



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE REPOTENCIACIÓN DE UN
MOTOR UTILIZANDO EL SISTEMA "PGM-FI" DE HONDA EN UNA
CRF 450R.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de

Ingeniero Mecánico Automotriz

Autor

Juan Fernando Idrovo Merchán

Director

Diego Francisco Torres Moscoso

Cuenca – Ecuador

2012

DEDICATORIA:

Este proyecto lo dedico infinitamente a Dios, ya que gracias a él que me dio la salud y la sabiduría para poder encaminar bien este propósito lo he podido culminar con gran orgullo, de igual manera porque me da la oportunidad de tener a toda mi familia apoyándome tanto a mis padres Fernando y Maria de Lourdes como a mi hermana Maria Caridad, quienes con sus consejos me supieron alentar para no echarme atrás y poder cumplir mi meta.

Juan Fernando.

AGRADECIMIETO

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Francisco Torres, quien desde un inicio hasta la culminación del proyecto ha apoyado y colaborado con todo su conocimiento y acertados consejos que hicieron posible encaminar de mejor manera el trabajo realizado.

De igual manera quiero agradecer a la empresa Indumot S.A. y a los profesionales Eco. Carlos Morejón, Ing. Jose Cardenas, Ing. Juan Miguel Campo quienes me han facilitado y ayudado en los talleres y la motocicleta de la empresa para realizar diferentes pruebas y comprobaciones que constituyen este trabajo y que me han colaborado de la mejor manera en el desarrollo del proyecto.

A ellos mi profundo agradecimiento y el más alto sentimiento de gratitud y estima.

Juan Fernando.



RESUMEN

ELABORACIÓN DEL MANUAL DE REPOTENCIACIÓN DE UN MOTOR UTILIZANDO EL SISTEMA "PGM-FI" DE HONDA EN UNA CRF 450R.

Este trabajo de graduación trató sobre la repotenciación del motor mediante la modificación del módulo de control electrónico (ECM) en una motocicleta Honda CRF 450RB, utilizando un sistema de control de calibración electrónica denominado PGM F-I, que originalmente trae una configuración de fábrica establecida para un normal funcionamiento. Luego de realizar los estudios y el análisis correspondiente de los sensores y actuadores del motor se desarrolló el manual, tomando en cuenta que los puntos a modificar son la inyección de combustible y el tiempo de encendido, basándose en la cantidad de entrega de combustible y la apertura de la válvula de aceleración, a más de las características del piloto y la altura sobre el nivel del mar que va a funcionar la motocicleta. Finalmente se comprobó mediante las pruebas de campo que las modificaciones realizadas al sistema mejoraron el desarrollo del motor de la motocicleta, en función de las condiciones del terreno y características del piloto.

Palabras Claves.- Repotenciación y modificación, sensores y actuadores, inyección de combustible y tiempo de encendido, piloto y clima, rendimiento.



Ing. Hernán Viteri C
JUNTA ACADEMICA



Ing. Francisco Torres M.
DIRECTOR



Sr. Juan Fernando Idrovo
ESTUDIANTE

3/10/12

ABSTRACT

CREATION OF A MANUAL FOR ENGINE REPOWERING THROUGH THE USE OF HONDA'S "PGM-FI" SYSTEM IN CRF 450R

This graduation project dealt with engine repowering through the modification of the electronic control module (ECM) of a Honda CRF 450RB motorcycle, through the use of an electronic calibration control system called PGM-FI, which originally comes with factory settings that are established for normal functioning. After carrying out the studies and the corresponding analysis of the sensors and the engine's actuators, we developed the manual taking into account the fuel injection and the start-up time, which are the points that need to be modified, based on the quantity of fuel issued and the opening range of the throttle valve as well as the pilot's characteristics and the height above sea level in which the motorcycle will operate. Finally, through different field studies we were able to prove that the modifications to the system improved the motorcycle's engine development in relation to the ground and the pilot's characteristics.

Key Words: Repowering and modification, sensors and actuators, fuel injection and start-up time, pilot and weather, performance.



Ing. Hernán Viteri C.
Academic Board



Ing. Francisco Torres M
Director



Mr. Juan Fernando Idrovo
Student



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

• Dedicatoria	ii
• Agradecimiento	iii
• Resumen	iv
• Abstract	v
• Índice de contenidos	vi
• Índice de tablas	ix
• Índice de figuras	ix
• Índice de anexos	xi
• Introducción	1

CAPÍTULO 1: SISTEMAS DE INYECCIÓN APLICADOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE INYECCIÓN EN MOTOCICLETAS.

1.1. Generalidades del sistema de inyección electrónico de combustible	2
1.1.1. Inyección mecánica	2
1.1.1.1. Sistema de inyección K-JETRONIC BOSCH	2
1.1.1.2. Sistema de inyección KE-JETRONIC BOSCH	3
1.1.1.3. Sistema de inyección D-JETRONIC BOSCH	3
1.1.1.4. Sistema de inyección L-JETRONIC BOSCH	4
1.1.1.5. Sistema de inyección LH-JETRONIC BOSCH	4
1.1.2. Inyección electrónica de combustible	4
1.1.2.1. Inyección continua	5
1.1.2.2. Inyección intermitente	5
1.1.3. El sistema de inyección electrónico en relación al carburador	5
1.1.4. Ciclos de trabajo del motor y punto de inyección de combustible	6
1.1.4.1. Admisión	6
1.1.4.2. Compresión	6

1.1.4.3.	Encendido	6
1.1.4.4.	Trabajo	6
1.1.4.5.	Escape	6
1.1.5.	Mezcla Estequiométrica	7
1.1.6.	Carga estratificada	7
1.1.7.	Disminución del consumo de combustible	7
1.1.8.	Mayor potencia	8
1.1.9.	Gases de escape menos contaminantes	8
1.1.10.	Arranque en frío y fase de calentamiento	9
1.1.11.	Desventajas de la inyección electrónica de combustible	9
1.2.	Tipos de inyección	9
1.2.1.	Inyección directa	9
1.2.2.	Inyección indirecta	10
1.3.	Características de inyección en una CRF 450R	10
1.3.1.	Componentes y sus características	12
1.3.1.1.	Programador de inyección de combustible (PGM-FI).....	12
1.3.1.2.	La unidad de control electrónico del motor (ECM)	12
1.3.1.3.	Principios de funcionamiento	13
1.3.1.4.	Bomba de combustible	13
1.3.1.5.	Bobina	14
1.3.1.6.	Inyector	15
1.3.1.7.	Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	15
1.3.1.8.	Sensor de presión absoluta (MAP)	16
1.3.1.9.	Sensor de la válvula de aceleración (THP)	17
1.3.1.10.	Sensor de temperatura de aceite de motor (EOT)	18
1.3.1.11.	Sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)	18
1.3.1.12.	Sensor de oxígeno O2	19
1.3.1.13.	Válvula de control de aire de ralentí (IAC)	19
1.3.1.14.	Indicador de averías (MIL)	20
1.3.1.15.	Conector de averías (SCS)	21
1.3.1.16.	Sensor de ángulo de inclinación (BAS)	21

1.3.1.17.	Tiempo básico de inyección	22
1.3.1.17.1.	Mapa de densidad y rotación	22
1.3.1.17.2.	Mapa de posición de la válvula de aceleración y rotación	23
1.3.1.18.	Sistema “RETURN LESS”	24
1.4.	Ficha técnica de la motocicleta CRF 450R	26
1.4.1.	General	26
1.4.2.	Inyección	27

CAPÍTULO 2: IMPLEMENTACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL MANUAL PARA MODIFICACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE UNA MOTO CRF 450R.

2.1.	Datos generales	28
2.2.	¿Cómo funciona?	28
2.3.	Indicaciones y consejos	29
2.4.	Ajuste de la configuración	30
2.5.	Efectos de la modificación en la motocicleta con sus ventajas y desventajas	31
2.6.	Transferencia de datos	33
2.7.	Serial USB F-I	33
2.8.	Instalación de Hardware y software	34
2.9.	Implementación y desarrollo del manual	34

CAPÍTULO 3: VARIABLES MODIFICADAS MEDIANTE EL SISTEMA PGM-FI EN LA MOTO CRF 450R.

3.1.	Resultados	58
3.1.1.	Resultado uno “Configuración de fábrica”	58
3.1.2.	Resultado dos “Ciudad 2”	59
3.1.3.	Resultado tres “Pista 2”	61
3.1.4.	Resultado cuatro “fallasup”	62
3.2.	Conclusiones y Recomendaciones	65

BIBLIOGRAFIA	66
---------------------------	----

ANEXOS	68
---------------------	----

INDICE DE TABLAS

1.1. Ficha técnica general	26
1.2. Ficha técnica de inyección	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de sensores	13
Figura 1.2 Bomba de combustible	14
Figura 1.3 Bobina	14
Figura 1.4 Inyector	15
Figura 1.5 Sensor CKP	16
Figura 1.6 Sensor MAP	17
Figura 1.7 Sensor THP	17
Figura 1.8 Sensor EOT	18
Figura 1.9 Sensor IAT	19
Figura 1.10 Sensor de oxígeno	19
Figura 1.11 Válvula IAC	20
Figura 1.12 Indicador MIL	20
Figura 1.13 Conector de la ECM	21
Figura 1.14 Sensor de ángulo de inclinación	22
Figura 1.15 Mapa de densidad y rotación	23
Figura 1.16 Mapa de posición de la válvula de aceleración y rotación	23
Figura 1.17 Sistema “Retun Less”	24
Figura 1.18 Diagrama de sensores y actuadores	25
Figura 2.1 Cambio de datos	29
Figura 2.2. Rangos de modificación rpm y %TH	30
Figura 2.3 Mapa de modificación 3D	32
Figura 2.4 Área de anotaciones	32
Figura 2.5 Unidad serial USB I/F	34

Figura 2.6 Pestaña archivo	35
Figura 2.7 Verificación de puertos	35
Figura 2.8 Pestaña de datos	35
Figura 2.9 Pestaña de idioma	36
Figura 2.10 Pestaña de modelo	36
Figura 2.11 Pestaña de ayuda	36
Figura 2.12 Área de comentarios	36
Figura 2.13 Área de modificación de datos	37
Figura 2.14 Comando de cambio de datos	37
Figura 2.15 Área de transmisión de datos	38
Figura 2.16 Sistema PGM-FI.....	38
Figura 2.17 Motocicleta CRF 450R.....	39
Figura 2.18 Comunicación entre USB, PGM-FI y computador a la ECM.....	40
Figura 2.19 Encender serial	41
Figura 2.20 Guardar archivo	42
Figura 2.21 Archivo guardado	43
Figura 2.22 Modificación inyección de combustible	44
Figura 2.23 Modificación de rpm y %THP	44
Figura 2.24 Mapa de inyección de combustible modificado	45
Figura 2.25 Porcentaje de válvula de aceleración	45
Figura 2.26 Mapa 3D de inyección de combustible	46
Figura 2.27 Mapa de tiempo de encendido modificado	47
Figura 2.28 Porcentaje de mariposa de aceleración	47
Figura 2.29 Mapa 3D de tiempo de encendido	48
Figura 2.30 Guardar archivo	49
Figura 2.31 Archivo guardado	50
Figura 2.32 Encender serial	51
Figura 2.33 Inicio de comunicación	52
Figura 2.34 Apagar serial	53
Figura 2.35 Encender serial	54
Figura 2.36 Inicio de comunicación	55

Figura 2.37 Apagar serial	56
Figura 2.38 Confirmación de datos cargados a la ECM	57
Figura 3.1 Mapa 3D FI configuración de fábrica	58
Figura 3.2 Mapa 3D IG configuración de fábrica	59
Figura 3.3 Mapa 3D FI ciudad 2	60
Figura 3.4 Mapa 3D IG ciudad 2	60
Figura 3.5 Mapa 3D FI pista 2	61
Figura 3.6 Mapa 3D IG pista 2	62
Figura 3.7 Datos FI de falla superior	63
Figura 3.8 Mapa 3D FI falla superior	63
Figura 3.9 Datos 3D IG falla superior	64
Figura 3.10 Mapa 3D IG falla superior	64

INDICE DE ANEXOS

Anexo A-1: Instalación de software	68
---	----

Idrovo Merchán Juan Fernando

Trabajo de graduación.

Ing. Diego Francisco Torres Moscoso.

Octubre 2012.

ELABORACIÓN DEL MANUAL DE REPOTENCIACIÓN DE UN MOTOR UTILIZANDO EL SISTEMA "PGM-FI" DE HONDA EN UNA CRF 450R.

INTRODUCCION

En la actualidad existen varios problemas en la puesta a punto de las motocicletas, ya que las mismas tienen tecnologías que permiten la modificación electrónica del módulo de control electrónico (ECM) de las prestaciones del motor y se realizan de acuerdo al conductor, tipo de terreno, etc.

Los mecánicos de motos deben estar preparados para realizar dichos cambios y aprovechar al máximo el rendimiento de la moto; por lo que se recomienda la utilización de estos manuales y que sus propietarios las lleven a talleres autorizados, donde van a encontrar el personal capacitado y con todas las herramientas necesarias para efectuar un trabajo técnico.

La repotenciación y desarrollo de este manual se encuentra dirigido a técnicos y usuarios de las motos Honda CRF 450R; este trabajo desea guiar a los técnicos para que puedan poner a punto y modificar estos vehículos acorde a las necesidades del usuario y así aprovechar al máximo el rendimiento de la CRF 450R, para de esta manera satisfacer las necesidades del conductor y brindar una nueva perspectiva de los campos automotrices; donde el ingeniero puede aplicar sus conocimientos, determinar ventajas y masificar la mecánica de motocicletas, convirtiéndose en un nuevo campo de generación económica y satisfacción personal para las nuevas generaciones.

CAPÍTULO I

SISTEMAS DE INYECCION APLICADOS Y NUEVAS TECNOLOGIAS DE INYECCIÓN EN MOTOCICLETAS.

1.1. Generalidades del sistema de inyección electrónico de combustible.

1.1.1. Inyección mecánica

El carburador regula la mezcla de aire combustible que ingresa a la cámara de combustión del motor, el mismo es un elemento mecánico que se basa en la depresión que producen los pistones del motor al bajar del punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI), en la etapa de admisión, ocasionando que el aire aspirado pase a través del tubo Venturi del carburador, arrastrando una cantidad de combustible desde la cuba, formando la mezcla, la misma que se dirige hacia la cámara de combustión y se quemará cuando el pistón suba al PMS en la etapa de compresión, donde saltará la chispa de la bujía produciendo la explosión de la mezcla y creando la combustión para que el motor continúe con sus ciclos de trabajo y escape respectivamente.

La depresión se genera de mejor manera mientras menos obstáculos encuentre en su camino el aire, por lo que la mariposa de aceleración controla la depresión para crear mayor o menor succión de aire, de la misma manera arrastrando la cantidad de combustible necesaria para crear la mezcla. Con el tiempo mejoraron los sistemas de entrega de combustible y los denominaron sistemas de inyección los cuales se exponen a continuación:

1.1.1.1. Sistema de inyección K-JETRONIC BOSCH

Este es un sistema de inyección mecánica continua de combustible donde el volumen de aire aspirado por el motor es controlado por un caudalímetro y la alimentación de combustible es comandada por una bomba eléctrica que envía el combustible a un

dosificador-distribuidor y este a los inyectores. El caudalímetro actúa sobre el dosificador-distribuidor y se encarga de entregar la mezcla en función del aire aspirado por el motor dependiendo de la apertura de la mariposa de aceleración entregará mayor o menor cantidad de mezcla.

1.1.1.2. Sistema de inyección KE-JETRONIC BOSCH

Es una versión mejorada del sistema K-Jetronic utilizando la unidad de control electrónica (ECM), su diferencia principal es que controla electrónicamente todas las correcciones de la mezcla aire combustible, mediante un actuador de control electromagnético que se activa por una variación eléctrica proveniente del modulo de control, tomando y procesando las señales enviadas por el sensor de temperatura del refrigerante y el sensor de posición de la mariposa de aceleración; el caudalímetro está equipado con un potenciómetro para detectar electrónicamente la posición del acelerador y el modulo de control procesa la señal para determinar el enriquecimiento de la mezcla cuando se produce la aceleración, también el dosificador-distribuidor tiene un regulador de presión de combustible.

1.1.1.3. Sistema de inyección D-JETRONIC BOSCH

Este es un sistema que no tuvo mucha acogida en el medio automotriz por lo que fue remplazado rápidamente. Su funcionamiento principalmente consistía en recibir señales de los diferentes sensores y mediante un solenoide que actúa sobre los inyectores permitir el pulverizado del combustible de acuerdo a la presión generada en la bomba, al ser un sistema eléctrico la inyección no es continua, sino intermitente, para esto el modulo recibe las señales de los sensores de temperatura de aire, de refrigerante, de un termo-contacto temporizado para evitar enriquecimientos de mezcla y un sensor de posición de la mariposa del acelerador, controlando la entrega de combustible en etapas de aceleración.

1.1.1.4. Sistema de inyección L-JETRONIC BOSCH

Este sistema realiza la inyección de combustible de forma intermitente y lo hace en intervalos regulares, en cantidades calculadas y determinadas por la unidad de control, consta de una mariposa sonda que pivota sobre un eje central y se mueve sobre una cámara de compensación, para amortiguar las pulsaciones y de acuerdo a la cantidad de aire aspirado se desplaza enviando una señal a un potenciómetro que se encuentra solidario a la misma y convirtiéndolas en señales eléctricas para la ECU.

1.1.1.5. Sistema de inyección LH-JETRONIC BOSCH

Es un sistema muy similar al L-Jetronic la diferencia principal radica en que el registro del caudal de aire aspirado, lo realiza por medio de un hilo caliente midiendo la masa de aire aspirada por el motor, dando como consecuencia que esta medición de aire es independiente de la temperatura y la presión.

1.1.2. Inyección electrónica de combustible.

El sistema de inyección electrónica de combustible es más eficaz y de mejor control que los sistemas de carburación o inyección mecánica ya que se realiza mediante la ayuda de la unidad electrónica de control (ECU) y de esta manera se regula la marcha adecuada del motor. En estos sistemas la cantidad de combustible que se inyecta tiene relación con la masa de aire que aspira el motor, esta medida se realiza mediante un sensor y una sonda de temperatura que informan a la ECU el tiempo de apertura de los inyectores y su frecuencia de acuerdo a la velocidad de giro del motor.

Existen dos tipos de inyección electrónica, mono-punto cuando el combustible es introducido por un solo inyector para todos los cilindros y multi-punto cuando tienen inyectores individuales para cada cilindro. Dentro del sistema de inyección electrónica multipunto podemos distinguir algunos tipos.

1.1.2.1. Inyección continua: El combustible es inyectado de forma continua dentro del colector de admisión, dosificado y a presión, incluso cuando la válvula de admisión se encuentra cerrada, dicho combustible se acumula hasta que se abre la válvula correspondiente y el combustible es succionado por la corriente de aire.

1.1.2.2. Inyección intermitente: se dice que es una inyección intermitente cuando es gobernada por una señal electrónica enviada por el módulo de control, se realiza una vez en cada ciclo, dependiendo del orden de encendido del motor. Economizando combustible y mejorando la combustión interna.

1.1.3. El sistema de inyección electrónico en relación al carburador.

En los motores que funcionan a gasolina, la mezcla se prepara utilizando un carburador o un equipo de inyección electrónica que se la detalla a continuación:

El carburador realiza la mezcla mecánicamente, pero con la aparición de nuevas tecnologías este proceso se efectúa mediante un sistema controlado electrónicamente de inyección. Las ventajas que brinda dicho sistema son aumento de potencia y par motor, disminución del consumo específico de combustible, reducción de gases contaminantes, entre otras.

Estas ventajas se producen por qué que la inyección electrónica permite una dosificación más precisa del combustible en función de los estados de marcha y carga del motor, tratando de mantener la relación estequiométrica de la mezcla aire combustible durante los distintos regímenes de trabajo del motor, la combustión dentro del cilindro es completa, por lo tanto mejora la fuerza de empuje sobre la cabeza del pistón y la emisión de gases nocivos por el tubo de escape disminuye notablemente.

Los elementos fundamentales que forman un sistema de inyección de combustible son los inyectores, sensores, actuadores y la ECU, de esta manera se consigue una mejor distribución de la mezcla; por lo tanto eliminando al carburador.

1.1.4. Ciclos de trabajo del motor y punto de inyección de combustible.

En un motor de combustión interna de 4 tiempos Otto los ciclos de trabajo son admisión, compresión, trabajo y escape:

1.1.4.1. Admisión: El pistón se desplaza desde el PMS a PMI y la válvula de admisión se encuentra abierta succionando la mayor cantidad de aire posible, el pistón realiza una carrera completa y el cilindro se llena con mezcla aire/combustible, al final de la admisión la válvula se cierra y finaliza este trabajo.

1.1.4.2. Compresión: Las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas y el pistón se desplaza desde el PMI al PMS realizando una carrera completa y comprimiendo la mezcla.

1.1.4.3. Encendido: Cuando el pistón llega al PMS comprimiendo toda la mezcla dentro de la cámara de combustión se produce la chispa en la bujía y se enciende la mezcla produciendo la combustión y la presión aumenta pasando al siguiente ciclo.

1.1.4.4. Trabajo: Las válvulas todavía permanecen cerradas y el pistón se desplaza desde el PMS al PMI realizando nuevamente una carrera completa y en este punto comienza a abrirse la válvula de escape.

1.1.4.5. Escape: El pistón nuevamente se desplaza desde el PMI al PMS expulsando todos los gases inertes al exterior por la apertura que deja la válvula de escape para nuevamente iniciar el ciclo de admisión.

Cada carrera completa del pistón desde el PMS al PMI corresponde a media vuelta del cigüeñal por lo tanto para realizar un ciclo completo se necesitan dos revoluciones completas del cigüeñal de un motor Otto de 4 tiempos.

1.1.5. Mezcla Estequiométrica.

La mezcla estequiométrica se refiere a la entrega del combustible necesario para que reaccione con todo el oxígeno dentro de la cámara de combustión, para esto se aplica la mezcla ideal que debe ser 14,7:1 es decir que por 14,7 partes de aire en peso debe reaccionar con una parte de peso de combustible. Reduciendo la mayor cantidad de emisiones y aprovechando al máximo el rendimiento del motor.

1.1.6. Carga estratificada.

Se utiliza en algunos motores de inyección electrónica cuando no necesita brindar las máximas prestaciones, reduciendo el consumo de combustible. Consiste en inyectar combustible en dos fases, una pequeña durante la fase de admisión y otra mas grande en la fase de compresión, esta última crea la mezcla adecuada cerca de la bujía mientras el resto permanece en mezcla pobre, el momento de salto de chispa en la bujía se combustiona primero la parte superior de la mezcla, ocasionando una reacción en cadena por efecto de la temperatura, logrando de esta manera que la mezcla se combustione en su totalidad.

1.1.7. Disminución del consumo de combustible.

El sistema de inyección electrónico de combustible utilizado en motores a gasolina regula perfectamente la cantidad de combustible que necesita el motor según las necesidades del conductor. Esto quiere decir que el consumo de combustible será ideal basado en las variaciones del régimen de funcionamiento.

La regulación de la cantidad de combustible inyectado es controlado por la ECU del motor, tomando en cuenta el número de revoluciones, la posición de la válvula de aceleración, la temperatura del líquido refrigerante y especialmente la variación de la cantidad de oxígeno que tienen los gases de escape, dicha cantidad está controlada por el sensor lambda. En definitiva la proporción aire – combustible es exacta, disminuyendo por consiguiente el consumo de combustible.

1.1.8. Mayor potencia

La utilización de los nuevos sistemas de inyección y las modificaciones efectuadas en los colectores de admisión permitieron un mejor llenado de los cilindros, produciendo una mayor potencia específica y aumentando el par motor. El incremento de potencia en los motores de 4 tiempos se lo puede realizar mediante diferentes modificaciones al motor, como por ejemplo aliviando el peso de sus partes móviles, es decir pistones, válvulas de admisión y escape. Así como también reduciendo la cámara de combustión cepillando el cabezote para elevar la relación de compresión, de esta manera la mezcla se comprime más y se produce una explosión mas fuerte y completa de la misma, otra modificación que se realiza es aumentando el tiempo de apertura y cierre de las válvulas, según el ángulo de ataque de las levas correspondientes a las válvulas de admisión y escape, así también se puede cambiar los diámetros y conductos de los colectores de admisión y escape para que el aire sea introducido de una manera mas turbulenta y sin obstáculos, produciéndose un mejor llenado del cilindro.

Se puede modificar también la mezcla aire combustible que se realiza cambiando el funcionamiento de los diferentes sensores y actuadores que tienen los motores, con el uso de herramientas especiales que permitan realizar dichos cambios, en este caso se utilizará el scanner **PGM-FI** de **HONDA**.

Por ultimo y no dejando de ser importante se puede aumentar diferentes componentes al motor como por ejemplo un sistema de turbo-cargador, para mejorar su combustión, par motor y potencia, se debe tener en cuenta que los cambios a realizar deben basarse en cálculos, análisis y pruebas.

1.1.9. Gases de escape menos contaminantes.

La emisión de gases contaminantes depende directamente de la mezcla aire/combustible introducida al cilindro, la misma depende de las solicitudes exigidas al motor.

La ECU controla la cantidad de combustible inyectado y la combustión dentro del cilindro es ideal, produciendo gases contaminantes menos dañinos para el medio ambiente.

1.1.10. Arranque en frío y fase de calentamiento.

Gracias a la exacta dosificación de combustible en función de la temperatura y régimen de funcionamiento se consiguen arranques, y aceleraciones más breves y rápidas al momento de hacer reaccionar al motor. Para el calentamiento del motor la ECU realiza los ajustes necesarios para un giro continuo de la máquina, utilizando un mínimo de combustible hasta llegar a una temperatura y rango de funcionamiento normal del motor.

1.1.11. Desventajas de la inyección electrónica de combustible.

A pesar de que la inyección de combustible se a masificado en el campo automotriz no ha sido la solución a todos los problemas de la combustión en los motores de ciclo OTTO, si muy bien la inyección es mucho más precisa y eficiente que los carburadores al momento de entregar cantidades exactamente dosificadas de combustible, también es cierto que sus componentes son más sensibles, ya que existen sustancias extrañas en los ocasionando el taponamiento de los inyectores y formando carbonilla en la base de los mismos que pueden llagar a obstruir los orificios de entrega de gasolina, llegando a tal punto en quemar las bobinas de los inyectores, produciendo la marcha irregular del motor y posibles daños en el catalizador y la sonda lambda.

1.2. Tipos de inyección

1.2.1. Inyección directa:

Es un sistema que fue diseñado hace mucho tiempo atrás pero no tubo la acogida debida, porque la tecnología de ese tiempo no lo permitía a más de que involucraban unos costos muy altos en la aplicación a motores, y el precio final del vehículo era demasiado alto para la economía de ese tiempo, pero sin embargo este sistema se terminaba pagando solo ya que representa un gran ahorro de combustible.

En este sistema es muy importante la sincronización de inyección de combustible, el tiempo en la apertura de válvulas, la posición del pistón junto con toda la parte electrónica y ahora con la ayuda de la ECU estos tiempos se pueden controlar fácilmente.

Hoy en día este sistema es uno de los más utilizados por las ventajas que representa el ahorro de combustible y el aumento de torque y potencia en el motor. En este sistema la inyección de combustible se realiza directamente en la cámara de combustión sobre la cabeza del pistón y no en los colectores de admisión, una de las características de este sistema es que la cabeza del pistón se encuentra provista de una cavidad con un deflector que sirve para redireccionar la mezcla aire/combustible a un cierto punto dentro de la cámara de combustión para mejorar la combustión.

1.2.2. Inyección indirecta:

Es un sistema donde la inyección se realiza en los colectores de admisión sin importar si la válvula de admisión se encuentre abierta o cerrada, parte del combustible es inyectado en una pre-cámara que se conecta a la cámara de combustión mediante un pequeño orificio, parte del combustible se quema en esta pre-cámara aumentando la presión y enviando el resto del combustible no quemado a la cámara principal donde encontrara el aire necesario para completar la combustión.

1.3. Características de inyección en una CRF 450R.

Las nuevas tecnologías aplicadas en esta motocicleta la convierten en la más liviana de su categoría permitiendo obtener, mayor fuerza, torque, velocidad y rendimiento en cualquier situación que se la utilice. Esta motocicleta esta compuesta por un motor Unicam de 4 tiempos, 4 válvulas y 1 cilindro además está provista de un sistema de inyección de combustible que no utiliza corriente de batería, ya que la utiliza dentro de su equipamiento, alivianando el peso y mejorando el consumo.

Consta también de un liviano y compacto sistema de suspensión progresivo de dirección desarrollado por la marca HONDA.

A continuación se detallan las características de inyección de combustible más importantes de la CRF 450R.

- Un nuevo sistema de inyección de combustible sin batería que brinda mayor potencia, rendimiento y optimización de entrega de combustible.
- Nuevo indicador de inyección de combustible integrado al interruptor de parada que permite al conductor observar las condiciones del sistema previo a una carrera.
- Nuevo sistema de inyección de combustible que realiza la puesta a punto automática, asegurando la maniobrabilidad de la moto a diferentes alturas sobre el nivel del mar.
- Disminución del peso, ya que las dimensiones y capacidad del tanque de combustible son menores debido al consumo reducido de gasolina.
- Nuevo módulo de bomba de combustible conectado a la parte inferior del tanque este responde directamente a la presión del combustible, y especialmente por su ubicación mejora el centro de gravedad de la motocicleta.
- Mayor diámetro de los conductos de admisión (50mm) que otorga mayor fuerza y un rendimiento mejorado en todo el rango de revoluciones.
- Chasis de quinta generación de dos partes fabricado por fundición en lugar de forjado, consiguiendo una reducción de peso de 410gr.
- Diseño ergonómico que brinda una posición de manejo más abierta y ‘sencilla’.
- Nuevo diseño de salida de escape, que brinda una mejor evacuación de gases, permitiendo ubicar el silenciador de titanio más delante, beneficiando la centralización de masas.
- Nuevas dimensiones con centro de gravedad más bajo y horquilla posterior más grande, proporcionando una buena tracción delantera y optimizando la aceleración.

1.3.1. Componentes y sus características

1.3.1.1. Programador de inyección de combustible (PGM-FI)

Las siglas PGM-FI indican “Programmed Fuel Injection”, el mismo es un sistema de control de inyección creado específicamente por la propia marca Honda para realizar modificaciones en la ECM tomando en cuenta el tiempo de encendido y la inyección de combustible.

1.3.1.2. La Unidad de Control electrónico del motor (ECM)

La ECM tiene una memoria que está programada con las mezclas de aire/combustible, basándose en la presión absoluta del colector de admisión en función de las revoluciones del motor y la posición de la mariposa de aceleración, tomando estas informaciones para que los inyectores dosifiquen el momento y el tiempo de inyección adecuado para el funcionamiento.

1.3.1.3. Principios de funcionamiento

El sistema PGM-FI está compuesto por las señales de entrada, la ECM y las señales de salida.

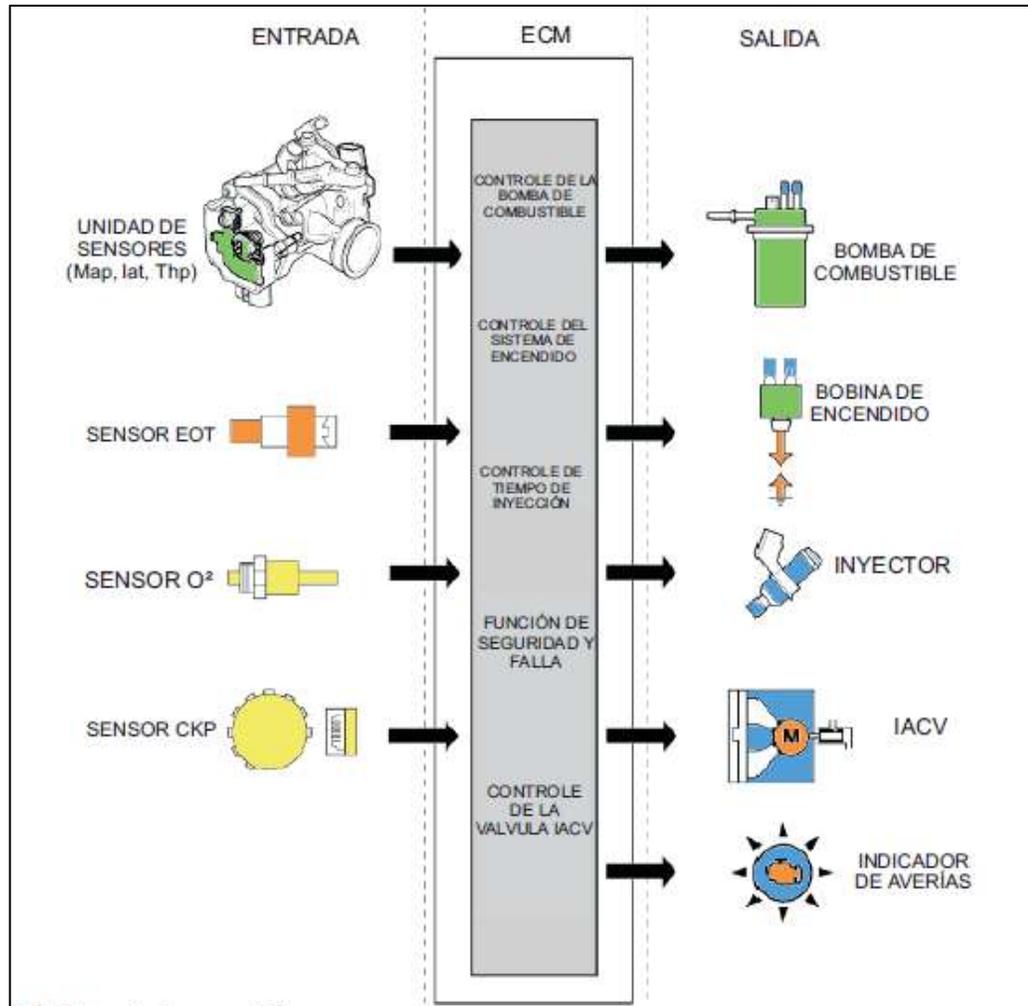


Figura 1.1. MAPA DE SENSORES

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.4. Bomba de combustible

Esta bomba es de tipo rotativa y envía el combustible a la línea de alimentación a una presión de $3,4 - 3,6 \text{ Kg/cm}^2$ o $333 - 353 \text{ Kpa}$, posee una válvula de retención que se abre en el momento cuando la bomba entrega el combustible al sistema de alimentación

y cierra cuando el motor se encuentra en reposo o apagado reteniendo una presión residual en la cañería de gasolina y facilitando el arranque del motor.

También esta dispuesta de una válvula de descarga que normalmente pasa cerrada, si el flujo del combustible se obstruye por alguna razón esta válvula se abre dejando pasar el combustible al sistema evitando la sobrepresión en las cañerías y solucionando la entrega de combustible.

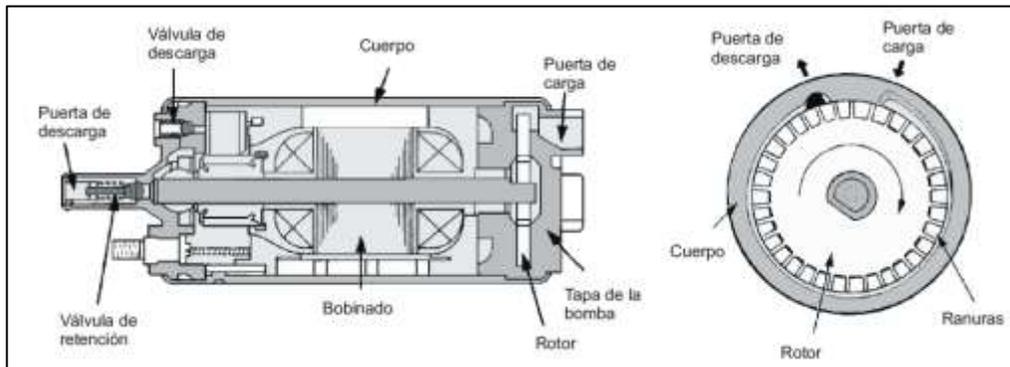


Figura 1.2. BOMBA DE COMBUSTIBLE

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.5. Bobina

La bobina no tiene relación directa con el sistema PGM-FI pero funciona a través de la ECM, la misma recibe la energía del positivo del interruptor de encendido y se conecta a tierra a la ECM creando el campo magnético necesario para el encendido de la motocicleta.

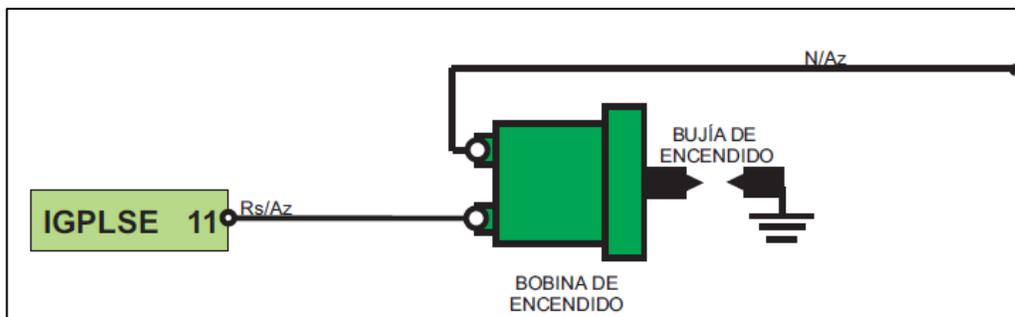


Figura 1.3. BOBINA (12/Feb/2012)

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE

1.3.1.6. Inyector

Los inyectores son mucho más livianos y aumenta el desempeño del sistema de inyección electrónico, los orificios del inyector son cónicos por lo que las partículas de combustible que entran a la cámara de combustión son menores reduciendo la emisión de hidrocarburos no combustionados (HC) y pueden ser de 6, 8 o 12 orificios dependiendo de la motocicleta. Es un inyector del tipo solenoide de carrera constante y consta de una bobina de 12Volt y su conexión a tierra la hace a través de la ECM de acuerdo a la sincronización y condiciones de trabajo del motor que son informados por la ECM gracias a los sensores ubicados en la CRF 450R.

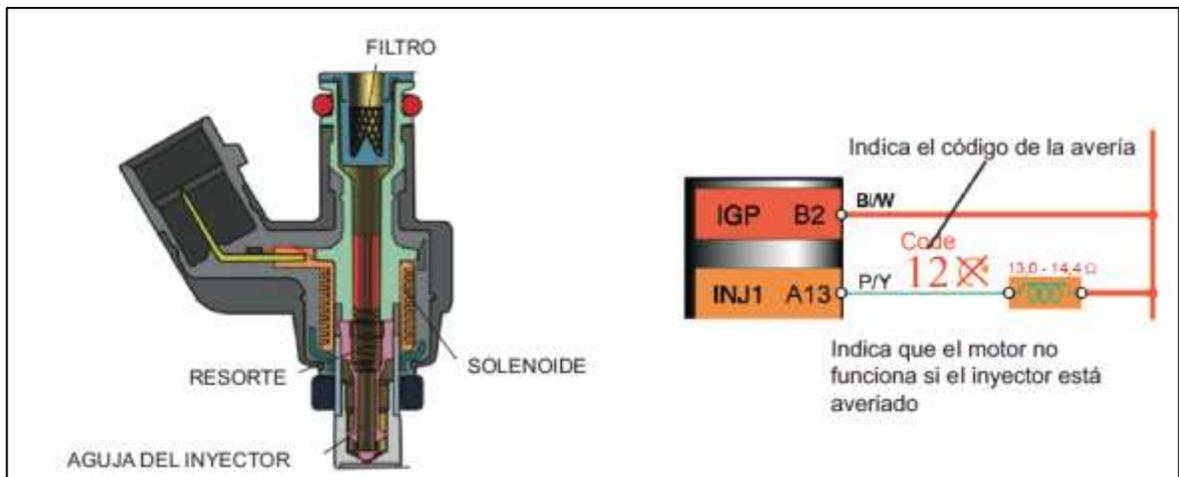


Figura 1.4. INYECTOR

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.7. Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Este sensor tiene la función de medir las revoluciones del motor e indicar la posición del cigüeñal, según las RPM del motor se determina el tiempo de apertura del inyector combinándose con los sensores MAP y THP que se explican a seguir. Este es un sensor de tipo inductivo que capta la señal en el espacio faltante entre las ranuras del cigüeñal, es un sensor considerado vital dentro del grupo electrónico de inyección, ya que si falla la inyección el motor se apaga inmediatamente.

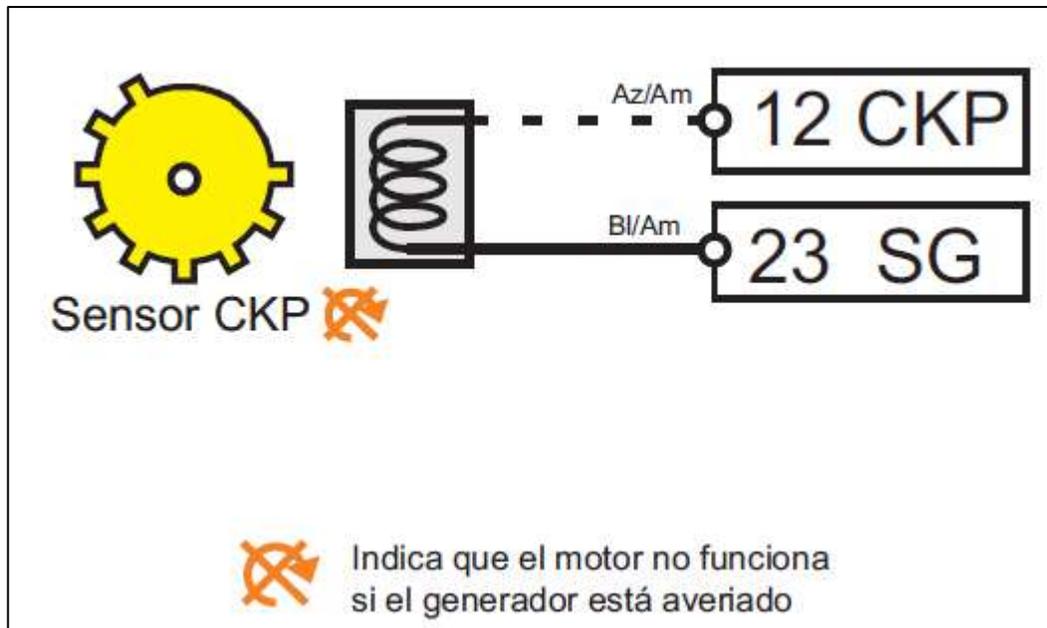


Figura 1.5. SENSOR CKP

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.8. Sensor de presión absoluta (MAP)

Es un sensor que controla la presión absoluta dentro del múltiple de admisión y trabaja con un voltaje de 5 Volt, la tensión varía entre 2,7 Volt y 3,1 Volt de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar que se encuentra la motocicleta. A través de la señal que emite este sensor la ECM controla el tiempo de inyección en bajas revoluciones y si el sensor esta averiado la motocicleta puede fallar en ralentí y en revoluciones bajas pero sigue trabajando ya que el sensor de la mariposa de aceleración esta funcionando normalmente.

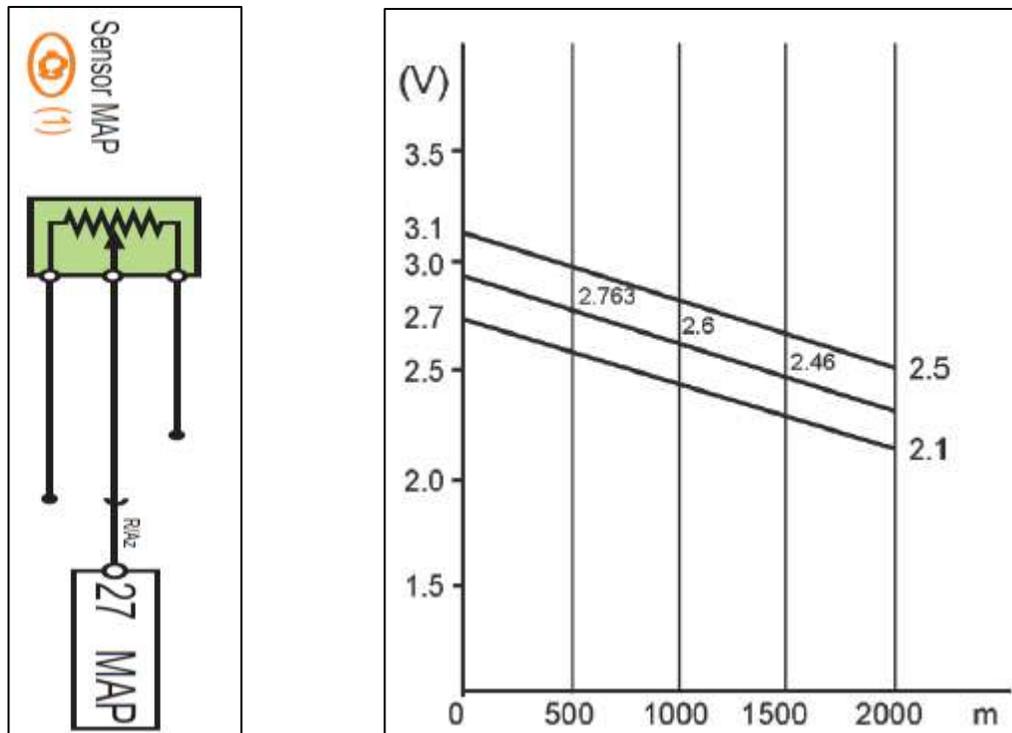


Figura 1.6. SENSOR MAP

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.9. Sensor de la válvula de aceleración (THP)

Controla la señal emitida y los cambios bruscos de apertura o cierre de la válvula de aceleración, el sensor funciona como un potenciómetro con una tensión de salida variable entre 0,5 Volt y 4,5 Volt. Es uno de los sensores básicos y cuando la señal está averiada la motocicleta es afectada en altas revoluciones ya que comenzará a trabajar con mezcla pobre y su funcionamiento será irregular, intentado ser corregido por el sensor MAP.

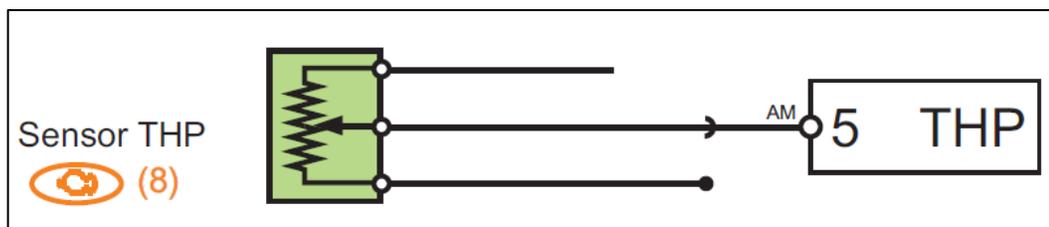


Figura 1.7. SENSOR THP

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.10. Sensor de temperatura de aceite de motor (EOT)

Cuando la temperatura del aceite es baja la ECM lee la señal enviada por este sensor e inyecta mayor cantidad de combustible para que el motor llegue a la temperatura correcta de funcionamiento. Este es un sensor de corrección ya que si el mismo deja de funcionar la ECM lo reemplaza por un valor fijo y acciona el indicador de averías. Está formado por una resistencia variable NTC, es decir mientras mayor sea la temperatura del aceite la resistencia del sensor será menor.

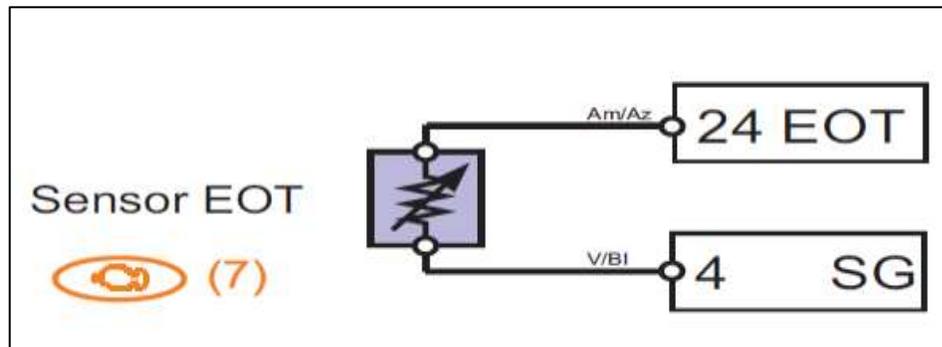


Figura 1.8. SENSOR EOT

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.11. Sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)

Es un sensor de resistencia variable y funciona de igual manera que el sensor EOT con la pequeña diferencia de que sus paredes son más delgadas para que tenga una respuesta más rápida, es un sensor de corrección y si el mismo falla la ECM lo reemplaza por un valor fijo de 20° y activando el indicador de averías, el sensor monitorea la temperatura del aire en la admisión y su medición se basa en la densidad del aire, de tal manera que si cambia la temperatura del aire también su densidad y envía una señal a la ECM para poder compensar el tiempo de inyección. A mayor temperatura de aire disminuye el tiempo de inyección y a menor temperatura de aire aumenta el tiempo de inyección.

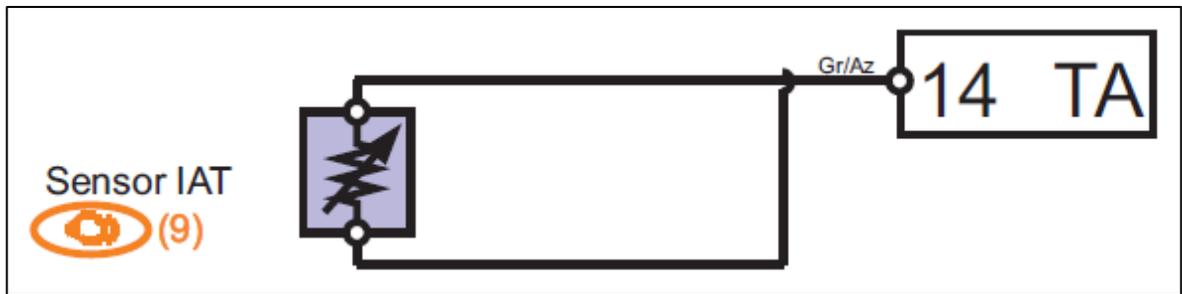


Figura 1.9. SENSOR IAT

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.12. Sensor de Oxígeno O₂

Este sensor es de forma cilíndrica y es un dispositivo de zirconio recubierto con oro blanco, el interior del sensor se expone a la atmósfera y el exterior a los gases de escape; cuando la temperatura supera cierto valor el zirconio produce electricidad debido a la diferencia de concentración de oxígeno entre la atmósfera y los gases de escape donde la ECM recibe este valor como voltaje y modifica la entrega de mezcla aire/combustible verificando si la mezcla es rica o pobre dependiendo de la señal emitida por el sensor, además es el único que decide si la concentración de oxígeno es alta o baja para la modificación.



Figura 1.10. SENSOR DE OXÍGENO

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.13. Válvula de control de aire de ralentí (IAC)

Es una válvula que controla electrónicamente la ECM, consta de un motor de funcionamiento paso a paso, dependiendo de la corriente de aire que fluye hacia el colector de admisión este motor abre o cierra el flujo de aire para regular la mezcla y

acercarla a la mezcla estequiométrica, esta válvula tiene la ventaja de realizar los cambios necesarios sin tomar en cuenta, los rangos de temperatura de funcionamiento.

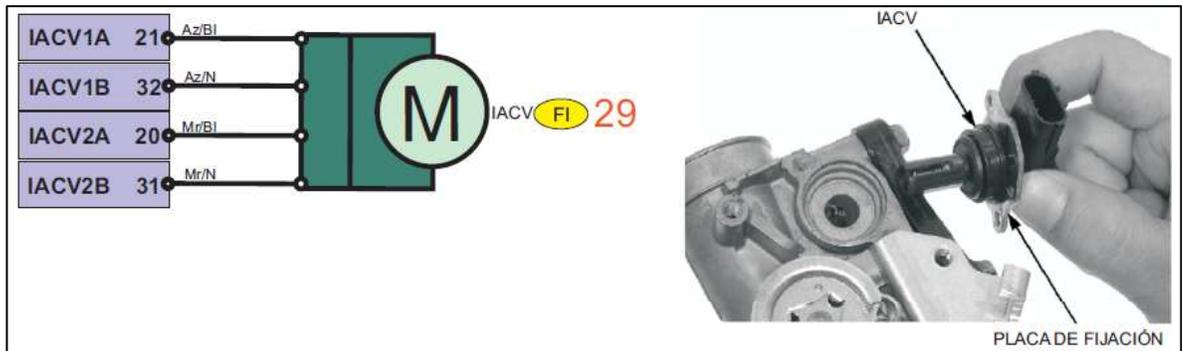


Figura 1.11. VALVULA IAC

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.14. Indicador de averías (MIL)

Es una señal que indica cuando existe algún defecto en los sensores y actuadores que se encuentran conectados a la ECM, si existe dicho defecto el indicador permanece encendido. Para determinar la causa del problema debemos accionar el interruptor y el indicador MIL permanecerá encendido y de acuerdo a la intensidad y número de parpadeos podemos determinar la causa del problema. El indicador de averías se encuentra ubicado en el volante de la motocicleta al lado derecho.

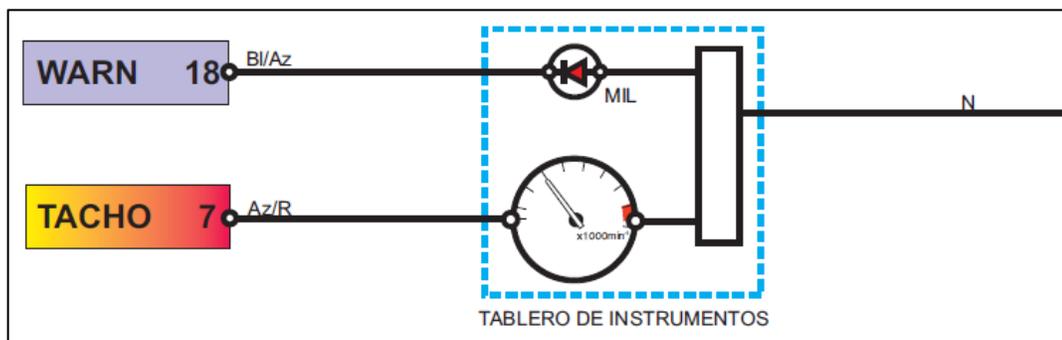


Figura 1.12. INDICADOR MIL

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.15. Conector de averías (SCS): el conector de averías va situado en la parte inferior al tanque de combustible sobre la batería, el mismo es un conector desarrollado por Honda ya que no podemos utilizar otro scanner que no sea el desarrollado por la marca, este nos permite extraer toda la información de sensores y actuadores de la motocicleta para el respectivo diagnostico.

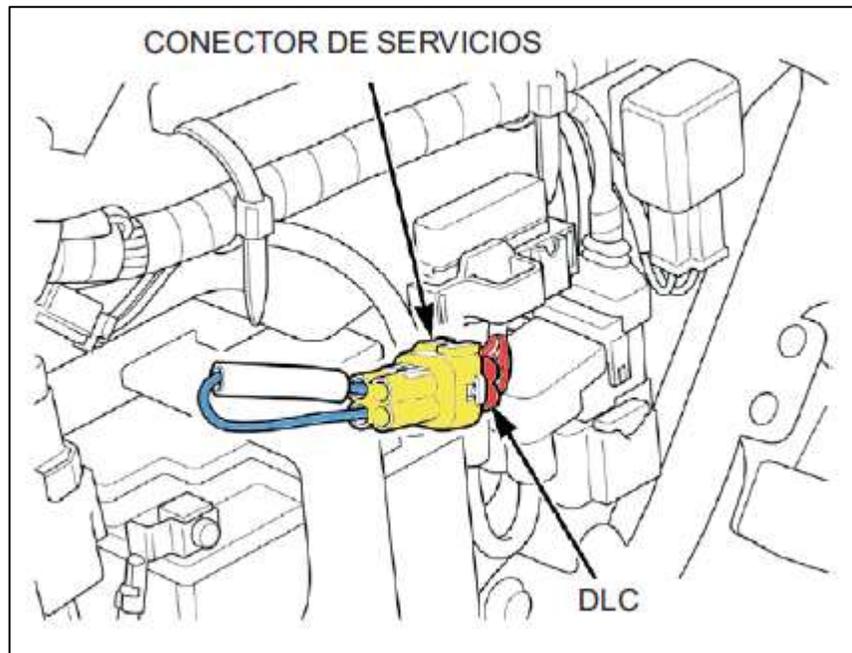


Figura 1.13. CONECTOR DE LA ECM

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.16. Sensor de ángulo de inclinación (BAS)

El sensor de ángulo de inclinación de la motocicleta tiene la función de interrumpir el funcionamiento del motor y consecuentemente el abastecimiento de combustible, en caso de que la motocicleta supere una inclinación de 55° en relación al eje vertical, es un sistema de seguridad en casos de accidentes. Este sensor es alimentado por la ECM y es de tipo Hall, cuando la moto se mantiene en posición vertical, el imán que se encuentra bañado en aceite de silicona permanece lejos del sensor Hall evitando que pase corriente hacia el transistor, cuando la motocicleta presenta una inclinación mayor a los 55° el imán acciona el sensor Hall activando el transistor y permitiendo el retorno de corriente

hacia la ECM interrumpiendo el funcionamiento del motor y consecuentemente el abastecimiento de combustible.

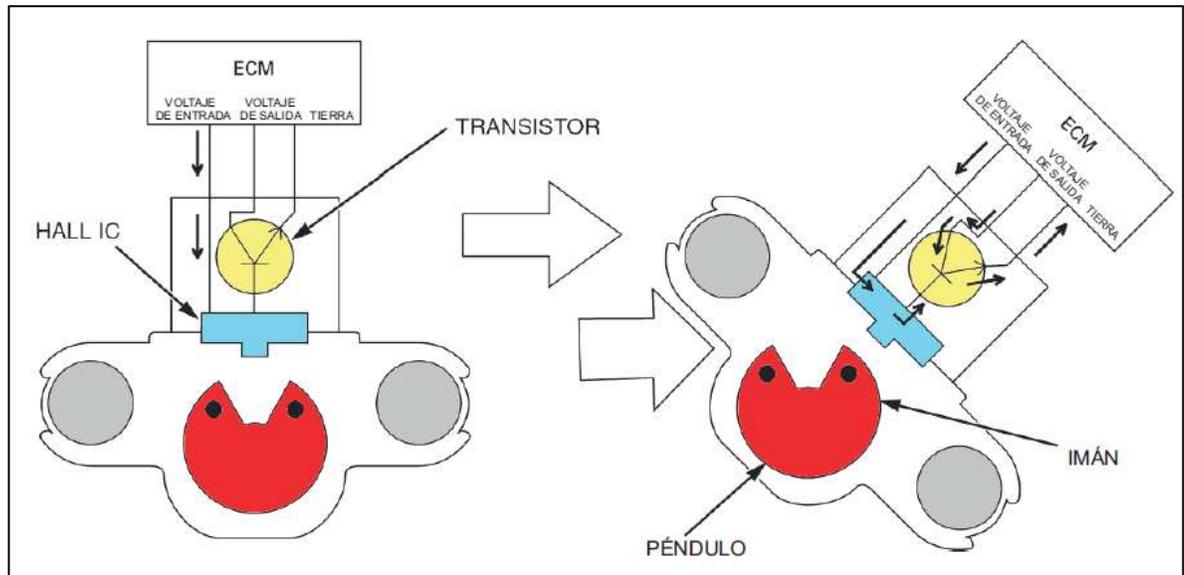


Figura 1.14. SENSOR DE ANGULO DE INCLINACION
Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.17. Tiempo básico de inyección

Existen dos “mapas en la memoria del ECM” que son utilizados para determinar el tiempo de inyección. Dependiendo de las condiciones de funcionamiento, el ECM selecciona uno u otro mapa para calcular el tiempo de inyección:

1.3.1.17.1. Mapa de densidad y rotación

La ECM posee un mapa de densidad y rotación que se basa principalmente en el sensor de presión absoluta del múltiple, en el sensor de posición del cigüeñal y en el tiempo de inyección, dicho mapa permite observar todas las presiones de admisión absoluta y rotaciones del motor. El mapa se utiliza esencialmente con pequeñas aperturas de la mariposa de aceleración, es decir en bajas revoluciones del motor. Cuando la presión de admisión absoluta muestra mejor la situación de carga del motor, que la posición del acelerador, el sensor MAP y CKP entran en funcionamiento modificando el tiempo de inyección y regulando la cantidad de mezcla entregada, alterando este mapa normalizando el funcionamiento del motor, también se acciona en casos de emergencia,

y en altas revoluciones, (si la señal del sensor de la posición del acelerador está anormal).

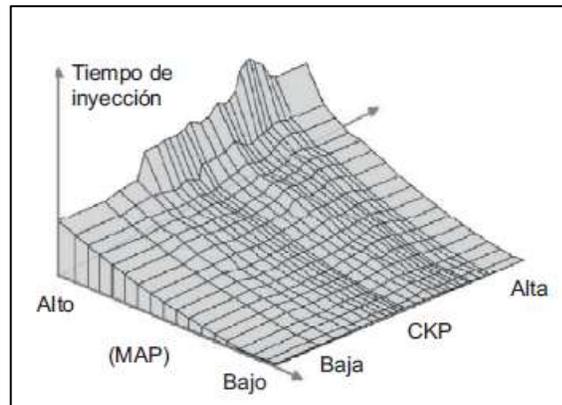


Figura 1.15. MAPA DE DENCIDAD Y ROTACION
Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.17.2. Mapa de posición de la válvula de aceleración y rotación

La ECM también posee un mapa de posición de mariposa de aceleración y rotación, en este mapa entran en funcionamiento los sensores de THP y CKP junto con el tiempo de inyección. Cuando el motor se encuentra en altas revoluciones los sensores modifican el tiempo de inyección y regulan la cantidad de mezcla alterando este mapa para mejorar el rendimiento y potencia, en algunos casos se activa en casos de emergencia en bajas revoluciones.

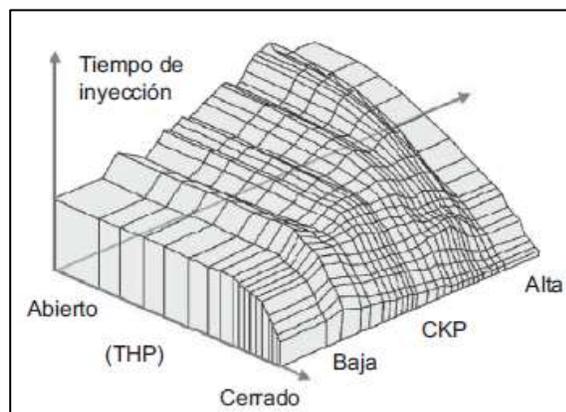


Figura 1.16. MAPA DE POSICION DE LA VALVULA DE ACELERACION Y ROTACION
Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

1.3.1.18. Sistema “RETURN LESS”

Este sistema trabaja con presión absoluta de combustible. No hay retorno externo de combustible, consecuentemente no hay manguera de retorno o manguera de vacío conectada al regulador de presión. Este sistema consiste en los siguientes componentes: tanque de combustible, bomba de combustible, filtro de combustible, regulador de presión interno e inyector; el sistema ocupa todo el combustible que sale de la bomba y lo envía al inyector con una presión de 3 – 3,5 Kpa, si la presión es mayor en el sistema de alimentación el regulador de presión se abre y el combustible retorna al tanque.

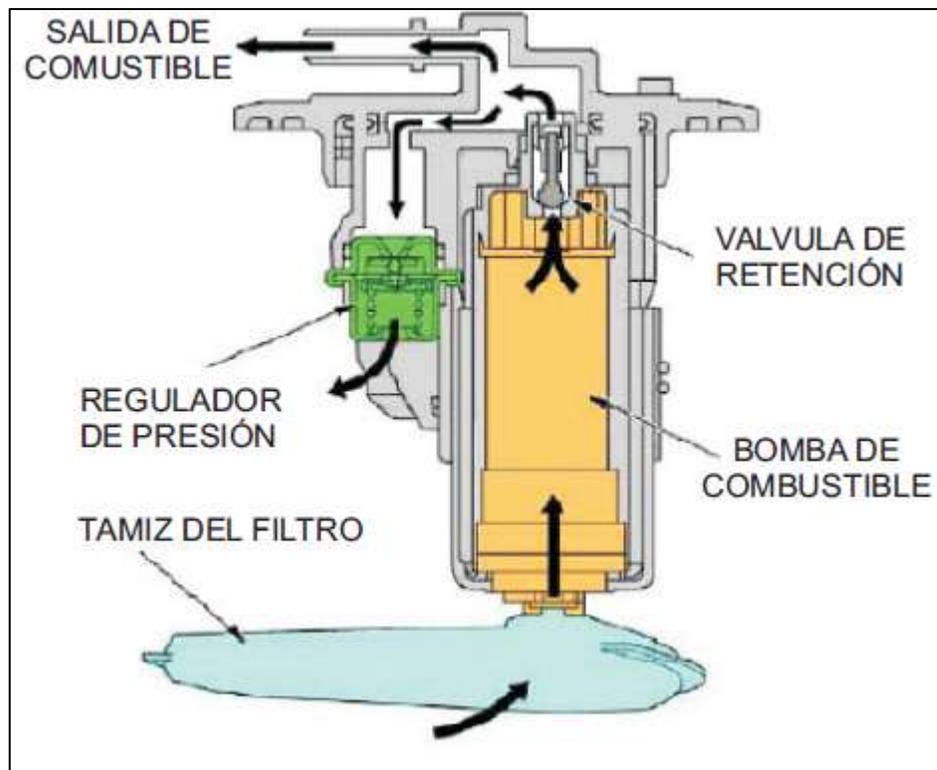


Figura 1.17. SISTEMA “RETURN LESS”

Fuente: Curso de inyección electrónica HONDA-SUMARE (12/Feb/2012)

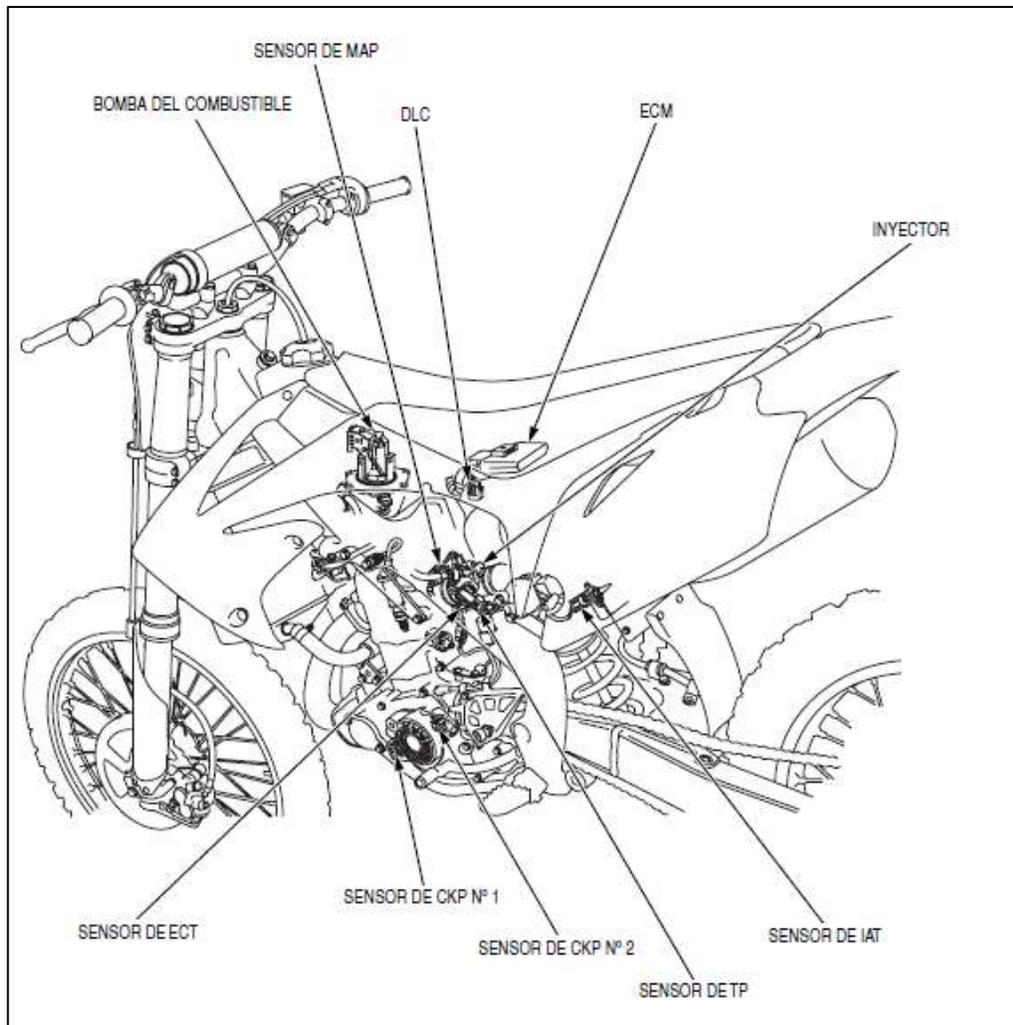


Figura 1.18. DIAGRAMA DE SENSORES Y ACTUADORES
Fuente: Honda Motor Co. Ltd. Shop Manual CRF450R. (12/Feb/2012)

1.4.Ficha técnica de la motocicleta CRF 450R.

1.4.1. General

Ficha Técnica	
Tipo de Motor	449cm ³ Refrigerado por liquido
Calibre y Carrera	96mm x 62.1mm
Relación de compresión	12.0:1
Tren de Válvulas	Uni-cam, cuatro Válvulas; 36mm consumo, titanio; 30mm, acero
Inducción	Inyección electrónica (PGM-FI), 50mm válvula de mariposa.
Ignición	Transistor completo con avance de 3 posiciones con equipo electrónico
Transmisión	Caja corta de 5 velocidades
Relación final	#520 cadena; 13T/48T
Suspensión delantera	48mm invertida KYB Aire-aceite-Separado (AOS) con 16-posiciones de rebote y 18-posiciones ajuste de compresión de amortiguación; 12.2 pulgadas de juego
Suspensión posterior	Pro-Link KYB una sola descarga con precarga de muelle, 20-posiciones de ajuste de revote, y amortiguación de compresión ajuste separado en baja velocidad (18 posiciones) y en alta velocidad (1 1/2); 12.6 pulgadas de juego
Frenos delantero	Disco de 240mm con mordaza de pistón
Freno posterior	Disco de 240mm
Neumático delantero	80/100-21
Neumático posterior	120/80-19
Rastrillo	26-Grados en 52 minutos
Camino	114.2mm (4.5 pulgadas)
Distancia entre ejes	58.7 pulgadas
Altura al asiento	37.6 pulgadas
Altura desde el suelo	13.1 pulgadas
Peso neto	234.8 libras *incluye todo el equipo estándar, fluidos y tanque lleno de combustible.
Capacidad de combustible	1.5 galones
Colores disponibles	Rojo
Modelo	CRF450R

Tabla 1.1. FICHA TECNICA GENERAL

Fuente: <http://www.hondadorada.com/motos-motocross-450r.php> (12/Feb/2012)

1.4.2. Inyección

Elemento	Especificaciones
Número de identificación del cuerpo del acelerador	GQD0A
Velocidad de ralentí	1.750 ± 100 min-1 (rpm)
Juego de la empuñadura del acelerador	3 – 5 mm
Resistencia del sensor de ECT (a 20 °C)	2,3 – 2,6 K ω
Resistencia del inyector de combustible (a 20 °C)	11,6 – 12,4 Ω
Presión del combustible	333 – 353 Kpa (3,4 – 3,6 Kgf/cm ²)
Caudal de la bomba del combustible (a 12 V)	50 cm ³ mínimo/10 segundos

Tabla 1.2. FICHA TECNICA DE INYECCION
Fuente: Honda Motor Co. Ltd. Shop Manual CRF450R. (12/Feb/2012)

CAPÍTULO II

IMPLEMENTACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL MANUAL PARA MODIFICACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE UNA MOTO CRF 450R.

1.1. Datos generales

Para la implementación del manual se utilizará el sistema PGM-FI desarrollado por Honda. El mismo consta de las siguientes herramientas:

- Un interfaz de serie con conector USB, bornes de conexión a batería y puertos de conexión a la ECM
- Software de instalación
- PGM-FI ajuste de sensores

Las pantallas capturadas en este manual representan la ilustración de los sistemas operativos comunes, pueden variar de acuerdo al sistema operativo que se esté utilizando, el PGM-FI funciona únicamente con plataformas Windows 2000, SE, XP y Vista.

1.2. ¿Como funciona?

El equipo Honda Racing Setting Tools ha desarrollado el sistema PGM-FI, se basa en la modificación de mapas en base a la ECM, utilizando los tiempos de inyección y los diferentes sensores que lleva la motocicleta, principalmente utiliza el sensor MAP, THP y CKP .

Para explicar de una manera fácil, el sistema funciona como el ecualizador de un equipo de música, que puede ser modificado de diferentes maneras para escuchar la música como desea el usuario, así que en este caso la fábrica es la ECM “canción” y la herramienta es el PGM-FI “ecualizador”. Es decir se ajusta el funcionamiento del motor

según las necesidades del usuario, pero si en casos la configuración llega a ser demasiado manipulada y no sabemos como regularla existe la opción de volverla a la configuración original.

1.3. Indicaciones y Consejos

Asegurarse que la motocicleta tenga las configuraciones de fábrica y guardarlo, esto brinda la seguridad al técnico, si ocurre algún error en la modificación se puede regresar a su configuración original. Cuando se guarde una modificación esta no deberá sobrepasar los 8 caracteres, estas configuraciones quedan guardas en el ECM junto con la configuración del tiempo de encendido y la inyección de combustible (IG-FI); así también se podrá guardar en el computador para poder cargarla en cualquier momento que lo necesite.

Si en caso la configuración de fábrica no fue guardada existe la opción de recuperarla realizando click en la pestaña “cambiar todos los datos de área” y luego resetear el internet donde el tiempo de encendido y la inyección de combustible se restablece en la ECM y recupera los ajustes de fábrica.

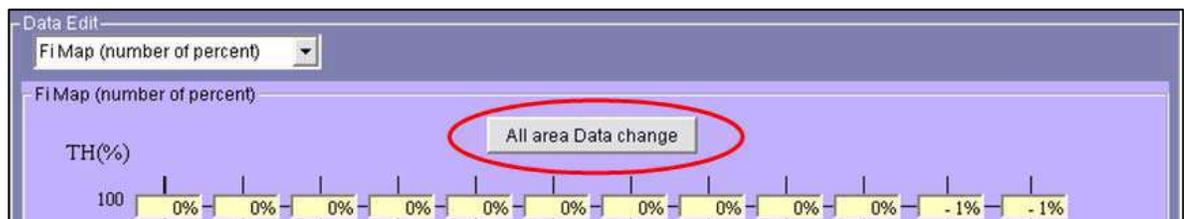


Figura 2.1. CAMBIO DE DATOS
Fuente: CRF 450R setting tool (16/Feb/2012)

El porcentaje de la mariposa de aceleración (%THP) puede ser ajustado en rangos tan pequeños como el 1% y de igual manera las revoluciones del motor en valores de 100 rpm desde 1100 rpm, esto hace que los ajustes sean pequeños como el 6% del acelerador y 1000 revoluciones para la posibilidad de ajuste fino.

Si se da click en el cuadro de rpm aparece la pantalla de color plomo en la cual se puede modificar los rangos de revoluciones, en este link hemos dado click en el rango de 4000

rpm y permite realizar ajustes mas finos desde 3600 rpm a 5400 rpm si es necesario para este caso se puede observar que se ha colocado en 4500 rpm, de igual manera ocurre con las gamas del porcentaje del sensor THP.

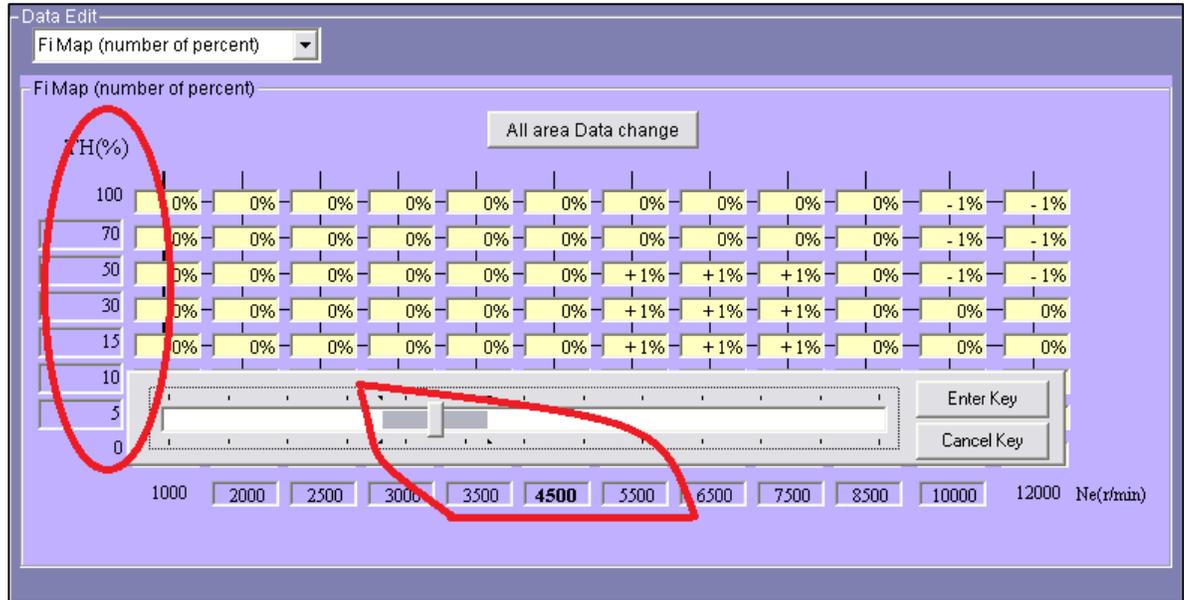


Figura 2.2. RANGOS DE MODIFICACION RPM Y % THP
Fuente: CRF 450R setting tool (16/Feb/2012)

1.4. Ajuste de la configuración

Cuando se comience con la creación de valores para ajustar el tiempo de encendido es recomendable trabajar en valores pequeños, para evitar problemas en el rendimiento del motor. Máximo se podrá variar entre en 7% en la configuración de Fi (inyección de combustible) y la temporización de la IG (tiempo de encendido) en 4° a velocidades máximas de 4900 revoluciones y en 2° a velocidades superiores a 5000 rpm. Si se ajustan los valores fuera de este rango va a ser difícil mantener el rendimiento correcto de la motocicleta.

1.5. Efectos de la modificación en la motocicleta con sus ventajas y desventajas.

Los puntos a modificar en la motocicleta son primordialmente dos, la inyección de combustible y el tiempo de encendido. Modificando estas variables podrá obtener diferentes efectos con sus ventajas y desventajas

- Aumento de volumen de combustible: Ayudará a crear una respuesta más rápida del acelerador y corregirá la mezcla pobre para compensar las modificaciones del motor y su consumo. Esto origina una reacción inmediata al momento de aceleraciones bruscas para que la motocicleta gane tiempo de arranque en la aceleración. Por el contrario si aumentamos demasiado la entrega de volumen de combustible se producirá una mezcla rica y por consecuencia un alto consumo de combustible.
- Disminución de volumen de combustible: Una pequeña cantidad creará una respuesta más lenta del acelerador y corregirá la mezcla rica para compensar las modificaciones del motor y su consumo. Lo que mejoramos realizando esta modificación es el par motor, para que la motocicleta tenga mayor desarrollo y mayor fuerza en superficies suaves y lodosas, creando una ventaja en comparación del resto de marcas. La desventaja en un caso extremo será crear una mezcla muy pobre, creando una mala explosión de la mezcla y un deficiente rendimiento final del motor.
- Avance al tiempo de encendido: La entrega de potencia es mas agresiva y mayor velocidad final. Lo que se logra con esta modificación es una mayor velocidad de punta cuando necesite avanzar tramos largos, pero sin embargo si realizamos un adelanto al tiempo de encendido mayor a lo permitido por el motor este traerá consecuencias graves para el mismo pudiendo causar rotura de las piezas internas.
- Retardo al tiempo de encendido: La entrega de potencia es menor pero proporciona un mayor par motor a la motocicleta sin hacerla muy agresiva al

momento del arranque. Se realiza cuando la motocicleta va a ser utilizada en un circuito trabado de material no muy agresivo y profundo, pero con consecuencias de un desgaste prematuro del motor.

Cuando se encuentran realizados los cambios en tiempo de encendido y en la inyección de combustible se pueden observar en el gráfico 3D.

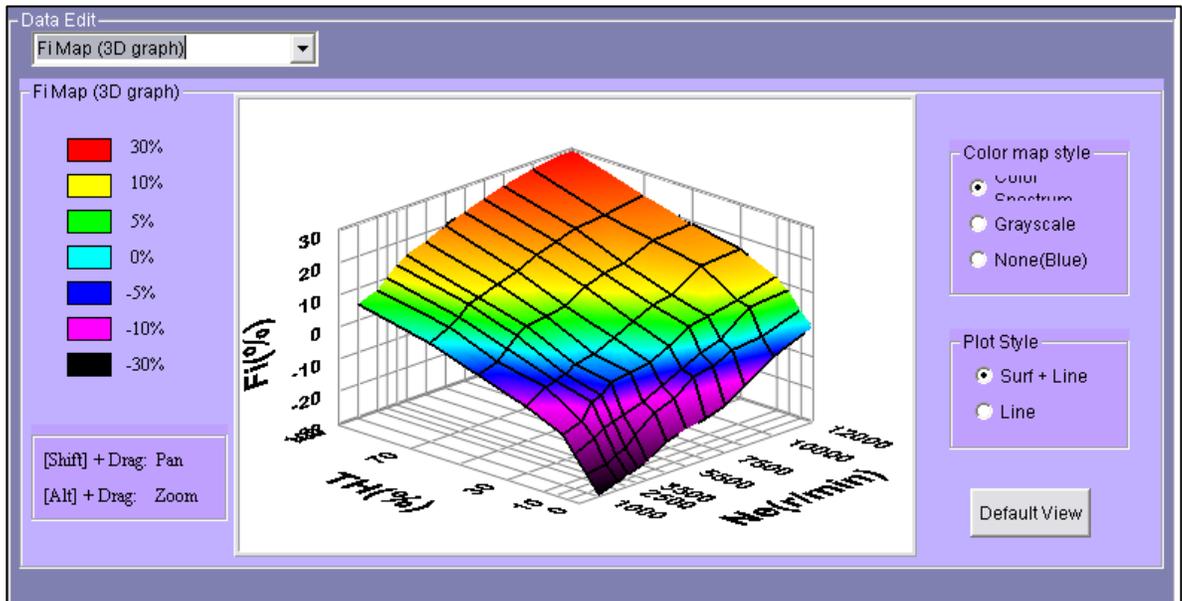


Figura 2.3. MAPA DE MODIFICACION 3D
Fuente: CRF 450R setting tool (16/Feb/2012)

El programa consta con una pantalla de mensajes de estado, donde se pueden guardar notas importantes que se dan durante la modificación, tales como: seguimiento del estado, las condiciones meteorológicas, la suspensión ajustes, retroalimentación piloto, etc.



Figura 2.4. AREA DE ANOTACIONES
Fuente: CRF 450R setting tool (16/Feb/2012)

1.6. Transferencia de datos

Para que la transferencia de datos desde la unidad serial (USB-FI) a la ECM o viceversa sea correcta se debe asegurar que el conjunto de cables se encuentren limpios y bien conectados, ya que si no lo están posiblemente existan errores de lectura o transmisión de datos a la ECM.

Se recomienda usar una batería externa de 12 Volt y como marca Honda recomienda utilizar YUASA YTX5 o YTX7, ya que si se usa una batería de voltaje diferente puede causar daños irreparables en la unidad serial USB I/F, al módulo de control o a su computador.

Es normal que la luz de revisión del motor (check engine) permanezca encendida mientras el serial esta conectado, esto no quiere decir que exista algún tipo de avería en la motocicleta, al contrario nos indica que la ECM esta conectada y lista para recibir o transferir datos.

1.7. Serial USB I/F

El interruptor “ON/OFF” esta destinado para encender y apagar el equipo PGM-FI y realizar la interfaz entre el computador y el ECM.

El interruptor “WARN/RESET” se utiliza cuando la comunicación entre la ECM y en PGM-FI falla y se deberá resetear el sistema.



Figura 2.5. UNIDAD SERIAL USB I/F
Fuente: CRF 450R setting tool (16/feb/2012)

1.8. Instalación del Hardware y Software

Para la instalación del software remitirse al anexo A-1.

1.9. Implementación y desarrollo del manual.

Funcionamiento general de accesos y carpetas del sistema.

- El grupo de comandos principales se compone de las siguientes pestañas: **FILE:** Indica si desea abrir o guardar un archivo, y si quiere salir del programa. (Figura 2.6.) **COMMPORT:** Hace referencia al puerto donde se encuentra trabajando el programa, y debe estar configurados dos puertos en línea, el uno corresponde al programa PGM-FI y el otro al computador. (Figura 2.7.) **DATA TRANSMIT:** La pestaña indica que datos se desea transmitir desde el computador al módulo de la motocicleta o viceversa, es decir si quiere leer o escribir sobre la ECM

modificándola. (Figura 2.8.) **LENGUAJE:** Permite escoger el idioma en el que se desea trabajar (inglés o japonés). (Figura 2.9.) **MODEL:** El programa permite trabajar con modelos de CRF 450R 2009 o 2010. (Figura 2.10.) **HELP:** Son indicaciones generales sobre el funcionamiento del programa. (Figura 2.11.)

Como se detalla en las imágenes a continuación:

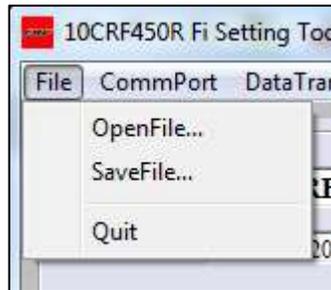


Figura 2.6. PESTAÑA ARCHIVO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

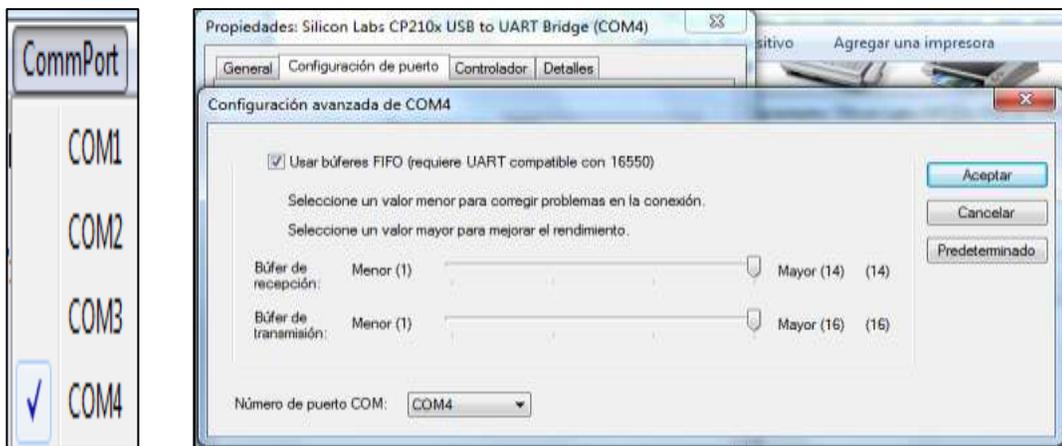


Figura 2.7. VERIFICACION DE PUERTOS
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

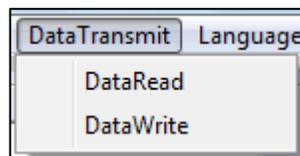


Figura 2.8. PESTAÑA DE DATOS
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

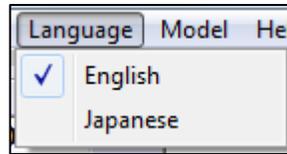


Figura 2.9. PESTAÑA DE IDIOMA
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

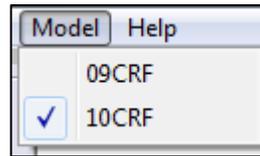


Figura 2.10. PESTAÑA DE MODELO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

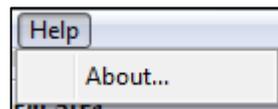


Figura 2.11. PESTAÑA DE AYUDA
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

- **AREA E2P FILE:** En esta área puede encontrar información, como nombre del archivo, fecha de última grabación, un área de comentarios, y accesos para abrir o guardar archivos.

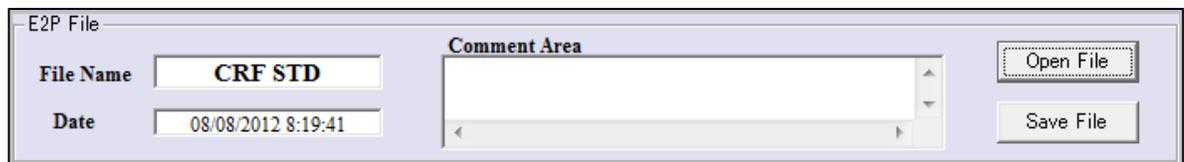


Figura 2.12. AREA DE COMENTARIOS
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

- **AREA DE MODIFICACIÓN DE DATOS:** Esta tabla indica donde básicamente se realiza toda la modificación y edición del modulo de la motocicleta, además de poder escoger la calibración entre la inyección de combustible y el tiempo de encendido. Igualmente se podrá cambiar los rangos de rpm y %THP de acuerdo a lo deseado por el piloto y el técnico. El pulsante de “All área Data change” sirve para modificar todos los valores de la tabla a un valor constante.



Figura 2.13. AREA DE MODIFICACION DE DATOS
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)



Figura 2.14. COMANDO DE CAMBIO DE DATOS
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

- **AREA DE TRANSMISIÓN DE DATOS:** En esta área se podrá encontrar los botones de lectura y escritura de datos para la ECM de la CRF450R y el botón de salida del programador, algo que se debe tomar en cuenta y es muy importante debe estar compartiendo el mismo puerto de funcionamiento entre el sistema de programación y el computador (COM4).



Figura 2.15. AREA DE TRANSMISION DE DATOS
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Cuando se ha analizado todos los comandos de funcionamiento del programador, se debe tomar en cuenta las condiciones del piloto y funcionamiento de la CRF 450R para la correcta puesta a punto de la misma, utilizando el sistema PGM-FI de HONDA y proceder a la modificación de la ECM.



Figura 2.16. SISTEMA PGM-FI (20/Ago/2012)

Analizar las condiciones de terreno y pista donde va a funcionar la motocicleta, el tipo de piloto, su conducción, y altura sobre el nivel del mar. Para demostración se ha programado realizarlo en la pista de motocross Honda y en las calles de la ciudad, en condiciones climáticas aproximadas de 18°C y a una altura sobre el nivel del mar de 2.560m. El piloto tiene una estatura de 1,75 metros y un peso de 180 lb, catalogado como un conductor semi - profesional.

Colocar la motocicleta en un lugar seguro y en condiciones favorables para realizar los trabajos.



Figura 2.17. MOTOCICLETA CRF 450R (20/Ago/2012)

Para la conexión del serial USB I/F a la ECM, se procede a desconectar el socket de la ECM y conectarlo al serial USB y esta al computador, para entregar corriente se recomienda conectarlo a una batería YUASA YTX5 o YTX7.



Figura 2.18. COMUNICACIÓN ENTRE USB, PGM-FI Y COMPUTADOR A LA ECM (20/Ago/2012)

Buscar la calibración actual de la motocicleta para esto se da click en “Data Read” enseguida aparece una pantalla que solicita colocar el botón de serial en posición “ON” y dar click en “aceptar”

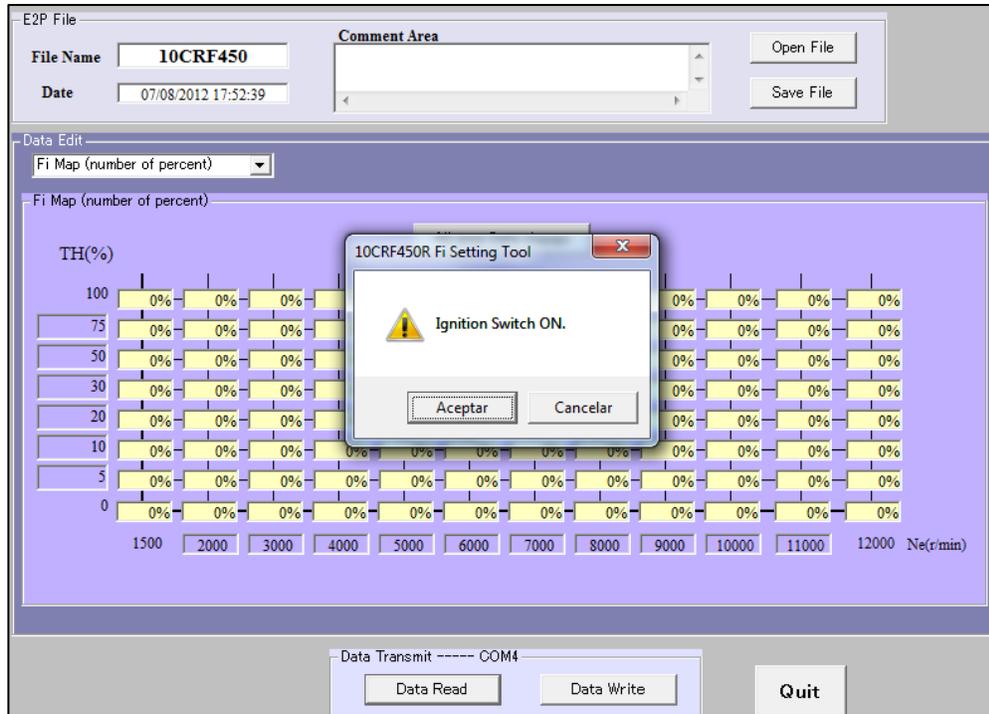


Figura 2.19. ENCENDER SERIAL
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Grabar la configuración actual como respaldo en caso de que se desee re-establecer la calibración inicial; recordando que debe tener una extensión máxima de 8 caracteres.

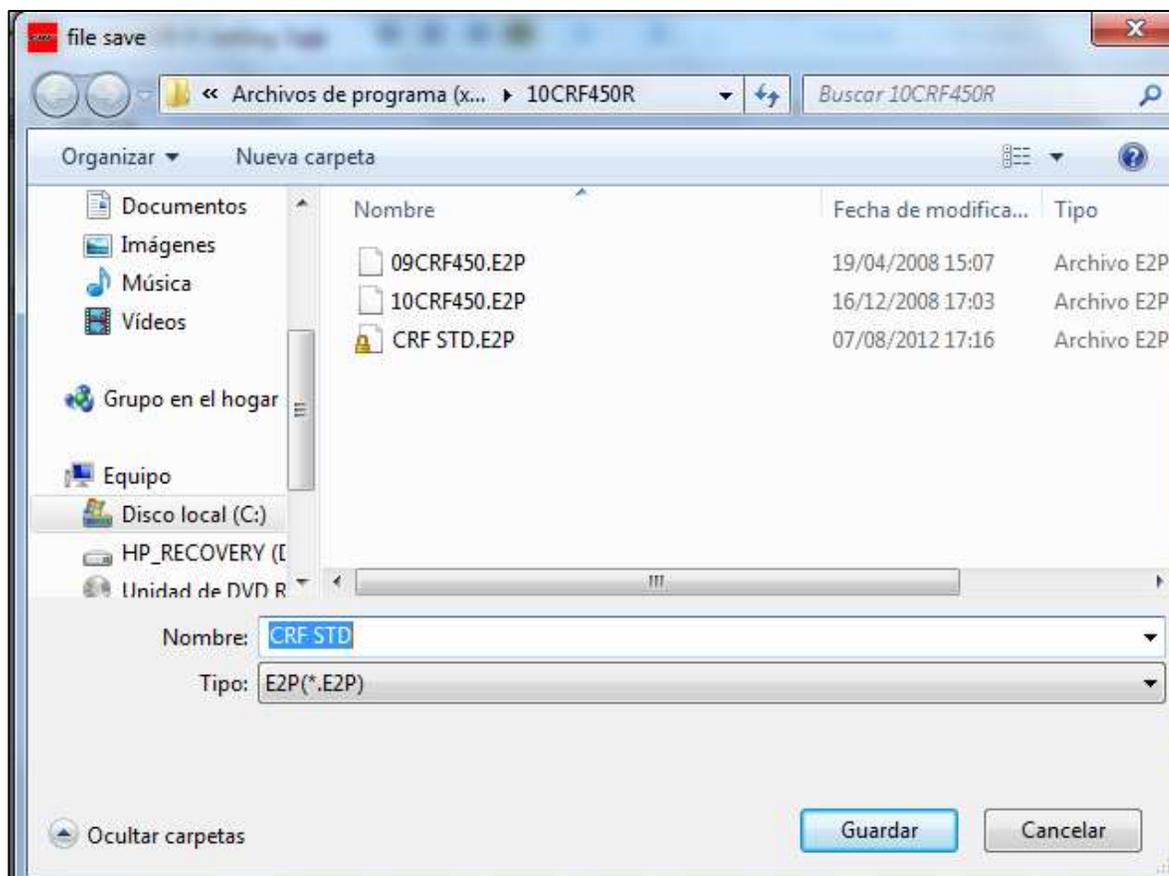


Figura 2.20. GUARDAR ARCHIVO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

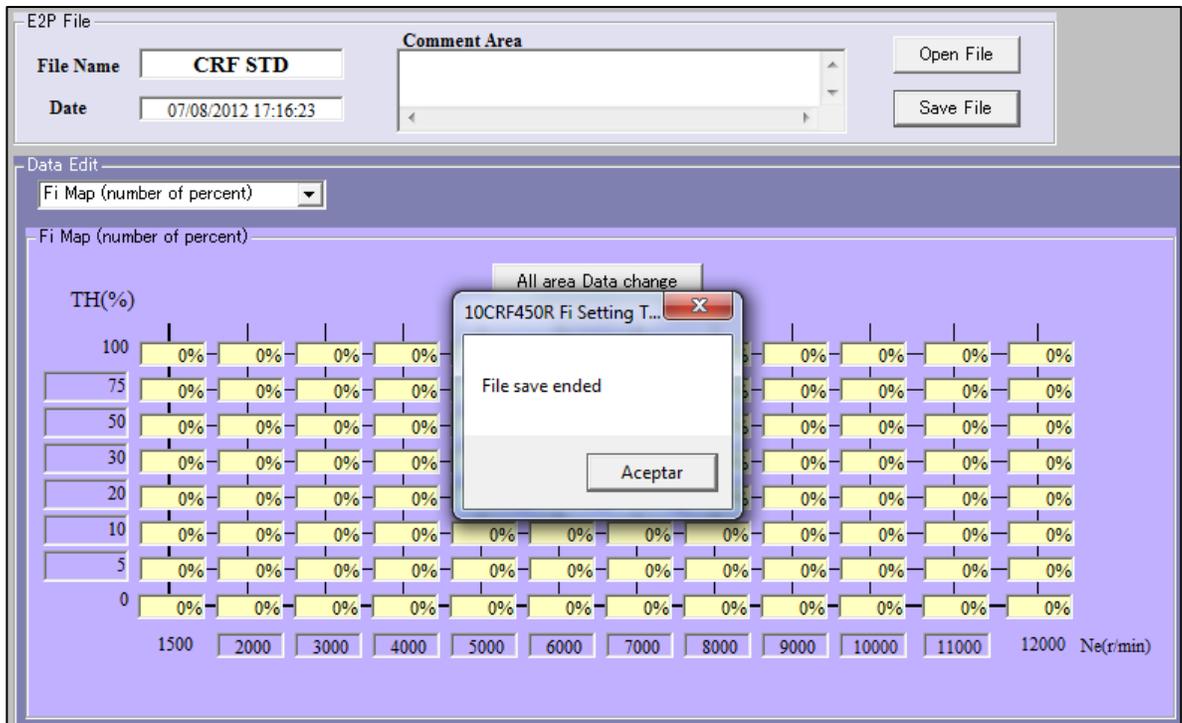


Figura 2.21. ARCHIVO GUARDADO
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Proceder a la modificación de la ECM de la motocicleta tomando en cuenta, que la calibración es de FI (inyección de combustible).

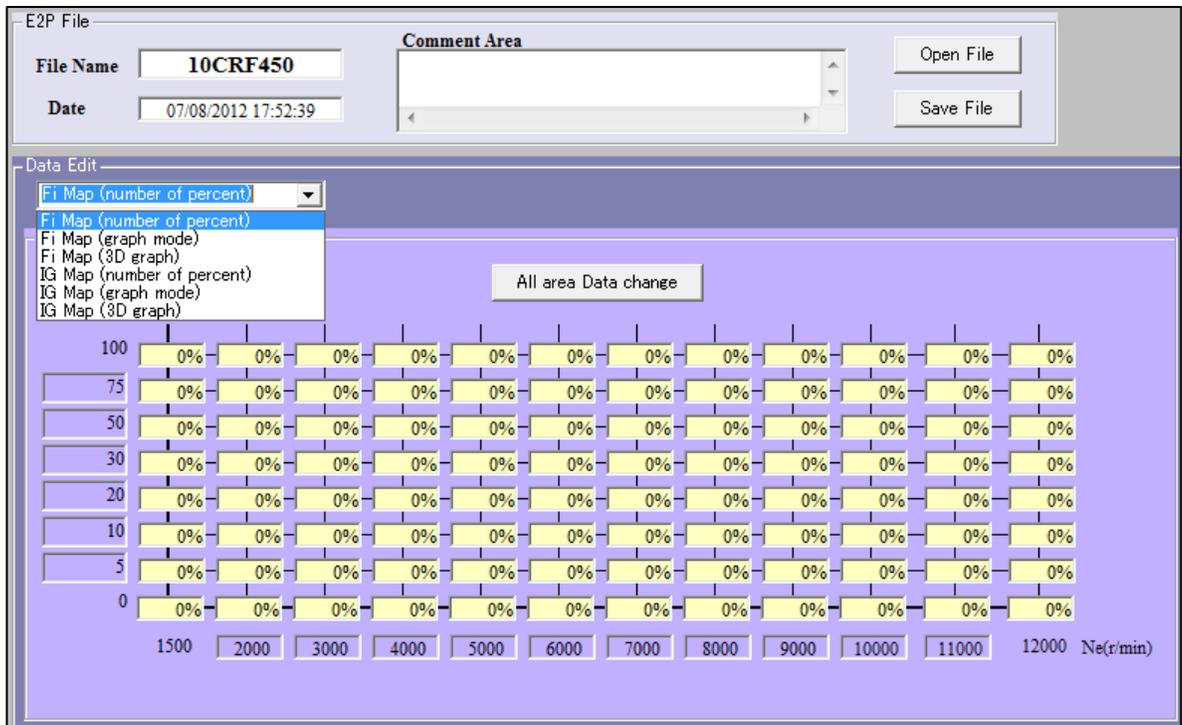


Figura 2.22. MODIFICACION INYECCION DE COMBUSTIBLE
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Tomar en cuenta las sugerencias del piloto para modificar los rangos de rpm y %THP, ya que él nos dará la pauta de calibración, es decir si la moto reacciona suave o bruscamente al salir de una curva o en recta. Basándose en estas sugerencias realizamos las modificaciones para un mejor desempeño a cierto número de revoluciones y a un porcentaje de apertura de la válvula de aceleración, que controlándola desde la empuñadura de la motocicleta, logrando así una calibración mas fina a la CRF 450R.

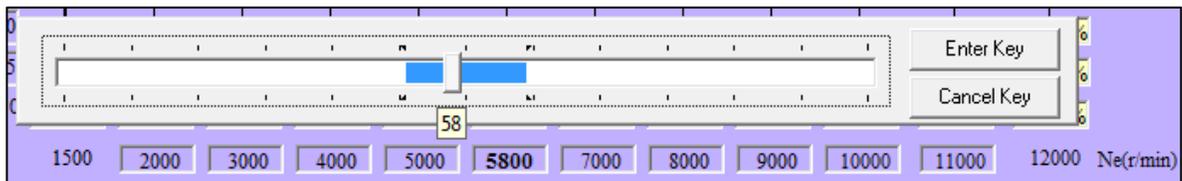


Figura 2.23. MODIFICACION DE RPM Y %TH
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Realizar la calibración del mapa de FI tomando en cuenta que la variación deberá ser en un rango del 7% máximo, para evitar problemas de rendimiento de la motocicleta. Para

la demostración se ha modificado dentro de los rangos en revoluciones entre 3500 rpm y 8500 rpm y un porcentaje de crecimiento de apertura de la válvula de aceleración desde un 3% a un 100% considerando que la entrega de inyección varié en un rango de -4% a un +6% para su uso.



Gráfico 2.24. MAPA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE MODIFICADO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Ilustración de posición de válvula de aceleración a un 100% de apertura

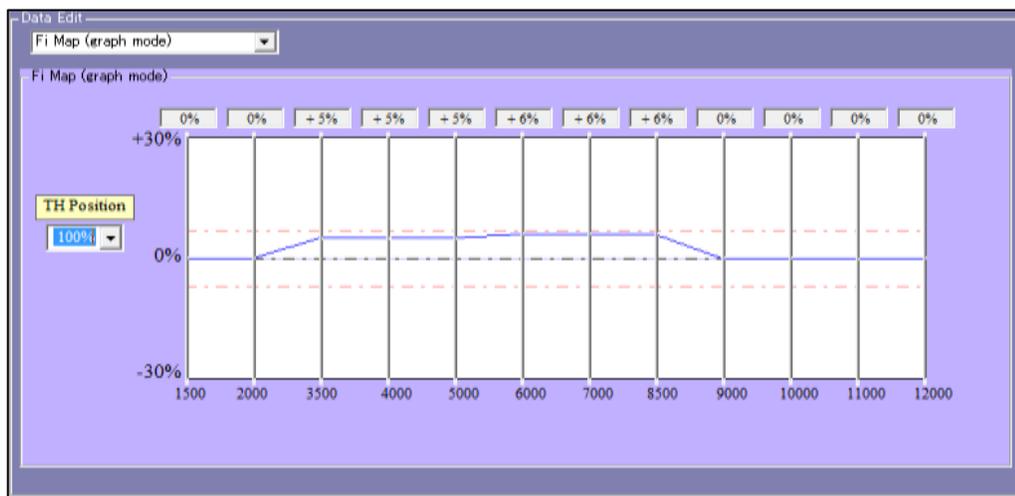


Figura 2.25. PORCENTAJE DE VÁLVULA DE ACELERACIÓN
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Mapa 3D de resultados correspondiente a la inyección de combustible (FI).

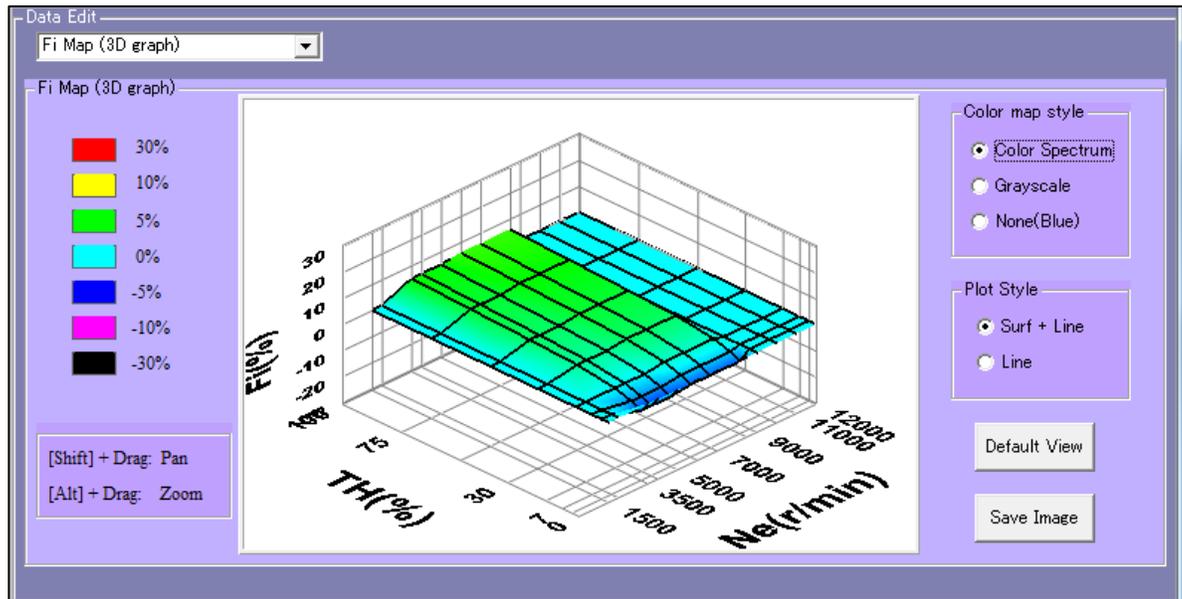


Figura 2.26. MAPA 3D DE INYECCION DE COMBUSTIBLE

Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Realizar la calibración del mapa de IG (tiempo de encendido) tomando en cuenta que la variación deberá ser en un rango de 4° hasta 4900 revoluciones por minuto y de 2° desde las 5000 revoluciones por minuto en adelante, para evitar problemas de rendimiento de la motocicleta.

Para demostración se ha modificado dentro de los rangos de revoluciones entre 3500 rpm y 8500 rpm y un porcentaje de crecimiento de apertura de la válvula de aceleración desde un 3% a un 100% considerando que la entrega de inyección sea desde $+4^\circ$ a un -2° para su desempeño. Siempre tomando en cuenta los criterios de altura sobre el nivel del mar es decir a mayor altura menor oxígeno y viceversa.



Figura 2.27. MAPA DE TIEMPO DE ENCENDIDO MODIFICADO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Mapa con apertura de la válvula de aceleración a un 100%



Figura 2.28. PORCENTAJE DE VÁLVULA DE ACELERACION
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Mapa 3D de resultados correspondiente a la inyección de combustible (IG).

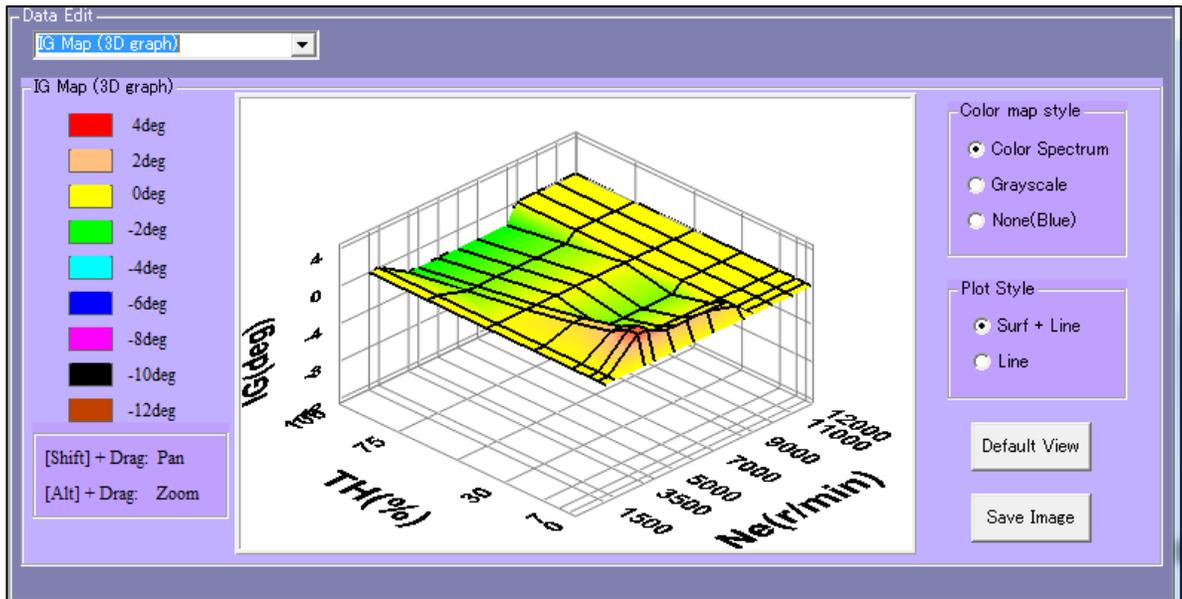


Figura 2.29. MAPA 3D DE TIEMPO DE ENCENDIDO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Proceder a guardar la modificación en el computador dando un click en “save file” buscar el lugar donde se lo va a guardar y colocar nombre al archivo. Al finalizar nos aparecerá una confirmación de documento guardado y damos click en “aceptar”. De esta manera podrá ocupar esta modificación el momento que se desee

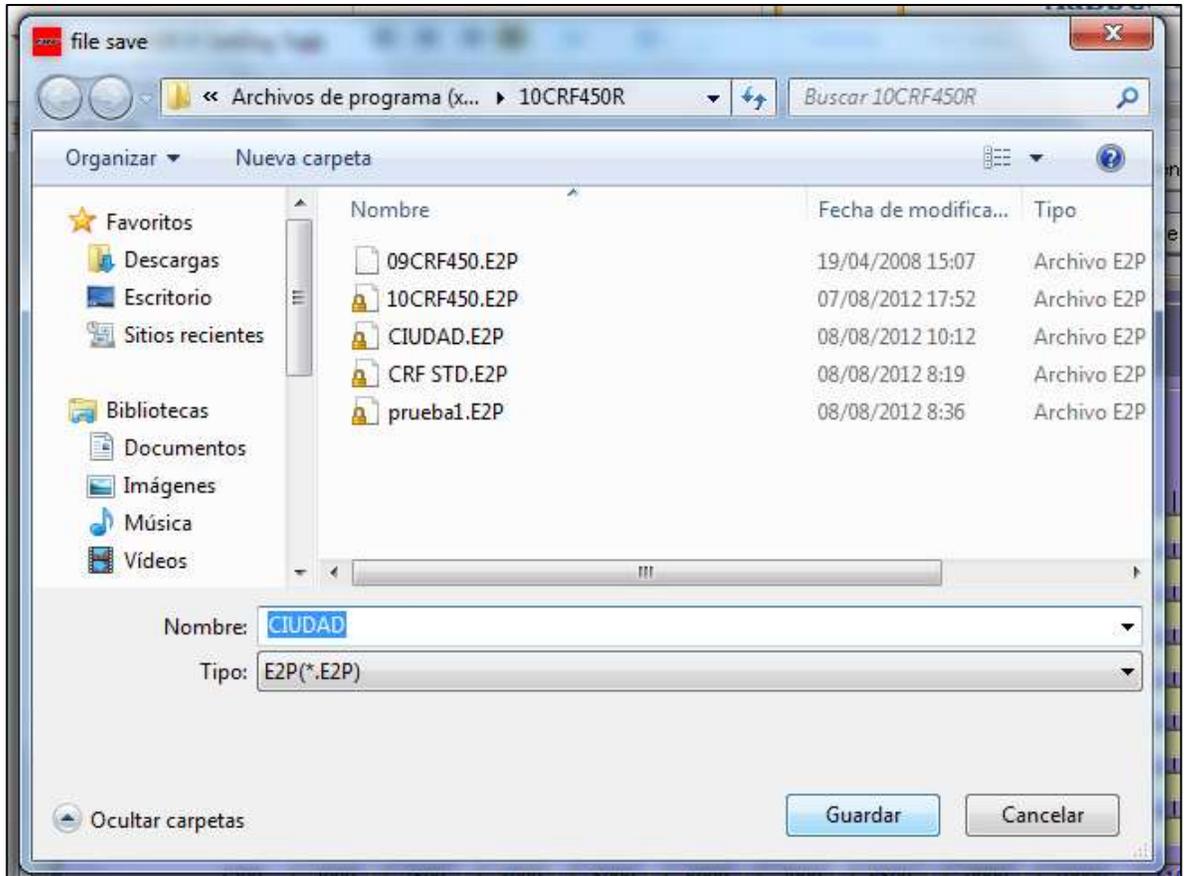


Figura 2.30. GUARDAR ARCHIVO
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

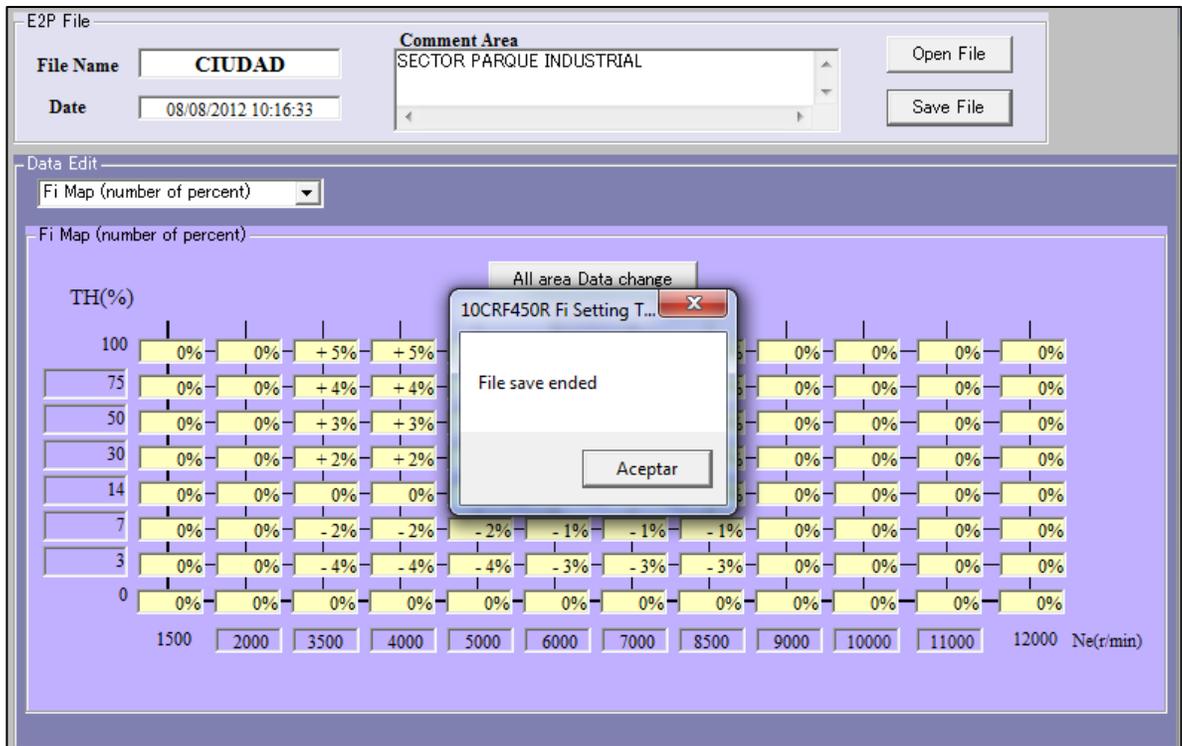


Figura 2.31. ARCHIVO GUARDADO
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Para cargar la configuración a la ECM se dará click en “Data Write” y solicitará encender el serial USB I-F, colocar en posición “ON” y dar click en “aceptar”

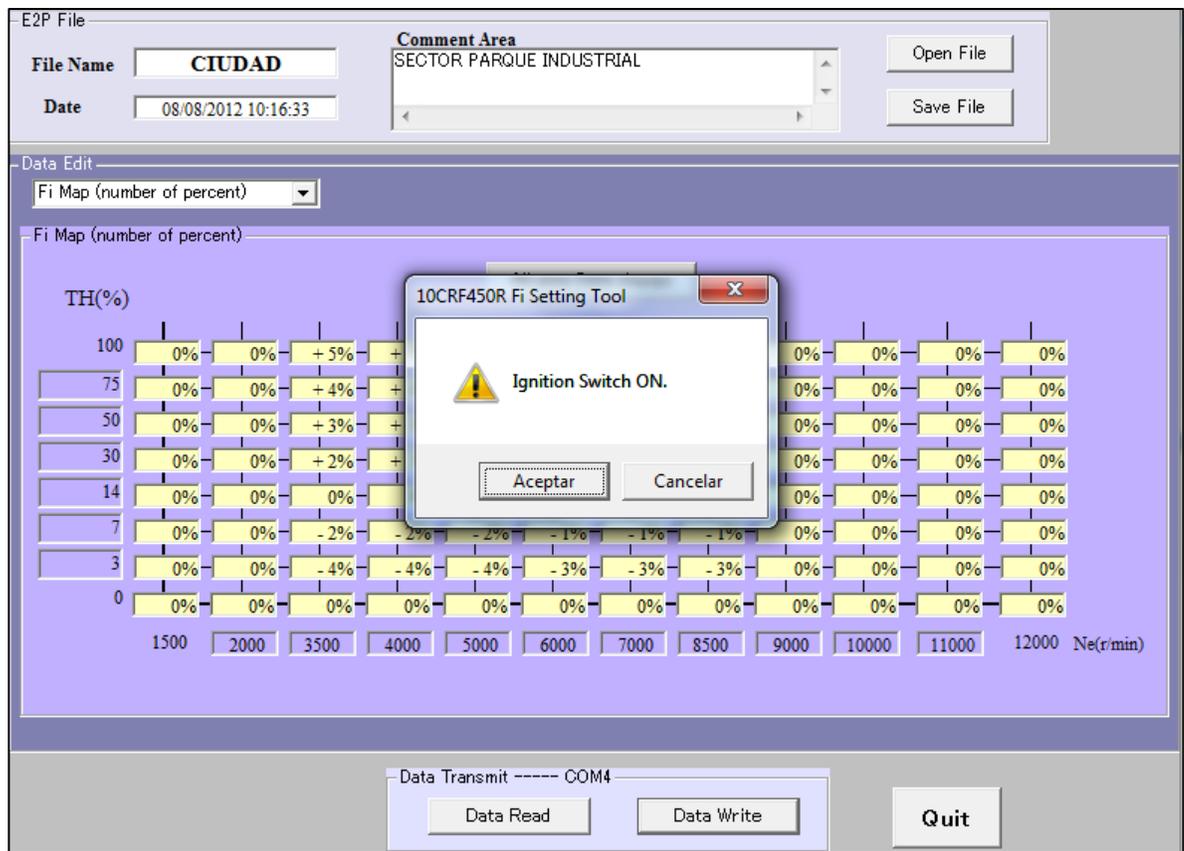


Figura 2.32. ENCENDER SERIAL
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Aparece un mensaje indicando si desea que inicie la comunicación entre el computador, el serial y la ECM. Y dar click en “aceptar”

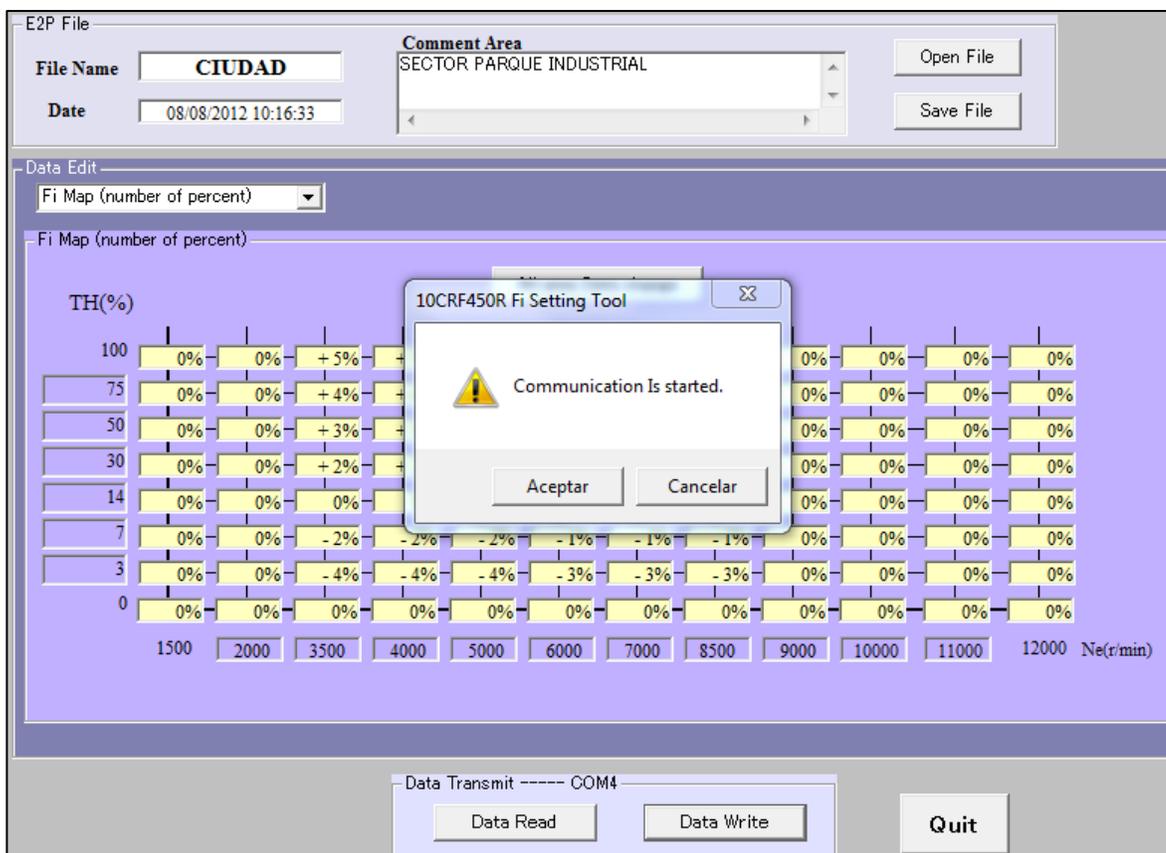


Figura 2.33. INICIO DE COMUNICACION
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Luego confirma la lectura de datos y se deberá apagar el switch del serial, finalizando con un click en “aceptar”.

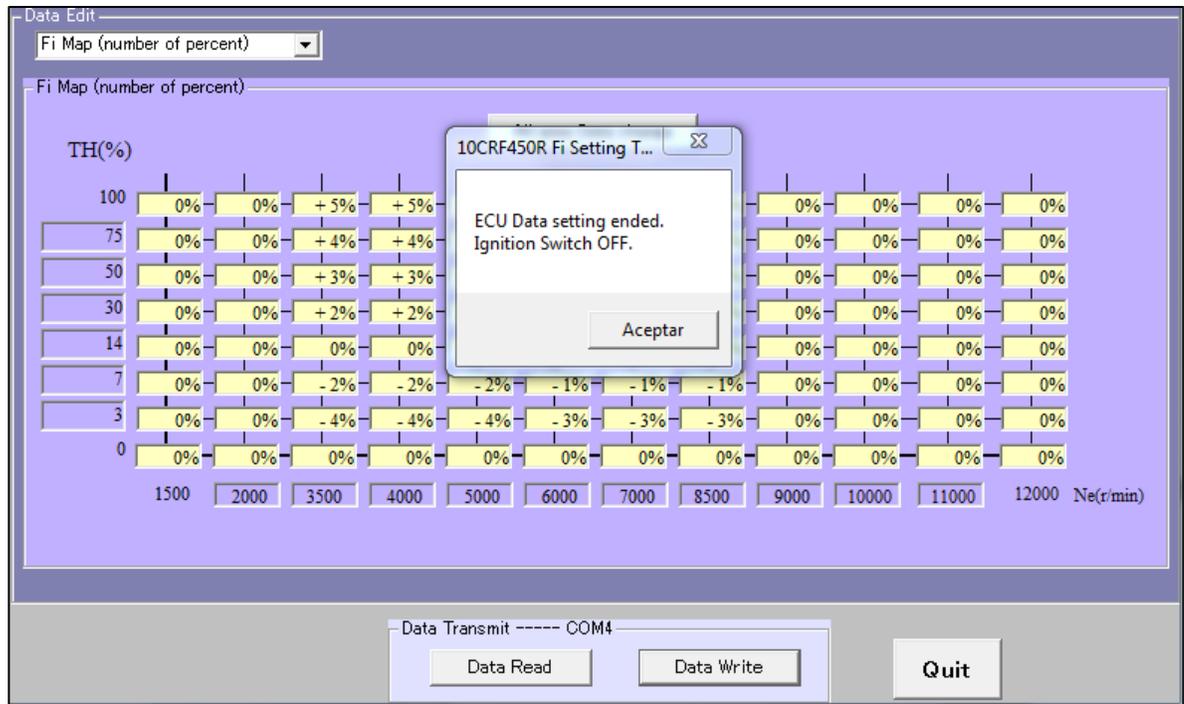


Figura 2.34. APAGAR SERIAL
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Para cargar la modificación en la ECM proceder a dar click en “Data Read” y se abrirá una ventana solicitando el encendido del SERIAL USB I-F en posición “ON” y confirmar dando click en “aceptar”.

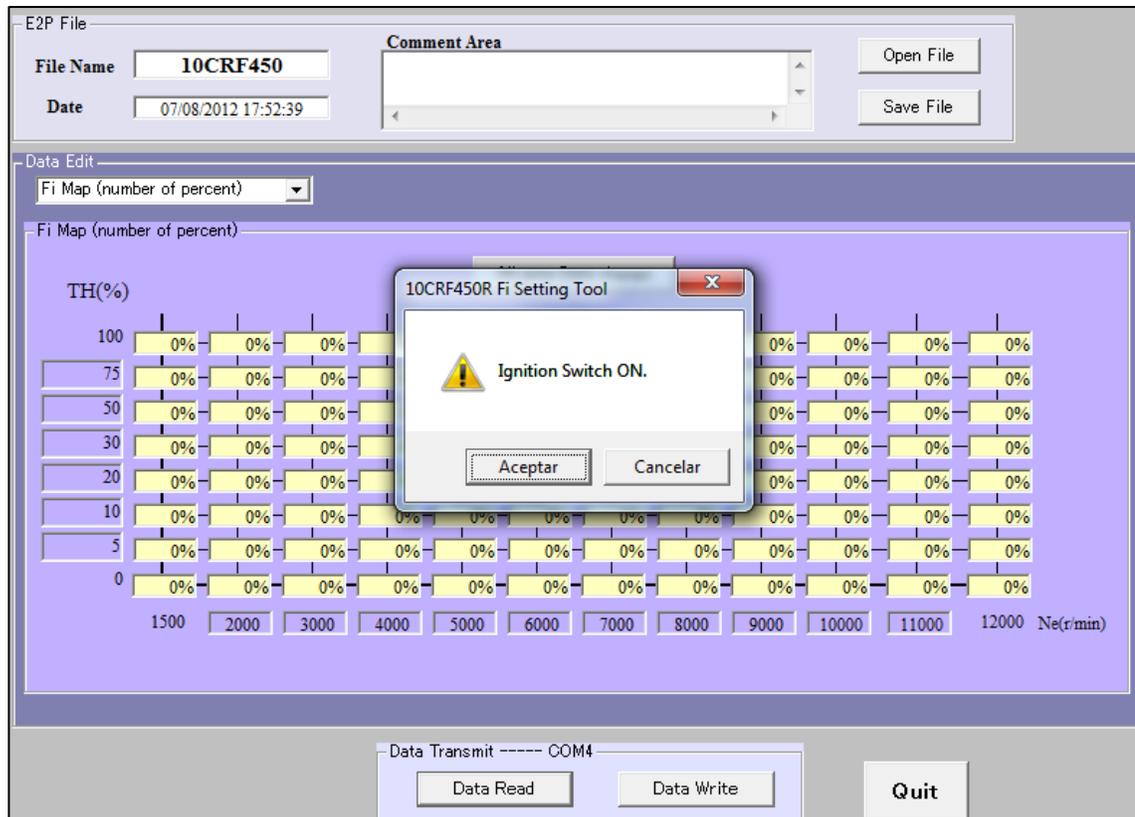


Figura 2.35. ENCENDER SERIAL
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

El programa luego solicita la confirmación de inicio de comunicación entre el computador, el serial y la ECM. Y dar click en “aceptar”

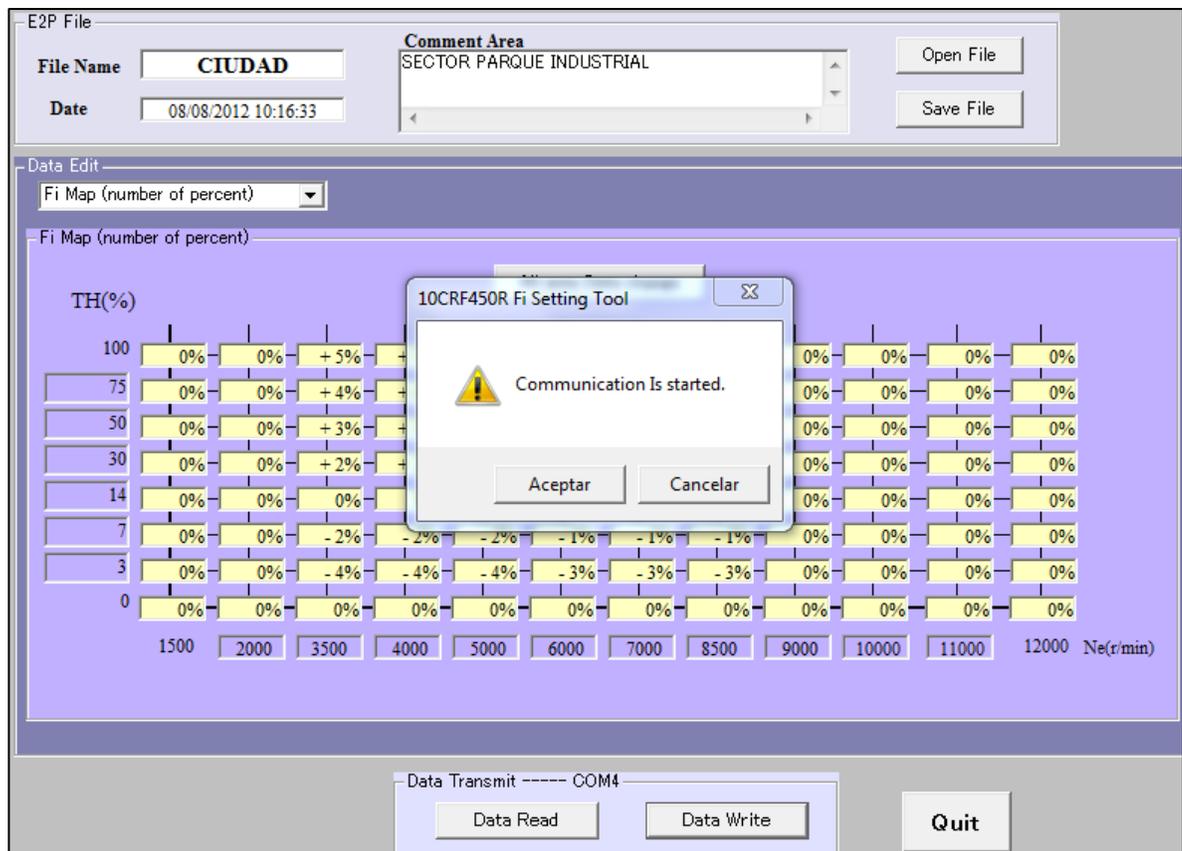


Figura 2.36. INICIO DE COMUNICACION
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Por último se confirma la lectura de datos y se apagará el switch del serial, finalizando con click en “aceptar”.

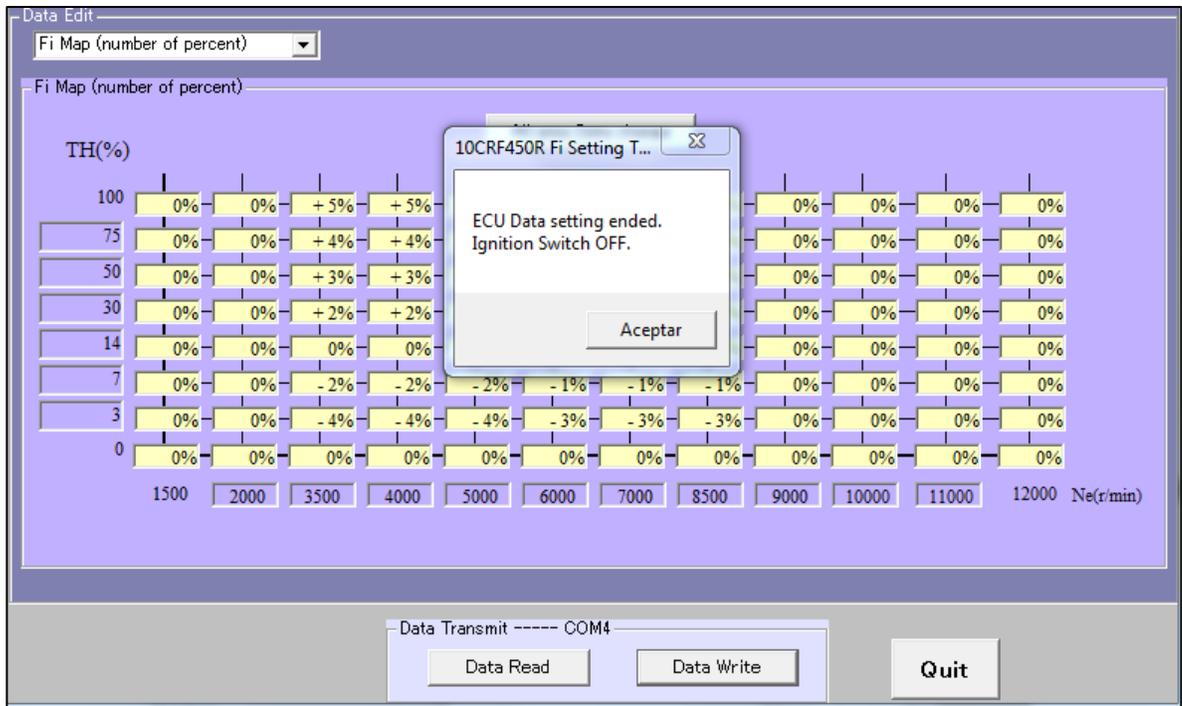


Figura 2.37. APAGAR SERIAL
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Para confirmar que esta cargada la última configuración en la ECM, se deberá observar en la parte inferior de la pantalla donde aparecerá el nombre con el que se guardo la modificación escrita en la ECM, en este caso como “CIUDAD”



Figura 2.38. CONFIRMACION DE DATOS CARGADOS A LA ECM
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Luego proceder a cerrar el programa dando click en “Quit” y desconectar el serial USB F-I tanto del computador como de la motocicleta, y conectar nuevamente el socket de la ECM al cableado de la CRF 450R.

La motocicleta se encuentra lista para las diferentes pruebas de campo que dese realizarse, considerando que el piloto dará su opinión final sobre la prueba realizada. Si se desea realizar una modificación adicional deberá comenzar nuevamente este proceso; estas calibraciones pueden ser numerosas, ya que se las guarda en el computador y solamente cuando desean cargar a la ECM se lo realizará.

CAPÍTULO III

VARIABLES MODIFICADAS MEDIANTE EL SISTEMA PGM-FI EN LA MOTO CRF 450R.

3.1.Resultados

Podrá observar varias modificaciones de resultados considerando mapas 3D de FI (inyección de combustible) y de IG (tiempo de encendido), aplicando los conocimientos y condiciones antes mencionados, como tipo de piloto, altura sobre el nivel del mar, condiciones del terreno, condiciones climáticas etc.

3.1.1. Resultado uno “configuración de fábrica”

Mapa 3D de IF de una CRF 450R original de fábrica. Todos los rangos de calibración se encuentran en 0%. Se observara una sola malla recta en un rango de 0%.

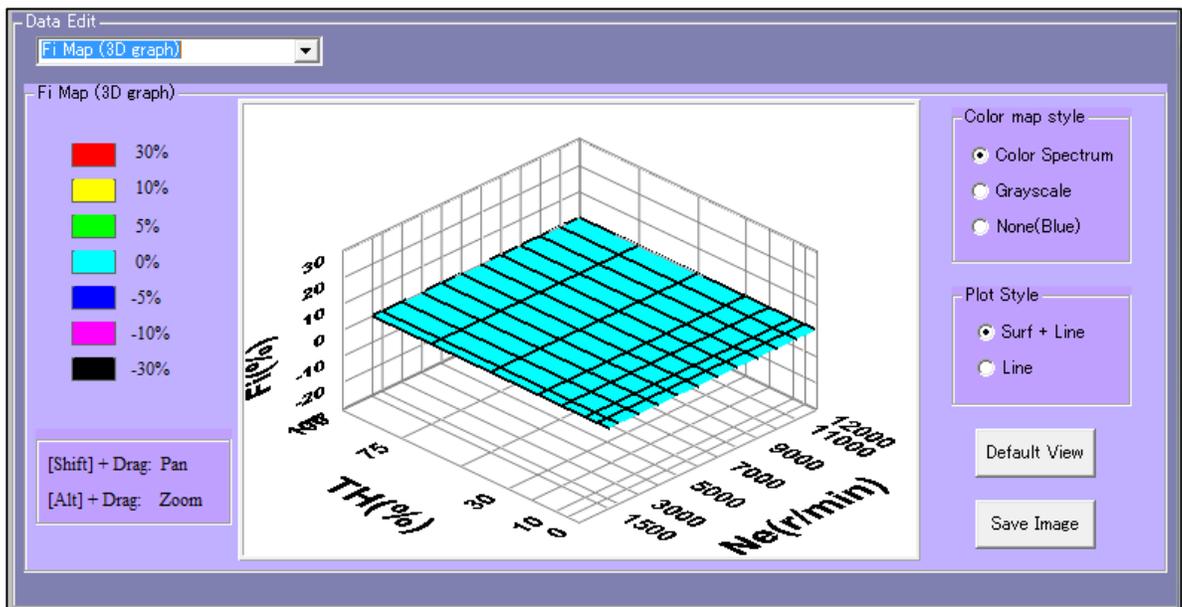


Figura 3.1. MAPA 3D FI CONFIGURACION DE FÁBRICA
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Mapa 3D de IG de una CRF 450R original de fábrica. Todos los rangos de calibración se encuentran en 0%. Se observara una sola malla recta en un rango de 0%.

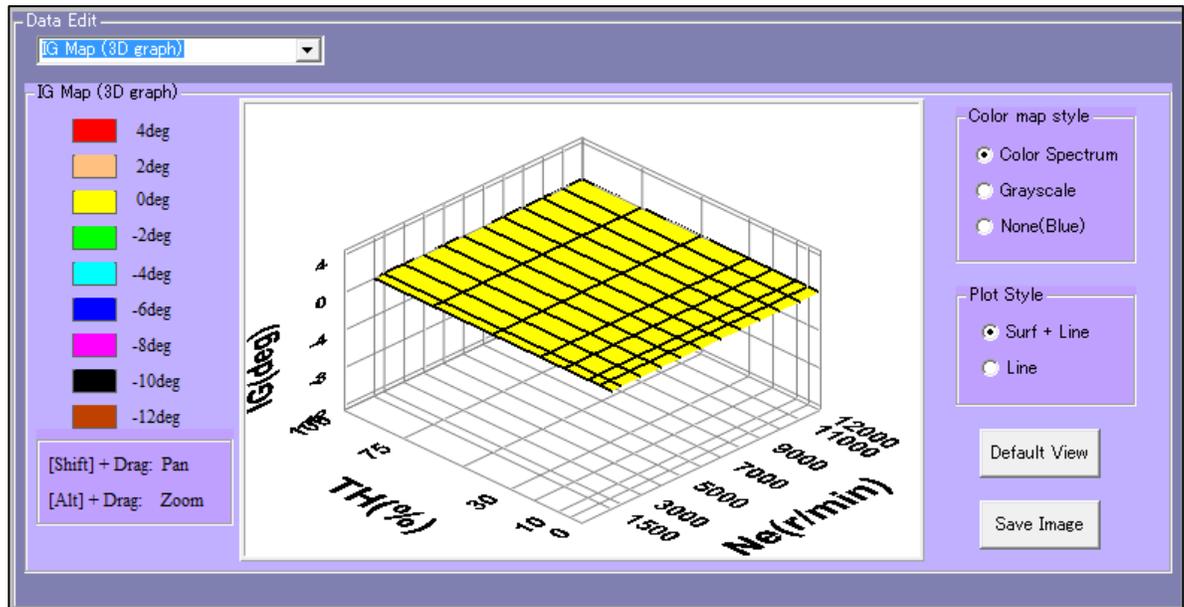


Figura 3.2. MAPA 3D IG CONFIGURACION DE FÁBRICA
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Opinión de los pilotos: la CRF 450 es una motocicleta de alto rendimiento en la cual podemos realizar diferentes modificaciones y poder sacar ventaja sobre nuestros contrincantes, inclusive la forma de conducir es mucho más ergonómica y cómoda que otras marcas.

3.1.2. Resultado 2 “ciudad 2”

Mapa 3D de IF e IG de una CRF 450R configurado como pruebas dentro de la ciudad, considerando principalmente un rango de funcionamiento entre 3000 y 10000 rpm con una porcentaje de apertura de la válvula de aceleración 0% al 75%. Y una mezcla rica de 0 a 1500 rpm y del 0% al 10% para un encendido en menor tiempo y mas suave de la motocicleta al momento de realizar el arranque de la misma. En este caso se considera valores negativos para poder reducir el rendimiento de la CRF450 ya que es considerado como un motor de alto torque y velocidad.

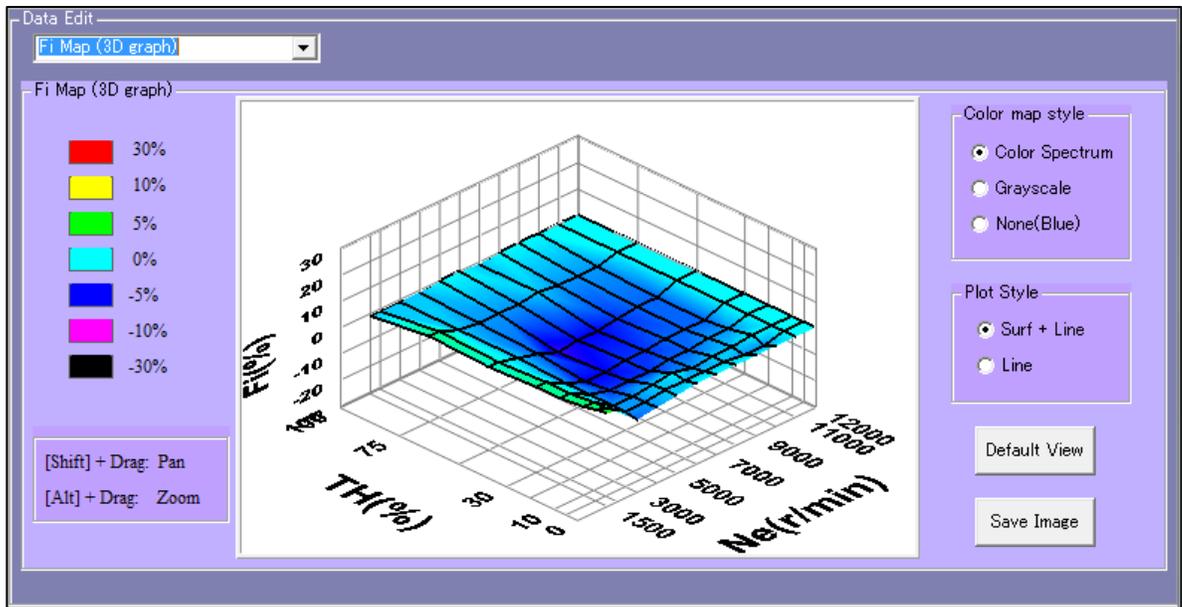


Figura 3.3. MAPA 3D FI CIUDAD 2
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

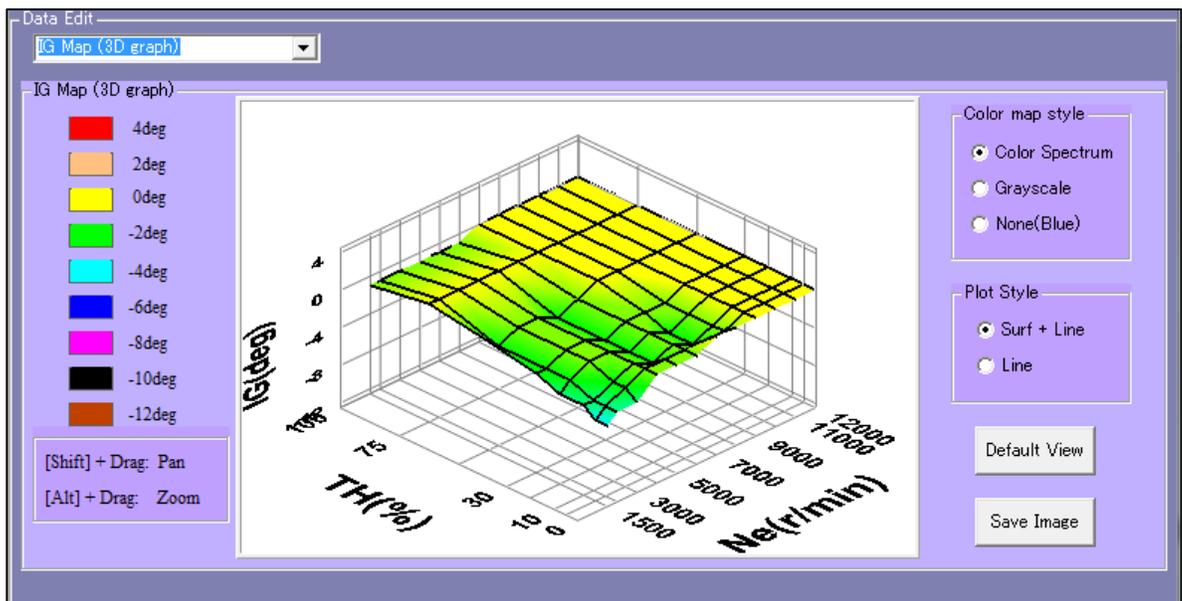


Gráfico 3.4. MAPA 3D IG CIUDAD 2
 Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Opinión de los pilotos: no se siente la disminución de rendimiento ya que es un motor que siempre va a estar acostumbrado a trabajar en altas revoluciones y en la ciudad no se

brinda las seguridades del caso como para probarla en salida de curvas y reacción de arranque.

3.1.3. Resultado tres “pista 2”

Mapa 3D de IF e IG de una CRF 450R modificado para la pista Honda de motocross, donde los rangos de calibración se encuentran desde 1500 a 7000 rpm. Y con una apertura de empañadura desde el 0% al 50%. Considerando la opinión de los 2 pilotos con los cuales se realizaron las pruebas de campo.

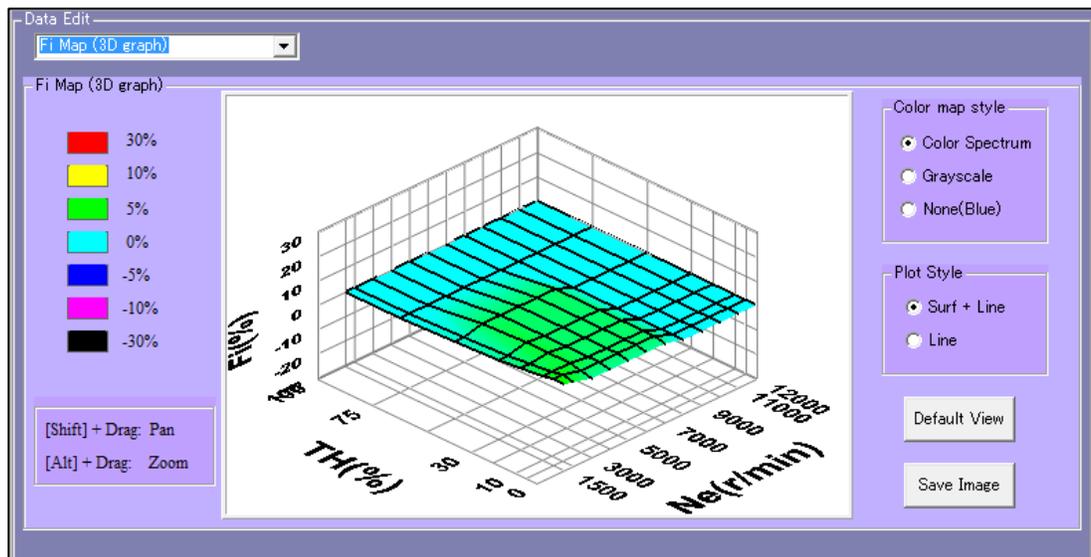


Figura 3.5. MAPA 3D FI PISTA 2
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

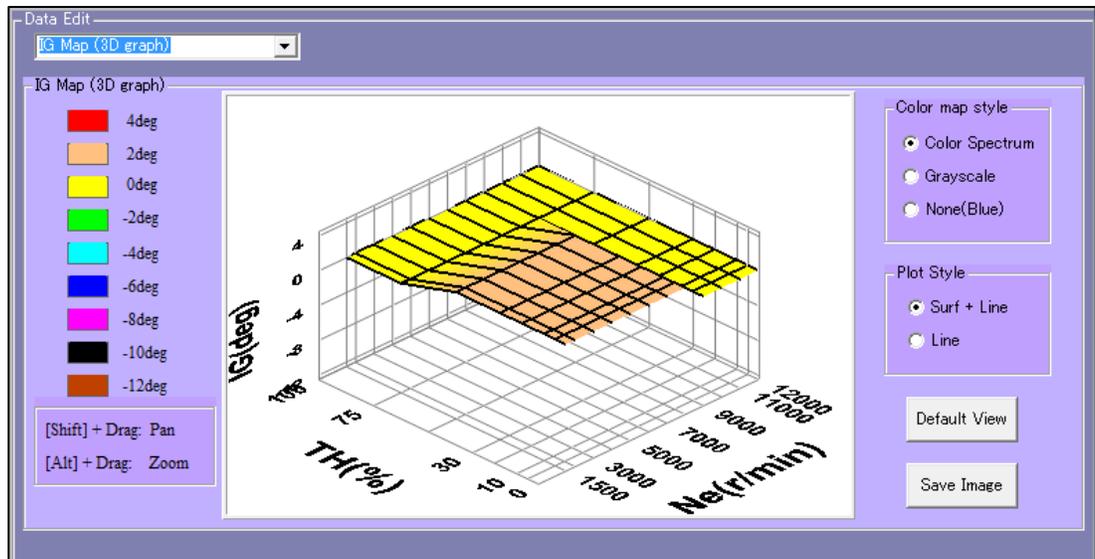


Figura 3.6. MAPA 3D IG PISTA 2
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

Opinión de los pilotos: con la configuración anterior (STD) la motocicleta no reacciona mal y está muy bien para la competición, pero la salida de las curvas necesitamos bajar de cambio para que la moto evolucione con mayor potencia y poder ganar velocidad en aceleración. Pero ahora que se encuentra calibrada es una motocicleta mucho más versátil y con una reacción de aceleración inmediata y no necesitamos bajar el cambio para obtener mayor velocidad en menos tiempo y poder bajar los tiempos por vuelta e inclusive nos cansamos menos ya que la motocicleta nos ayuda a que el piloto no realice movimientos innecesarios al momento de la carrera.

3.1.4. Resultado cuatro “fallasup”

En esta calibración tanto la FI como el IG se modifican a rangos fuera de falla creando una mezcla demasiado rica y un gran retraso al encendido, para crear la falla de la ECM. Pero no se realizará ninguna prueba de campo más que la de talleres, ya que se corre el riesgo de rotura de piezas internas del motor. En esta falla la motocicleta si se puede encender pero las fallas de rendimiento son extremas, se apaga al momento de realizar una aceleración brusca.

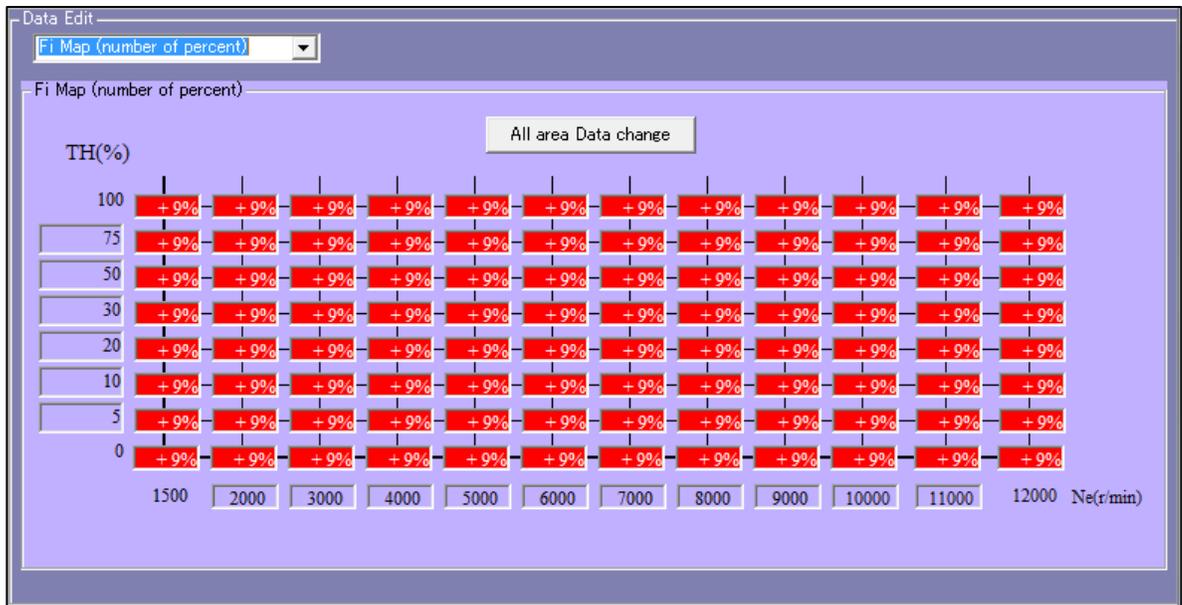


Gráfico 3.7. DATOS FI DE FALLA SUPERIOR
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

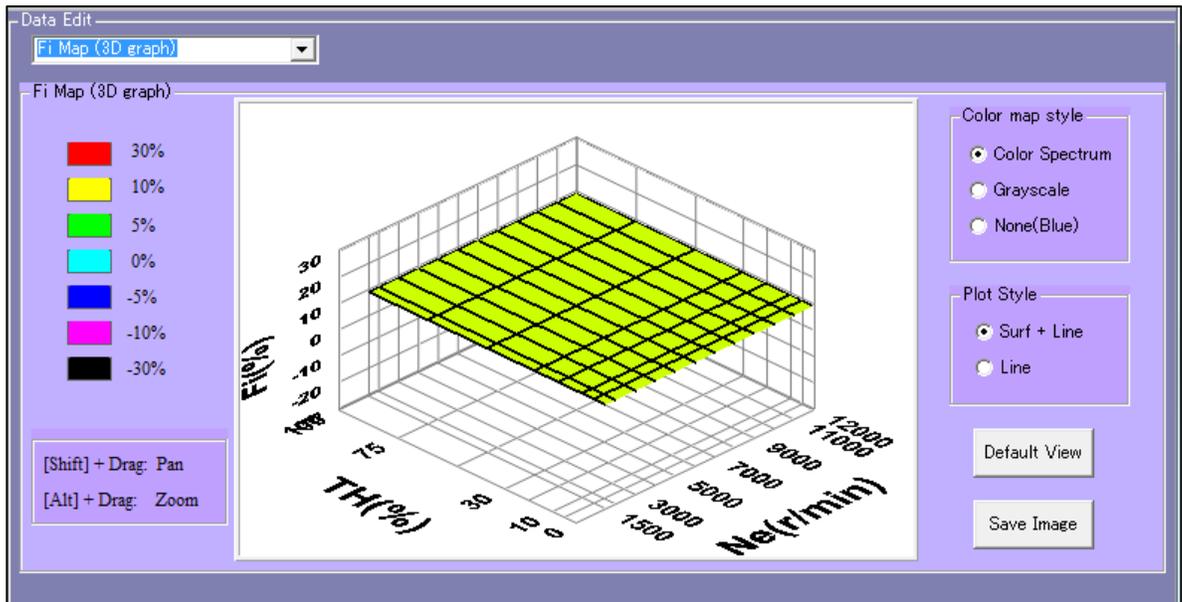


Figura 3.8. MAPA 3D FI FALLA SUPERIOR
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

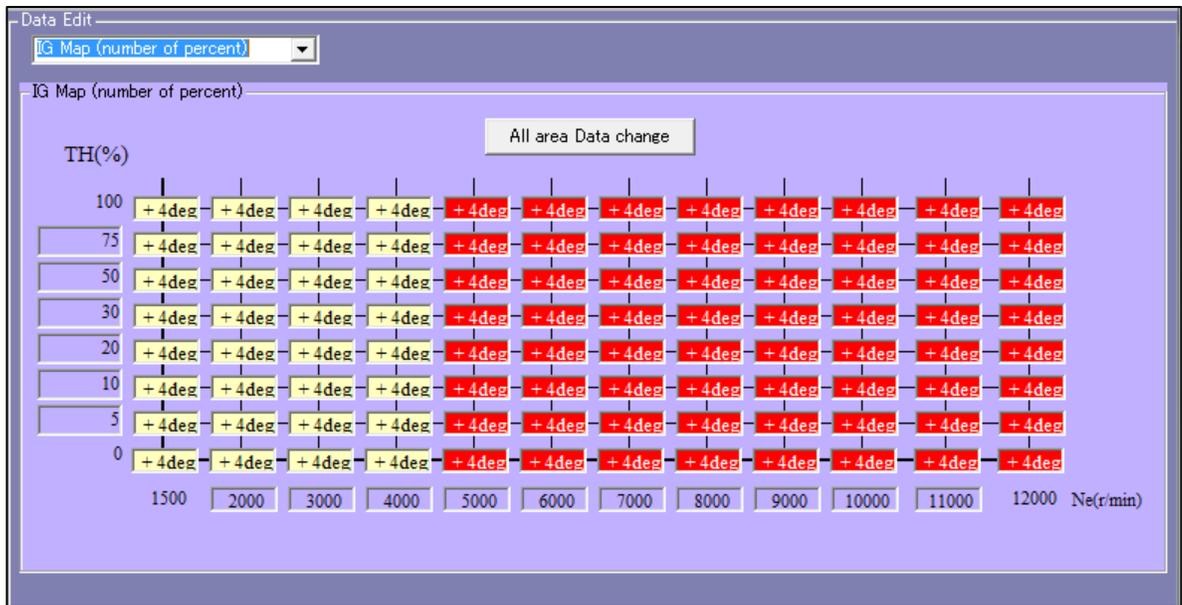


Figura 3.9. DATOS 3D IG FALLA SUPERIOR
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

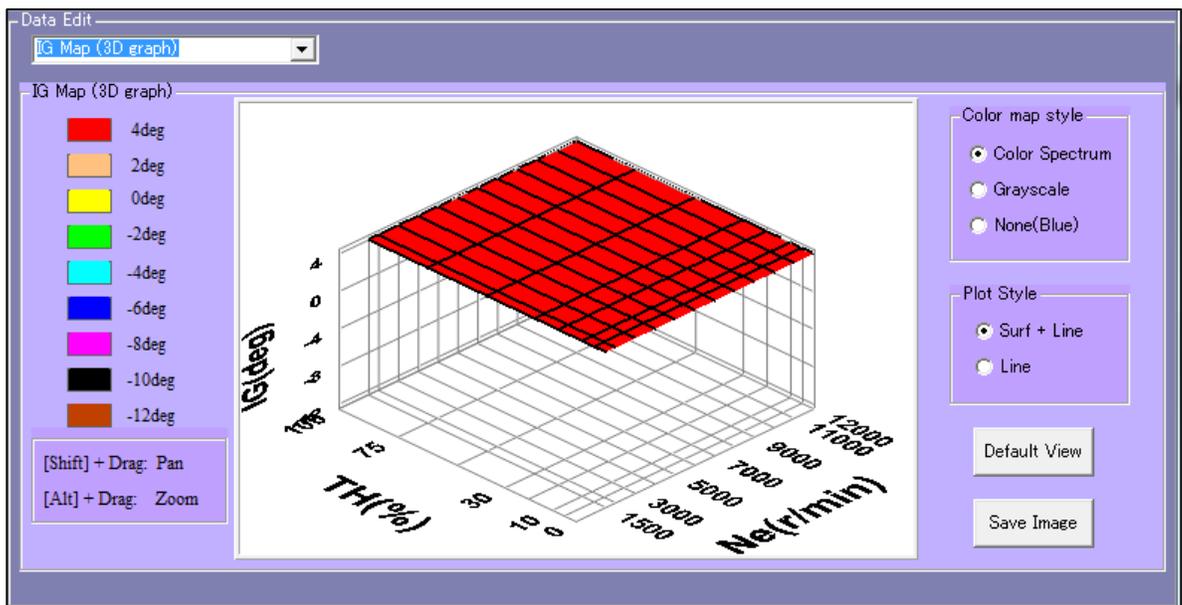


Figura 3.10. MAPA 3D IG FALLA SUPERIOR
Fuente: 10CRF450R Fi setting tool (20/Ago/2012)

3.2. Conclusiones y recomendaciones.

La CRF 450R es una motocicleta que basa su construcción y constitución con las últimas tecnologías aplicadas en el campo automotriz, es una motocicleta a inyección que dispone de diferentes sensores y actuadores que llevan los vehículos, además de todas ventajas para la repotenciación de su ECM utilizando las herramientas y programas adecuados para realizar la misma.

Este programa PGM-FI de HONDA permite realizar la modificación de su ECM de una manera muy fina y técnica, ya que los rangos de calibración y el programa nos permite hacerlo y los puntos a modificar son FI (inyección de combustible) y el IG (tiempo de encendido).

Es una motocicleta de alto rendimiento no aconsejable para el uso en la ciudad, ya que al momento de realizar una modificación para bajar la potencia de la CRF 450R no se obtuvo mayor diferencia manteniéndose con su normal funcionamiento, ya que es un motor de altas revoluciones un solo cilindro, un inyector y 4 válvulas.

Este es un programa netamente de pruebas que puede ser utilizado a nivel mundial y por todos condicionando la altura sobre el nivel del mar y las condiciones del piloto, es un programa que para poder obtener su mejor funcionamiento debe ser utilizado de acuerdo a las diferentes pruebas de campo que se realicen en la motocicleta, para poder sacar el mayor rendimiento de la CRF 450R y de su piloto.

BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas:

- HONDA MOTOR CO. LTD. Shop Manual CRF450R, 1ra edición, Septiembre 2008.
- HONDA MOTOR CO. LTD. Parts Catalogue, 1ra edición, Febrero 2010.
- HONDA MOTOR CO. LTD. Manual del propietario y guía de competencias, Febrero 2009.
- RUEDA, Santacruz Jesús. Manual técnico de fuel injection. Guayaquil. 3. ed. 2005.
- EDICIONES Ceac, Biblioteca técnica y practica de la motocicleta volumen 24 ed. 2002
- RUEDA, Santacruz Jesús. Técnico en mecánica y electrónica automotriz, 1ra edición. 2003.
- VALENCIA, Rodríguez Joaquín. como elaborar y usar los manuales administrativos, 3ra edición, 2002.
- ÁLVAREZ, Torres G. Manual para elaborar manuales de políticas y procedimientos, 2da edición, 2001.
- EDICIONES Ceac. Técnicas de sobrealimentación, ed. 2002
- ALONSO, Perez Jose Manuel. Técnicas del automóvil, decima edición tercera impresión 2007

Referencias electrónicas:

- Revisión de catálogos manuales y capacitaciones.
<http://www.hondaihs.com.br/global/> [Acceso: 16 de febrero del 2012]
- Revisión de catálogos partes y pizas. <http://www.in.honda.com/> [Acceso: 16 de febrero del 2012]
- Características de la CRF 450R. <http://www.motosneon.com/honda-crf450r-2011.htm> [Acceso: 12 de febrero del 2012]
- Fichas técnicas. <http://www.hondadorada.com/motos-motocross-450r.php> [Acceso: 13 de febrero del 2012]

- Características e imágenes. <http://www.motofichas.com/novedades/nuevas-honda-crf450r-y-crf250r-2012-revision-a-fondo.html> [Acceso: 13 de febrero del 2012]
- Fichas Técnicas de modelos Honda. <http://www.motofan.com/honda/crf-450-r/ficha-tecnica> [Acceso: 13 de febrero del 2012]
- PMG-FI Setting tool, software and manual for crf450r [Acceso: 20 de Agosto del 2012]
- Inyección de combustible en motocicletas. <http://www.motoschool.net/cursos/inyeccion-motos.html> [Acceso: 20 de Agosto del 2012]
- Inyección de combustible <http://www.jmcompeticion.com/publicaciones/inyeccion-electronica/> [Acceso: 20 de Agosto del 2012]
- Comparación de modelos. http://www.hondamotolitoral.com.ar/novedades/25-honda_crf_450_r.php [Acceso: 20 de Agosto del 2012]

ANEXOS

Anexo A-1: Instalación de software

USB Driver Installation

Use the USB driver included in PGM-FI Setting Tool CD-ROM or download it from HRC Web site (<http://www.honda.co.jp/HRC/>).

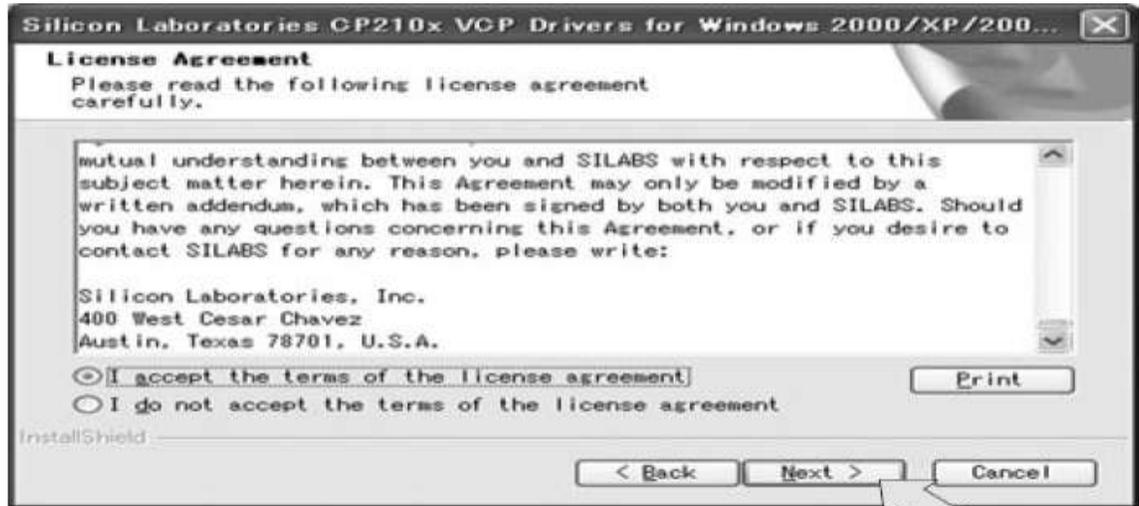
1. Open the USB driver's folder and double click "CP210x_VCP_Win2K_XP_S2K3.exe" to begin installation.



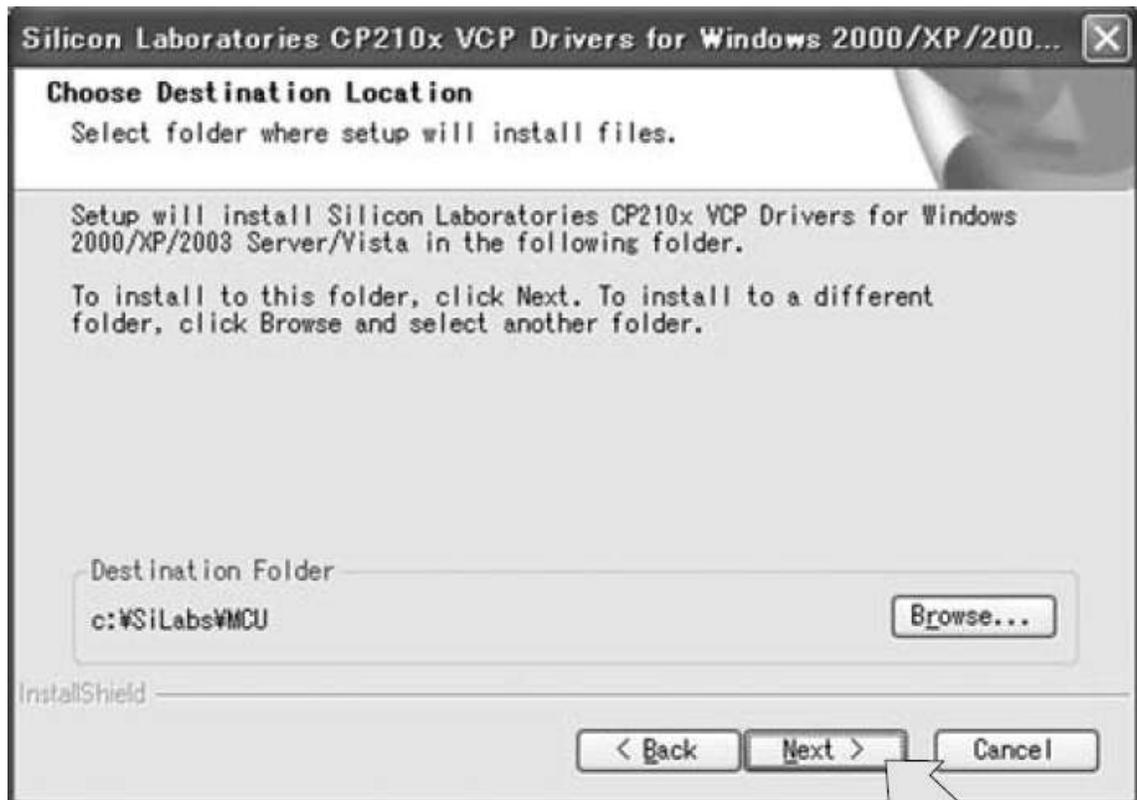
2. When the following window opens, click "Next"



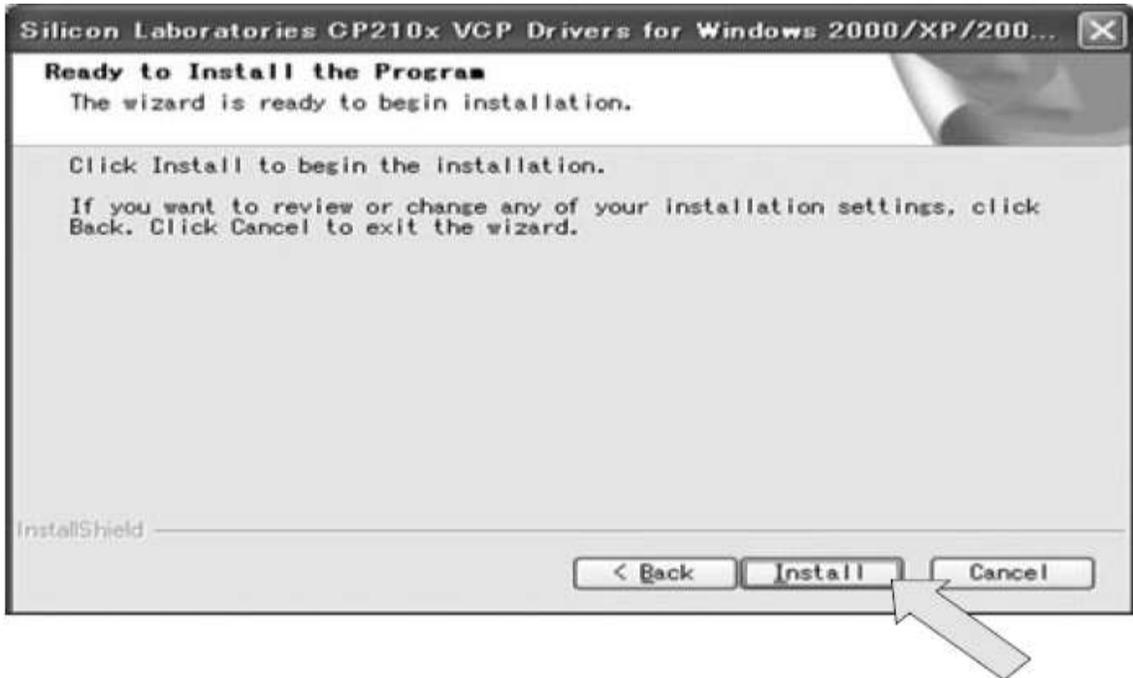
- When the *License Agreement* window opens, click “I accept the terms of the license agreement”.



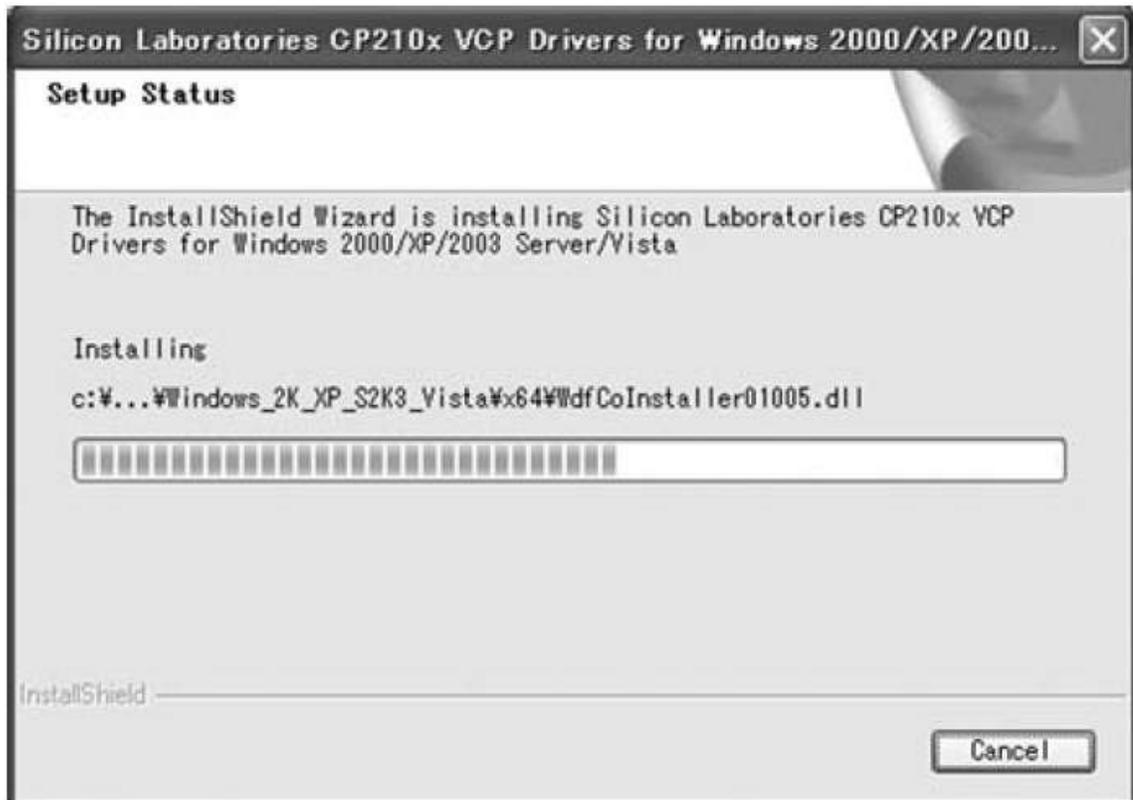
- The Choose Destination Location window will open. To install in the destination folder, click "Next" to continue installation.



5. The Ready to *Install the Program* window opens, click “Install” to installation.



6. The USB driver is then installed on the “C” drive.



7. Click “Finish” to finish the installation.



8. Make sure the “C:\SiLabs” folder appears on the “C” drive. The USB driver installation is then complete.

