



YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

La Inyección Electrónica de combustible

Introducción

Un motor a gasolina admite una mezcla de combustible y aire, luego la comprime y la enciende. Esto crea una combustión y sale la energía del calor. La energía calórica se convierte en potencia para hacer girar el cigüeñal y ésta es la fuerza de trabajo.

Las motocicletas, ATVs, motos para la nieve y motores fuera de borda que Yamaha produce, usan la gasolina como combustible. La mayoría de estos motores han usado el sistema de Carburador durante los últimos años. Los carburadores son pequeños, livianos y simples. Por consiguiente, un sistema de carburador es muy bueno para los motores a gasolina pequeños. Sin embargo, debido a un mayor control de las emisiones y al desarrollo de computadoras y otros dispositivos electrónicos, el número de motocicletas equipadas con inyección de combustible electrónica está aumentando. Este manual explica como la inyección electrónica es diseñada y como trabaja.

ÍNDICE

I. Historia de la inyección de combustible.....	3
[1] Inicios de la inyección Mecánica de Combustible.....	3
[2] El nacimiento de la inyección electrónica de combustible.....	5
[3] La historia de la inyección electrónica de combustible en la motocicleta....	6
II. Combustión de gasolina & el suministro de Combustible.....	8
[1] La combustión del motor a gasolina.....	8
[2] El volumen del aire de admisión y la masa.....	11
[3] Potencia y emisiones relacionadas con A/C.....	12
[4] Control de las emisiones.....	13
[5] Suministro de combustible al motor.....	14
III. Clasificación de la inyección de combustible.....	16
[1] Diferencias entre la inyección de combustible y el carburador.....	16
[2] Tipos de sistemas de inyección.....	16
IV. Mecanismo de la inyección electrónica de combustible.....	26
[1] Flujo del control de la ECU.....	27
[2] Componentes del sistema de inyección electrónica de combustible.....	28
[3] Diagrama del sistema de inyección de combustible.....	29
[4] Imagen del mapa de la ECU.....	30
[5] Función de la ECU.....	31
[6] El inyector.	32
[7] Sistema de suministro de combustible.....	37
[8] Cuerpo del acelerador.....	43
[9] Los sensores.....	52
V. Control de la inyección de combustible.....	65
[1] Qué es “El Control”?.....	66
[2] Flujo y objetivo del control del sistema de inyección de combustible.....	67
[3] Volumen de inyección.....	68
[4] Control del tiempo de inyección.....	80
[5] Control del tiempo de la ignición.....	80

I. La historia de la inyección de combustible

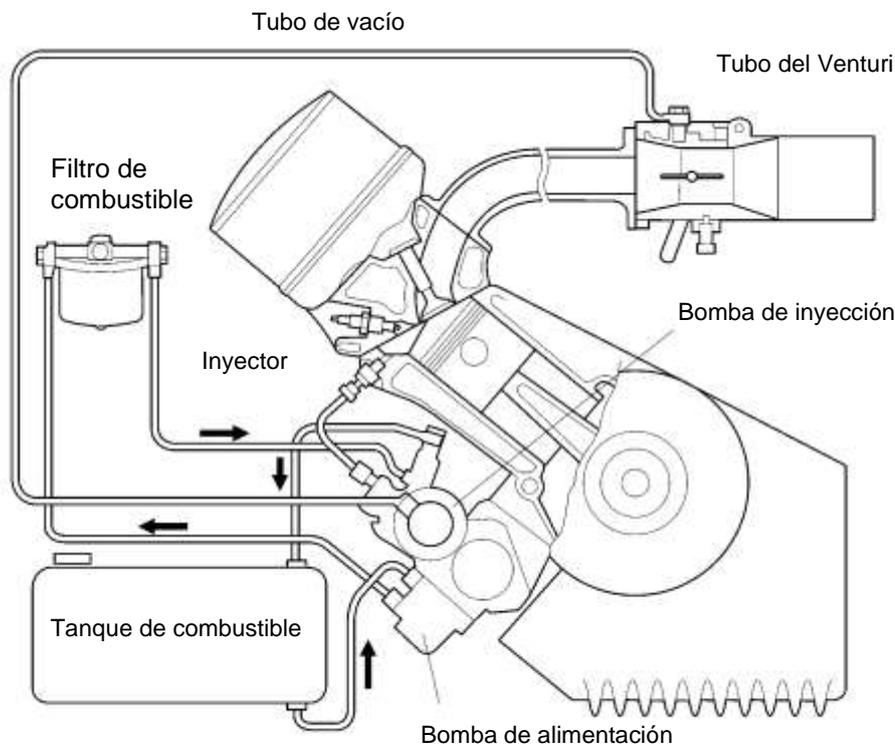
[1] Inicios de la Inyección Mecánica de Combustible

Cuando el motor de combustión interna se usó para los aeroplanos y automóviles a principios de los años 20, los motores estaban provistos principalmente con un carburador. Sin embargo, los sistemas de carburador con una cámara de flotador tienen problemas para el uso en aeroplanos, ya que la posición de un aeroplano no sólo es horizontal sino que se mueve en tres dimensiones. Además, la temperatura tan baja de las altitudes congelará el combustible. El sistema de inyección de combustible se desarrolló basado en la tecnología de las bombas de inyección de los motores diesel, durante la segunda guerra mundial.

Después de la segunda guerra mundial, se adoptaron muchas tecnologías de los aeroplanos a los motores de los automóviles y debido a esto, la inyección de combustible, también se adoptó. Sin embargo, era muy complicada y costosa comparada con el sistema de carburador. Debido a esto, el sistema de inyección de combustible se aplicó primero a los automóviles de carreras. Los automóviles de carreras requieren un alto desempeño y buena respuesta y utilizaban un sistema de multi-carburadores. Los multi-carburadores son difíciles de controlar y ocupan mucho espacio. Por tal motivo, la inyección de combustible es muy popular en los automóviles de carreras, aún cuando el costo es alto. Por esos días se usaba principalmente un sistema de inyección de combustible de alta presión tipo Lucas, que era controlado por la velocidad del motor y una leva medidora.

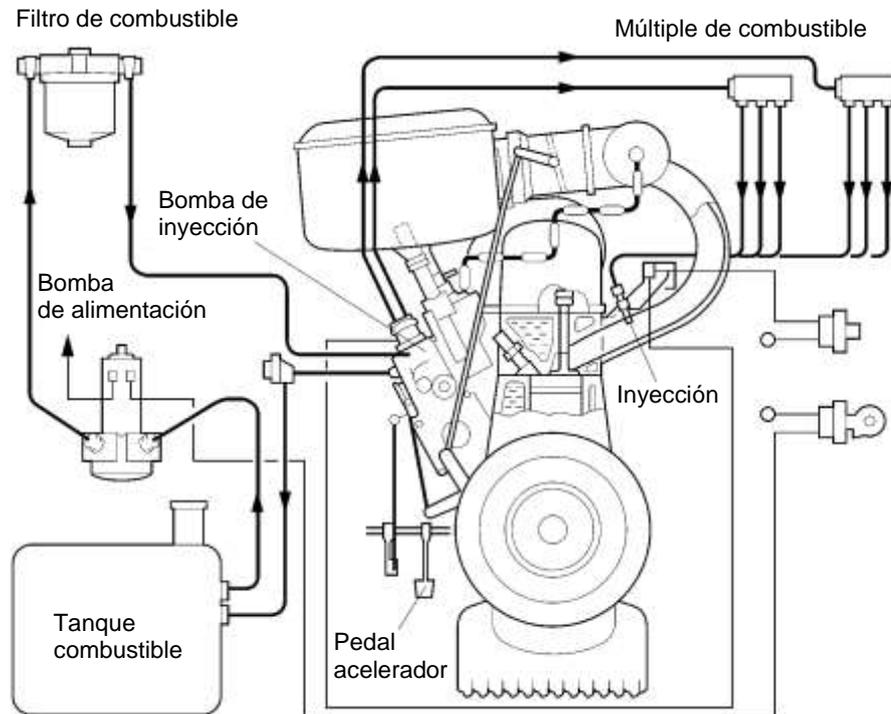
Los automóviles de carreras lograron buenos resultados y buen desempeño con la inyección de combustible, debido a las mejoras del sistema de admisión. Así que muchas compañías automovilísticas empezaron su desarrollo.

Compañías como Goliat y Gutbrod en Alemania desarrollaron sistemas de inyección de combustible para motores de 2-tiempos. Benz empezó a vender el 300SL con un motor con inyección de combustible mecánica en 1957. Esta tecnología se adoptó de un tipo de bomba de inyección tipo émbolo, basada en motores diesel.



La Inyección de combustible para el Benz 300SL

Benz lanzó el modelo 200SE en 1958, y este automóvil utilizó un sistema de inyección mecánico pero con un múltiple y un sistema de inyección de grupo en lugar del sistema de inyección directa de los 300SL. Sin embargo, estaba provisto con un sistema de arranque para aumentar el aire y el combustible. Este sistema estaba provisto de una válvula de arranque, un temporizador y un suiche para controlar la temperatura. También tenía un sistema para compensar la temperatura del aire de la admisión y la presión atmosférica. Así que éste, era un sistema de inyección mecánico, pero tenía casi el mismo concepto que los motores modernos con inyección electrónica.



La Inyección de combustible para el modelo Benz 200SE

[2] El nacimiento de la inyección electrónica de combustible

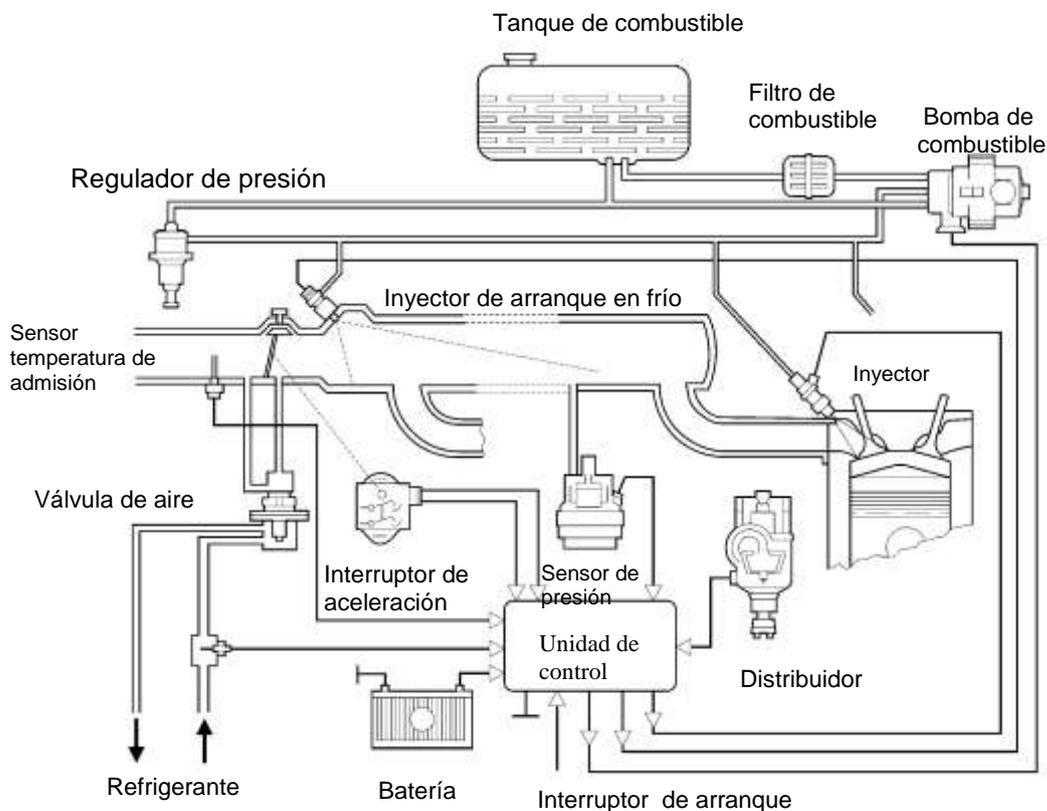
La inyección de combustible permite una buena distribución del sistema de admisión para aumentar la potencia en los motores de automóviles multi-cilíndricos. Debido al mejoramiento de los sistemas de admisión, los sistemas de inyección de combustible tienen ventajas para los motores de los automóviles, ya que suministran una mejor entrega de la mezcla y permiten un diseño más simple de la culata. Pero esas tecnologías basadas en los sistemas de inyección de los aeroplanos necesitan grandes modificaciones para ser aplicadas a los motores de los automóviles, especialmente en el manejo de la bomba de combustible de alta presión. Se requerían muchos cambios y componentes para los automóviles y por esto, no muchas compañías adoptaron la inyección electrónica en sus comienzos.

Por esos días, la inyección de combustible electrónica se desarrolló basada en la avanzada tecnología del transistor. El primer sistema de inyección electrónica fue lanzado por Bendix de los Estados Unidos en 1957. Este sistema de inyección de combustible se llamó Electrojector. Este diseño era de fácil aplicación para los motores de los automóviles, pero no controlaba con precisión la combustión como los motores modernos lo hacen. La característica principal era un óptimo sistema de admisión y una fácil aplicación.

Más tarde, la confiabilidad de este dispositivo electrónico fue mejorada con el uso del transistor de silicio, en reemplazo del transistor de germanio. Con esto se lograron grandes progresos en la confiabilidad, especialmente en lo relacionado con los problemas de calentamiento. Esto hizo que se incrementara el desarrollo de los sistemas de inyección de combustible electrónica.

Bosch lanzó un sistema de inyección de combustible en 1967, llamado "D-Jetronic", después del lanzamiento del "Electrojector" de Bendix en 1957. Esta tendencia se originó debido a la introducción de los controles de emisiones en Estados Unidos en los años 60's.

D-Jetronic detecta la presión negativa de la admisión y calcula el volumen del aire de la admisión. Después, basado en este volumen de aire de la admisión, decide el volumen de la inyección y controla la relación de aire / combustible (ver figura)



D-Jetronic

Bosch también lanzó el sistema de L-Jetronic en 1972, con un control mejorado de aire/combustible, utilizando un sistema de flujo de masa. Utilizó un medidor de flujo de aire para detectar el volumen del aire de la admisión. Al mismo tiempo, Bosch lanzó el sistema de K-Jetronic para mejorar la eficacia de la admisión. Este es el tipo de flujo de masa mecánico y un sistema de inyección continua. Los fabricantes de automóvil deportivos Europeos, Porsche y Ferrari, aplicaron el sistema de K-Jetronic en sus automóviles es de alto rendimiento.

* Refiérase al tipo K-Jetronic, como una columna de inyección continua.

El control de las emisiones estaba poniéndose más estricto en ese momento y para los sistemas de carburador era casi imposible cumplir con esas regulaciones.

La inyección electrónica de combustible, incluso, se desarrolló más allá. Se agregó un sistema catalizador de tres vías para cumplir con el control de las emisiones y se aplicó un sistema de reacción de O₂ para dar una mayor eficiencia.

Además de eso, se aplicaron sistemas de “quemado pobre”, para reducir el consumo de combustible y el CO₂. Estos sistemas se derivaron del sistema de inyección de combustible y los sistemas de inyección electrónica de combustible se convirtieron en la clave tecnológica para los motores de combustión interna.

[3] La historia de la inyección electrónica de combustible en la Motocicleta

Durante la implementación del control de las emisiones, las motocicletas fueron consideradas como una porción muy pequeña del total de las emisiones. Por consiguiente, los controles de emisiones no eran aplicados o sólo se hacía de una manera muy lenta y el sistema de inyección de combustible no se requería para el control de emisiones en la motocicleta.

Acerca del rendimiento, el sistema de inyección de combustible suministraba mejor rendimiento en los motores de los automóviles pero la mayoría de los motores multi-cilíndricos de las motocicletas tenían sistemas de carburadores múltiples independientes, que operaban con buen rendimiento. Por lo tanto, los motores de las motocicletas no necesitaban sistemas de inyección de combustible. Además, las motocicletas son pequeñas y no tienen espacio suficiente para colocar los componentes de la inyección de combustible como un sistema medidor del flujo de aire, además, los costos eran muy altos, por esto, la inyección de combustible no era popular en las motocicletas.

Pero debido al desarrollo de la inyección de combustible para los automóviles, los fabricantes de motocicletas comenzaron a desarrollar la inyección de combustible a principios de los 80's.

En 1982, Yamaha desarrolló la XJ750D, la cual usaba un sistema de inyección de combustible tipo flujo de masa, con un medidor de flujo de aire tipo alambre caliente. Honda desarrolló la CX500 Turbo, la cual utilizaba un sistema de inyección tipo D-Jetronic, el cual detectaba el volumen del flujo de aire por medio de la presión negativa de la admisión. Kawasaki desarrolló la Z750GP, la cual usaba un sistema de velocidad de aceleración.

Yamaha utilizó el sistema de flujo de masa que había sido probado en los motores de los automóviles. Este sistema puede lograr un carácter transitorio óptimo, desde las rpm bajas, hasta las rpm altas. Honda tomó el tipo D-Jetronic, el cual había evolucionado del reciente PGMF-1 (el nombre comercial registrado por Honda para su sistema inyección electrónica de combustible). Este sistema PGMF-1 puede responder a los cambios de presión de la admisión causados por el sistema del turbo cargador. Kawasaki utilizó el sistema de velocidad de aceleración, el cual tenía una buena respuesta.



XJ750J



CX 500 Turbo

El sistema de inyección de combustible de Yamaha tenía el mismo carácter de rendimiento y aceleración, comparado con el sistema de carburadores, pero todavía el carburador era el sistema más popular en ese momento y por este motivo, los costos eran altos debido a la baja producción. Así que en ese momento, el sistema de inyección de combustible para los motores de las motocicletas no podía ser desarrollado.

Honda utilizó el sistema de presión de admisión, pero con este sistema, era difícil alcanzar una buena respuesta en la conducción de la motocicleta, debido al manejo del motor y a los retrasos del turbo. Por este motivo, la manejabilidad no era lo suficientemente buena. Además de eso, el turbo no podía llegar a ser un buen dispositivo para incrementar la potencia comparado con el gran desplazamiento (altas cilindradas). Por lo tanto, el sistema de inyección de combustible de Honda desapareció junto con el sistema de turbo.

Kawasaki tomó el sistema de velocidad de aceleración pero se notó que era difícil detectar el aire de admisión desde el ángulo de aceleración solamente, porque la relación entre el ángulo de aceleración y el volumen del aire de la admisión es muy complicada, especialmente a velocidades bajas del motor y no se puede obtener un buen carácter transitorio con este sistema solamente, por lo tanto, la evaluación del mercado no fue suficientemente buena.

Más tarde, el control de las emisiones se fue volviendo cada vez más y más estricto, y como resultado, la participación de las emisiones de las motocicletas aumentó.

La EU comenzó con el control de las emisiones, seguido por otros países. Actualmente, las motocicletas necesitan cada vez más mejores emisiones.

Con los sistemas de inyección electrónica de combustible se obtienen buenas emisiones y esta es la clave tecnológica para reducir las emisiones dañinas y para mantener limpio nuestro medio ambiente.

Por esta razón, la inyección electrónica de combustible es aplicada a muchas motocicletas, no sólo a las motocicletas grandes, sino también, a pequeños scooters y ciclomotores.

II. Combustión de la gasolina y el suministro de Combustible

[1] La combustión del motor a gasolina

El volumen del aire de la admisión es decidido por el motor y las condiciones de la conducción y no por el sistema de suministro de combustible, el carburador o la inyección de combustible. Esto significa que si las condiciones del motor y la conducción son las mismas, entonces, la admisión de aire del motor es constante y requiere una adecuada cantidad de combustible para realizar la mejor combustión, sin depender del sistema de suministro de combustible, el carburador o de la inyección de combustible. Esto quiere decir que el propósito del carburador y del sistema de inyección de combustible, es el mismo: "suministrar la adecuada cantidad de combustible, que cumpla con los requerimientos del aire de la admisión y poder hacer una buena combustión".

En un carburador, que utiliza la relación entre el volumen del aire de admisión y el vacío (presión negativa), el combustible se suministra por chorros, de acuerdo al valor del vacío (presión negativa).

En un sistema de inyección de combustible, el computador recibe señales eléctricas acerca de las condiciones de funcionamiento del motor, condiciones del tiempo y luego, calcula el volumen del aire de la admisión. Basado en estas condiciones, el computador determina la duración de la inyección y suministra la cantidad adecuada de combustible.

Veamos que es una buena combustión.

La gasolina está hecha de la mezcla de muchos hidrocarburos, los cuales combinan carbón e hidrógeno. Hay también muchos hidrocarburos, y se expresa como C_aH_b .

* a y b expresan el número de moléculas de hidrógeno y carbono. Si el número es diferente, entonces el carácter es diferente.

* Por ejemplo, C_6H_{14} es Hexano. C_8H_{18} es Octano.

La combustión es una reacción química, la gasolina contiene hidrocarburos y oxígeno y se expresa siguiendo la fórmula de una reacción química.



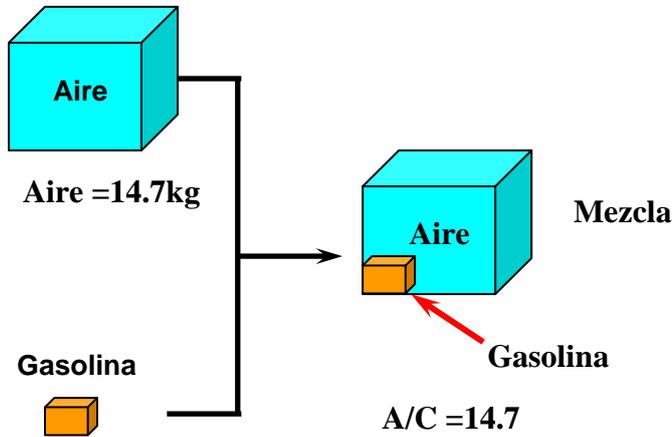
Esta relación de la reacción química, la masa de la gasolina y del aire, es llamada "relación de Aire – Combustible" (A/C).

* La relación de A/C es diferente para los diferentes tipos de gasolina, ya que la gasolina contiene oxígeno y diferentes materiales, como el alcohol.

1. La Combustión Estequiométrica

La combustión que satisface la fórmula 1-1 se llama "A/C Estequiométrica"
 Esta relación para la gasolina regular es 1kg de gasolina y 14.7kg de aire.
 Con esta relación la gasolina será completamente quemada.

Figura 1-1



Combustible = 1kg Estequiométrica A/C 14.7 (Factor de exceso de aire $\lambda = 1$)

A/C también se expresa como λ (lambda) el coeficiente de exceso por el uso de esta relación.
 λ es calculado basado en la relación Estequiométrica A/C de 14.7.

$$\lambda = \frac{\text{A/C Actual}}{\text{A/C Estequiométrica}}$$

2. La Combustión de la mezcla Rica

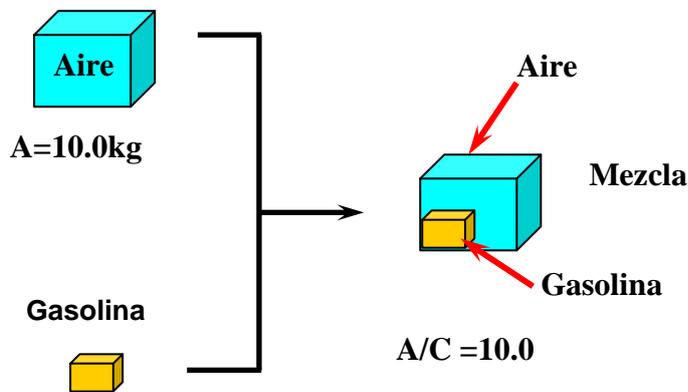
Ejemplo 1

En el caso donde la cantidad de gasolina es 1 Kg. y la cantidad de aire es de 10kg

$$\lambda = \frac{\text{A/C Actual} = 10.0}{\text{A/C Estequiométrica} = 14.7} = 0.68 \quad \lambda = 0.68 \text{ (Mezcla rica)}$$

En esta condición, la cantidad de aire no es suficiente para la cantidad de combustible. Esto se llama "Mezcla rica" ($\lambda < 1$).

Figura 1-2



El factor de exceso de aire $\lambda < 1$

3. La Combustión de la mezcla pobre

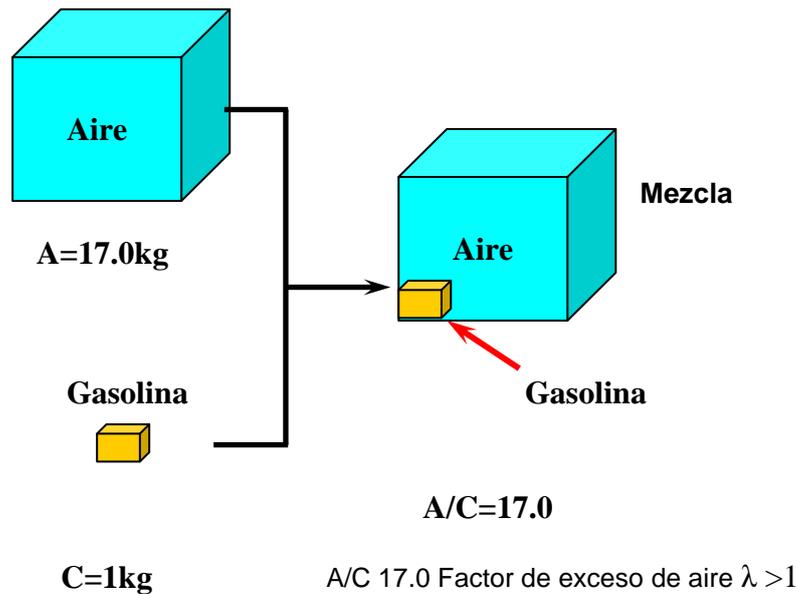
Ejemplo 2

En el caso donde la cantidad de gasolina es 1kg y la cantidad de aire es 17kg

$$\lambda = \frac{A/C \text{ Actual } = 17.0}{A/C \text{ Estequiométrica } 14.7} = 1.16 \quad \lambda = 1.16 \text{ (Mezcla pobre)}$$

En esta condición, la cantidad de aire es demasiada para la cantidad de combustible, esto se llama "mezcla pobre" ($\lambda > 1$).

Figura 1-3



El motor requiere una relación A/C apropiada, no demasiada alta (demasiada pobre) y no demasiada baja (demasiada rica).

Si ésta no se suministra, entonces el motor no puede realizar una buena combustión.

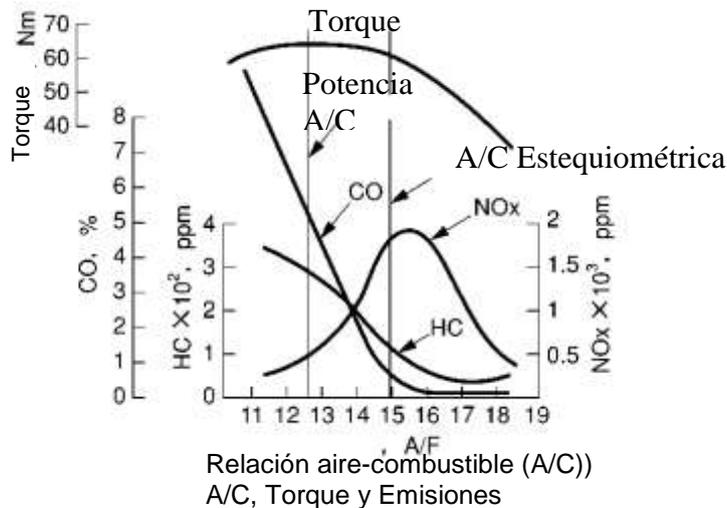
Si A/C es menor de 8, entonces es demasiada rica y el motor empieza a fallar.

Si A/C es más de 20, entonces está demasiada pobre y el motor también fallará.

Sin tener en cuenta en que esté funcionando el sistema de suministro, el carburador o la inyección de combustible, el motor necesita la adecuada cantidad de combustible que concuerde con la cantidad adecuada de aire, de otra manera, no se podrá tener una buena combustión.

[3] Potencia y emisión relacionadas con A/C

Si la relación A/C cambia, la potencia y las emisiones cambiarán como sigue:



Una relación de A/C de 12.5, un poco más rica que la relación A/C estequiométrica, produce una eficiencia plena y una combustión estable. Como resultado, la potencia será máxima cuando la relación A/C es de 12.5. Esto se llama "Potencia A/C."

El dióxido de carbono del escape del motor y el agua, como resultado de la combustión siguen la fórmula 1-1.

El oxígeno y el nitrógeno del aire no participan en la combustión, pero se mezclarán con los gases de escape.

Además, la gasolina sin quemar y el aceite proveniente del gas del respiradero del cárter (blow_by), saldrán combinados con los gases de escape como un hidrocarburo. Una combustión imperfecta produce monóxido de carbono.

El nitrógeno y el oxígeno se combinan debido a las altas temperaturas de la combustión. Esto da como resultado, monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno son llamados los NOx.

El CO y el HC disminuyen linealmente si la relación A/C es más baja que la estequiométrica y tiene un valor bajo constante en el área de pobreza de A/C.

En condiciones normales, en el motor de una motocicleta, el valor del CO puede ser del 3 al 5% entre la potencia A/C de 12.5 y la relación Estequiométrica A/C de 14.7

El HC será de 300 ppm a 500 ppm entre la potencia A/C de 12.5 y la estequiométrica A/C de 14.7.

Pero el HC aumentará de nuevo si la relación de A/C es más alta de 18, debido a una mala combustión, a diferencia del nivel de CO, ya que el nivel de CO será el mismo con una relación A/C alta. Los NOx serán máximos en una relación A/C de 15 a 16 (un poquito más pobre que la estequiométrica A/C).

El CO₂ está alrededor del 12%, cerca del área estequiométrica.

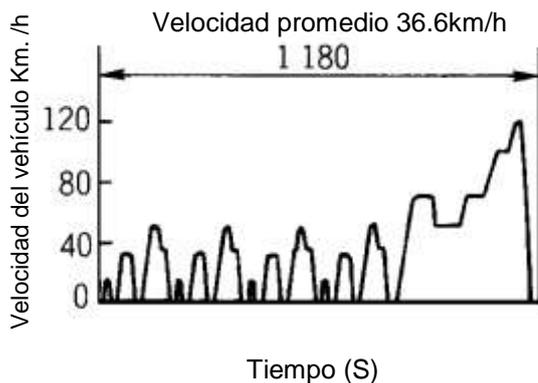
Así, si usted analiza los componentes de los gases de escape, usted puede detectar las condiciones de la combustión interna.

[4] Control de las emisiones

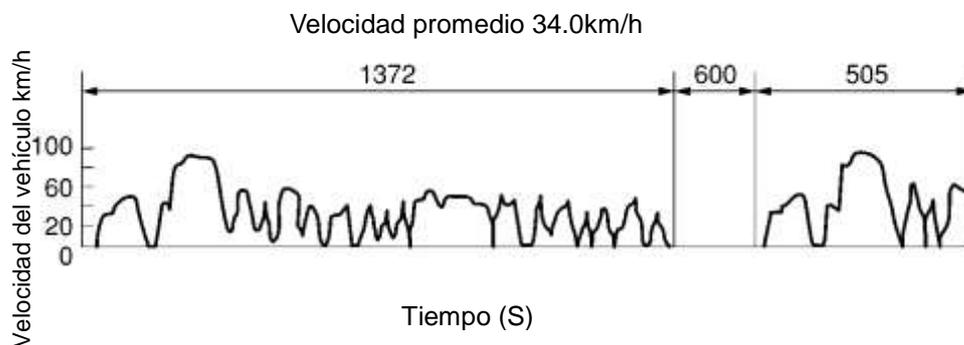
El CO, el HC y los NOx son dañinos para el ambiente. Ellos son el resultado de la combustión. Hay restricciones para los gases de escape en muchos países. EU, EE.UU. y Japón tienen patrones de pruebas de conducción especificados y tienen límites con respecto a la cantidad total de estas emisiones. Por consiguiente, los patrones de pruebas de conducción, se hacen para cada país para simular el promedio de uso.

La inyección electrónica de combustible puede ser la respuesta para ajustar estos patrones de conducción y reducir el CO, el HC y los NOx, de los gases de escape.

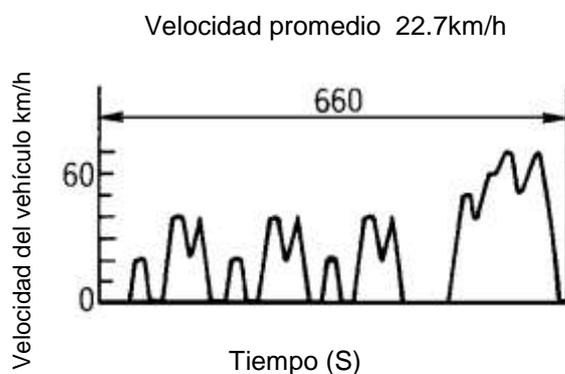
1. El modo de EU



2. EE.UU. modo LA-4



3. Japón modo 10.15



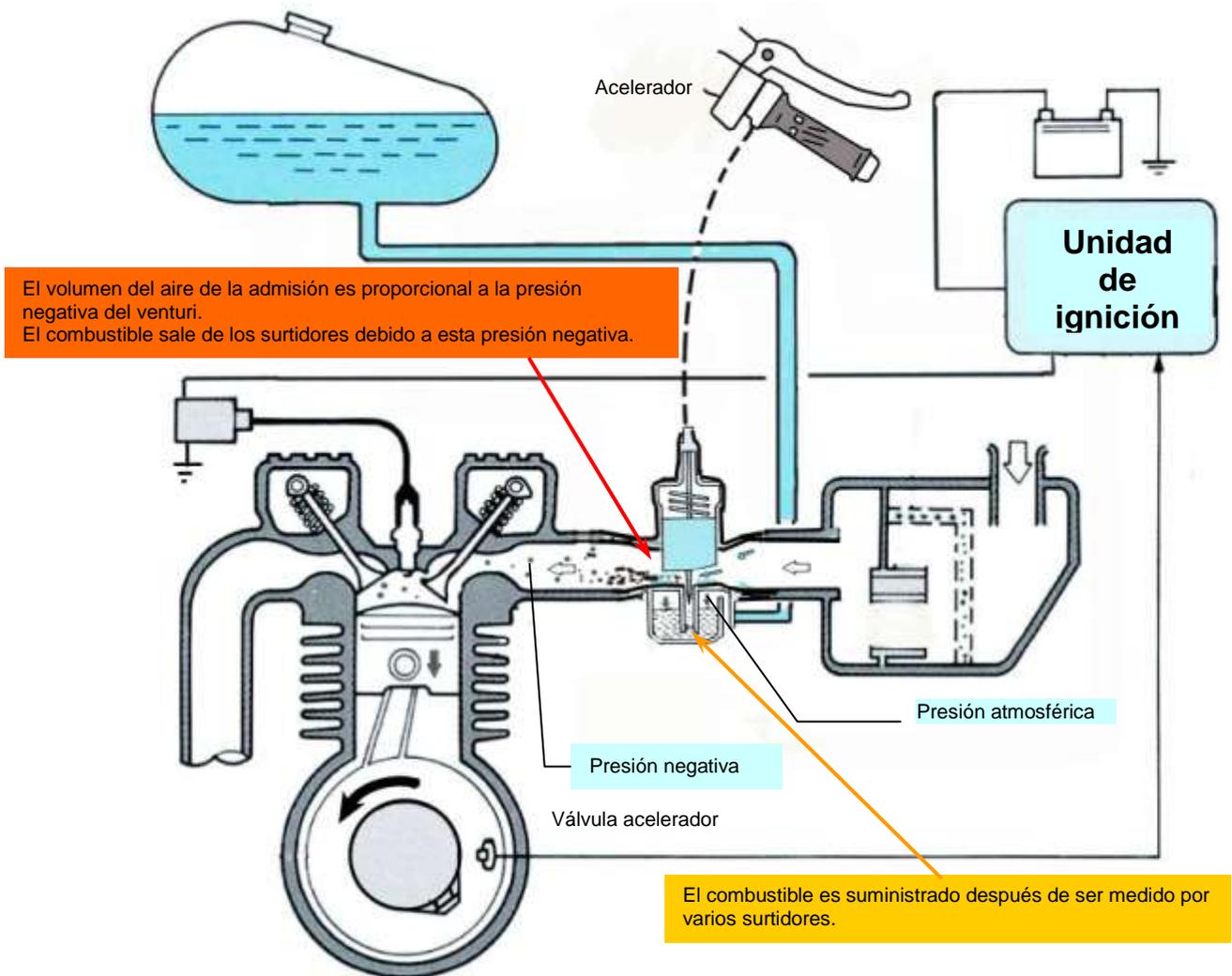
[5] El suministro de combustible al motor

Un motor no puede hacer una buena combustión sino se le suministra la cantidad adecuada de combustible para el aire de la admisión, como se explicó en las páginas anteriores. El motor debe ser alimentado con la cantidad requerida de combustible después de ser medido el aire de la admisión, el cual es detectado directa o indirectamente. A esto se le conoce como el “contador” para medir la cantidad necesaria de combustible. Generalmente, hay dos métodos para suministrar el combustible al motor de una motocicleta. Uno, es el sistema de carburador, el cual usa el vacío para del aire de la admisión y el otro, es el sistema de inyección electrónica de combustible, el cual inyecta combustible presurizado.

1. El carburador

Cuando el motor admite el aire, el aire pasa a través del venturi del carburador, la velocidad del aire admitido se aumenta y como resultado, la presión cae (se genera presión negativa). Por otro lado, el combustible de la cámara del flotador es empujado hacia arriba por la presión atmosférica a través del venturi, debido a la diferencia de presiones del venturi y de la cámara del flotador. Así, el combustible empujado hacia el venturi, se mezcla con el aire admitido y esta mezcla alimenta al motor continuamente.

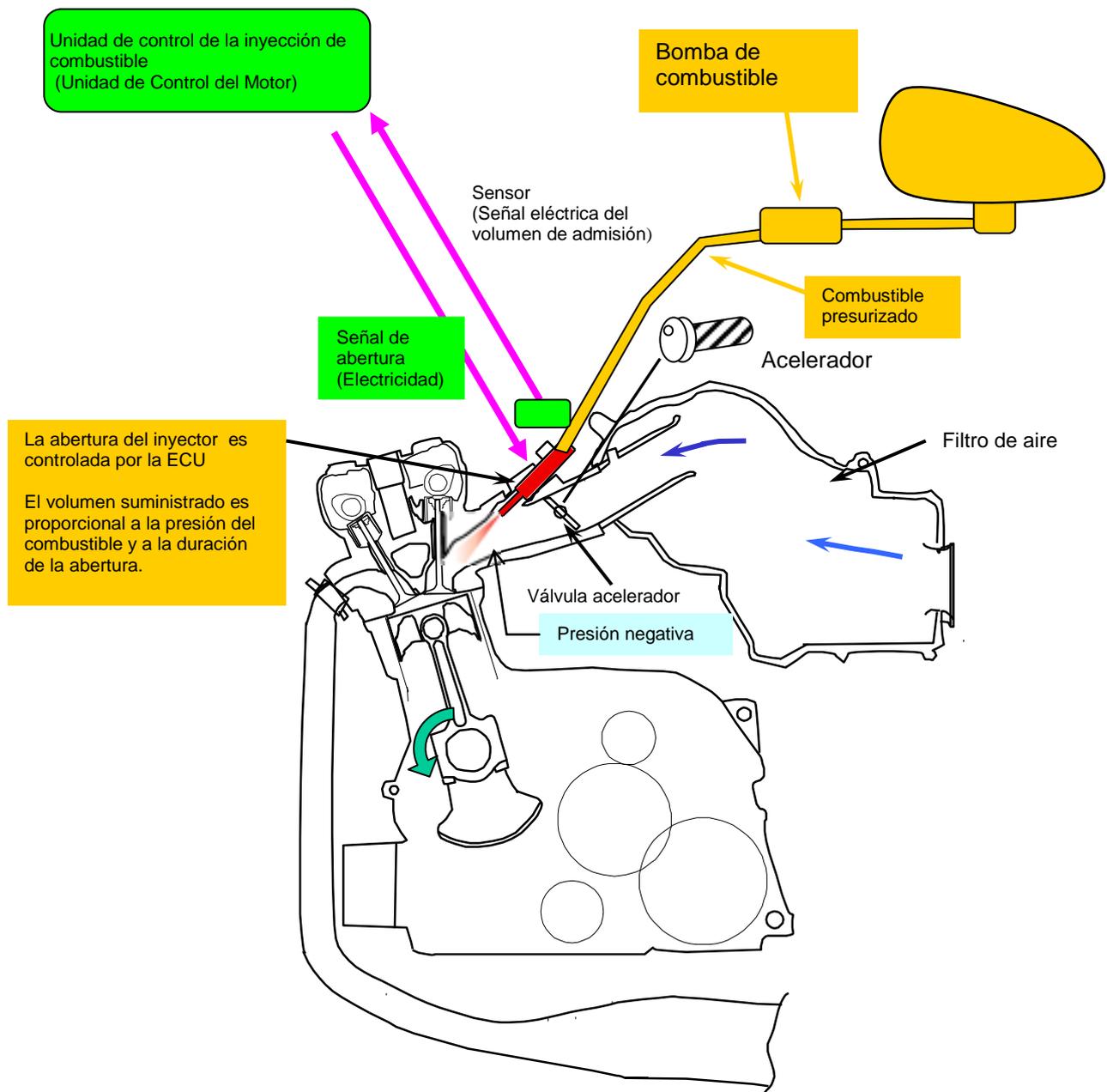
El volumen del aire de la admisión cambia con la velocidad del motor y la posición de la válvula del acelerador. Una cantidad adecuada de combustible, es medida por cada surtidor y luego suministrada al motor.



2. La inyección de combustible

La bomba de combustible presuriza el combustible. Este combustible altamente presurizado es inyectado en el múltiple de admisión de acuerdo con el aire de la admisión.

La ECU (Unidad de control eléctrico) recibe la señal desde varios sensores para determinar el volumen de aire de la admisión. Basada en el volumen de aire de la admisión y en otros sensores, la ECU calcula el volumen necesario de combustible. Para proveer el volumen necesario de combustible, la ECU calcula la duración de abertura del inyector. Luego la ECU da una señal eléctrica para abrir los inyectores. Como resultado, se inyecta combustible altamente presurizado en el múltiple de admisión. El combustible inyectado es proporcional a la presión del combustible y a la duración de la abertura de los inyectores.



III. Clasificación de la Inyección de combustible

Los sistemas de inyección de combustible se clasifican en tres clases de sistemas. Son clasificados por el método de detectar el volumen de aire de la admisión y por el número y posición de los inyectores. Además de esto, los sistemas de inyección de combustible se clasifican por el tiempo del sistema de inyección.

[1] Diferencias entre la inyección de combustible y el carburador.

El carburador y el sistema de inyección de combustible tienen ventajas y desventajas. Pero ahora, el sistema de inyección tiene ventajas en el control de las emisiones. Además, los clientes están exigiendo mucho más con respecto al consumo de combustible. Además eso, la inyección de combustible para las motocicletas está aumentando y el costo de este sistema está disminuyendo debido a la mayor producción. Como resultado, los modelos con inyección de combustible no sólo están aumentando en las motocicletas grandes, sino también en los modelos pequeños.

	Inyección de combustible	Carburador
Control de la relación de aire-combustible	Puede ajustar A/C por los cambios en las condiciones del motor y del tiempo. 1. Ajuste A/C para cumplir con las emisiones. 2. Aún cuando la temperatura y la presión atmosférica cambien, se ajusta de acuerdo a ello. 3. Si el motor no requiere combustible durante la desaceleración, puede cortar el suministro para ahorrar combustible.	No puede cambiar A/C una vez decididos los ajustes. 1. Necesita un ajuste de carburador apropiado para todas las estaciones. El ajuste debe cubrir varias condiciones. 2. Si el ajuste estándar no puede cubrir todas las condiciones, necesita mecanismo adicionales, como bombas de aceleración, enriquecedores, etc.
El costo	1. Más caro que el carburador debido a los muchos componentes. 2. El número de componentes aumenta y el sistema es complejo.	1. Más barato que la inyección de combustible, pero si requiere mecanismos adicionales, entonces el costo está cerca de la inyección de combustible. 2. El número de componentes es menos y es un sistema simple.
El mantenimiento	El mantenimiento es difícil debido al número de partes y a la complejidad del sistema.	El sistema es simple y fácil de mantener.
Búsqueda de averías	La búsqueda de averías es difícil debido al número de partes. Se necesita conocimiento del sistema.	El sistema es simple y fácil de reparar.

[2] Clases de sistemas de inyección de combustible

La inyección de combustible se clasifica por el método de detección del volumen de aire de la admisión, el método de inyección, la posición del inyector y el tiempo de la inyección.

1. Clasificación por el método de detección del volumen de aire de la admisión

Hay dos sistemas para detectar el volumen de aire de la admisión. Uno, se mide directamente y el otro, indirectamente. El sistema de flujo de masa, mide el volumen del aire de la admisión directamente. La medición indirecta del volumen del aire de la admisión, se hace utilizando la relación con la presión de admisión del múltiple, el ángulo del acelerador y la velocidad del motor. Con estos valores la ECU calcula el volumen de aire.

El sistema de medición indirecta, que usa la presión de admisión en el múltiple, es llamado "Sistema de densidad de la velocidad".

El sistema de medición indirecta, el cual usa el ángulo de aceleración, es llamado "Sistema de velocidad de la aceleración".

En los siguientes párrafos se explican estos sistemas con más detalle.

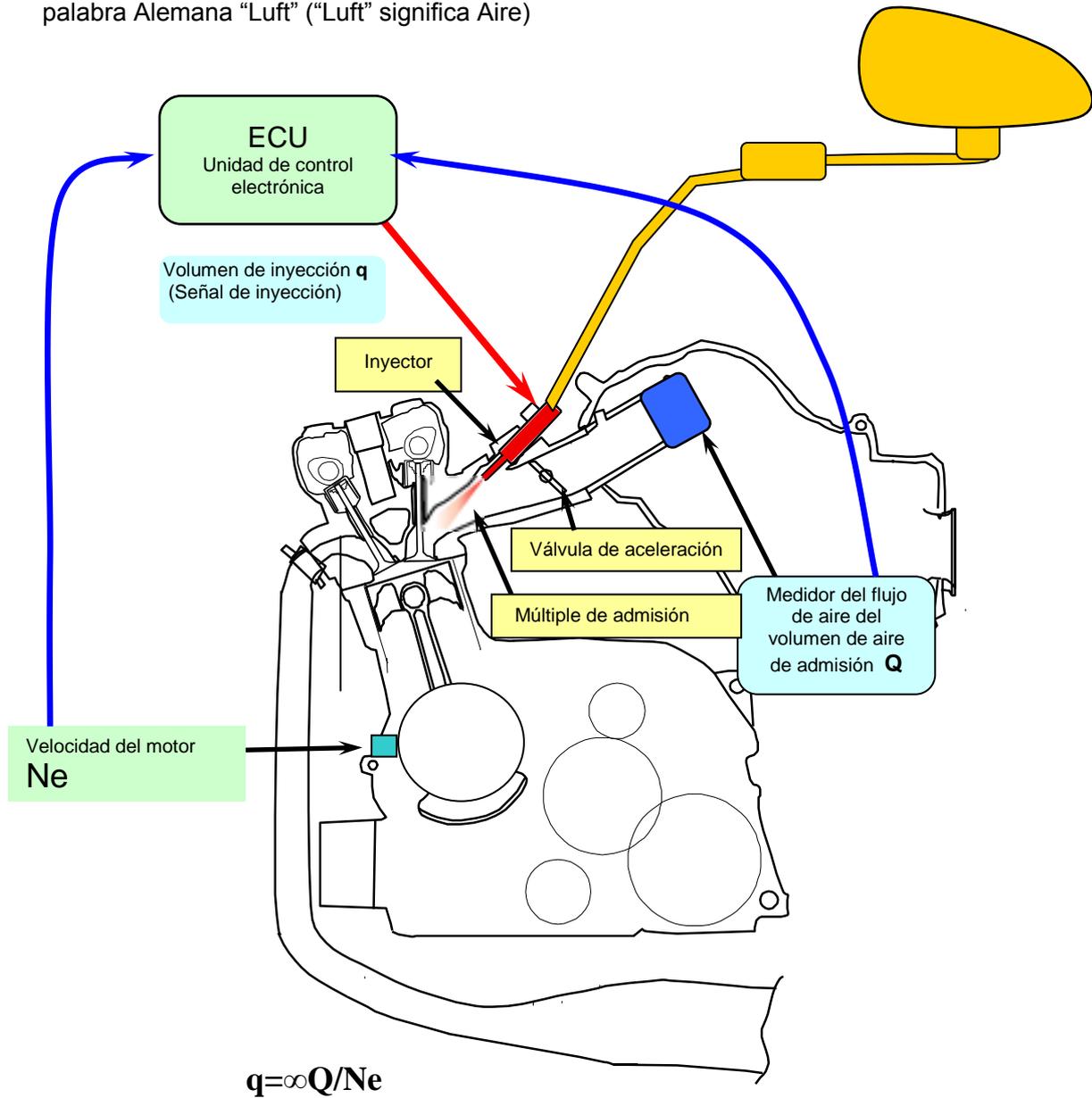
**(1) Sistema de medición directa
(Sistema de flujo de masa)**

Con este sistema, la medición del aire de la admisión es hecha directamente con un medidor de flujo de aire. La relación del flujo de la masa de aire (litr /seg.) es dividida por la velocidad del motor y el flujo de masa de aire se determina para un ciclo. Luego, la ECU calcula la duración de la inyección basada en la masa de aire detectada.

El flujo de la masa de aire es medido directamente y se puede controlar con precisión la relación A/C. También puede adaptarse a las condiciones de cambio del motor debido a la vejez. Así, el sistema de flujo de masa se aplica en países con severos controles de las emisiones.

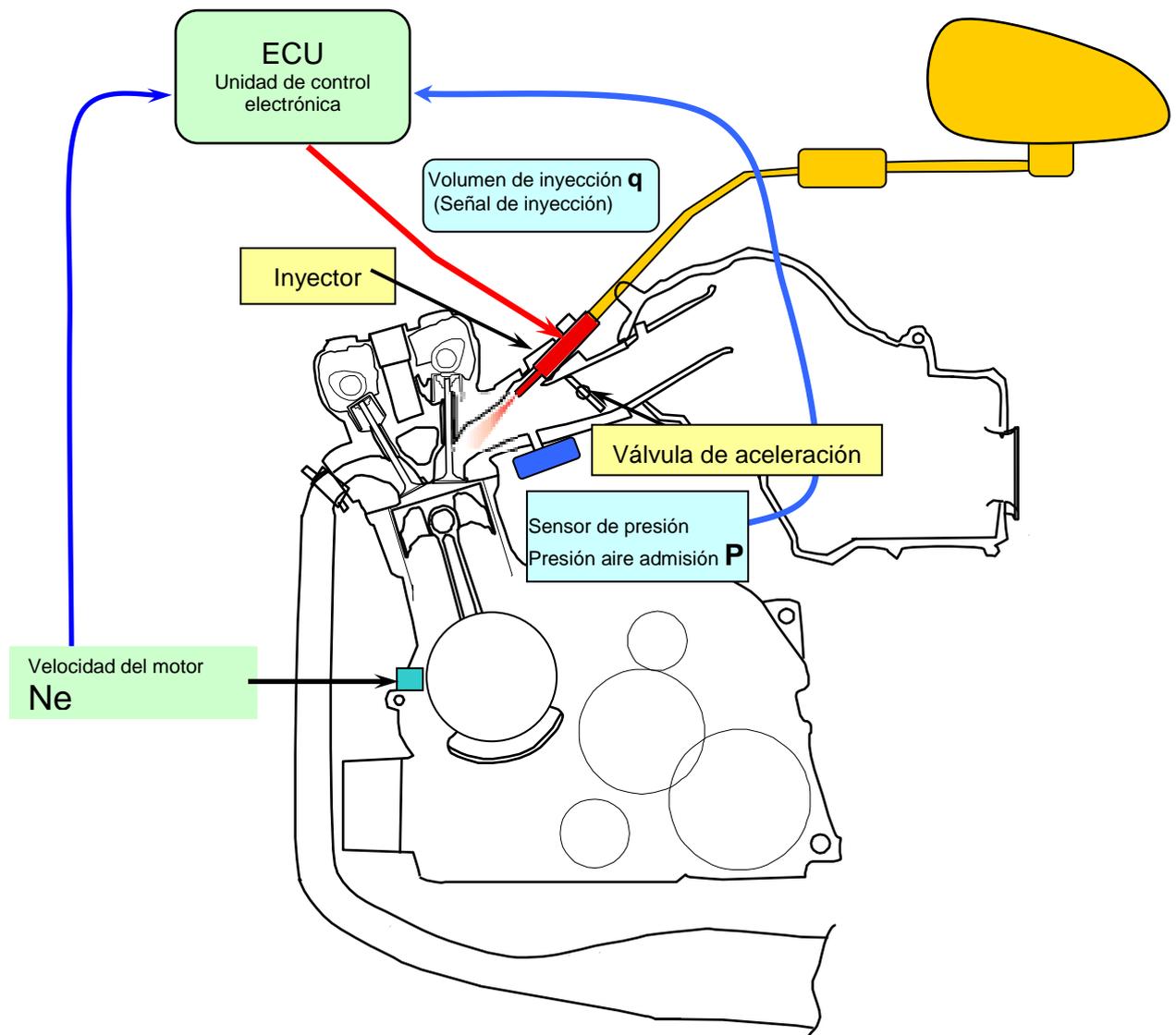
Pero el tamaño del medidor del flujo de aire es grande y es difícil de adaptar en los pequeños espacios disponibles en las motocicletas. Además de eso, el medidor del flujo de aire crea resistencia y disminuye la respuesta. Por este motivo, este sistema no es común en las motocicletas.

La compañía Alemana, Bosch, desarrolló este sistema y lo llamó L-Jetronic, tomado de la palabra Alemana "Luft" ("Luft" significa Aire)



(2) El sistema de medición indirecto (Método de densidad de la velocidad)

El método de la densidad de la velocidad determina el volumen de aire de la admisión desde la presión del aire de la admisión y la velocidad del motor y calcula el volumen de la inyección del combustible de acuerdo a ello (duración de la inyección). Pero el volumen de aire de la admisión simplemente no es proporcional con la presión del aire de la admisión. Por esto, este sistema necesita compensaciones de varios sensores para decidir el volumen exacto de aire. Por otro lado, el sensor de presión del aire de la admisión es más pequeño que el medidor del sistema del flujo de aire. Este sistema de densidad de la velocidad tiene un diseño libre para ser instalado en la motocicleta y no afecta la respuesta de la aceleración. La compañía Alemana Bosch también desarrolló este sistema de densidad de la velocidad. Este sistema se llamó D-Jetronic, debido a la palabra Alemana "Druck Mengemesser" ("Druck" es la palabra Alemana para la Presión).

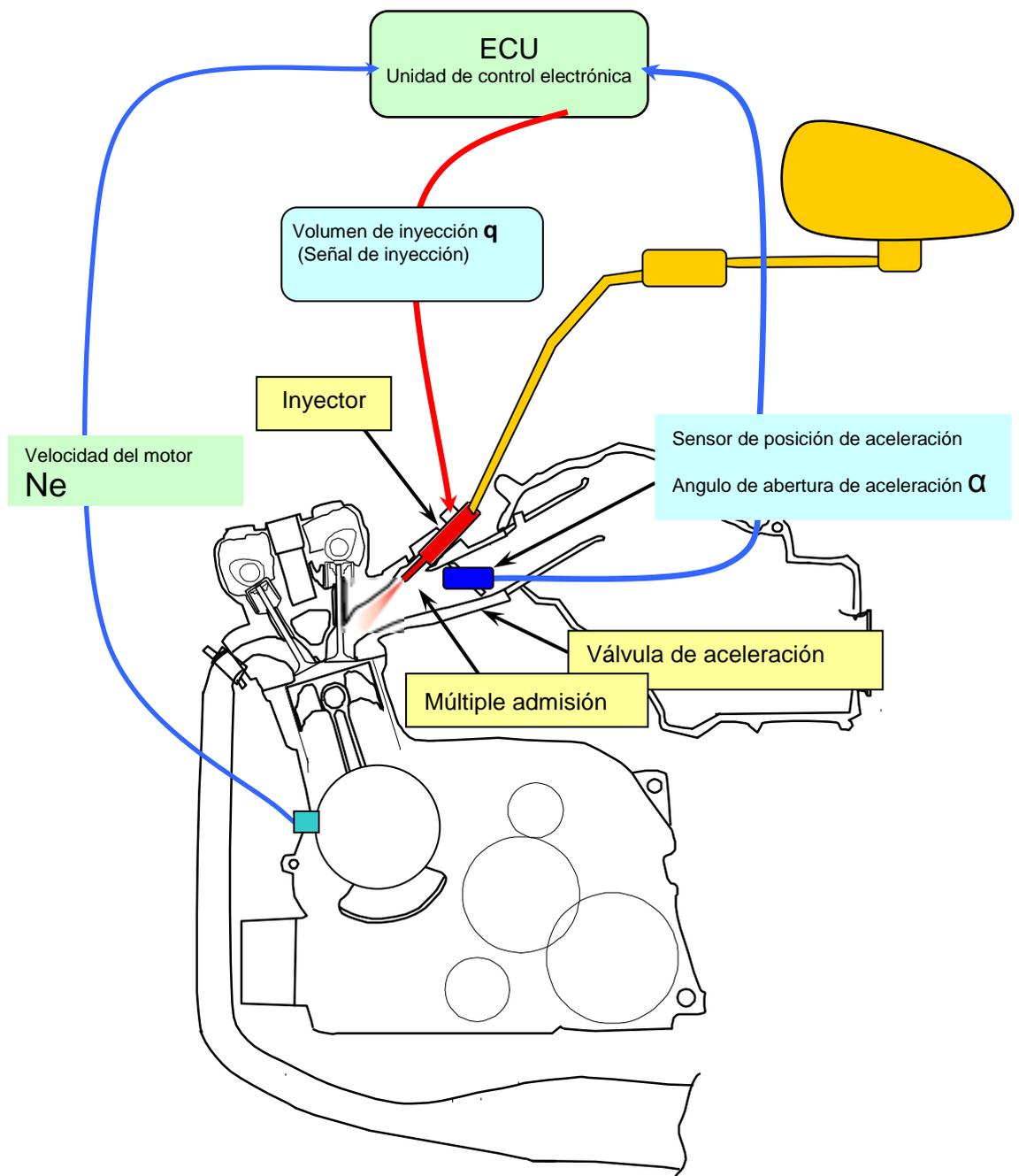


$$q = \propto f(p, N_e) \quad f = \text{Función}$$

(3) El sistema de medición indirecto (El Sistema de Velocidad de aceleración)

El método de velocidad de aceleración determina el volumen de aire de la admisión desde el ángulo de apertura del acelerador y la velocidad del motor y calcula el volumen de la inyección de combustible (duración de la inyección). Este sistema detecta directamente el ángulo de aceleración y da una buena respuesta. Por lo tanto, este sistema es utilizado en motores de alto rendimiento.

Pero el volumen del aire de la admisión simplemente no es proporcional con el ángulo de aceleración, especialmente a baja velocidad. La relación entre el ángulo de aceleración y el volumen del aire de la admisión es más complicada que en el método de densidad de la velocidad. Por lo tanto, el método de velocidad de la aceleración es usado en combinación con otros métodos, como el método de la densidad de la velocidad.

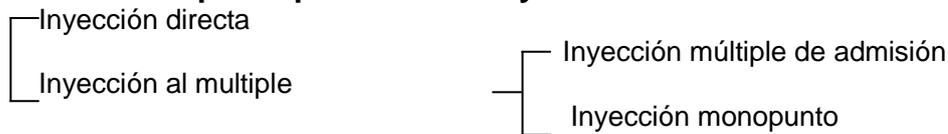


$$q = \alpha f(\alpha, N_e) \quad f = \text{Función}$$

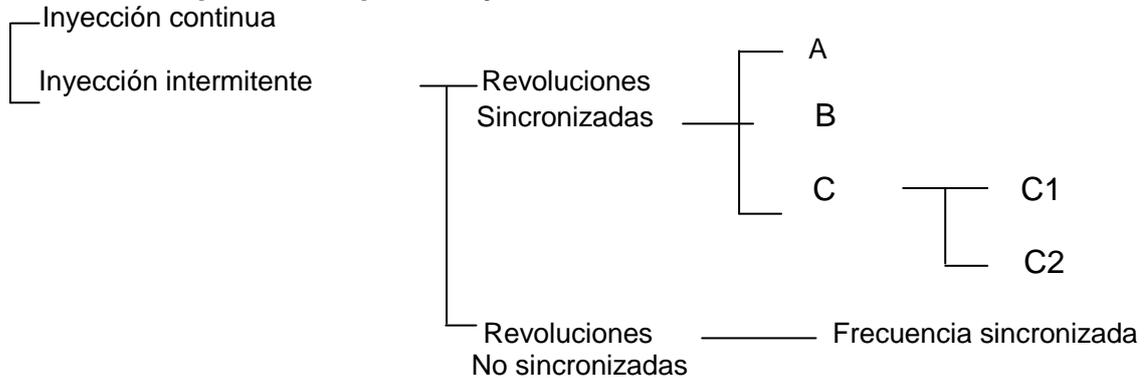
2. Clasificación por el sistema de inyección

Este capítulo explica el sistema de inyección con respecto a la posición del inyector y al tiempo de la inyección.

Clasificación por la posición del inyector



Clasificación por el tiempo de inyección



A: Inyección independiente (inyección directa al cilindro)
Inyección múltiple admisión)

B. Inyección Simultánea de cada revolución
(Sólo inyección al múltiple de admisión)

C. Inyección de grupo
(Solo inyección al múltiple de admisión)
C1. Inyección de dos grupos
C2. Inyección de tres grupos

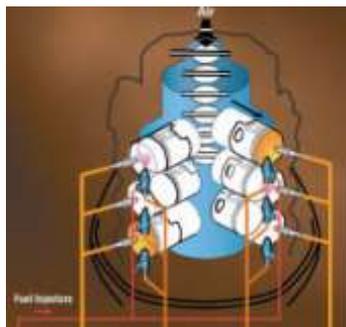
1) Clasificación por la posición del inyector

1) La Inyección directa

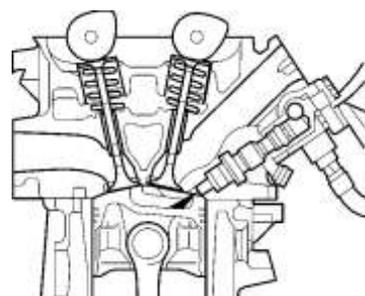
Con un sistema de inyección directa, el combustible es inyectado directamente dentro del cilindro. Este sistema puede lograr mezclas pobres y mejorar las emisiones y el consumo de combustible. Pero el inyector está ubicado en la cámara de combustión y siempre está expuesto a altas temperaturas y altas presiones. Por lo tanto, el inyector debe resistir estas severas circunstancias. Además de eso, la culata necesita espacio para el inyector y en vez de una bomba normal, se requiere una bomba de alta presión.

El costo de este sistema es alto y no es muy común para las motocicletas. Yamaha aplicó este sistema de inyección directa HPDI (Inyección Directa de Alta Presión) para la serie V-MAX de motores fuera de borda para conseguir un buen consumo de combustible y mejores emisiones.

El fabricante de automóviles Mitsubishi, aplicó un sistema de inyección directa para sus motores GDI y Toyota tiene un sistema de inyección directa en sus motores D-4.



H.P.D.I (V-MAX)



Motor Toyota D-4

2) Inyección al múltiple

Con los sistemas de inyección al múltiple, el combustible se inyecta en el múltiple, similar a los sistemas del carburador. El inyector se localiza en una posición más fresca y no expuesto a las altas temperaturas y altas presiones. Como resultado de eso, hay más libertad para diseñar la culata del cilindro.

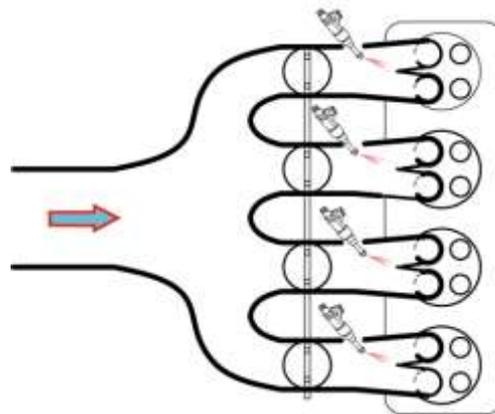
Hay dos sistemas en el caso de los motores multi-cilíndricos. Uno, es equipar cada cilindro con un inyector. Este sistema se llama inyección multipunto.

El otro sistema equipa un inyector para todos los cilindros, ubicado antes de la válvula de aceleración. Este sistema se llama inyección monopunto.

Inyección multi-punto

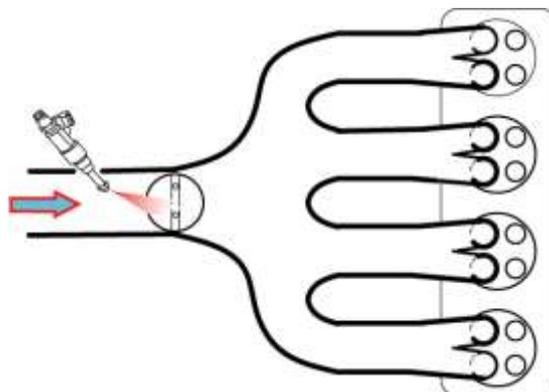
Cada cilindro tiene su propio inyector. Por lo tanto, el inyector puede inyectar la cantidad adecuada de combustible que es requerida por cada cilindro. Por consiguiente, este sistema puede controlar y realizar un mejor rendimiento y mejores emisiones.

Este sistema necesita sistemas de control, inyectores y circuitos de manejo para cada cilindro. Por lo tanto, su costo es alto comparado con la inyección monopunto.



Inyección monopunto

Este sistema tiene un inyector para todos los cilindros. Este sistema es simple y hay sólo un número pequeño de partes. Como resultado, el costo es bajo comparado con la inyección multipunto. Sin embargo, la distribución del aire de la admisión para cada cilindro no es igual y necesita un diseño complicado para reducir las diferencias del flujo de aire para cada cilindro.



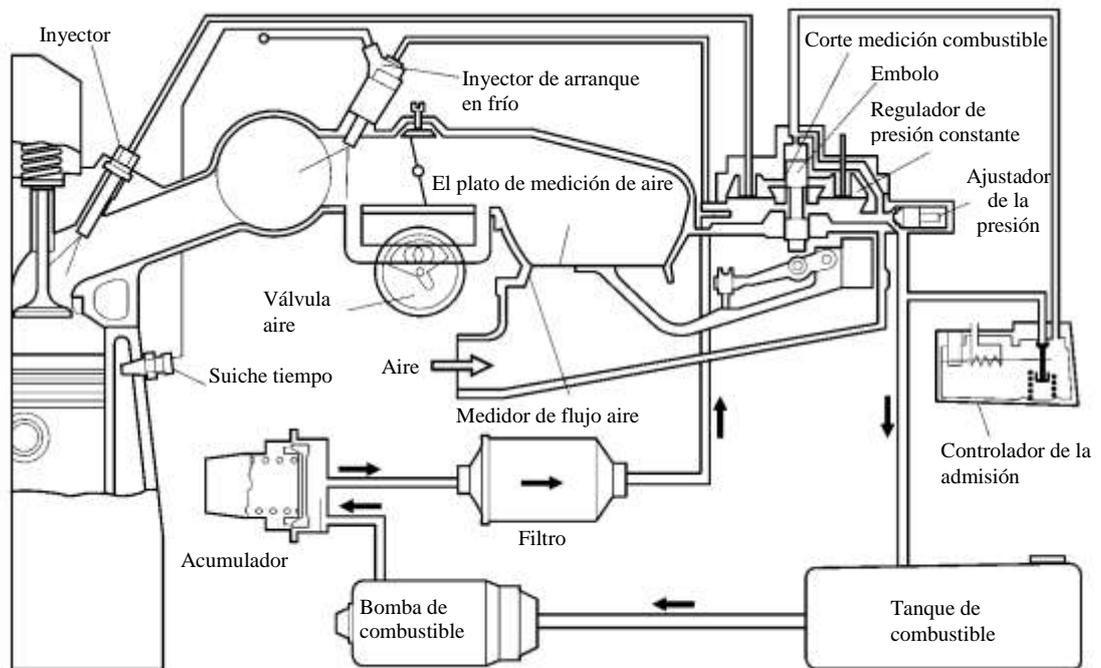
2) Clasificación por el tiempo de inyección

1) La Inyección continua

Con sistemas de inyección continua, el inyector suministra combustible justamente como los sistemas de carburadores. El inyector no se abre y cierra cada ciclo.

La inyección continua fue desarrollada por Bosch. Este sistema es llamado K-Jetronic ("Kontinuierlich Einspritz", es la palabra Alemana para la "inyección continua").

El aire de la admisión empuja el plato de medición y controla el flujo de aire. Esta es una clase del tipo de flujo de masa.



2) La Inyección intermitente

Con un sistema de inyección intermitente, el inyector abre y cierra cada ciclo y el combustible es inyectado en sincronización con las carreras del motor.

Hay tres tipos para la sincronización.

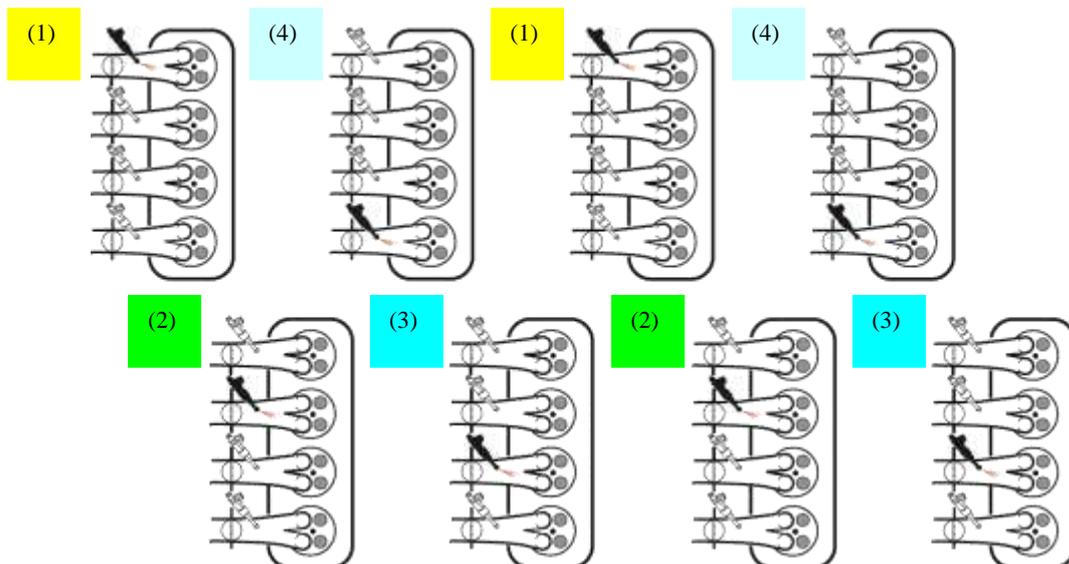
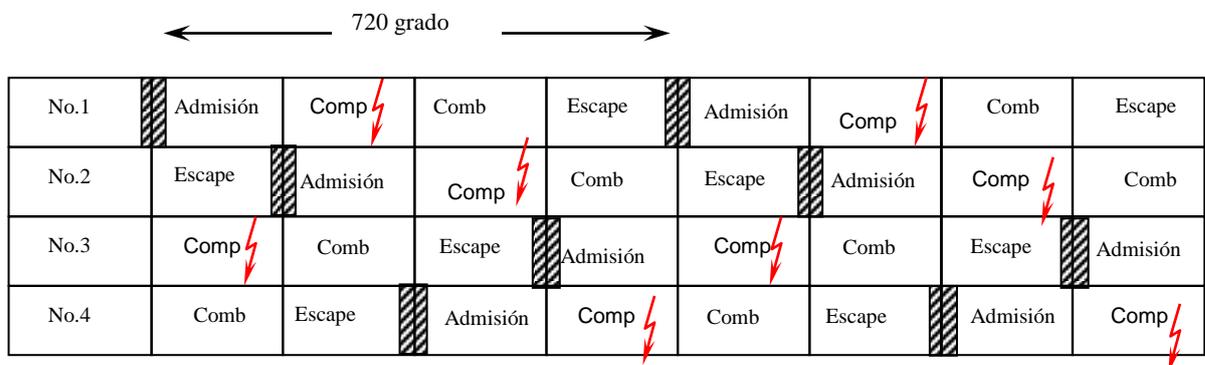
En un tipo, todos los inyectores inyectan al mismo tiempo. En otro tipo, los inyectores están divididos en dos o tres grupos, según la secuencia de la combustión e inyectan el combustible simultáneamente a cada grupo. En el último tipo, cada inyector inyecta el combustible independientemente según la secuencia de la combustión.

A. Inyección Independiente (inyección secuencial)

Con la inyección independiente el combustible puede inyectarse en el volumen y tiempo más conveniente para cada cilindro, como es requerido en cada ciclo.

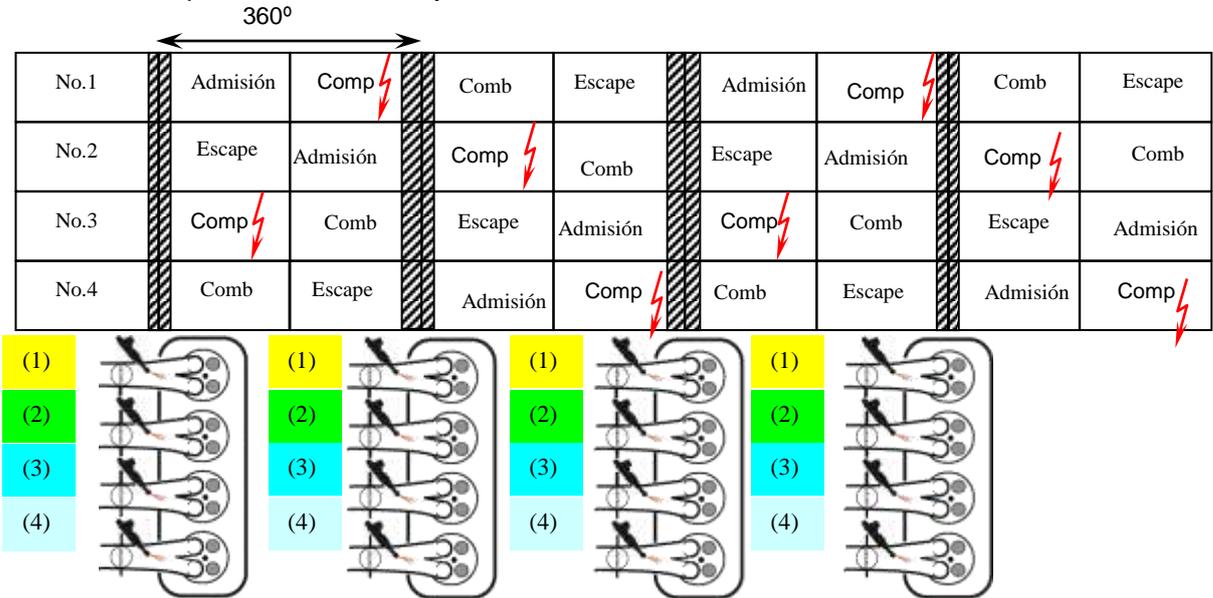
A/C se controla tan óptima como sea posible y como resultado, el rendimiento, el consumo de combustible y las emisiones se mejorarán.

Este sistema requiere un sistema de identificación de los cilindros y un completo control de los inyectores. Esto incrementa los factores de control y el número de partes. Por lo tanto, el peso y el costo se incrementan.



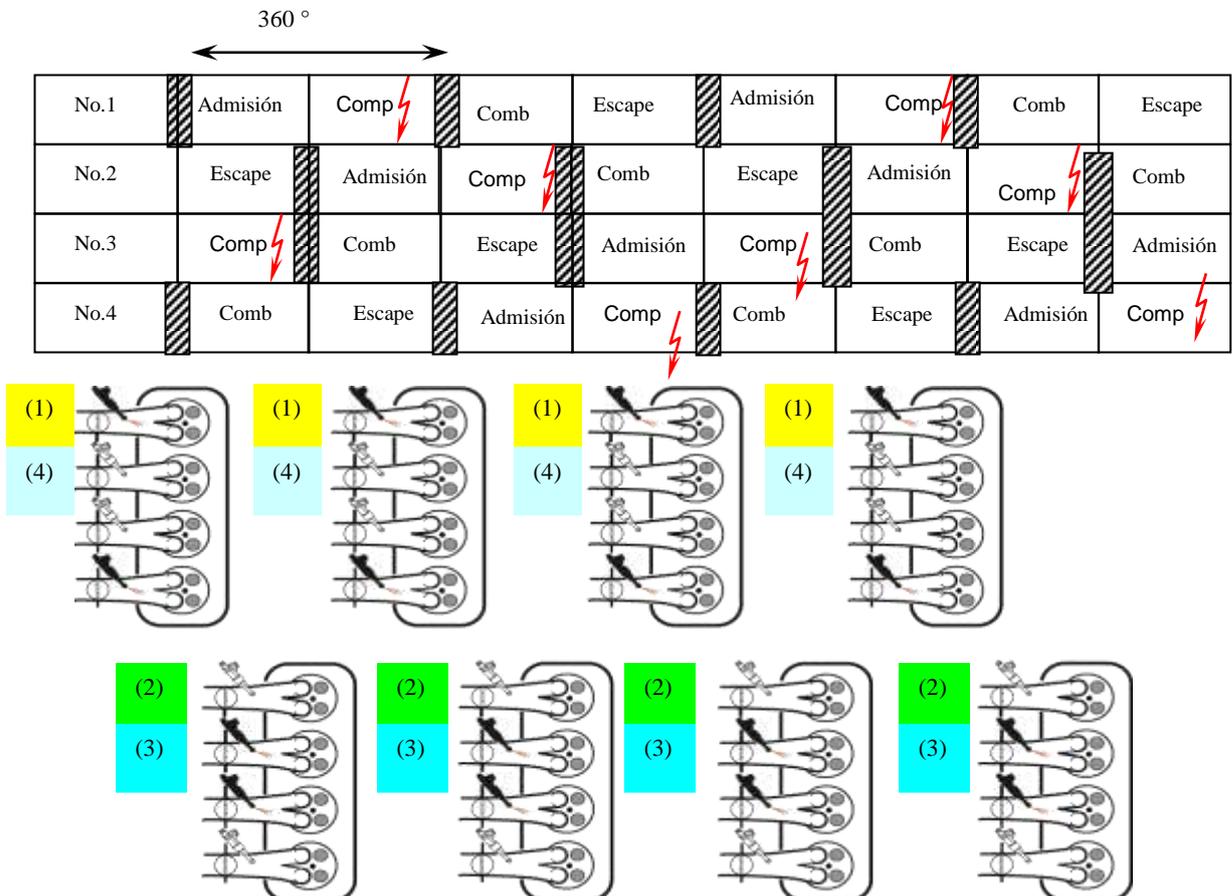
B. La Inyección simultánea de cada revolución

Este sistema, no requiere identificación del cilindro y en este sistema, sólo un circuito conductor del inyector puede manejar todos los inyectores de los cilindros. Este sistema es simple y el costo es bajo. Pero en este sistema el inyector necesita inyectar dos veces en un ciclo de 720 grados. A altas velocidades del motor es difícil, con este sistema, tener suficiente tiempo de cierre de la inyección.



C. La Inyección de grupo

Con el sistema de inyección de grupo, se requiere identificación del cilindro, pero el circuito conductor del inyector es la mitad, comparado con la inyección independiente. Además, el nivel de control no es el mismo que el de la inyección independiente, pero es mejor que el de la inyección simultánea. A altas velocidades del motor es difícil, con este sistema, tener suficiente tiempo de cierre de la inyección.



Presión de la inyección de combustible

En el sistema de inyección de combustible, se suministra combustible altamente presurizado a los cilindros cuando el inyector se abre. El volumen de la inyección es directamente proporcional a la duración de la abertura del inyector y a la presión del combustible. La bomba de combustible genera alta presión, lo que es llamado, "presión del combustible".

El sistema de inyección de combustible de Yamaha, aplica una presión de combustible de 250 kpa a 350 kpa, para cada sistema de inyección (la presión exacta depende de cada modelo). La alta presión de combustible puede suministrar más combustible en un cierto periodo de tiempo que la baja presión de combustible. Esto da como resultado la aplicación de inyectores más pequeños. Recientemente se está utilizando una más alta presión de combustible, debido a que tiene ventajas con relación al cierre de vapor y a la estabilización del suministro de combustible.

Pero la bomba de combustible de alta presión consume más electricidad. Además, los tubos de suministro y otros componentes necesitan una construcción fuerte y de gran confiabilidad para resistir estas altas presiones.

Si la presión de combustible cambia, el volumen de la inyección también cambiará de acuerdo a ello.

Por este motivo, se aplicó al sistema de combustible un regulador de presión y un amortiguador de pulsaciones, para estabilizar la presión del combustible.

IV. Mecanismo de la Inyección electrónica de combustible

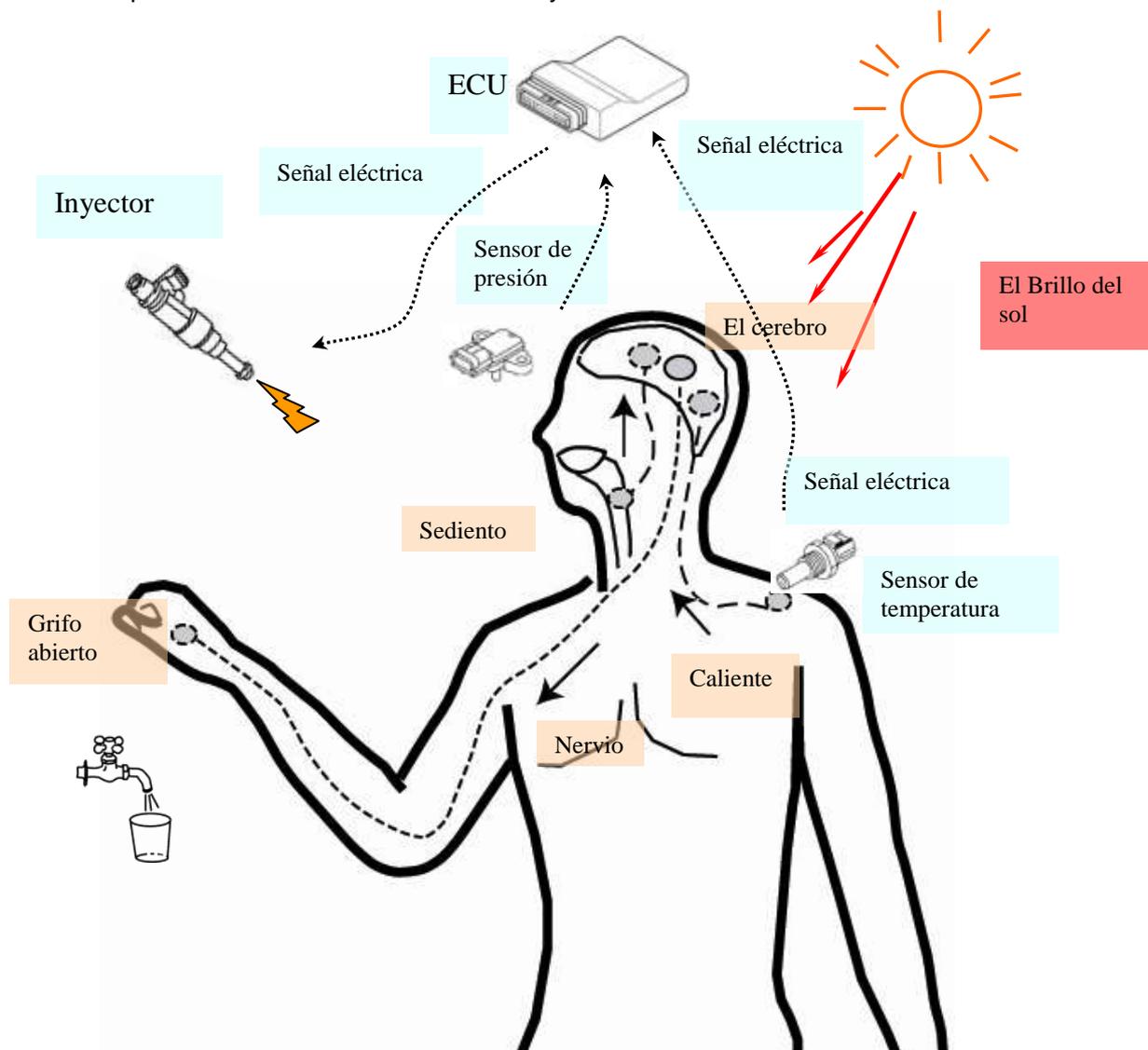
El sistema y los componentes

Es importante entender el sistema entero antes de estudiar cada componente y su función. Un sistema, como el sistema de inyección de combustible, no es muy diferente al sistema del “ser humano”. Así que nosotros podemos comparar nuestro cuerpo con un sistema de inyección electrónica de combustible.

Por ejemplo, los seres humanos beben más agua en los días de verano muy calientes. Durante un sol fuerte, usted se sentirá caliente y sediento. Sintiendo así, enviará la información a su cerebro a través de sus nervios. Después de recibir esta información, su cerebro decide beber el agua. Su cerebro enviará una señal a su mano y su mano abrirá el grifo de acuerdo con este requerimiento. Entonces usted puede beber el agua que usted pidió originalmente.

Su piel y su garganta sienten la temperatura y la sed y actúan como sensores. Su cerebro es la ECU, que recibe y envía las señales. Sus nervios son el cableado eléctrico y el grifo que suministra el agua, es el inyector

El papel de la ECU, que es similar al trabajo del cerebro, se explica en este capítulo. Luego se explicará la función de los actuadores y sensores.



Veamos el sistema de inyección electrónica de combustible

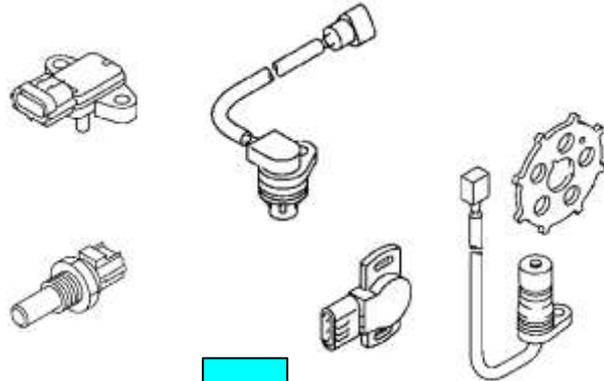
[1] El flujo de Control de la ECU

El computador (Unidad de Control Eléctrica) no puede activar el sistema por sí sólo, así como el cerebro no puede hacer nada si no tiene una relación con el cuerpo y los nervios. El sistema tiene que trabajar con las señales entrantes para juzgar y tiene señales de salida para activar los actuadores consecuentemente.

En un sistema de inyección de combustible, varios sensores envían señales a la ECU. Luego, la ECU envía señales para controlar varios actuadores, inyectores, solenoides, y motores. Esta actividad es realizada por señales eléctricas a través de cables eléctricos y todos los componentes relacionados trabajan juntos como el sistema de inyección electrónica de combustible.

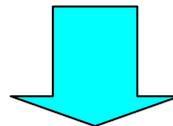
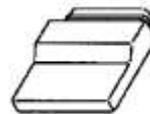
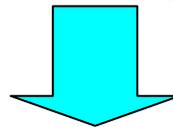
Los sensores

Los sensores envían las señales eléctricas a la ECU para controlar. Las señales son: revoluciones del motor, posición del cigüeñal, presión de admisión, presión atmosférica, agua, temperatura atmosférica, etc.



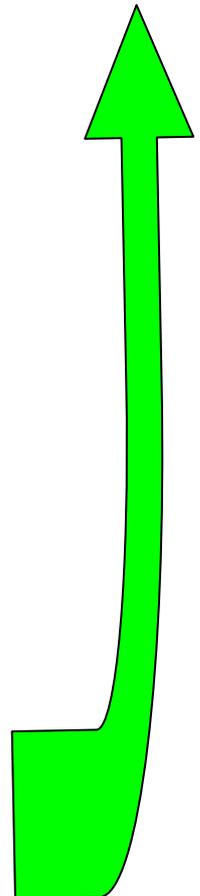
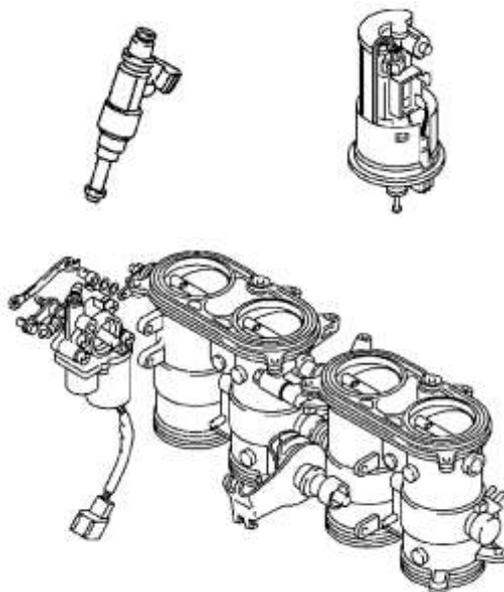
LA ECU

La ECU convierte señales análogas en señales digitales entendibles para el computador. El computador detecta las condiciones del motor por estas señales. Basado en estas señales el computador calcula la duración de la inyección de combustible y el tiempo. Luego envía señales a cada actuador incluyendo los inyectores y así, maneja el control del motor.



Los Actuadores

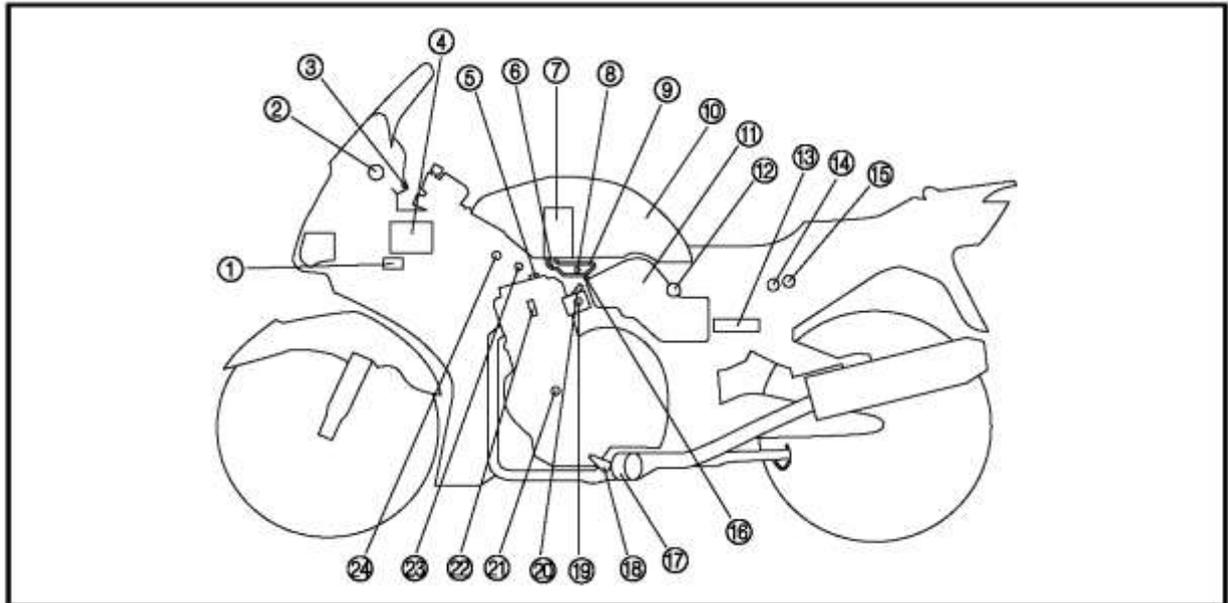
Los actuadores reaccionan a las señales de la ECU y alimentan el combustible al motor y también controlan el flujo de aire. Después de que los actuadores estén trabajando, las condiciones del motor cambiarán. Estas condiciones de cambio retroalimentan la ECU a través de los sensores y la ECU controla el motor continuamente.



[2] Componentes del sistema de inyección de combustible

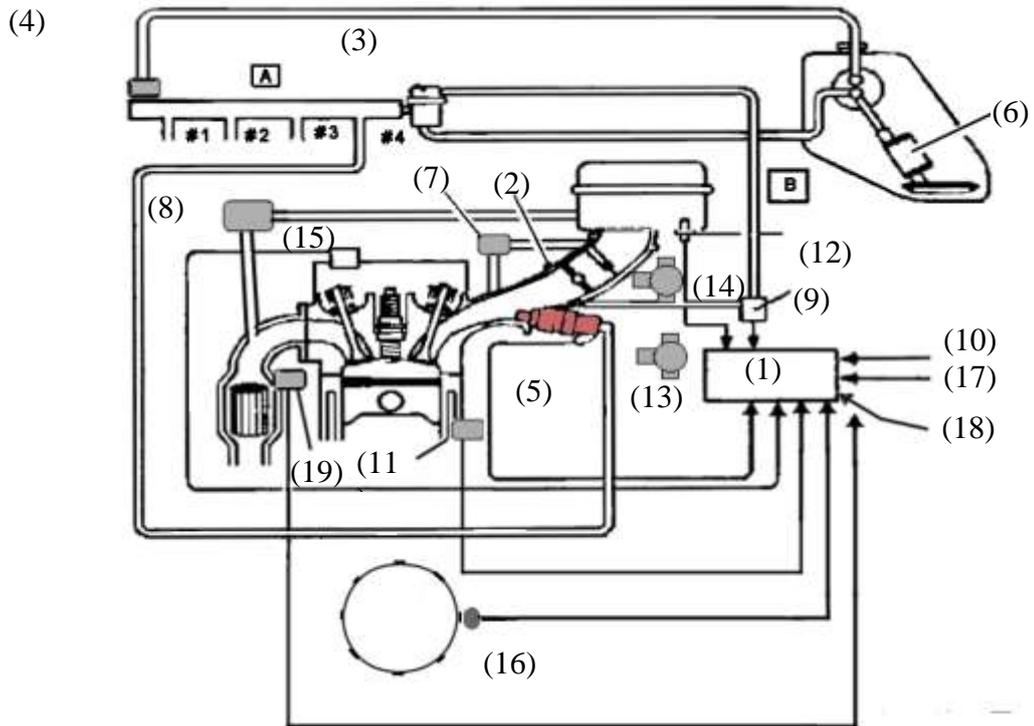
Ejemplo

* Este es uno de los ejemplos. Cada modelo está provisto con los componentes necesarios, a veces menos y a veces más.



- | | |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Bobina de encendido | 13. ECU |
| 2. Relé del sistema de inyección | 14. Sensor del ángulo de inclinación |
| 3. Luz de advertencia del motor | 15. Sensor de la presión atmosférica |
| 4. Batería | 16. Regulador de presión |
| 5. Sensor de identificación del cilindro | 17. Convertidor catalítico (catalizador) |
| 6. Manguera de retorno del combustible | 18. Sensor de O2 |
| 7. Bomba de combustible | 19. T.P.S. (sensor posición acelerador) |
| 8. Sensor de presión de la admisión | 20. Inyector de combustible |
| 9. Manguera de suministro de combustible | 21. Sensor de posición del cigüeñal |
| 10. Tanque de combustible | 22. Bujía |
| 11. Caja del filtro de aire | 23. Sensor temperatura del agua |
| 12. Sensor de temperatura del aire de admisión | 24. Válvula de corte de aire |

[3] Diagrama del Sistema de Inyección de Combustible

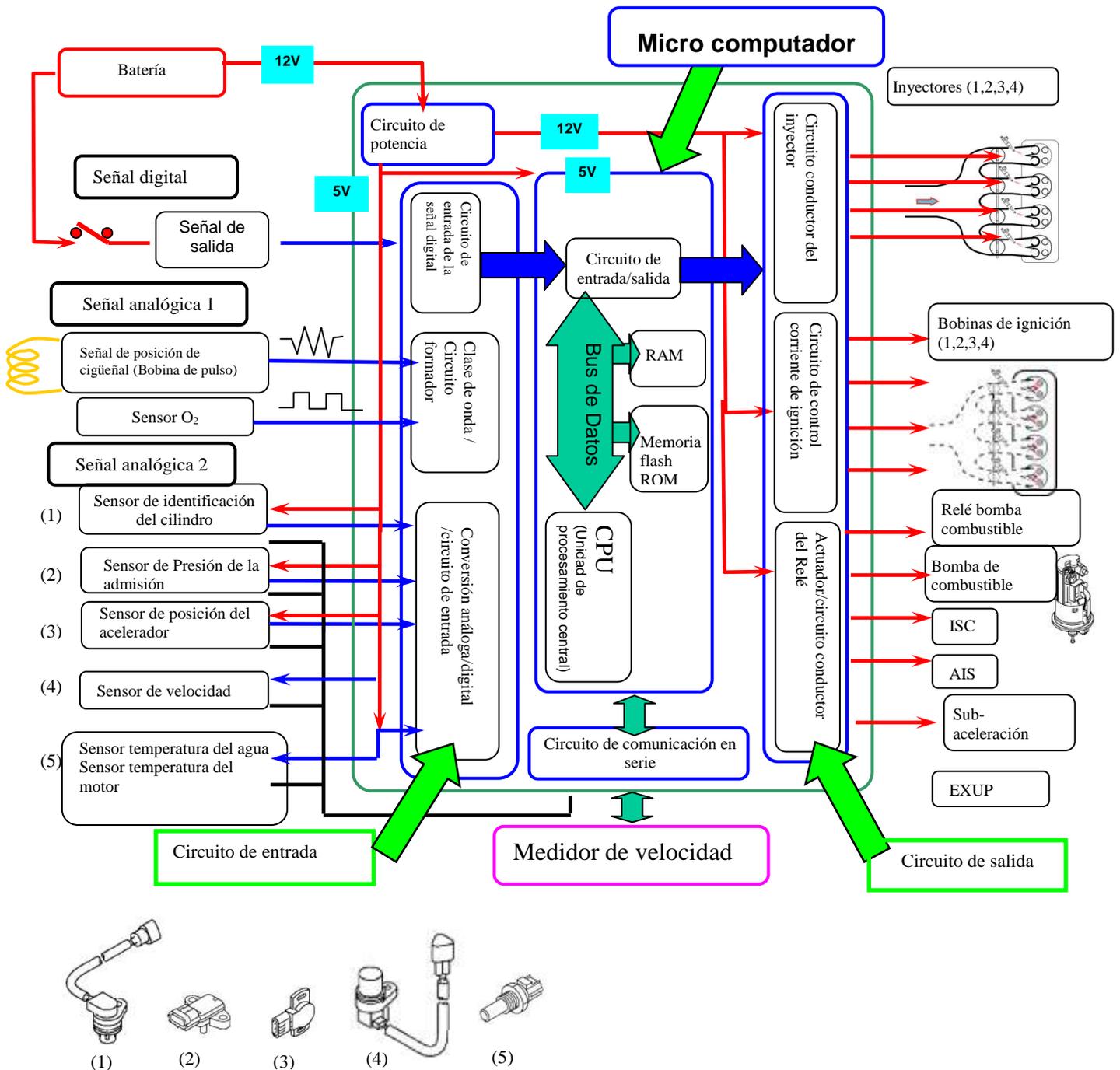


			COMPONENTE	FUNCIONAMIENTO (PROPOSITO)
A	El grupo de control	1	ECU	Control del sistema de la inyección y del tiempo de encendido
	Detectan las condiciones del motor a través de las señales de los sensores. Luego, envían señales a los actuadores para realizar un óptimo manejo del motor y control del aire y del combustible.	2	Cuerpo del acelerador	Control del flujo de aire de la admisión (potencia)
		3	Regulador de presión	Control de la presión
		4	Amortiguador de pulsaciones	Estabilizar la presión del combustible
B	Grupo de actuadores	5	Inyector	Inyectar combustible
	Suministro y control de aire y combustible por las señales recibidas desde la ECU.	6	Bomba de combustible	Presurizar el combustible
		7	Válvula de control del ralentí	Control del ralentí (volumen de aire)
C	Grupo de sensores	8	Sistema de válvula de inducción de aire	Control del aire secundario del sistema de escape
	Envían señales a la ECU, las cuales se necesitan para el control del sistema de inyección de combustible.	9	Sensor de presión de la admisión	Detección de la presión del múltiple de admisión
		10	Sensor de presión atmosférica	Detección de la presión atmosférica
		11	Sensor temperatura del agua o del motor	Detección de la temperatura del agua o del motor
		12	Sensor del acelerador	Detección de la apertura del acelerador
		13	Detección de la apertura del acelerador	Detección de la apertura del sub-acelerador
		14	Sensor de identificación del cilindro	Detección de la carrera de cada cilindro
		15	Sensor de posición del cigüeñal	Detección de las rpm del motor y de la posición del cigüeñal
16	Sensor de velocidad	Detección de la velocidad de la motocicleta		
17	Sensor del ángulo de inclinación	Detección de la inclinación de la motocicleta		
18	Sensor de O ₂	Detección de la densidad del oxígeno		

[4] Mapa de Imagen de la ECU

ECU quiere decir la Unidad de Control electrónica y no sólo controla el sistema de inyección de combustible, sino que también controla totalmente la ignición, el EXUP y el AIS. La ECU puede compararse con el cerebro del ser humano como se mencionó antes.

La siguiente figura es el concepto de la ECU.



[5] Las Funciones de la ECU

La ECU está dividida en 3 circuitos principales.

1. Señal del circuito de Entrada/Salida

El computador de la ECU no puede usar muchas señales del motor directamente, debido a que el computador funciona con un sistema binario; 0 ó 1 / ON o OFF. Por lo tanto, una función convierte muchas señales análogas del motor en señales digitales, para que el computador pueda procesar esta información y controlar el motor.

Por esto, la ECU tiene un circuito de entrada para convertir las señales análogas en señales digitales.

La ECU recibe dos clases de señales, digitales y análogas. Además de eso, la ECU recibe dos clases de señales análogas.

La ECU recibe generalmente una señal de 12 V, y puede ser de 0 V, cuando el conductor presiona el botón de arranque. Otras señales digitales son por ejemplo, el suiche del soporte lateral y el suiche de la neutra.

Algunos sensores generan señales por ellos mismos. Una bobina de pulso genera una señal de posición del cigüeñal y un sensor de oxígeno genera señales de riqueza o pobreza después de verificar las emisiones. El circuito de entrada recibe una señal en forma de onda y la convierte en una señal digital, la cual si puede ser usada por la ECU.

El sensor de presión de la admisión, el sensor de posición del acelerador, el sensor de identificación del cigüeñal y el sensor de velocidad reciben 5 V de la ECU y la ECU detecta el voltaje de retorno desde los sensores, los cuales pueden estar entre 1 V y 4 V.

Los termo-sensores reciben 5 V de la ECU y cambian sus resistencias si la temperatura está cambiando. De acuerdo con este cambio en la resistencia, la ECU detecta el voltaje terminal de la línea dividida del suministro de potencia del termo-sensor. Así, los cambios de resistencia son reconocidos por la ECU como cambios de temperatura.

De este modo, todas las señales son convertidas de análogas a señales digitales en el circuito de entrada de la ECU y pueden ser enviadas al microcomputador

2. El microcomputador

El Microcomputador está compuesto por la CPU (unidad de procesamiento central) y contiene varias memorias. Es activado por 5 V como la mayoría de los computadores. El microcomputador recibe las señales y la CPU calcula el volumen y el tiempo de la inyección, basada en los datos ROM (leer sólo memoria), con lo cual se logra un óptimo control del motor. La CPU también envía muchas señales a los actuadores para activarlos. Los actuadores son: los inyectores, bobinas de encendido, bomba de combustible, relé de la bomba de combustible, el ISC, el AIS, motor de la válvula del sub-acelerador y el EXUP.

Los datos necesarios para controlar el sistema, están almacenados en la ROM y están protegidos contra los cortes de electricidad.

Los datos de algunos sensores, cuando el motor está funcionando, están almacenados en la RAM (memoria de acceso al azar). La memoria para estos datos se necesita para el control. La CPU lee estos datos cuando es necesario hacer los cálculos.

Los datos RAM se pierden cuando se corta el suministro de energía, así que los datos necesarios para el próximo control, se almacenan en la flash RAM. La CPU lee los datos RAM tan pronto como sea necesario cuando se realiza la próxima operación.

3. Circuito de salida

Las señales internas usadas por el computador tienen una corriente muy pequeña. Un computador sólo puede generar señales con corrientes muy pequeñas y estas señales no pueden activar los actuadores. Por este motivo, un circuito de interruptores compuesto por transistores, produce la corriente eléctrica suficiente, como señal de salida para cada actuador.

4. Circuito suplementario

(1) Circuito de Suministro de energía

El circuito de suministro de energía convierte el voltaje de 12V a 5 V, lo cual se requiere para activar el computador y los sensores. También tiene el papel de suministrar electricidad al circuito de salida para activar los actuadores.

(2) Circuito de comunicación

La comunicación se requiere entre la ECU el indicador de velocidad, porque la ECU y el indicador de velocidad siempre se comunican para indicar los datos del motor, como la velocidad del motor, la temperatura del agua y los diagnósticos. El circuito de comunicación envía los datos entre la ECU y el indicador de velocidad.

(3) Otros

Los microcomputadores que trabajan en el sistema de inyección de combustible son activados por señales de corriente muy pequeñas.

Por este motivo, los ruidos de las ondas de radios alrededor podrían interferir con el control de los microcomputadores.

Las motocicletas tienen ruidos de ondas de radio generados por ella misma, como el ruido de la ignición producido por la bujía.

Por este motivo, los modelos con inyección de combustible están equipados con bujías con resistor.

Si se generan ondas de radio muy fuertes, como las ondas ilegales CB, cerca del sistema de inyección, este ruido puede llegar al microcomputador e interferir con el control. Si un cliente desea instalar accesorios que puedan generar ondas de radio, debe ubicarlos lo más lejos posible del sistema eléctrico de la motocicleta.

[6] El inyector

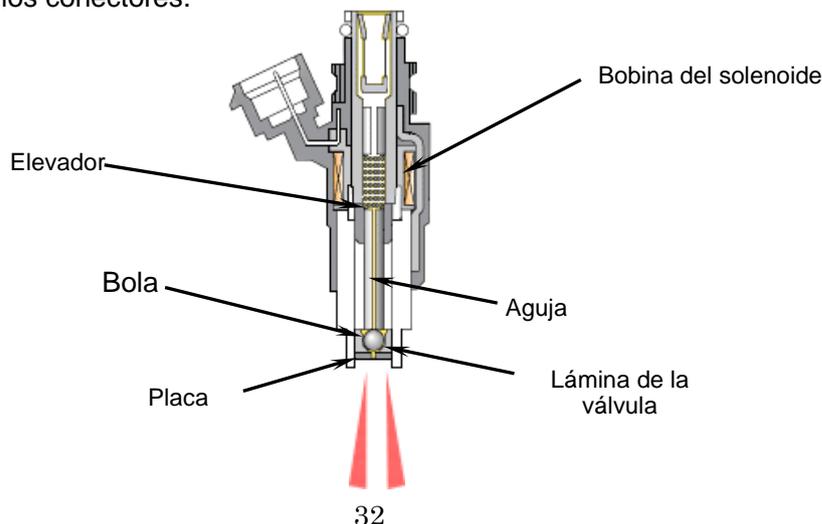
El inyector está instalado en el múltiple de admisión e inyecta combustible altamente presurizado basado en una señal enviada por la ECU. El inyector convierte una señal eléctrica para inyectar volumen y atomizar la gasolina para que se mezcle con el aire y se alcance una buena combustión. La ECU envía una corriente a la bobina del solenoide del inyector, entonces, el núcleo es empujado hacia arriba y la aguja que está sujeta al núcleo, también sube. La válvula de aguja se mueve completamente hasta que la brida de la aguja alcance el separador. El combustible ahora puede pasar por la parte de la aguja y los orificios de inyección, en forma atomizada, gracias a la alta presión del combustible.

El volumen de inyección es proporcional a la duración de la inyección y a la presión del combustible generada por la bomba de combustible.

Si la presión de combustible aumenta, el volumen de la inyección aumenta también, incluso si la duración de la inyección es la misma. Si la presión del combustible disminuye, el volumen de la inyección también disminuye, incluso si la duración de la inyección todavía es la misma.

Un inyector es una pieza muy precisa y es fabricada bajo un estricto control de calidad para evitar cualquier tipo de impureza durante la producción.

Los mecánicos deben manipular los inyectores con mucho cuidado, incluyendo los tubos de combustible y los conectores.



1. Inyectores para motocicletas

Los inyectores para las motocicletas requieren una demanda más severa en sus características comparados con los inyectores para automotores. Las diferencias son mencionadas en este párrafo.

(1) Desplazamiento (cilindrada)

El desplazamiento de los motores de los automóviles está entre 1 y 2 litros y el desplazamiento de los motores de las motocicletas está entre 0.05 y 1 litro.

Si el volumen del aire de la admisión es proporcional al desplazamiento, entonces el volumen del aire de la admisión de las motocicletas es 1/20 comparado con el de los automóviles, ya que el desplazamiento mínimo de una motocicleta es de 50 cc y el de un automóvil es de 1000 cc.

Si el inyector de una motocicleta no puede controlar el volumen del flujo del combustible de 1/20 comparado con el de un automóvil, entonces el motor no puede alcanzar la relación A/C requerida para realizar una combustión eficiente.

(2) Revoluciones

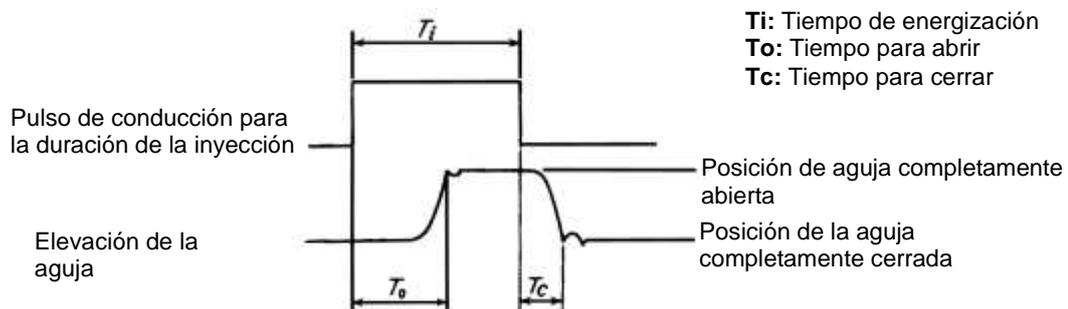
Además, las revoluciones del motor son diferentes. Las revoluciones del motor de un automóvil están entre 800 y 6.000 rpm y en el caso de una motocicleta las revoluciones están entre 1.200 y 13.000 rpm. Así, las revoluciones máximas del motor de una motocicleta pueden ser el doble que las revoluciones en un automóvil.

Si el volumen del aire de la admisión es proporcional a la velocidad del aire de la admisión, entonces, el inyector de una motocicleta debe suministrar el doble de combustible comparado con el inyector de un automóvil.

Esto significa que la función del inyector de la motocicleta es diferente comparado al inyector de un automóvil. El inyector de una motocicleta debe inyectar una muy pequeña y precisa cantidad de combustible durante el ralentí y una gran cantidad de combustible durante las revoluciones altas del motor.

2. Solenoide

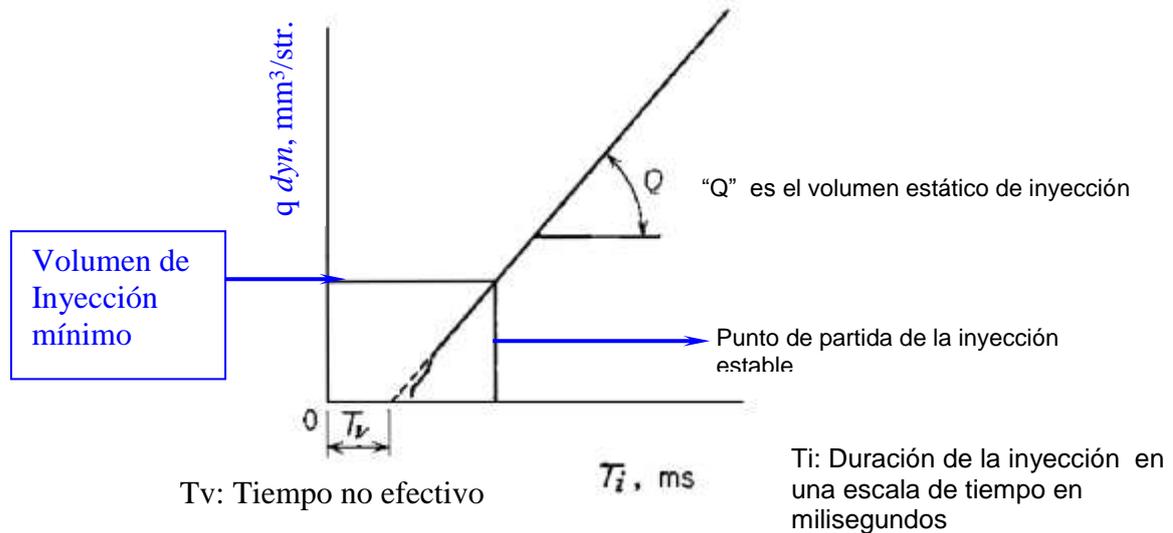
Un solenoide es una bobina y su carácter eléctrico es el mismo que el de una bobina de encendido. Después de que el solenoide reciba un pulso de conducción, el campo magnético y la inducción no pueden generarse inmediatamente. Además de eso, el núcleo y la aguja no se mueven inmediatamente, debido a la inercia de la aguja. La aguja no cierra los orificios inmediatamente al final de la duración de la inyección cuando el pulso de conducción se ha parado. Se necesita algún tiempo para abrir y cerrar los orificios de inyección debido a la inercia de la aguja.



Esta figura indica la reacción de la aguja en el inyector. La aguja se levanta unos momentos después de que el pulso de conducción se ha enviado al inyector. La aguja se cierra unos momentos después de que el pulso de conducción también ha terminado. Después de que la aguja esté totalmente abierta o cerrada, se necesita algún tiempo para que se estabilice.

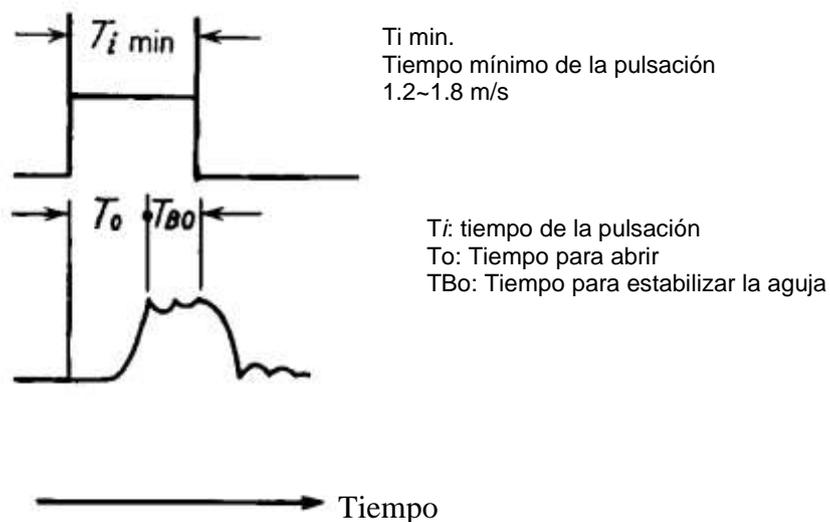
3. Carácter de la Inyección básica

La ECU calcula el volumen de inyección necesario y el tiempo para la inyección del inyector. La duración de la inyección se expresa como T_i (en una escala de tiempo de milisegundos en la inyección de combustible). El solenoide del inyector genera un campo magnético y empieza a subir la aguja, pero la aguja no se mueve inmediatamente. Después de comenzar el pulso de conducción de la duración de la inyección, se requiere algún tiempo para comenzar la inyección. Este tiempo es llamado "tiempo no efectivo". Después de comenzar la inyección se requiere algún tiempo para tener una inyección estable. "El tiempo no efectivo" T_v , es proporcional al voltaje de la batería. Si el voltaje de la batería es bajo, el "tiempo no efectivo" será más largo.



4. Tiempo de Energización

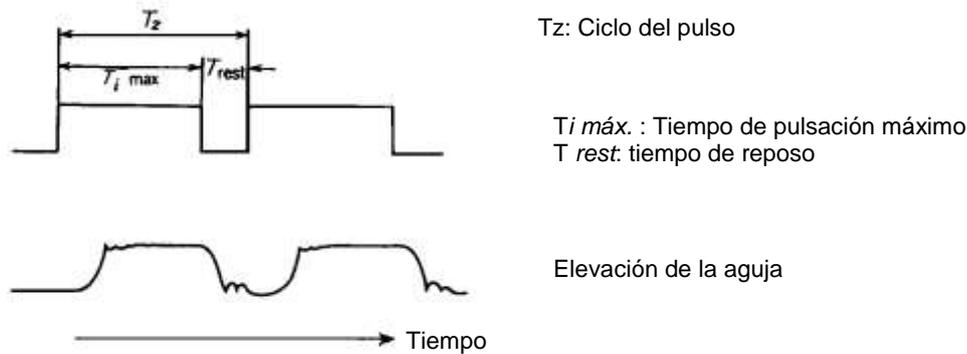
Toma un cierto tiempo para que la aguja se mueva hacia arriba para abrir completamente después de empezar el pulso de conducción de la duración de la inyección y además de eso, la aguja necesita tiempo para estabilizarse después de alcanzar el separador y rebotar. El tiempo mencionado arriba es llamado, "tiempo mínimo de pulsación". Ese es el tiempo en que el inyector puede inyectar una cantidad estable después de que el pulso comience a tener en cuenta los efectos mecánicos y eléctricos. El tiempo de pulsación mínimo es diferente para cada inyector, pero normalmente para los inyectores de las motocicletas está alrededor de 1.2 m/s ~ 1.8m/s.



5. El tiempo de pulsación máximo

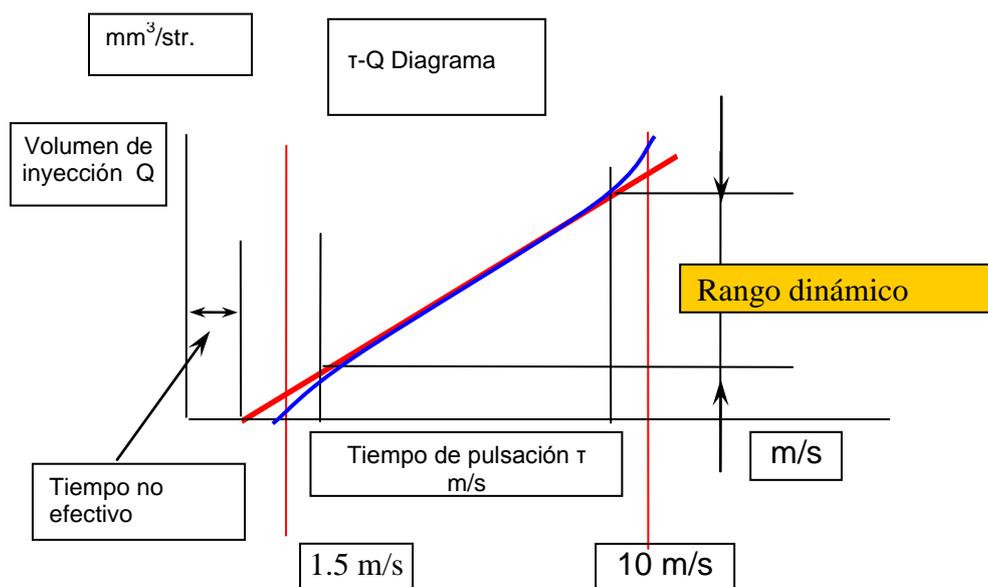
Cuando la aguja cierra los orificios del inyector, después de que la pulsación se detiene, tarda algún tiempo para que la aguja retorne a su posición inicial y se estabilice, tal como en la abertura. Así, se necesita tiempo después de parar la pulsación y la estabilización de la aguja, antes de que se pueda comenzar con una nueva pulsación. Este tiempo es llamado, "tiempo de reposo".

Así, el tiempo de pulsación máximo es el ciclo del pulso, menos el tiempo de reposo.



El ciclo del pulso de la inyección T_z está decidido por las revoluciones del motor y el tiempo de pulsación máximo. Esto quiere decir que $T_i \text{ máx.}$ es igual a $T_z - T_{\text{rest}}$. Por ejemplo, si un motor gira a 6000 rpm, entonces un pulso es igual a 10 m/s en 360 grados y 20 m/s en 720 grados. Esto significa, que el tiempo de pulsación máximo debe estar siempre por debajo de 20 m/s.

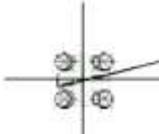
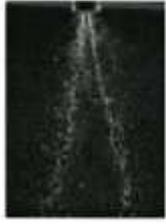
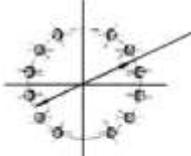
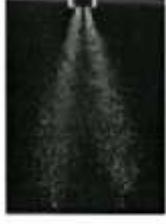
Los sistemas de inyección de grupo, inyectan el combustible cada 360 grados y los sistemas de inyección independientes, inyectan cada 720 grados. El ciclo del pulso de los sistemas de inyección de grupo, es la mitad del ciclo del pulso de un sistema de inyección independiente. Por lo tanto, una FZS-6 está equipada con inyectores de rangos dinámicos altos.



6. La inyección de combustible

Se inyecta el combustible altamente presurizado en el múltiple de admisión a través de orificios pequeños que se localizan en la cabeza del inyector. La condición de la atomización puede cambiarse por el diámetro de los orificios, el número de orificios y la posición de los orificios. Las condiciones de la combustión y de la emisión cambiarán debido al cambio de la condición de la atomización.

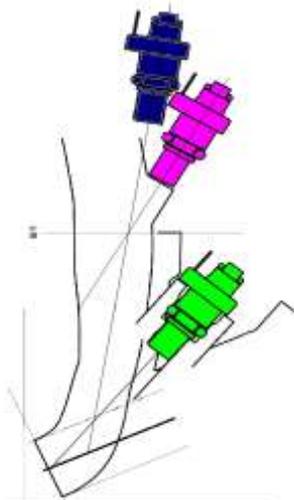
Generalmente las partículas más pequeñas tienen más contacto con oxígeno y lograrán una mejor combustión. Así que recientemente, el número de orificios del inyector se ha aumentado de 1 a 4, de 4 a 10 o incluso 12 orificios por inyector. Pero lo más importante es emparejar la condición de la atomización con el rendimiento del motor. YMC ha seleccionado para cada modelo el inyector más conveniente, después de varias comprobaciones, incluyendo la posición del inyector, la forma, el número de orificios y el tiempo.

	Forma	Placa de boquillas	Rendimiento de la atomización
Tipo normal	 Boquilla		 Diámetro 120
Tipo de atomización fina	 Boquilla Cavidad Flujo de la nube		 Diámetro 50 ~ 70

7. La posición del inyector

El área del combustible inyectado depende de la posición del inyector. Como resultado, el aire y el combustible se mezclarán. Si la posición del inyector cambia, entonces la potencia y las emisiones también cambiarán. En los motores de los automóviles el combustible se inyecta normalmente a la parte de atrás de válvula de admisión, pero en los motores de las motocicletas el combustible se inyecta en las paredes del múltiple de admisión para reducir las emisiones. Esto es porque en las motocicletas la posición de los inyectores y el tiempo de inyección, es diferente, comparado con los motores de los automóviles.

La posición óptima del inyector se selecciona para cumplir el objetivo de buen rendimiento y buenas emisiones.

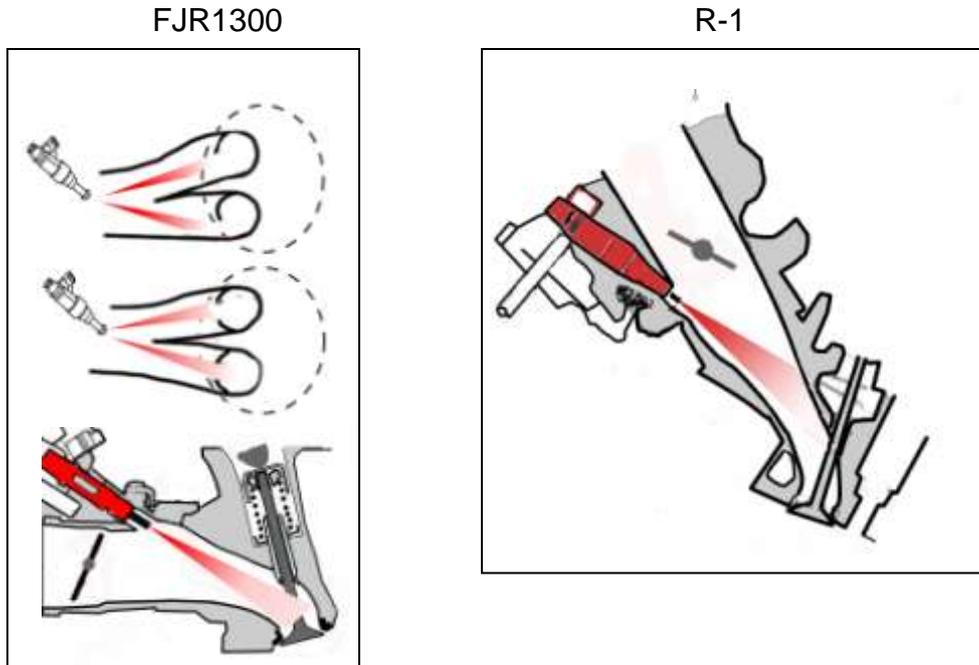


(1) Inyección de combustible de la posición superior

(2) Inyección de combustible de la posición media de la pared del múltiple de admisión

(3) Inyección de combustible de la más baja posición a la parte de atrás de la válvula de admisión

La posición del inyector y la condición



[7] Sistema de suministro de combustible

El sistema de suministro de combustible está hecho para suministrar el combustible al inyector y lograr el objetivo de la relación A/C. Hay dos tipos de sistemas de suministro de combustible para alcanzar un óptimo rendimiento en cada motor.

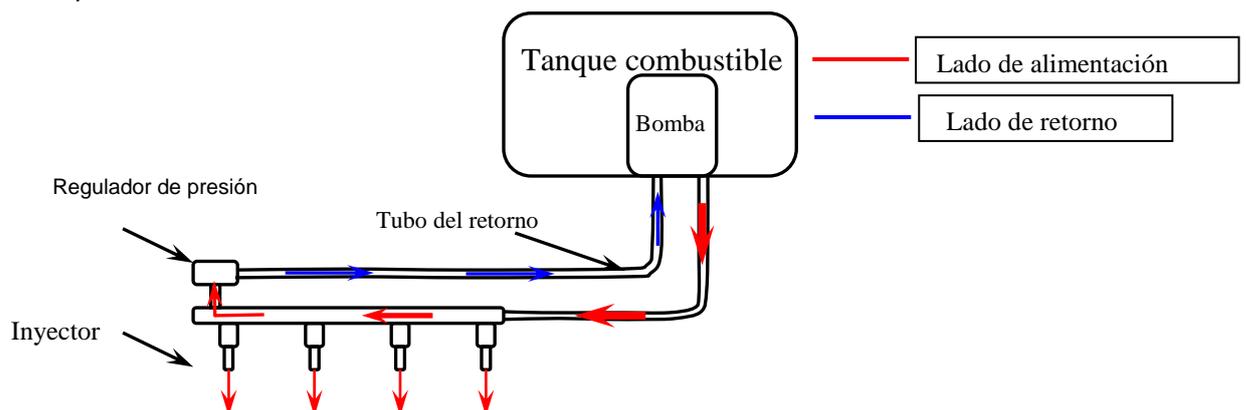
El primer sistema, es un sistema donde el exceso de combustible que se suministra al inyector, retorna al tanque de combustible, con el otro sistema, el combustible no retorna al tanque de combustible.

1. Sistema de retorno de combustible

Con este sistema el combustible fluye a las líneas del inyector y el combustible no utilizado, retorna al tanque de combustible.

Sistema de retorno de combustible

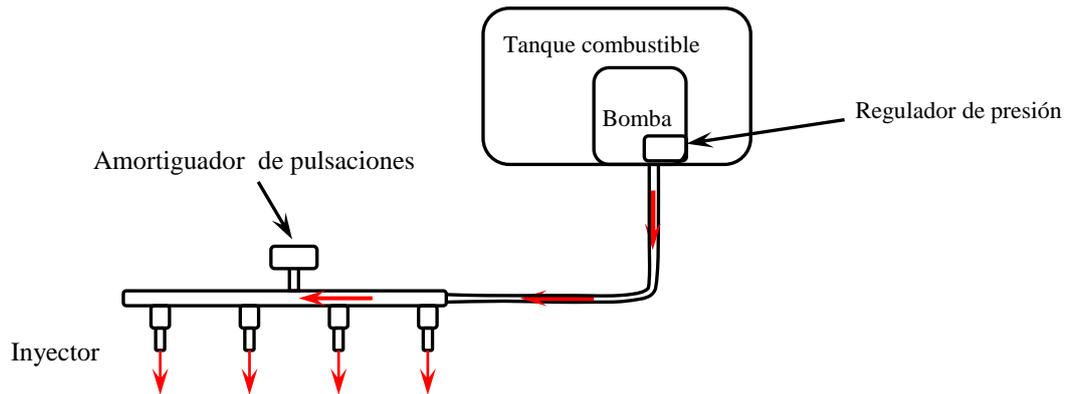
El inyector, inyectará combustible que se bombea desde el tanque de combustible por medio de la bomba de combustible. El resto del combustible retorna al tanque de combustible. Este sistema suministra una presión estable, pero el combustible pasa cerca al calor del motor. Así que la temperatura de combustible se subirá y los cambios en la evaporación se aumentarán.



2. Sistema sin retorno de combustible

Con un sistema sin retorno de combustible, la bomba de combustible sólo proporciona el volumen de combustible a ser consumido por el inyector. Con este sistema, la temperatura del combustible disminuye en el tanque de combustible y las tuberías de combustible se reducen. Por lo tanto, el diseño de la motocicleta puede ser más compacto. Un regulador de presión adoptado en la bomba de combustible, mantiene la presión constante. Pero la presión del combustible es afectada por la abertura y el cierre del inyector y un amortiguador de pulsaciones evita las pulsaciones en la presión del combustible.

La ECU controla y compensa el volumen de la inyección para evitar el efecto de los cambios en el vacío de la admisión. Esta compensación depende de una señal del sensor de presión del aire de la admisión.



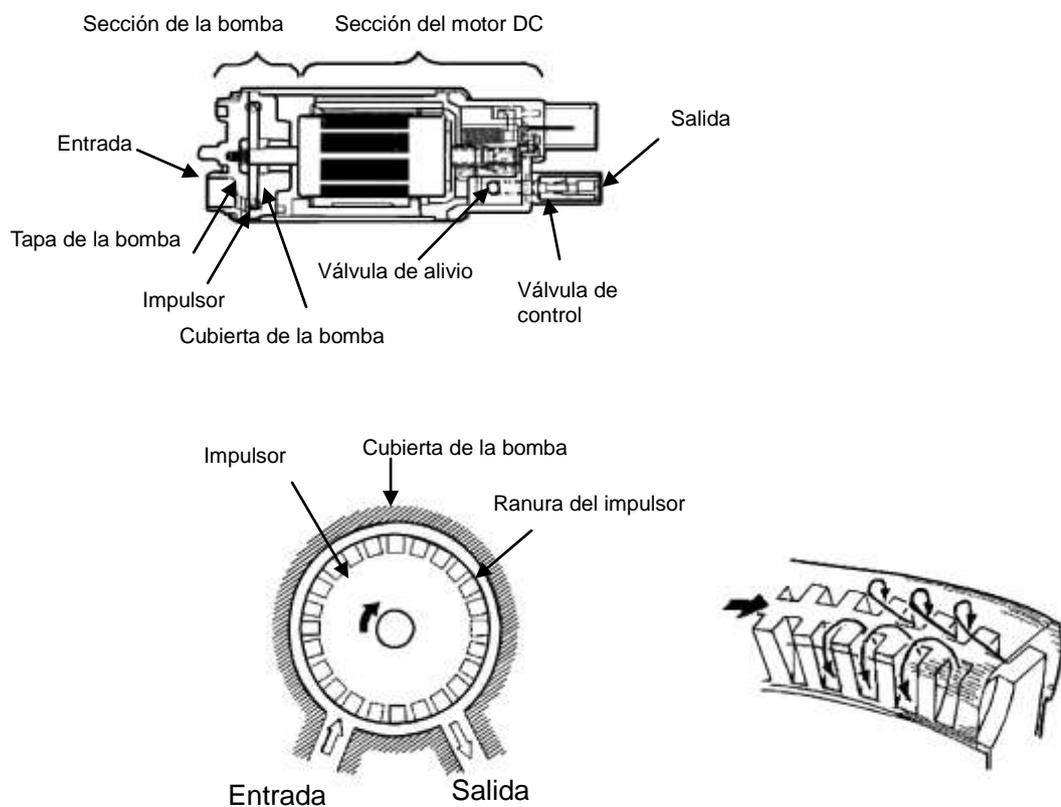
3. Bomba de combustible

Una señal de la ECU activa el relé de la bomba de combustible. Luego, una señal eléctrica se suministra a la bomba de combustible. El Motor DC en la bomba maneja la bomba y suministra el combustible a alta presión a los inyectores.

Una bomba de combustible común es del tipo Wesco. El impulsor de la bomba, de esta bomba en el tanque, Wesco, no toca el revestimiento. El sistema “en el tanque”, significa que la bomba está ubicada dentro del tanque y no fuera de él. La bomba tipo Wesco, produce menos pulsaciones (presión) comparada con una bomba de combustible tipo rodillos.

Una bomba de combustible para motocicleta debe ser pequeña y liviana, ya que los tanques de combustible de las motocicletas tienen formas complicadas y tamaños muy pequeños. Además de eso, el consumo de electricidad de la bomba de combustible debe ser pequeño.

Figura de una bomba de combustible de un sistema “en el-tanque”



Una válvula de control se integra en el sistema para mantener la presión del combustible en los inyectores, hasta el primer siguiente arranque del motor y se integra una válvula de alivio para liberar la alta presión, si la línea de combustible se bloquea.

La presión del combustible se controla mecánicamente y no electrónicamente. La ECU sólo envía la señal de conducción y no verifica si la presión del combustible es correcta.

4. Regulador de presión

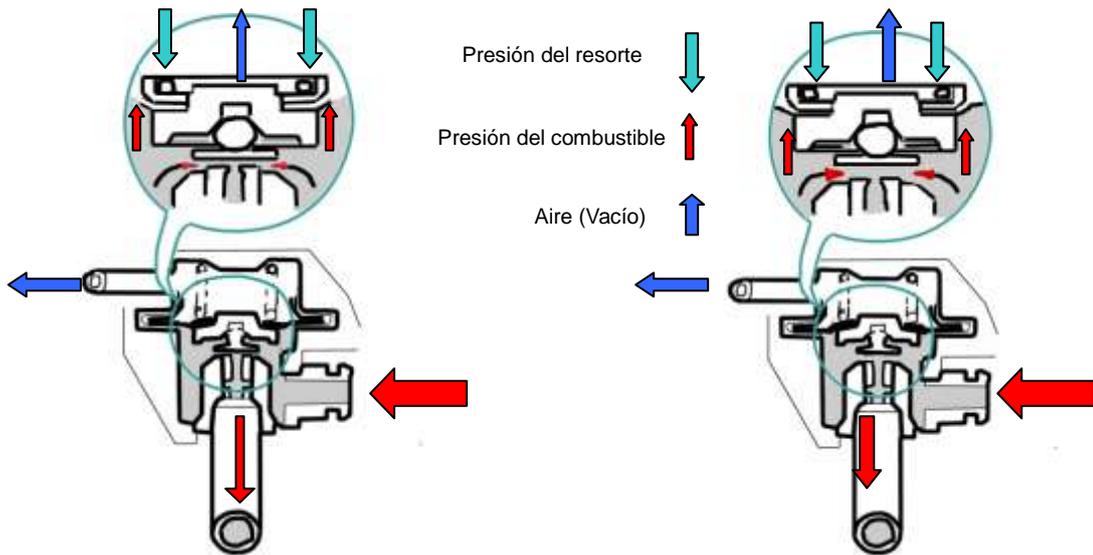
La presión del combustible, que es generada por la bomba de combustible, está constantemente fluctuando. Si la presión del combustible cerca de los inyectores no es constante, entonces el volumen de inyección, también fluctuará. Como resultado, el motor no se podrá controlar adecuadamente. La función del regulador es la de mantener la presión del combustible y el volumen de la inyección constantes.

Hay dos tipos de reguladores de presión

Se localiza uno de estos tipos, en la línea del combustible y mantiene la presión del combustible constante, aún cuando la presión de vacío del múltiple fluctúe. Si la presión en el múltiple de admisión aumenta, también aumenta la presión del combustible.

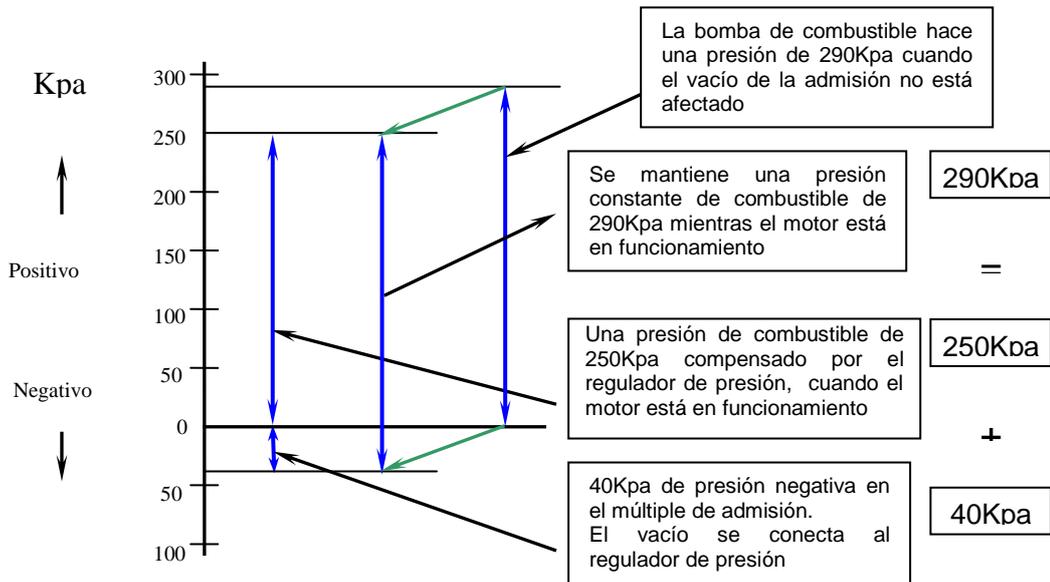
El otro tipo de regulador de presión se integra en la bomba del combustible y mantiene la presión del combustible constante.

(1) Tipo compensación de vacío

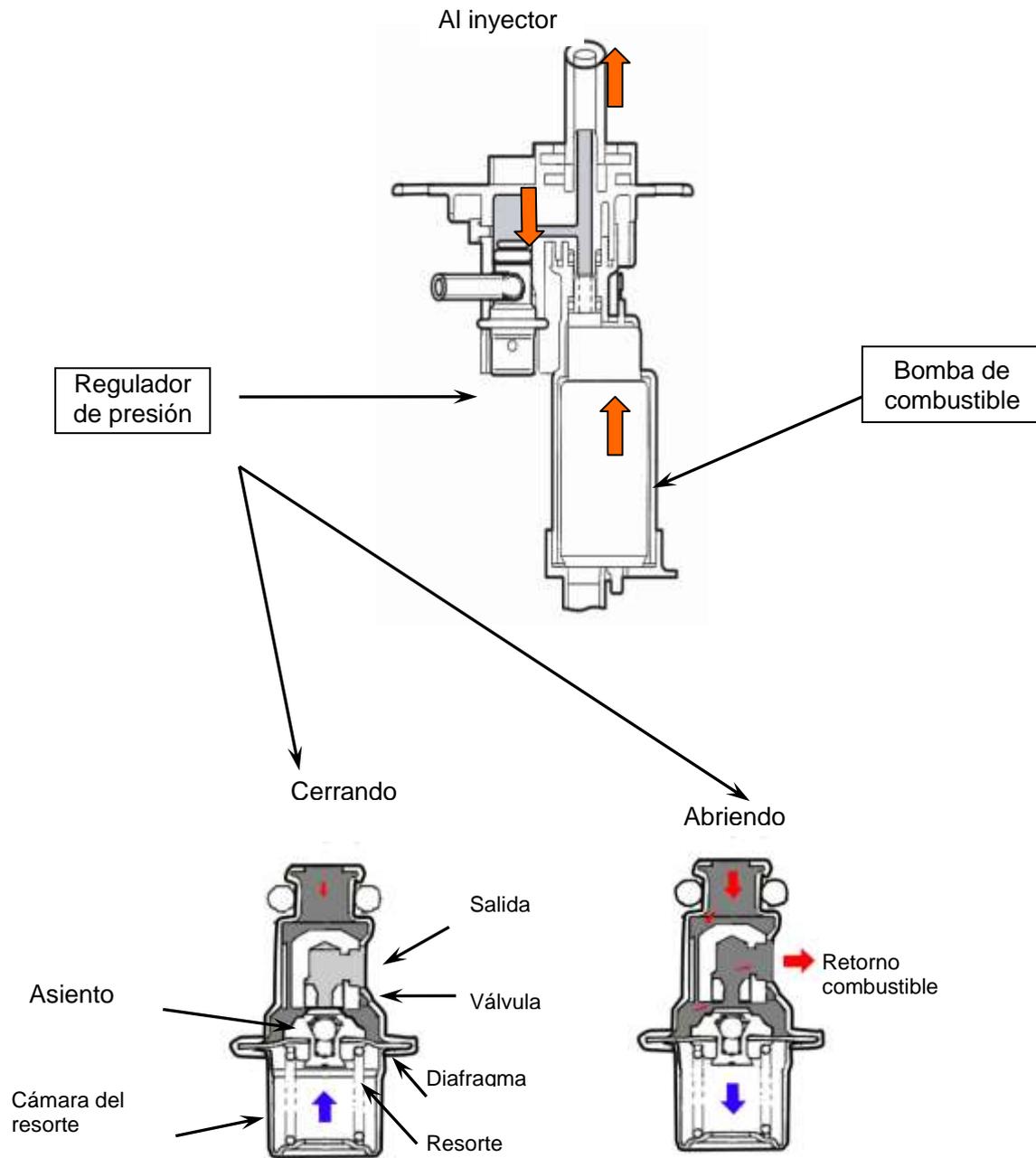


La carga del resorte y la presión del combustible son equilibradas para mantener la presión constante.

El resorte se comprimirá si la presión del múltiple de la admisión es más fuerte. Como resultado, más combustible retornará al tanque de combustible y se mantiene una presión constante de combustible, comparada con la presión del múltiple de admisión.



(2) Bomba tipo integrado (Tipo sin retorno)



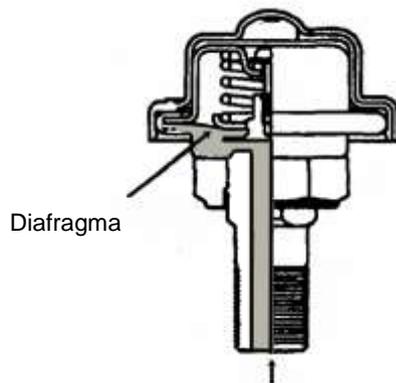
Un diafragma y un resorte controlan la presión constante.
La ECU compensa la duración de la inyección para los cambios de presión del múltiple de admisión.

5. Amortiguador de pulsaciones

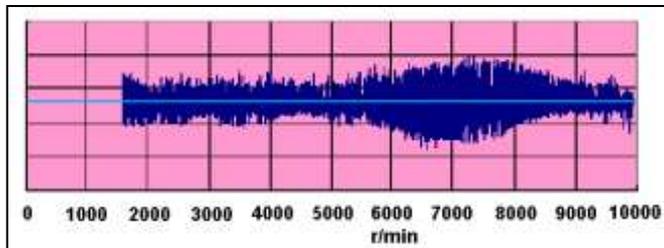
La pulsación en la línea de combustible es causada por la abertura y cierre del inyector. Si la pulsación es demasiado alta, entonces afectará el volumen de la inyección. Se coloca un amortiguador de pulsaciones, cuando éstas, tienen un efecto considerable en el sistema de inyección.

Los modelos de inyección de combustible de pequeña cilindrada están equipados con líneas de combustible de goma (tubería de goma).

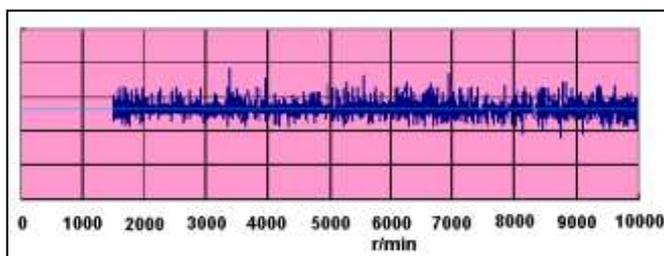
Estas líneas de goma funcionan como un amortiguador de pulsaciones.



Combustible de la línea de suministro



Sin el amortiguador de pulsación



Con el amortiguador de pulsación

[8] Cuerpo del acelerador

El cuerpo del acelerador tiene la importante función de proporcionar la cantidad necesaria de aire al motor. Se usa un cuerpo de acelerador tipo válvula de mariposa para la mayoría de los motores con inyección de combustible, debido al buen carácter de transición del flujo de aire y al suave movimiento del mecanismo.

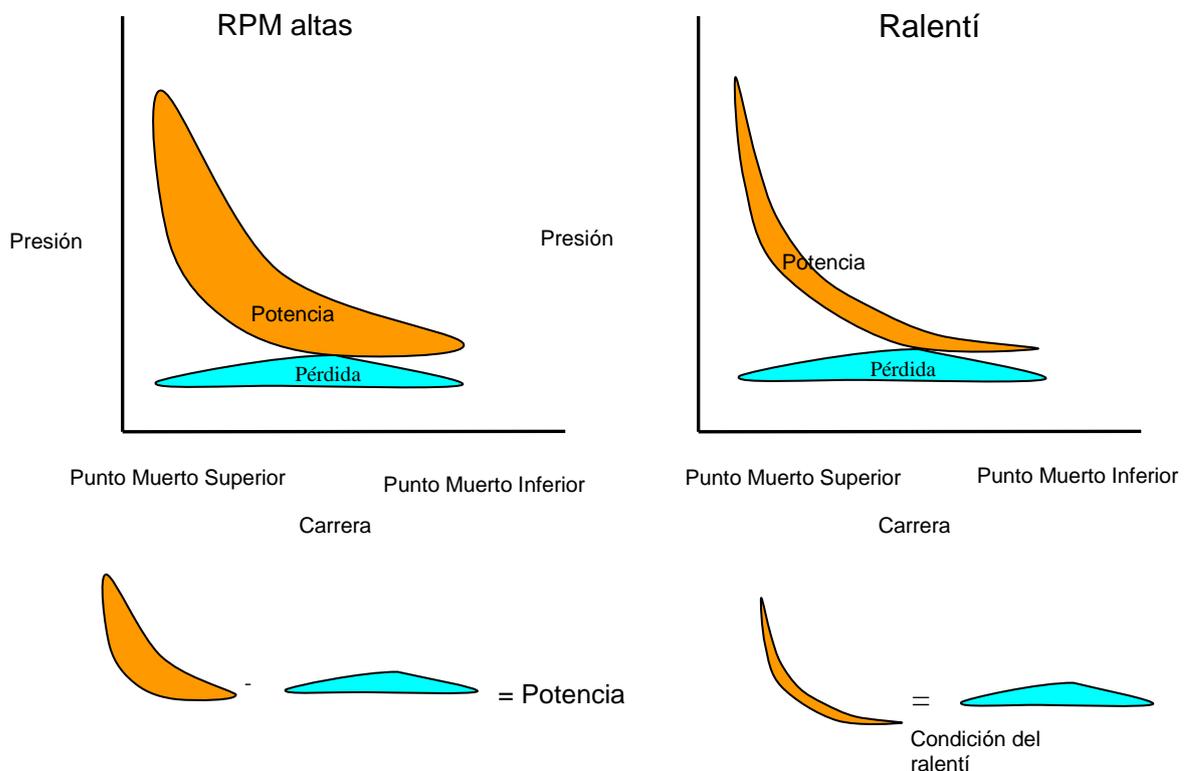
Las motocicletas se inclinan al tomar las curvas y esta no es una condición muy estable. Por lo tanto, se requieren controles severos y una respuesta lineal, comparada con los automóviles. El aire que suministra el cuerpo del acelerador influye en el carácter del movimiento de la motocicleta durante las curvas, no solamente a la potencia máxima.

Además de eso, el cuerpo del acelerador tiene una relación estrecha con la estabilidad del ralentí, lo que es una importante función para las motocicletas.

La condición del ralentí significa que la potencia y la resistencia están balanceadas. Si el cuerpo del carburador no puede suministrar la cantidad suficiente de aire y combustible, no se podrá realizar una buena combustión y la potencia no será suficiente, y el motor no podrá mantener un ralentí estable.

Durante el arranque del motor en frío, el aceite está frío y espeso. La resistencia del aceite frío es alta (debido a las pérdidas por fricción). Además de eso, el múltiple de admisión está frío y la evaporación del combustible no es la misma que en un motor caliente. Así, aumentando la potencia (o aumentando la velocidad del motor) se puede vencer la resistencia (fricción o pérdidas) que son causadas por un motor frío, hasta que el motor se caliente.

La potencia no sólo aumenta al aumentar el suministro de combustible, es necesario también un mecanismo para aumentar el aire. Esto se llama "un sistema de ralentí rápido FID". Actualmente muchos modelos están equipados con el ISC (control de la velocidad del ralentí), que controla la velocidad del ralentí cuando el motor se calienta y no solamente la velocidad del ralentí rápido en condiciones de motor frío.

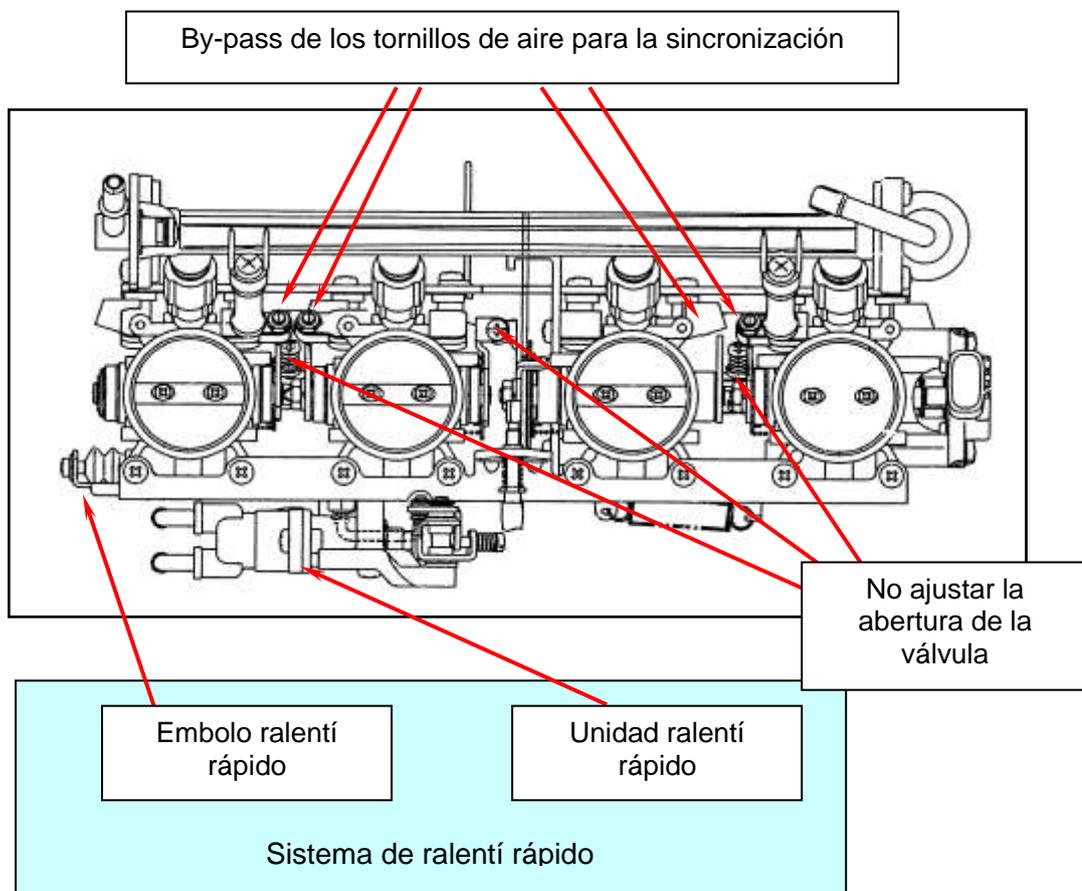


1. Función del cuerpo del Acelerador

(1) La sincronización

Ejemplo de la FJR1300

Este cuerpo del acelerador tiene válvulas de mariposa simplemente como muchos carburadores, pero la sincronización debe hacerse por los ajustes del tornillo del by-pass (derivación) del pasaje de aire y no abriendo las válvulas de mariposa. Cada carburador de un motor multi-cilíndrico suministra una adecuada cantidad de combustible independientemente de acuerdo con cada vacío. Con un sistema de inyección de combustible de un motor multi-cilíndrico, el volumen de aire de admisión de cada cilindro no es detectado. Por lo tanto, si las válvulas de mariposa son ajustadas para la sincronización, el volumen del aire de la admisión cambia a medias y altas velocidades del motor y como resultado, la relación A/C cambia. Esto se debe a que en un sistema de inyección de combustible de un motor multi-cilíndrico debe ser ajustado de los tornillos de aire del by-pass.



(2) Control del aire de la admisión

El aire es ligero y el aire de la admisión aumenta inmediatamente cuando la motocicleta es acelerada, pero el combustible tiene una demora durante ese cambio, debido a que el combustible es más pesado y toma tiempo para atomizar el aire y el combustible. Por este motivo, la relación A/C puede ser pobre durante la aceleración. En este caso, el conductor no tendrá una respuesta lineal y sentirá dificultades para controlar la motocicleta.

Algunos cuerpos de aceleradores están equipados con un sistema de control de aire, para suministrar una adecuada cantidad de aire de admisión durante la aceleración.

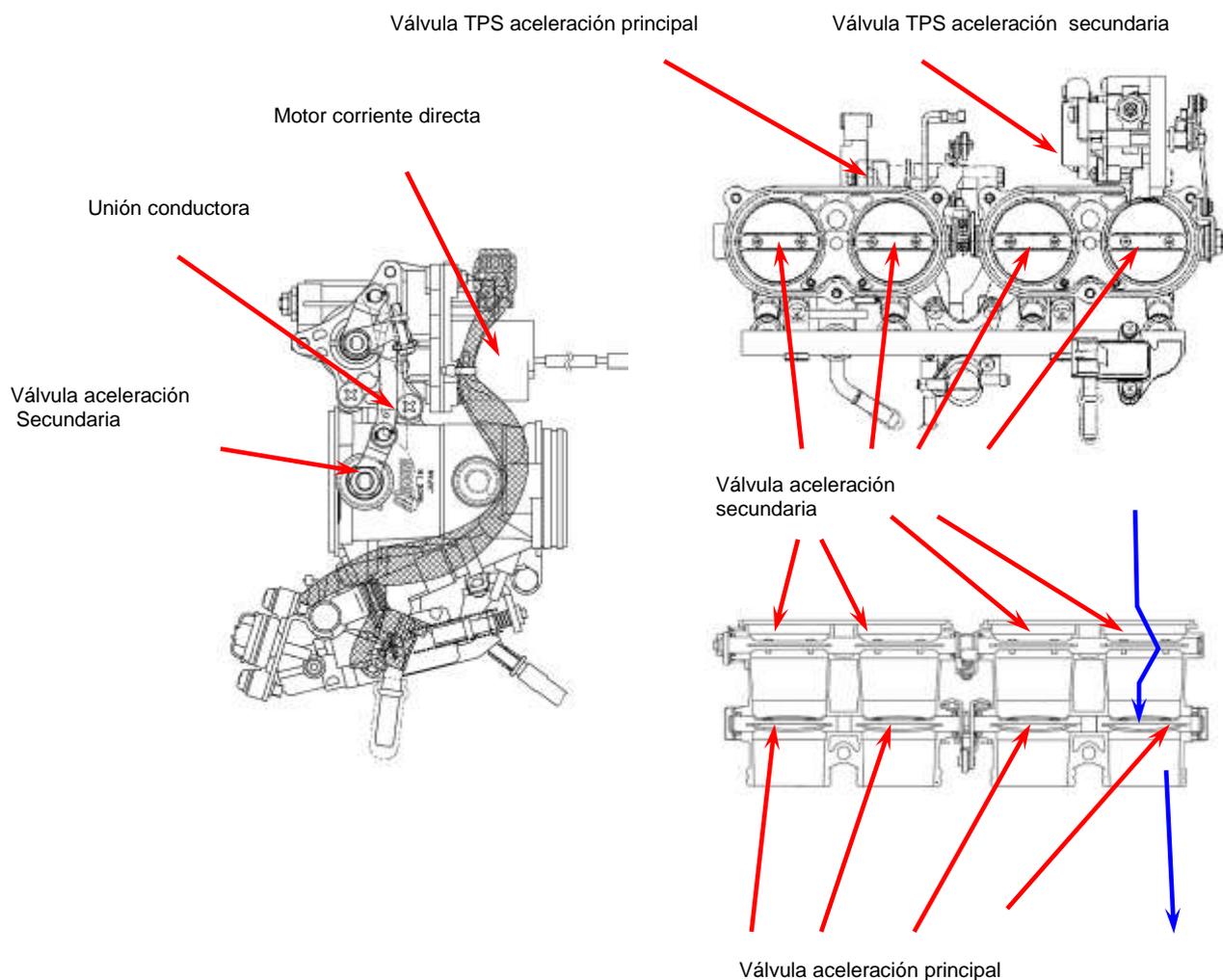
Un tipo, aplica un sistema de válvula secundaria eléctrica controlada por la ECU.

Otro tipo, aplica un sistema de pistón de succión mecánica, similar al de muchos carburadores.

R-1 (5VY) Sistema tipo de válvula secundaria

Con este sistema la ECU detecta las revoluciones del motor y el ángulo de abertura del acelerador. De este modo, la ECU controla la válvula secundaria para un adecuado flujo de aire de la admisión durante la aceleración. Un motor de corriente directa maneja la válvula secundaria y el TPS de la válvula secundaria detecta el ángulo de abertura y envía esta información a la ECU.

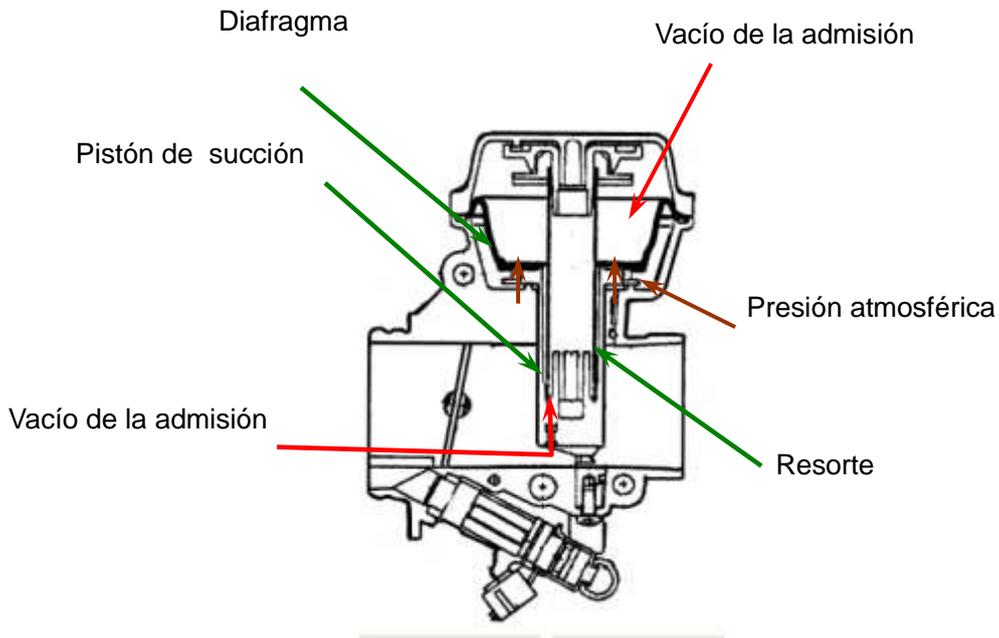
Este sistema tiene una buena respuesta.



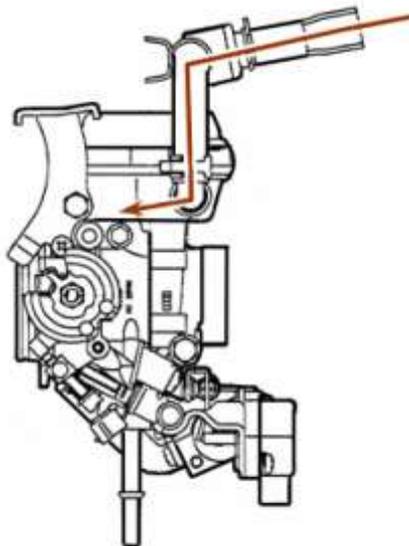
R-6 (5SL), YP400 (5RU) Sistema tipo válvula secundaria

Este tipo de cuerpo del acelerador controla óptimamente el flujo de aire de la admisión (velocidad del flujo de aire) por medio del vacío de la admisión, justo como en los carburadores tipo SU.

El vacío de la admisión está conectado con la parte superior del diafragma a través de un orificio ubicado en el fondo del pistón de succión. La parte baja del diafragma está presurizada por la presión atmosférica y un resorte. Este tipo de cuerpo de acelerador controla el aire de la admisión y tiene una respuesta lineal.



Presión atmosférica



2. F.I.D. y el sistema de control de velocidad del ralentí

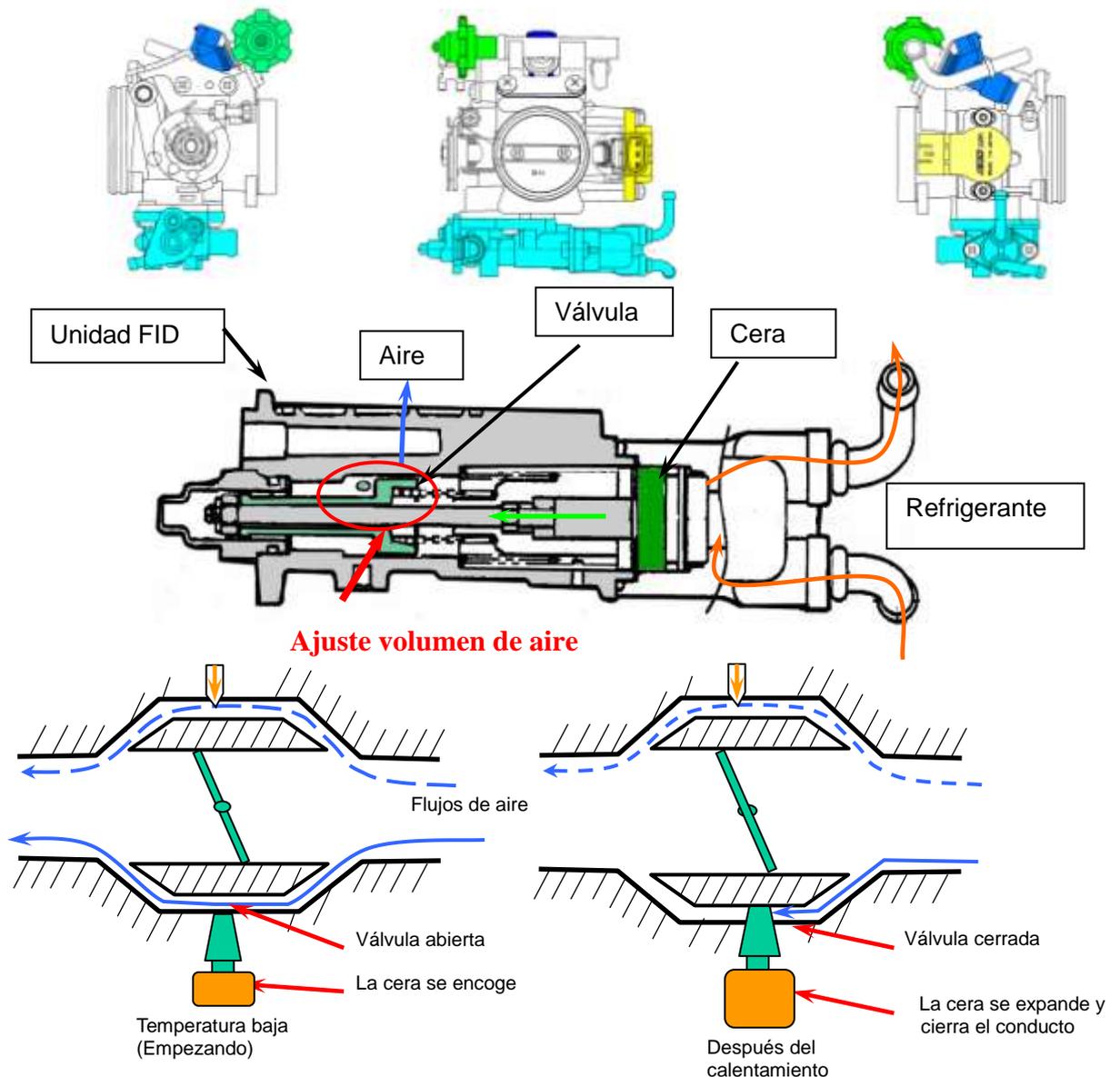
El motor debe tener las revoluciones del ralentí más altas, cuando el motor está frío, debido a la fricción más alta, causada por el aceite del motor frío. Las revoluciones del ralentí no sólo aumentan, aumentando la cantidad de combustible, sino que es necesario también, aumentar la cantidad de aire. El sistema de aumento del aire es llamado "Ralentí rápido" (FID) o "Control de la velocidad del ralentí" (ISC), y es el que controla la velocidad del ralentí cuando la temperatura está baja.

Hay 3 tipos de sistemas FID: "Mecánico (cera)", "Motor paso a paso", y "Válvula solenoide". Los modelos actuales están equipados con un sistema ISC, el cual combina un sistema de control de ralentí rápido en condiciones de motor frío y un sistema de control de la velocidad del ralentí en condiciones de motor caliente. El sistema de control de la velocidad del ralentí está provisto con un motor paso a paso, el cual tiene una respuesta muy rápida.

(1) Sistema ralentí rápido tipo mecánico

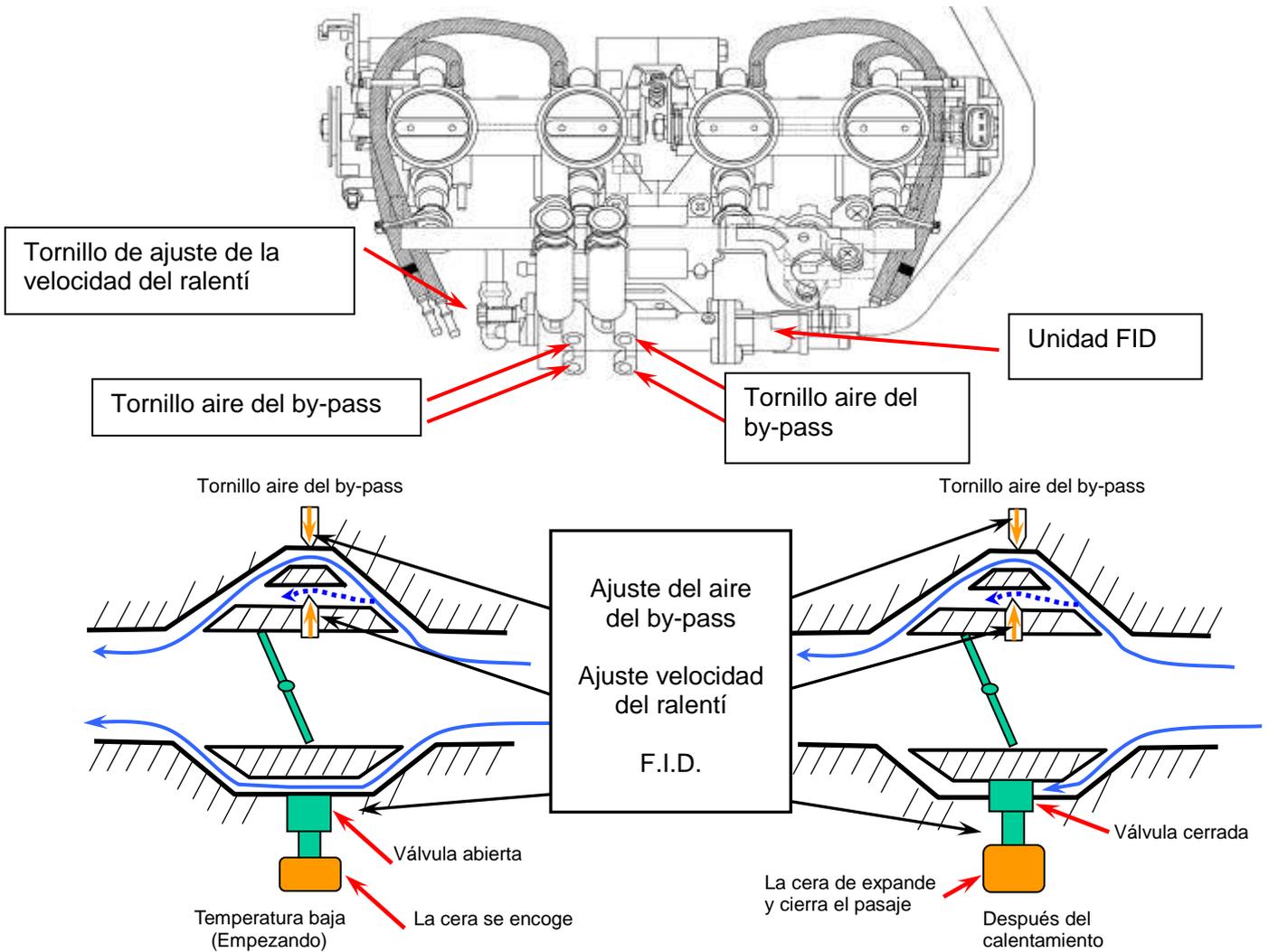
Generalmente una válvula de aire o un émbolo operados por cera, controlan el volumen de aire para suministrar una suficiente cantidad de aire y aumentar la velocidad del ralentí. Este sistema utiliza cera, la cual se expande con el calor. El refrigerante del motor se utiliza para calentar la cera.

XT660



FZ6

En el sistema FID del modelo FZ6, los tornillos de ajuste del aire del by-pass para la sincronización, el FID y el tornillo de ajuste de la velocidad del ralentí, están integrados en una sola unidad.

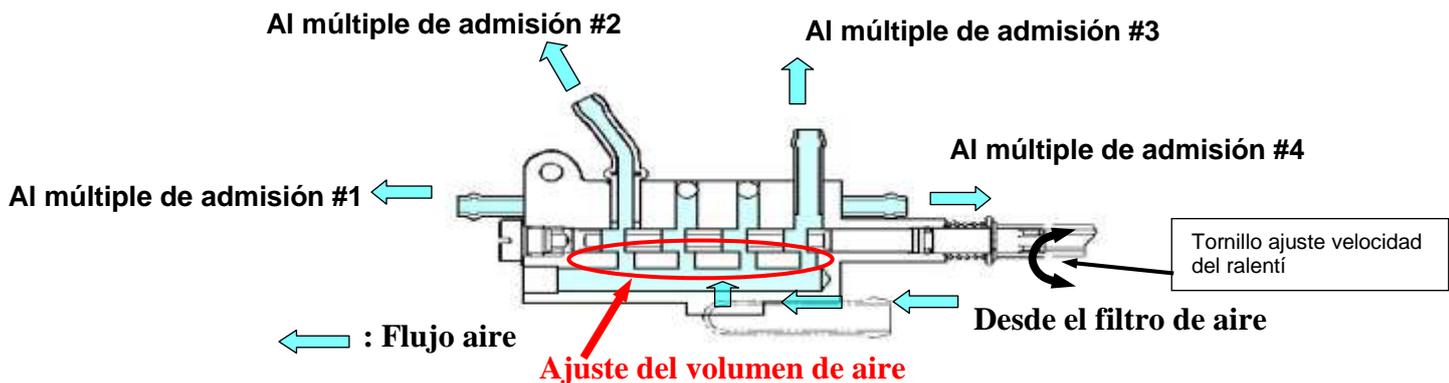


*** Unidad de Ajuste de la Velocidad del ralentí**

Esta unidad de ajuste de velocidad de ralentí, no es un sistema FID para un ralentí rápido, durante las condiciones de motor frío, pero esta unidad controla el flujo de aire del ralentí en condiciones de motor caliente.

En la siguiente imagen se puede ver el sistema de una FJR1300 (modelo 2004).

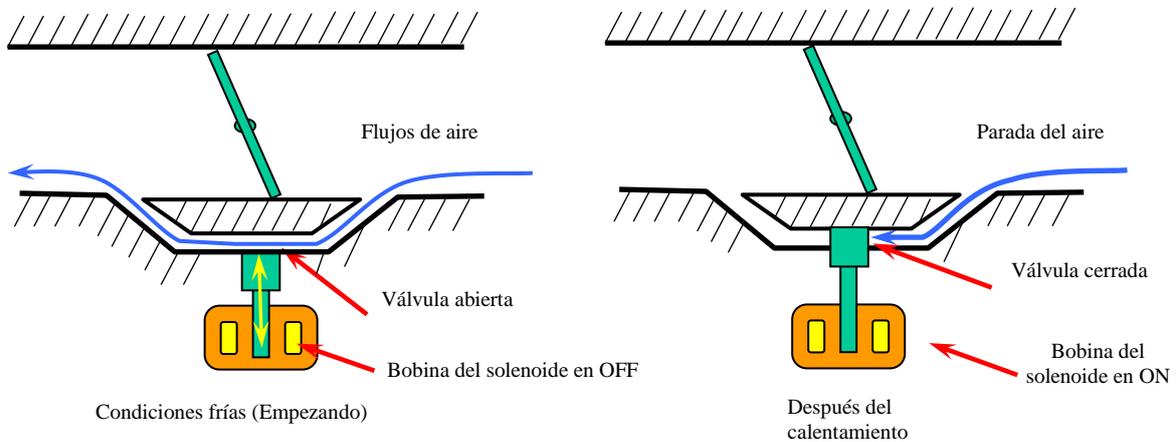
FJR1300 (modelo 2004)



(2) Sistema de ralentí rápido tipo solenoide

La ECU controla la corriente de la bobina del solenoide del sistema FID. Cuando una corriente se aplica a la bobina del solenoide, la válvula se abre y cuando la corriente es suspendida, la válvula se cierra.

El volumen de aire del by-pass es controlado por la duración de la señal eléctrica y así, continuamente suministra una cantidad adecuada de aire.



(3) Sistemas de control de la velocidad del ralentí y ralentí rápido tipo electrónico (motor paso a paso)

La construcción básica de estos sistemas es la misma y están compuestos de una válvula y un motor paso a paso.

La ECU controla el motor paso a paso durante las condiciones de motor frío y la válvula del motor paso a paso suministra la cantidad necesaria de aire para mantener la velocidad del motor cerca de las revoluciones objetivas del motor. Después de que el motor calienta, la ECU envía una señal para cerrar la válvula (pasaje de aire del by-pass) y suspende el control del ralentí rápido. Este es un sistema FID y algunos modelos usan este motor paso a paso para controlar la velocidad del ralentí todo el tiempo y no solamente durante las condiciones de motor frío. Este sistema es llamado "ISC" (control de la velocidad del ralentí), ya que el motor paso a paso puede controlar grandes volúmenes de aire comparado con el sistema FID mecánico.

En el caso de la XV1700 Warrior, se usa un sistema de motor paso a paso como un sistema FID. Esto significa, que el motor paso a paso controla la velocidad del ralentí solamente durante las condiciones de motor frío.

En el caso de la YP250, la YP400 y la MT01, se usa un motor paso a paso como un sistema ISC. Esto significa, que el motor paso a paso controla la velocidad del ralentí todo el tiempo: durante las condiciones de motor frío y caliente.

El motor paso a paso de los sistemas ISC y FID tienen un estator exterior y una magneto. La ECU envía señales a varias bobinas del estator, paso a paso y la magneto permanente gira de acuerdo a las señales de la ECU. Estas señales se llaman "Steps" ("Pasos"). El motor maneja la válvula y controla el flujo de aire a través del pasaje del by-pass.

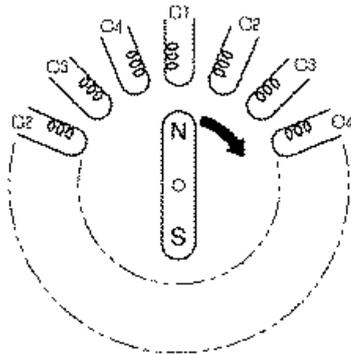
La dirección de rotación es decidida por la secuencia de la señal. El motor puede girar a izquierda y/o derecha, dependiendo de esta secuencia.

El número de pasos indica la abertura de la válvula.

(5) Movimiento del motor paso a paso

El ECU envía una señal a la bobina del estator C1 y esta bobina crea un campo magnético y tira del polo N de la magneto permanente. Como resultado, la parte magnética se mueve a la derecha. Después de eso, la ECU corta la señal de C1 y luego, envía una señal a la bobina del estator C2.

De este modo, el magneto gira continuamente por el envío de las señales de la ECU a las bobinas del estator C3, seguidas por las señales enviadas a la bobina del estator C4, todo en secuencia. Cuando la ECU envía una señal desde la bobina del estator C4 hasta la bobina del estator C1, la magneto gira en la otra dirección.



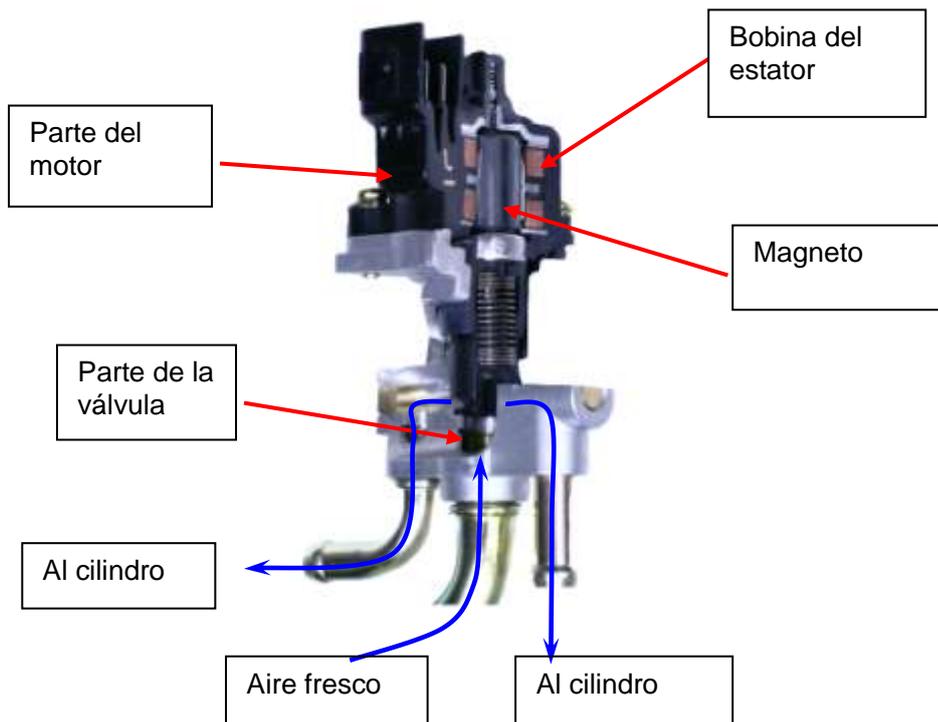
EXAMPLE 1:

Winding 1: 1001001001001

Winding 2: 0100100100100

Winding 3: 0010010010010

time →



(6) Control de los sistemas F.I.D. e I.S.C.

La ECU controla el porcentaje de la abertura de la válvula. Esto es, el número de pasos, comparado con el número total de pasos. El número real de pasos está basado en los datos guardados en la ROM de la ECU y en las señales recibidas desde varios sensores.

Por ejemplo, el sensor de temperatura del agua o el sensor de temperatura del motor.

Durante el arranque del motor, la ECU abre la válvula completamente para suministrarle al motor suficiente cantidad de aire. Los datos para el porcentaje de abertura objetiva de la válvula están guardados en la ROM de la ECU.

Después de arrancar el motor, la ECU envía señales al motor paso a paso para mantener la velocidad del motor, cerca del objetivo de velocidad de ralentí del motor.

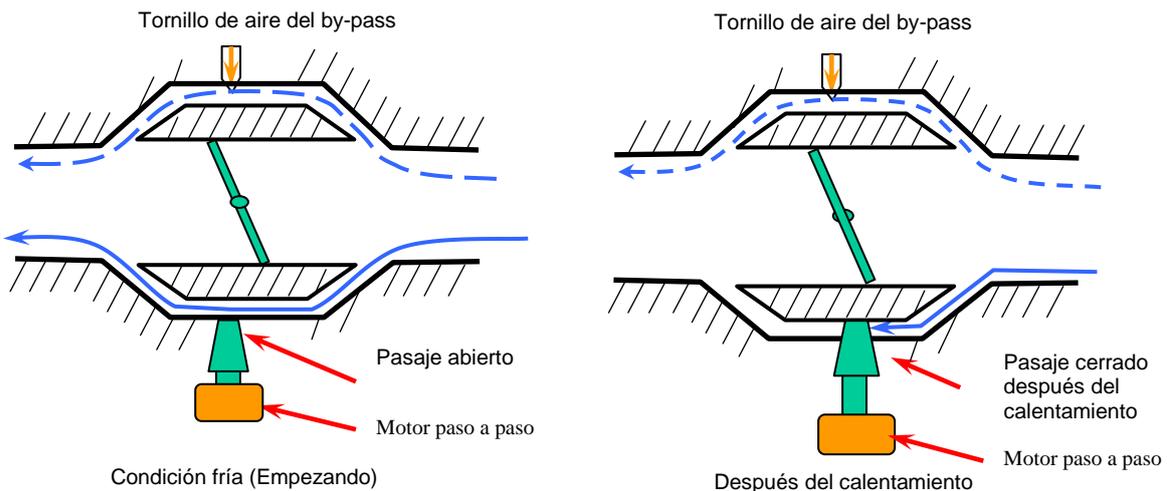
El control del porcentaje de abertura de la válvula está basado en la temperatura del refrigerante o en la temperatura del motor. La válvula que está manejada por el motor paso a paso controla el área del pasaje de aire.

La válvula del sistema FID se cierra completamente después de que el motor haya alcanzado su temperatura normal de funcionamiento y el aire para el ralentí, es solamente suministrado por el pasaje de aire del by-pass.

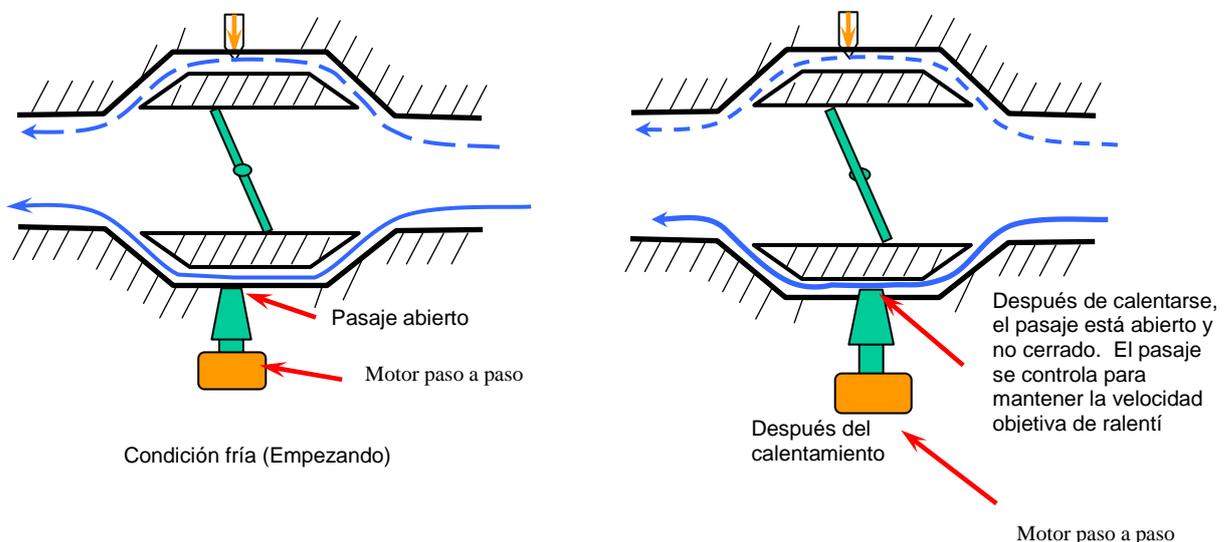
La válvula del sistema ISC está abierta y controlada para mantener la velocidad objetiva del ralentí.

Si la velocidad del ralentí es demasiado alta, la ECU cierra el pasaje de aire y disminuye la velocidad del ralentí y si la velocidad del ralentí es demasiado baja, la ECU abre el pasaje de aire y aumenta la velocidad del ralentí.

Control del ralentí rápido [F.I.D]



Control de la velocidad del ralentí [I.S.C.]

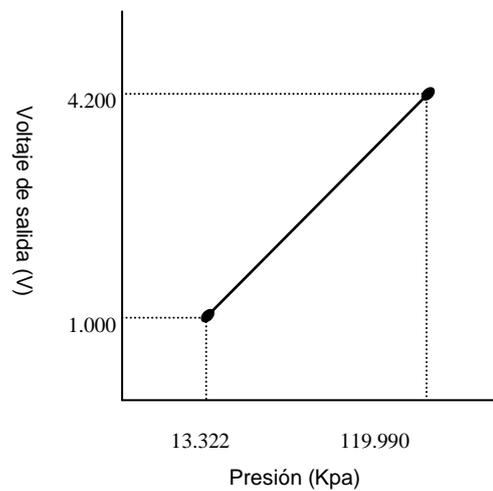
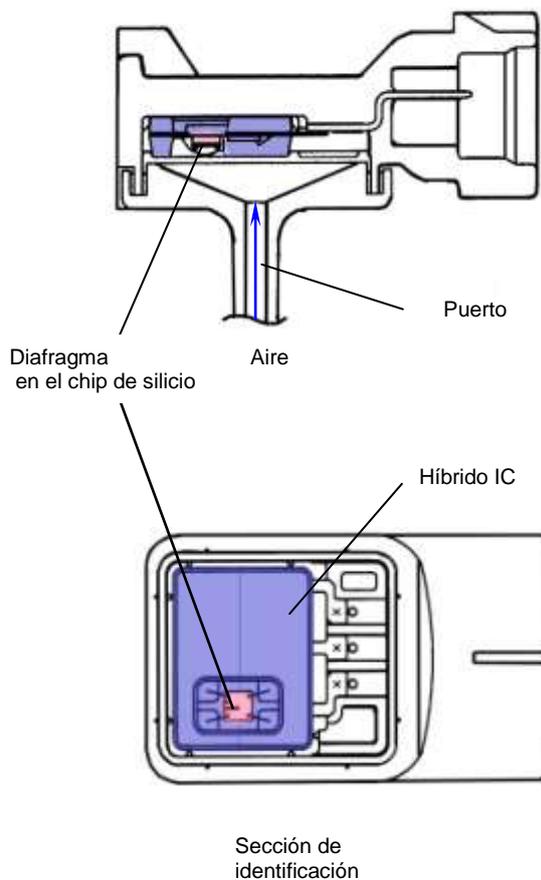


[9] Sensores

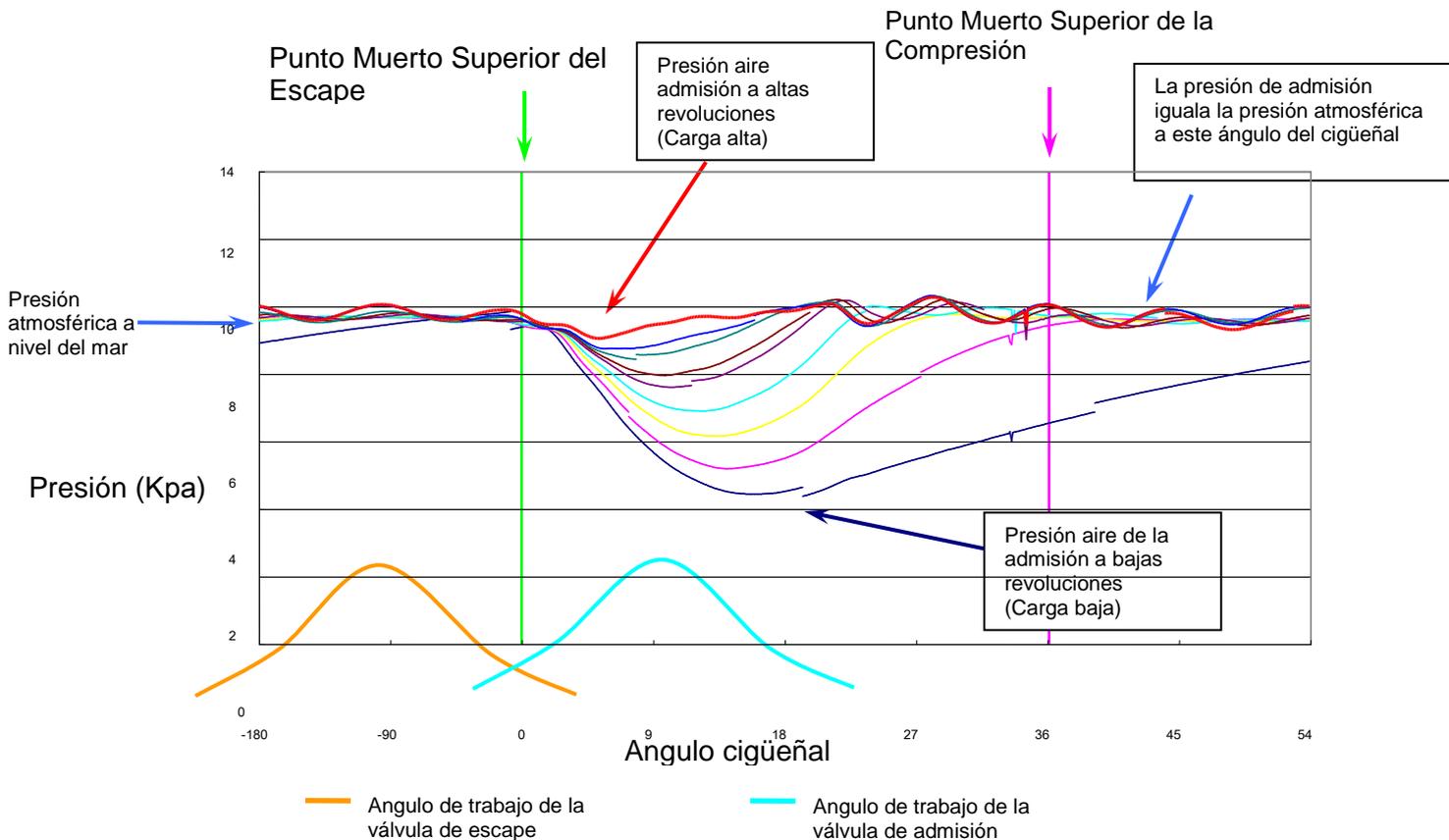
1. El sensor de presión (presión del aire de admisión y presión atmosférica)

El sensor de presión recibe una señal de 5V voltios desde la ECU y el cambio de presión del múltiple de admisión tiene relación con el voltaje de salida. Luego, la ECU recibe este voltaje de salida como una señal de presión.

El chip de silicio contiene un diafragma y un movimiento de este diafragma debido a los cambios de presión se convierte en una señal eléctrica. Esta pequeña señal eléctrica será convertida en una señal de voltaje más grande. La ECU puede calcular la presión real con esta señal.



El sensor de presión detecta los cambios de presión del aire de la admisión en un motor de un solo cilindro, como sigue:



El sensor de presión detecta los cambios de la presión varias veces durante una carrera completa. El sensor de presión de la admisión detecta la presión atmosférica cuando la válvula de admisión está cerrada alrededor de los 450 grados. Por lo tanto, el sensor de presión atmosférica no es necesario con este sistema.

La ECU detecta detalladamente cambios en la presión del aire de la admisión en una carrera completa del motor. Utilizando estas señales del sensor de presión del aire de admisión, la ECU puede determinar en que carrera está el motor realmente. Por lo tanto, el sensor de identificación del cilindro tampoco es necesario con este sistema.

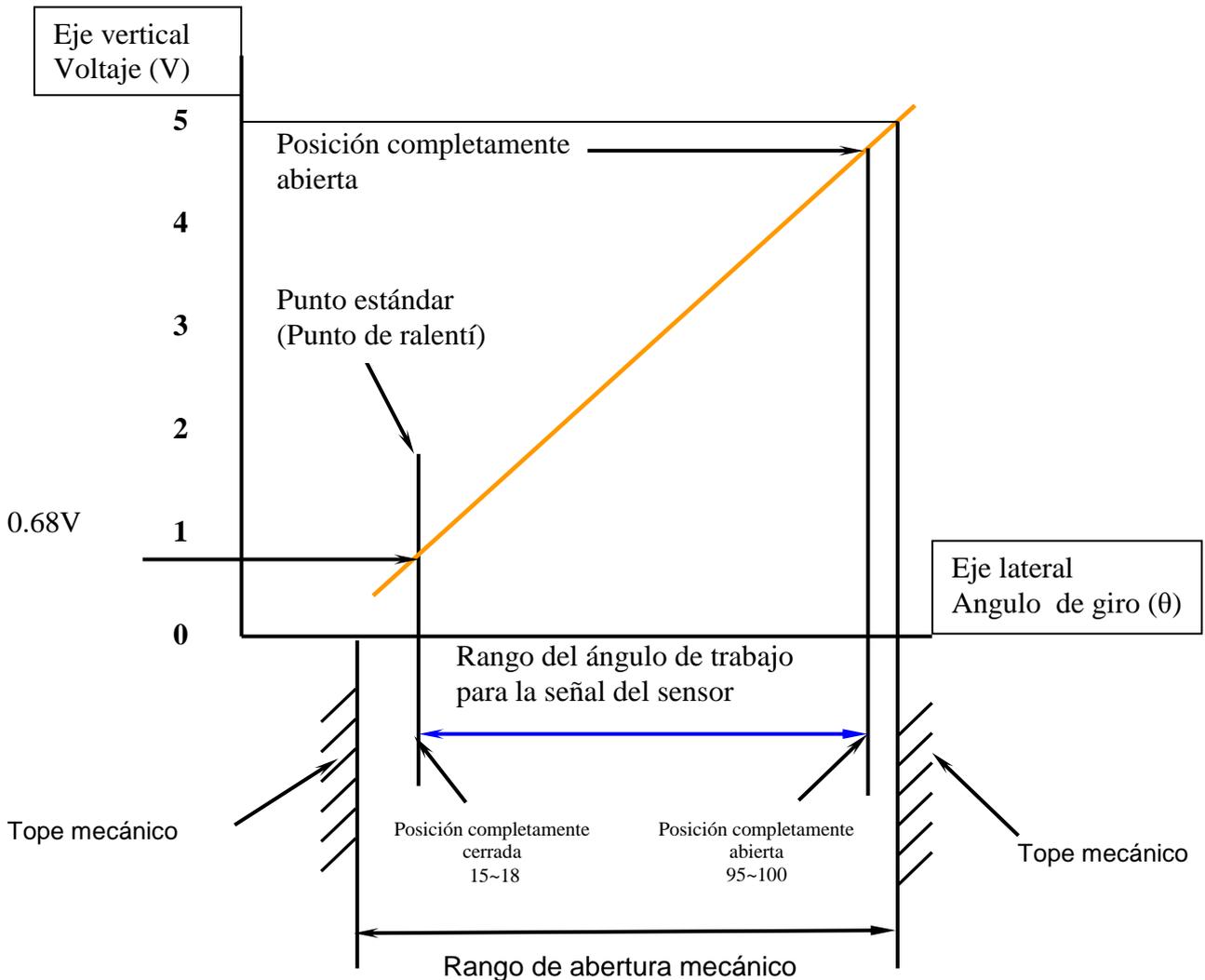
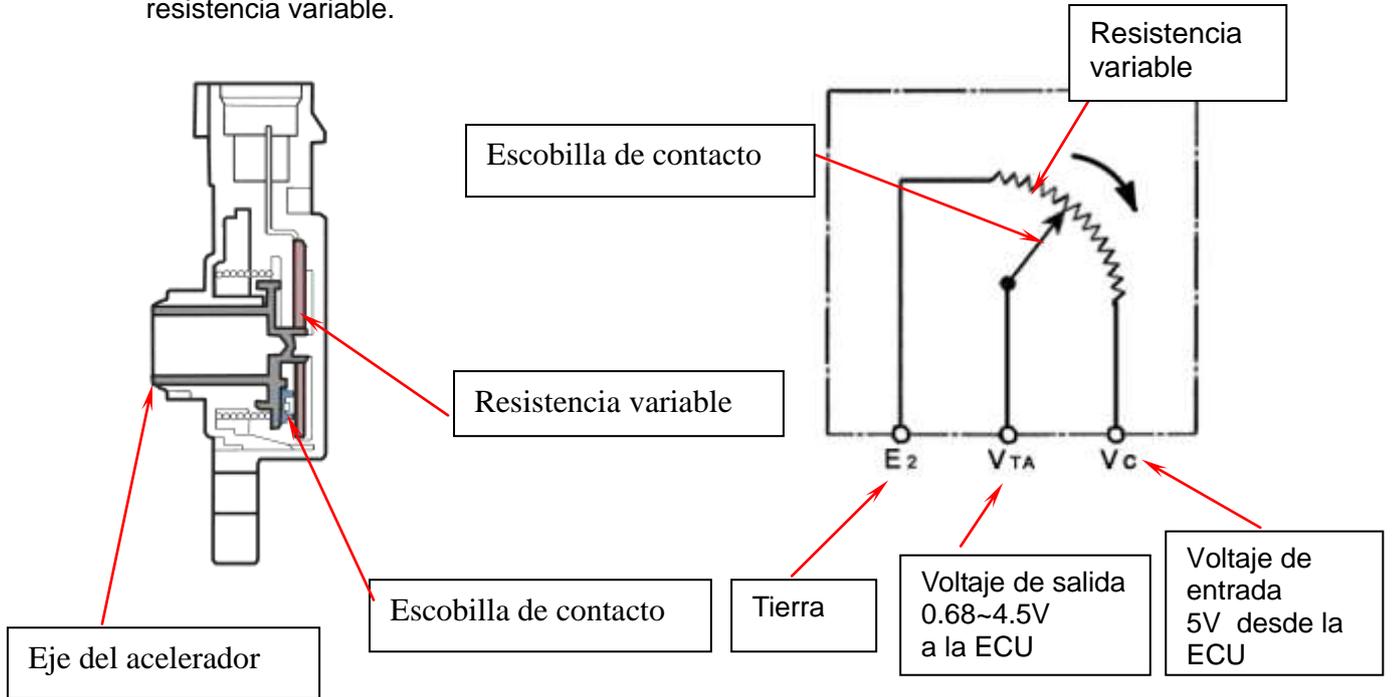
También como esto, la ECU detecta los cambios en la presión de la admisión cada ciclo (cada revolución) en un punto fijo. La ECU puede decir si la motocicleta está acelerando. Esta información es utilizada para la compensación de la aceleración.

De este modo, las señales del sensor de presión de la admisión, no solamente son utilizadas para decidir la duración de la inyección básica, sino que también se utilizan para la identificación del cilindro y para la compensación de la aceleración.

* En el caso de un motor de 4 cilindros, la presión del aire de la admisión es utilizada como la presión promedio, ya que todos los múltiples están conectados. Como resultado, el sensor de presión de admisión, no puede detectar la identificación del cilindro y la carrera de admisión como en un motor monocilindrico.

2. Sensor de posición del acelerador (TPS)

El TPS se activa con 5V desde la ECU y envía un voltaje de regreso como una señal análoga. Este voltaje se decide por la posición de la escobilla de contacto de una resistencia variable.



El TPS envía un voltaje de regreso a la ECU como información del “ángulo de trabajo”, como se mencionó anteriormente. El TPS puede trabajar mecánicamente en un rango de 110 grados y la ECU usa una señal de 95 grados, por lo tanto, el TPS puede suministrar a la ECU una precisa señal de voltaje.

El TPS envía una señal de voltaje de 0.68 V cuando el acelerador está completamente cerrado. La CPU de la ECU determina si el motor está en condiciones de ralentí y controla la compensación del ralentí para incrementar la cantidad de combustible y mantener un ralentí estable.

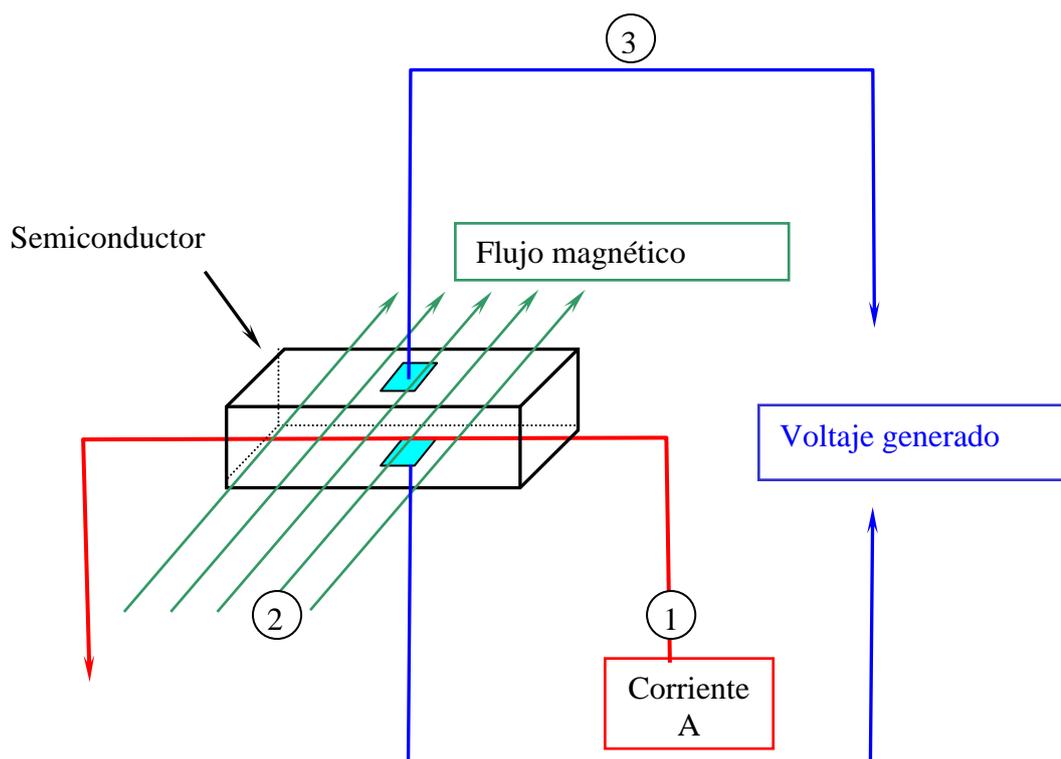
3. Sensores de elemento Hall

La ECU necesita señales confiables para poder controlar el motor con precisión. Un sistema de inyección de combustible utiliza varios sensores de “elemento Hall”. Un sensor de elemento Hall genera señales estables.

Las señales eléctricas de salida de elemento Hall, utilizan los “efectos Hall”, nombre de su inventor. Un elemento Hall está hecho de un semiconductor.

Si hay corriente suministrada a través de un objeto semiconductor cúbico y adicionalmente se agrega un flujo manéptico desde una dirección horizontal, entonces el voltaje se genera desde una dirección vertical.

Este efecto es llamado “Efecto hall”.



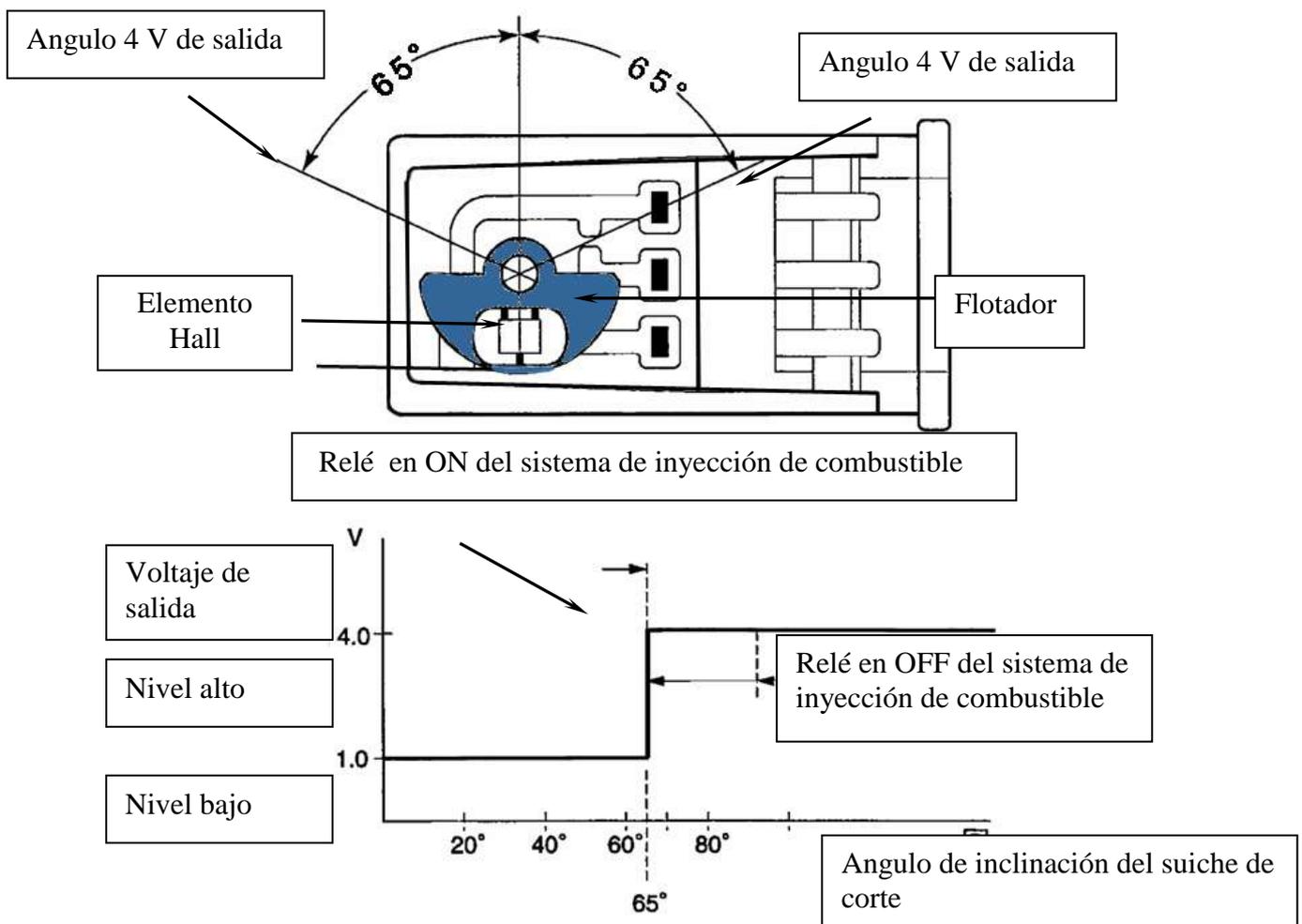
El suiche de corte del ángulo de inclinación, el sensor de identificación del cilindro, y el sensor de velocidad, son sensores de elemento Hall.

(1) Suiche de corte del ángulo de inclinación

El suiche de corte del ángulo de inclinación envía una señal a la ECU para suspender el sistema de inyección cuando la motocicleta se cae.

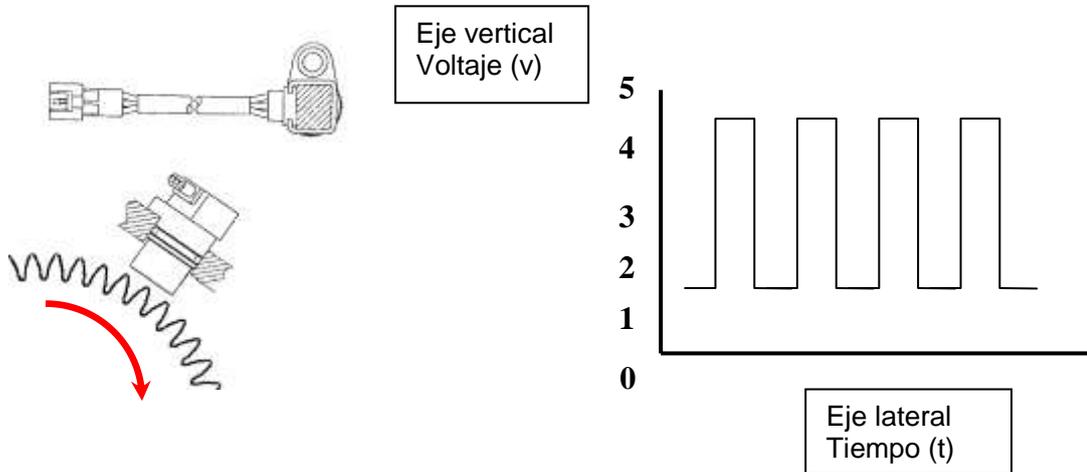
La ECU suministra un voltaje de 5 V al suiche de corte del ángulo de inclinación y el suiche de corte envía un voltaje de salida de 1 V de regreso a la ECU, cuando la motocicleta está en posición vertical. El ángulo de inclinación de algunas motocicletas es más de 45 grados durante las curvas, pero la fuerza centrífuga mantiene el flotador en el mismo ángulo de la motocicleta. Así, el movimiento del flotador, del suiche de corte del ángulo de inclinación, es muy pequeño, incluso si la motocicleta tiene un alto ángulo de inclinación en las curvas. De este modo, el suiche de corte del ángulo de inclinación envía una señal estable de 1 V a la ECU.

Cuando la motocicleta tiene un ángulo de inclinación de más de 65 grados, el suiche de corte envía una señal de salida de 4 V a la ECU, debido al cambio del flujo magnético generado por el flotador. La ECU determina que la motocicleta está caída y desactiva el relé principal del sistema de inyección de combustible.



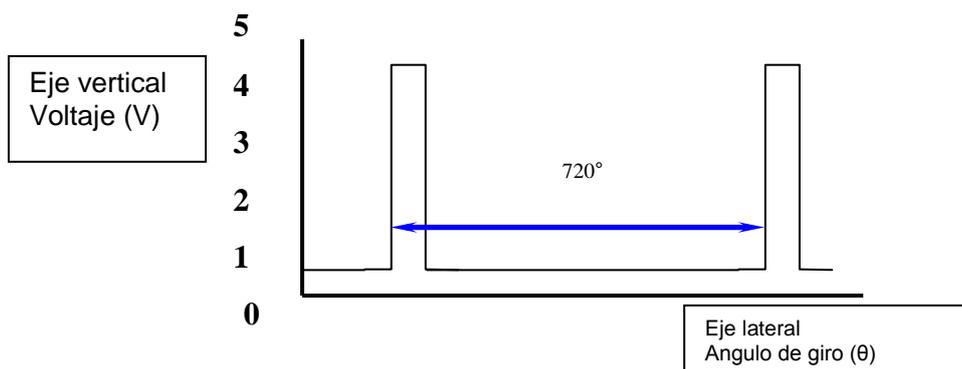
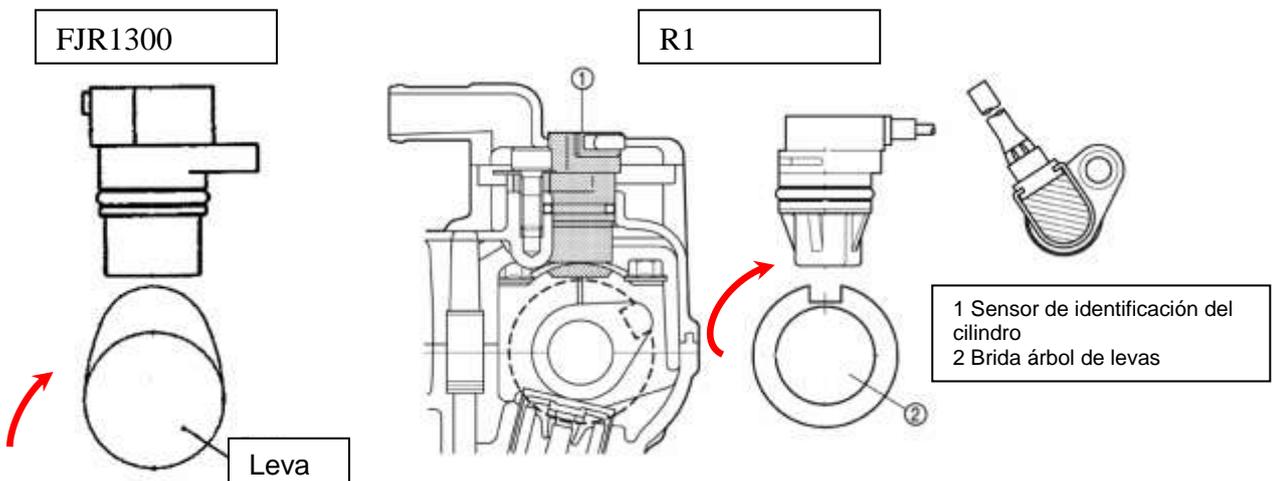
(2) Sensor de velocidad

El sensor de velocidad es un sensor de efecto Hall. La ECU envía una señal de 5 V al sensor de velocidad. El sensor de velocidad envía una señal de retorno a la ECU, basado en el cambio del flujo magnético, generado por los dientes de los piñones de la caja de la transmisión.



(3) Sensor de Identificación del cilindro

El sensor de identificación del cilindro es un sensor de efecto Hall y usualmente está instalado en el lado del escape de la cubierta de la culata. Cuando el lóbulo de la leva o una brida especial pasa el sensor, el sensor genera una señal y la envía a la ECU. La ECU determina, basada en esta señal, en que posición de la carrera está el motor. La ECU también recibe, la señal de posición, del sensor de posición del cigüeñal. La ECU determina el tiempo de inyección, basada en estas señales.



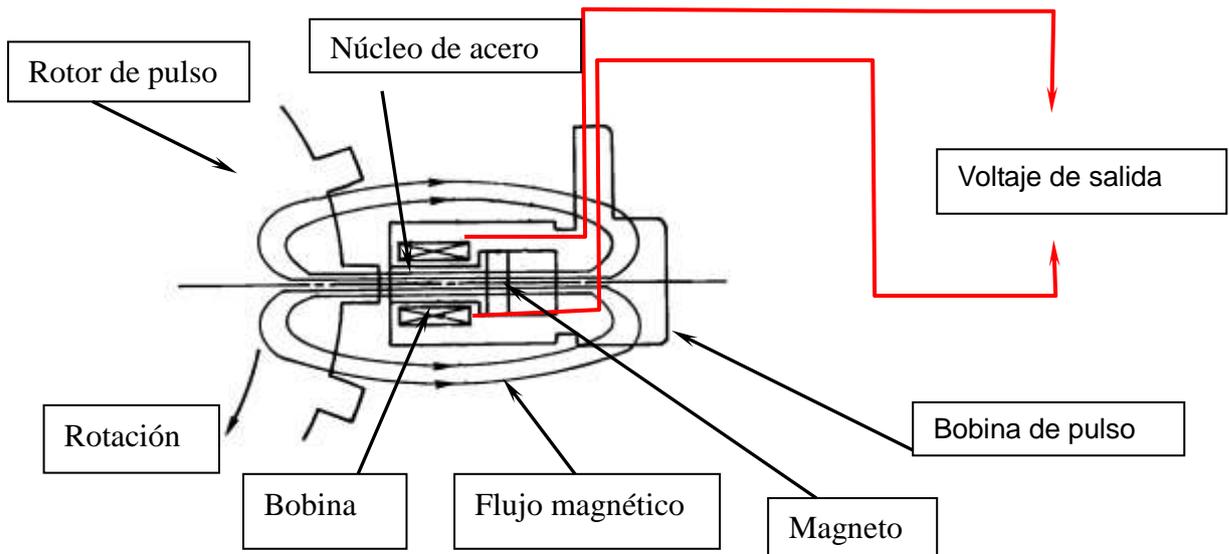
(4) Sensor de posición del cigüeñal

El sensor de posición del cigüeñal tiene una bobina de pulso y un rotor de pulso. El rotor de pulso gira con el cigüeñal y genera una corriente alterna (AC) cuando los dientes del rotor pasan por la bobina de pulso.

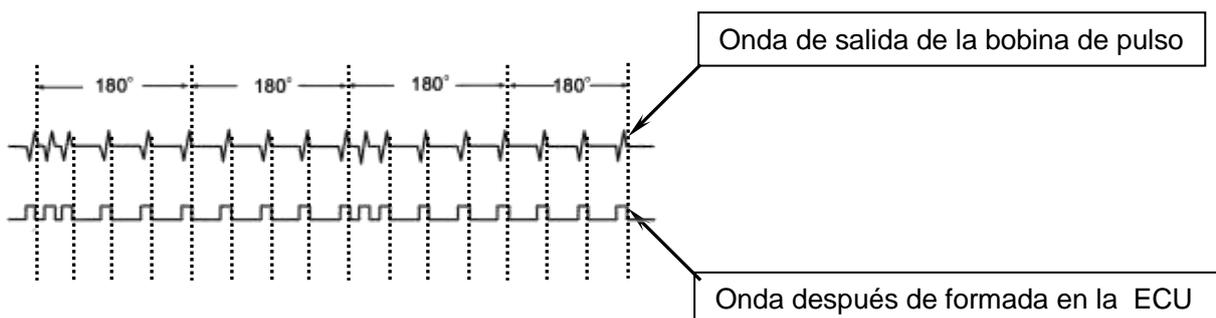
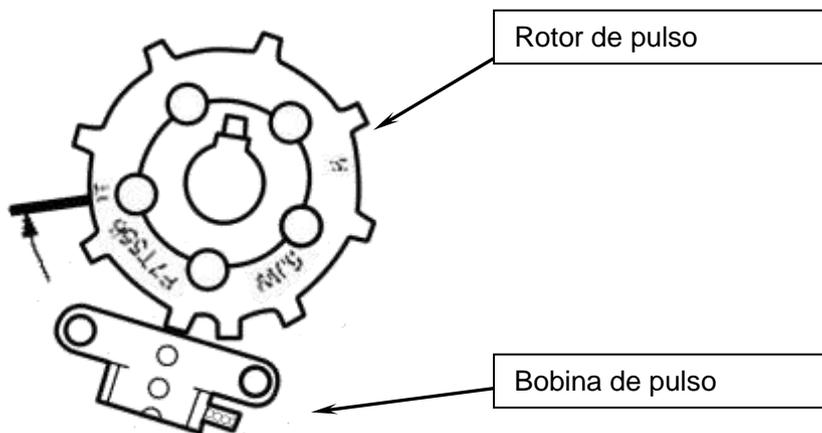
Con esta señal, la ECU puede determinar el ángulo del cigüeñal y las revoluciones del motor.

La ECU determina el tiempo de inyección y el tiempo de ignición basada en la señal del ángulo del cigüeñal.

La señal de las revoluciones del motor también es utilizada como información para la duración de la inyección básica, junto con las señales del TPS y del sensor de presión de la admisión.



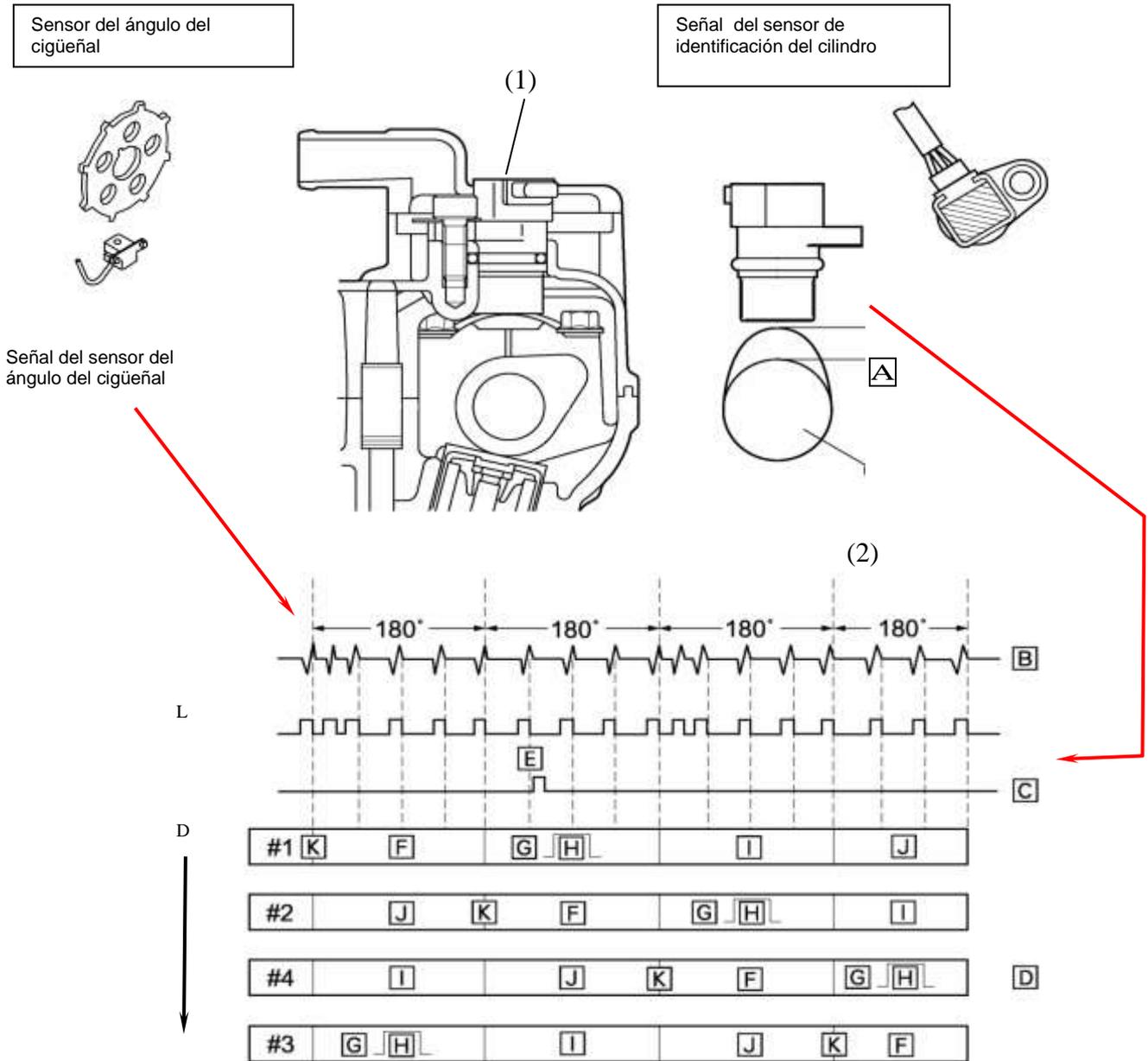
FJR1300



4. Detección del ángulo del cigüeñal

(1) Detección del ángulo del cigüeñal por el sensor de identificación del cilindro

En el caso de la inyección secuencial (Independiente), el tiempo de la inyección empieza a los 750 grados de un ciclo. La ECU determina que tan detallada es la posición del cigüeñal, basada en las señales del sensor de posición del cigüeñal y del sensor de identificación del cilindro.



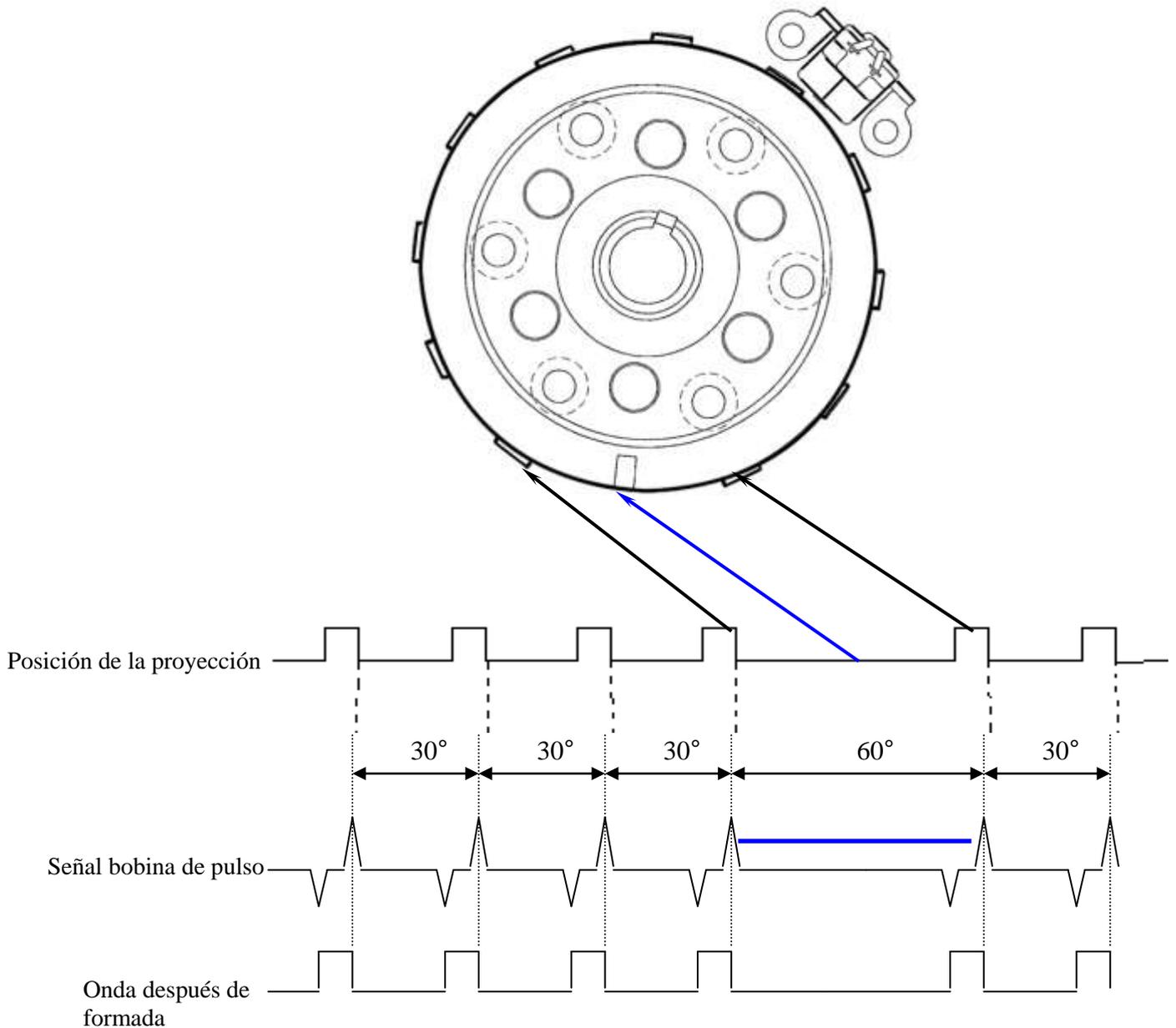
1	Sensor de identificación de cilindro
2	Arbol de levas
A	Lóbulo de la leva
B	Sensor ángulo del cigüeñal
C	Señal sensor de identificación del cilindro
D	Secuencia de la ignición
E	Punto de generación de la señal

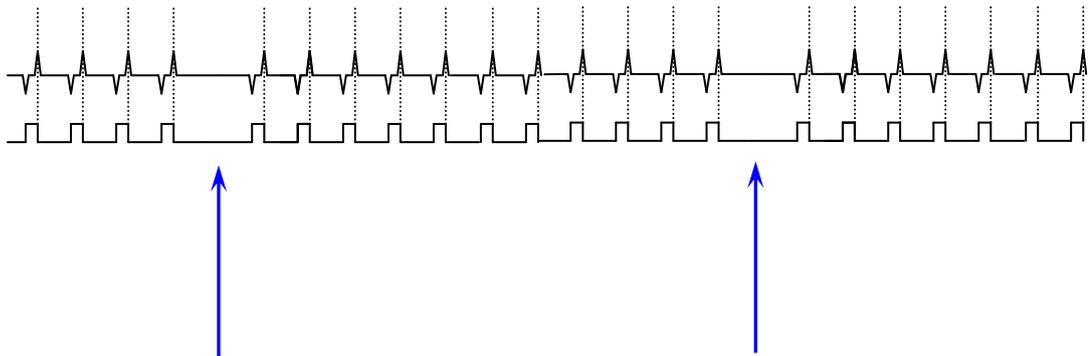
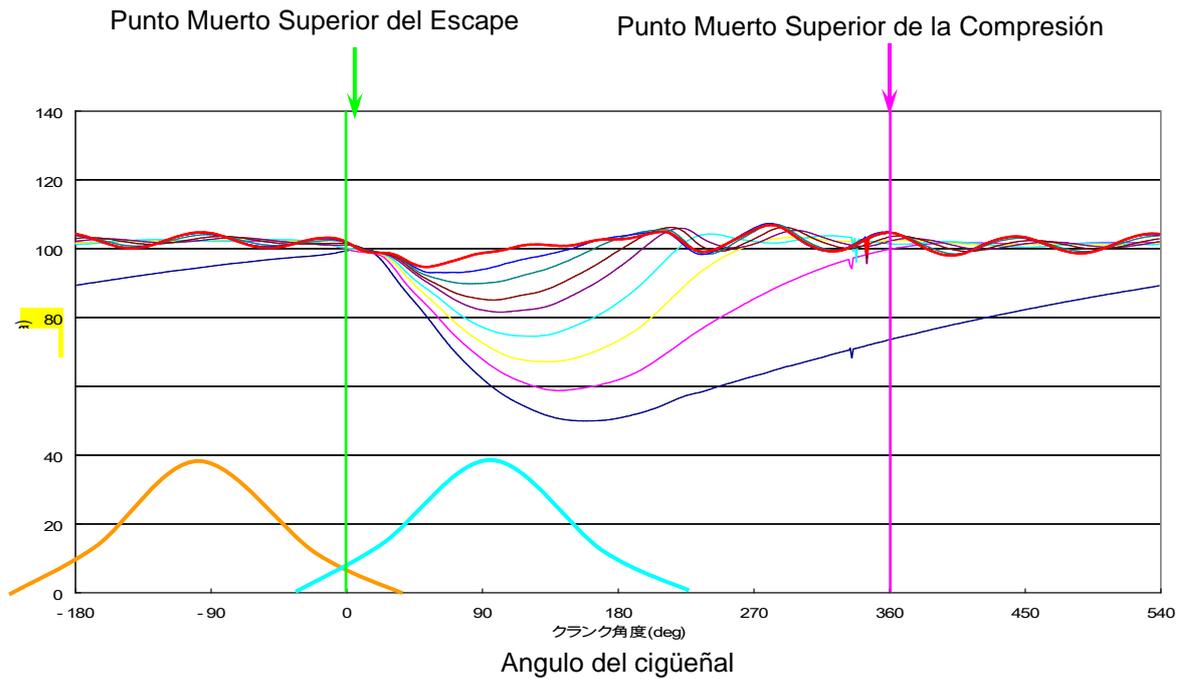
F	Combustión
G	Escape
H	Inyección
I	Admisión
J	Compresión
K	Ignición
L	Onda después de formada

(2) Detección ángulo cigüeñal por el sensor de presión del aire de admisión

La ECU puede detectar un ángulo preciso del cigüeñal utilizando el sensor de identificación del cilindro, como se explicó en el párrafo anterior. Pero la ECU no puede detectar con precisión el ángulo del cigüeñal utilizando las señales del sensor de presión del aire de la admisión.

Por lo tanto, el rotor de pulso determina detalladamente la posición del cigüeñal. Para tener certeza del ángulo del cigüeñal y no depender de la poca precisión del sensor de presión de la admisión, el rotor de pulso está equipado con uno de sus dientes fuera de la línea de los otros dientes del rotor, de este modo, no puede generar una señal periódicamente y como resultado, la ECU puede decidir la posición detallada del cigüeñal.





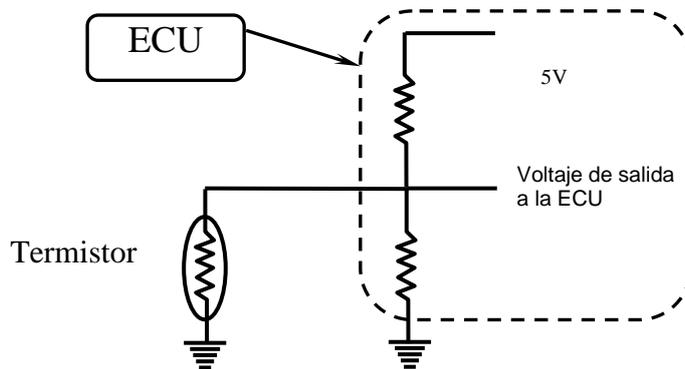
Así que usted puede ver el diente fuera de línea del rotor de pulso, dos veces por ciclo (dos veces cada 720 grados), y la detección de identificación del cilindro de la señal de presión del aire de la admisión, solamente una vez por ciclo. La ECU determina la posición precisa del cigüeñal utilizando estas dos señales.

5. Sensor de temperatura

Los sensores para detectar la temperatura del refrigerante del motor, la temperatura del motor y la temperatura del aire de la admisión, son utilizados como “Resistores Sensitivos Térmicos”. Un resistor sensitivo térmico es un semiconductor de cerámica que cambia la resistencia si la temperatura cambia. Un resistor sensitivo térmico es llamado generalmente, un “Termistor”. Hay 2 tipos de termistores, uno de ellos, es un termistor tipo NTC y el otro es un Termistor tipo PTC.

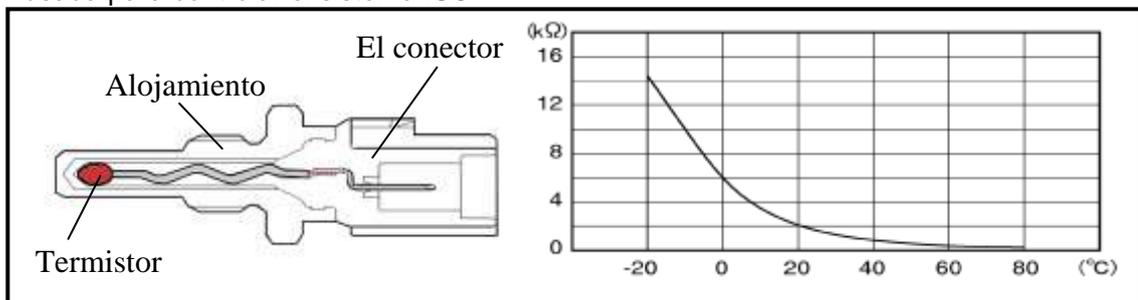
El tipo NTC tiene un coeficiente negativo de temperatura, lo que significa, que la resistencia disminuye, mientras la temperatura aumenta. El tipo PTC tiene un coeficiente positivo de temperatura, lo que significa, que la resistencia aumenta cuando la temperatura disminuye.

* El Termistor tipo PTC se utiliza en sistemas auto estranguladores (Auto Choke) para carburadores. La ECU suministra una señal de 5 V al termistor y detecta el voltaje dividido que el sensor de temperatura envía de regreso a la ECU. Este voltaje dividido cambia debido al cambio de resistencia del termistor.



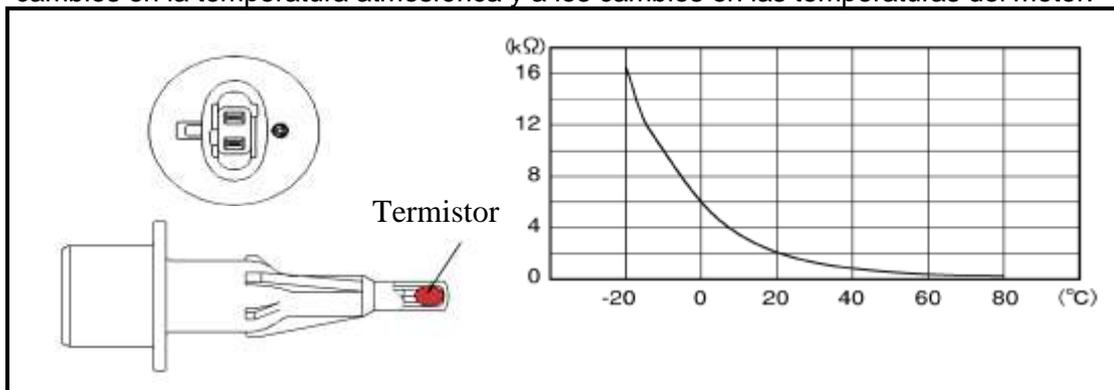
(1) Sensor de Temperatura del refrigerante

Las señales del sensor de temperatura del refrigerante se usan primeramente para compensar el volumen del combustible durante el calentamiento. Esta señal también es usada para controlar el sistema ISC.



(2) Sensor de Temperatura del aire de admisión

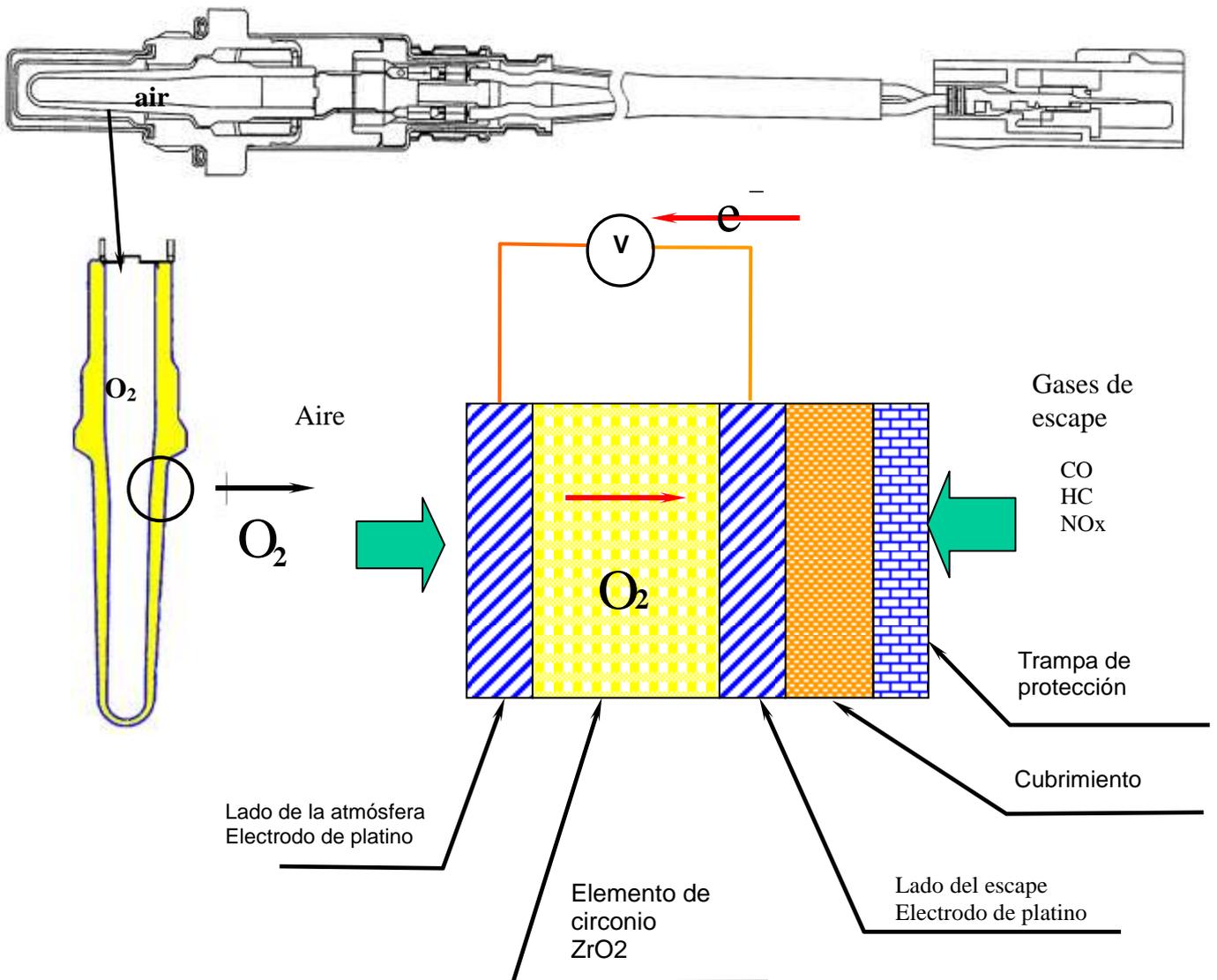
El sensor de temperatura del aire de admisión corrige la desviación de la mezcla aire/combustible generada por los cambios en la densidad del aire de admisión. Estos cambios son creados por las diferencias en la temperatura del aire a causa de los cambios en la temperatura atmosférica y a los cambios en las temperaturas del motor.



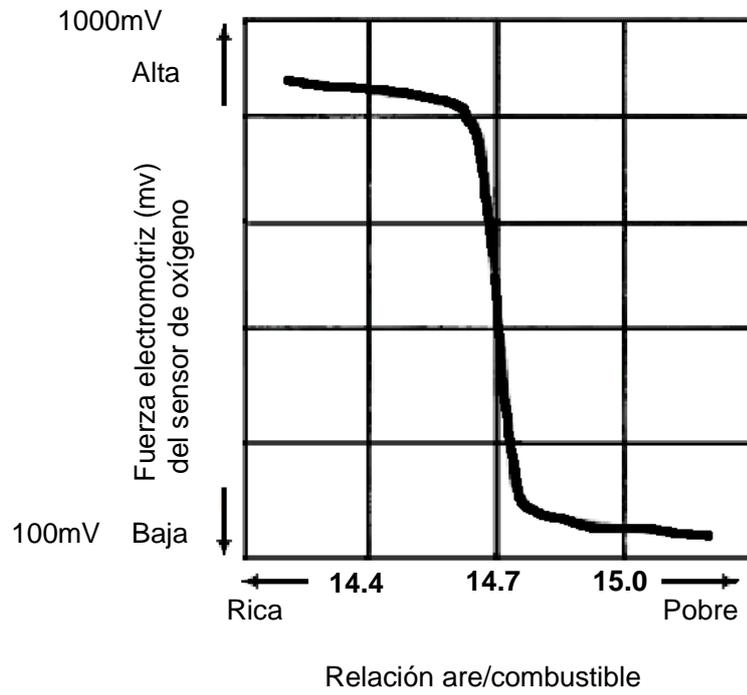
6. Sensor de Oxígeno (O₂)

El sensor de oxígeno convierte la densidad del oxígeno en el gas de escape, en una señal eléctrica.

Para detectar la densidad del oxígeno, se utiliza la característica de conductividad de los iones de oxígeno de un electrólito de zirconio duro estabilizado. El electrólito de circonio está formado dentro de un tubo de ensayo y tiene electrodos de platino en ambos lados. El exterior del sensor está expuesto a los gases de escape y el interior del sensor está expuesto al aire exterior, como un gas de referencia. Los materiales utilizados se hacen conductivos a los iones de oxígeno por encima de los 300 °C. Si hay una diferencia en la densidad del oxígeno en ambos lados del sensor, se generará un voltaje. Dependiendo de la densidad del oxígeno en el gas de escape, el sensor genera un voltaje de 800 – 1000 mV cuando la mezcla aire/combustible está rica ($\lambda < 1$) y sólo un voltaje de 100 mV cuando la mezcla de aire-combustible está pobre ($\lambda > 1$). Hay un límite claro entre una mezcla rica y una mezcla pobre a los 450 – 500 mV. El voltaje de salida del sensor es leído por la ECU, que puede compensar la duración de apertura del inyector si fuera necesario. Algunos modelos (TDM 900) utilizan un calentador dentro del sensor para minimizar su tiempo de activación.



El electrodo con circonio y platino genera un voltaje como sigue:



V. El control de la Inyección de Combustible

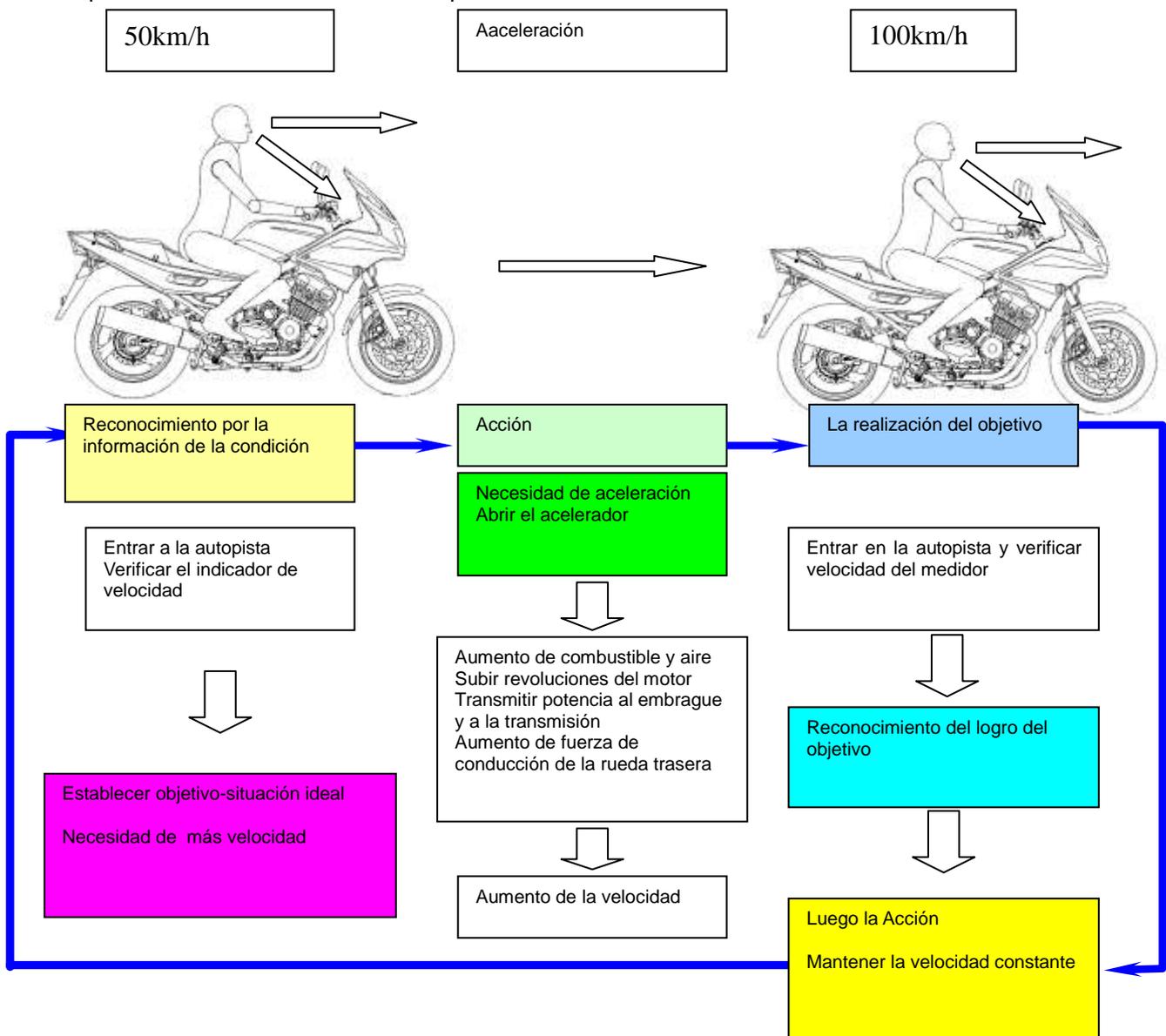
Nosotros hemos estudiado el sistema, la configuración y la función de cada componente del sistema de inyección de combustible. Luego, estudiaremos cómo el sistema se controla y consecuentemente, cómo el volumen y el tiempo de la inyección son determinados.

[1] Qué es el control?

Antes de describir el control del sistema de inyección de combustible, necesitamos saber, que es el control.

Como ejemplo, nosotros tenemos control de la conducción de la motocicleta. El ser humano controla una motocicleta basado en muchas informaciones para lograr su control. Usted puede comparar esto con el control del sistema de inyección de combustible.

Por ejemplo, el conductor desea tomar una autopista rápida. El conductor sabe que necesita más velocidad para ajustarse al promedio de velocidad de la autopista. Además de eso, el conductor sabe su real velocidad de la motocicleta. Entonces, el conductor se da cuenta que su velocidad no es suficiente comparada con la velocidad promedio de la autopista. Como consecuencia decide acelerar para ganar suficiente velocidad y emparejar su velocidad con el promedio de velocidad de la autopista.



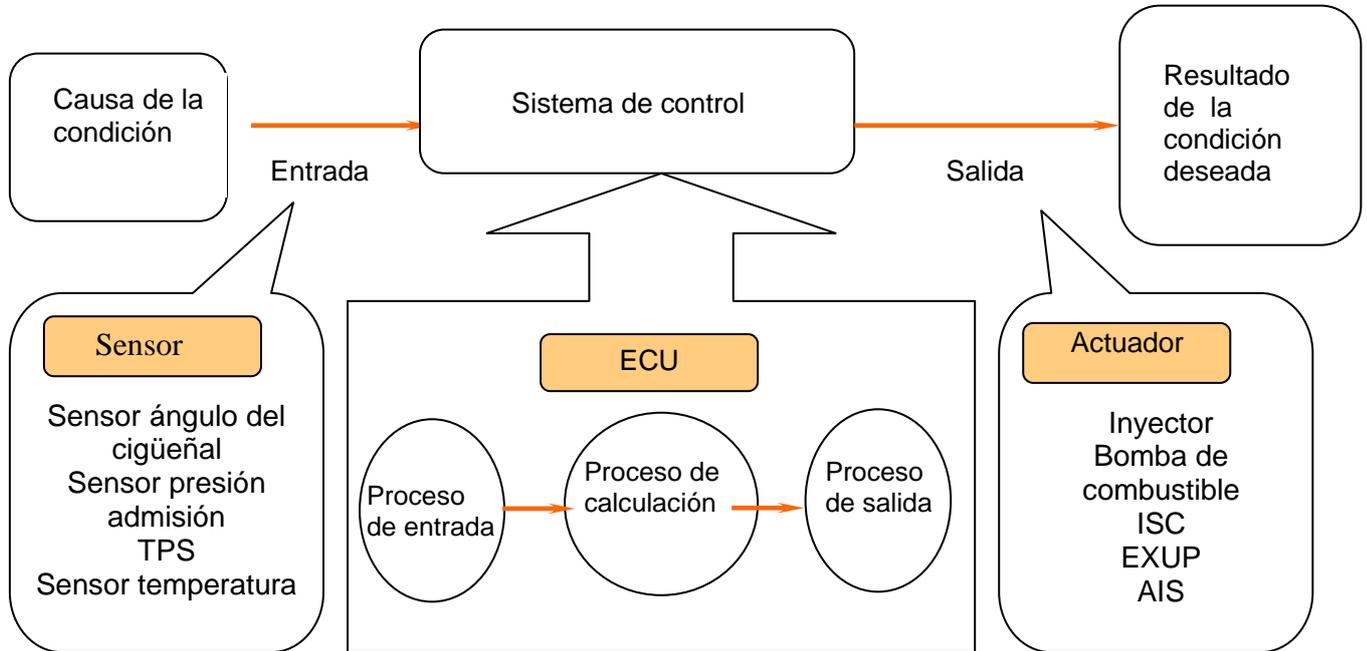
El control se mantiene en realización continuamente, como se explicó arriba.

Reconocimiento de la situación - Establecer objetivo - Acción - Realización del objetivo- Reconocimiento de la situación.

[2] Flujo y objetivo de la inyección de Combustible.

Verifiquemos todo el flujo del control de la inyección de combustible.

Flujo y objetivo del control:

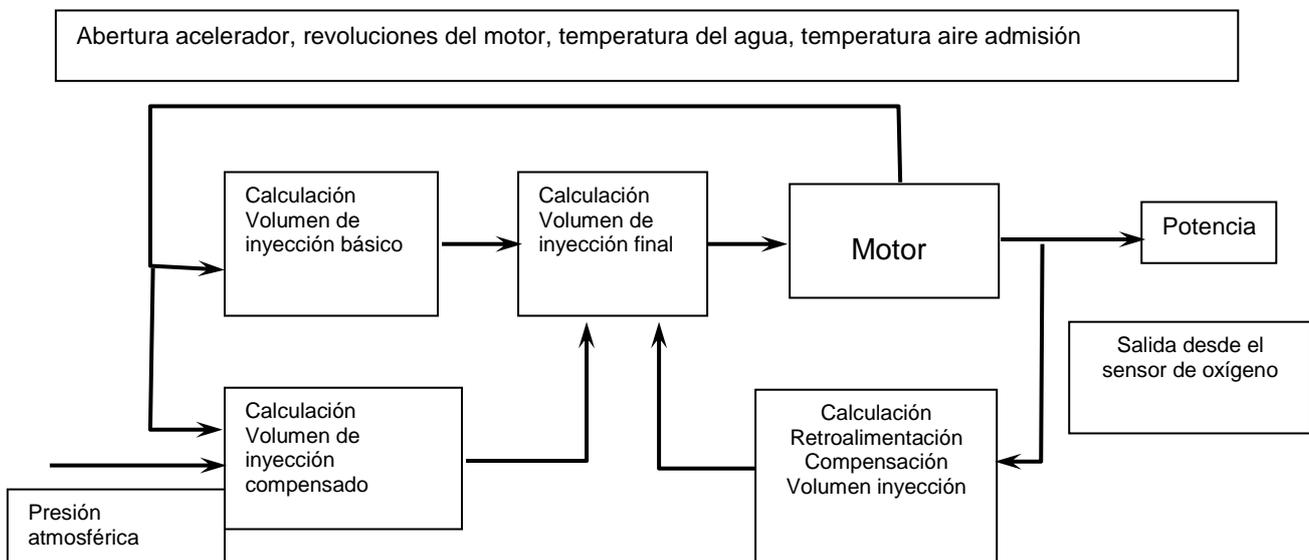


El objetivo del control de la ECU es el de realizar una óptima relación A/C. Esto significa que la ECU trata de alcanzar una combinación de la mejor potencia y un optimo consumo de combustible, en todas las condiciones de la conducción. La ECU puede controlar este flujo, utilizando varios sensores y actuadores.

La ECU detecta las condiciones reales del motor desde la información de los sensores y calcula las condiciones ideales, para esa situación real. Luego, la ECU calcula el volumen necesario de inyección y después decide la duración y el tiempo de la inyección y el tiempo de la ignición. Las condiciones del motor cambian continuamente durante la conducción.

Así, la ECU mantiene el control para alcanzar una combustión óptima, calculando continuamente.

El diagrama del bloque del control de la inyección de combustible:



[3] Volumen de la inyección

La ECU calcula el control de la inyección necesaria, basada en las señales de varios sensores, los datos de las memorias ROM y RAM almacenados en la ECU y luego decide la duración de la inyección, el tiempo de la inyección y el tiempo de la ignición. El volumen de la inyección es uno de los puntos más importantes que la ECU necesita controlar, ya que éste es uno de los puntos que afecta directamente la combustión y el rendimiento. El volumen final de inyección está basado en dos controles: control del volumen de inyección básica y el control del volumen de la inyección de compensación.

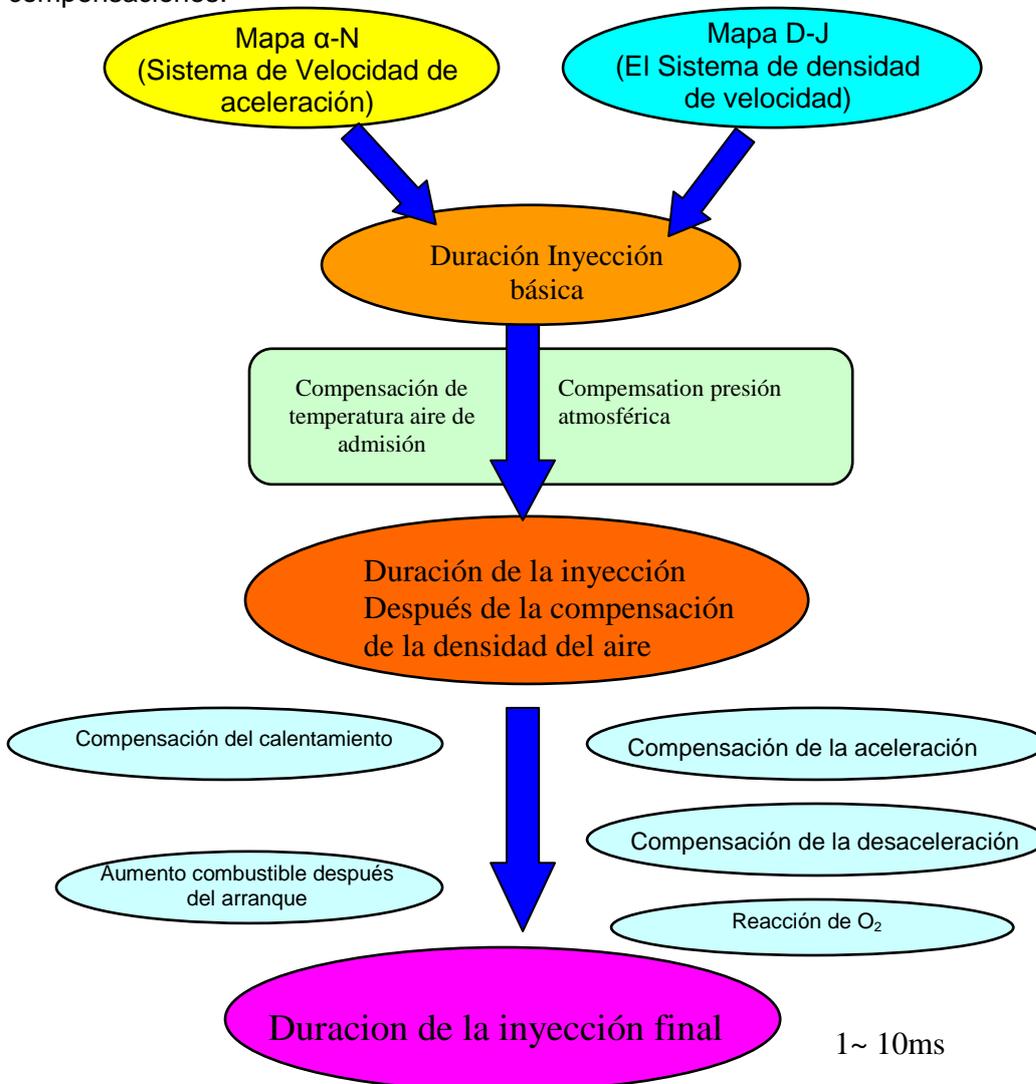
En las motocicletas Yamaha, los sistemas de control de la inyección de combustible, la ECU tienen dos mapas.

1. Mapa α - N (método de Velocidad de Aceleración) que utiliza las revoluciones del motor y el ángulo del acelerador.

2. Mapa D-J (Sistema de densidad de Velocidad) que utiliza la presión del múltiple de admisión y las revoluciones del motor.

La ECU calcula la duración de la inyección básica de combustible basada en estos dos mapas, adicionalmente calcula la duración de la compensación basada en las señales de varios sensores.

La decisión de la inyección de combustible es como sigue. Este ejemplo no incluye todas las compensaciones.



Como se muestra en la figura arriba, el volumen de la inyección básica se decide primero y adicionalmente la duración de la inyección de compensación se decide con base en muchas compensaciones. La duración de la inyección final se decide para cumplir con los requerimientos de rendimiento y emisiones.

1. Duración de la inyección básica

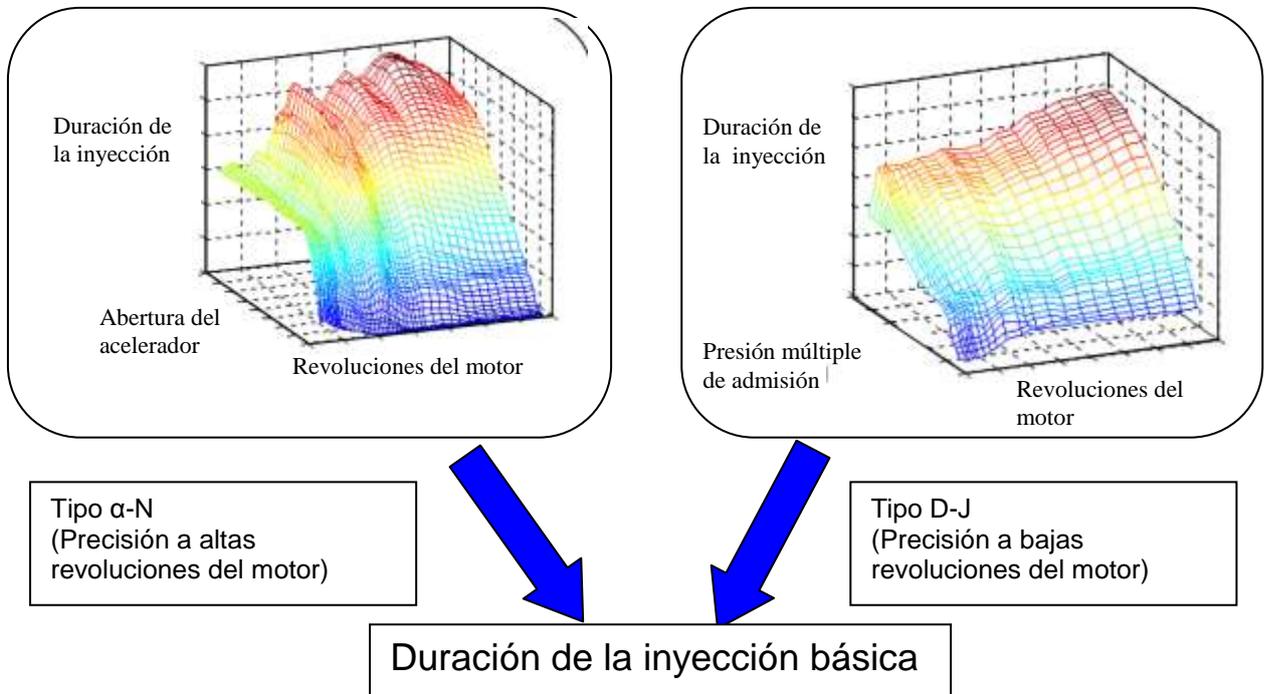
Los sistemas del tipo de flujo de masa son comunes para los sistemas de inyección de combustible en los automóviles. Pero el tamaño del cuerpo de una motocicleta es más pequeño que el de un automóvil y tiene muchas restricciones para proveer el espacio necesario para ubicar el medidor del flujo de aire. Además de eso, la resistencia del medidor del flujo de aire es más grande comparado con otros sistemas. Por lo tanto, los sistemas de control de la inyección de combustible de las motocicletas utilizan principalmente los tipos D-J y α -N (sistema de densidad de velocidad y sistema de velocidad del acelerador). Pero cada sistema tiene diferente carácter en relación con la cantidad de flujo de aire, revoluciones del motor, ángulo del acelerador y presión en el múltiple de admisión. Por esta razón, se utiliza la combinación más conveniente de estos sistemas para alcanzar los requerimientos de cada motocicleta.

(1) Combinación tipo α - N y tipo D-J

La mayoría de las motocicletas de alta cilindrada usan la combinación de dos sistemas para decidir la duración de la inyección básica: el tipo α -N y el tipo D-J.

1. El tipo α -N (método velocidad acelerador) es un sistema basado en la velocidad del motor y la abertura del ángulo del acelerador. El volumen del aire de la admisión es proporcional con la abertura del ángulo del acelerador a altas velocidades del motor pero la precisión a bajas velocidades no es muy alta.
2. El tipo D-J (método densidad velocidad) es un sistema basado en las revoluciones del motor y la presión en el múltiple de admisión. El volumen del aire de la admisión es proporcional con la presión del múltiple de admisión a bajas velocidades del motor pero la precisión a altas velocidades del motor no es tan alta.

Por esta razón, los sistemas de inyección para las motocicletas utilizan las partes más precisas de estos dos sistemas para obtener un control más preciso del sistema de inyección de combustible. Los mapas en 3D de los tipos α -N y D-J son utilizados ambos y la ECU cambia de un método a otro, basada en la velocidad del motor.



(2) En el caso del sistema de flujo de masa (en automóviles)

En los sistemas de flujo de masa, la ECU detecta el volumen de aire de admisión con un medidor de flujo de aire. La ECU divide el valor del sensor de flujo de aire por la velocidad del motor. Luego, la ECU puede calcular el volumen del flujo de aire por ciclo. Así, la ECU calcula el combustible necesario basada en este flujo de aire por ciclo y decide la duración de la inyección básica.

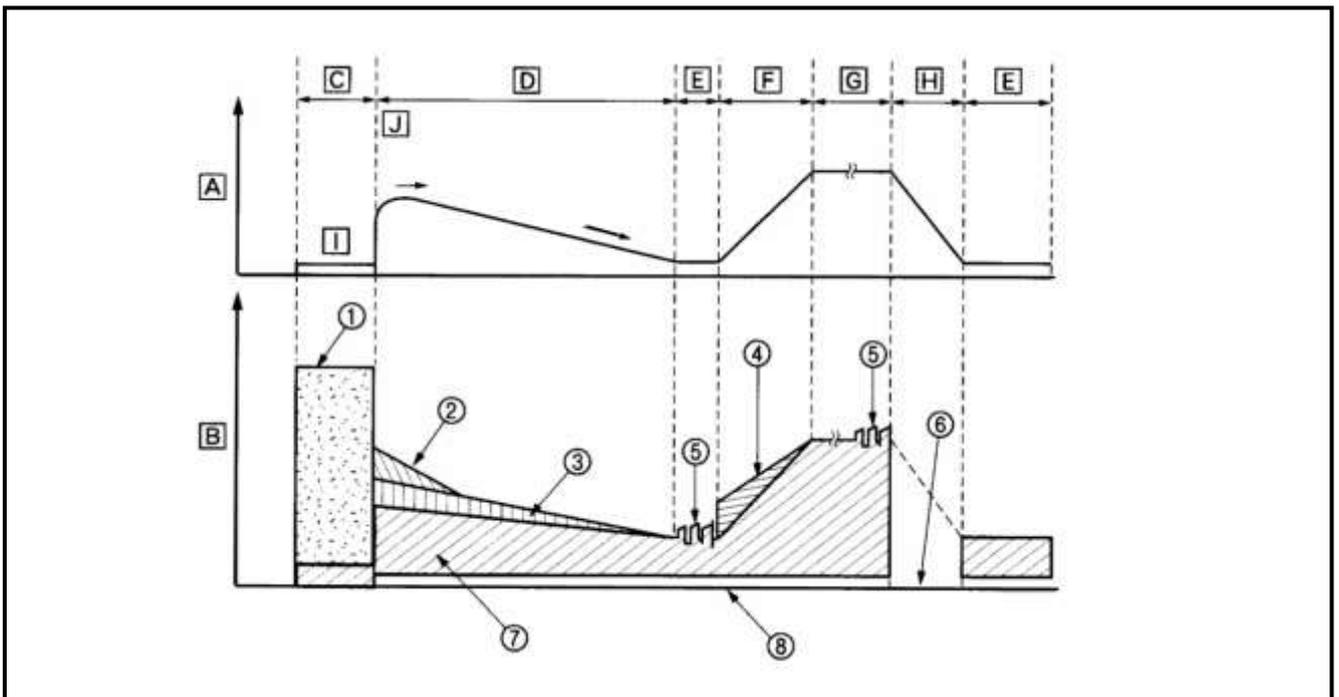
2. Compensaciones varias

La duración de la inyección básica se decide de acuerdo a los procedimientos del párrafo 2, pero además de eso, hay muchos cambios en la conducción de la motocicleta, condiciones del tiempo, posición y condición del motor por el mismo. Por este motivo, después de que la ECU ha determinado la duración de la inyección básica, agrega varias compensaciones para optimizar las condiciones de cambios continuos de una motocicleta.

En este párrafo se describen estas varias compensaciones.

Hay básicamente dos compensaciones típicas:

1. La compensación para cambios de la masa de aire de admisión.
2. La compensación para cambios en la atomización del combustible y las condiciones de adhesión proveniente de las diferencias de temperatura en el múltiple y el quemado de la mezcla en la cámara de combustión.



(1)	La inyección al comenzar	A	RPM
(2)	Después de empezar el enriquecimiento	B	Duración de la inyección
(3)	Enriquecimiento del calentamiento	C	Cigüeñal
(4)	La compensación de aceleración	D	El precalentamiento
(5)	La reacción de oxígeno	E	Ralentí
(6)	Compensación de la desaceleración por corte de combustible	F	Aceleración
(7)	La duración de la inyección básica	G	Constante
(8)	La duración de compensación del voltaje	H	Desaceleración
		I	Arranque
		J	Después de arranque

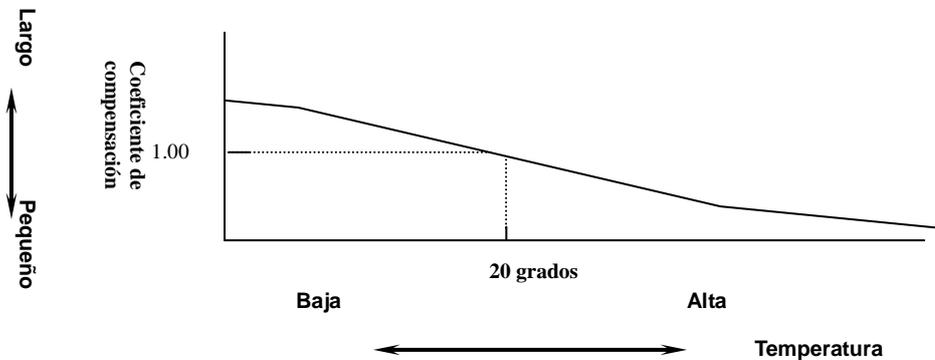
De este modo, la duración de la inyección final se decide por la adición de varias compensaciones, con el fin de optimizar la relación A/C, teniendo en cuenta las condiciones de cambio de la motocicleta.

La duración de la inyección es máxima durante las condiciones de potencia máxima. Esta duración está decidida con base en la duración de un ciclo menos el tiempo de reposo del inyector.

(1) Compensación para la temperatura del aire de la admisión

La densidad de aire es alta (pesada) a temperaturas bajas del aire de admisión y es baja (ligera) a altas temperaturas del aire de admisión. Si la densidad del aire cambia, los requerimientos de combustible cambian consecuentemente.

De este modo, el coeficiente de compensación está basado en la temperatura del aire de la admisión y el volumen de la inyección se aumentará cuando la temperatura del aire de la admisión es baja.



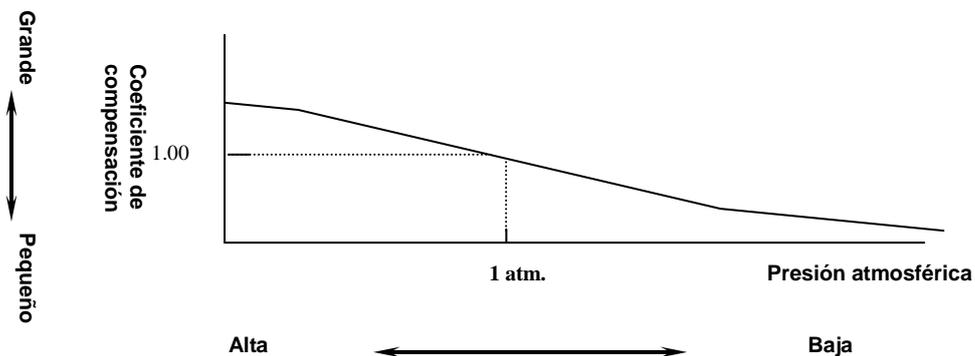
(2) Compensación para la presión Atmosférica

La presión atmosférica es alta a nivel del mar y baja a altas altitudes. Si la presión atmosférica cambia, la densidad del aire también cambia.

La presión atmosférica alta contiene más oxígeno. Por este motivo, se deben aplicar compensaciones para los cambios en la presión atmosférica y el volumen de la inyección se debe aumentar cuando la presión atmosférica es alta.

La compensación atmosférica no se aplica para motocicletas de pequeñas cilindradas, debido a que éstas ya tienen un sistema de detección de la presión del aire de la admisión. En este caso, los cambios en la densidad del aire están reflejados cuando se detectan cambios en la presión del aire de la admisión.

La situación para los automóviles que usan el sistema tipo D-J (método flujo de masa) es el mismo que el de las motocicletas de pequeña cilindrada. Pero algunos automóviles tienen un sistema de compensación atmosférica debido a que la presión de los gases del escape podría estar afectada por la presión atmosférica.



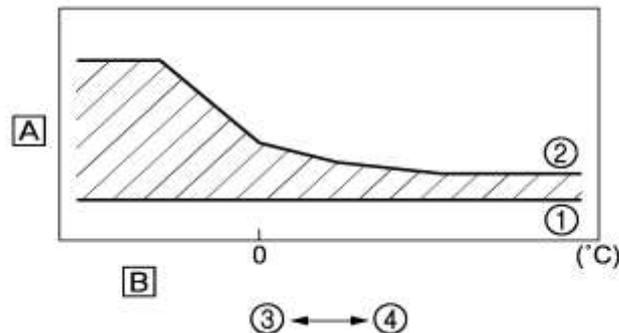
(3) Inyección y compensación para el arranque y después del arranque

(1) Inyección para el arranque

El motor de arranque gira el cigüeñal cuando el conductor pulsa el suiche de arranque, pero las revoluciones del motor son bajas comparadas con el funcionamiento normal. Por este motivo, el volumen de aire de la admisión no es proporcional a la presión del aire de admisión. Esto significa, que la ECU no puede detectar el volumen de aire necesario. Además de eso, las revoluciones del motor no son suficientemente altas para detectar con precisión el ángulo del cigüeñal y poder decidir el tiempo de la inyección.

Por este motivo, el volumen de inyección necesario para el arranque está programado en la ECU y la cantidad requerida de combustible es inyectada directamente, después de recibir la señal de arranque (señal digital del suiche del arranque). El combustible no es inyectado en sincronización con la posición del cigüeñal. Esta inyección es llamada inyección no sincronizada.

La inyección necesaria para el arranque es decidida por la temperatura del motor o por la temperatura del refrigerante. El coeficiente del volumen de inyección para el arranque aumentará cuando el motor está frío y disminuirá cuando esté caliente.

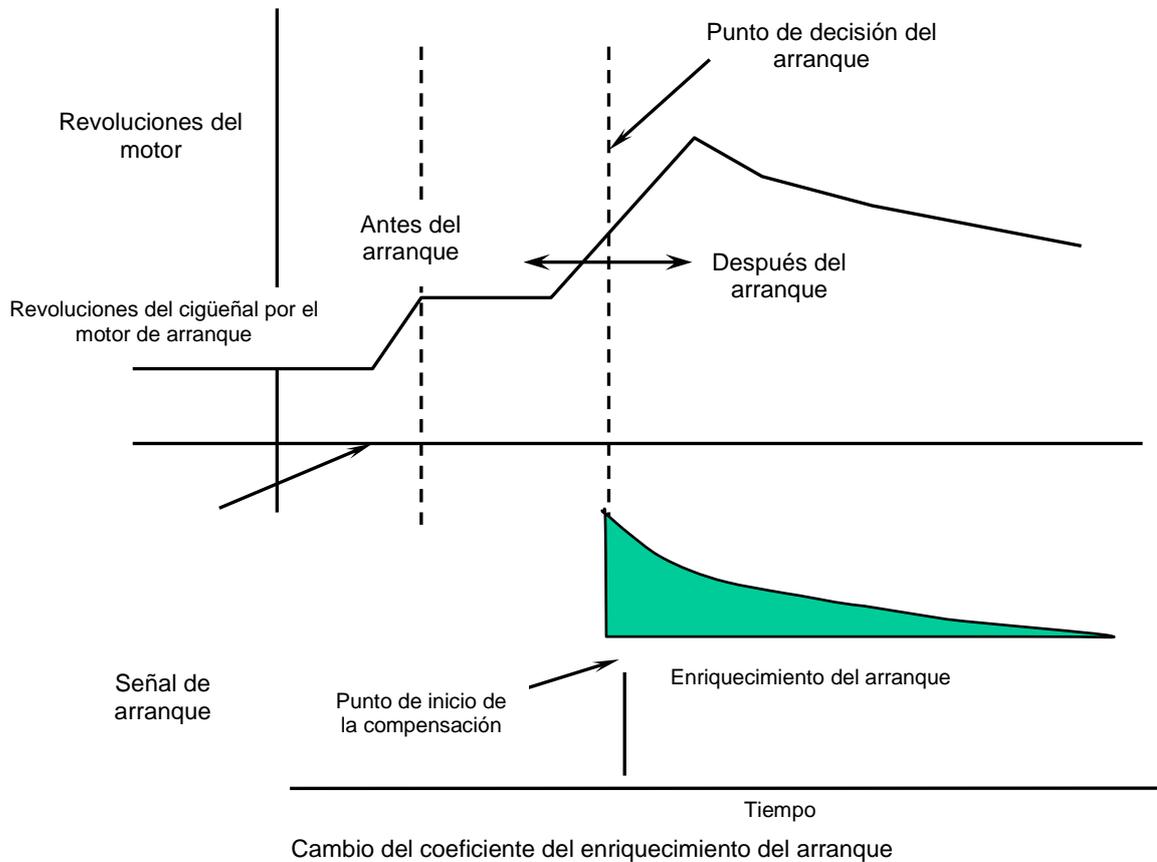


(1)	Duración de la inyección básica	A	Duración de la inyección total
(2)	Duración inyección para la compensación	B	Temperatura del agua o del motor
(3)	Temperatura baja		
(4)	Temperatura alta		

2) Compensación de enriquecimiento después del arranque

La combustión continuará inestable después de arrancar el motor en frío, sino hay compensación para después del arranque. De este modo, finaliza la inyección para el arranque y ahora la ECU agrega la duración de la inyección enriquecida para tener un ralentí estable. Este es un sistema similar al estrangulador (Choke). La diferencia para enriquecer el arranque del motor entre la inyección de combustible y el sistema de choke, es que el choke, es operado por el conductor.

Si el motor es arrancado se juzga por las revoluciones del motor. La duración de la compensación después del arranque es proporcionalmente opuesta a la temperatura del motor. El coeficiente de compensación está programado para que el volumen de inyección aumente cuando el motor está frío y disminuya cuando el motor está caliente.

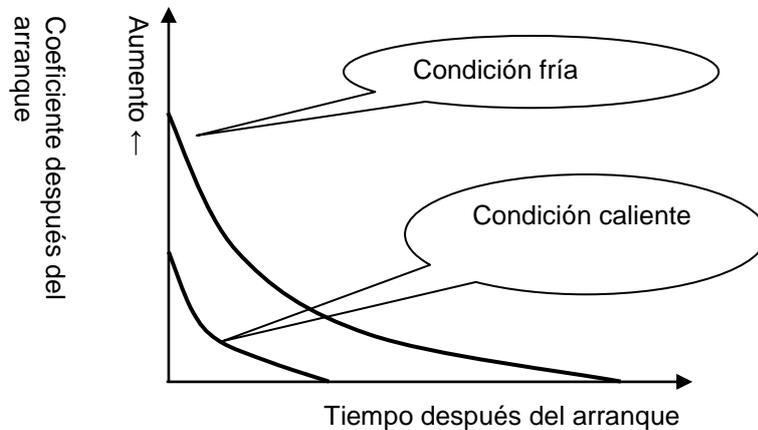


3) Compensación de enriquecimiento para el calentamiento

El combustible que es inyectado en el múltiple de admisión, no está completamente atomizado y no alcanza completamente la cámara de combustión. El combustible inyectado se puede pegar en las paredes interiores del múltiple de admisión y en la válvula de admisión. Después de eso, el combustible se evapora y toma el calor del múltiple y de la válvula de admisión. Finalmente, el combustible entra a la cámara de combustión. En el caso de un motor en condiciones frías, algo de combustible puede entrar a la cámara de combustión sin evaporarse (esta situación se presenta tanto en los sistemas de inyección como en los sistemas de carburador).

El combustible amontonado cambia con los cambios de temperatura del motor (múltiple de admisión). Mucho combustible se adhiere después del arranque, mientras el motor está frío y luego se evapora rápidamente, cuando el motor se calienta. Después de que el múltiple de admisión se calienta, el combustible amontonado disminuye y la compensación del volumen de inyección también disminuye para cumplir con los requisitos de la duración de la inyección básica.

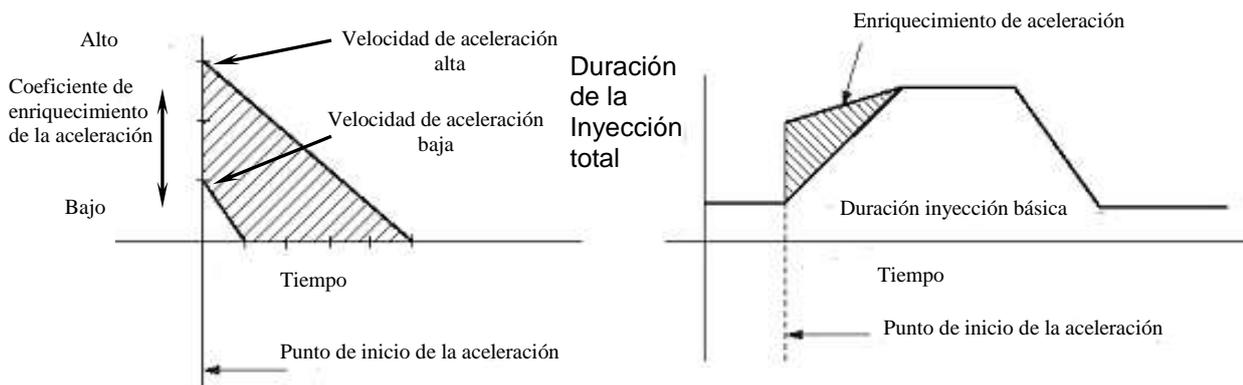
De este modo, el enriquecimiento del volumen de inyección es compensado, de acuerdo con las temperaturas del agua o del refrigerante y el tiempo de duración después del arranque.



(4) Compensación de enriquecimiento para la aceleración

Cuando el conductor abre el acelerador para la aceleración, el aire aumenta drásticamente pero el combustible suministrado demora y por lo tanto, la evaporación también. La relación A/C se hace pobre y como resultado la aceleración no será muy pareja.

La ECU aumenta la cantidad de combustible para acomodarse al rápido aumento del aire y a la demora en la evaporación del combustible. El enriquecimiento de la aceleración suministra suficiente combustible mientras se acelera. La ECU determina si la motocicleta está en condiciones de aceleración por los cambios en la velocidad del ángulo de aceleración y por los cambios en la presión del aire de la admisión por ciclo. Si el valor de estos cambios está por encima de un valor especificado, entonces la ECU aumenta el coeficiente de enriquecimiento. Si estas relaciones de cambios de la aceleración son pequeñas, la aceleración es lenta y la ECU reduce el coeficiente de enriquecimiento para optimizar la relación A/C.



(5) Compensación de la desaceleración

La relación A/C será rica durante la desaceleración, porque el combustible adherido en las paredes del múltiple de admisión será succionado por la cámara de combustión, debido al aumento de la presión negativa. Por este motivo, el volumen de inyección de combustible debe ser reducido para evitar que la relación A/C se haga demasiado rica. Este control es llamado "Compensación de la Desaceleración". Una cantidad de la compensación será más grande cuando el motor está frío, debido a que el combustible se adhiere más en condiciones más frías.

(6) Corte de combustible en la desaceleración y en las sobre-revoluciones

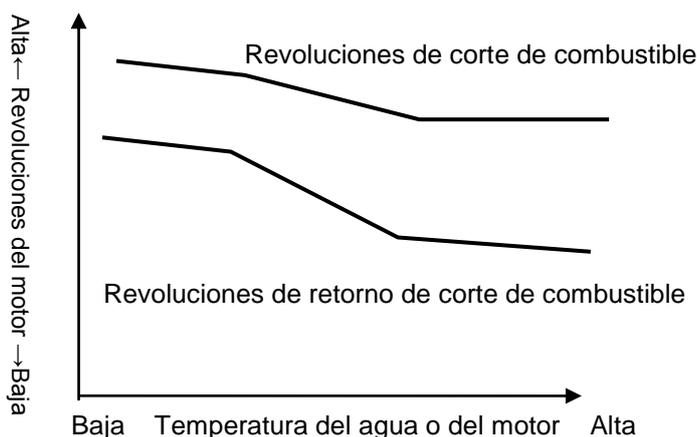
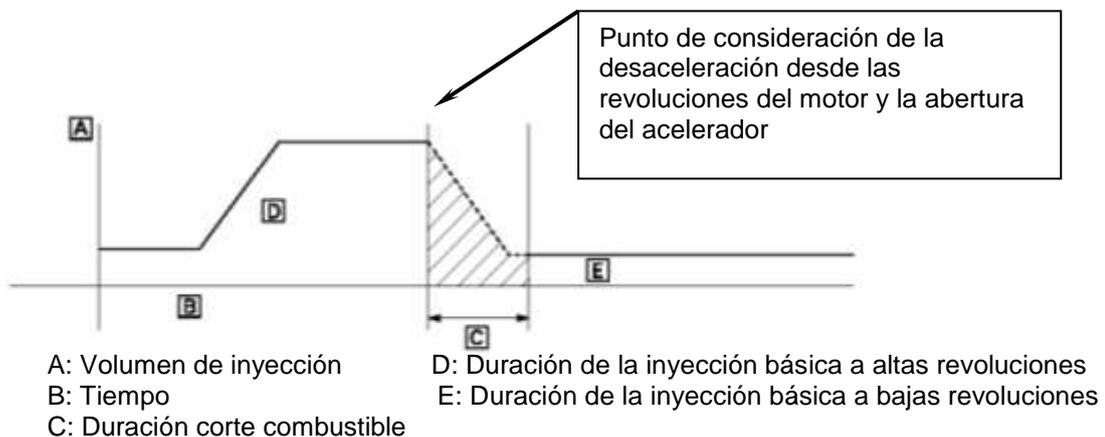
La inyección de combustible se corta cuando la desaceleración continúa por mucho tiempo y durante las sobre-revoluciones del motor. Además de eso, el corte de combustible se realiza para lograr un mejor consumo de combustible y emisiones más limpias, el corte de combustible se aplica durante las sobre-revoluciones para proteger el motor.

La ECU determina el corte de combustible durante la desaceleración, basada en el ángulo de abertura del acelerador y las revoluciones del motor. El suministro de combustible se corta cuando las revoluciones del motor son altas y el acelerador está cerrado. Después del corte de combustible, la ECU inyecta nuevamente, si las revoluciones del motor caen hasta las revoluciones especificadas o si el acelerador se abre hasta el ángulo especificado.

El valor para las revoluciones del motor, cuando empieza el corte del combustible, es llamado, "Revoluciones de Corte de Combustible". El valor para las revoluciones del motor cuando la inyección de combustible continúa nuevamente, es llamado "Revoluciones de Retorno de Corte de Combustible".

La ECU suspende inmediatamente el corte de combustible y retorna a su modo normal, si el acelerador se abre durante la desaceleración.

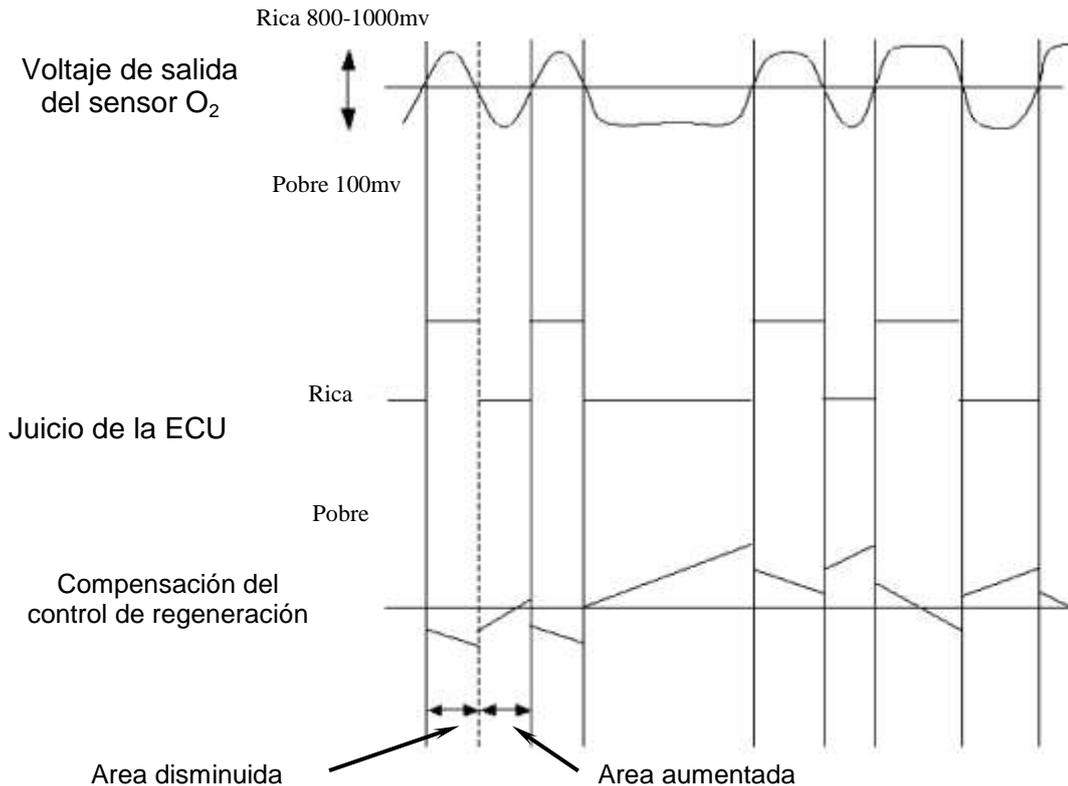
La velocidad del ralenti cae más, cuando la temperatura del motor o del agua es fría. En ese caso, el motor tiende a pararse. Por lo tanto, las revoluciones de retorno del corte de combustible, con el motor frío, están programadas a revoluciones más altas comparadas con las del motor en condición caliente.



(7) Control de la regeneración del O₂

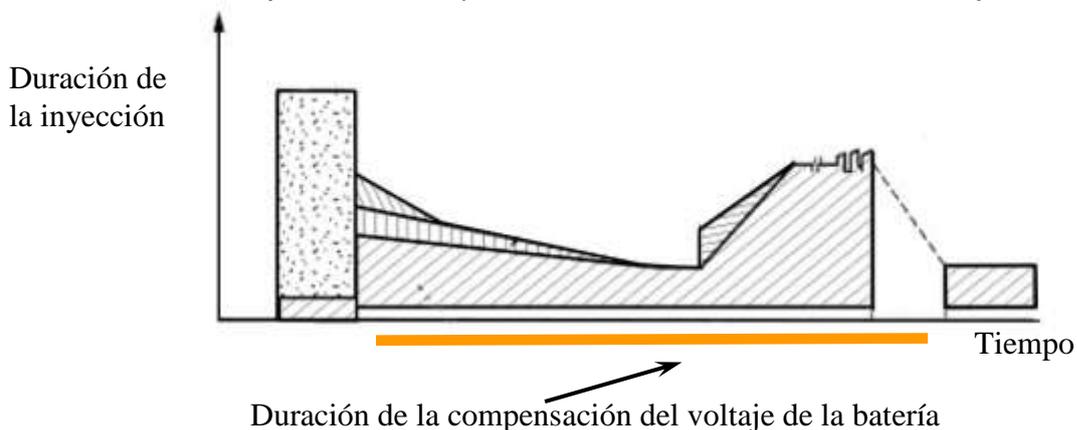
Algunos modelos están equipados con un control de regeneración de O₂. Está hecho basado en la densidad del O₂ en los gases de escape para una óptima activación de un catalizador de 3-vías. Un catalizador de 3-vías realiza la más eficiente purificación de CO, HC y NO_x, debido a que la relación A/C está cerca de la relación estequiométrica, 14.7: 1 (como se explicó en un capítulo anterior).

La regeneración está controlada por el voltaje de salida del sensor de O₂ en el escape. La ECU puede determinar la condición del motor, basada en el voltaje del sensor de O₂. La salida del sensor de O₂ es alrededor de 800-1000 mV más, cuando la relación A/C es más rica que el valor de la estequiométrica. El voltaje de salida del sensor de O₂ es alrededor de 100 mV cuando la relación A/C es lineal al valor estequiométrico.



(8) Compensación del voltaje de la batería

El voltaje de la batería afecta el tiempo de la abertura del inyector (esto se mencionó en el párrafo del inyector). Si el voltaje de la batería es bajo, el tiempo de abertura del inyector es más largo. Y si el voltaje de la batería es alto, el tiempo de abertura del inyector es más corto. Como resultado, el volumen de la inyección también cambiará. Por lo tanto, el volumen de la inyección es compensado debido a los cambios en el voltaje de la batería.



(9) Control de las sobre-revoluciones

Como se mencionó en el párrafo 3-2-6, la ECU protege el motor, controlando el sistema inyección, durante las sobre-revoluciones. La ECU corta el suministro de combustible cuando la velocidad del motor alcanza unas revoluciones específicas. Pero si el combustible se suspende instantáneamente, la motocicleta se frenará bruscamente, lo que puede afectar su control. De este modo, cuando la velocidad del vehículo es alta, la ECU corta el suministro de combustible a 2 cilindros y luego continúa cortando el suministro a todos los cilindros, si la velocidad del vehículo continúa en aumento (en el caso de los modelos con 4 cilindros). Si la velocidad del vehículo disminuye, la ECU continúa nuevamente con la inyección.

(10) Control en las caídas (volcarse)

El suiche de corte del ángulo de inclinación detecta el ángulo de inclinación de la motocicleta y envía una señal a la ECU. Si la ECU recibe una señal alrededor de 4 V, significa que la motocicleta tiene un ángulo de inclinación de más de 65 grados. Entonces, la ECU apaga completamente el sistema de inyección y la bomba de combustible.

Una vez que el motor se pare, el suiche principal debe girarse a la posición de OFF y luego a la posición de ON, para activar el sistema de inyección de combustible y poder reiniciar el motor nuevamente. Esta operación es necesaria para poder reconocer que la motocicleta ha recuperado su posición horizontal.

(11) Control del soporte lateral

La ECU suspende el sistema de inyección de combustible y el sistema de ignición, cuando el soporte lateral está en uso, cuando la motocicleta está rodando.

3. Válvula de control de la velocidad del ralentí

Si la velocidad del ralentí es demasiado alta, se aumenta el consumo de combustible y el ruido. Si la velocidad del ralentí es demasiado baja, la estabilidad del ralentí disminuye y el tiempo de calentamiento aumenta.

El ISCV (válvula de control de la velocidad del ralentí) alcanza una óptima velocidad de ralentí durante el calentamiento y durante las condiciones de motor caliente. El ISCV controla un volumen de aire del by-pass a través de un pasaje de aire del by-pass, que está integrado en el cuerpo del acelerador.

(1) Control ISC para el arranque

El ISC se abre a una abertura predeterminada por la ECU, para el próximo arranque, después de que el motor se ha parado. La abertura predeterminada suministra el aire suficiente y mantiene el ralentí del motor, incluso en temperaturas bajas.

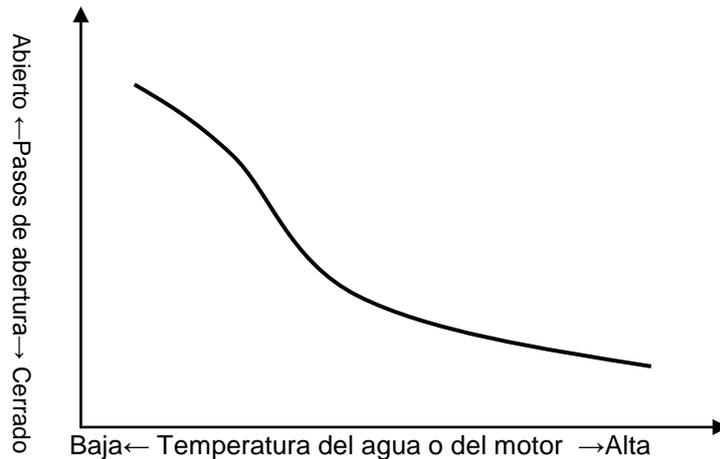
(2) Control después del arranque

La fricción de un motor frío es más grande que la fricción de un motor caliente, debido a la viscosidad alta del aceite. Además de eso, la atomización de la gasolina no es buena y el catalizador no está activado. Como resultado, en condiciones de motor frío, las emisiones dañinas son muy altas.

El ISCV suministra más aire para obtener un ralentí más alto y de este modo, vencer la fricción de un motor frío y mantener un ralentí más alto, después del arranque. Este ralentí alto, también facilita el calentamiento del motor y aumenta rápidamente la temperatura del catalizador para activar su eficiencia. Esta condición de ralentí alto es llamada, "Ralentí Rápido".

Durante el calentamiento la fricción disminuye. Como resultado, si el ISCV está abierto, se alcanza un ralentí mucho más alto. Por lo tanto, el ISCV se debe cerrar gradualmente. La ECU decide los pasos de cierre del ISCV por medio de señales a los sensores de temperatura del refrigerante o del motor, durante el calentamiento.

La ECU abre el ISCV cuando el motor está frío para mantener más alta la velocidad del ralentí. Después de que la temperatura del refrigerante o del motor aumenta, la ECU cierra el ISCV y baja las revoluciones del motor para mantener estable la velocidad del ralentí.

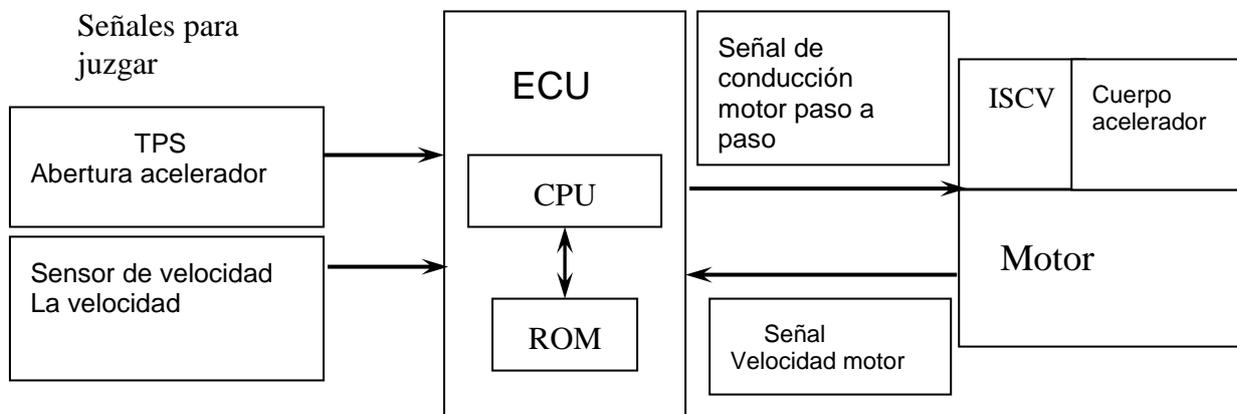


* La unidad de ralentí rápido y el ISCV se ven similares, pero la unidad de ralentí rápido para su control después de que el motor alcanza su temperatura de funcionamiento.

(3) Control de Retorno del ISCV

El ISCV opera como un sistema de control de retorno constante para mantener la velocidad del ralentí constante, después del calentamiento. Esto quiere decir que el ISCV nunca está completamente cerrado. La válvula de control de la velocidad del ralentí siempre funciona utilizando pocos pasos, para mantener una velocidad de ralentí constante. Si la velocidad de ralentí real es más alta que la requerida, la ECU cierra el ISCV por medio de pocos pasos. Y si la velocidad de ralentí es más baja que la requerida, la ECU abre el ISCV por medio de pocos pasos.

La ECU determina si el motor está en condición de ralentí, por el ángulo de apertura del acelerador y la velocidad del motor del vehículo.

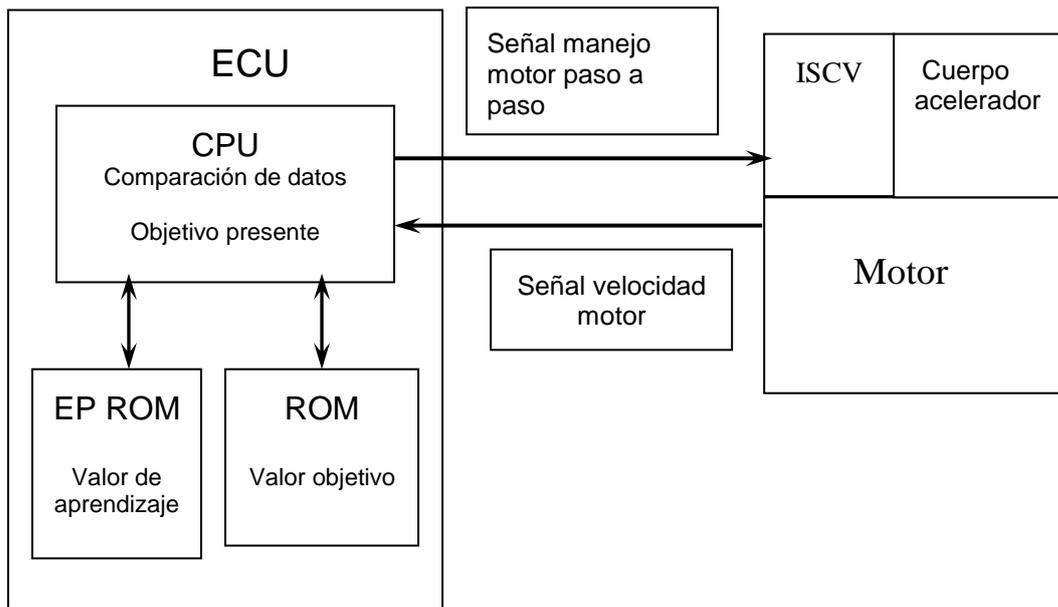


(4) Control de aprendizaje

La velocidad del ralentí también es afectada por el cambio de fricción y potencia, causados por el uso de la motocicleta, por ejemplo, la condición de “despegue” y durante el deterioro del pistón y los anillos del pistón.

La ECU chequea la diferencia entre los pasos del ISCV después del control de retorno y el valor objetivo en la ROM. Luego, la ECU calcula los pasos afectados causados por el deterioro y los memoriza como un valor de aprendizaje. La ECU refleja esta información para el próximo control, como un valor de aprendizaje. Esto es llamado, “Control de Aprendizaje”

El valor de aprendizaje es calculado en la CPU y almacenado en la EP ROM. Se puede almacenar en la EP ROM, incluso, si el suiche principal se gira a posición OFF. El valor de aprendizaje no puede ser memorizado si la batería se remueve mientras el motor está funcionando y tampoco podrá ser almacenado.

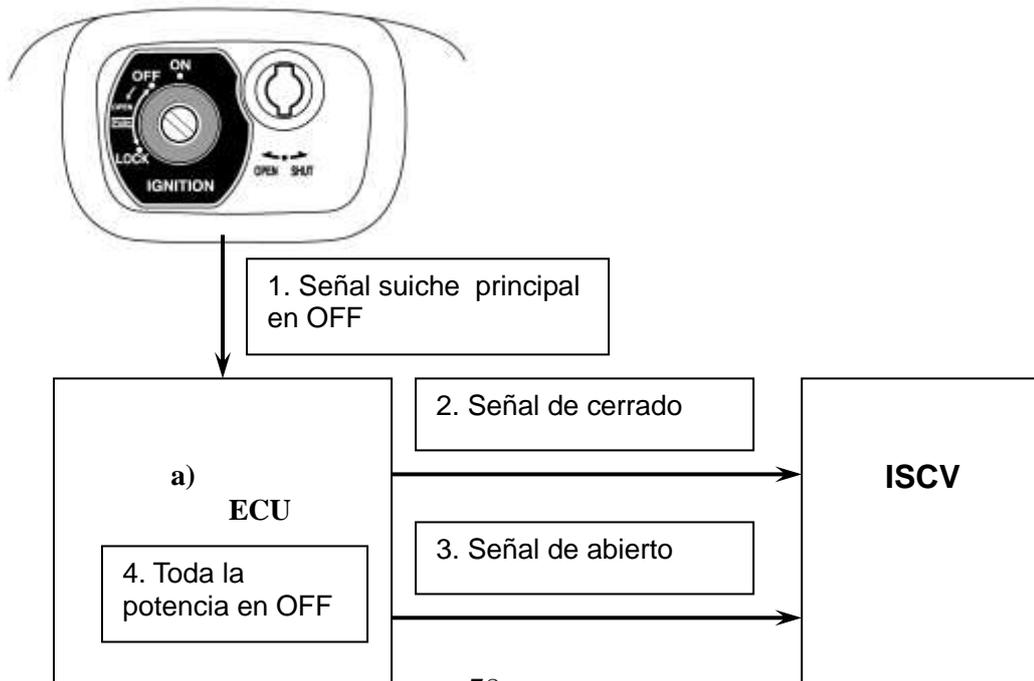


(5) Control de parada del motor

El ISCV está manejado por un motor paso a paso y el motor paso a paso necesita iniciarse, para decidir la posición de referencia, para comenzar el control. La ECU inicia el motor paso a paso cuando el suiche principal se gira a la posición OFF, en la siguiente secuencia:

1. El suiche principal está en OFF
2. La ECU envía señales al ISCV para la dirección de cerrado y maneja el motor paso a paso. La ECU reconoce cuando el ISCV está en la posición de completamente cerrado.
3. Luego, la ECU abre completamente el ISCV para la próxima vez que el motor deba ser arrancado. La posición de abierto es decidida para obtener suficiente suministro de aire para arrancar el motor, incluso en condiciones frías.
4. Después de manejar el motor paso a paso, la ECU corta la fuente de potencia por ella misma.

* La ECU repite los controles arriba mencionados cada vez que el suiche principal es girado a la posición OFF. Además de eso, la ECU almacena los valores de los pasos de abertura del ISCV, después de que el suiche principal está en posición de OFF. Para esto, la ECU necesita algún tiempo para almacenar la información, por lo tanto, se puede hacer 3 segundos después de girar el suiche principal a la posición de OFF, removiendo la batería o desconectando una terminal.



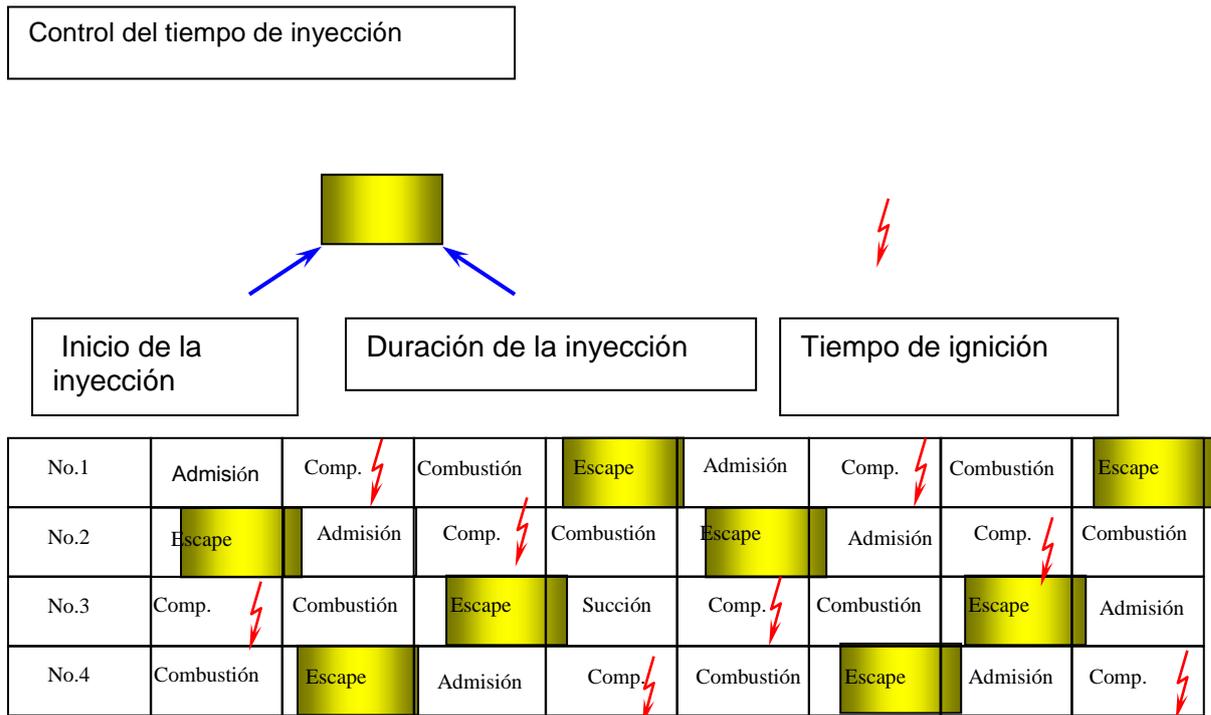
[4] Control del tiempo de la inyección

El tiempo de inyección afecta las condiciones de la combustión de un sistema de inyección de combustible.

Si el combustible se inyecta cuando la válvula de admisión está abierta, el motor puede tener una mejor respuesta.

Si el combustible se inyecta cuando la válvula de admisión está errada, las emisiones pueden ser mejores. Esto significa, que si se finaliza la inyección de combustible antes de que la válvula de admisión esté abierta, es una manera efectiva de reducir las emisiones de CO y HC.

El tiempo de inyección para cada motocicleta Yamaha se escoge para suministrarle un buen rendimiento del motor, una respuesta lineal, buena economía de combustible y buenas emisiones, resultantes de un óptimo control.



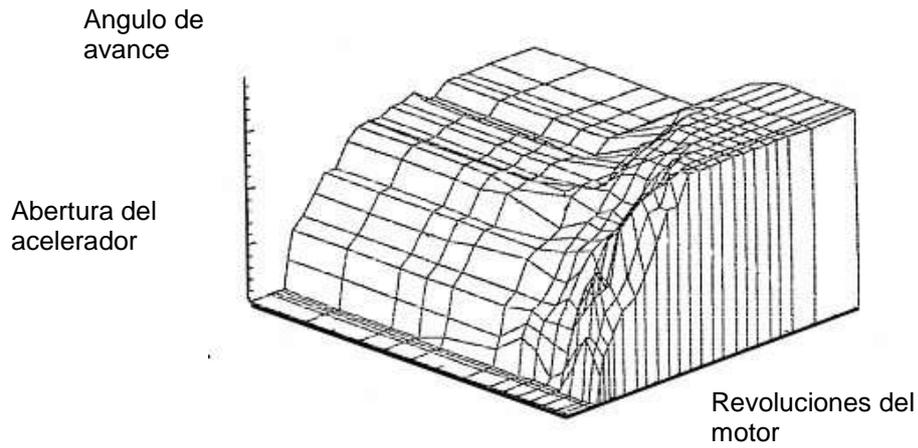
[5] Control del tiempo de la Ignición

El tiempo de ignición es un factor muy importante para la combustión interna de un motor. La mezcla de aire y gasolina se enciende por medio de una bujía. Como resultado, una llama se expande en la cámara de combustión y la presión puede aumentar al máximo. El rendimiento del motor es el mejor, cuando la presión ha alcanzado su máximo, de 5 a 10 grados después del punto muerto superior. Si la mezcla se enciende demasiado temprano, la presión máxima se alcanza antes del punto muerto superior. Como resultado, la potencia cae y la presión mecánica se aumenta. Si la mezcla se enciende muy tarde, la presión máxima llega muy tarde y también hay pérdida de potencia.

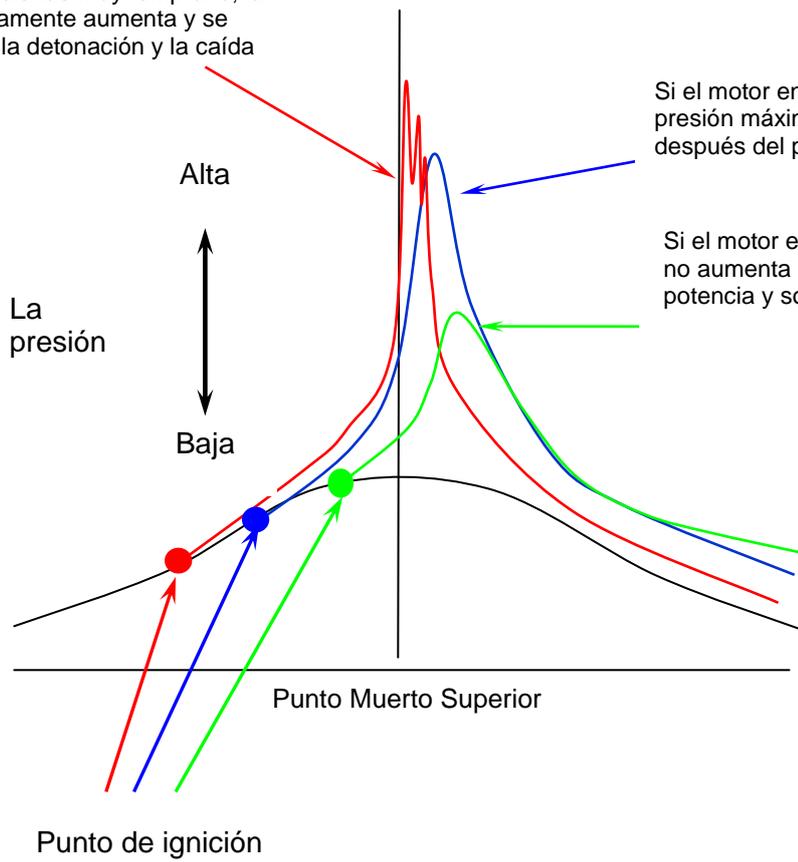
La expansión de la llama toma cierto tiempo, por lo tanto, el tiempo de encendido debe ser avanzado cuando la velocidad del motor se aumenta. El motor necesita su máxima presión de 5 a 10 grados después del punto muerto superior, para obtener su mejor rendimiento.

La velocidad de expansión de la llama (tiempo para encender a la presión máxima) es influenciada por el volumen del aire de la admisión. Si el volumen de aire aumenta, la velocidad de expansión de la llama es alta y si el volumen de aire disminuye, la velocidad de expansión de la llama es baja. Esto significa, que el tiempo de ignición está directamente correlacionado con el tiempo de inyección del combustible. Por lo tanto, el sistema de ignición y el sistema de inyección de combustible están integrados y controlados por la ECU.

El tiempo de ignición es decidido por un mapa 3D basado en la velocidad del motor, el ángulo de abertura del acelerador y la presión del múltiple de admisión.



Si el motor se enciende muy temprano, la presión inmediatamente aumenta y se puede presentar la detonación y la caída de potencia.



Si el motor enciende adecuadamente, la presión máxima está a 5-10 grados después del punto muerto superior.

Si el motor enciende muy tarde, la presión no aumenta lo suficiente y hay pérdida de potencia y sobre-calentamiento.

Lista de referencia

Sankaido la serie de tecnología Automovilística

1. la inyección de combustible electrónica

Escritor Hideya Fujisawa
 Hisanori Koike

Publicador Company de Sankaido limitada

Primera edición 05/07/1988

2. la Nueva inyección de combustible Electrónica

Escritor Hideya Fujisawa
 Hisanori Koike
 Ooyuki Ogawa
 Toshio Tanahashi

Publicador Company de Sankaido limitada

Primera edición 05/07/1993