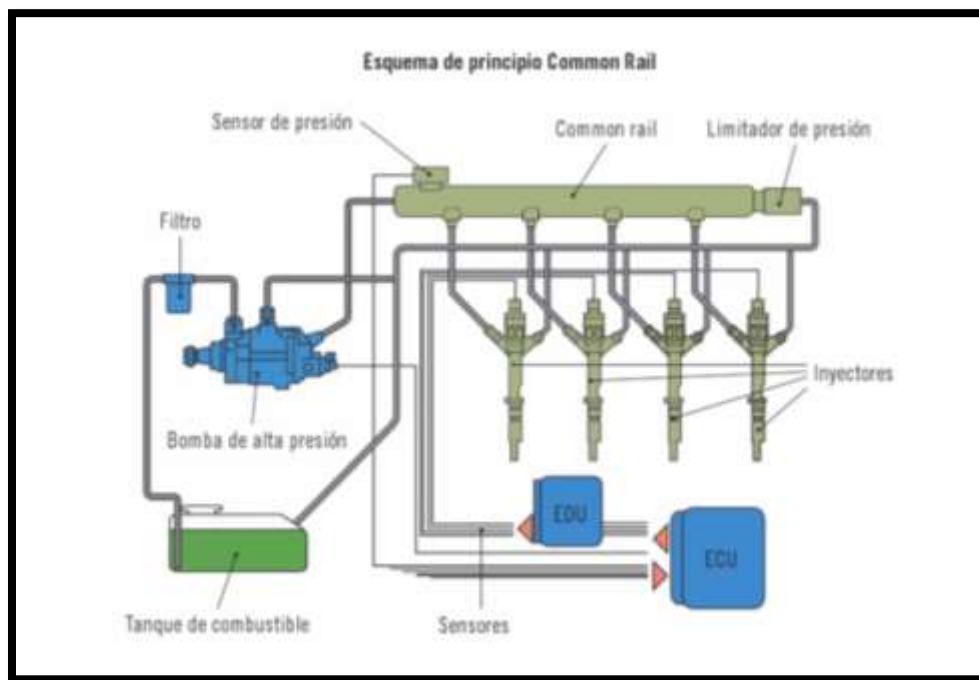


Figura 2 Esquema de principio de Common Riel

Fuente: Ibañez, S. P. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Diesel (MF0133_2)*. Málaga: IC Editorial.

Editado por: Carlos Bayas

2.3.1 Característica

- Disponibilidad de las presiones de inyección elevadas
- Capacidad de funcionar con regímenes del motor elevados

- Precisión del mando de inyección (avance y duración de la inyección)
- Reducción de emisiones y consumos al permitir fases de preinyección, inyección principal y postinyección.

2.3.2 Circuito de alimentación de combustible

En el sistema Common rail se diferencia dos tipos de circuitos que son el de baja presión y el de alta presión. El circuito de baja presión está compuesto por el depósito de combustible, electrobomba, filtro de combustible, calentador de combustible y tuberías. El circuito de alta presión está compuesto por la bomba de alta presión, acumulador de alta presión e inyectores, tal como se muestra en la figura 3.

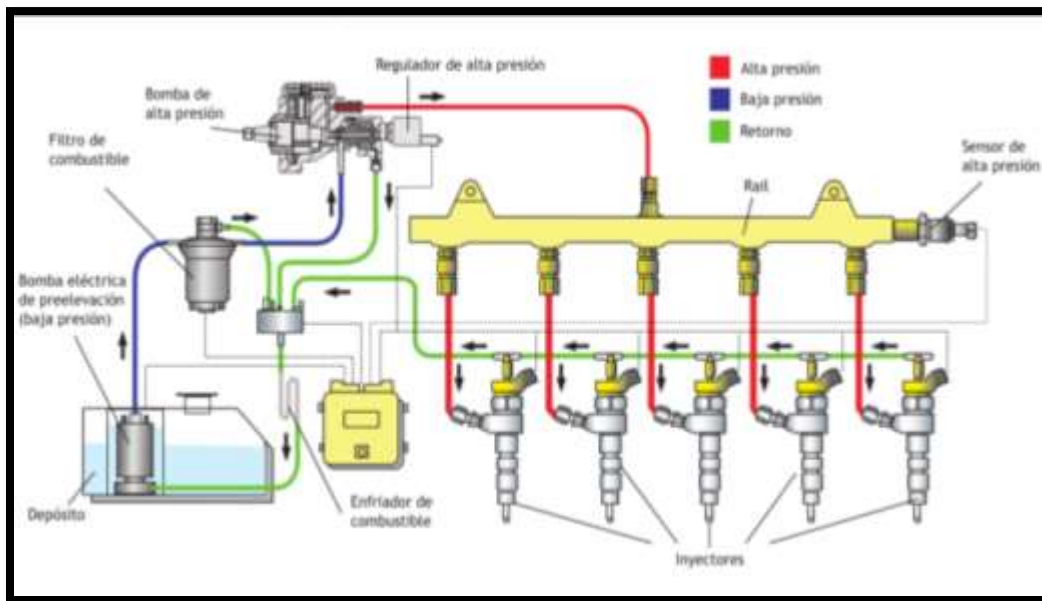


Figura 3. Sistema de inyección Common Rail.

Fuente: Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.

Editado por: Carlos Bayas

2.3.2.1 Circuito de baja presión

El circuito de baja presión está compuesto de la bomba de cebado, filtro de combustible, calentador de combustible y enfriador de combustible.

2.3.2.1.1 Bomba de cebado

La bomba de cebado es la encargada de suministrar el carburante o combustible a la bomba de alta presión y también de suministrar la presión necesaria en el circuito de baja presión.

Esta bomba se encuentra acoplada al medidor de nivel del combustible y se encuentra sumergida en el depósito de combustible. Es alimentada por 12 V, tiene una capacidad de filtrado de 300 micras, tal como se muestra en la figura 4

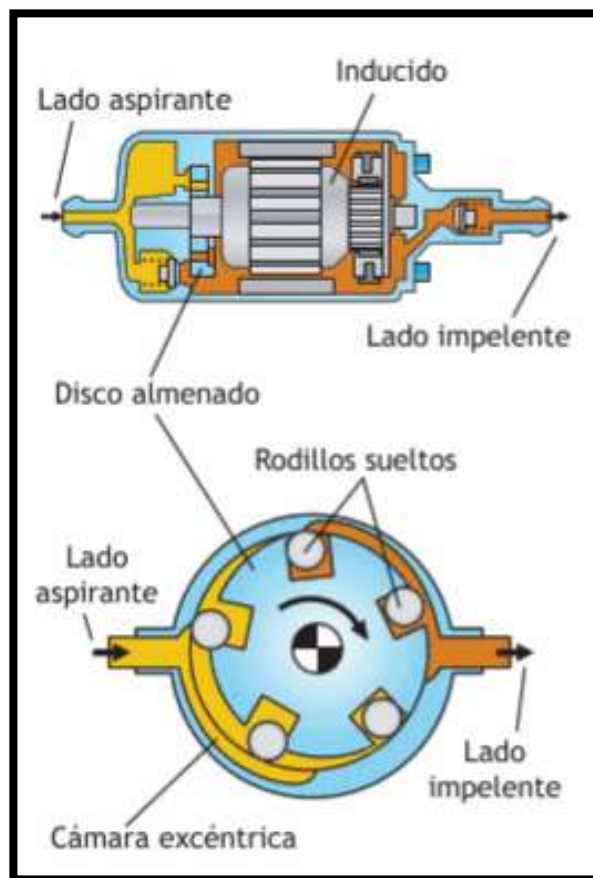


Figura 4. Bomba eléctrica de combustible

Fuente: Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.

Editado por: Carlos Bayas

2.3.2.1.2 Filtro de combustible

El filtro de combustible tiene que cumplir las siguientes funciones:

- La filtración del carburante (5 micras)
- La decantación del agua
- El control del calentamiento del carburante por medio de un elemento termostático.
- Control de presión en el circuito de baja presión por medio de un regulador incorporado en el sistema.
- El elemento termostático cumple la función de que en frío desvía el combustible hacia el calentador y en caliente impedir el excesivo calentamiento del combustible, tal como se muestra en la figura 5.

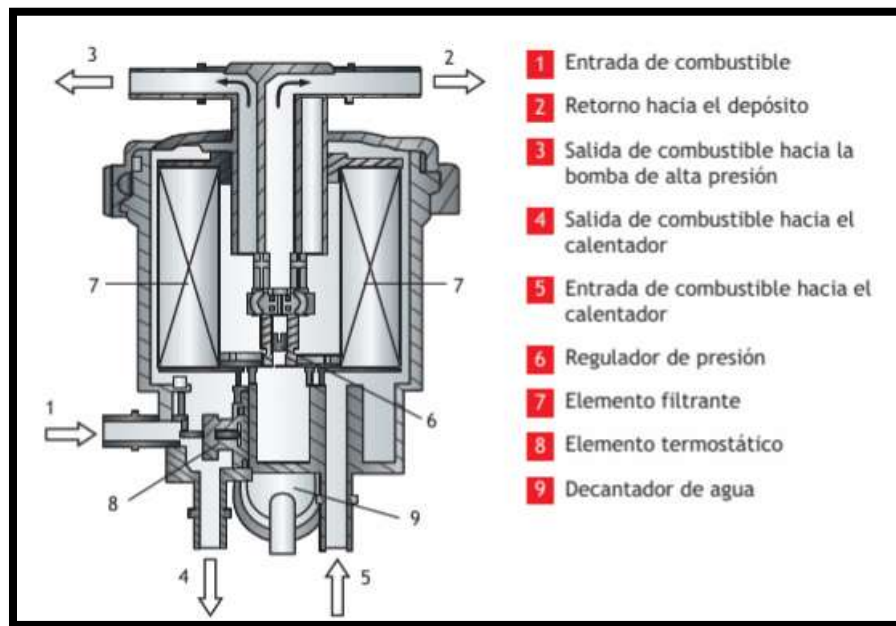


Figura 5. Estructura del filtro de combustible.

Fuente: Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.

Editado por: Carlos Bayas

2.3.2.1.3 Calentador de carburante

Cumple la función de calentar el combustible que es desviado por el elemento termostático del filtro hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento del combustible.

2.3.2.1.4 Enfriador de combustible

Debido a las altas presiones es necesario enfriar el combustible, para esto se incorpora un enfriador en el retorno de combustible. Este sistema está compuesto de un serpentín metálico colocado en la línea de retorno debajo de la carrocería ya que aprovecha la circulación del aire para su enfriamiento.

2.3.2.2 Circuito de alta presión

El circuito de alta presión está compuesto la bomba de alta presión, riel y inyectores.

2.3.2.2.1 Bomba de alta presión

La bomba de alta presión es accionada por la correa de distribución, y está constituida por un eje de accionamiento y 3 pistones radiales con un ángulo de desfase de 120 grados. Esta bomba cumple la función de proporcionar una alta presión para alimentar a los inyectores a través de una rampa común de inyección. La presión suministrada por la bomba al inyector alcanza los 200 bar y la presión de combustible en funcionamiento normal varía entre 200 y 1250 bar.

La bomba incorpora un regulador de alta presión y una electroválvula de desactivación del tercer pistón, tal como se muestra en la figura 6.

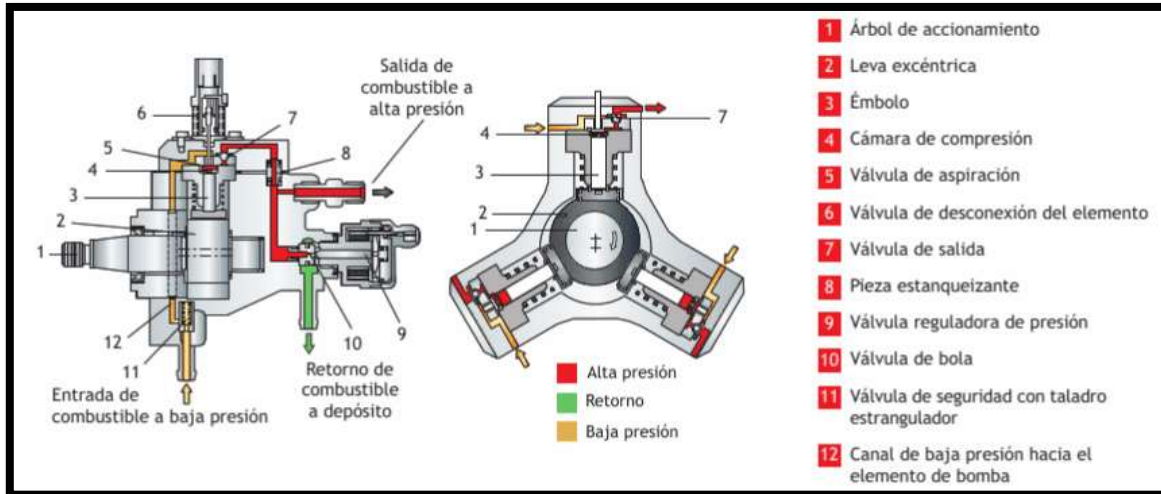


Figura 6. Sección longitudinal y frontal de la bomba de alta presión.
Fuente: Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.
Editado por: Carlos Bayas

2.3.2.2 Riel o acumulador de alta presión

Este riel o rampa de inyección tal como se figura 7 de alta presión está situada entre la bomba de alta presión y los inyectores y cumplen las siguientes funciones.

- Almacenar la cantidad de combustible independiente a la fase de funcionamiento del motor.
- Amortiguar las pulsaciones creadas por los inyectores durante la apertura.
- Conectar los elementos del circuito de alta presión. Como las tuberías de alimentación de alta presión, tuberías de alimentación de los inyectores, sonda de temperatura del combustible.

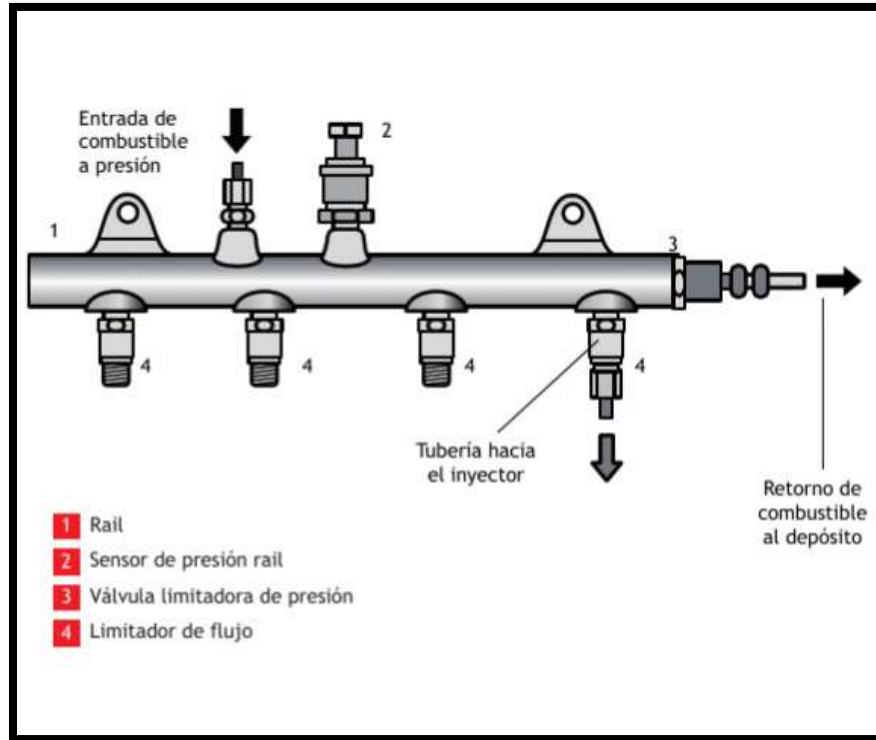


Figura 7 Riel o acumulador de presión.

Fuente: Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.

Editado por: Carlos Bayas

2.3.2.2.3 Sensor de la presión de combustible

Este sensor cumple la función de medir la presión en la rampa de inyección. Según la información que le dé el sensor a la ECU se determina la cantidad de carburante a inyectar o asegurar la regulación de la alta presión de combustible en la rampa. El sensor está situado en el riel, tal como se muestra en la figura 8.

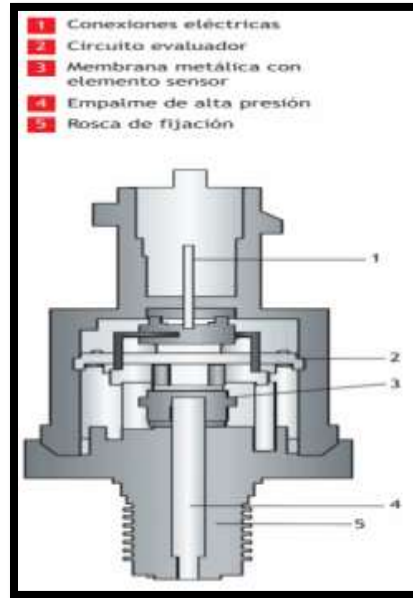


Figura 8. Sensor de presión del acumulador

Fuente: Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.

Editado por: Carlos Bayas

2.4 Inyectores

Los inyectores tienen la función de liberar el combustible a la presión necesaria para el funcionamiento del motor. Generalmente consta de 5 o 6 orificios de un diámetro que oscila entre 0.15 y 0.17 mm cada uno favorece a la mezcla aire combustible.

La presión en el sistema es elevada de unos 1600 bar que tiene el único propósito de hacer el combustible en partículas diminutas que cumple la función de reducción del humo, la generación de alta potencia y la eficiencia de combustible mejorada.

La cantidad de combustible a inyectar depende de lo siguiente:

- Duración de la excitación de la electroválvula.
- Velocidad de la apertura y cierre de la aguja del inyector.
- Cantidad y diámetro de los orificios.
- Presión del combustible en la rampa de inyección.

Los inyectores son controlados eléctricamente por el calculador de inyección que va a enviar impulsos a la bobina del inyector en reposo, con el fin de crear una tensión inducida que cargue la etapa de potencia correspondiente.

2.4.1 Tipos de inyectores

Existen dos tipos de inyectores para el sistema Common rail, los cuales son:

a) Inyectores electromecánicos.

Este inyector utiliza un núcleo férreo que va a hacer sometido a un campo electromagnético que va a producirse el funcionamiento interno del inyector.

b) Inyectores piezoeléctricos.

Estos inyectores utilizan un crecimiento que aplica una tensión para iniciar el funcionamiento del inyector.

La unidad de control es la que controla la excitación del inyector, ajustando los momentos y la cantidad de combustible.

2.4.2 Fase de las inyecciones

2.4.2.1 Inyecciones pilotos

Esta inyección sirve para reducir el ruido de la combustión, para el avance en la inyección piloto se determina el régimen del motor y su caudal, durante la fase de arranque del motor se puede calcular en función del régimen y de la temperatura del agua. Las inyecciones pilotos también tienen factores de corrección

- La primera corrección se efectúa en función a la temperatura de agua y del aire. Esta corrección permite adaptar el avance en la inyección piloto a la temperatura de funcionamiento del motor.
- La segunda corrección se determina en función de la presión atmosférica. Esta corrección se utiliza para adaptar el avance de la inyección piloto en función de la presión atmosférica

2.4.2.2 La inyección principal

El avance de la inyección principal se determina en función del régimen motor y del caudal inyectado.

Durante el arranque del motor el avance de la inyección debe de ser reducido. Tan pronto el motor arranca, realiza unas correcciones

- La primera corrección se efectúa en función a la temperatura de aire y de agua del motor. Esta corrección se adaptará a la puesta en fase a la temperatura del motor, es decir que cuando el motor está caliente el avance puede ser retardado para reducir la temperatura de combustión, cuando el motor esta frío el avance es importante para permitir a la combustión iniciarse correctamente
- La segunda corrección se efectúa en función a la presión atmosférica
- La tercera corrección se efectúa en función a la temperatura de agua y del tiempo transcurrido desde el arranque. Esta corrección se da para reducir los fallos en la combustión y la inestabilidad en el arranque en frío
- La cuarta corrección se determina en función del error de presión del riel. Se utiliza cuando la presión en el riel es superior a la demanda de presión. En este caso la combustión puede volverse ruidosa

- La quinta corrección se determina en función a la tasa de EGR. Cuando la tasa EGR aumenta, el avance de la inyección aumenta para compensar la caída de la temperatura

2.4.2.3 Las post-inyecciones

Estas inyecciones se realizan después de la inyección principal y tiene el objetivo de calentar la línea de escape.

Se puede utilizar las post-inyecciones para cebar rápidamente el catalizador

En los vehículos que están equipados con filtros de partículas, se utiliza las post-inyecciones para aumentar y estabilizar el filtro a su temperatura de regeneración.

2.4.3 Partes del inyector

Las partes del inyector se detallan a continuación en la figura 9.

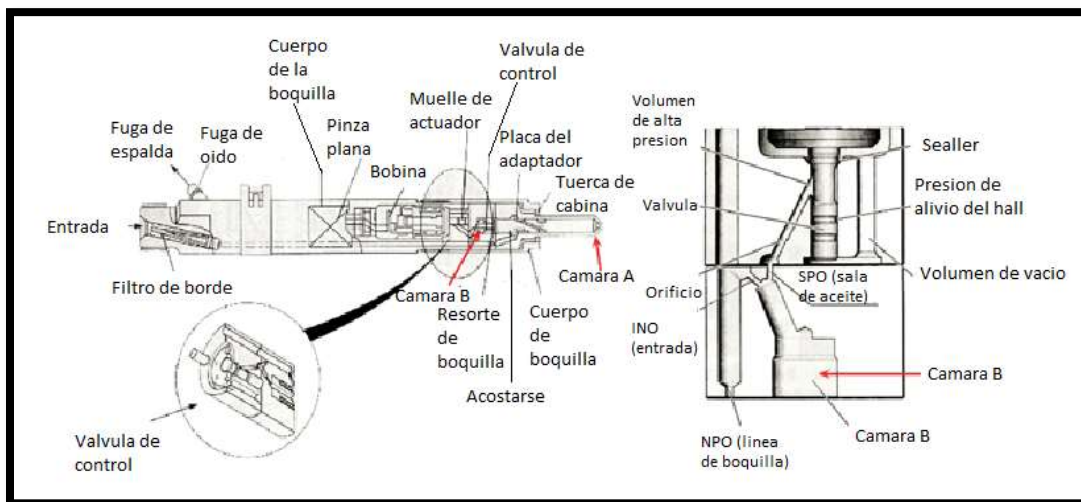


Figura 9.Partes del inyector
Fuente: Manual GDS HYundai
Editado por: Carlos Bayas

2.5 Osciloscopio

El osciloscopio es uno de los tipos más importantes de prueba para verificar los circuitos electrónicos porque puede mostrar la forma de onda de un voltaje aplicado. La pantalla fluorescente en el tubo de rayos catódicos (CRT), muestra una gráfica de las variaciones de amplitud de voltaje con respecto al tiempo.

El eje vertical representa el voltaje en tanto que el eje horizontal es una base lineal de tiempo para la señal vertical.

Con una entrada de onda senoidal, el osciloscopio muestra las ondas senoidales en la pantalla. Con una entrada de ondas conforma cuadrada o con cualquier otra forma de onda, el patrón en la pantalla es una imagen de las variaciones. El número de ciclos presentados depende de la frecuencia de la señal de entrada y de una frecuencia horizontal de referencia. El osciloscopio no solo puede medir voltaje, también puede usarse para medir la frecuencia de su señal de entrada.

Características del osciloscopio FSA 740

- Analizador de 2 canales
- Medición de gráficos reales
- Captura la pantalla
- Un interface USB actualiza los códigos y datos enviados por internet.
- En la función diésel permite regular las bombas de inyección y rpm utilizando un accesorio opcional para diésel
- Comprobar en el tiempo real las ondas y su forma
- Pruebas preestablecidas permite al usuario revisar de forma fácil y rápida la mayoría de los sensores y actuadores.

Tiene las siguientes funciones:

- Captura de fallas: el osciloscopio cuenta con un botón propio para hacer la captura a la pantalla.
- Osciloscopio: de dos canales, la más sofisticada medición de componentes. Con la captura de fallas se encuentra el problema en el funcionamiento.

- Gráficos: la lectura de medición puede ser desplegada en un gráfico que muestre los cambios en un lapso de tiempo

2.5.1 Curva Intensidad – tiempo

2.5.1.1 Control de los inyectores.

La corriente discontinua permite reducir las pérdidas por efecto de julios a nivel del calculador y del inyector.

En la figura 10 tenemos que la corriente (I_a) es superior a la corriente de mantenimiento (I_m)

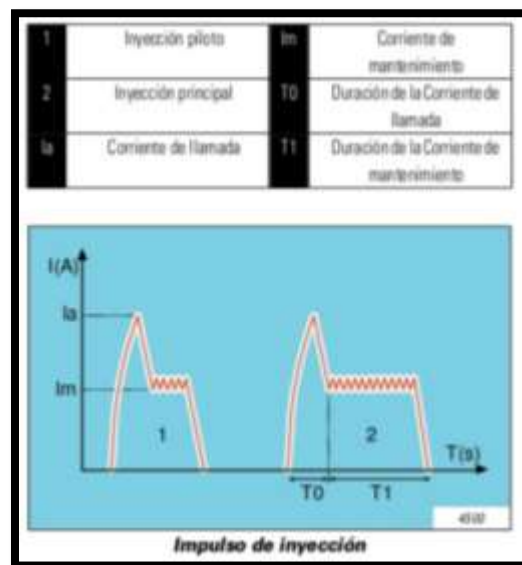


Figura 10. Grafico I-t del inyector CRDI

Fuente: Guillen, J. A. (21 de 10 de 2016). *slideshare*.

Autor: Carlos Bayas

El entrehierro entre la válvula y la bobina se reduce (el valor de la carrera de la válvula) por lo que la fuerza electromagnética que se le aplica a la válvula puede reducirse.

2.5.1.2 Descarga mediante los inyectores.

Cuando la demanda de presión del riel cae bruscamente no permite alcanzar suficientemente rápido la nueva consigna de presión definida por el carburador. El sistema utiliza pues los inyectores para descargar el riel. Este modo de funcionamiento reposa en el control del tiempo de repuesta de los inyectores. Este modo de funcionamiento solo es posible si se controla perfectamente el tiempo de repuesta de los inyectores.

2.5.1.3 Corrección individual de inyector.

Tenemos que el caudal inyectado es proporcional al tiempo de inyección y también a la presión del riel. Los inyectores del sistema Common riel son piezas de una precisión muy grande. Estos inyectores pueden ser capaz de inyectar caudales que varían a presiones de 150 a 1800 bar. Los inyectores deberán de ser probados en un banco eléctrico, con el fin de corregir las diferencias de caudales que existan en el inyector

2.5.2 Funcionamiento del inyector

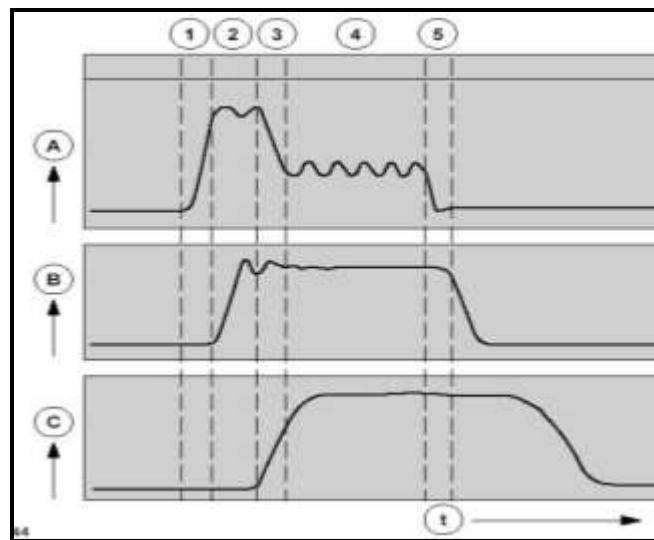


Figura 11. Funcionamiento del inyector

Fuente:equipoautomotrizjavaz.com

Editado por: Carlos Bayas

En la fase 1 se denomina FASE DE APERTURA existe una corriente inicial que el PCM (Powertrain Control Module) coloca sobre el solenoide de 20 A esto lo hace a un voltaje de 100 V aprox. que el PCM coloca en un circuito de amplificación y es asistida por un condensador en su interior que se carga con un voltaje mayor para conseguir una rápida activación.

En la fase 2 CORRIENTE DE ATRACCIÓN, el PCM vuelve a la alimentación de la batería y mantiene los 20 A de suministro con esto evita el sobrecalentamiento por potencia eléctrica.

Luego se aprecia la fase 3 TRANSICION A RETENCIÓN, la cual trata que la corriente disminuya hasta a un punto que llegue a estar constante

En la fase 4 CORRIENTE DE RETENCIÓN, el PCM mantiene el voltaje de 12V pero reduce la corriente sobre el solenoide a aproximadamente 12 A así contribuye a evitar el sobrecalentamiento del PCM, en esa reducción de corriente se libera energía la cual es enviada al condensador y almacenada para ser usada después.

En la fase 5 DESCONEXIÓN, el PCM corta toda la corriente al solenoide en este momento toda la energía liberada va al condensador para una fase de recarga 6 eso quiere decir que entre cada inyección existe un periodo en el cual se sigue cargando el condensador, esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo.

En la gráfica B se aprecia la carrera de la aguja y en la C la cantidad de combustible de la figura 11.

Es interesante analizar que aunque se realicen todos los ajustes de corriente y voltaje la cantidad de combustible entregado conserva una curva muy estable. Para el diagnostico el PCM utiliza el análisis de la corriente y la compara con un tiempo lógico así puede diagnosticar inyectores fuera de tolerancias.

2.5.3 Ondas

La onda es una perturbación que viaja en un medio, transportando la energía desde un lugar a otro sin transporte de materia.

2.5.3.1 Movimiento oscilatorio

Las ondas periódicas son producidas por el emisor que oscila, y los puntos que alcanzan las ondas también oscilan. Tenemos que las oscilaciones son muy comunes en los sistemas naturales y artificiales. También en las antenas se produce unas oscilaciones eléctricas cuando reciben o emiten una señal.

2.5.3.2 Clasificación de las ondas

2.5.3.2.1 Según su necesidad de medio material para propagarse se clasifican de la siguiente manera

a) Onda mecánica

Estas ondas son las que necesitan un medio material aire o algún líquido para producirse la onda.

b) Ondas electromagnéticas

Estas ondas se producen tanto en un medio como en el vacío.

2.5.3.2.2 Según el transporte de energía:

a) Viajeras

Parten de la fuente hacia el infinito, transportando energía de la misma.

b) Estacionarias

Formadas por la superposición de las ondas sinusoidales de la misma frecuencia y amplitud, que viajan en direcciones opuestas

2.5.3.2.3 Según la dirección de propagación

a) Unidimensional

Cuando una sola dirección espacial.

b) Bidimensional

Se propaga sólo en dos dimensiones espaciales, por ejemplo las ondas que se producen al arrojar una piedra en el agua

c) Tridimensional

Cuando se propagan en todas las direcciones

2.5.3.2.4 Según la dirección de vibración

a) Longitudinal

La oscilación es paralela a la dirección de propagación.

b) Transversal

La oscilación es perpendicular a la dirección de propagación.

2.5.3.3 Propiedades de ondas

Podemos describir una onda detallando sus propiedades. Una de ellas es la amplitud. La amplitud de una onda es el máximo desplazamiento de una partícula del medio medida desde la posición de equilibrio.

De alguna manera, es la distancia desde la posición de reposo hasta la cresta de la onda. La amplitud también se puede medir desde la posición de reposo hasta el valle de la onda. Otra propiedad importante es la longitud de la onda. La longitud de la onda (λ) es simplemente la longitud de un ciclo completo de la onda. Una onda tiene una forma que se repite; la longitud de esa repetición es la longitud de onda. La longitud de onda puede ser medida como la distancia de cresta a cresta o de valle a valle.

La frecuencia se confunde a veces con el periodo. Un período se refiere al tiempo. Cuando un suceso ocurre rápidamente, lo llamamos periódico, y esto se relaciona con el tiempo en que el suceso se repite como un período. El período de una onda es el tiempo que requiere una partícula en un medio para hacer un ciclo completo.

Período es el tiempo y se mide en unidades de tiempo (segundos, días, años, etc.). La frecuencia y el periodo están relacionados, aunque son magnitudes distintas. La frecuencia se refiere tiempo a cuantas veces algo pasa; el periodo, necesario para que eso inversa del periodo y viceversa: suceda. La al frecuencia se mide en ciclos; el periodo, en segundos o en ciclos.

CAPÍTULO III

Pruebas y Diagnostico

3 Pruebas

En este capítulo se procederá a encontrar los parámetros que nos dará el motor del vehículo para poder realizar el análisis comparando con los resultados que nos da el fabricante. Para comenzar a realizar las pruebas se deben seguir los siguientes pasos.

- 1) Sacar la tapa que cubre el motor
- 2) Desconectar o sacar el intercooler



Figura 12. Motor Hyundai Terracan

Fuente: Taller de la UIDE

Editado por: Carlos Bayas

- 3) Inspeccionar los conectores del inyector y ver si la aguja del osciloscopio se puede insertar en el cable

- 4) Insertar la aguja de la punta de los cables del osciloscopio en los cables del conector del inyector.

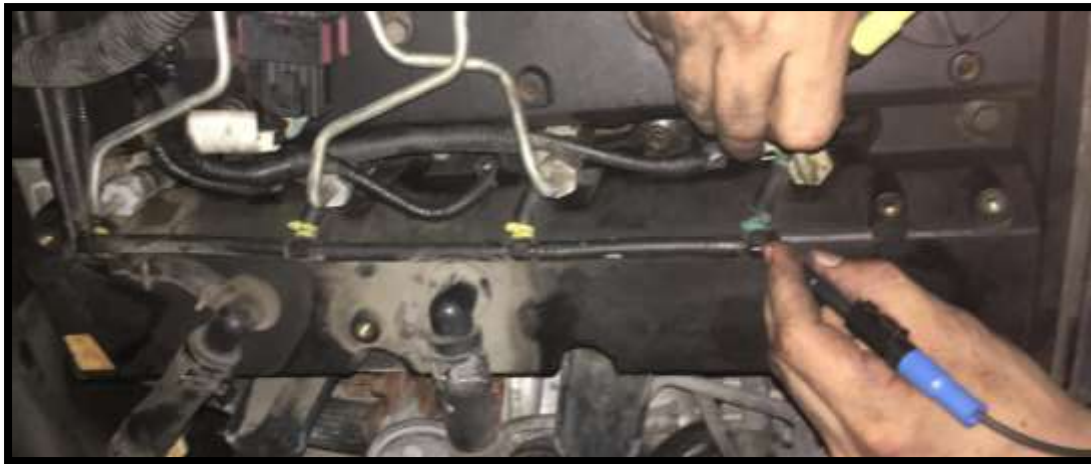


Figura 13. Conexión del cable
Fuente: Taller de la UIDE
Editado por: Carlos Bayas

- 5) Encender el osciloscopio y poner en los parámetros en el cual vamos a medir los inyectores.

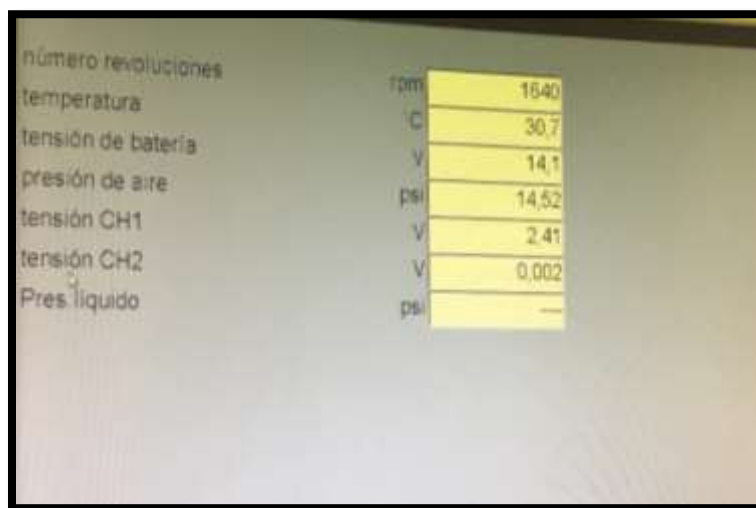


Figura 14. Osciloscopio del equipo FSA-740
Fuente: Taller de la UIDE
Editado por: Carlos Bayas

- 6) Se procede a medir con el osciloscopio el primer inyector para poder encontrar los parámetros correctos



Figura 15. Conexión del cable

Fuente: Taller de la UIDE

Editado por: Carlos Bayas



Figura 16. Onda del primer inyector

Fuente: Taller de la UIDE

Editado por: Carlos Bayas

- 7) Se procede a medir con el osciloscopio el segundo inyector para poder encontrar los parámetros correctos



Figura 17 . Conexión de cable

Fuente: Taller de la UIDE

Editado por: Carlos Bayas

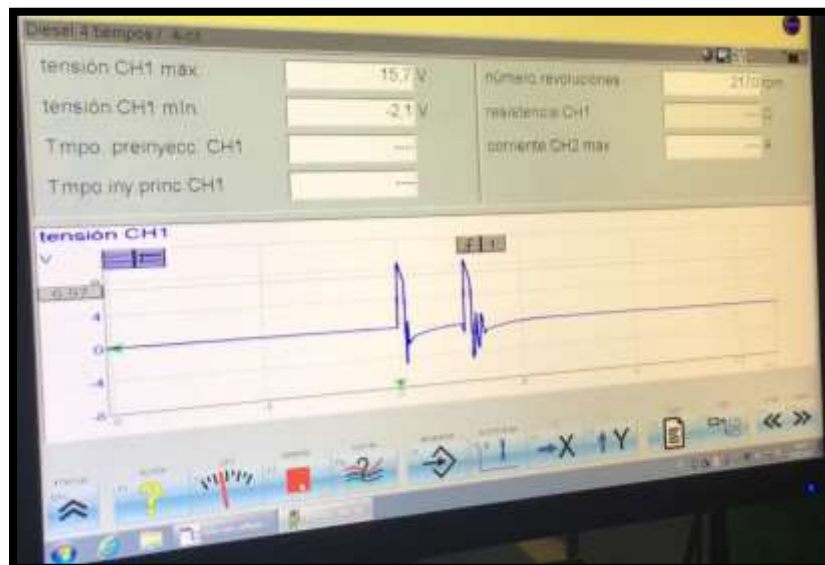


Figura 18. Onda del segundo inyector

Fuente: Taller de la UIDE

Editado por: Carlos Bayas

- 8) Se procede a medir con el osciloscopio el tercer inyector para poder encontrar los parámetros correctos



Figura 19. Conexión del cable
Fuente: Taller de la UIDE
Editado por: Carlos Bayas

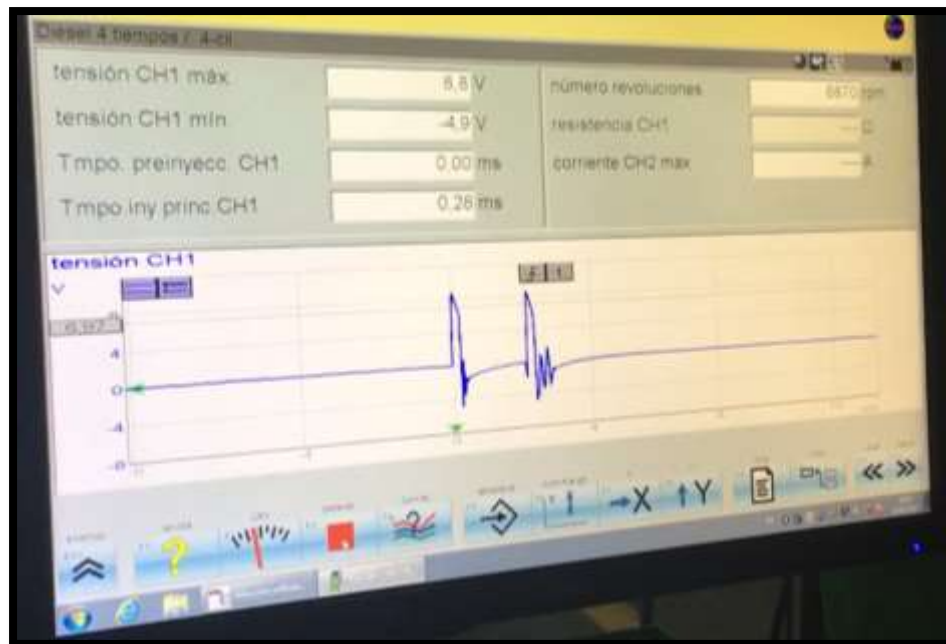


Figura 20. Onda del tercer inyector
Fuente: Taller de la UIDE
Editado por: Carlos Bayas

- 9) Se procede a medir con el osciloscopio el cuarto inyector para poder encontrar los parámetros correctos



Figura 21. Conexión del cable
Fuente: Taller de la UIDE
Editado por: Carlos Bayas

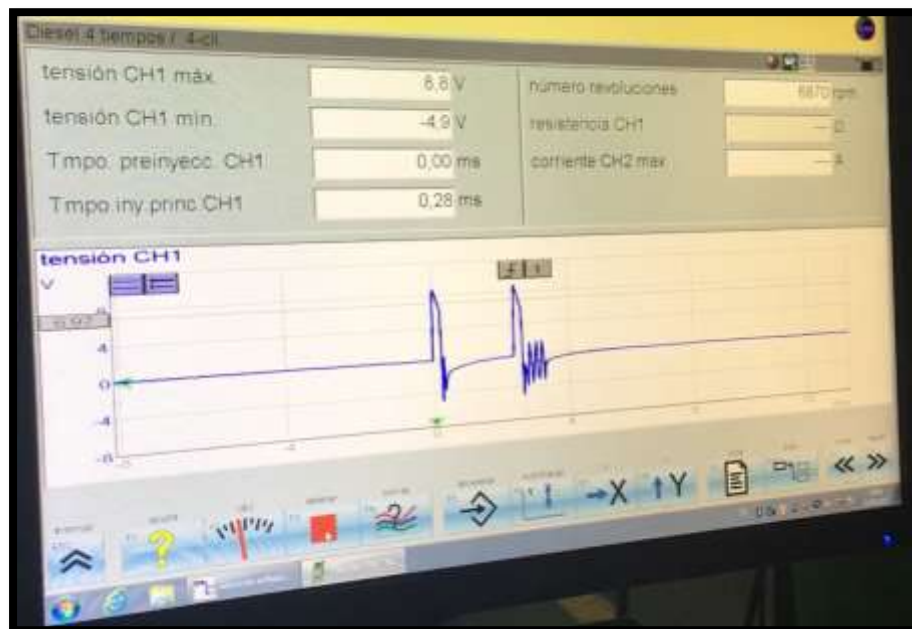


Figura 22. Onda del cuarto inyector
Fuente: Taller de la UIDE
Editado por: Carlos Bayas

- 10) Conectar el intercooler del motor J3
- 11) Colocar la tapa que cubre el motor J3

3.1 Diagnóstico de los inyectores

Para diagnosticar los inyectores se debe de tener en cuenta el orden de encendido del motor y saber la posición de los inyectores.

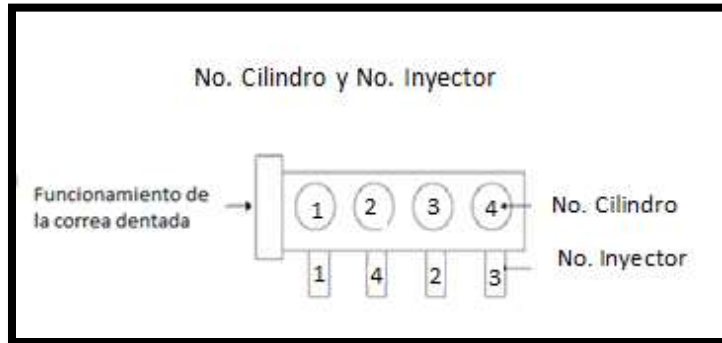


Figura 23. Posición de los inyectores.

Fuente: Manual GDS Hyundai

Editado por: Carlos Bayas

3.1.1 Onda del cilindro 1 inyector 1

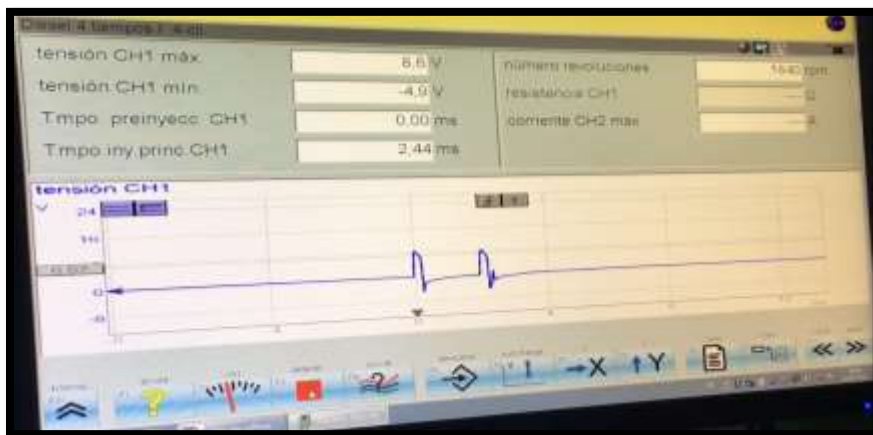


Figura 24. Onda del primer inyector

Fuente: Taller de la UIDE

Autor: Carlos Bayas

Tabla 2. Valores de la curva del inyector 1
Editado por: Carlos Bayas

Tensión CH1 max.	8.6 v
Tensión CH1 min.	-4.9 v
Tiempo inyección principal CH1	2.44 ms
No. De revoluciones	1840 rpm

3.1.2 Onda del cilindro 3 inyector 2

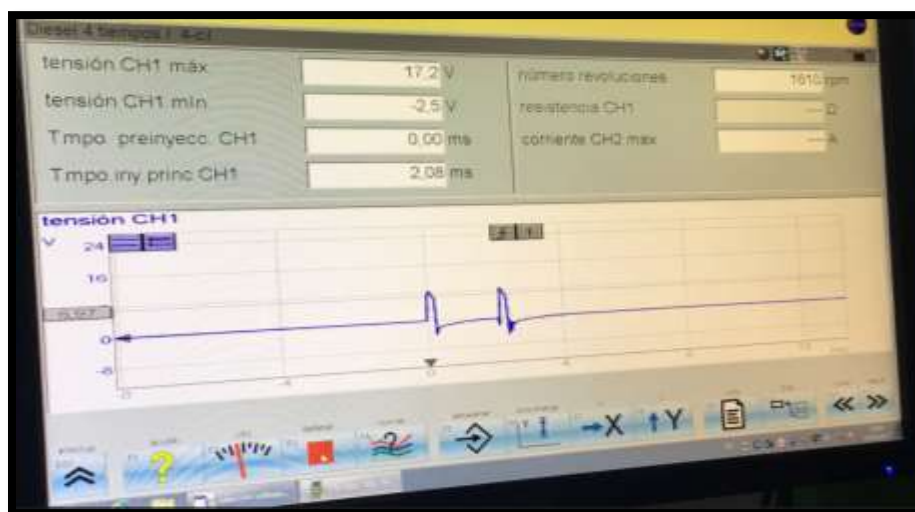


Figura 25. Onda del segundo inyector
Fuente: Taller de la UIDE
Autor: Carlos Bayas

Tabla 3. Valores de la curva del inyector 2
Autor: Carlos Bayas

Tensión CH1 max.	17.2 v
Tensión CH1 min.	-2.5 v
Tiempo inyección principal CH1	2.08 ms
No. De revoluciones	1610 rpm

3.1.3 Onda del cilindro 4 inyector 3



Figura 26. Onda del tercer inyector

Fuente: Taller de la UIDE

Autor: Carlos Bayas

Tabla 4. Valores de la curva del inyector 3

Autor: Carlos Bayas

Tensión CH1 max.	8.4 v
Tensión CH1 min.	-4.9 v
Tiempo inyección principal CH1	2.40 ms
No. De revoluciones	2050 rpm

3.1.4 Onda del cilindro 2 inyector 4

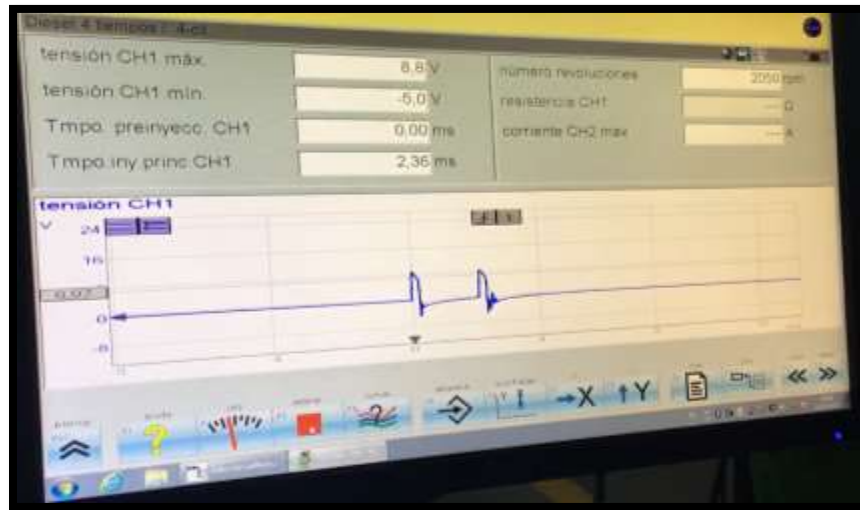


Figura 27. Onda del cuarto inyector

Fuente: Taller de la UIDE

Autor: Carlos Bayas

Tabla 5. Valores de la curva del inyector 4

Autor: Carlos Bayas

Tensión CH1 max.	8.8 v
Tensión CH1 min.	-5.0 v
Tiempo inyección principal CH1	2.36 ms
No. De revoluciones	2050 rpm

Capítulo IV

4 Análisis y resultado

Este capítulo se va a analizar los resultados obtenidos en las pruebas con los resultados que nos da el fabricante

En la figura 28, se puede observar dos ondas que se dividen en la pre inyección “A” y la inyección principal “B”.

En este motor se cumple la pre inyección para eliminar la reducción del ruido del motor y las emisiones de escape, esta pre inyección se realiza antes que el pistón llegue al PMS, con lo que se va a inyectar combustible en poca cantidad, y esto lo que produce es elevar la temperatura y la presión de la cámara.

En el momento de la inyección principal la presión con la que se inyecta el combustible se mantiene igual, lo que cambia con esta inyección es el tiempo en el que se mantiene abierto el inyector para que termine de hacer la combustión correctamente.

Cuando hacemos el análisis de la curva que obtuvimos con el osciloscopio y la curva que nos da el fabricante obtenemos que las curvas que encontramos son menores a las del fabricante en la cual tenemos que ver las siguientes variables que pueden producir que la curva se reduzca, como tenemos el caso del desgastes de las piezas mecánicas del motor, el desgastes de la bomba de los inyectores todo esto se deriva del kilometraje que tiene el vehículo y del año que es el vehículo. El año del vehículo es del 2006 es decir que la curva que nos da el fabricante se obtuvo en ese año, por ese motivo es menor a la original.

4.1 Onda del cilindro 1 inyector 1

La grafica que se obtuvo en la práctica fue la siguiente la cual tenemos un tiempo de inyección principal de 2.44 mili segundos con un voltaje de 8.6 voltios.

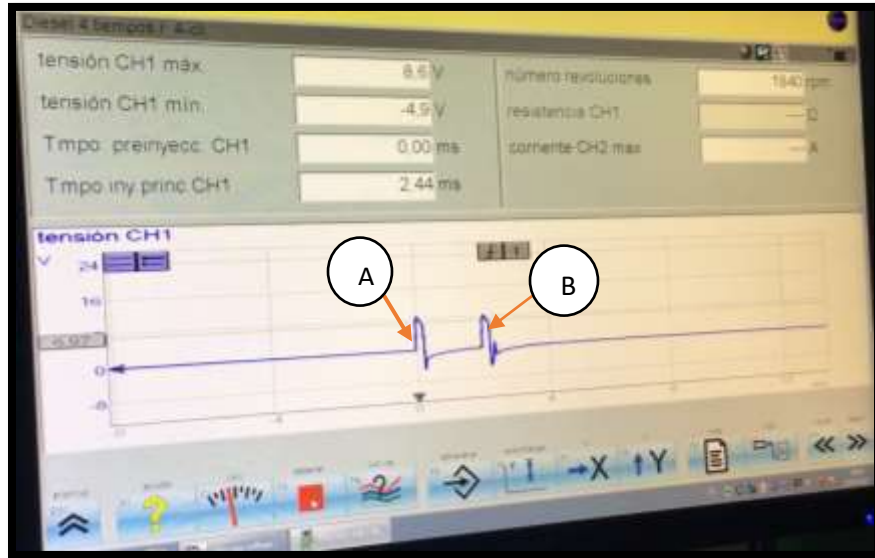


Figura 28. Onda del primer inyector, A preinyección, B inyección principal

Fuente: Taller de la UIDE

Autor: Carlos Bayas

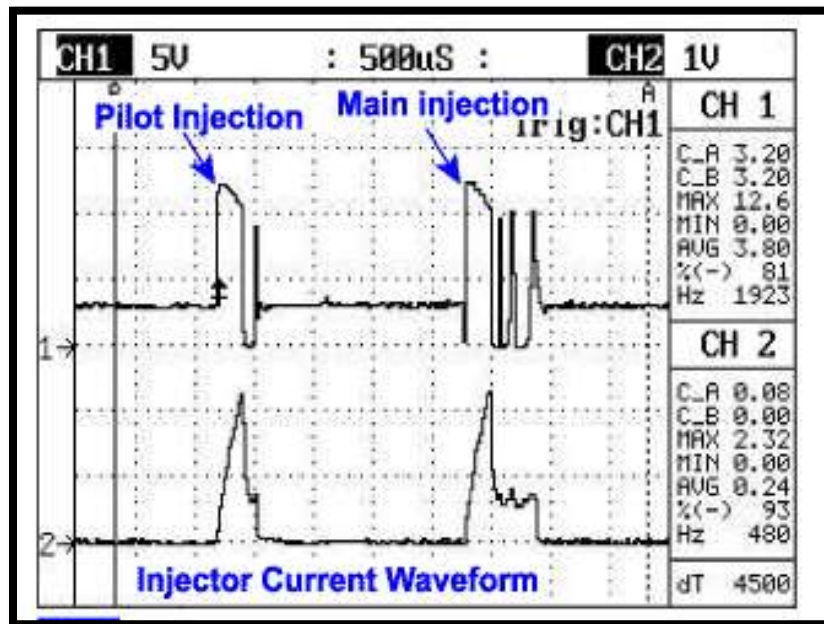


Figura 29. Onda del primer inyector que da el fabricante

Fuente: Manual GDS Hyundai

Autor: Carlos Bayas

Analizando la curva de la figura 28 con la de la figura 29 la cual es la gráfica que nos da el fabricante y se analiza que las curvas obtenidas con el osciloscopio del FSA-740 nos da una tensión máxima de 8.6 voltios, con una revolución del motor de 1840 rpm y el fabricante nos da una tensión de 12.6 voltios lo que nos demuestra que por la antigüedad del vehículo, entonces existe una diferencia aproximadamente de 4 voltios con lo que ha reducido la tensión principal como también su tiempo de inyección principal es de 2.4 ms la cual si la comparamos con lo que dice el fabricante es menor ya que esta es 0.6 ms

4.2 Onda del cilindro 3 inyector 2

La grafica que se obtuvo en la práctica fue la siguiente la cual tenemos un tiempo de inyección principal de 2.08 mili segundos con un voltaje de 8.3 voltios.

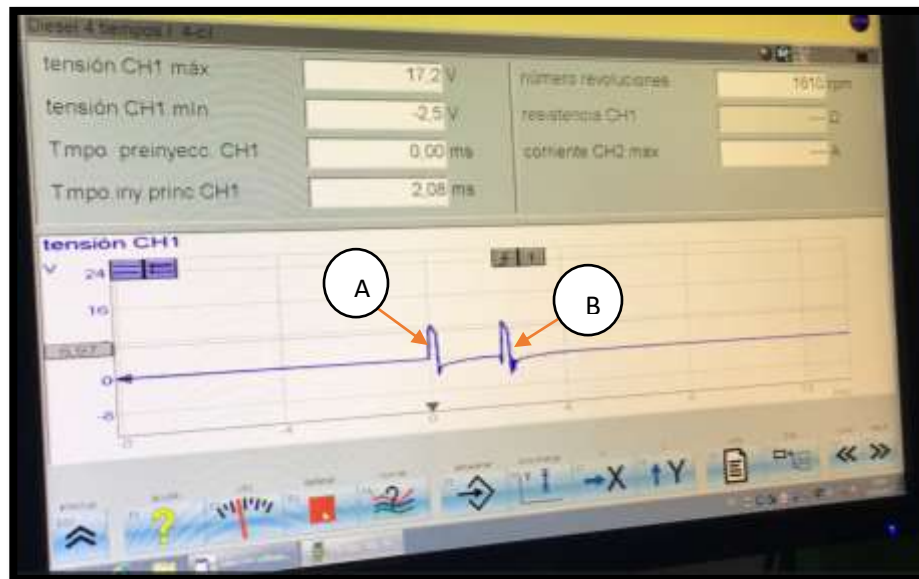


Figura 30. Onda del segundo inyector, A preinyección, B inyección principal

Fuente: Taller automotriz

Autor: Carlos Bayas

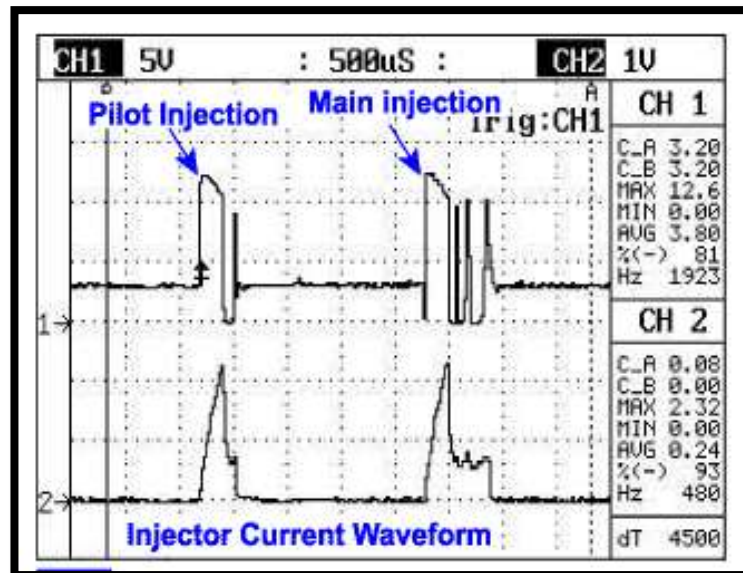


Figura 31. Onda del segundo inyector que da el fabricante

Fuente: Manual GDS Hyundai

Autor: Carlos Bayas

Analizando la curva de la figura 30 con la de la figura 31 la cual es la gráfica que nos da el fabricante y se analiza que las curvas obtenidas con el osciloscopio del FSA-740 nos da una tensión máxima de 17.2 voltios, a una revolución el motor de 1610 rpm y el fabricante nos da una tensión de 12.6 voltios lo que nos demuestra que por la antigüedad del vehículo, entonces existe una diferencia aproximadamente de 4.6 voltios con lo que ha reducido la tensión principal como también su tiempo de inyección principal es de 2.8 ms la cual si la comparamos con lo que dice el fabricante es menor ya que esta es 0.6 ms

4.3 Onda del cilindro 4 inyector 3

La grafica que se obtuvo en la práctica fue la siguiente la cual tenemos un tiempo de inyección principal de 2.40 mili segundos con un voltaje de 8.4 voltios



Figura 32. Onda del Tercero inyector, A preinyección, B inyección principal

Fuente: Taller de la UIDE

Autor: Carlos Bayas

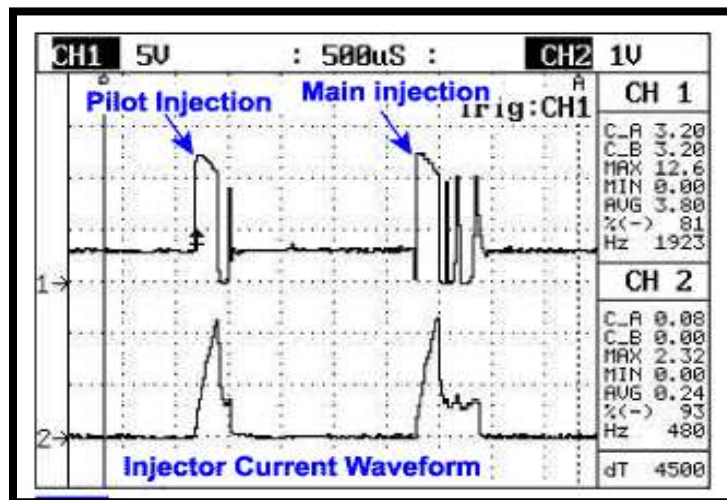


Figura 33. Onda del tercer inyector que da el fabricante

Fuente: Manual GDS Hyundai

Autor: Carlos Bayas

Analizando la curva de la figura 32 con la de la figura 33 la cual es la gráfica que nos da el fabricante y se analiza que las curvas obtenidas con el osciloscopio del FSA-740 nos da una tensión máxima de 8.4 voltios, a una revolución del motor de 2050 rpm y el fabricante nos da una tensión de 12.6 voltios lo que nos demuestra que por la antigüedad del vehículo, entonces nos da una diferencia aproximadamente de 4.2 voltios con lo que ha reducido la tensión principal como también su tiempo de inyección principal es de 2.4 ms la cual si la comparamos con lo que dice el fabricante es menor ya que esta es 0.6 ms

4.4 Onda del cilindro 2 inyector 4

La grafica que se obtuvo en la práctica fue la siguiente la cual tenemos un tiempo de inyección principal de 2.36 mili segundos con un voltaje de 8.8 voltios

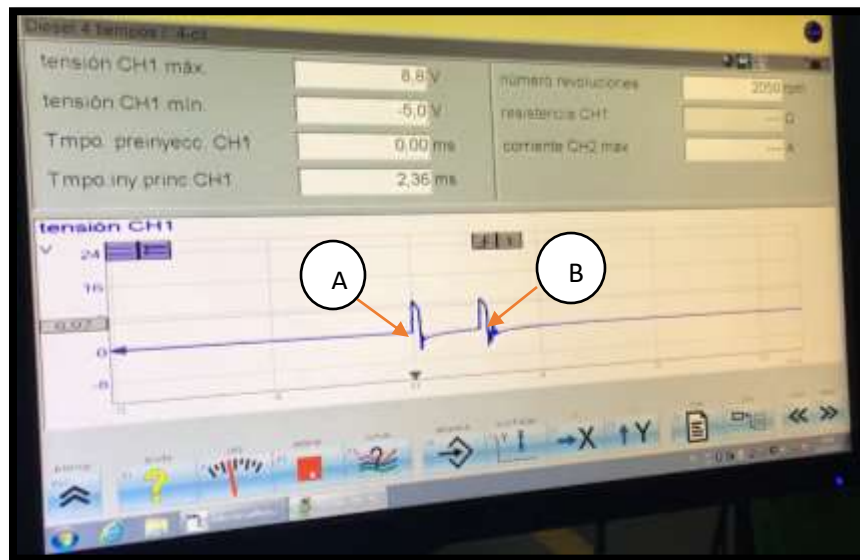


Figura 34. Onda del cuarto inyector, A preinyección, B inyección principal

Fuente: Taller de la UIDE

Autor: Carlos Bayas

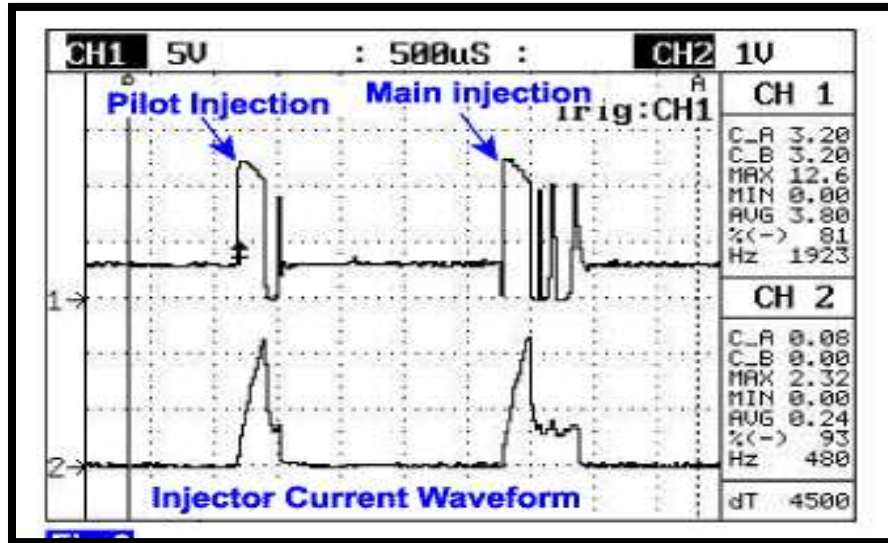


Figura 35. Onda del cuarto inyector que da el fabricante

Fuente: Manual GDS Hyundai

Autor: Carlos Bayas

Analizando la curva de la figura 34 con la de la figura 35 la cual es la gráfica que nos da el fabricante y se analiza que las curvas obtenidas con el osciloscopio del FSA-740 nos da una tensión máxima de 8.8 voltios, con una revolución de 2050 rpm y el fabricante nos da una tensión de 12.6 voltios lo que nos demuestra que por la antigüedad del vehículo, entonces existe una diferencia aproximadamente de 3.6 voltios con lo que ha reducido la tensión principal como también su tiempo de inyección principal es de 2.36 ms la cual si la comparamos con lo que dice el fabricante es menor ya que esta es 0.6 ms

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1 Conclusiones

- En el momento de realizar las pruebas al inyector se tuvo que aumentar las rpm para así poder obtener la curva con el osciloscopio.
- La curva intensidad-tiempo es una curva que describe que amperaje genera el inyector en sus diferentes fases para así reconocer el funcionamiento del mismo y evaluar el estado para poder diagnosticar y resolver algún problema que se hallase
- La curva que se generó al ver el funcionamiento del inyector es semejante a la curva teórica del mismo, ya que varía por diversos factores y estados de los inyectores analizados.

5.2 Recomendaciones

- Para futuras mediciones correctas de la curva intensidad – tiempo se debe tener en cuenta utilizar las puntas de medición del osciloscopio.
- Al momento de mostrar la curva intensidad tiempo en el osciloscopio, se debe buscar la medida exacta de tiempo para así poder apreciar con más detalle la curva y poder analizarla más detenidamente, en este caso sería usar una escala que este en microsegundos.
- Para la curva teórica se debe obtener de manuales o de programas que ya tengan predeterminado el funcionamiento de los inyectores y los voltajes con los que trabaja, para así tener una comparación más eficiente con la curva practica que se obtiene en el escáner.

Bibliografía

- *Manuales de automoviles*. (1 de 10 de 2016). Obtenido de <https://carmanuals2.com/hyundai/terracon-2006-manual-del-propietario-101230>
- 24hs, C. (2004). *Ondas*. Madrid: Colegio 24hs.
- Bernard, F. G. (1983). *Circuitos Electronicos y sus aplicaciones*. McGraw-Hill Interamericana.
- Bosch. (2009). *Manual de la técnica del automovil*. Barcelona: Reverte S.A.
- Crouse, W. (2008). *Mecanica del Automovil*. Barcelona: McGraw-Hill .
- De Castro Vicente, M. (2008). *Inyeccion y encendido*. Barcelona: CEAC.
- Diccionario de la Real Academia Española . (01 de 01 de 2014). *Real Academia Española*. Recuperado el 03 de 02 de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=CARBURADOR>
- Enrique, S. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: MACMILLAN HEINEMANN.
- GDS. (s.f.). *Manual Hyundai* .
- Ibañez, S. P. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Diesel (MF0133_2)*. Málaga: IC Editorial.
- Mandado Perez Enrique, M. E. (1995). *Instrumentacion Electronica*. Malaga: Marcombo.
- Parreño Ibañez, S. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor ciclo Diesel (MF0133_2)*. Málaga: IC Editorial.
- Srinivasan, S. (2008). *Automotive Mechanics* . New Dheli: Tata McGraw-Hill Education .