

# Conceptos Básicos EFI (Electronic Fuel Injection) Parte 1

Requerimientos del sistema de combustible. El gran problema que uno se encuentra a la hora de calibrar un sistema EFI es conseguir el adecuado sistema de combustible. Encontrar el tamaño apropiado de las líneas de combustible desde el tanque, los inyectores, rampa de inyección y línea de retorno, es algo primordial. Las medidas se deben tomar correctas para eliminar las excesivas pulsaciones en la rampa de inyección y los inyectores para tener un buen flujo de combustible. Todo esto es mas importante cuando nuestro vehiculo ha sido modificado con un sistema turbo o compresor, ya que el sistema original (OE) no será capaz de suplir los nuevos requerimientos.

## CONCEPTOS BASICOS

### Deposito de combustible (Fuel Tank o Fuel Cell)

La mayoría de los depósitos de combustible son aceptables para un uso de calle, ya que vienen preparados con foam para hacer de amortiguadores en el camino del combustible. Además están diseñados para mantener una porción del combustible lo más bajo posible para eliminar los posibles problemas en aceleraciones, caso muy notable en las carreras de Drags.

Independientemente, el tanque tiene que tener una provisión de aire para reponer el aire consumido por el motor, también debe tener una línea de retorno de combustible. Esta línea debe estar colocada lo más apartada de la toma para evitar espuma o burbujas dentro del tanque, y así evitar meter aire dentro del conducto.

### Tamaño del la bomba de combustible (Fuel Pump)

Para tener una buena distribución de combustible, tienes que seleccionar la correcta bomba para tu vehiculo. En la mayoría de los casos, cuando un vehiculo se modifica con partes añadidas (bold on), es raro tener meter una bomba mas grande o de unos inyectores de mas tamaño. Normalmente los fabricantes de vehículos suelen diseñar con un factor de seguridad en lo que es la bomba de combustible para acomodarse al deterioro del sistema de combustible por el paso de los años. Esto es para compensar los problemas generados por un filtro de combustible apunto de terminar su vida útil o los depósitos en el orificio de los inyectores. Lo mas normal es que la bomba de serie sea entre un 15-20% mayor de lo que necesita.

Si el motor ha sido modificado con Oxido Nitroso o admisión forzada (tanto turbo como compresor) la bomba de serie es inadecuada. Si la potencia ha sido incrementada más de un 15-20% el suministro de combustible debe subir lo mismo que el factor de la ganancia de potencia.

El camino para determinar el tamaño idóneo de la bomba de combustible esta en la consumación de combustible en el freno especifico del motor (BSFC). Este

dato se refiere a cuanto combustible consume el motor en libras por hora por caballo de potencia, y esta medida es la eficiencia del motor. Es un dato útil para determinar los requerimientos totales de combustible del motor.

En motores equipados con inducción forzada o oxido nitroso, un BSFC alto es requerido así como medidas de seguridad para prevenir detonación o grandes cambios de temperatura.

Coches con inducción normal tienen un BSFC entre .48 a .50  
Coches con inducción forzada tienen un BSFC entre .65 a .68

Motores con Metanol (alcohol) requieren el doble de combustible por lo que el BSFC es doblado también.

Calcular el total de combustible que requiere un motor es una simple ecuación. Debes saber cuanta potencia puede desarrollar tu motor sobretodo al límite. El requerimiento del combustible viene dado en libras por hora. La mayoría de la bombas vienen en galones/hora y debes saber el peso de tu galón de gasolina. La mayoría de las gasolinas están entorno a 7.25 libras por galón.

La ecuación para determinar tus requerimientos de combustibles es:  
(Potencia x BSFC) x (1 + margen de seguridad) = Libras por hora  
Libras por hora / 7.25 = galones por hora.

### **Un Ejemplo:**

Un motor de 500 CV de gasolina utilizando una presión moderada con un margen de seguridad de un 30%

$(500 \times .625) \times 1.30 = 406.25$  libras por hora

$406 \text{ lbs} / \text{galón} = 65$  galones por hora

Si la bomba viene considerada en litros por hora, usa este factor de conversión de 3.785 litros / galón. La bomba viene descrita entonces en 65 galones / 3.785 litros = 211.96 litros / hora.

En las bombas de combustible usa siempre un margen de seguridad mayor de un 20%.

Localización de la Bomba de combustible.

La bomba de combustible debería estar localizada en la parte mas baja del tanque de combustible. Esto no quiere decir que la bomba deba estar en un lugar vulnerable debajo del tanque. La bomba tiene que estar colocada en un lugar seguro de todos los problemas de la carretera como baches, o elementos que podamos pasar por encima, la zona donde se coloque la bomba tiene que esta libre de deformación en caso de accidente ya que la bomba tiene conectores eléctricos y podría provocar un incendio.

Los cables eléctricos de la bomba deben de estar calibrados para su amperaje. Una opción muy buena es colocar un fusible específico para la bomba de gasolina. Ya que nos podemos quitar muchos dolores de cabeza con ello. La toma de tierra de la bomba tiene que ser del mismo tamaño que la que le da electricidad y debe estar localizada en un lugar limpio y libre de imprimación o pintura.

## **Inyectores de Combustible.**

Lo ideal es utilizar inyectores saturados o de la alta impedancia. Para calcular el tamaño ideal de tus inyectores, la potencia total de tu motor debe ser estimada o conocida. Los datos de la bomba de gasolina y del BSFC comentados antes nos harán una buena ayuda para saber los requerimientos de combustible de nuestro motor. Con la ecuación siguiente podemos calcular los requerimientos de nuestros inyectores.

Utilizando nuestro modesto motor de 500 CV la ecuación es:  
$$((\text{Potencia} \times \text{BSFC} \times (1 + \text{margen de seguridad})) / \text{Numero de inyectores}) = \text{libras / hora}$$

Un ejemplo numérico

6 cilindros a 500 CV con gasolina y una presión moderada con un 15% de margen de seguridad en el inyector.

$500 \times .625 = 313 \text{ lbs} / 6 = 52 \text{ lbs por hora y por inyector. } 52 \times 1.15 = 60 \text{ libras por hora e inyector}$

Si cogemos el caudal del inyector (60 lbs / Hora) y lo multiplicamos por el numero de cilindros (6), llegaremos al dato de 360 lbs/hora de caudal. Como podemos ver la bomba de combustible descrita anteriormente tiene capacidad para este motor.

Una buena idea es conocer la presión máxima operativa de los inyectores. En algunos casos los inyectores no se abren si la presión de combustible excede los límites del inyector. También una presión alta en el inyector puede causar una entrega no lineal de combustible causando una mezcla pobre. La mayoría de los inyectores pueden trabajar con presiones superiores a 70 psi

Para los inyectores siempre usa un margen de seguridad entre 15-20%

## **Manguitos de combustible y enrutamiento**

Con los inyectores y el tamaño de la bomba de combustible apropiado, el sistema de combustible no estará bien salvo que los manguitos que conducen el combustible a la rampa de inyección (fuel rail) tienen el suficiente tamaño y esta colocados correctamente.

Nunca jamás metas los manguitos de combustible por dentro de coche. Esto es algo muy peligroso. Siempre que sea posible intenta que la conexión entre la bomba y el filtro de combustible se realice en el frontal del coche. Intenta que los manguitos puedan aguantar el doble de la presión del circuito.

Utilizando los parámetros de nuestro ejemplo con moderada presión, nosotros creemos que tendremos alrededor de 65-70 psi. Esto requiere un manguito de al menos 140 psi (la mayoría de los manguitos exceden de largo este dato). Cuando encauces los manguitos es imperativo mantenerlos a salvo de los problemas que nos podamos encontrar en la carretera y del sistema de escape. Y por supuesto jamás deben de estar cerca de los cables de batería. Utiliza clemas para asegurar los manguitos cada 15 pulgadas o 24 si el tubo es rígido.

La siguiente tabla te ayudara a determinar el tamaño apropiado de tus manguitos en función de tu aplicación. Estos tamaños están basados en niveles normales de presión de 40 psi

Motores de gasolina

Hasta de 499 CV .344? -6AN

500 ? 799 CV .437? -8AN

900 ? 1100 CV .562? -10AN

Motores de Metanol

Hasta de 499 CV .439? -8AN

500 ? 799 CV .562? -10AN

900 ? 1100 CV .687? -12AN

Esta tabla es usada para coches de pasajeros, para aplicaciones custom la longitud del manguito afecta a la distribución de combustible. Si tienen un manguito muy largo, el flujo se tendrá que determinar haciendo funcionar la bomba de gasolina en un cilindro graduado, luego calcular la medida del flujo contra el tiempo y calcular en flujo en galones por hora, por supuesto hay que asegurarse que los terminales usados tengas la capacidad para el total del flujo.

El manguito de retorno de combustible suele ser una medida más pequeña que el de entrega. Un ejemplo con nuestro motor seria que nosotros usaríamos un manguito de .437 (-8) para el de entrega y otro de .344? (-6) para el de retorno.

### **Filtro de combustible y Rampa de inyección (Fuel rail)**

El filtro de combustible tiene que tener la capacidad, eficacia de limpiado y soportar la presión a la que vayamos a someter nuestro circuito. Debe soportar el total de la presión que pueda ejercer nuestra bomba. El filtro esta siempre colocado después de la bomba de combustible, eso no implica que deba estar colocada adelante o atrás del coche, pero es preferible colocarlo en la zona delantera para un fácil acceso del mismo.

Es muy importante que un PRE-filtro este colocado dentro del tanque de combustible, estos filtros tienen muy poca retención y no crean apenas perdidas de presión. Estos filtros ayudaran a que tu bomba tenga un funcionamiento correcto y una vida útil larga, así como evitara que entren también aire en el circuito.

El último elemento del circuito de combustible es la rampa de inyección o ?fuel rail?, básicamente consiste en un elemento metálico que distribuye el combustible entre los inyectores. Un fuel rail de gran diámetro ayudara a amortiguar las pulsaciones de los inyectores y asegurara una distribución de combustible correcta en todas las condiciones.

### **Regulador de la presión de combustible y amortiguador de pulsos**

El regulador de presión mantiene una presión constante a lo largo del los inyectores. La presión de admisión varía en función de la apertura de la mariposa de la admisión, y de la velocidad del motor. Ángulos pequeños de

apertura de la mariposa y altas velocidades de motor producen una baja presión en la admisión o lo que es lo mismo, un alto vacío. Mientras que algunos altos de la mariposa o bajas velocidades de motor dan a la admisión altas presiones. La función de regulador de presión es mantener una presión constante a lo largo de los inyectores independientemente de la presión de la admisión.

Actualmente existen muchos tipos de reguladores de combustible. Muchos de los coches antiguos llevan sistema sin retorno, donde el regulador de presión esta montado en el tanque de combustible, justo al lado de la bomba de combustible, y por eso no necesitan línea de retorno. En la mayoría de las aplicaciones atmosféricas esta configuración es valida, pero para motores con admisión forzada o muy modificada, un regulador de combustible AJUSTABLE con una referencia a la presión interna de la admisión es necesario.

Los dos tipos más comunes de reguladores son los ajustables y los no ajustables. Los no regulables como su propio nombre indica, no se pueden ajustar ya que vienen tarados a la presión de referencia de la admisión.

Cuando la presión en la admisión aumenta, la presión en la parte superior de regulador donde se conecta el manguito que vienen de la admisión, aumenta con el, permitiendo al regulador compensar para aumentar la demanda de combustible.

Ten en cuenta que una pequeña apertura de la mariposa con grandes rpm, hay una presión muy baja en la admisión (vacío). Esto literalmente expulsa el combustible del inyector. Según sube la presión de admisión (según la mariposa se abre) este vacío se desvanece y le es mas difícil la combustible salir del inyector. El regulador reacciona a las diferencias de presión dentro de la admisión y mantiene una presión constante dentro del inyector. El sistema es por un muelle que esta colocado en la parte superior del caudalímetro. La presión del muelle sobre el diafragma determina la presión estática del sistema. La presión estática del sistema es la cantidad de presión medida con el manguito de presión desconectado o con el motor parado.

Cuando el motor esta en marcha, el vacío del motor actúa contra el muelle y el efecto del vacío disminuye como si la mariposa se abriera. Hay una gran cantidad de combustible retornada al tanque porque el vacío esta empujando la base del diafragma fuera del orificio del manguito de retorno, reduciendo así la presión de combustible. Cuando la mariposa se empieza a abrir, el asiento del diafragma empieza a cerrar el orificio, restringiendo la cantidad de caudal de gasolina devuelta.

Un regulador ajustable permite subir o bajar la presión estática del sistema, simplemente ajustando un tornillo que actúa contra el muelle del diafragma. En la mayoría de los ajustables cuando el tornillo es apretado la presión es aumentada y cuando se desatornilla la presión decrece. Es muy aconsejable tener un sistema de combustible apropiado, ya que subiendo o bajando la presión del combustible puedes compensar el tamaño de tus inyectores si no son los correctos para tu aplicación.

La mayoría de los reguladores de presión del mercado, y los de serie, usan un

ratio de 1:1 de la presión de combustible para subir la presión en aplicaciones con admisión forzada. Esto significa que para cada PSI de presión (boost), la presión del combustible tiene que incrementar 1 psi. Estas medidas son adecuadas bajo condiciones de sobre presión.

Muchos fabricantes de coches usan un amortiguador para reducir las pulsaciones en la rampa de inyección causadas por la abertura y cierre de los inyectores (el amortiguador también reduce el ruido de los inyectores). En aplicaciones donde un nuevo sistema de combustible tiene que ser instalado, el amortiguador esta integrado para mantener un flujo constante a los inyectores.

Antes de instalar el sistema de combustible en el coche es necesario inspeccionarlo para prevenir daños. Antes de verificarlo estate seguro de tener un extintor cerca en caso de provocar una parrillada intencionada. Después de que el sistema este instalado, debes inspeccionar el sistema entero. Empezando por purgar los manguitos. Para hacer esto, conecta la bomba de gasolina con el manguito que va a la rampa de inyección, puesto en un cubo en el suelo. Esto eliminara toda la posible suciedad y aire que se haya quedado dentro en el proceso de montaje. Mirar que la rampa de inyección este limpia antes de arrancar el coche. Estate seguro de que la presión es la correcta para tu aplicación, después recoloca en su sitio todos los manguitos y conecta la bomba de gasolina poniendo la llave en posición *on*? pero sin arrancar el motor. Una vez hecho esto, verifica el sistema visualmente para percibir perdidas o fugas, en caso de haberlas, repáralas antes de arrancar el coche.