



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO**

**ESPE – LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE  
PRUEBAS PARA LIMPIEZA Y COMPROBACIÓN DE  
INYECTORES A GASOLINA**

**REALIZADO POR:**

**GERMAN ERAZO LAVERDE  
ESTEBAN LOPEZ ESPINEL**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2005**

# **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que la presente Tesis de Grado fue desarrollado en su totalidad por los Señores: GERMAN ERAZO LAVERDE Y ESTEBAN LOPEZ ESPINEL bajo nuestra dirección.

---

**ING. AUGUSTO BOURGEAT**  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

**ING. WASHINGTON FREIRE**  
**CO-DIRECTOR DE TESIS**

<b>INDICE</b>	<b>PAG.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>I. PARAMETROS CARACTERISTICOS DE OPERACIÓN DE LOS INYECTORES ELECTROMAGNETICOS DE GASOLINA</b>	<b>2</b>
1.1. INTRODUCCION DEL SISTEMA.	3
1.2. INYECTORES.	4
1.3. TIPOS	4
1.3.1. INYECTOR CON VÁLVULA DE AGUJA.	6
1.3.2. INYECTORES TIPO BOLA.	7
1.3.3. INYECTOR DE DISCO.	8
1.4. OPERACIÓN DEL INYECTOR	9
1.5. ACTIVACION DE LOS INYECTORES A TRAVES DEL ECM- PCM.	12
1.6. DURACION DE APERTURA DEL INYECTOR	13
1.7. DURACIÓN DE LA INYECCIÓN - BÁSICA Y DE ENRIQUECIMIENTO	14
1.8. CARACTERÍSTICA TIEMPO/CAUDAL DEL INYECTOR.	21
1.9 MEDICION DE INTERVALO DE OPERACION.	23
1.10. CICLO DE TRABAJO.	24
1.11. CORTE DE EXCESO DE COMBUSTIBLE	25
1.12 TIEMPOS DE INYECCION	27
<b>II. ELEMENTOS Y COMPONENTES ELECTRONICOS.</b>	<b>29</b>
2.1.MICRO CONTROLADORES	29
2.2. APLICACIONES DE LOS MICROCONTROLADORES.	30
2.3. EL MERCADO DE LOS MICROCONTROLADORES.	31
2.3.1. RECURSOS COMUNES A TODOS LOS	31

## MICROCONTROLADORES.

2.4. ARQUITECTURA BÁSICA	32
2.4.1. EL PROCESADOR O UCP	32
2.4.2. MEMORIA	33
2.4.3. PUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA	36
2.4.4. RELOJ PRINCIPAL	37
2.5. RECURSOS ESPECIALES	37
2.5.1 TEMPORIZADORES O "TIMERS"	38
2.5.2 PERRO GUARDIÁN O "WATCHDOG"	38
2.5.3 PROTECCIÓN ANTE FALLO DE ALIMENTACIÓN	39
2.5.4 ESTADO DE REPOSO Ó DE BAJO CONSUMO	39
2.5.5 CONVERTOR A/D	39
2.5.6 CONVERTOR D/A	39
2.5.7 COMPARADOR ANALÓGICO	40
2.5.8 MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS O PWM	40
2.5.9 PUERTOS DE E/S DIGITALES	40
2.5.10 PUERTOS DE COMUNICACIÓN	40
2.6. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES.	41
2.6.1. DESARROLLO DEL SOFTWARE:	41
2.7. APLICACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES EN EL AUTOMÓVIL.	43
2.8. SELECCIÓN DEL MICROCONTRALADOR PARA LA APLICACIÓN	45
2.8.1. COSTOS.	45
2.8.2. APLICACIÓN.	45
2.8.3. SELECCIÓN DEL PIC 16F84A	47
2.9. VARIANTES DE PIC16X8X	49
2.10. LA FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO. EL RELOJ	52
2.11. MEMORIA DE DATOS RAM EN EL PIC16F84	55

## **III. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL BANCO DE 59**

# PRUEBAS DE LIMPIEZA DE INYECTORES

3.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	59
3.2.	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.	60
3.3.	DISEÑO MECANICO	61
3.4.	COMPONENTES	61
3.5.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS.	63
3.5.1.	DETERMINACION DE LAS PRESIONES DE OPERACIÓN	63
3.5.1.	SELECCION DEL MANOMETRO.-	63
3.5.2.	RESERVORIO DE COMBUSTIBLE.	64
3.5.3.1.	DISEÑO	64
3.5.3.2.	DISEÑO DEL TANQUE	66
3.5.4.	SELECCIÓN DE CAÑERÍAS, ACCESORIOS Y UNIONES HIDRAULICAS.	67
3.5.5	RACORES RAPIDOS.	68
3.5.6.	CAÑERIAS FLEXIBLES.	69
3.5.7.	UNIONES HIDRAULICAS	72
3.5.8.	ELEMENTOS DE CONTROL Y GOBIERNO	74
3.5.9.	RIEL DE INYECTORES	76
3.5.9.1.	PARÁMETROS DE DISEÑO	76
3.5.10.	FILTRO DE COMBUSTIBLE	79
3.5.11.	BOMBA DE IMPULSION PARA EL BANCO DE PRUEBAS.	80
3.6.	DIAGRAMA HIDRÁULICO.-	81
3.7.	DISEÑO ELECTRONICO	82
3.7.1.	ESTIMACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE OPERACIÓN Y TIEMPOS DE ACTIVACIÓN Y CIERRE PARA PRUEBA DE CAUDAL - ANGULO DE PULVERIZACION Y OPERACION DE LIMPIEZA	83
3.7.2.	ANGULO DE PULVERIZACION	84
3.7.3.	ESTIMACION DURACION DE LAS PRUEBAS	85
3.7.4.	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	85
3.7.5.	TIEMPO DE ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA	85

3.7.6. SEÑALES Y SU PROCESAMIENTO	86
3.7.7. SEÑALES DE SELECCIÓN DE OPERACIÓN	87
3.7.7.1. SELECCIÓN DEL MODO	88
3.7.7.2. SELECCIÓN MANUAL DE LAS OPERACIONES	89
3.7.7.3. PULSADOR DE PARO GENERAL	89
3.7.7.4. PULSADOR DE INICIO	89
3.7.8. SEÑALES DE SALIDA	90
3.7.8.1 INDICADORES	90
3.7.8.2. ACTUADORES	90
3.7.9. DIAGRAMA DE BLOQUES ENTRADAS / SALIDAS.	91
3.8. SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS	92
3.9. SELECCIÓN DE PROTECCIÓN DEL CIRCUITO	97
3.10. DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRONICO.	97
3.11. SELECCIÓN DE COMPONENTES	99
3.12. DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS ELECTRÓNICOS,	99
3.13. ANÁLISIS ECONOMICO.	102
IV. MONTAJE INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL BANCO DE PRUEBAS	105
4.1. DETALLE DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS	105
4.1.1. ESTRUCTURA METALICA.	105
4.1.2. RIEL DE INYECTORES.	107
4.1.3. DEPOSITO DE COMBUSTIBLE.	107
4.1.4. SOPORTES Y PEDESTALES.	108
4.1.5. PANEL DE CONTROL E INSTRUMENTOS.	108
4.1.6. BOMBA DE ALIMENTACIÓN.	109
4.1.7. LLAVE ¼ DE VUELTA.	109
4.1.8. MANÓMETRO.-	110
4.1.9. PROBETAS DE MEDICION.-	110
4.1.10. MANGUERA DE PRESION.	111

4.1.11. VÁLVULAS CHECK.	111
4.1.12. VÁLVULA REGULADORA DE PRESION.	111
4.1.13. PLATINAS Y UNIONES U.	111
4.1.14. MULTÍMETRO.	112
4.2. MONTAJE E INSTALACIÓN	112
4.3. MONTAJE Y PRUEBAS ELECTRICAS Y ELECTRÓNICAS.	120
4.4. PRUEBAS DE TIPO MECANICO EN EL BANCO DE LIMPIEZA	130
4.4.1. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.-	133
4.4.2. PRUEBA DE CAUDAL.	134
4.4.3. PRUEBAS DE ANGULO DE PULVERIZACIÓN.-	136
4.4.4. PRUEBA DE LIMPIEZA.	139
4.5. INSPECCIONES ADICIONALES DE LOS INYECTORES.	140
4.5.1. INSPECCIÓN EN EL VEHÍCULO	142
4.5.2. DESMONTAJE DE LOS INYECTORES.	143
4.6. MONTAJE DE LOS INYECTORES EN EL BANCO DE PRUEBAS.	143

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS.**

## INTRODUCCION

El avance tecnológico en los automóviles en lo concerniente a las aplicaciones eléctricas y electrónicas ha creado la necesidad de contar con técnicos automotrices en el área de sistemas de la electricidad y electrónica aplicadas en los modernos automóviles.

Hoy en día el servicio y mantenimiento a los sistemas de alimentación de combustible en nuestro país sólo lo realizan los respectivos concesionarios, lo que origina que los costos sean elevados si tomamos en cuenta que este trabajo tiene una duración de ejecución baja y el número de operaciones a realizar son reducidas.

La realización de este proyecto es muy importante ya que el estudio de este tema logrará crear una cultura de investigación en las áreas de electrónica aplicadas en el automóvil, nos especialicemos en esta y obtengamos experiencia que luego pondremos en práctica en nuestro desarrollo profesional en la reparación, construcción, adaptación y optimización de los diferentes sistemas del vehículo.

Este trabajo de investigación está dividido en cuatro capítulos.

En el Capítulo I se describe los parámetros de funcionamiento y característicos de los diversos tipos de inyectores que serán considerados para el diseño.

En el Capítulo II se analiza las características, ventajas operacionales y las aplicaciones de los microcontroladores en el automóvil.

El Capítulo III describe el diseño mecánico y electrónico del banco de pruebas para limpieza de inyectores.



En el Capítulo IV se describen las operaciones de montaje mecánico y electrónico, instalación y pruebas de funcionamiento en inyectores de diversas marcas.

Por último se presenta nuestras conclusiones y recomendaciones, que servirán, para todos aquellos estudiantes que requieran nuestro trabajo como fuente de consulta.

# I. PARAMETROS CARACTERISTICOS DE OPERACIÓN DE LOS INYECTORES ELECTROMAGNETICOS DE GASOLINA

## 1.2. INTRODUCCION DEL SISTEMA.

Las demandas dirigidas a los fabricantes de vehículos crecen notablemente en cuanto a:

- ☞ La reducción de las emisiones de gases de escape.
- ☞ Un mayor ahorro de combustible.
- ☞ La mejora del funcionamiento del motor.
- ☞ La reducción de los gastos de mantenimiento y reparaciones.

Los modernos sistemas electrónicos de inyección de gasolina controlados por computadora ya se están montando como equipamiento estándar en los vehículos nuevos producidos en todo el mundo.

En los sistemas de control electrónico de combustible es fundamental el correcto funcionamiento de los inyectores, los cuales son válvulas electromagnéticas (que suministran el combustible al motor) y que están controladas por un computador o modulo de control del tren de potencia, y que son fabricados bajo rigurosas tolerancias, los cuales tienen un espesor al abrir de aproximadamente 1 micra, y se mantiene abiertos por muy pocos milisegundos (de 2 a 15 milisegundos dependiendo de la condición de trabajo) para que pase la gasolina.

La entrada de gasolina al inyector se protege con una malla filtrante fina de 20 micras. Cuando un impulso electrónico abre, se hace pasar con gran fuerza a través de los orificios dosificadores una cantidad precisa de combustible presurizado, el cual sale totalmente atomizado.

## 1.3. INYECTORES.

Un inyector de gasolina es un electroimán desde el punto de vista eléctrico. Al circular corriente eléctrica por el devanado de su bobina, ésta corriente genera un campo magnético que ejerce una determinada fuerza de atracción sobre la armadura, que en el caso de éste componente constituye la aguja de obturación / desobturación del paso de combustible. Por ser constante la presión, la cantidad de combustible inyectada depende exclusivamente del tiempo de apertura de la aguja del inyector.

#### 1.4. TIPOS

Existen dos tipos principales de inyectores utilizados en sistemas de inyección de gasolina:

a) Inyectores mecánicos

Utilizados en sistemas de inyección continua o mecánica denominados K-Jetronic que no serán objeto del presente estudio y que dejó de ser norma europea en 1993 para la mayoría de los fabricantes de vehículos, después de más de 30 años de servicio, para dar paso a un inyector electrónico más favorable para el medio ambiente y mejor rendimiento del motor de combustión interna.

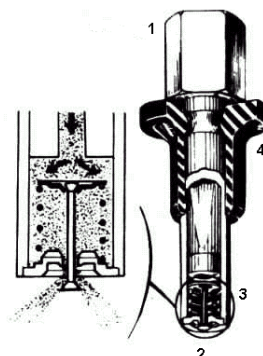


Figura 1.1. Inyector de Inyección Continua.

Las partes del inyector mecánico son:

- Cuerpo .- Dispone de un taladro en el que va alojado un filtro a través del cual pasa el combustible hacia la parte inferior.
- Buzo.- Se encuentra en la parte inferior del inyector y dispone de una válvula de aguja a través del cual es pulverizado y vertido el combustible.
- Muelle antagonista.- Permite la apertura del inyector cuando se llega a los 6 bar y el cierre cuando es inferior.
- Anillo tórico.- Es de caucho y sirve para absorber el calor del motor.

b) Inyectores electrónicos.

Utilizados en todos los vehículos que en la actualidad se fabrican en el mundo; son electromagnéticos y se activan por un pulso electrónico, controlado por la ECU (unidad de control electrónico). Debido a sus excelentes técnicas de desarrollo, se ha estado produciendo durante más de 25 años y aún es posible adaptar este inyector para que se ajuste a una variedad de sistemas por inducción de aire y de alimentación de gasolina, siendo necesarios distintos tipos de atomización y de caudal para satisfacer las necesidades de los distintos fabricantes de vehículos. Se usan para sistemas multipunto es decir uno para cada cilindro o de inyección en el cuerpo del estrangulador uno para todos los cilindros o uno para cada bloque de cilindros en los motores en V.



Figura 1.2 Inyectores para sistemas multipunto.



Figura 1.3 Inyectores para sistemas monopunto.

La diferencia que se encuentra en los inyectores controlados electrónicamente está en el diseño de la válvula de alimentación de combustible.

Existen tres tipos de válvulas de: aguja, bola, y disco. Existen otras variaciones pero muy semejantes, las tres formas nombradas son las más generalizadas.

#### **1.3.1. INYECTOR CON VÁLVULA DE AGUJA.**

El inyector dispone de una armadura de resorte que es atraída magnéticamente por la bobina del solenoide (figura 1.4), la atracción magnética arrastra a la armadura contra el resorte de retorno, levantando la aguja y alejándola del orificio de aspersión del inyector. El diseño de la aguja y del asiento del inyector dan a éste la capacidad de producir un rocío estrecho.

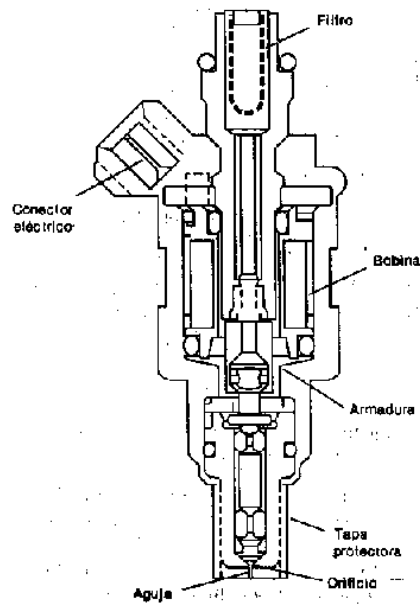


Figura 1.4 Inyector con válvula de aguja.

El inyector de aguja tiende a formar depósitos entre la válvula y su asiento, restringiendo el flujo de combustible al cilindro y causando problemas de empobrecimiento de la mezcla aire-combustible. La armadura es más grande y pesada que otros diseños de inyectores y por lo tanto el tiempo de reacción es más lento, presentando posibles desgastes.

### 1.3.2. INYECTORES TIPO BOLA.

Es el que se utiliza en sistemas de inyección en el cuerpo de aceleración o sistemas TBI, es de tipo aguja y asiento; la armadura o solenoide es más pequeña y tiene una válvula redondeada que se ajusta con un asiento cónico (figura 1.5).

La respuesta es más rápida presentando menor desgaste en el asiento y el ángulo de pulverizado es más amplio. Su diseño permite una velocidad más alta de flujo de combustible en un cierto tiempo de encendido, en que la válvula está abierta y son de mayor caudal. Los inyectores de arranque en frío que se montaban en los modelos iniciales de inyección eran generalmente diseño de bola.

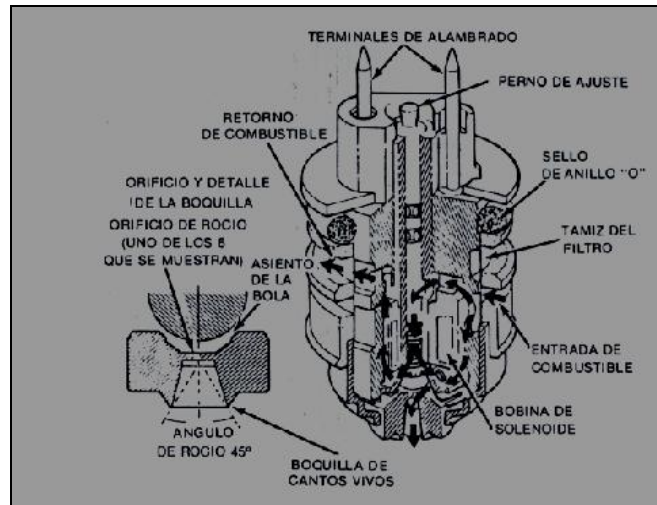


Figura 1.5. Inyector de bola

### 1.3.3. INYECTOR DE DISCO.

Este inyector no tiene armadura. El campo magnético que produce la bobina eléctrica se dirige al área de la válvula por la forma del núcleo de inyector. La válvula real es un arreglo del disco y del asiento con su orificio (figura 1.6).

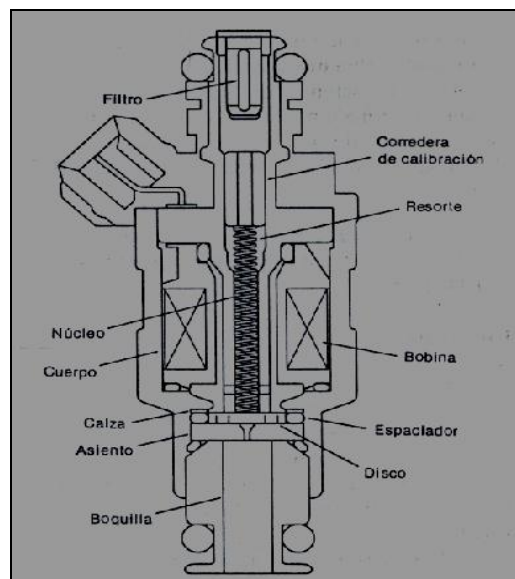


Figura 1.6. Inyector con válvula de disco

El disco por ser más pequeño, se mueve con gran rapidez en el campo magnético, debido a su menor peso y por ende se necesita menor tensión en el resorte para retornar el disco a su puesto y detener el flujo de combustible.

#### 1.4. OPERACIÓN DEL INYECTOR

Los inyectores utilizados en los sistemas multipunto o de inyección en el cuerpo del estrangulador o monopunto en esencia son válvulas solenoides, el funcionamiento del sistema de inyección depende de la precisión y confiabilidad de los inyectores.

La aguja tiene dos posiciones bien definidas. Cuando la bobina no se encuentra activada un resorte empuja la aguja sobre su asiento cerrando el paso de combustible. Cuando la bobina es activada, el electroimán atrae la aguja retirándola de su asiento y permitiendo así el paso de combustible.

En la Figura 1.7, el cuerpo del inyector dispone de un bobinado solenoide (3), que recibe los pulsos de activación a través de un conector (2) de la unidad de control, modulo de control del tren de potencia o simplemente computadora.

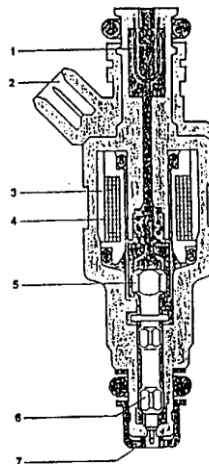


Figura 1.7. Constitución y operación del Inyector.

Cuando no fluye corriente por la bobina del inyector, la válvula de aguja (6) es comprimida contra su asiento por un resorte helicoidal (4). El momento en que la



computadora da el pulso de corriente a la bobina, el vástago (5) es atraído, levantando la válvula de aguja aproximadamente 0.1mm de su asiento. Esto permite que el combustible que se encuentra a presión sea inyectado a través de un orificio anular del inyector.

La aguja tiene un acabado de alta calidad (7), que sobresale de la válvula, atomizando el combustible. El tiempo de respuesta del inyector desde la activación al paso a reposo es del orden de 1.5 milisegundos.

Los inyectores de combustible se ubican en el múltiple de admisión para asegurar la distribución del mismo, con un mínimo de pérdida de condensación al evitar mojar las paredes del múltiple.

En la figura 1.8 esta la instalación típica de inyector en motores de inyección. Para ajustar los inyectores se utilizan dos O-rings o sellos de goma

El O-ring superior se utiliza para sellar el inyector a las conexiones del distribuidor de combustible.

El O-ring inferior sirve:

- Para evitar las fugas de aire hacia el múltiple de admisión.
- Como aislante térmico, que evita la formación de burbujas de vapor y mejora las características de arranque en caliente.
- Evitar las excesivas vibraciones del inyector.

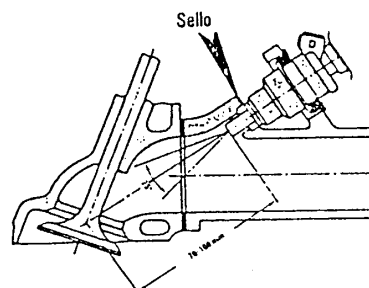


Figura 1.8. Instalación del inyector de combustible.

Los inyectores de combustible se diferencian entre si en tres aspectos principales:

**a. Construcción.-**

Comprende las diferencias en tamaño de inyector, forma y el modo en que se encuentran conectados al distribuidor de combustible.

**b. Resistencia Eléctrica.-**

El principal factor del retardo en la respuesta de los inyectores es la autoinducción que aparece al principio y al final de cada pulso de corriente. A fin de reducir al mínimo la autoinducción, numerosos tipos de inyección contienen solenoides de baja resistencia (4, 6, 8, 12 ,16  $\Omega$  a 20°C). Los mismos que logran una baja resistencia ya que disponen de un número reducido de menos espiras en su arrollado.

**c. Caudal.-**

Cada inyector dispone de un caudal definido en función de la presión así como el diámetro de sus orificios, el mismo que viene indicado en sus respectivas hojas de características o codificación. Por ejemplo:

Inyector 0280 150 208 caudal 133 + 3% cc/min.

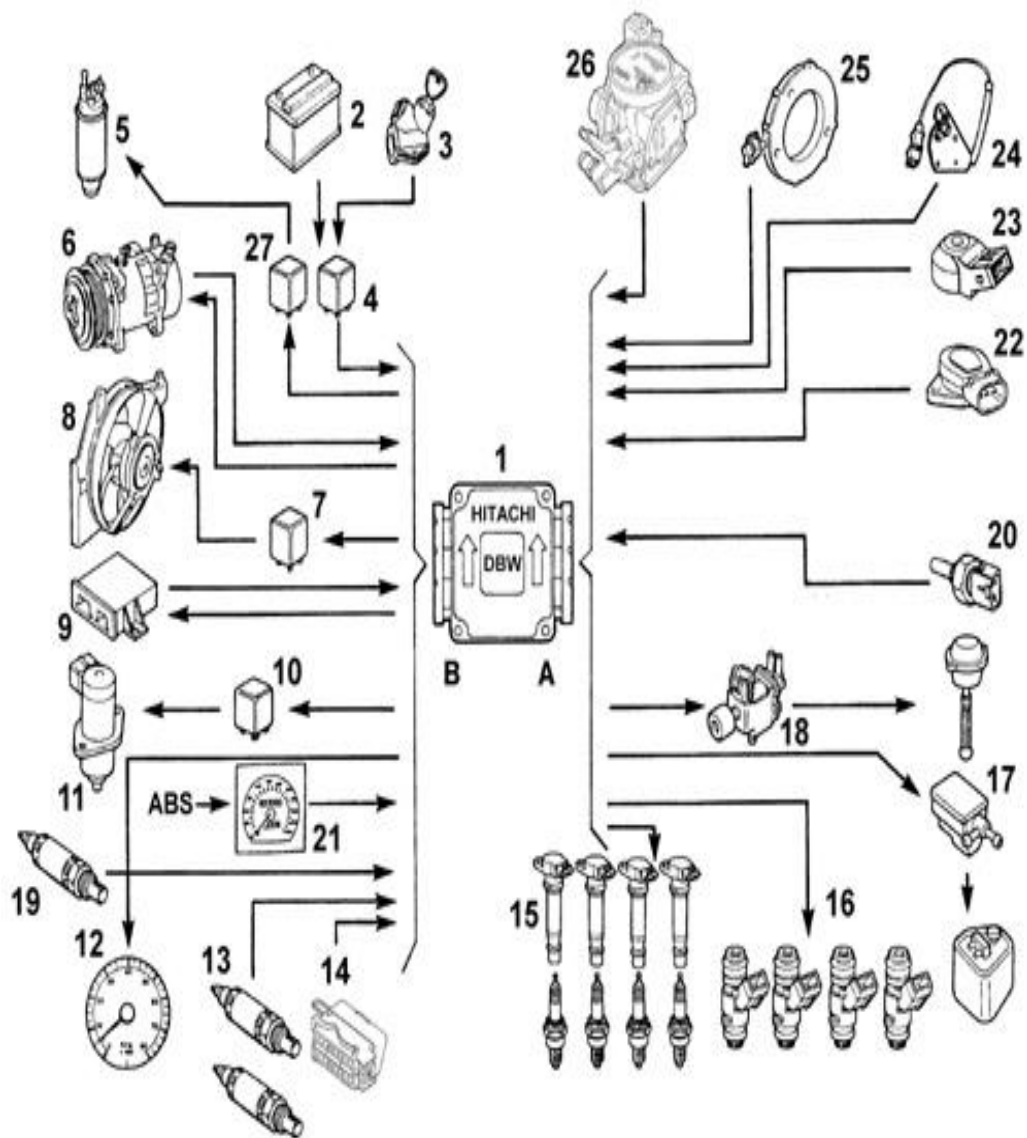
Inyector 0280 150 201 caudal 236 + 3 % cc/min.

## **1.5. ACTIVACION DE LOS INYECTORES A TRAVES DEL ECM – PCM.**

El modulo de control de tren de potencia del sistema de inyección electrónica es el encargado de calcular el tiempo que van a permanecer abiertos los inyectores, de acuerdo a las condiciones y a los regimenes de funcionamiento del motor de combustión para lo cual existe una gama completa de sensores que captan las condiciones mencionadas, que son los que se indican a continuación.

- Flujo másico de aire MAF o AFM
- Presión absoluta del múltiple de admisión MAP o PS

▪ Volumétrico de aire	VAF.
▪ Temperatura de aire de admisión	ATS, IAT o ACT
▪ Temperatura del refrigerante	WTS o ECT
▪ Posición del cigüeñal	CKP o CAS
▪ Mariposa de aceleración	TPS o TP
▪ De oxígeno o sonda lambda	EGO
▪ Golpeteo o encendido	KS o GPS
▪ Velocidad del vehículo	VSS
▪ Posición del árbol de levas	CAM o CKP
▪ Velocidad del motor	ESS
▪ Temperatura de fluido de la transmisión	ATF
▪ Nivel del aceite del motor	
▪ Nivel del combustible	
▪ Nivel del fluido transmisión automática (T/A)	
▪ Temperatura de aceite motor.	
▪ Grado Octano de combustible.	



1. PCM 2. Batería 3. Conmutador de arranque 4. Alimentación instalación 5. Bomba combustible 6. Instalación acondicionador 7. Interruptor electro ventilador radiador 8. Electro ventilador 9. Conector PCM 10. Tele ruptor electro magneto variador de fase 11. Relé 12. Tacómetro 13. EGO 14. Toma para diagnosis 15. Bobina de encendido 16. Inyectores 17. Válvula canister 18. Electro válvula mando accionador colector modular 19. EGO 20. WTS 21. Tacómetro 22. TPS 23. KS 24. CAS 25. ESS 26. MAF 27. Relé electro bomba combustible.

Figura 1.9. Señales de entrada y salida para activación de inyectores.

#### 1.6. DURACION DE APERTURA DEL INYECTOR

La duración de la apertura del inyector depende exclusivamente de las señales de información que recibe la computadora a través de los diversos sensores especialmente en función de la señal base o como se mide la cantidad de aire que ingresa al motor, el número de revoluciones y un factor de procesamiento del resto de señales producida por los diversos captadores.

### **1.7. DURACIÓN DE LA INYECCIÓN - BÁSICA Y DE ENRIQUECIMIENTO**

La duración de la inyección y la cantidad de combustible inyectada están controladas por la Unidad Electrónica de Control (*en inglés, Electronic Control Unit - ECU*)

El lapso de inyección consta de dos componentes:

- a. Duración de la inyección "básica".
- b. Son los "enriquecimientos".

La Figura 1.10 describe detalladamente los dos componentes para distintas condiciones de trabajo del motor.

La duración de la inyección "básica" mantiene una razón estequiométrica aire/combustible que viene determinada por:

- (a) Cantidad de aire admitida (masa)
- (b) Velocidad del motor (rpm), brindada por el sistema de encendido.

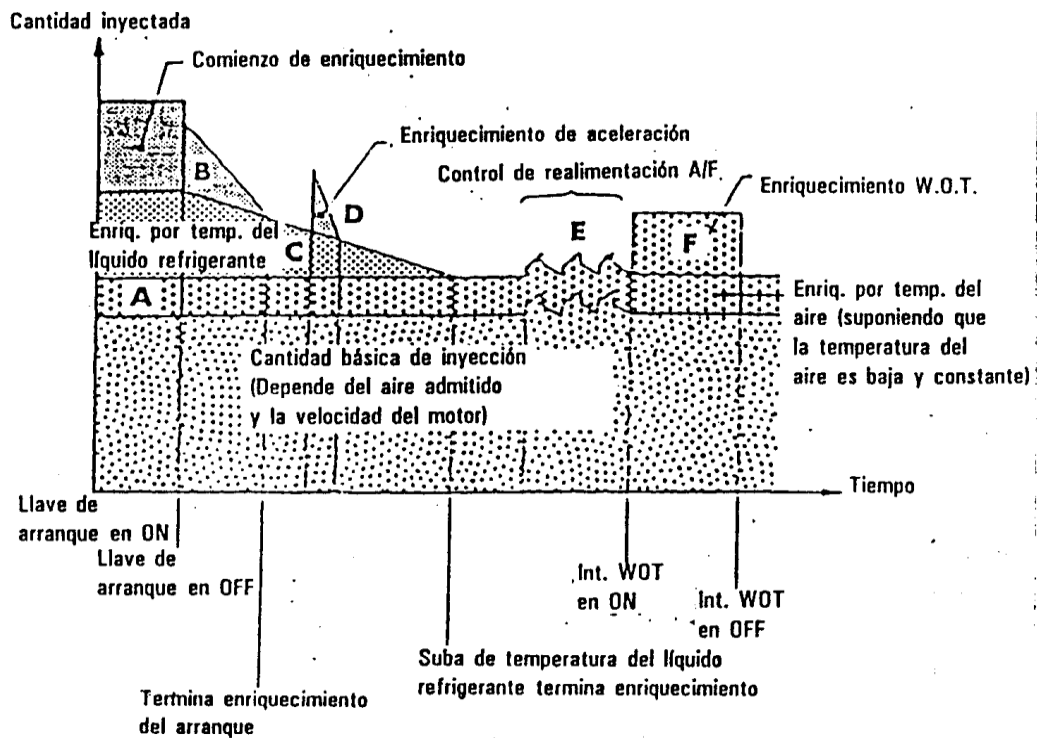


Figura 1.10 Cantidades Inyectadas, Básica y Enriquecimientos

La cantidad "básica" de inyección, se corrige según la temperatura del aire de admisión, permite convertir valores de volumen de aire en valores de masa de aire. Los sistemas de inyección equipados con un SENSOR DE FLUJO DE MASA DE AIRE brindan información de caudal másico tomando en cuenta la temperatura del aire y la presión atmosférica (altitud). El motor de automóvil sólo puede trabajar correctamente cuando se mantiene un enriquecimiento adecuado en el instante correcto.

En la figura 1.10 las etapas de A a F, describen (sobre el eje del tiempo) los requisitos típicos de enriquecimiento, inicia en el arranque en frío, pasando por distintas condiciones de conducción.

El uso del osciloscopio permite analizar de cerca el funcionamiento del inyector electromagnético. La Figura 1.11 indica la conexión del osciloscopio

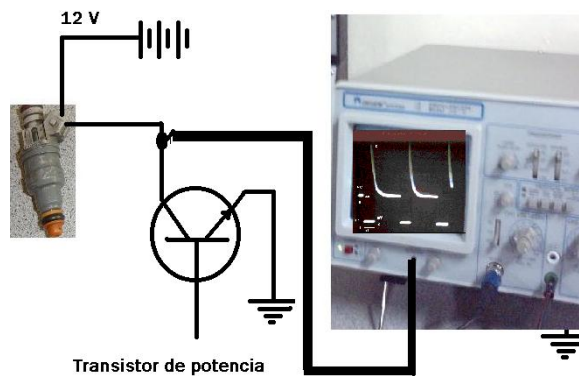


Figura 1.11. Conexión del Osciloscopio a un inyector

Los inyectores son activados por un transistor de potencia en la etapa final. Sea en forma simultánea, secuencial o semisequencial.

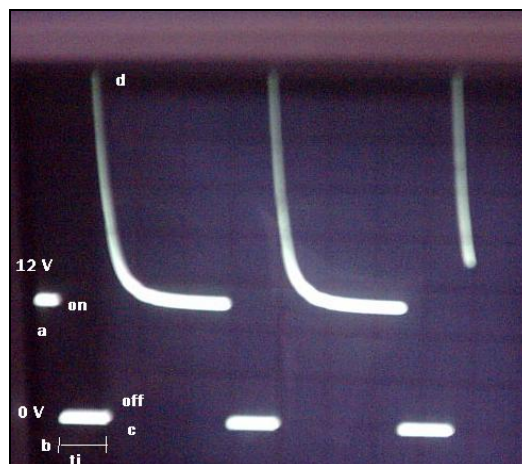


Figura 1.12 Curva característica del Inyector.

La curva de la figura 1.13 indica los cambios de tensión en el punto X de la figura 1.12 cuando el inyector es activado por el transistor de potencia de la etapa final. Este proceso se produce una vez por cada revolución del motor. El momento en que el transistor de potencia pasa a conducir (ON), la señal traza del osciloscopio cae desde 12V (punto a) a casi 0V (punto b). Tras unos milisegundos cuando llega al punto C, el transistor de potencia se pone en corte (OFF). En este punto (C) aparece un pico de alta tensión (D), derivado de la FEM de autoinducción del solenoide del inyector.

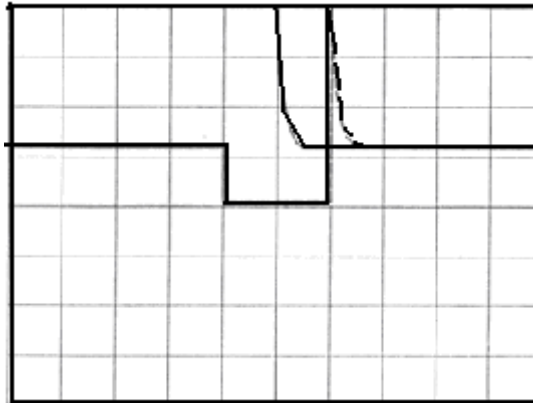


Figura 1.13 Curva de simulación de enriquecimiento

Cuando medimos el "Tiempo de Inyección" dispuesto por el ECM en un motor, determinamos el tiempo en que el modulo de control electrónico conecta uno de los extremos de la bobina del inyector a masa, dado que el otro extremo de dicha bobina está conectado al positivo de la batería.

Si prestamos atención a la forma de onda de la intensidad de corriente vemos que, como en toda bobina la intensidad de corriente no alcanza su máximo en forma instantánea sino que para alcanzar ese nivel le demanda un tiempo determinado. La intensidad del campo magnético formado en la bobina del inyector, al circular corriente eléctrica por ella, debe alcanzar un determinado nivel para atraer la aguja venciendo la fuerza de oposición del resorte que empuja a ésta para mantenerla en su asiento, cerrando el paso de combustible. La intensidad del campo magnético, para una bobina dada y para cada instante, es dependiente exclusivamente del nivel de intensidad de corriente alcanzada en ese instante. Esto nos permite ya vislumbrar que los inyectores no abren el paso de combustible en el instante en el que se le aplica a su bobina la tensión de batería (instante en que el ECM pone a masa uno de los extremos de la bobina) sino que su apertura demanda un cierto tiempo.

Para un mismo inyector éste retardo sufre variaciones en función del nivel de la tensión de batería. Veremos a continuación algunos ejemplos de mediciones realizadas en inyectores de uso común. Estas mediciones se han efectuado para distintas tensiones de batería pero manteniendo un tiempo de inyección constante de 2 milisegundos medido con osciloscopio, tal como se indica en la figura 1.14.



**Inyector Bosch 0280 150 962** Resistencia óhmica de la bobina = 16 ohmios

Nivel de intensidad de corriente a la que se produce la apertura del inyector = 0,3 Amperios

Nivel de intensidad de corriente a la que se produce el cierre del inyector = 0,14 Amperios

**Para una tensión de batería de 13,8 Voltios** Máxima intensidad de corriente = 0,87 Amperios

Tiempo de retardo en la apertura del inyector = 0,44 milisegundos.

Tiempo real de inyección = 2 milisegundos - 0,44 milisegundos = 1,56 milisegundos.

% de Tiempo de Inyección perdido = 22 %

**Para una tensión de batería de 12 Voltios** Máxima intensidad de corriente = 0,65 Amperios.

Tiempo de retardo en la apertura del inyector = 0,53 milisegundos

Tiempo real de inyección = 2 milisegundos - 0,53 milisegundos = 1,47 milisegundos

% de Tiempo de Inyección perdido = 26,5 %

**Para una tensión de batería de 10 Voltios** Máxima intensidad de corriente = 0,46 Amperios.

Tiempo de retardo en la apertura del inyector = 0,64 milisegundos.

Tiempo real de inyección = 2 milisegundos - 0,64 milisegundos = 1,36 milisegundos.

% de Tiempo de Inyección perdido = 32 %

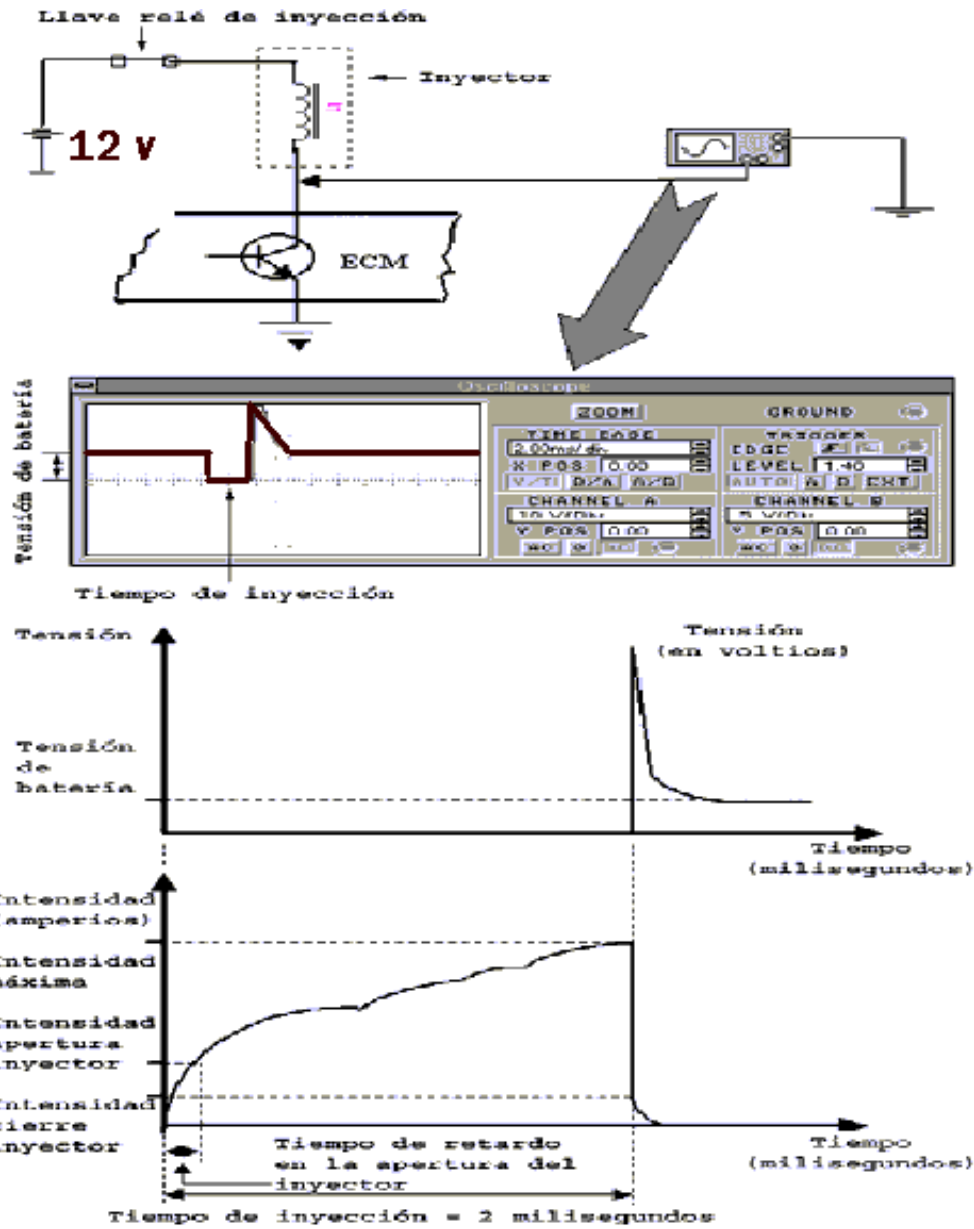


Figura 1.14. Medición de tiempos en inyectores.

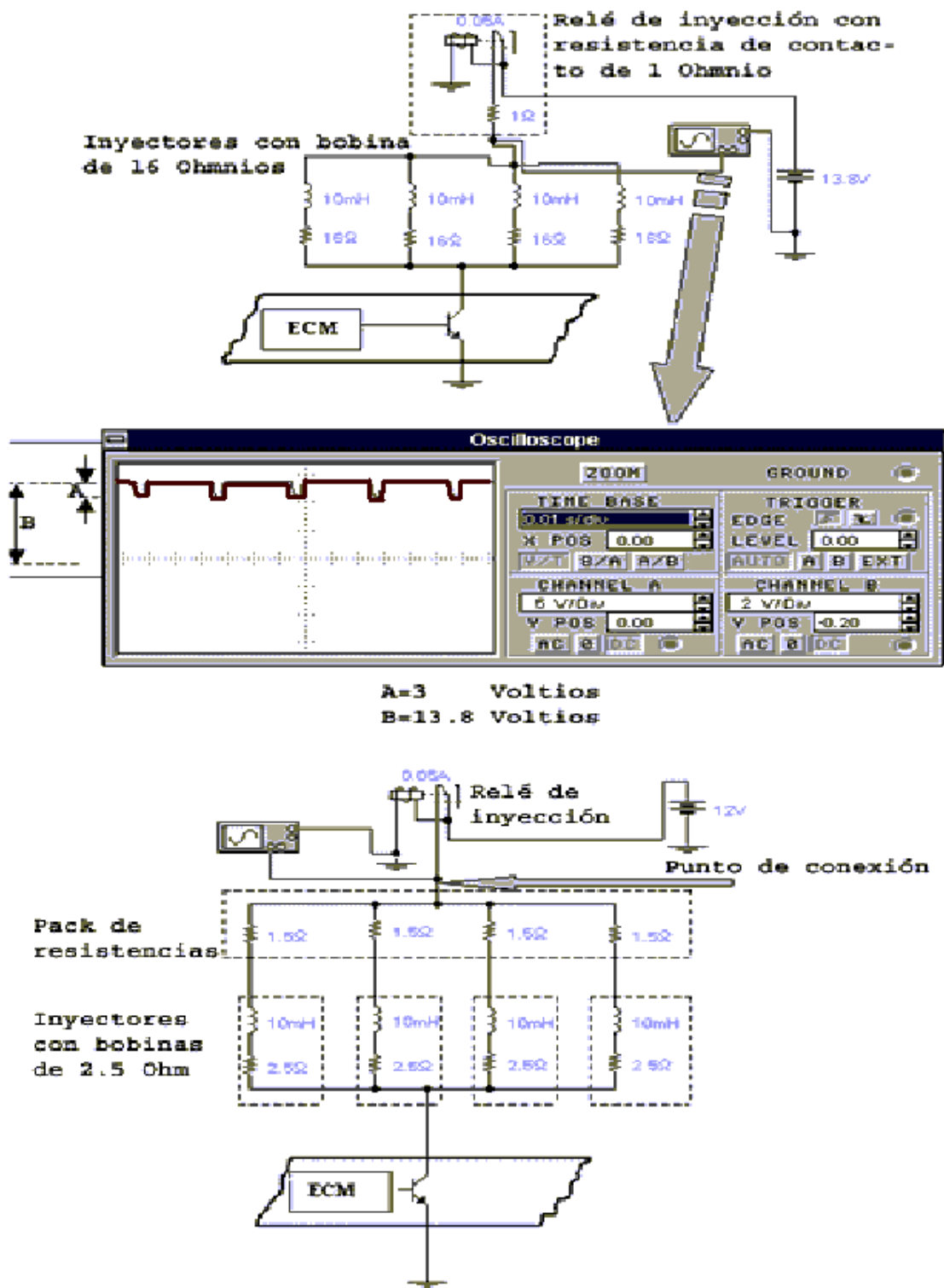


Figura 1.15 Ejemplos de medición en inyectores.

## 1.8. CARACTERÍSTICA TIEMPO/CAUDAL DEL INYECTOR.

La característica tiempo/caudal del inyector tiene los siguientes parámetros:

GAIN (ganancia) es la parte proporcional de la característica tiempo/caudal, en otras palabras, si mayor es el caudal solicitado, mayor es el tiempo de mando del inyector. La ganancia, principalmente depende:

- del orificio inyector;
- De la carrera de la parte móvil del inyector;
- del salto de presión entre colector gasolina y colector aire.

OFFSET (igualar) parte del caudal que es independiente del tiempo. La igualación depende de:

- la tensión de mando;
- del salto de presión entre colector gasolina y colector aire;
- de las características eléctricas del inyector;
- del peso de la parte móvil del inyector;
- de la fuerza del muelle de cierre del inyector;
- de los roces internos del inyector.

LEAK (pérdida) es la parte de caudal proporcional al tiempo en que el inyector permanece cerrado, depende principalmente de:

- tipología de las superficies de estanqueidad;

- salto de presión entre colector gasolina y colector aire.

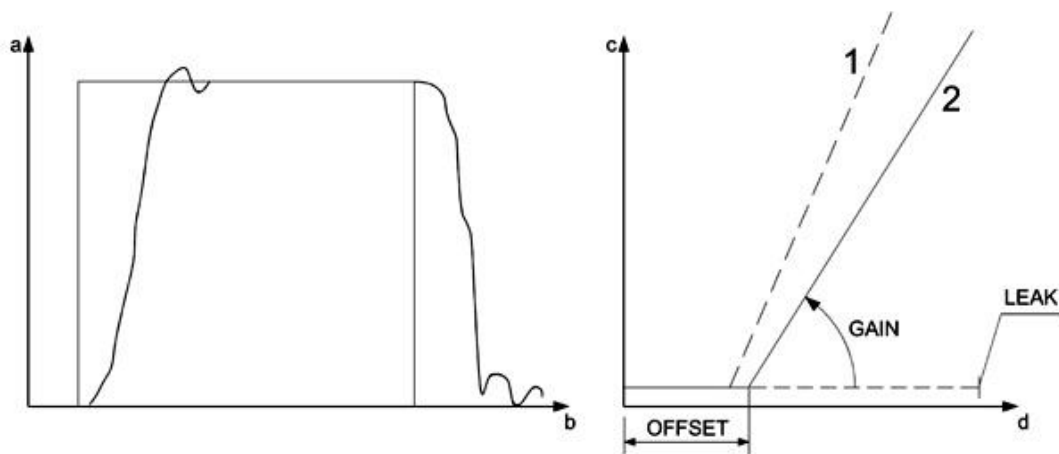


Figura 1.16. Curva característica de operación de inyectores.

- |   |   |
|---|---|
| a. tensión de mando/apertura inyectores | 1. <i>característica fuera de la tolerancia</i> |
| b. tiempo de mando                      | 2. característica nominal                       |
| c. caudal                               |   |

Los defectos de la primera familia que modifican la presión en las extremidades de los inyectores van a influir sobre todo en la GANANCIA, ya que es la parte preponderante del caudal, naturalmente a un aumento de presión le corresponderá un aumento de la GANANCIA y viceversa.

El envejecimiento del inyector, por el contrario, puede derivarse de una variación de OFFSET, generada por el aflojamiento del muelle del inyector (disminución del OFFSET) y por suciedad del mismo (disminución de ganancia).

Por ejemplo, una rotura de los inyectores, un aumento de la carrera la carga móvil de los inyectores, o bien un deterioro de las superficies de estanqueidad, pueden conducir a un aumento de la GANANCIA o PÉRDIDA. La sensibilidad de estos defectos en los diferentes puntos del motor no es la misma, se puede afirmar que mientras el OFFSET y la PÉRDIDA están más influenciados en el mínimo, y en todo

caso, con bajas temperaturas de inyección, la GANANCIA altera el sistema de forma más o menos constante (en porcentaje).

### 1.9 MEDICION DE INTERVALO DE OPERACION.

La duración de la inyección en grados sexagesimales de rotación del cigüeñal para una velocidad de rotación dada se calcula así:

$$\frac{rpm * 360^\circ}{60s} = (\dots) / segundos \quad \boxed{Ec.1.}$$

Las siguientes fórmulas pueden ser utilizadas para calcular la duración de la inyección en grados (grados de inyección) y la duración de la inyección en ms,  $t_i$  (ms).

$$\boxed{GradosdeInyeccion = 0,006 \times rpm \times t_i}$$

$$t_i = \frac{gradoinyeccion}{(0,006) \times (rpm)} \quad \boxed{Ec.2.}$$

En base a éste principio de cálculo, se puede determinar con precisión el  $t_i$  del inyector utilizando cualquier tacómetro / medidor de intervalo automotriz; (preferible utilizar un digital). El medidor se conecta de modo tal que el solenoide del inyector substituya al bobinado del primario de la bobina de encendido. En la figura 1.17 se muestra como conectar el medidor al inyector (o al arnés de inyector), por comparación a la conexión del medidor al sistema de inyección

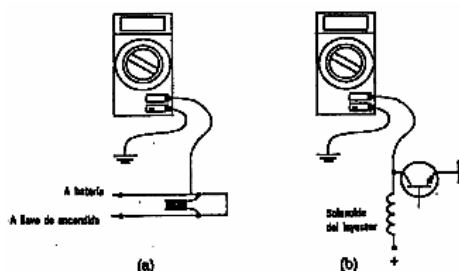


Figura 1.15 Medición del ángulo de intervalo

## NOTAS

- Las fórmulas y cálculos siguientes corresponden a sistemas de inyección en los cuales los inyectores son activados una vez por revolución del motor. Y se dividirá por el número de cilindros si es secuencial.
- Todos los valores de rpm y de ángulos de intervalo de los cálculos que siguen, deben ser los valores exactos que aparecen en la pantalla del medidor.
- El selector de intervalo del tacómetro debe ser ajustado al mismo número de cilindros para todas las mediciones.

Los valores medidos por el tacómetro / medidor de intervalo permiten calcular la duración de la inyección en ms utilizando la siguiente fórmula ( $DA = dwell\ angle$ , ángulo de intervalo)

$$ti(ms) = \frac{1000 \times DA}{3 \times rpm} \quad \boxed{Ec.3.}$$

La siguiente fórmula sirve para calcular DA conocidos ti y rpm:

$$DA = \frac{ti \times 3rpm}{1000} \quad \boxed{Ec.3.1.}$$

### 1.10. CICLO DE TRABAJO.

El ciclo de trabajo es la relación que existe entre el tiempo de inyección dividido para lo que dura el ciclo entre abierto (figura 1.18) y cerrado debe ser expresado en porcentaje y que debe estar entre 25% a 30 %, para que el motor funcione en forma adecuada. Es calculado partiendo de las características obtenidas

en un osciloscopio o directamente se lo puede medir con un medidor de ciclo de trabajo.

$$\% = \frac{\text{tiempodeinyecciónON}}{\text{tiempoON} + \text{tiempoOFF}} \times 100\% \quad \text{Ec.4.}$$

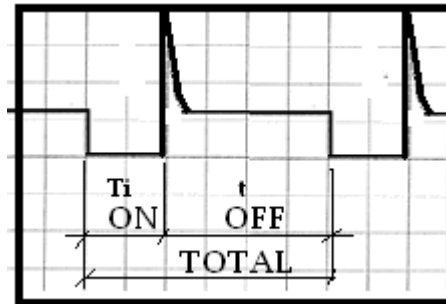


Figura 1.16 Parámetros del Ciclo de trabajo.

### 1.11. CORTE DE EXCESO DE COMBUSTIBLE

El “corte de combustible por desaceleración”, también denominado “Corte de exceso de combustible”, es una función muy importante que implementan muchos sistemas de inyección de combustible. Se produce cuando las rpm del motor superan un valor predeterminado y la computadora detecta el cierre del interruptor de posición de regulación. El resultado es que se interrumpe la inyección de combustible, reanudándose solo luego que las rpm del motor han bajado a otro valor predeterminado. Las rpm del motor a las cuales se detiene y reanuda la inyección de combustible dependen de la temperatura del motor tal como se muestra en la figura 1.19

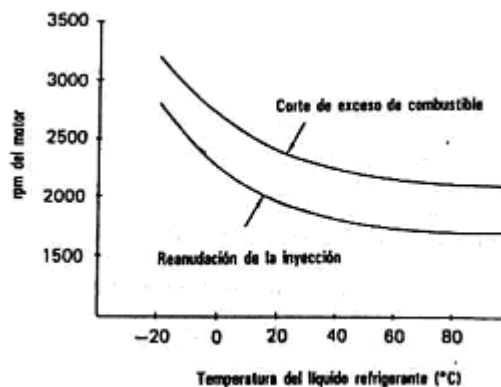




Figura 1.19. Corte de combustible en función de la temperatura.

La curva superior muestra cuando se corta la inyección de combustible y la inferior cuando se reanuda.

En la figura 1.20 se muestra en forma gráfica las variaciones de velocidad del motor mientras se produce el corte de inyección de combustible estando, el motor a temperatura normal de funcionamiento.



Figura 1.18 Corte de inyección en función de la velocidad.

Los distintos tipos de motor pueden tener distintas características de corte. La función de corte o exceso se produce cuando el automóvil se desplaza en un punto muerto o cuando está siendo desacelerado. Esta función contribuye grandemente a cortar el consumo de combustible y a reducir emisiones nocivas. Cualquier falta de un componente relacionado con la activación del sistema de corte de exceso de combustible tal como el interruptor de posición de regulación puede desmejorar el funcionamiento del sistema de inyección. Si por ejemplo no se cierran los contactos del interruptor cuando se deja de ejercer presión sobre el pedal del acelerador, no se produce la función de corte. Esto puede ocurrir si el interruptor está fallando o mal ajustado. Por otra parte, si se pegan los contactos del interruptor y no se abren cuando se oprime el pedal del acelerador, se produce "Vaivén" del motor.

El efecto "Vaivén" se describe en la figura 1.21 pero en este caso el corte de combustible se produce cuando se oprime el pedal del acelerador, haciendo imposible la conducción normal

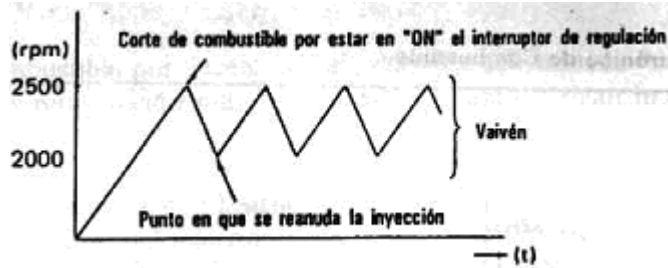


Figura 1.21 Efecto de vaivén

## 1.12. TIEMPOS DE INYECCION

Se clasifican de acuerdo al tiempo que permanecen abiertos los inyectores:

a. INYECCION CONTINUA:

Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

b. INYECCION INTERMITENTE:

Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la computadora, existiendo tres tipos de esta inyección a su vez: (figura 1.22).

- INYECCION SECUENCIAL: El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada. Es decir  $720^\circ$  de giro del cigüeñal dividido para el número de cilindros.
- INYECCIÓN SEMISECUENCIAL: El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos. Es decir  $720^\circ$  de giro del cigüeñal para la mitad del número de cilindros.
- INYECCION SIMULTÁNEA: El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores a la vez en cada vuelta del cigüeñal.

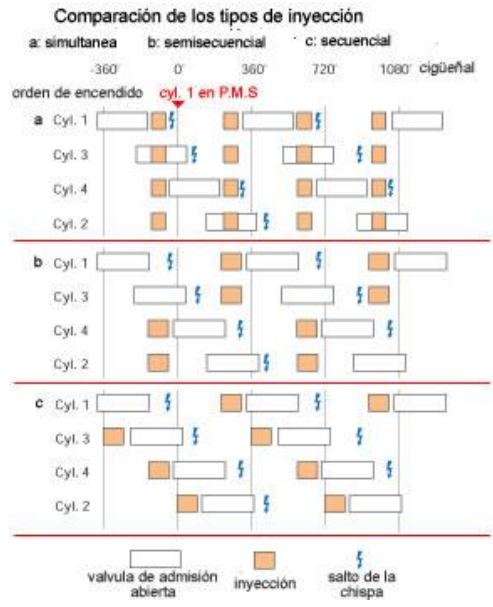


Figura 1.22 Tipos de Inyección intermitente

## II. ELEMENTOS Y COMPONENTES ELECTRONICOS.

### 2.1. MICRO CONTROLADORES

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Se los encuentra en nuestro trabajo, en casa y en nuestra vida, controlando el funcionamiento de los vehículos y sus diversos controles, los ratones, teclados de los computadores, teléfonos, hornos microondas, televisores, etc. El siglo XXI es testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usamos los humanos.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador, dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM/EEPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, Conversores Analógico/Digital, Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- **Aumento de prestaciones:** un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- **Aumento de la fiabilidad:** al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.

- **Reducción del tamaño en el producto acabado:** La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- **Mayor flexibilidad:** las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

El microcontrolador es un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (embedded controller).

Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

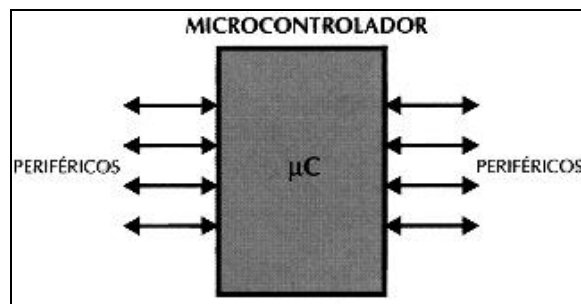


Figura 2.1.El microcontrolador

## 2.2. APLICACIONES DE LOS MICROCONTROLADORES.

Cada vez más productos incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, sistema de arranque de nuestro automóvil, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

### **2.3. EL MERCADO DE LOS MICROCONTROLADORES.**

Existe una gran diversidad de microcontroladores. La clasificación más importante es de microcontroladores de 4, 8, 16 ó 32 bits. Aunque las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer.

La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear micros más potentes y consecuentemente más caros.

En cuanto a las técnicas de fabricación, cabe decir que prácticamente la totalidad de los microcontroladores actuales se fabrican con tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Esta tecnología supera a las técnicas anteriores por su bajo consumo y alta inmunidad al ruido.

#### **2.3.1. RECURSOS COMUNES A TODOS LOS MICROCONTROLADORES.**

Al estar los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales Procesador, memoria de datos y de

instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

## 2.4. ARQUITECTURA BÁSICA

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias. Figura 2.2.

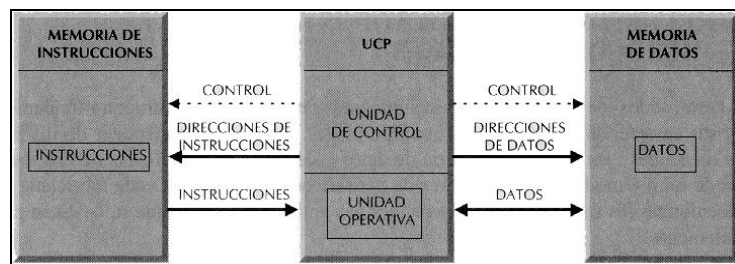


Figura 2.2. La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes para datos y para instrucciones.

Los microcontroladores PIC responden a la arquitectura Harvard.

### 2.4.1. EL PROCESADOR o CPU

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que

implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales.

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución.

Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

RISC: Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo.

La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

#### **2.4.2. MEMORIA**

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación.



Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

- No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
- Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero, los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 Kbytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes.

Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

### **ROM con máscara**

Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado coste del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

### **OTP**

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario. OTP (One Time Programmable). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC. OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.

Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

## **EPROM**

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

## **EEPROM**

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño.

Este tipo de memoria es relativamente lenta.

## **FLASH**

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña.

A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados "en circuito", es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta.

### **2.4.3. PUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA**

La principal utilidad de las patitas que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores.

Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

### **2.4.4. RELOJ PRINCIPAL**

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

El circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C.

## **2.5. RECURSOS ESPECIALES**

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- • Temporizadores o "Timers".
- • Perro guardián o "Watchdog".
- • Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- • Estado de reposo o de bajo consumo.
- • Conversor A/D.
- • Conversor D/A.
- • Comparador analógico.
- • Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- • Puertas de E/S digitales.
- • Puertas de comunicación.

### **2.5.1 TEMPORIZADORES O "TIMERS"**

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores). Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

### **2.5.2. PERRO GUARDIÁN O "WATCHDOG"**

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El Perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, "ladrará y ladrará" hasta provocar el reset.

### **2.5.3. PROTECCIÓN ANTE FALLO DE ALIMENTACIÓN O "BROWNOUT"**

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

#### **2.5.4. ESTADO DE REPOSO Ó DE BAJO CONSUMO**

Son amplias las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

#### **2.5.5. CONVERTOR A/D (CAD)**

Los microcontroladores que incorporan un Conversor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patitas del circuito integrado.

#### **2.5.6. CONVERTOR D/A (CDA)**

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas de la cápsula. Existen muchos efectores que trabajan con señales analógicas.

#### **2.5.7. COMPARADOR ANALÓGICO**

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula.

La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

### **2.5.8. MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS O PWM**

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

### **2.5.9. PUERTOS DE E/S DIGITALES**

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos.

Las líneas digitales de los Puertos pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

### **2.5.10. PUERTOS DE COMUNICACIÓN**

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona

Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.

- USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.

- Bus I<sup>2</sup>C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.
- CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexión multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles. En EE.UU. se usa el J1850.

## **2.6. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES.**

Uno de los factores que más importancia tiene a la hora de seleccionar un microcontrolador entre todos los demás es el soporte tanto software como hardware de que dispone. Un buen conjunto de herramientas de desarrollo puede ser decisivo en la elección, ya que pueden suponer una ayuda inestimable en el desarrollo del proyecto.

Las principales herramientas de ayuda al desarrollo de sistemas basados en microcontroladores son:

### **2.6.1. Desarrollo del software:**

Ensamblador: La programación en lenguaje ensamblador puede resultar un tanto ardua para el principiante, pero permite desarrollar programas muy eficientes, ya que otorga al programador el dominio absoluto del sistema. Los fabricantes suelen proporcionar el programa ensamblador de forma gratuita y en cualquier caso siempre se puede encontrar una versión gratuita para los microcontroladores más populares.

Compilador: La programación en un lenguaje de alto nivel (como el C ó el Basic) permite disminuir el tiempo de desarrollo de un producto. No obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador. Las versiones más potentes suelen ser muy caras, aunque para los microcontroladores más populares pueden encontrarse versiones demo limitadas e incluso compiladores gratuitos.



Depuración: Debido a que los microcontroladores van a controlar dispositivos físicos, los desarrolladores necesitan herramientas que les permitan comprobar el buen funcionamiento del microcontrolador cuando es conectado al resto de circuitos.

Simulador: Son capaces de ejecutar en un PC programas realizados para el microcontrolador. Los simuladores permiten tener un control absoluto sobre la ejecución de un programa, siendo ideales para la depuración de los mismos. Su gran inconveniente es que es difícil simular la entrada y salida de datos del microcontrolador. Tampoco cuentan con los posibles ruidos en las entradas, pero, al menos, permiten el paso físico de la implementación de un modo más seguro y menos costoso, puesto que ahorraremos en grabaciones de chips para la prueba in-situ.

Placas de evaluación: Se trata de pequeños sistemas con un microcontrolador ya montado y que suelen conectarse a un PC desde el que se cargan los programas que se ejecutan en el microcontrolador. Las placas suelen incluir visualizadores LCD, teclados, LEDs, fácil acceso a los pines de E/S, etc. El sistema operativo de la placa recibe el nombre de programa monitor. El programa monitor de algunas placas de evaluación, aparte de permitir cargar programas y datos en la memoria del microcontrolador, puede permitir en cualquier momento realizar ejecución paso a paso, monitorizar el estado del microcontrolador o modificar los valores almacenados los registros o en la memoria.

Emuladores en circuito: Se trata de un instrumento que se coloca entre el PC anfitrión y el zócalo de la tarjeta de circuito impreso donde se alojará el microcontrolador definitivo. El programa es ejecutado desde el PC, pero para la tarjeta de aplicación es como si lo hiciese el mismo microcontrolador que luego irá en el zócalo. Presenta en pantalla toda la información tal y como luego sucederá cuando se coloque la cápsula.

## **2.7. APLICACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES EN EL AUTOMÓVIL.**

Uno de los sectores que más tira del mercado del microcontrolador es el mercado automovilístico. De hecho, algunas de las familias de microcontroladores actuales se desarrollaron pensando en este sector, siendo modificadas posteriormente para adaptarse a sistemas más genéricos. El mercado del automóvil es además uno de los más exigentes: los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas de vibraciones, choques, ruido, etc. y seguir siendo fiables. El fallo de cualquier componente en un automóvil puede ser el origen de un accidente.

Así, un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

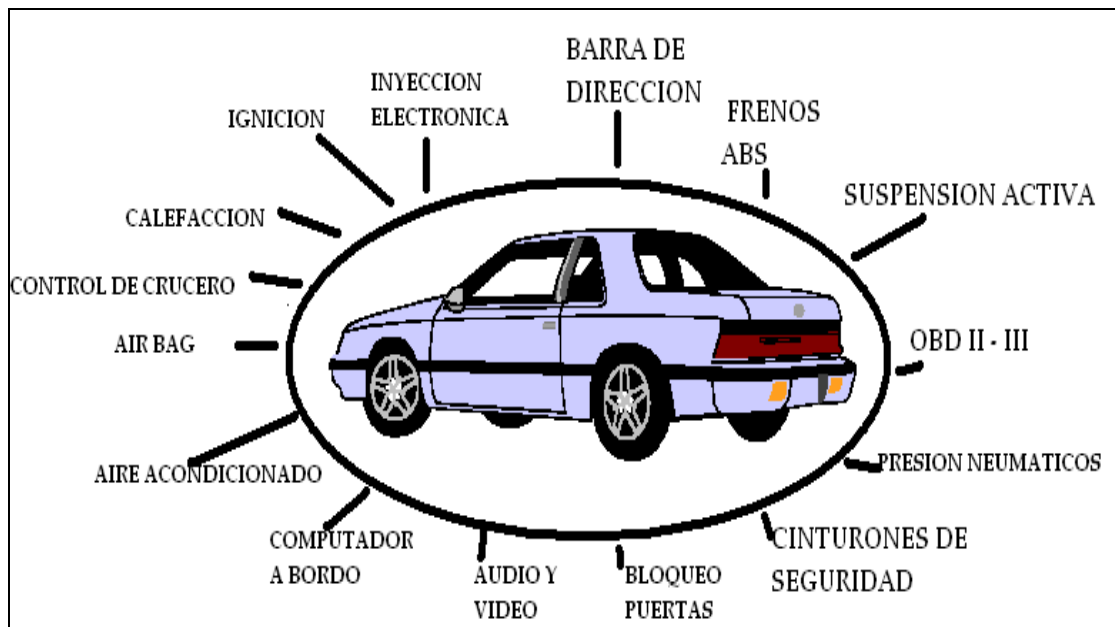


Figura 2.3. Aplicaciones en el automóvil

La distribución de las ventas según su aplicación es la siguiente:

Una tercera parte se absorbe en las aplicaciones relacionadas con los computadores y sus periféricos.

La cuarta parte se utiliza en las aplicaciones de consumo (electrodomésticos, juegos, TV, vídeo, etc.)

El 16% de las ventas mundiales se destina al área de las comunicaciones.

Otro 16% es empleado en aplicaciones industriales.

El resto de los microcontroladores vendidos en el mundo, aproximadamente un 10% son adquiridos por las industrias de automoción para ser usados en las instalación de inyección electrónica de gasolina, frenos abs., control de crucero, alarmas, equipos de audio y video, comunicación satelital, suspensión activa entre otros..

También los modernos microcontroladores de 32 bits van afianzando sus posiciones en el mercado, siendo las áreas de más interés el procesamiento de imágenes, las comunicaciones, las aplicaciones militares, los procesos industriales y el control de los dispositivos de almacenamiento masivo de datos.

## **2.8. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PARA LA APLICACIÓN**

Para escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles y su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y por supuesto las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.):

### **2.8.1. COSTOS.**

Los fabricantes de microcontroladores compiten duramente para vender sus productos, venden 10 veces más microcontroladores que microprocesadores. Para que nos hagamos una idea, para el fabricante que usa el microcontrolador en su producto una diferencia de precio en el microcontrolador es importante (el consumidor deberá pagar además el coste del empaquetado, el de los otros componentes, el diseño del hardware y el desarrollo del software). Si el fabricante desea reducir costes debe tener en

cuenta las herramientas de apoyo con que va a contar: emuladores, simuladores, ensambladores, compiladores, etc. Es habitual que muchos de ellos siempre se decanten por microcontroladores pertenecientes a una única familia.

### 2.8.2. APLICACIÓN.

Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación:

- **Procesamiento de datos:** puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante. Una alternativa más barata y quizá suficiente es usar librerías para manejar los datos de alta precisión. –
- **Entrada Salida:** para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.
- **Consumo:** algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.
- **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable

(EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración. El tipo de memoria a emplear vendrá determinado por el volumen de ventas previsto del producto: de menor a mayor volumen será conveniente emplear EPROM, OTP y ROM. En cuanto a la cantidad de memoria necesaria puede ser imprescindible realizar una versión preliminar, aunque sea en pseudo-código, de la aplicación y a partir de ella hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable.

- **Ancho de palabra:** el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado coste, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones (Entrada/Salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).
- **Diseño de la placa:** la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

Los microcontroladores más populares se encuentran, sin duda, entre las mejores elecciones:

PIC (MicroChip). Familia de microcontroladores que gana popularidad día a día. Fueron los primeros microcontroladores RISC. Es preciso resaltar en este punto que existen innumerables familias de microcontroladores, cada una de las cuales posee un gran número de variantes.

### **2.8.3. SELECCIÓN DEL PIC 16F84A**

Vistos los criterios de selección del microcontrolador se procedió a seleccionar el PIC 16F84A, pertenece a la familia de la gama media y dentro de ella es uno de los más pequeños, tiene 18 patitas, La razón exclusiva de su interés se debe al tipo de memoria de programa que posee. En el caso del PIC 16C84 se trata de una EEPROM de 1K palabras de 14 bits cada una. En PIC16F84 tiene la misma capacidad de instrucciones, pero de tipo FLASH. Ambos disponen de 64 bytes de EEPROM como memoria de datos auxiliar y opcional.

La memoria EEPROM y la FLASH son eléctricamente gravables y borrables, lo que permite escribir y borrar el programa bajo prueba, manteniendo el microcontrolador en el mismo zócalo y usando el mismo dispositivo para borrar y grabar. Esta característica se supone una gran ventaja con la mayoría de microcontroladores, que tiene como memoria de programa rescribible una tipo EPROM, se graba eléctricamente pero para borrarlas hay que someterlas durante cierto tiempo a rayos ultravioletas, lo que implica sacar del zócalo al circuito integrado y colocarlo en un borrador EPROM.

La memoria FLASH tiene mejores posibilidades de aumentar su capacidad con relación a la EEPROM. También por su mayor velocidad y menor consumo. No obstante, la EEPROM es capaz de soportar 1.000.000 de ciclos de escritura y borrado, frente a los 1.000 de la FLASH.

Otra ventaja del PIC 16F84A en cuanto al simplificar el proceso de escritura, borrado y reescritura de programas, tan necesario en la fase de diseño, es su sistema de grabación de datos, que se realiza en serie. Para escribir un programa en la memoria se manda la información en serie usando solo dos patitas: La RB6 para la señal de reloj y la RB7 para los bits de datos en serie.

Mostramos a continuación la tarjeta de presentación del PIC16X84 con sus datos personales más significativos.

Tabla II.1 Características del PIC 16x84.

Tarjeta de Presentación de los PIC 16X84	
MEMORIA DE PROGRAMA:	1 K x 14, EEPROM (PIC16C84) Y FLASH (PIC16F84)
MEMORIA DE DATOS RAM:	36 Bytes (PIC16C84) Y 68 Bytes (PIC16F84)
MEMORIA DE DATOS EEPROM	64 Bytes PARA AMBOS MODELOS
PILA (STACK) DE 8 NIVELES	
INTERRUPCIONES	4 TIPOS DIFERENTES
JUEGO DE INSTRUCCIONES	35
ENCAPSULADO	PLASTICO DIP DE 18 PATITAS
FRECUENCIA DE TRABAJO	10 MHz MAXIMA
TEMPORIZADORES	SOLO UNO, EL TMR0. TAMBIEN TIENE PERRO GUARDIAN (WDT)
LINEAS DE E/S DIGITALES	13 (5 PUERTA A Y 8 PUERTA B)
CORRIENTE MAXIMA ABSORBIDA	80 mA PUERTA A Y 150 mA PUERTA B
CORRIENTE MAXIMA SUMINISTRADA	50 mA PUERTA A Y 100 mA PUERTA B
CORRIENTE MAXIMA ABSORBIDA POR LINEA	25 mA
CORRIENTE MAXIMA SUMINISTRADA POR LINEA	20 mA
VOLTAJE DE ALIMENTACION (VDD)	DE 2 A 6 V DC
VOLTAJE DE GRABACION	DE 12 A 14 V DC

## 2.9. VARIANTES DE PIC16X8X

Se comercializan diferentes modelos que corresponden a la nomenclatura genérica PIC16X8X, atendiendo a diversas características.

1. Frecuencia básica de funcionamiento
2. Tipo de oscilador externo usado para generar la frecuencia de reloj
3. Margen de voltaje de alimentación

Los modelos que tienen las letras **C**, **F** o **CR** intermedias admiten el rango de voltaje de alimentación estándar, que es el que oscila de 4 a 4,5 V DC como mínimo, hasta 5,5 a 6 V DC como máximo. Los modelos con las letras **LC**, **LF** o **LCR** intermedias admiten el margen de voltaje <<extendido>> que abarca desde los 2 hasta los 6 V DC

En la tabla II.2 se indican las principales características de algunos modelos, atendiendo a la frecuencia máxima y al tipo de oscilador usado.

Tabla II.2 Principales características de diversos modelos de PIC16X8X

OSCILADOR	PIC16F84-04 PIC16F83-04	PIC16F84-04 PIC16F83-04	PIC16F84-04 PIC16F83-04
<b>RC</b>	<b>VDD:</b> 4.0V a 6.0V <b>IDD:</b> 4.5 mA max. a 5.5V <b>IPD:</b> 14µA max. a 4V WDT dis <b>Frec:</b> 4.0 MHz máx.	<b>VDD:</b> 4.5V a 5.5V <b>IDD:</b> 1.8 mA tip. a 5.5 V <b>IPD:</b> 1.0µA max a 5.5V WDT dis <b>Frec:</b> 4.0 MHz máx...	<b>VDD:</b> 2.0V a 6.0V <b>IDD:</b> 4.5 mA max. a 5.5 V <b>IPD:</b> 7.0 µA max. a 2V WDT dis <b>Frec:</b> 2.0 MHz máx.
<b>XT</b>	<b>VDD:</b> 4.5V a 6.0V <b>IDD:</b> 4.5 mA max. a 5.5 V <b>IPD:</b> 14µA max. a 4V WDT dis <b>Frec:</b> 4.0 MHz máx...	<b>VDD:</b> 4.5V a 5.5V <b>IDD:</b> 1.8 mA tip. a 5.5 V <b>IPD:</b> 1.0µA tip. a 5.5V WDT dis <b>Frec:</b> 4.0 MHz máx.	<b>VDD:</b> 2.0V a 6.0V <b>IDD:</b> 4.5 mA max. a 5.5 V <b>IPD:</b> 7.0µA max. a 2V WDT dis <b>Frec:</b> 2.0 MHz máx.
<b>HS</b>	<b>VDD:</b> 4.0V A 6.0V <b>IDD:</b> 4.5 mA tip. a 5.5 V <b>IPD:</b> 1.0µA tip a 4.5V WDT dis <b>Frec:</b> 4.0 MHz máx.	<b>VDD:</b> 4.5V a 5.5V <b>IDD:</b> 10 mA max. a 5.5 V tip. <b>IPD:</b> 1.0µA max a 5.5V WDT dis <b>Frec:</b> 10 MHz máx.	<b>NO SE USA EL MODO HS</b>
<b>LP</b>	<b>VDD:</b> 4.0V A 6.0V <b>IDD:</b> 3.5 µA tip. a 32kHz 3.0V <b>IPD:</b> 0.6µA tip. a 3.0V WDT dis <b>Frec:</b> 200kHz max.	<b>NO SE USA EL MODO LP</b>	<b>VDD:</b> 2.0V a 6.0V <b>IDD:</b> 3.2 µA max. a32 kHz, 3.0V <b>IPD:</b> 7 µA max. a 2.0V WDT dis <b>Frec:</b> 200 kHz máx.

La memoria del programa es de tipo FLASH en los PIC16F8X y de tipo ROM en los PIC16CR8X

El PIC16F84 y el PIC16CR84 tienen mayor capacidad de la tecnología CMOS de altas prestaciones y encapsulado en plástico con 18 patitas (figura 2.4).

A continuación se indica la misión de cada una de las patitas.

- VDD:** Patita por la que se aplica la tensión positiva de la alimentación
- VSS:** Patita conectada a tierra o negativo de la alimentación.
- OSC1/CLKIN:** Patita por la que se aplica la entrada del circuito oscilador externo que proporciona la frecuencia de trabajo del



microcontrolador.

**OSC2/CLKOUT:** Patita auxiliar del circuito oscilador

**MCLR#:** Esta patita es activada con el nivel lógico bajo, lo que representa con el símbolo #. Su activación origina la inicialización o Reset de PIC. También se usa esta patita durante la grabación de la memoria del programa para introducir por ella la tensión.  $V_{pp}$ , que esta comprendida entre 12 y 14 V DC.

**RA0 - RA4:** son las 5 líneas de E/S digitales correspondientes a la puerta A.

La línea RA4 multiplexa otra función expresada por TOCKI. En este segundo caso sirve para recibir una frecuencia externa para alimentar al temporizador interno TMR0.

**RB0 - RB7:** Estas 8 patitas corresponden a las 8 líneas de E/S digitales de la Puerta B.

La línea RB0 multiplexa otra función, que es la de servir como entrada a una petición externa de una interrupción, por eso se la denomina RB0/INT.

Los PIC16X8X tienen un encapsulado de 18 patitas, dos de ellas soportan la tensión de la alimentación, otras dos reciben la señal del oscilador, externo y otra se utiliza para generar un Reset. Las 13 patitas restantes funcionan como líneas de E/S para controlar las aplicaciones.

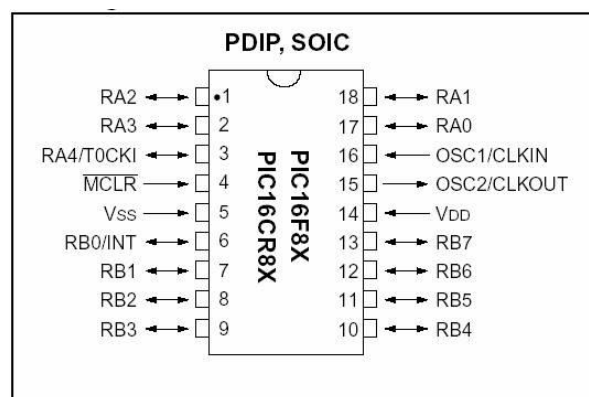


Figura 2.4. Diagrama del conexionado de la patitas de PIC16X8X.

## 2.10. LA FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO. EL RELOJ

La frecuencia de trabajo del microcontrolador es un parámetro fundamental a la hora de establecer la velocidad en la ejecución de instrucciones y consumo de energía.

Cuando un PIC16X8X funciona en 10 MHz, le corresponde un ciclo de instrucción de 400ns, puesto que cada instrucción tarda en ejecutarse cuatro periodos de reloj, o sea  $4 \times 100\text{ns} = 400\text{ns}$ . Todas las instrucciones del PIC se realizan en un ciclo de instrucción, menos las de salto, que tardan el doble.

Los impulsos del reloj entran por la patita OSC1/CLKIN y se dividen en 4 internamente, dando lugar a las señales Q1, Q2, Q3 y Q4, mostradas en la figura 5.4. Durante un ciclo de instrucción, que comprende las 4 señales mencionadas, se desarrollan las siguientes operaciones:

**Q1:** Durante este impulso se incrementa el Contador de Programa

**Q4:** Durante este impulso se busca el código de la instrucción en la memoria del programa y se carga en el Registro de Instrucciones.

**Q2-Q3:** Durante la actividad de estas dos señales se produce la decodificación y la ejecución de la instrucción.

Para conseguir ejecutar cada instrucción en un ciclo de instrucción (excepto los del salto, que tardan dos), se aplica la técnica de la segmentación "pipe-line", que consiste en realizar en paralelo las dos fases que comprende cada instrucción.

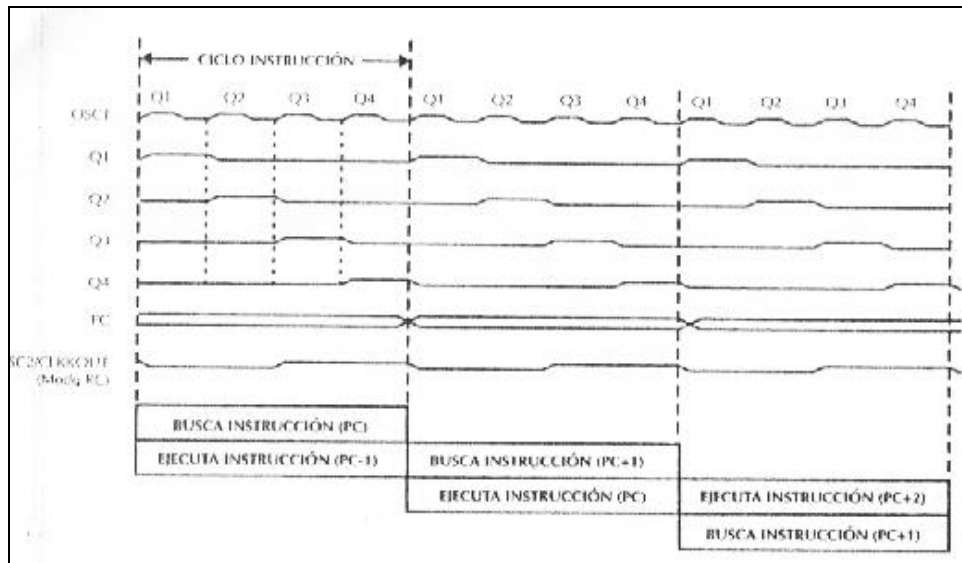


Figura 2.5. Los impulsos del reloj externo (OSC1) se dividen en 4 formando las señales

Q1, Q2, Q3 y Q4, que configuran un ciclo de instrucción.

En realidad cada instrucción se ejecuta en dos ciclos: en el primero se lleva a cabo la fase de búsqueda del código de la instrucción en la memoria del programa, en el segundo se decodifica y se ejecuta (fase de ejecución). La estructura segmentada del procesador permite realizar al mismo tiempo la fase de ejecución de una instrucción y la de búsqueda de la siguiente. Cuando la instrucción ejecutada corresponde a un salto no se conoce cual será la siguiente hasta que se complete, por eso en esta situación se sustituye la fase de búsqueda de la siguiente instrucción por un ciclo "vacío", originando que las instrucciones de salto tarden en realizarse dos ciclos de instrucción. (Figura 2.6.).

¡Error!

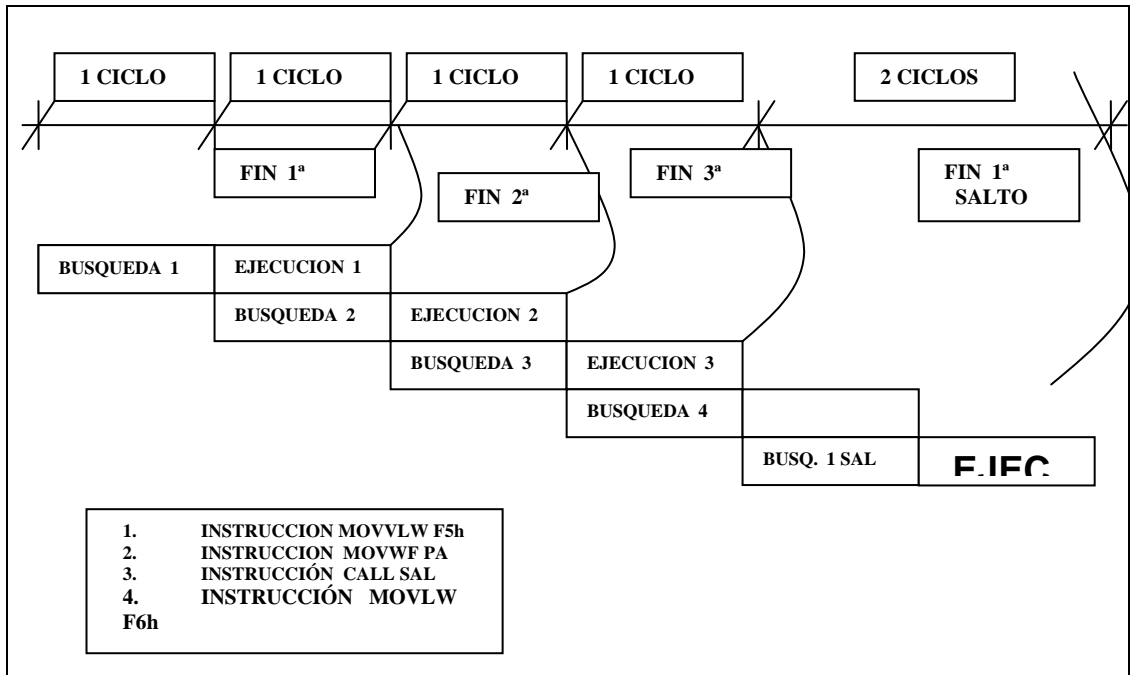


Figura 2.6. La segmentación permite solapar en el mismo ciclo la fase de una instrucción y la de la búsqueda de la siguiente, excepto en las instrucciones de salto.

La frecuencia de funcionamiento de un microcontrolador es un parámetro fundamental del que depende la velocidad de ejecución del programa y el consumo de energía. Cada modelo de PIC dispone de diversas versiones para distintas frecuencias.

La técnica de la segmentación unida a la arquitectura Harvard del procesador permite al PIC16F84 superar la velocidad de sus competidores directos. Así, por ejemplo, es 1,54 veces más rápido que el microcontrolador de Motorola 68HC05, cuando ambos funcionan a la misma frecuencia de 4 MHz.

Los PIC admiten varios tipos de osciladores externos para aplicarles la frecuencia de funcionamiento. El tipo empleado en nuestra aplicación es el oscilador de cristal o resonador para frecuencias estándar comprendidas entre 100 KHz y 4 MHz.

Cuando se aplica un nivel lógico en la patita MCLR# el microcontrolador reinicializa su estado dos acciones importantes se producen en la reinicialización o Reset:

1. El Contador de Programa se carga con la dirección 0, apuntando la primera dirección de la memoria de programa en donde deberá estar situada la primera instrucción del programa de aplicación.
2. La mayoría de registros de estado y control de procesador toman un estado conocido y determinado.

### **2.11. MEMORIA DE DATOS RAM EN EL PIC16F84**

Dispone de 68 registros de propósito general que ocupan las direcciones comprendidas entre 0x0c y la 0x4f en hexadecimal (Véase. Figura 2.7)

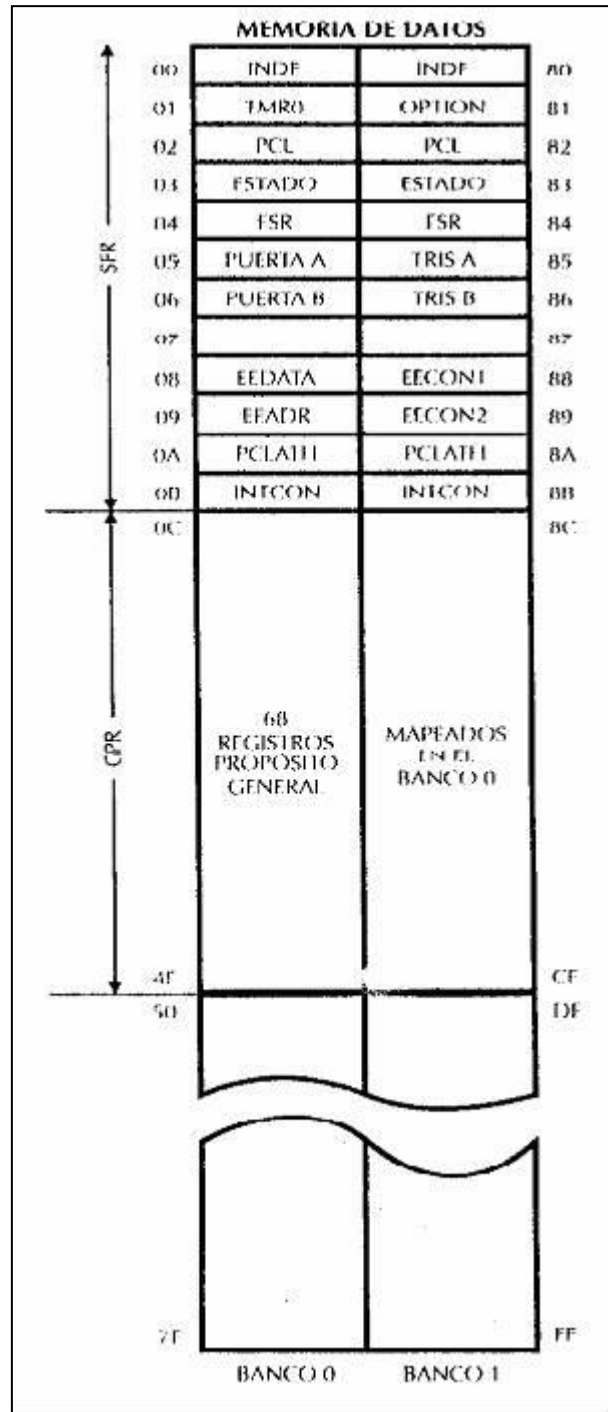


Figura 2.7 Memoria de datos PIC 16F84.

En consideración de las características del PIC 16F84A seleccionado el esquema sobre el cual trabajaremos para el sistema de limpieza de inyectores es el siguiente, el mismo que se encuentra detallado en el capítulo III.

Las figuras 2.8 y 2.9 muestran los diagramas de bloques de la aplicación limpiador de inyectores.

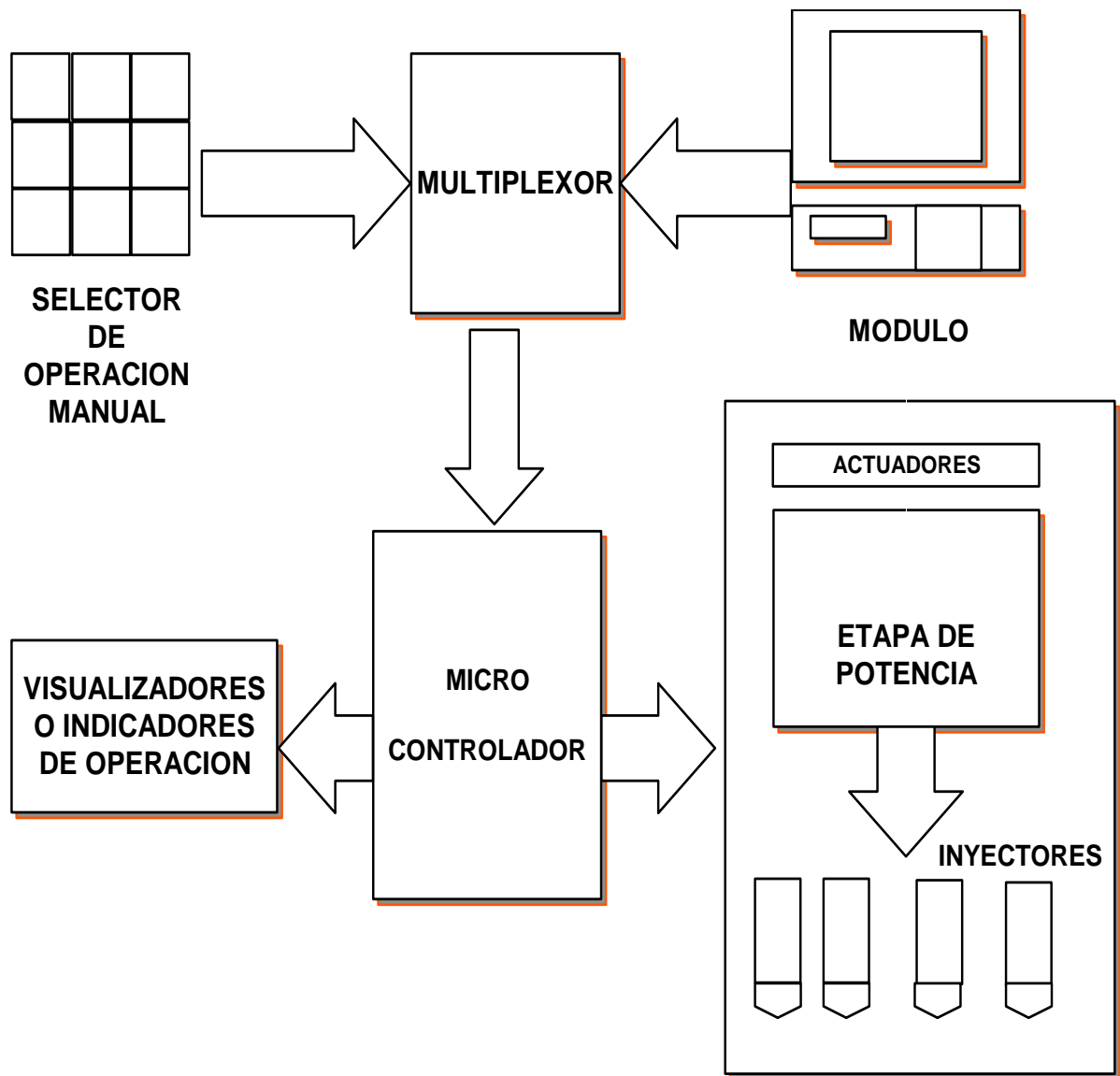


Figura 2.8 Esquema General de Aplicación

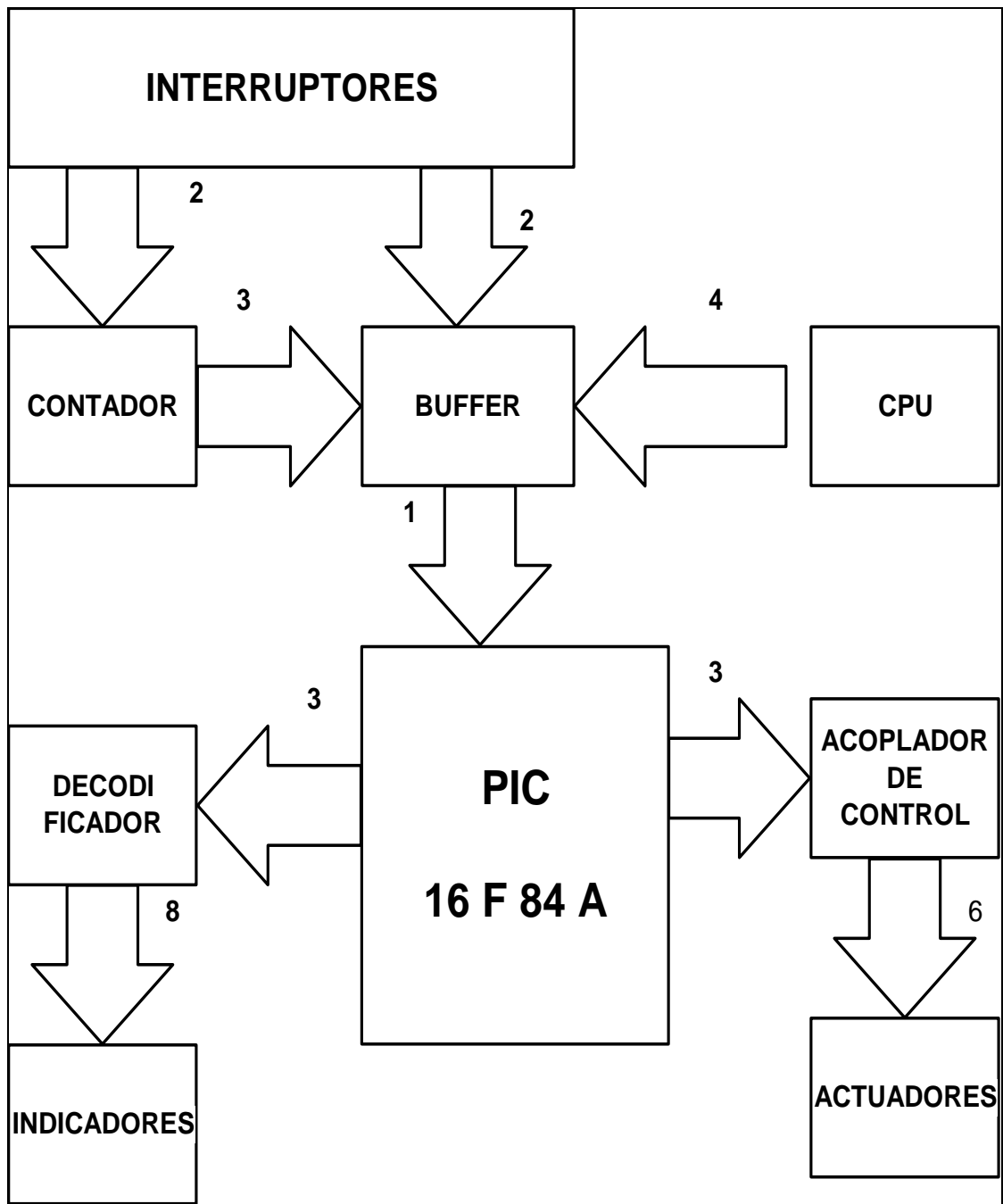


Figura 2.9. Esquema del circuito de aplicación.



### **III. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL BANCO DE PRUEBAS DE LIMPIEZA DE INYECTORES**

#### **3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El tema de Proyecto responde al deseo de realizar una investigación en Mantenimiento de sistemas electrónicos de inyección gasolina, así como una correcta selección, instalación y utilización de componentes semiconductores, circuitos integrados y microcontroladores que son aplicados en circuitos del automóvil.

En nuestro país en esta última década, muchos de los vehículos que han ingresado al mercado nacional son controlados por computadora, lo que los hace actuar con mayor precisión y velocidad a las diferentes condiciones de funcionamiento en que estos se encuentren.

El sistema de alimentación de combustible no se escapa de este Control computarizado, por lo que es necesario, entender como funcionan estos sistemas, tener confianza para darles servicio y mantenimiento en ésta época del automóvil inteligente.

El avance tecnológico en los automóviles en lo concerniente a las aplicaciones eléctricas y electrónicas ha creado la necesidad de contar con técnicos automotrices en el área de sistemas de la electricidad y electrónica aplicadas en los modernos automóviles

Hoy en día el servicio y mantenimiento a los sistemas de alimentación de combustible en nuestro país sólo lo realizan los respectivos concesionarios lo que origina que los costos sean elevados si tomamos en cuenta que este trabajo de comprobación y limpieza de inyectores a gasolina tiene una duración de ejecución baja y el número de operaciones a realizar son reducidas.

La realización de este proyecto es importante ya que el estudio de este tema logrará que como futuros ingenieros se desarrolle una cultura de investigación en las áreas de electrónica aplicadas en el automóvil.

### **3.4. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.**

El banco de pruebas para la limpieza y comprobación de inyectores gasolina debe ajustarse a ciertos parámetros de aplicación y funcionalidad, los cuales se detallan a continuación:

- Presentar versatilidad de acoples para distintos sistemas de inyección que poseen inyectores electromagnéticos.
- Realizar pruebas de comprobación de funcionamiento de los inyectores como son: Estanqueidad, Caudal y Angulo de Pulverización.
- El procedimiento referente a limpieza de inyectores como parte del mantenimiento normal de los sistemas de inyección de combustible, comandado por circuitos de control de potencia para la activación de la bomba y los actuadores dentro del banco de pruebas de forma automática con selección manual o selección asistida por la interfase del computador .
- Las pruebas de los inyectores realizadas en el banco van a basarse en situaciones reales de funcionamiento eléctrico.
- Dependiendo del tipo de sistema y el número de inyectores variarán los parámetros de activación en las distintas pruebas y procedimientos de limpieza.
- Las solicitaciones mecánicas quedaran establecidas en el diseño, considerando los factores críticos de operabilidad, resistencia y calidad de los materiales empleados para asegurar su correcto desempeño y durabilidad.
- La aplicación de los microcontroladores en el diseño del sistema de activación y control de tiempos, convierte al banco de comprobación y limpieza de inyectores en un dispositivo de alta precisión frente a las elevadas exigencias de prestación de servicios en los motores modernos a los cuales es aplicable este procedimiento.
- Posee un programa para el control computarizado con interfase grafica convirtiéndolo en un sistema moderno de aplicación tecnológica .

- Dispone en forma adicional la posibilidad de que el control sea dual tanto en la parte de activación: Control por computadora personal o mando manual.
- Disposición dual para el flujo del fluido de pruebas, por canister (aire comprimido) o diálisis (uso de la bomba de presión hidráulica).

### 3.5. DISEÑO MECANICO

El banco de pruebas y comprobación de inyectores va ha ser construido sobre la base de consideraciones mecánicas tanto para la selección como de diseño de los distintos componentes que lo conforman de forma independiente previo a la construcción y montaje del grupo hidráulico.

### 3.4. COMPONENTES

El banco de limpieza se compone tanto de componentes hidráulicos como eléctricos y electrónicos.

La tabla III.1 muestra una lista de los componentes mecánicos usados para el banco de pruebas con una pequeña descripción de su funcionamiento como datos previos para la aplicación de diseño

Tabla III.1. Elementos de tipo mecánico usados en el banco de pruebas.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Riel de Inyectores	Es el distribuidor de combustible donde van a instalarse los inyectores para sistemas de 3, 4, 6 y 8 cilindros tienen que ser diseñados según sus presiones de operación (45- 60- 80 psi)
Bomba de Suministro de combustible o liquido limpiador	Es de tipo eléctrico y su accionamiento tiene que ser comandado por dispositivos de control electrónico.

Manómetro	Indican la presión manométrica a la que trabaja el sistema del banco de pruebas de acuerdo a la procedencia del sistema de inyección.(ver anexo c)
Depósito	Es el reservorio de fluido de limpieza, trabajará como depósito a presión cuando se requiere operar con aire comprimido o sin presión en el caso de operación a través de una bomba eléctrica.
Válvula reguladora de presión	Regula la presión de funcionamiento para los diversos sistemas de inyección de forma manual a fin de que se cumpla el ciclo de limpieza (45- 60- 80 psi)
Válvulas de Paso de ¼ de vuelta	Permiten o restringen el paso de fluido de acuerdo a la aplicación del banco usado con el compresor o con la bomba eléctrica.
Inyectores	Válvulas solenoides a los cuales se les realizará las operaciones de comprobación y mantenimiento. De distintos tamaños y tipos dependiendo del sistema y la marca
Cañerías Flexibles Y Acopladores	Ideales para manipulación y adaptación para los distintos tipos de sistemas que se vayan a trabajar. A fin de permitir versatilidad en el momento del montaje.
Estructura Metálica	Soporte donde se alojaran tanto componentes mecánicos como eléctricos.
Probetas	Dispositivos de medición y recolección del fluido de pruebas para verificación de la pulverización y caudal.
Filtros.	Dispositivo del tipo metálico que filtra del fluido de pruebas para asegurar una correcta limpieza de los inyectores y mantenimiento del mismo.

### 3.5. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS.

#### 3.5.3. DETERMINACION DE LAS PRESIONES DE OPERACIÓN

Las presiones de operación de los sistemas de inyección varían de acuerdo a la procedencia del mismo así como también a la potencia y el tipo de inyección.

Tabla III.2. Presiones de operación de sistemas de inyección.

ORD.	PROCEDENCIA	MULTIPUNTO		MONOPUNTO	
		Presión Sistema (PSI)	Presión Regulada (PSI)	Presión Sistema (PSI)	Presión Regulada (PSI)
1	Americanos	100 – 125	75 - 100	45	15 - 25 – 35
2	Europeos	60 – 75	30 - 40	60	15 - 25 – 35
3.	Asiáticos	60 – 75	30 - 40	60	15 -25 – 35

#### 3.5.4. SELECCION DEL MANOMETRO.-

La selección del manómetro se realiza de acuerdo a dos criterios para nuestro caso tenemos:

- El rango de precisión que se desee.
- Las presiones de operación.

Tabla III.3. Características del Manómetro.

<b>PRECISIÓN</b>	De 2 a 5 psi en la escala graduada (valor mínimo de escala)
<b>PRESIÓN</b>	De 0 y 160 psi.

Para nuestra aplicación se utilizó el manómetro indica en la figura 3.1, que cumple con los requerimientos del equipo de pruebas.



Figura 3.1. Manómetro aplicación

### 3.5.5. RESERVORIO DE COMBUSTIBLE.

En la selección de depósitos se considera los parámetros que listamos a continuación:

Tabla III.4 Parámetros de consideración tanque.

FORMA	CARACTERÍSTICA
Tamaño	El volumen mínimo es entre dos o tres veces el caudal de la bomba en la mayoría de aplicaciones en un diámetro de 18 cm * 40 cm de largo.
Línea de retorno	No se las utiliza ya que existe un sistema de regulación de presión dual y de selección del método
Línea de admisión	Tiene que estar cerca del fondo del deposito, para evitar la turbulencia y la entrada de aire
Tubo de llenado	Con elemento filtrante para el llenado
Tapón de vaciado	En el fondo del tanque para asegurar la evacuación del liquido y las impurezas, así como el mantenimiento.

#### 3.5.3.1. DISEÑO

Los Parámetros para el diseño son:

- Dedución fórmula recipiente a presión para cualquier superficie general.
- La presión en un recipiente confinado, actúa perpendicularmente a la frontera.

Para la determinación de esfuerzos se aplica equilibrio estático en la dirección normal (figura 3.2).

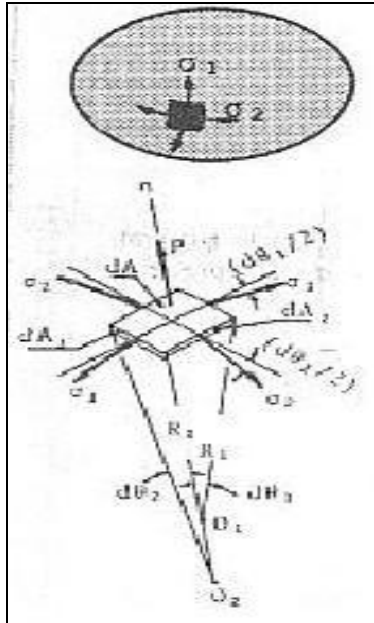


Figura 3.2 Análisis de fuerzas en el tanque.

Entonces la sumatoria de fuerzas normales es igual a cero.

$$\sum F_n = 0$$

$$PdA = 2\sigma_1 dA_1 \text{ sen } (d\theta_1/2) + 2\sigma_2 dA_2 \text{ sen } (d\theta_2/2)$$

$$dA = R_1 d\theta_1 R_2 d\theta_2 \quad \text{Para variaciones pequeñas}$$

$$dA_1 = R_2 d\theta_2 t \quad ; \text{ Sen } d\theta_2/2 \cong d\theta_2/2$$

$$dA_2 = R_1 d\theta_1 t \quad ; \text{ Sen } d\theta_1/2 \cong d\theta_1/2$$

$$P R_1 d\theta_1 R_2 d\theta_2 = 2\sigma_1 R_2 d\theta_2 t \frac{d\theta_1}{2} + 2\sigma_2 R_1 d\theta_1 t \frac{d\theta_2}{2}$$

Dividimos ambos términos  $R_1 d\theta_1 R_2 d\theta_2 t$

$$\frac{P}{t} = \frac{\sigma_1}{R_1} + \frac{\sigma_2}{R_2} \quad \boxed{\text{Ec.5.}}$$

### 3.5.3.2. DISEÑO DEL TANQUE

Se parte de un dimensionamiento primario y se calcula por partes.

- a.- Parte esférica
- b.- Parte cilíndrica

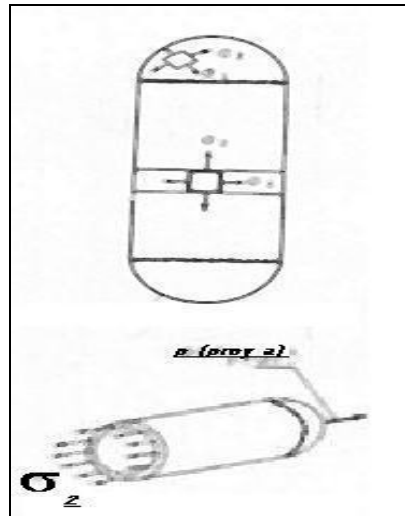


Figura 3.3. Diseño parte cilíndrica y esférica

Presiones de operación 45 – 60 – 80 – 100

Presión máxima = 100 PSI

Presión diseño = 130 PSI

Parte esférica

$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma = \text{ESFUERZO}$

$R_1 = R_2 = R \text{ esfera}$

$$\frac{\sigma_1}{R_1} + \frac{\sigma_2}{R_2} = \frac{P}{t} \qquad \frac{2\sigma}{R} = \frac{P}{t}$$

$$\sigma = \frac{PR}{t}$$

Ec.6

**Material:**

Parte cilíndrica

$$\sigma = \frac{PR}{t}$$

Entonces el esfuerzo máximo se calcula para el depósito.

$$\sigma = \frac{PR}{t} = 130 \text{ (lb/pulg}^2\text{)} \times (9\text{cm}) / (0.2\text{cm}) = 5890 \text{ psi.}$$



Material

El tipo escogido es el 1020

Esfuerzo Tracción: 55000 psi.

Las dimensiones del tanque que se dispone en nuestra aplicación son de 18 cm de diámetro por 40 cm de largo. Como se indica en la figura 3.4.



Figura 3.4. Depósito del fluido para la aplicación.

### **3.5.6. SELECCIÓN DE CAÑERÍAS, ACCESORIOS Y UNIONES HIDRAULICAS.**

Los parámetros de selección son los siguientes:

La presión de trabajo

El caudal

La velocidad de flujo

La caída de presión admisible

La compatibilidad.

### **3.5.7. RACORES RAPIDOS.**

Se seleccionan de acuerdo a sus dimensiones y presiones que deben soportar, según tablas del fabricante:

En la figura 3.5 se muestra el acople macho, en la figura 3.6 el acople hembra y en las tablas se señalan los acoples rápidos más recomendados:

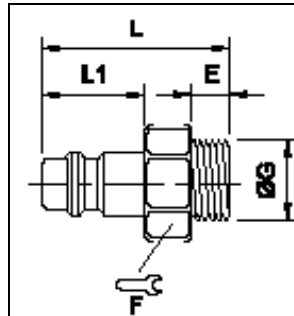


Figura 3.5 Dimensiones de acople macho

Tabla III.5. Dimensiones del acople macho.

Ø G	Caudal (l/m)	Obtención	Código	(*) con perfil ISO 6150			
				E	F	L	L <sub>1</sub>
G 1/8" (*)	800	no	0.490.872.310	-	-	-	-
G 1/4" (*)	800	no	0.490.872.313	9	17	38	24
G 3/8"	1700	si	0.492.872.517	9	22	43	20
G 3/8"	1700	no	0.490.872.517	9	17	34	20
G 1/2"	3500	si	0.492.872.721	12	24	58	22
G 1/2"	3500	no	0.490.872.721	12	22	40	22

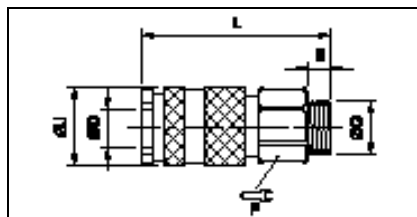


Figura 3.6. Acople rápido hembra.

Tabla III.6 Características del acople hembra.

Ø G	Ø D (mm)	Caudal (l/m)	Código	E	F	Ø J	L
G 1/4"	5,5	800	0.491.012.413	9	22	27	43
G 3/8"	7,4	1700	0.492.012.517	9	19	23	57
G 1/2"	10	3500	0.492.012.721	12	24	28	60

En base a las tablas anteriores se ha seleccionado los siguientes tipos:

Tabla III.7. Selección de acoples rápidos.

Característica	Acople Macho de Aluminio para el Riel	Acople hembra de Aluminio para la Manguera
<b>Dimensiones</b>	G 1/2" d10	G 1/2
<b>Presión (PSI)</b>	Hasta 1000	Hasta 1000
<b>Caudal (l/min)</b>	Hasta 3500	Hasta 3500



Figura 3.7. Acoples y tomas rápidos usados en la aplicación

### 3.5.8. CAÑERIAS FLEXIBLES.

Para esta selección se requiere conocer características como resistencia a presión, dimensiones y compatibilidad con el sistema; a continuación se presentan las especificaciones más comunes que se pueden encontrar para mangueras:

Tabla III.4. Especificaciones Generales para mangueras

Tipo y Material de Tubería Flexibles	Presiones de Trabajo
Manguera con trenzado de Nylon	De baja a media Hasta 1500 PSI
Tubos de caucho sintético	De baja de 50-100 PSI
Mangueras de trenzado de algodón	De Media hasta 500 PSI

Tabla III.5. Propiedades físicas y mecánicas de tuberías flexibles.

Propiedades físicas	Propiedades mecánicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligereza (la densidad es 9 veces menor que el cobre).</li> <li>- Amplia gama de temperaturas de utilización.</li> <li>- Buena resistencia a la humedad.</li> <li>- Resistencia al ambiente salino.</li> <li>- Resiste la acción de la luz.</li> <li>- No envejece.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena absorción de las vibraciones.</li> <li>- Excelente resistencia a la abrasión.</li> <li>- Buena tolerancia a la compresión.</li> <li>- Bajo coeficiente de rozamiento con todos los fluidos.</li> <li>- No varían las dimensiones originales del tubo.</li> <li>- Rigidez constante.</li> </ul>

Tabla III.6 Compatibilidad y aplicaciones de cañerías.

Propiedades químicas			Ventajas principales	Aplicaciones generales
Fluidos más usuales	°C			
	Min	Máx		
Aire comprimido	-20	+80	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio competitivo.</li> <li>- Rápida instalación.</li> <li>- Bajo peso, en comparación con los tubos metálicos.</li> <li>- Pérdidas de carga muy bajas.</li> <li>- Posible elección de colores para identificar circuitos (consultar).</li> <li>- Muy resistente a la abrasión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos de.</li> <li>- Aire comprimido</li> <li>- Lubricantes</li> <li>- Combustibles</li> <li>- Aceites hidráulicos</li> <li>- Vacío</li> <li>- Productos químicos</li> </ul>
Carbonato de sodio		+40		
Agua carbonatada		+40		
Agua de mar		+70		
Agua destilada		+70		
Agua corriente		+70		
<b>Nafta</b>	-20	+40		
Glicol	-20	+40		
Aceite de corte taladrina	-20	+70		
Aceite graso de petróleo	-20	+70		
Aceite hidr. de petróleo	-20	+70		

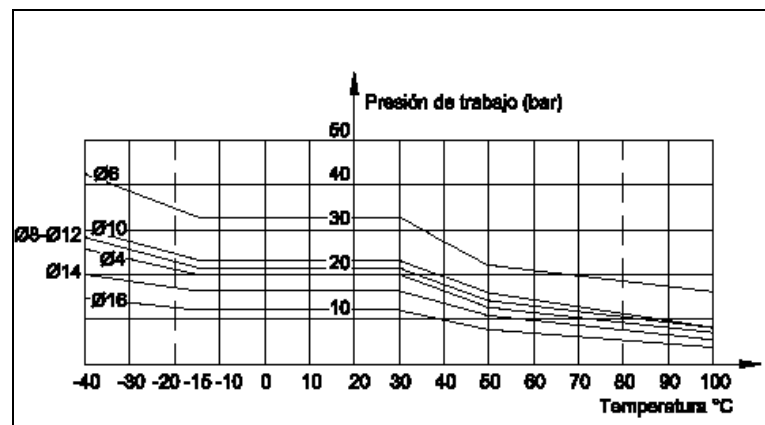


Figura 3.8 Presión vs. Temperatura del fluido.

Tabla III.1. Diámetros interiores y exteriores para mangueras

Ø D	Ø D i	Radio mínimo de curvatura (mm)		Presión de trabajo (bar)		
		en frío	en caliente	-15 °C 30 °C	31 °C 50 °C	51 °C 70 °C
4	2,7	30	10	18	15	12
6	4	35	12	18	15	11
8	6	55	19	14	11	8
10	7,5	75	28	14	11	8
12	9	75	42	14	11	8
14	11	120	62	14	9	7

Entonces se selecciona:

Manguera con trenzado de nylon transparente de 12 mm de diámetro exterior y 9 milímetros diámetro interior, la de nuestro proyecto tiene una resistencia de 300 psi, que satisface en forma adecuada a los requerimientos del equipo.

Figura 3.9.

Tabla III.12. Selección de manguera

Parámetro	Valor	Diámetro (mm).
Presión	300 psi	Exterior 12
Material	Caucho con nylon trenzado.	Interior 9



Figura 3.9. Manguera de Presión con nylon usada en la aplicación

### 3.5.7. UNIONES HIDRAULICAS

Se utilizaron uniones roscadas de 3/8 – 1/2 - 1/4 para mangueras acoples, uniones T especificados por diámetros exteriores. Funcionan bien

hasta 500 PSI. Acoplamientos de compresión cierran herméticamente sobre una junta torica y son adecuados para presiones de trabajo altas.

Tabla III.13. Conector en T.

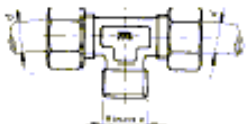
 <p><b>Conector T central</b></p>	Ø C	Ø D	Código
	G 1/8"	4	0.401.080.410
	G 1/8"	6	0.401.080.610
	G 1/4"	8	0.401.080.813
	G 1/4"	10	0.401.081.013
	G 3/8"	10	0.401.081.017
	G 3/8"	12	0.401.081.217
	G 3/4"	22	0.401.082.227

Tabla III.14 Conectores para manguera.

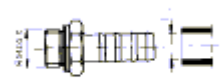
 <p><b>Conector recto para manguera</b></p>	Ø C	Ø I	Código
	G 1/8"	8	0.401.150.810
	G 1/4"	8	0.401.150.813
	G 1/4"	12,5	0.401.151.313
	G 3/8"	12,5	0.401.151.317
	G 3/4"	20	0.401.152.027

Tabla III.15 Niples para uniones

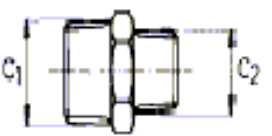
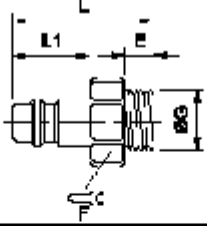
 <p><b>Niple</b></p>	Ø C <sub>1</sub>	Ø C <sub>2</sub>	Código
	G 1/8"	M5	0.000.008.901
	G 1/8"	G 1/8"	0.000.008.902
	G 1/4"	G 1/8"	0.000.008.903
	G 1/4"	G 1/4"	0.000.008.904
	G 3/8"	G 1/8"	0.000.008.905
	G 3/8"	G 1/4"	0.000.008.906
	G 1/2"	G 1/8"	0.000.008.907
	G 1/2"	G 1/2"	0.000.008.908
	G 3/4"	G 1/2"	0.000.008.909
G 3/4"	G 3/4"	0.000.008.910	

Tabla III.16. Teflón para roscas..

<b>Cinta de estanqueidad para roscas</b>			
	Largo	Ancho	Código
	10 m	12,7 mm	0.403.000.029

Tabla III.17. Espigas roscadas para uniones.



(\*) con perfil ISO 6150

Ø G	Caudal (l/m)	Obstrucción	Código	E	F	L	L <sub>1</sub>
G 1/8" (*)	800	no	0.480.872.310	-	-	-	-
G 1/4" (*)	800	no	0.480.872.313	9	17	38	24
G 3/8"	1700	si	0.492.872.517	9	22	43	20
G 5/8"	1750	no	0.456.872.517	9	17	34	20
G 1/2"	3500	si	0.492.872.721	12	24	53	22
G 1/2"	3500	no	0.480.872.721	12	22	40	22

### 3.5.8. ELEMENTOS DE CONTROL Y GOBIERNO

#### SELECCIÓN.

Para la aplicación del equipo utilizamos:

1 Válvula de  $\frac{1}{4}$  de vuelta para acoples de  $\frac{1}{4}$  de pulgada figura 3.10, que cumple la función de selección de uso para aplicación por medio de la bomba eléctrica o toma por el compresor.



Figura 3.10. Válvula de selección de  $\frac{1}{4}$  de vuelta.

Una válvula de regulación de presión más tornillo, permite el estrangulamiento con posibilidad de reducción de presión fija o variable con carga (figura 3.11), con tres vueltas y media de giro y  $\frac{3}{8}$  de diámetro para un caudal de aproximado de 40 litros por minuto que es suficiente para la aplicación.



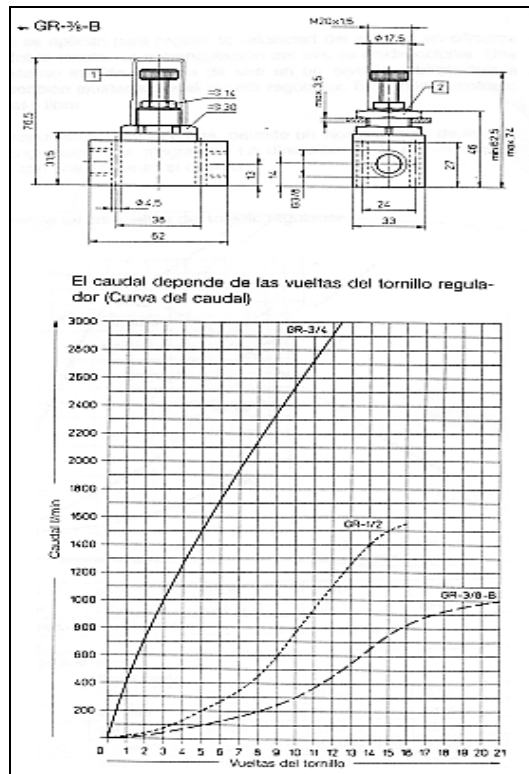


Figura 3.11. Selección de la válvula reguladora de presión.



Figura 3.12. Válvulas reguladoras de presión de la aplicación.

Para protección de los elementos se utilizo dos válvulas check de bronce de mando de  $\frac{3}{4}$  con reducciones a  $\frac{3}{8}$  como se indica en la figura 3.13.



Figura 3.13. Válvulas check

### 3.5.9. RIEL DE INYECTORES

El diseño de los distintos rieles de inyectores considera lo siguiente:

<b>Presiones de trabajo</b>	De 40 – 60 – 90 a 110 PSI
<b>Materiales para su construcción</b>	Se va a seleccionar un material adecuado bajo consideraciones mecánicas, además, se considera su fácil adquisición y costo. <para nuestro caso será el tubo negro estructural
<b>Dimensiones apropiadas</b>	Tanto dimensiones de diseño mecánico, como lograr un dimensionamiento estético para el banco de pruebas

Tabla III.18 Consideraciones del Riel de Inyectores

#### 3.5.9.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

- Presión de diseño: 130psi

Parámetros a determinar:

- Esfuerzo permisible del material
- Diámetro externo
- Espesor de pared
- Dimensionamiento primario

Asumimos un dimensionamiento primario (figura 3.14). y se procede a calcular por partes.

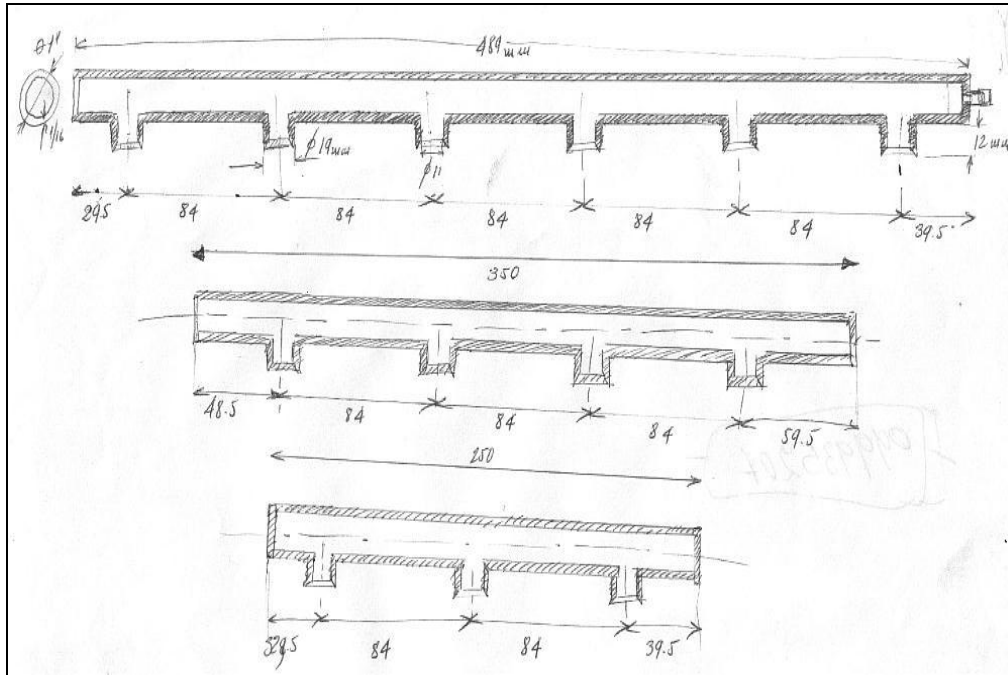


Figura 3.14. Diseño primario.

- a.- El cilindro
- b.- Porta inyectores
- c.- Tapas laterales

**a.- Cilindro**

$$D = 1'' \quad R_1 = D/2 = R$$

$$e = 1/16 \quad R_2 = \infty$$

$$\Rightarrow \frac{P}{t} = \frac{\sigma_1}{R_1} + \frac{\sigma_2}{R_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P}{t} = \frac{\sigma_1}{R} \quad \sigma_1 = \frac{PR}{t} = \frac{159 \text{ PSI} * 1/2''}{1/16}$$

$$\sigma_1 = 1272 \text{ PSI}$$

Para calcular,  $\sigma_2$  se emplea otra superficie de equilibrio estático en la dirección axial.

La fuerza de empuje de la presión es igual al producto de la misma por el área proyectada y debe de ser balanceada por la fuerza del esfuerzo.

$$P * A_{\text{proy}} = \sigma_2 * A_2 \quad \boxed{\text{Ec. 7}}$$

$$P * \pi R^2 = \sigma_2 * 2\pi R t$$

$$\sigma_2 = \frac{PR}{2t} = 636 \text{ pSI}$$

### Material cilindro

Se necesita con un esfuerzo a la tracción mayor a 1.3 KSI (kilo-psi). Por facilidad de adquisición y costo se selecciona un tubo de acero estructural A36. ( anexo D) como se indica en la figura 3.15



Figura 3.15. Tubo de acero estructural A36

### b.- Porta inyectores.

$$\sigma_{\text{máx.}} = \frac{P * R}{t} = \frac{159 * 19\text{mm}}{4\text{mm}} = 755$$

### Material:

Esfuerzo mínimo = 755 PSI

Por razones de construcción y mecanizado se escoge eje de acero con un acero de transmisión 1030.

### c.- Tapas

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma = P$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 130 \quad \text{Esfuerzo mínimo.}$$

Material = Acero de transmisión de 7/8"

El diseño de los rieles de combustible finalizado el proceso de mecanizado y de construcción es el que se muestra en la figura 3.16. con acabado superficial de pintura al horno.



Figura 3.16. Diseño final de los rieles de inyectores.

### 3.5.10. FILTRO DE COMBUSTIBLE SELECCIÓN

Para el filtrado de las impurezas que se crearen en el depósito de combustible como protección de los inyectores y bomba se requiere seleccionar un filtro de combustible metálico figura 3.17 de uso único con cartucho de papel filtrante con las siguientes características:



Figura 3.17. Filtro de combustible

Tabla III. 19 Consideraciones de Selección del Filtros.

<b>Tamaño mínimo de partícula s retenidas</b>	Normal	Absoluto
	5 micras	10 micras
<b>Material Filtrante</b>	Papel plegado en estrella	
<b>Duración</b>	10.000 horas de trabajo	
<b>Flujo</b>	Bueno	
<b>Uniformidad de filtración</b>	Buena	
<b>Resistencia mecánica</b>	Regular – Bueno	
<b>Resistencia a la Migración</b>	Buena	
<b>Costo</b>	Moderado	

### 3.5.11. BOMBA DE IMPULSION PARA EL BANCO DE PRUEBAS.

Son dos los criterios importantes para la selección de bombas

- Volumen de expulsión por revolución
- Presión de Trabajo

Pero además de estos dos existentes criterios que no dejan de ser importantes

- Eficiencia en todo el rango de trabajo
- Velocidad de trabajo, revoluciones y sentidos de giro
- Tipo de Sujeción
- Refrigeración y Lubricación

- Bajo ruido
- Seguridad para todo el rango de trabajo
- Poco masa y poco peso
- Baja inercia de las partes giratorias
- Posibilidad de automatización y adaptación según las necesidades de la instalación (Activación Automática en el tiempo)
- Filtración
- Bajo costo de adquisición, montaje y mantenimiento.

Para nuestra aplicación utilizamos una bomba de 12 Voltios – Eléctrica de rodillos capaz de generar presiones de 100 psi y caudal de 40 litros por minuto, de tal forma que satisface íntegramente a los requerimientos del sistema figura 3.18.



Figura 3.18 Bomba de combustible

### **3.6. DIAGRAMA HIDRÁULICO.-**

El diseño hidráulico para la aplicación es el de la figura 3.19.

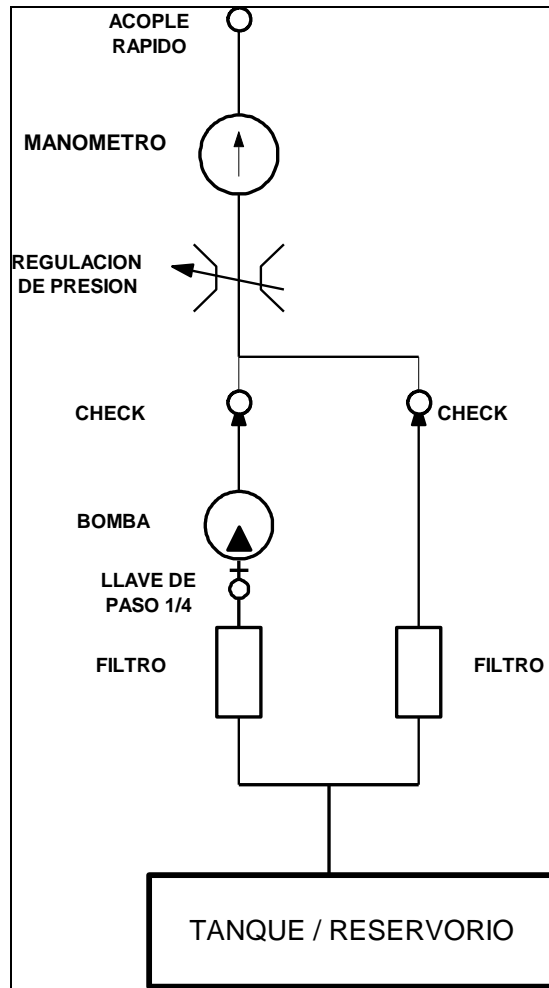


Figura 3.19 Diseño del circuito Hidráulico.

### 3.8. DISEÑO ELECTRONICO

Los parámetros y señales considerados para la construcción del sistema de activación así como el de control de tiempos se encuentran en las siguientes tablas donde se listan los principales parámetros reales, medidos para las consideraciones de diseño en la activación de los inyectores en el del banco de pruebas.

Tabla III.20 Valores de resistencia y voltajes de activación de inyectores



<b>Sistemas Monopunto</b>	<b>Resistencia Ohmios (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Voltaje D.C. para la Activación. Voltios (V)</b>
1 Inyector.	8 a 20	12 V
2 Inyectores	8 a 20	12V
<b>Sistemas Multipunto</b>	<b>Resistencia Ohmios (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Voltaje D.C. para la Activación. Voltios (V)</b>
3 Inyectores	8 a 20	12 V
4 Inyectores	8 a 20	12 V
6 Inyectores	8 a 20	12 V
8 Inyectores	8 a 20	12 V

### 3.7.1. ESTIMACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE OPERACIÓN Y TIEMPOS DE ACTIVACIÓN Y CIERRE PARA PRUEBA DE CAUDAL - ANGULO DE PULVERIZACION Y OPERACION DE LIMPIEZA

Para la estimación de las frecuencias de los pulsos de activación de los inyectores en las pruebas de funcionamiento normal para un determinado número de revoluciones, se procede empleando ecuación 8.

$$F = \frac{rpm}{30} \quad Ec.8.$$

Tabla III.17 Determinación de frecuencias en función de la velocidad

Revoluciones (rpm) / # inyectores	Frecuencias (Hz) Monopunto		Frecuencias Multipunto (Hz)			
	1	2	3	4	6	8
2000	66.67		66.67			
6000	200		200			
10000	333.33		333.33			

La determinación del ciclo de trabajo se basa en los tiempos de activación y cierre del inyector se determina de acuerdo al índice de duración de la inyección en base a la siguiente formula:

$$C\% = \frac{t_i}{(t_i + t_c)} * 100 \quad Ec.9$$

C% = Ciclo de trabajo de los inyectores en porcentaje

$t_i$  = Tiempo de inyección (Inyector abierto)

$t_c$  = Tiempo de cierre (Inyector cerrado)

Tabla III.22 Determinación de Tiempo de inyección y cierre

Revoluciones (rpm)	Período P (ms)	Tiempo inyección (ms)	Tiempo de cierre (ms)
2000	15	3.75	11.25
6000	5	1.25	3.75
10000	3	0.75	2.25

En la figura 3.20 se encuentra un esquema de las señales principales para la activación del inyector

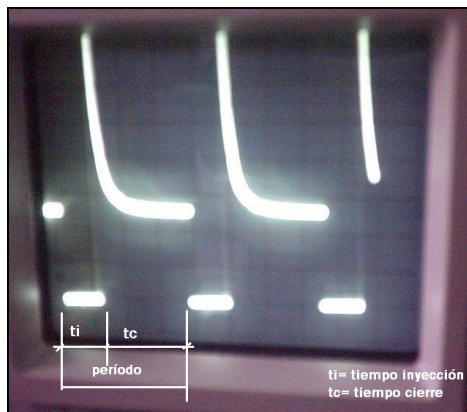


Figura 3.20 Señal de trabajo del Inyector

### 3.7.2. ANGULO DE PULVERIZACION

La prueba es de inspección visual en referencia al ángulo de pulverización en la inyección.

### 3.7.3. DURACION DE LAS PRUEBAS

La estimación de la duración de las pruebas en el banco se ha tomado como referencia el volumen de medición de las probetas y el volumen que se desearía aportar después de cada prueba en función del caudal suministrado.



Ti (ms)	3.75	1.25	0.75		3.75	1.25	0.75
Tc (ms)	11.25	3.75	2.25		11.25	3.75	2.25
TP (s)	40	30	15	5	120	120	120

### 3.7.6. SEÑALES Y SU PROCESAMIENTO

Para el diseño del programa de control del microcontrolador se ha procedido a plantear una lógica de programación según la cual se desea que funcione la aplicación, tomando estados de referencia de entradas y funciones de salida determinadas para dichos estados.

A continuación se presenta el diagrama de flujo (figura 3.22) para el funcionamiento banco de pruebas y comprobación de inyectores gasolina:

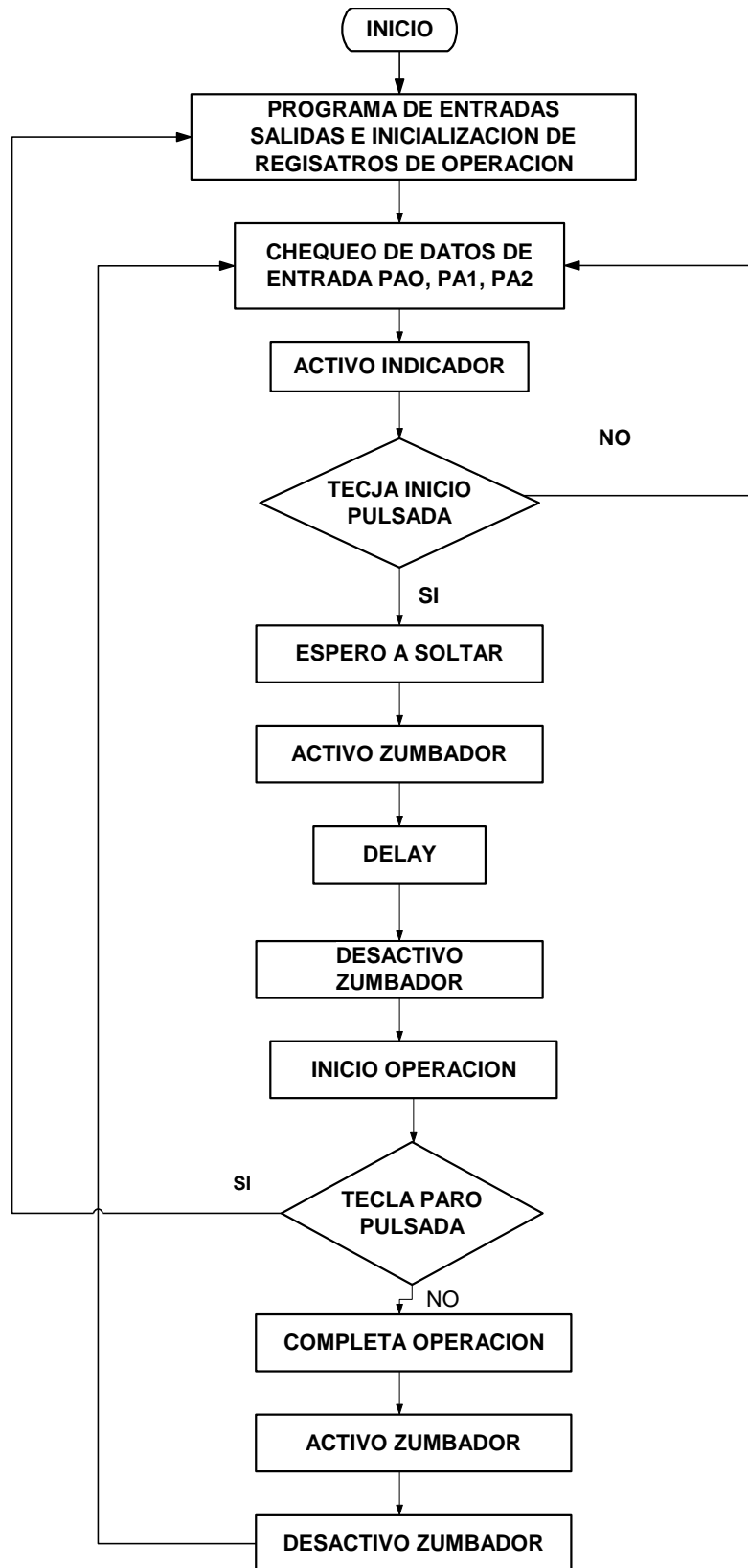


Figura 3.22. Diagrama de Flujo del Programa del uC.

### 3.7.7. SEÑALES DE SELECCIÓN DE OPERACIÓN

La selección manual se realizara por la introducción de códigos de 3 bits en las entradas PA0-PA2, más los pulsos de inicio y paro de las operaciones.

Tabla III.25. Tabla de códigos de entrada al PIC

NUMERO OPERACIÓN	CÓDIGO MSB-LSB	TIPO OPERACIÓN
1	000	Ninguna Operación
2	001	Estanqueidad
3	010	Limpieza 2000
4	011	Limpieza 6000
5	100	Limpieza 10000
6	101	Caudal 2000
7	110	Caudal 6000
8	111	Caudal 10000

La descripción de las operaciones de los selectores se detalla a continuación:

#### 3.7.7.1. SELECCIÓN DEL MODO

Selecciona por acción de un buffer controlado por un conmutador si el sistema va a trabajar en modo manual habilitando a los pulsadores de selección y al pulsador de inicio, o si el sistema, va ser controlado por el computador habilitando el ingreso de los códigos introducidos por el programa de visualización y control de las pruebas y operaciones en los inyectores deshabilitando los pulsadores de selección y el botón inicio. El pulsador manual de paro general esta habilitado para ambos modos.

Tabla III.26 Opciones del modo de conmutación.

ESTADO CONMUTADOR MODO	MODO I	MODO II
	Habilita el control	Habilita el control

<b>HABILITACION CORESPONDIENTE</b>	manual y deshabilita el control centralizado	centralizado y deshabilita el control manual
--	--	--

### 3.7.7.2. SELECCIÓN MANUAL DE LAS OPERACIONES

En modo manual se selecciona las pruebas de Caudal-Angulo de Pulverización y Estanqueidad, así como, las operaciones de limpieza de los inyectores, con los pulsadores de selección guiándose por los indicadores de operación y pruebas, que incrementan o decrementan el estado de las posiciones de los indicadores, a través de un contador binario ascendente y descendente.

### 3.7.7.3. PULSADOR DE PARO GENERAL

Para cualquier tipo de operación en el sistema ya sea este funcionando en modo manual o centralizado, al dar un pulso en el pulsador de paro se deshabilita cualquier operación quedando únicamente activo el indicador de la última operación.

TABLA III.23. Opciones de reset

<b>ESTADO PULSADOR DE PARO</b>	<b>ACTIVO</b>	<b>DESACTIVO</b>
<b>OPERACIÓN REALIZADA</b>	Resetea el contador del programa dejando las salidas y funciones activas	Espera el pulso

### 3.7.7.4. PULSADOR DE INICIO

Usado para el inicio de las operaciones después de la selección de las pruebas en modo manual habilitado.

Tabla III.28. . Inicio de las operaciones

<b>PULSADOR DE INICIO</b>	<b>ACTIVO</b>	<b>DESACTIVO</b>
<b>OPERACIÓN</b>	Empieza la operación	Espera el pulso

<b>REALIZADA</b>	seleccionada	para iniciar la operación
------------------	--------------	---------------------------

### 3.7.8. SEÑALES DE SALIDA

#### 3.7.8.1 INDICADORES

El banco debe poseer un grupo de indicadores como asistente de selección e indicación de que prueba se esta realizando

Tabla III.29 Tabla de operación manual e indicadores

<b>ORDEN DE INDICACIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>INDICADOR</b>
1 <sup>o</sup>	000	Ninguna Operación
2 <sup>o</sup>	001	Estanqueidad
3 <sup>o</sup>	010	Limpieza 2000
4 <sup>o</sup>	011	Limpieza 6000
5 <sup>o</sup>	100	Limpieza 10000
6 <sup>o</sup>	101	Caudal 2000
7 <sup>o</sup>	110	Caudal 6000
8 <sup>o</sup>	111	Caudal 10000

#### 3.7.8.2. ACTUADORES

Los actuadores son los inyectores que se desea controlar, la bomba y el indicador sonoro de inicio y finalización, de acuerdo a los tiempos correspondientes en cada prueba como ya se menciona anteriormente dependerá el estado de las salidas del  $\mu$ C para el control de potencia de los actuadores.

### 3.7.9. DIAGRAMA DE BLOQUES ENTRADAS/SALIDAS.

El diagrama de bloques de entradas y salidas queda presentado en la figura 3.23



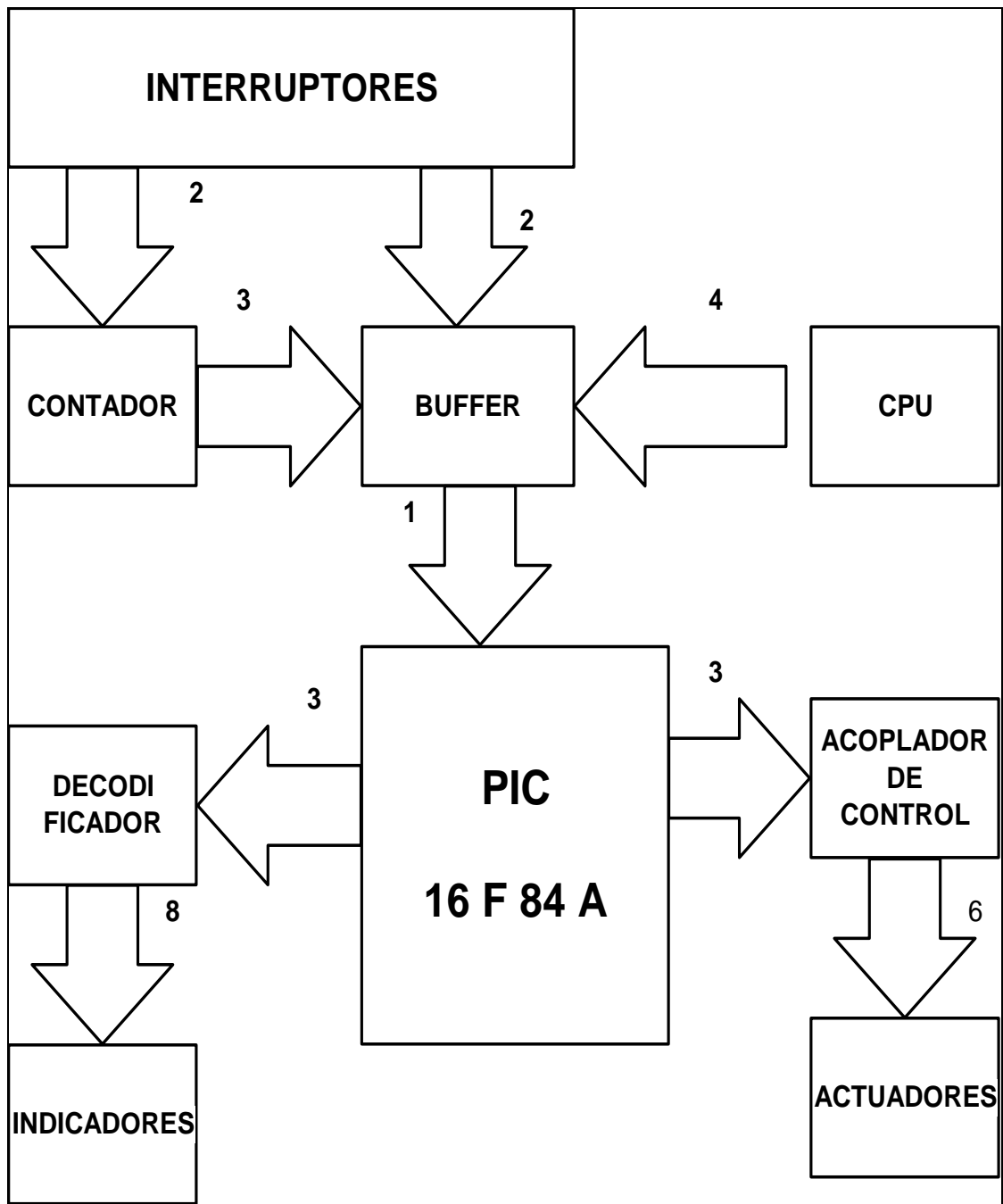


Figura 3.23. Diagrama de bloques de señales de entradas/salidas

### 3.8. SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS

Para la selección de los elementos se procede a determinar los parámetros principales que deben cumplir dentro del circuito más las consideraciones de diseño electrónico.

### 3.8.1. REGULACIÓN DE VOLTAJE

Se requiere un voltaje regulado de 5V para la parte de alimentación del sistema de control, tomada de la fuente principal de 12V.

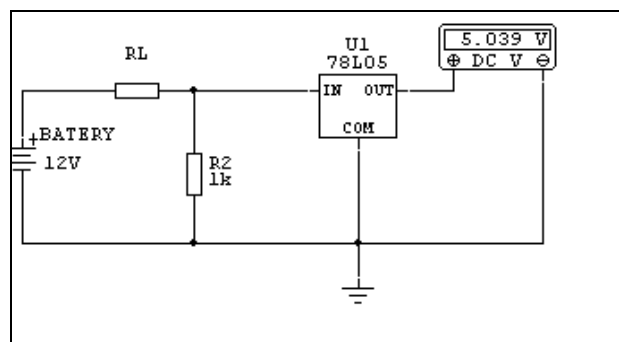


Figura 3.24. Circuito de regulación de Voltaje

$$V_{IN} = 5V + 1.15$$

$$V_{IN} = 5.75$$

$$I_{1k} = \frac{V_{IN}}{1k} = \frac{5.75}{1k}$$

$$I_{1k} = 5.75\text{mA}$$

$$V_L = 12V - V_{IN}$$

$$V_L = 6.25$$

$$I_L = I_{1k}$$

$$R_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{6.25}{5.75} \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 1.08$$

$$P_L = 6.25 \times 5.75 \text{ mW}$$

$$P_L = 0.035\text{W}$$

$$P_{1k} = 5.75^2 \text{ mW}$$

$$= 0.033\text{W}$$

### 3.8.2. INDICADORES LUMINOSOS

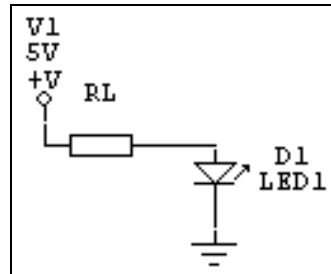


Figura 3.25. Circuito de indicador luminoso

$$V_D = 1.4V$$

$$V_L = 5V - V_D$$

$$V_L = 3V$$

$$I_D = 15mA$$

$$R_L = \frac{V_L}{I_D}$$

$$R_L = 200\Omega$$

### 3.8.3. SEÑALES DE CONTROL

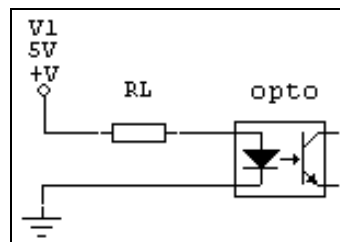


Figura 3.26 Circuito del optoacoplador.

Señales de control

$$V_D = 0.7$$

$$I_L = 10mA$$

$$V_L = 5 - 0.7$$

$$V_L = 4.3$$

$$R_L = \frac{V_L}{I_L}$$

$$R_L = \frac{4.3}{10mA}$$

$$R_L = 430\Omega$$

### 3.8.4. CIRCUITO DE POTENCIA

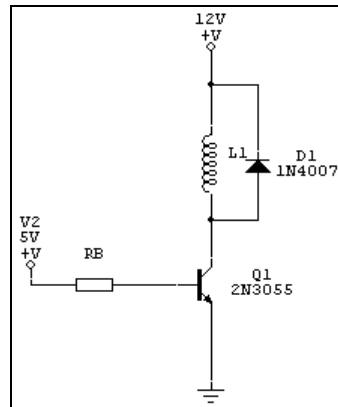


Figura 3.27. Circuito de Potencia

$$B = 40$$

$$R_L = 4\Omega$$

$$V_C = \frac{12V}{4\Omega} \quad I_C = 5 \text{ A}$$

$$I_B = \frac{I_C}{B}$$

$$I_B = \frac{3}{40} \text{ A}$$

$$= 0.075 \text{ A}$$

$$R_B = \frac{5V - 0.7V}{0.075A}$$

$$R_B = 57\Omega$$

$$P_B = 0.075 \text{ A} \times 5$$

$$= 0.375W$$

### 3.8.5. CIRCUITO DE CONTROL

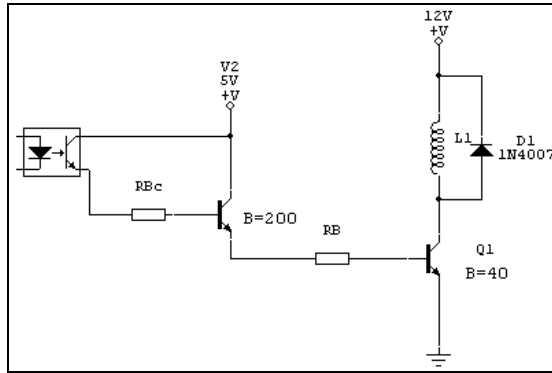


Figura 3.28. Circuito control de potencia

$$B = 200$$

$$I_E \cong I_C$$

$$I_E = 0.075$$

$$I_{BC} = \frac{0.075}{200} \times 5 \text{ A}$$

$$-I_{BC} = 20\text{mA}$$

$$R_{bc} = \frac{4.3}{I_{BC}} = \frac{4.3}{0.020} \Omega$$

$$R_{bc} = 215\Omega$$

$$PR_{bc} = 0.020 \times 4.3 = 0.086 \text{ watts}$$

### 3.8.6. CIRCUITO ACTIVACION DEL ZUMBADOR

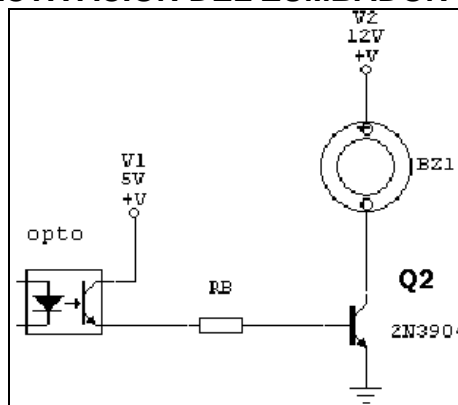


Figura 3.29 Activación del zumbador

$$R_{BZ} = 50\Omega$$

$$I_C \approx \frac{V_{BZ}}{300} = \frac{12V}{50}$$

$$I_C = 0.24$$

$$I_B = \frac{0.24A \times 20}{200}$$

$$I_B = 0.024$$

$$R_B = \frac{4.3}{I_B} = \frac{4.3}{0.024} = 180\Omega$$

$$P_{RB} = 4.3 \times 0.024 = 0.13W$$

### 3.8.7. ACTIVACION DEL RELE DE LA BOMBA

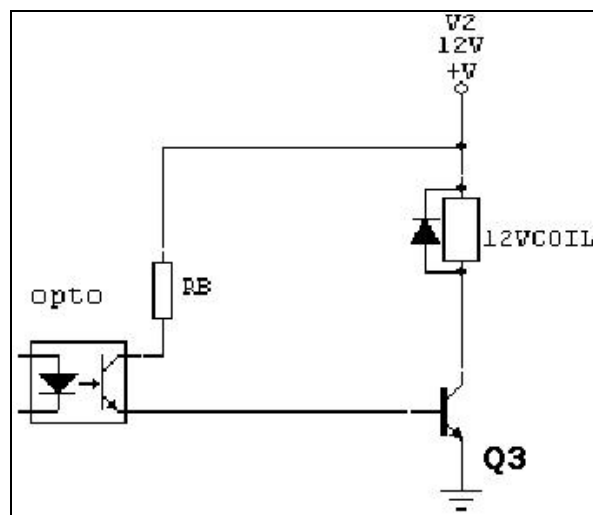


Figura 3.30 Activación relé de la bomba

$$R_L = 380$$

$$I_C = \frac{12V}{R_L} = \frac{12}{380} = 0.03 \text{ A}$$

$$I_B = \frac{0.03}{200} \times 130$$

$$I_B = 0.02 \text{ A}$$

$$R_B = \frac{11.3}{0.02} \Omega$$

$$R_B = 570\Omega$$

$$P_{RB} = 0.24W$$

### 3.9. SELECCIÓN DE PROTECCIÓN DEL CIRCUITO

Para el diseño de las protecciones se procede a estimar el consumo de corriente, tanto del circuito de control, como de potencia y se los protege independientemente con fusibles en serie de corriente máxima un poco mayor de la estimada en el consumidor.

$$\text{Corriente de fusible} = \text{Corriente de consumo}/0.9$$

En base al resultado obtenido se busca en el mercado los tipos existentes y se selecciona; así para la aplicación se tiene:

Consumo de corriente de control:  $I_c = 2 \text{ A}$

Fusible a escoger:  $F1 = 2 \text{ A}$

Consumo de corriente general:  $I_T = 13 \text{ A}$

Fusible a escoger:  $F2 = 15 \text{ A}$

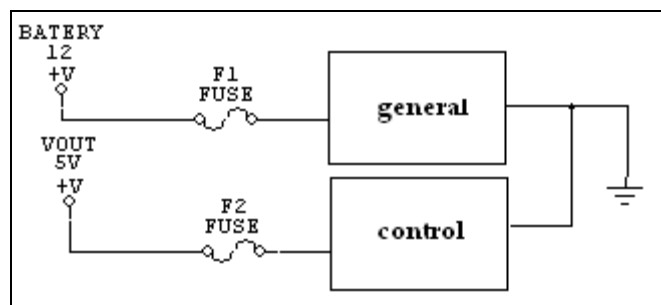


Figura 3.31. Circuitos de protección.

### 3.10. DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRONICO.

A continuación se muestra el diagrama del circuito general, con los elementos seleccionados según las consideraciones de diseño .

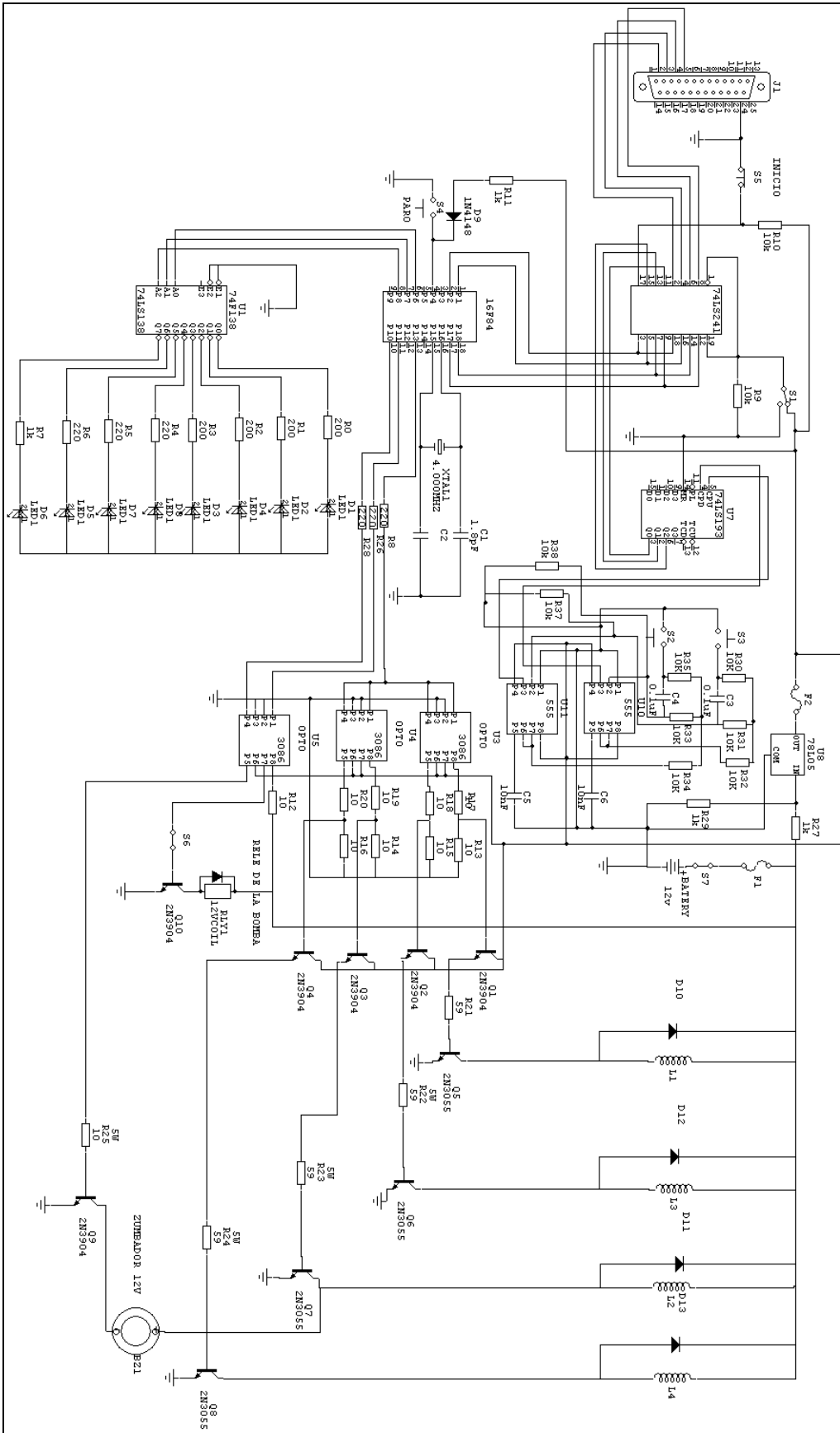


Figura 3.32. Circuito Electrónico de la aplicación.



### 3.11. SELECCIÓN DE COMPONENTES

El presente banco de pruebas dispone de componentes eléctricos y electrónicos que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla III.30. Elementos eléctricos – electrónicos

Cant.	Componente	Valor	Número en el esquema
09	Resistencias	10 $\Omega$	R17 – R24 – R29
09	Resistencias	220 $\Omega$	R0 – R8
10	Resistencias	10 K $\Omega$	R9 – R16 – R30 – R31
04	Resistencias	39 $\Omega$ 5W	R25 – R28
01	Diodo	4001	D5
05	Diodos	4007	D1-D2-D3-D4
08	Diodos Luminosos		
05	Transistores	123AP	Q1-Q4-Q9
04	Transistores	Ecg130	
01	Contador	ECG74LS193	IC1
01	Decodificador	74LS138	IC2
01	Buffer	74LS241	IC3
01	PIC	16F84	IC4
02	Opto acopladores	3086	IC5,IC6
02	Condensadores	1,8 pF	C1 –C2
01	Conector hembra		Puerto paralelo Centronix
04	Pulsadores	A 35	
01	Conmutador de dos vías		
01	Relé	12V – 10 A	
01	Zumbador	12V – 0.5 W	
01	Conector 1 – 1 paralelo		
02	Fusibles y portafusibles.		
01	Oscilador	4 MHz	

### 3.14. DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS ELECTRÓNICOS.

**3.12.1. Buffer 74241.-** Permite la correcta habilitación del control manual o por PC, para evitar errores de activación.

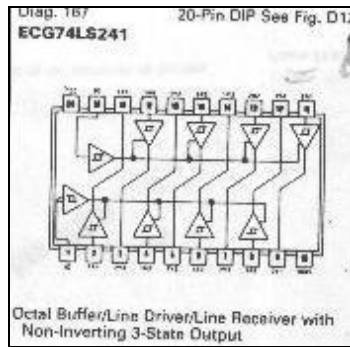
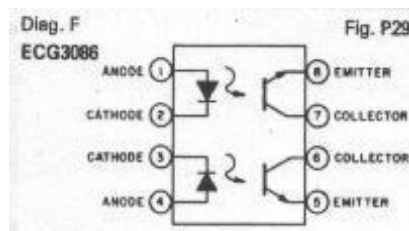


Figura 3.33. Buffer 74241.

**3.12.2. OPTOACOPLADOR 3086.-** Acoplan los pulsos de corriente generador por el  $\mu\text{C}$  a los transistores 123 AP para el control previo de los transistores de potencia.



ECG3081	NPN Transistor	6000	250	20	60	3	---	30	100	75	C	P29
ECG3082	NPN Darlington	6000	250	400	60	3	30	30	100	75	E	
ECG3084	NPN Darlington	7500	250	200	60	3	---	30	30	200	F	
ECG3086	NPN Dual Transistor	7500	400	50	60	3	---	30	30	200	F	
ECG3220	NPN Dual Transistor	8000	150	100	50	5	---	55	50	---	V	

Figura 3.34. Optoacoplador ECG 3086.

**3.12.3. TRANSISTOR SG123AP.-** Preamplifican la corriente del optotransistor para las bases del transistor de potencia

Fig. T16  
TO-92

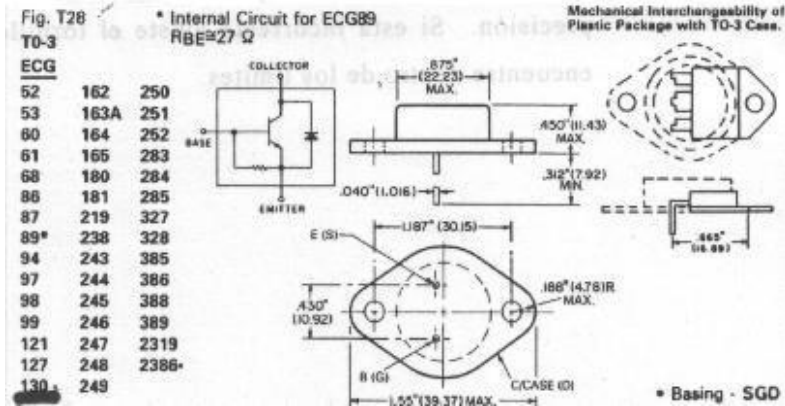
ECG	1	2	3	ECG	1	2	3	ECG	1	2	3
10	B	E	C	194	E	B	C	453*	D	S	G
11	E	C	B	199	E	C	B	457*	D	S	G
12	E	C	B	229	B	E	C	468	D	S	G
23	B	E	C	232	E	B	C	467	D	S	G
46	E	B	C	233	E	B	C	468	D	S	G
47	E	B	C	234	E	C	B	469	D	S	G
69	B	E	C	267	E	B	C	489	D	S	G
85	E	C	B	288	E	B	C	490	D	S	G
107	E	C	B	289A	E	C	B	491	S	G	D
108	E	B	C	290A	E	C	B	492	D	S	G
<b>123AP</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	312*	G	S	D	2341	E	C	B
158	E	B	C	319P	B	E	C	2342	E	C	B
172A	E	C	B	451	D	S	G	2503	E	C	B

\* Alternate Fig. T13-1  
 \* Alternate Fig. T15  
 \* D & S Interchangeable

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CB0</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CE0</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EB0</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Collector Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. in MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG123	NPN-Si, AF Preamp, Driver Video Amp, Sync Sep	60	30	5	.8	.800 (T <sub>A</sub> = 25°C)	250	150 typ	TO-39	T6
ECG123A	NPN-Si, AF/RF Amp, Sw	75	40	6	.8	.500 (T <sub>A</sub> = 25°C)	300	200 typ	TO-18	T2
<b>ECG123AP</b>	<b>NPN-Si, AF/RF Amp, Driver (Compl to ECG159)</b>	<b>75</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>.6</b>	<b>.500 (T<sub>A</sub> = 25°C)</b>	<b>300</b>	<b>200 typ</b>	<b>TO-92</b>	<b>T16</b>
ECG124	NPN-Si, HV Audio Pwr Output	300	300	5	.150	.20	30	100 typ	TO-86	T25
ECG126A	PNP-Ge, RF/IF Amp, Osc, Mix	15	15	.3	50 mA	300 mW (T <sub>A</sub> = 25°C)	250	40 typ	TO-18	T2

Figura 3.35. Transistor 123AP.

3.12.4. TRANSISTORES DE POTENCIA ECG 130.- Controlan la etapa de potencia para el disparo de los inyectores de gasolina.



ECG129P	PNP-Si, Gen Purp Amp, Sw (Compl to ECG128P)	80	80	7	1	1	150	100 min	TO-237	T17
<b>ECG130</b>	<b>NPN-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG219)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>115</b>	<b>.800</b>	<b>40 typ</b>	<b>TO-3</b>	<b>T28</b>
ECG131	PNP-Ge, AF Pwr Output (Compl to ECG155)	32	20	10	3 peak	6 (T <sub>C</sub> = 63°C)	1	110 typ	TC-9	T27

Figura 3.36. Transistor de Potencia ECG130

3.12.5. DECODIFICADOR BINARIO 3 a 8 74138.- Según el código del PIC habilita un indicador de prueba.

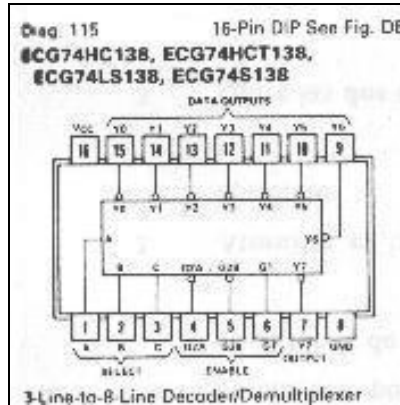


Figura 3.37 Decodificador 74138.

**3.12.6. PIC 16F84A.-** Microcontrolador recibe códigos de activación y procesa pruebas, tiempos de duración y frecuencias de activación según la selección.

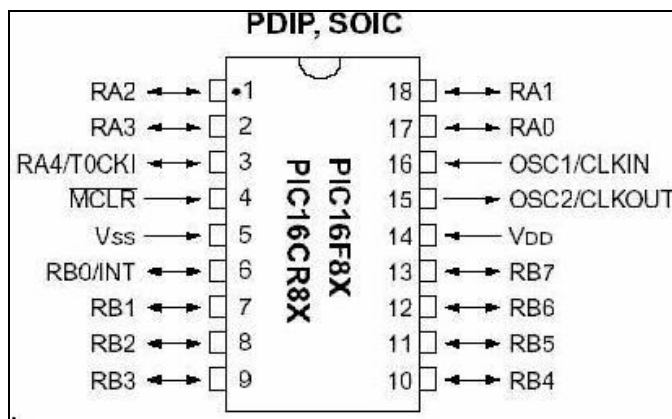


Figura 3.38. PIC 16F84A

**3.15. ANÁLISIS ECONOMICO.**

Concluido la selección de elementos y componentes mecánicos eléctricos y electrónicos se presenta una tabla de costos de cada uno de ellos.

Tabla III.31 Componentes y costos.

Cant.	Componente	Valor	Precio
-------	------------	-------	--------

09	Resistencias	10 $\Omega$	0.90
09	Resistencias	220 $\Omega$	1.80
10	Resistencias	10 K $\Omega$	1.80
04	Resistencias	39 $\Omega$ 5W	2.00
	<b>Semiconductores</b>		
01	Diodo	4001	0.30
05	Diodos	4007	1.50
08	Diodos Luminosos		4.00
05	Transistores	123AP	1.00
04	Transistores	Ecg130	10.00
01	Contador	ECG74LS193	2.50
01	Decodificador	74LS138	2.50
01	Buffer	74LS241	2.00
01	PIC	16F84	7.00
03	Opto acopladores	3086	4.50
02	Condensadores	1,8 pF	1.00
01	Conector 1 – 1 paralelo		5.00
02	Fusibles y portafusibles.		2.00
01	Oscilador	4 MHz	2.00
01	Varios Eléctricos		25.00
01	Bomba eléctrica		80.00
01	Estructura – soportes - rieles		70.00
01	Tanque		10.00
02	Válvulas check		20.00
10	Acoples y uniones		25.00
01	Mangueras		8.00
01	Manómetro		10.00
01	Válvula Reguladora		10.00
01	Llave ¼ de vuelta		3.00
04	Acoples rápidos		6.00
05	Multímetro		15.00
04	Probetas		30.00
01	Varios – Trabajos		50.00
	<b>Total</b>		<b>350.00</b>

El equipo tiene un costo de 350 dólares en cuanto a componentes y materiales, si se establece una utilidad permisible de 40%, tendremos un precio final de 490 dólares, bien se lo puede comercializar en 500 dólares.

Si se considera que una limpieza de inyectores tiene un costo de 5 dólares por cada uno en el mercado, al realizar la limpieza de 100 inyectores se tendría prácticamente recuperada la inversión.

Se puede manejar un precio promedio de 4 dólares por inyector, requiriendo limpiar un total de 125 inyectores. Hoy en día se acostumbra a realizar la limpieza de los mismos con lo que en un período aproximado que considere materiales aditivos y mano de obra utilizada en un tiempo de 1 año se recuperaría la inversión.

## **CONCLUSIONES.**

Una vez concluido la presente investigación concluimos lo siguiente:

- Se diseñó y construyó un banco de pruebas para limpieza y comprobación de inyectores a gasolina mediante el uso del PIC16F84A.
- La investigación realizada determina que todos los modelos de vehículos actuales a gasolina que ingresan al mercado son de control electrónico, lo que requiere disponer de alternativas de equipos de mantenimiento de alta tecnología y control electrónico, como por ejemplo, el banco inyectores que es lo que plantea nuestro trabajo de grado.
- El banco de pruebas diseñado y construido consta de un sistema mecánico-hidráulico que opera con presiones de 0 a 100 psi, que dispone de un modo dual de operación (bomba de alimentación o aire comprimido). También nuestro banco posee un sistema de control eléctrico y electrónico que es comandado tanto manualmente como por asistencia por la computadora.
- En el banco de pruebas de inyectores construido, se cumplen las pruebas de caudal, ángulo de pulverización, estanqueidad y operaciones de limpieza.
- El microcontrolador seleccionado (PIC 16F84), permitió controlar con precisión cada una de las pruebas que se desarrollan en el banco, así como también el ciclo de trabajo de los inyectores, facilitando de esta manera el diseño del módulo de pruebas.
- De las pruebas realizadas se verifica que el banco de pruebas brinda resultados satisfactorios de operación tanto en la parte mecánica-hidráulica, así como en la parte eléctrica y electrónica.
- Para la prueba de fugas, con la válvula de presión variable se debe ajustar la presión del sistema a cualquier valor entre 0 y 100 psi, donde se observará si hay

presencia de fugas por la puntilla del inyector, lo que indica que el mismo no está estanco debiéndose realizar la operación de limpieza.

- En la prueba de caudal se mide la cantidad de combustible que suministran los inyectores al motor, si existen variaciones considerables a las especificadas se procederá a la limpieza.
- La presencia de agua en la gasolina como agente contaminante de la misma, incide en la formación de óxido, causando el deterioro de la tubería del sistema de alimentación de combustible, provocando a futuro la obstrucción de los inyectores.
- Removiendo los inyectores del vehículo, y una vez diagnosticados, limpiados y verificados por el banco de pruebas construido, tenemos la seguridad y garantía de que los inyectores quedaron realmente en óptimas condiciones.
- Las pruebas de comprobación de pulverizado realizadas en el banco muestran visualmente que el estado del chorro inyectado debe angularmente uniforme y a los costados nuboso.
- Después de que los inyectores son sometidos a la limpieza en las diferentes frecuencias, se vuelve a comprobar la existencia de fugas, calidad de la atomización, caudal o llenado de combustible y el funcionamiento electrónico de los mismos. Si el operario considera que los inyectores funcionan correctamente estando ajustados y calibrados, los inyectores estarán listos para ser montados de nuevo en el vehículo.
- Es necesario tener inyectores limpios para tener una correcta atomización.
- Una buena combustión dentro del motor depende de la correcta atomización del combustible.
- Para obtener menor contaminación ambiental, un mejor rendimiento del motor, economía de combustible, y una buena conducción del vehículo, la correcta atomización no es una opción, es un requerimiento.



- Las pruebas han mostrado que la acumulación de partículas y barnices dentro de los inyectores pueden reducir el caudal de combustible hasta en un 25%.
- Cualquier partícula dentro del inyector puede afectar el flujo del combustible, además de afectar la atomización, causando una mala combustión que provoca a su vez excesivas emisiones de escape, excesivo consumo del combustible y mal rendimiento del motor.
- El buen funcionamiento de los inyectores es vital en el rendimiento de los vehículos equipados con computadora. Si la mezcla de combustible y aire varía en solo el 1%, puede tener un efecto adverso en la calidad del sistema computarizado para controlar la mezcla que a su vez mantiene el mínimo del motor. Esto también afecta el rendimiento a largo plazo de los componentes que controlan las emisiones como son el sensor de oxígeno y el convertidor catalítico trayendo como consecuencia un gasto de dinero muy alto.
- El banco de prueba tiene un costo accesible, lo que permite que la inversión del mismo se pueda recuperar en aproximadamente en un año, si se lo ubica en un taller de servicios.
- Si los inyectores no entregan la cantidad correcta de combustible, el rendimiento del motor sufre pérdida de potencia y mayor consumo de combustible. A largo plazo, hacer mantenimiento periódico a los inyectores puede significar considerable ahorro de dinero en combustible y gastos en reparaciones.
- El proceso de limpieza con su programa de ciclos de impulsos eléctricos se encargan de la limpieza interna de los inyectores, removiendo las partículas y agentes contaminantes cristalizados que se encuentren en su interior que impiden el flujo normal de combustible que circula a través de estos devolviéndoles el correcto funcionamiento entre 6 y 10 minutos.

- Las frecuencias de operación incluidas en el control del banco de pruebas, son las que recomiendan los fabricantes para los períodos de limpieza, así como también otras que serían imposibles alcanzar con los inyectores montados en el motor de combustión.
- Los acoples construidos son de tipo universal y pueden ser utilizados en los diferentes tipos de inyectores.
- Los depósitos de lacas y barnices empobrecen la mezcla aire combustible causando un desbalanceo en el funcionamiento del motor de combustión interna, por lo que es necesario que los inyectores sean limpiados en los períodos recomendados por los fabricantes.
- El factor de retardo en la respuesta de los inyectores es la inducción de sus bobinas y dependerá del número de espiras así como de su resistencia.
- La regulación de presión del fluido en el banco de pruebas cuando se desarrolla las pruebas con la bomba o con aire comprimido se realiza con una sola válvula en vista de que los caudales producidos son bajos facilitando la operación de la válvula.
- La generación de ruidos y perturbaciones pueden ocasionar que los circuitos electrónicos trabajen en forma defectuosa.
- Todos los resultados anteriores y posteriores de la operación de los inyectores se registran en un informe de mantenimiento (hoja de prueba), y se entregarán a los propietarios junto con los inyectores.
- Es la acumulación de barnices, lacas, partículas y residuos del sistema de combustible; la causante de la obstrucción de los inyectores. Estos residuos en el sistema de combustible se acumulan en el micro filtro interno del inyector y en el asiento de la punta del orificio de salida, causando un spray o patrón de inyección

irregular, reduciendo así el flujo de combustible, lo cual hace que un vehículo tenga dificultades al encender, tenga mínimo inestable, contamine el ambiente, consuma más combustible (por goteo), presente aceleraciones falsas, cortes y pérdida de potencia.

- El PIC aumenta la fiabilidad del circuito ya que al reemplazar un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes de acoplamiento y control.
- La integración del microcontrolador disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- Las características de control están programadas, por lo que para la modificación de parámetros de operación sólo se necesita realizar cambios en el programa de instrucciones del microcontrolador.
- Uno de los sectores que más utiliza los microcontroladores es el mercado automovilístico, ya que éstos se desarrollaron pensando en este sector, siendo modificados posteriormente para adaptarse a sistemas más genéricos.
- El mercado del automóvil es uno de los más exigentes; los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas de vibraciones, choques, ruido, etc. y seguir siendo fiables.
- El fallo de cualquier componente electrónico del automóvil puede ser el origen de un accidente.

## RECOMENDACIONES.

A continuación presentamos las principales recomendaciones que se detallan a continuación:

- Guardar normas de seguridad industrial en el momento de usar el banco de pruebas.
- Antes y después de realizar la limpieza de los inyectores se debe realizar las pruebas previas de resistencia eléctrica, caudal, pulverización, estanqueidad.
- Antes de instalar los inyectores en el vehículo, se deben reemplazar las partes del inyector por unas nuevas como son: el filtro de entrada, puntas protectoras, arandelas y sellos.
- Manipular con cuidado los aditivos de limpieza.
- Todas las pruebas eléctricas y electrónicas deben ser realizadas previamente en el protoboard, antes de pasar al diseño final de la placa.
- Revisar que las instalaciones y conexiones que se realizan en el banco sean seguras antes de realizar las pruebas.
- El área de trabajo debe ser lo suficientemente ventilada.
- Verifique que el equipo se encuentre a punto antes de realizar las pruebas de comprobación.
- Si los inyectores no cumplen las pruebas de pulverización, estanqueidad y caudal, es necesario por lo menos repetir la prueba de limpieza unas tres veces para garantizar el trabajo realizado por el banco.

- Tener en consideración los voltajes de trabajo de los componentes eléctricos en la fase de prueba y pruebas en proto para evitar que estos se quemen.
- Durante el proceso de selección mecánica o electrónica procure considerar que los elementos con los cuales se realiza el diseño previo sean fáciles de adquirir en el mercado.
- Despresurice el sistema del banco de pruebas el momento de realizar el desmontaje de los inyectores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Miguel de Castro Inyección de Gasolina Ediciones CEAC Perú 1991 Quinta edición.
- OTC Herramientas y Técnicas OTC especificaciones de los Sistemas de Inyección de Combustible.
- William H. Crouse – Equipo eléctrico y electrónico del automóvil, ED. Alfaomega, México, 1992
- Albert Martí Pareda – Inyeccion Electrónica , Ed. Alfaomega, México, 1991
- Albert Martí Pareda – Encendido electrónico, Ed. Alfaomega, México, 1991
- Watson Ben – Manual de Inyección Electrónica de Gasolina (Instalación, afinado y modificación), Ed. Prentice Hall.
- José Miguel Alonso Pérez – Tecnologías avanzadas del automóvil, Ed. Paraninfo, Madrid, 1995
- José Miguel Alonso Pérez – Técnicas del automóvil, Ed. Paraninfo, Madrid, 1996
- M. de Castro – Encendido electrónico.
- CEAC – Electricidad del automóvil.
- Bosch – Electrónica aplicada al motor
- William H. Crouse, Motores de automóviles
- José M. Alonso, Tecnología avanzada del automóvil, Ed Paraninfo, Madrid, 1994.
- Manual ECG
- [www.redtecnicautomotriz.com](http://www.redtecnicautomotriz.com)
- [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)
- [www.microcontroladores.com](http://www.microcontroladores.com)

Realizado por:

---

GERMAN ERAZO LAVERDE .

---

ESTEBAN LOPEZ ESPINEL.

---

ING. JUAN CASTRO C.  
DIRECTOR DE CARRERA  
INGENIERIA AUTOMOTRIZ

---

DR. MARIO LOZADA P  
SECRETARIO ACADÉMICO