

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
ELECTRÓNICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES  
PARA VEHÍCULOS DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR**

**DÍAZ UBIDIA DAVID ALEJANDRO**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA**

**OBTENCIÓN DEL GRADO DE**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AÑO 2010**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

ING. NESTOR ROMERO (DIRECTOR)

ING. SIXTO REINOSO (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR” realizado por el señor DAVID ALEJANDRO DIAZ UBIDIA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan al señor: DAVID ALEJANDRO DÍAZ UBIDIA que lo entregue al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, 17 de Noviembre del 2010

-----  
Ing. Nestor Romero

**DIRECTOR**

-----  
Ing. Sixto Reinoso

**CODIRECTOR**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, DAVID ALEJANDRO DÍAZ UBIDIA

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 17 de Noviembre del 2010.

-----  
David Alejandro Díaz Ubidia

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, DAVID ALEJANDRO DÍAZ UBIDIA

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 17 de Noviembre del 2010.

-----  
David Alejandro Díaz Ubidia

## **DEDICATORIA**

En memoria de mi querido abuelito José, quien me brindó su apoyo incondicionalmente y día a día me enseñó a valorar todo lo que tenemos frente a nuestros ojos.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mi querido Padre, quien siempre me apoyado en el transcurso de toda mi vida a quien admiro y respeto profundamente.
- A mi madre quien siempre a creído en mí y me lo ha demostrado día a día
- A mi novia Karina quien a estado a mi lado brindándome todo su amor y apoyándome incondicionalmente.
- A mí querida hermana Paulina y su familia, quienes me ayudaron a que este proyecto pueda realizarse.
- A mi querida Abuelita Olga, quien siempre estado junto a mi en los momentos más difíciles y siempre me ha sabido aconsejar de la mejor manera.
- A mí querido Tío Patricio, con el que he compartido alegrías y tristezas y ha sido un gran apoyo en el desarrollo de este proyecto.

## **RESUMEN**

La Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga y la Carrera de Ingeniería Automotriz, por varios años a formado jóvenes líderes en el ámbito de la mecánica a nivel nacional quienes están aportando a la sociedad como profesionales e investigadores de excelencia, creativos, humanistas, con pensamiento crítico y alta conciencia ciudadana al servicio de la misma.

Este Proyecto tiene la finalidad de aplicar distintas áreas del conocimiento, enriquecidas en el transcurso del estudio de la carrera, aplicados al diseño y la construcción de un sistema de control electrónico de dispositivos anticontaminantes para vehículos alimentados por carburador y lograr de esta manera disminuir notablemente la contaminación que emiten estos vehículos automotores debido a su limitada tecnología en este aspecto.

La tecnología de alimentación por carburador a relación de los que son alimentados por inyección electrónica, eliminan a la atmósfera una mayor cantidad de gases sin pasar por ningún proceso para tratar de reducirlos o eliminarlos, por lo cual es indispensable diseñar un sistema que ayude a los vehículos de alimentación por carburador a tratar eficientemente a estos gases antes de enviarlos a la atmósfera debido a su limitada tecnología, tomando en cuenta que los niveles de contaminación

ambiental en nuestro país son muy elevados y también que en nuestro parque automotor existe gran cantidad de vehículos automotores con este sistema de alimentación a los cuales se les puede aplicar este proyecto.

En la actualidad, el creciente avance tecnológico en los vehículos automotores de última generación equipados con inyección electrónica, siempre se han encaminado a la protección ambiental, confort y seguridad debido a la exigencia que los gobiernos han planteado a los fabricantes de vehículos automotores a nivel mundial.

Con la incorporación de nuevas tecnologías han logrado implementar varios dispositivos anticontaminantes los cuales eliminan en gran porcentaje los gases que se producen en la combustión haciéndoles recircular dentro del mismo motor o tratarlos para eliminar gran cantidad de los monóxidos, bióxidos e hidrocarburos no combustionados que son los principales causantes de enfermedades respiratorias en el ser humano si son inhalados en gran cantidad; además, estos sistemas disminuyen el impacto ambiental que estos gases producen en vista a que el efecto invernadero que nuestro planeta experimenta es causado en gran parte por emisiones contaminantes; Cada día podemos darnos cuenta de las consecuencias y el daño que hacen estos gases a nuestro planeta.

## **SUMMARY**

The Army Polytechnic School (Latacunga Branch) and the Career of Automotive Engineering, for several years has formed young leaders in the field of mechanics nationwide who are contributing to society as excellent, creative and humanistic with critical thinking professionals and researchers with high public awareness towards our community.

This project is intended to apply different areas of knowledge, enriched in the course of the study of the race, applied to the design and construction of an electronic control system of pollution control devices for vehicles powered by the carburetor and thus achieve significantly lower pollution emitted by such motor vehicles due to limited technology in this regard.

The technology of carburetor feeding compared to those which are fed by electronic fuel injection, release to the atmosphere more gas without passing through any process to try to reduce or eliminate them, so it is essential to design a system that helps carburetor-fed vehicles to effectively address these gases before they are sent into the atmosphere, due to its limited technology, taking into account that the levels of pollution in our country are very high and also that in the fleet of vehicles of our city there are plenty motor vehicles which can implement this project.

Today, the growing technological advances in motor vehicles equipped with latest generation electronic fuel injection, has always been aimed at environmental protection, comfort and safety due to the requirement that governments have raised the vehicle manufacturers worldwide.

With the incorporation of new technologies various pollution control devices have implemented which eliminate a large percentage of the gases produced during combustion making recirculation within the engine or treated to remove a large amount of nitrous dioxide, dioxides and unburned hydrocarbons that are the major cause of respiratory disease in humans if inhaled in large quantities; in addition, these systems reduce the environmental impact of these gases in view of the greenhouse effect that our planet experiences caused largely by emissions; Every day we can realize the consequences and the damage done by these gases on our planet.

## **INDICE DE CONTENIDO**

<b>CAPÍTULO 1: GASES RESIDUALES DE LA COMBUSTIÓN DE LA OPERACIÓN DE UN MOTOR.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tipos de gases contaminantes causados en la combustión de un motor.....	1
1.2 Impacto ambiental de gases contaminantes de vehículos automotores.....	7
1.3 Efectos a la salud por gases contaminantes de vehículos automotores.....	14
<b>CAPÍTULO 2: SISTEMAS ANTICONTAMINANTES UTILIZADOS EN LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR Y DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....</b>	<b>20</b>
2.1 Generalidades.....	20
2.2 Normas Europeas de nivel de emisiones.....	20
2.2.1 Norma Euro V.....	22
2.2.2 Norma Euro VI.....	24
2.3 Tipos de sistemas anticontaminantes.....	27
2.3.1 Sistemas EGR.....	28
2.3.2 Recirculación de vapores del Carter.....	36
2.3.3 Reciclado de vapores de combustible, Cánister.....	39
2.3.4 Catalizadores.....	41

<b>CAPÍTULO 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINATES.....</b>	<b>49</b>
3.1 Selección de componentes eléctricos y electrónicos.....	49
3.1.1 Microcontrolador.....	49
3.1.2 Arquitectura interna de un microcontrolador.....	51
3.1.3 Bascom AVR.....	54
3.1.3.1 Instrucciones básicas Bascom AVR.....	54
3.2 Transistores, diodos, relés.....	65
3.2.1 Transistores.....	65
3.2.2 Diodos.....	70
3.2.3 Relés.....	73
3.3 Electroválvulas.....	80
3.3.1 Funcionamiento de electroválvulas.....	80
3.4 Resistencias y condensadores.....	84
3.4.1 Resistencias.....	84
3.4.2 Condensadores.....	91
3.5 Conductores.....	104
3.6 Selección de sensores.....	111
3.6.1 Generalidades.....	111
3.6.2 Selección de sensores.....	114
3.7 Diseño electrónico del sistema.....	119
3.7.1 Generalidades.....	119

3.8 Programación del microcontrolador.....	120
3.9 Diseño electrónico del sistema.....	124
3.9.1 Señalización microcontrolador.....	124
3.9.2 Diseño electrónico para señales de entrada.....	126
3.9.3 Diseño electrónico para señales de salida.....	130
3.9.4 Diseño electrónico de puertos de entrada y salida del microcontrolador.....	131
3.10 Puesta a punto del motor.....	132
3.10.1 ABC de motor Mercedes Benz 230.6 1975.....	133
3.11 Instalación.....	139
3.11.1 Instalación de sensores en el motor.....	139
3.11.2 Instalación de sensores de oxígeno.....	139
3.11.3 Instalación de sensor de temperatura.....	140
3.12 Instalación de actuadores.....	141
3.12.1 Válvula solenoide de vacío para sistema EGR.....	142
3.12.2 Válvula solenoide de vacío para sistema EVAP.....	144
3.13 Instalación de válvula EGR.....	146
3.14 Instalación de sistema EVAP.....	147
3.15 Ventilación positiva del carter.....	149

<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	150
4.1 Análisis de gases antes y después de la instalación del sistema.....	150
4.1.1 Análisis de gases antes de la instalación del sistema.....	151
4.1.2 Análisis de gases después de la instalación del sistema.....	153
<b>Conclusiones</b> .....	155
<b>Recomendaciones</b> .....	157
<b>Bibliografía</b> .....	158

## **INDICE DE GRÁFICOS**

### **CAPITULO 1**

1.1 Gases producidos en la combustión de un motor.....	6
1.2 Porcentaje de gases nocivos en la salud.....	7
1.3 Bosque devastado por la presencia de lluvias ácidas.....	12

### **CAPITULO 2**

2.1 Emisiones procedentes de los coches de gasolina, Glp o Gnc.....	23
2.2 Emisiones procedentes de los coches a diesel.....	24
2.3Válvula EGR neumática.....	29
2.4 Estructura de la válvula EGR neumática.....	30
2.5Válvula EGR con electroválvula.....	30
2.6 Válvula EGR con control electrónico.....	31
2.7 Esquema de funcionamiento válvula EGR.....	32
2.8 Paso de gases al motor por medio de válvula EGR.....	33
2.9 Válvula EGR con sensor DPFE.....	34
2.10 Sensor DPFE.....	35
2.11 Paso de vapores del carter por medio de de válvula PCV.....	38

2.12 Representación gráfica del sistema de reciclado de vapores de combustible.....	41
2.13 Conexión de sensores de Oxígeno en catalizador para sistemas OBD2.....	44
2.14 Estructura interna del catalizador.....	45
2.15 Proceso de oxidación y reducción en el catalizador.....	46
2.16 Flujo de gases de escape en el catalizador.....	47

### **CAPITULO 3**

3.1 Estructura de un microcontrolador.....	52
3.2 Componentes de un microcontrolador.....	52
3.3 Tipos de microcontrolador fabricante ATEMEGA.....	53
3.4 Conexiones principales ATEMEGA 168.....	54
3.5 Circuito eléctrico.....	71
3.6 Relé de un único contacto de trabajo.....	74
3.7 Funcionamiento del relé de un solo contacto de trabajo.....	74
3.8 Símbolo eléctrico del relé.....	77
3.9 Tipos de relés.....	78
3.10 Relés de interface con módulo programable.....	80
3.11 Funcionamiento electroválvulas.....	82
3.12 Circuito con resistencia.....	86
3.13 Tipos de condensadores.....	92
3.14 Comportamiento de corriente alterna.....	96

3.15 Condensadores electrolíticos axiales.....	100
3.16 Condensadores electrolíticos de tantalio.....	101
3.17 Condensadores de Poliéster.....	102
3.18 Condensadores cerámicos.....	103
3.19 Conductor de alambre.....	106
3.20 Conductor de cable.....	107
3.21 Monoconductor.....	107
3.22 Multiconductor.....	108
3.23 Partes de un conductor recubierto.....	110
3.24 Relación de cálculo Lambda para tipos de mezclas.....	119
3.25 Señalización microcontrolador.....	124
3.26 Diseño alimentación microcontrolador.....	126
3.27 Diseño para conexión de sensores de oxígeno.....	128
3.28 Diseño para optoacoplador sensor de temperatura.....	129
3.29 Conexión electro switch para solenoides de vacío.....	130
3.30 Resumen puertos microcontrolador.....	131
3.31 Distribuidor con platinos de dos piezas.....	134
3.32 Cambio de filtro de combustible.....	135
3.33 Ubicación de carburadores en el motor.....	136
3.34 Carburador A.....	136
3.35 Carburador B.....	137
3.36 Desmontaje y limpieza de carburadores.....	137

3.37 Bujías del motor.....	138
3.38 Salidas múltiples de escape.....	140
3.39 Acople para sensores de oxígeno.....	140
3.40 Instalación sensor de temperatura en el motor.....	141
3.41 Alimentación de vacío para válvula EGR.....	143
3.42 Válvula solenoide de vacío para sistema EGR.....	144
3.43 Válvula solenoide de vacío para sistema EVAP.....	145
3.44 Soporte para instalación válvula EGR.....	146
3.45 Colector gases de escape.....	147
3.46 Depósito de expansión.....	148
3.47 Conexión alimentación vapores de combustible para el canister.....	148
3.48 Conexión alimentación y desfogue canister.....	149
3.49 Colector vapores de aceite.....	149

## **CAPITULO 4**

4.1 Medición de gases antes de la instalación del sistema.....	152
4.2 Medición de gases después de la instalación del sistema.....	154

## **INDICE DE TABLAS**

### **CAPÍTULO 1**

1.1 Gases producidos en la combustión de un motor.....	5
1.2 Gases contaminantes de la combustión de un motor.....	6
1.3 Factores que influyen en la mala calidad del aire.....	17

### **CAPITULO 2**

2.1 Voltajes de operación sensor	
DPFE.....	35

### **CAPITULO 4**

4.1 Análisis de gases antes de la instalación del sistema en PPM.....	151
4.2 Análisis de gases antes de la instalación del sistema %.....	152
4.3 Análisis de gases antes de la instalación del sistema en PPM.....	153
4.4 Análisis de gases antes de la instalación del sistema %.....	153

## **CAPITULO I**

### **GASES RESIDUALES EN LA COMBUSTIÓN DE UN MOTOR**

#### **1.1 TIPOS DE GASES CONTAMINANTES CAUSADOS EN LA COMBUSTIÓN DE UN MOTOR**

Desde la primera explotación del petróleo en Pensilvania por parte de Edwin Drake en 1859, comenzó su destilación para conseguir derivados como aceites, combustibles y grasas de los que únicamente se utilizaban las grasas como lubricantes en aquella época.

El resto de residuos como la gasolina y el diesel eran desechados ya que no se les encontraba ninguna utilidad práctica en la industria ni en la vida diaria de aquellos años, hasta que la industria automotriz y los motores de combustión interna los cuales utilizaban los desechos de la destilación del petróleo como combustible para su funcionamiento, dieron los primeros pasos demostrando ser uno de los inventos más útiles e importantes en el mundo entero; Desde ese momento se creó un problema a nivel mundial que causaría grandes impactos al medio ambiente años después.

Todo se debe a que en un motor de combustión interna funciona con un combustible fósil (obtenido de la destilación del petróleo) que necesita ser detonado para crear el torque requerido para dar giro al cigüeñal dentro de un motor; este a su vez transmite por una serie de mecanismos la fuerza hacia las ruedas que hará que el vehículo pueda moverse. Al dar paso a esta detonación todo el combustible que está dentro del pistón se inflama, el mismo que al ser mezclado con aire explota, ya sea por presión y

temperatura en el caso de un motor a diesel o por la presencia de una chispa en el caso de un motor a gasolina.

En los motores a gasolina, el proceso de combustión no se realiza de una manera completa prácticamente en ninguna de las condiciones de funcionamiento del motor, ya que existen una serie de variantes dentro de este que son prácticamente imposibles de controlar para que existan los parámetros ideales que favorezcan a una combustión completa de la mezcla dentro de la cámara de combustión del motor, lo cual crearía que los gases de escape del motor no contengan gases nocivos para la salud y el medio ambiente.

Si existiría una combustión adecuada de la mezcla en la cámara de combustión del motor formada por aire (oxígeno y nitrógeno) y combustible (carbono e hidrógeno) se transformaría únicamente al momento de inflamarse cuando la combustión es completa en vapor de agua ( $H_2O$ ), bióxido de carbono ( $CO_2$ ) y nitrógeno, ninguno de los cuales es nocivo; Pero a consecuencia de tener en el motor una combustión incompleta de la mezcla y al ser inflamada, los gases los cuales son emitidos al exterior se encuentran entre los anteriormente mencionados pequeñas porciones de otros productos (al alrededor del 1% ), como el monóxido de carbono  $CO$ , los óxidos de nitrógeno  $NO_x$ , hidrocarburos  $HC$  y plomo  $Pb$  los cuales son perjudiciales para la salud, y cuando se encuentran en concentraciones elevadas son considerados contaminantes y deben ser reducidos o transformados en otros productos. Los gases contaminantes y nocivos para la salud son:

- **Monóxido de carbono (CO):** es un gas inodoro e incoloro producto de una combustión incompleta por exceso de riqueza de la mezcla (mayor porcentaje de combustible que de aire), en la que el carbono (C) no encuentra suficiente cantidad de oxígeno (O) para formar el bióxido de carbono ( $CO_2$ ) su proporción

en los gases de escape aumenta considerablemente en las mezclas ricas, esto determina que sea el componente esencial en las verificaciones para sacar conclusiones de la regulación y preparación de una mezcla correcta para el motor. El efecto nefasto y nocivo que el monóxido de carbono presenta es debido a que se fija en la hemoglobina de la sangre (glóbulos rojos), sustituyendo al oxígeno e impidiendo el transporte de este en el organismo lo que produce daños irreparables en los seres humanos y animales.

Una concentración de tan solo el 3% en volumen de CO en el aire que respiramos normalmente puede producir la muerte en aproximadamente 30 minutos, sin embargo vertido en el aire se difunde rápidamente y en contacto con el oxígeno forma bióxido de carbono CO<sub>2</sub> que no es nocivo, la transformación de monóxido en bióxido de carbono se logra simplemente mejorando el proceso de combustión.

- **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Es un gas no tóxico, fruto de una combustión completa y adecuada dentro del motor en la que las moléculas de carbono que tiene el combustible, logran mezclarse correctamente con las de oxígeno que tiene el aire, formando dióxido de carbono CO<sub>2</sub> el porcentaje en el que se encuentra generalmente este gas en el proceso de combustión de un motor es del 18% el resto de los gases no contaminantes son formados por un 9% de H<sub>2</sub>O un 71% de N<sub>2</sub> y un 1% de O<sub>2</sub> gases nobles.
- **Hidrocarburos (HC):** Los hidrocarburos o generalmente llamados los inquemados, son moléculas de combustible inicial e hidrocarburos parcialmente oxidados (sin quemarse). La presencia de estos gases en el proceso de combustión puede ser por dos causas principales:

1. Falta de oxígeno durante la combustión (mayor porcentaje de combustible que de aire).
2. Velocidad de inflamación muy baja (menor porcentaje de combustible que de aire)

A estos gases únicamente se los puede regular mejorando la entrega de mezcla y la dosificación mas adecuada de combustible al motor ,de acuerdo a sus requerimientos, normalmente los hidrocarburos tienen un olor penetrante y fácil de identificar, estos a presencia de la luz solar o la presencia de óxidos de nitrógeno forman productos de oxidación que irritan las mucosas y algunos de los hidrocarburos aromáticos que forman parte del combustible, como el benzpireno, son considerados cancerígenos.

- **Óxido y dióxido de nitrógeno(  $\text{NO}_x$  ):** Normalmente el nitrógeno es un gas inerte es decir no se combina con otros gases para formar compuestos, pero en condiciones de alta temperatura como la que se da en la combustión del motor, algunas partículas de nitrógeno se combinan con partículas de oxígeno dando paso a la formación de óxidos y dióxidos de nitrógeno (  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$ ), denominados generalmente  $\text{NO}_x$  , donde la letra x representa la cantidad de átomos de oxígeno con los que el nitrógeno se ha enlazado para formar los compuestos anteriormente mencionados
- **Dióxidos de azufre:** Es un gas que proviene de las impurezas que contiene el combustible y provoca niebla contaminante y lluvia ácida, teniendo mayor contenido de este gas los motores que ocupan combustible de baja calidad.

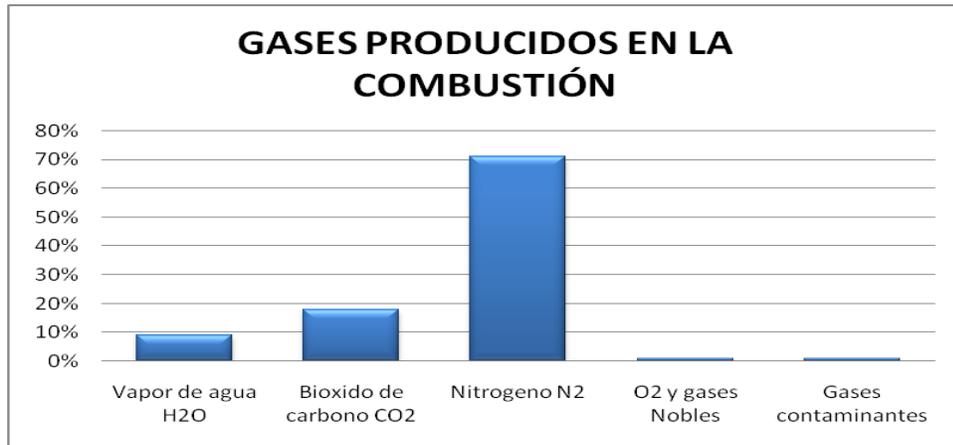
- **Plomo:** El plomo está presente en los gases de escape en muy pequeñas porciones, proviene de la composición de la gasolina, a la que se le añade pequeñas cantidades para mejorar la capacidad antidetonante del combustible. Este elemento no interviene en el proceso de combustión y es vertido al final de la misma en los gases de escape en la actualidad esto ya casi ha desaparecido debido a que se hace le uso de combustibles libre de plomo en la mayoría de países del mundo.<sup>1</sup>

**Tabla 1.1. Gases producidos en la combustión de un motor**

Gases producidos en la combustión	Porcentaje
Vapor de agua H <sub>2</sub> O	9%
Bioxido de carbono CO <sub>2</sub>	18%
Nitrogeno N <sub>2</sub>	71%
O <sub>2</sub> y gases Nobles	1%
<b>Gases contaminantes</b>	<b>1%</b>

---

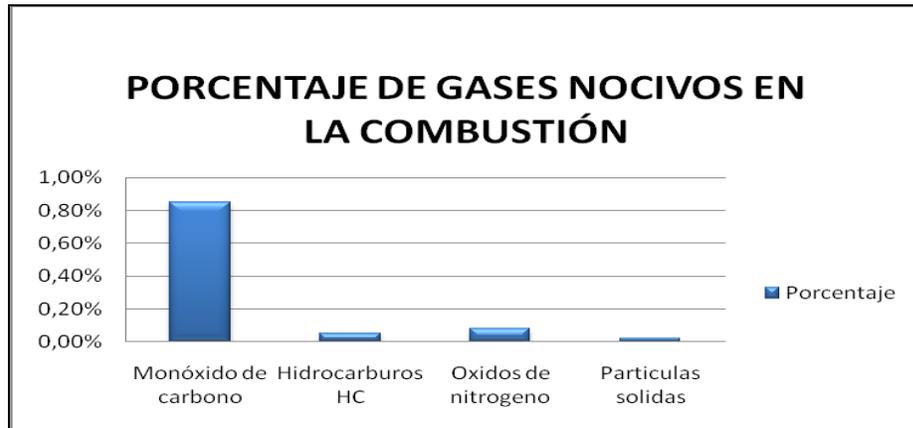
<sup>1</sup> Alonso Jose. “**Inyección a gasolina y Dispositivos Anticontaminación** ” Thomson Paraninfo, Madrid-España . 1998. Páginas 11-16.



**Figura 1.1: Gases producidos en la combustión de un motor.**

**Tabla 1.2. Gases contaminantes de la combustión de un motor.**

Gases contaminantes	Porcentaje
Monóxido de carbono	0,85%
Hidrocarburos HC	0,05%
Oxidos de nitrógeno	0,08%
Particulas solidas	0,02%



**Figura 1.2: Porcentaje de gases nocivos en la combustión.**

## **1.2 IMPACTO AMBIENTAL DE GASES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

El uso diario a nivel mundial de automotores que funcionan con combustibles fósiles hace que toda la cantidad de gases contaminantes que estos desechan sean mezclados con los gases atmosféricos y perjudiquen en gran cantidad al medio ambiente de nuestro planeta, dando paso a fenómenos que ya estamos viviendo diariamente, debido a que existe una gran cantidad de vehículos de alimentación por carburador que tienen una limitada tecnología en dispositivos anticontaminantes y por esto mismo son los que más perjudican al medio ambiente.

Los contaminantes gaseosos más comunes son el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los dióxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la

quema de combustible fósil. El tipo más comúnmente reconocido de contaminación del aire es la niebla tóxica (smog). La niebla tóxica generalmente se refiere a una condición producida por la acción de la luz solar sobre los gases de escape de automotores y fábricas.

Según el estudio de Vincent Gauci<sup>cfr.</sup> Explica lo que a continuación se detalla:

- **El efecto invernadero**

Evita que una parte del calor recibido desde el sol deje la atmósfera y vuelva al espacio. Esto calienta la superficie de la tierra en lo que se conoce como efecto invernadero. Existe una cierta cantidad de gases de efecto de invernadero en la atmósfera que son absolutamente necesarios para calentar la Tierra, pero en la debida proporción.

Actividades como la quema de combustibles derivados del carbono aumentan esa proporción y el efecto invernadero aumenta. Muchos científicos consideran que como consecuencia se está produciendo el calentamiento global.

Las industrias que utilizan el carbón como fuente de energía son las principales fuentes en donde se produce CO<sub>2</sub> , los tubos de escape de los automóviles, las chimeneas de las fábricas y otros subproductos gaseosos procedentes de la actividad humana contribuyen con cerca de 22.000 millones de toneladas de dióxido de carbono (correspondientes a 6.000 millones de toneladas de carbón puro) y otros gases de

---

<sup>cfr.</sup> Vincent Gauci de Open University, 2005.

efecto invernadero a la atmósfera terrestre cada año. La concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> se ha incrementado hasta un 31% por encima de los niveles pre-industriales, desde 1750. Esta concentración es considerablemente más alta que en cualquier momento de los últimos 420.000 años.

Se cree, a raíz de una evidencia geológica menos directa, que los valores de CO<sub>2</sub> estuvieron a esta altura por última vez hace 40 millones de años. Alrededor de tres cuartos de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante los últimos 20 años se deben al uso de combustibles fósiles. El resto es predominantemente debido a usos agropecuarios, en especial deforestación ya que los árboles son los principales purificadores de aire transformando en gran parte a este gas en oxígeno puro.

El efecto invernadero natural que suaviza el clima de la Tierra pero en proporciones bajas es lo normal ya que sin este efecto invernadero natural las temperaturas caerían aproximadamente a 30 °C. A esta temperatura y sin el equilibrio que proporciona el efecto invernadero en condiciones normales los océanos podrían congelarse, y la vida, tal como la conocemos, sería imposible, para que este efecto se produzca, son necesarios estos gases pero en proporciones adecuadas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera debido al aumento de gases contaminantes y en especial a los que son producidos por la inflamación de combustibles fósiles con un alto contenido de carbono.

Los incrementos de CO<sub>2</sub> medidos desde 1958 muestran una concentración que se incrementa a una tasa de cerca de 1.5 ppm por año. De hecho, resulta evidente que el incremento es más rápido de lo que sería un incremento lineal y es debido al aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de nuestro planeta.

- **Lluvia ácida**

La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo. En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida.

Los contaminantes atmosféricos primarios que dan origen a la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, trasladándolos los vientos cientos o miles de kilómetros antes de precipitar en forma de rocío, lluvia, llovizna, granizo, nieve o niebla. Cuando la precipitación se produce, puede provocar importantes deterioros en el ambiente.

La lluvia normalmente presenta un pH de aproximadamente 5.65 (ligeramente ácido) debido a la presencia del CO<sub>2</sub> atmosférico, que forma ácido carbónico, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Se considera lluvia ácida si presenta un pH de menos de 5 y puede alcanzar el pH del vinagre (pH 3). Estos valores de pH se alcanzan por la presencia de ácidos como el ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, y el ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>. Estos ácidos se forman a partir del dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>, y el monóxido de nitrógeno que se convierten en ácidos. Los

hidrocarburos y el carbón usados como fuente de energía, en grandes cantidades, pueden también producir óxidos de azufre y nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo. En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas suben a la atmósfera forman una nube y después caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida.

La acidificación de las aguas de lagos, ríos y mares dificulta el desarrollo de vida acuática en estas aguas, lo que aumenta en gran medida la mortandad de peces. Igualmente, afecta directamente a la vegetación, por lo que produce daños importantes en las zonas forestales, y acaba con microorganismos fijadores de N. La lluvia ácida, por su carácter corrosivo, corroe a las construcciones y a las infraestructuras. Puede disolver, por ejemplo, el carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ , y afectar de esta forma a los monumentos y edificaciones construidas con mármol o caliza.

Un efecto indirecto muy importante es que los protones,  $\text{H}^+$ , procedentes de la lluvia ácida arrastran ciertos iones del suelo. Por ejemplo, cationes de hierro, calcio, aluminio, plomo o zinc. Como consecuencia, se produce un empobrecimiento en ciertos nutrientes esenciales y el denominado estrés en las plantas, que las hace más vulnerables a las plagas.

Los nitratos y sulfatos, sumados a los cationes lixiviados de los suelos, contribuyen a la eutrofización de ríos y lagos, embalses y regiones costeras, lo que deteriora sus condiciones ambientales naturales y afecta negativamente a su aprovechamiento.



**Figura 1.3: Foto de un bosque devastado por la presencia de lluvias ácidas.**

- **Acidificación del agua**

Hacia los años 50 se descubrió que los peces estaban desapareciendo de los lagos y canales de Escandinavia del sur, y hoy día, unos 14.000 lagos suecos se encuentran afectados por la acidificación, con el daño que ello conlleva para el crecimiento y vida animal. Estos daños también se ha extendido al Reino Unido y Los Alpes.

- **Agotamiento del suelo**

La sensibilidad a la acidificación es mayor en aquellas tierras donde la degradación de los minerales se produce lentamente. Cuando el suelo se acidifica, es esencial que sus nutrientes se lixivien, lo cual reduce la fertilidad de la tierra. Además, el proceso de acidificación también libera metales que pueden dañar a los microorganismos del suelo responsables de la descomposición, así como a los pájaros y mamíferos superiores de la cadena alimentaria, e incluso al hombre.

- **Desaparición de plantas y animales**

La sensibilidad de cada especie a los contaminantes y a la acidificación es variable, siendo los grupos más sensibles los peces, los líquenes, los musgos, ciertos hongos, algunos de ellos esenciales para la vida de los árboles, y los organismos acuáticos pequeños.

- **Daños en bosques y su desaparición**

Del estudio europeo de 1996 se deduce que cada cuarto de árbol examinado aparecía dañado, de forma que la pérdida de hojas o acículas excedió el 25 por ciento. Las causas de este daño son muy diversas, pero la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que los principales factores causantes son la acidificación del suelo y las altas concentraciones de ozono troposférico. En Suiza, la disminución de la superficie arbolada que retiene las avalanchas y corrimientos de tierra, pone en peligro miles de hogares y en Alemania a finales de los 80 más de la mitad de los bosques estaban dañados o muriendo.

En el sur de Europa aún queda mucho por estudiar sobre la contaminación atmosférica como causa de degradación y muerte de los bosques. Los elementos contaminantes se introducen en el vegetal, alterando en distinta medida su metabolismo, siendo la fotosíntesis y la respiración los dos procesos afectados. Como resultado se produce un debilitamiento gradual de la planta, que cada vez se hace más sensible a las plagas y enfermedades, y a la deficiencia hídrica. Esto hace que sea muy difícil demostrar que la causa real de la muerte de los bosques es la contaminación, ya que en última

instancia son otros los agentes que acaban instalándose sobre el árbol debilitado, provocando en muchas ocasiones su muerte. No obstante, en casos de concentración muy alta de contaminantes sí aparecen síntomas claros de defoliación y decoloración directamente achacables a la contaminación. La coincidencia de zonas dañadas con las zonas de mayor concentración de azufre en las hojas es un dato clarificador, y una evidencia del transporte de contaminantes la tenemos por ejemplo en la concentración de azufre que se encontró, a través de un estudio realizado por el ICONA a lo largo de 1987, en los árboles del preparque en Doñana, probablemente procedente del foco del polo industrial de Huelva. Las mayores conexiones entre altas concentraciones de azufre y daños en la vegetación se encontraron en regiones como Murcia, País Vasco, Galicia y algunas zonas de Cataluña.

### **1.3 EFECTOS A LA SALUD POR GASES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

El aire contiene suspendidos numerosos agentes nocivos, partículas orgánicas, gases, humus, microorganismos, virus, hongos, toda clase de alérgenos, humedad, sustancias volátiles, etc., que en determinado momento pasan a la tráquea, bronquios y alvéolos, produciendo diferentes episodios de enfermedad respiratoria que van desde una afección gripal, una crisis de broncoespasmo o una neumonía bacteriana. Los niños y ancianos son los más vulnerables a estos factores atmosféricos, por una parte por el tamaño de la vía aérea y porque los mecanismos de defensa no tienen la madurez suficiente; por otra parte en la tercera edad se asocian factores inmunológicos, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), asma y otras patologías respiratorias preexistentes. La mucosa bronquial y los movimientos ciliares son los

encargados de expulsar todas las partículas extrañas, además que por su contenido en IGA (inmunoglobulina A), leucocitos y macrófagos tratan de neutralizar los microorganismos. El incremento de la polución atmosférica ha aumentado considerablemente las enfermedades de las vías respiratorias, especialmente los procesos crónicos.

El pulmón es la mayor superficie corporal que está en contacto con los componentes gaseosos del entorno. El cociente entre la superficie de intercambio gaseoso del pulmón y la superficie total del cuerpo se sitúa aproximadamente en un valor de 40-1. Cien metros cuadrados de epitelio respiratorio, esto es, un 60% de la superficie epitelial, entran en contacto cada día con unos 9.000 a 10.000 litros de aire inspirado, según el profesor G. Huchon del Hospital Laenec de París. En consecuencia, el pulmón constituye a la vez un blanco para las enfermedades ambientales y una importante vía de penetración para los contaminantes atmosféricos, que pueden ser responsables además, de patología extrarrespiratoria, pues el 70% del aire inspirado llega hasta los alvéolos, franqueando las defensas del aparato respiratorio

La importancia de los efectos de la contaminación atmosférica sobre el aparato respiratorio, no ofrece duda alguna, especialmente después de los episodios de contaminación atmosférica que se produjeron en 1930 en Bélgica, 1948 en Pensilvania y en 1952 en Londres. Estos episodios se asociaron con un aumento importante de la mortalidad, sobre todo en pacientes que presentaban ya enfermedades respiratorias. La contaminación atmosférica es el principal componente de la contaminación ambiental y puede definirse como la presencia en la atmósfera de una o varias sustancias en cantidad suficiente para producir alteraciones de la salud, se presenta en forma de aerosol, con sus componentes gaseosos y específicos, alterando la calidad de vida de

la población y la degradación de los ecosistemas. El principal contaminante, tanto por la frecuencia como por la importancia de sus efectos, es el humo de cigarrillos.

El ambiente se ha visto más comprometido con el progreso industrial, proveniente de chimeneas y fábricas, incendios forestales, sustancias irritantes como disolventes, pinturas y resinas que aumentan la concentración de partículas y gases tóxicos como el dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, la exagerada utilización de aerosoles, pero especialmente el aumento de vehículos circulantes y la falta de conscientización de la población en cuanto a estos factores se refiere y de manejo de desechos, lo que afecta directamente las vías respiratorias, especialmente en pulmonares crónicos, asmáticos y enfermos cardiovasculares. Muchos ambientes interiores, como el hogar y sitios de trabajo, presentan condiciones de humedad, frío, oscuridad, pérdidas de gas, chimeneas, calor, corrientes de aire, proteínas animales y aeroalergenos, que condicionan un ambiente propicio para la propagación de enfermedades respiratorias. Las bacterias, los virus y los hongos prosperan en el aire cálido estancado, igualmente el polvo de diferentes procedencias, el polen, las esporas, flotan en el aire e inciden directamente en personas con antecedentes de enfermedad pulmonar o alérgicos. La infección se presenta habitualmente por la inhalación de microorganismos presentes en el ambiente y si bien no se multiplican en el aire, ésta es la vía por la que se transmiten. Las concentraciones son más altas en sitios cerrados y se facilita su transmisión al estornudar, toser o simplemente respirar o hablar por medio de gotas microscópicas de líquido mucoso bronquial. El aire inspirado al circular lentamente permite que se sedimenten las partículas según su tamaño, llegando así a las diferentes partes del árbol respiratorio. Tabla 1.3.

Cuando la gruesa y sucia capa de aire del ambiente se mezcla con humo y bruma, constituye lo que se conoce como smog (en Inglés smoke ) Actualmente en nuestro país las enfermedades respiratorias agudas constituyen la primera causa de consulta ambulatoria de urgencias, ocasiona entre el 50 y el 80% de las hospitalizaciones y representa la primera causa de mortalidad en la población menor de 5 años y la 5ª sobre la mortalidad general.

**Tabla 1.3. Factores que contribuyen a la mala calidad del aire en edificios (%).**

Hongos alergénicos	24
Polvo en suspensión en el aire	16.2
Bacterias patógenos o alergénicas	12.2
Humedad relativa baja	11.4
Formaldehido	6.7
Fibra de vidrio	4.7
<b><u>Gases de escape de vehículos</u></b>	<b><u>4.3</u></b>
Compuestos volátiles orgánicos	3.2
Humo de tabaco	2.2
Humedad relativa alta	2.2
Ozono	0.5

El asma, ocupa el primer lugar entre los trastornos crónicos de la infancia, aparte de ser la primera causa de ausentismo escolar. Afecta entre el 5 y el 10% de la población menor de 15 años.

En Colombia anualmente se producen 4.100.000 toneladas de contaminantes atmosféricos. La industria manufacturera se destaca como una de las que más aporta con esta cifra. En Bogotá, la calidad del aire presenta un grave deterioro causado por los automotores, por la industria, así como por las descargas de las fuentes fijas ubicadas a lo largo de la ciudad. Esto origina zonas de alto grado de contaminación con concentraciones de partículas y óxidos de nitrógeno por encima de los niveles permitidos. Bogotá, situada en una depresión montañosa a 2.600 metros de altura, con una temperatura media de 14 grados y vientos muy débiles, la hacen la tercera ciudad más contaminada de América Latina.

La inhalación de polvillos inorgánicos produce una serie de enfermedades pulmonares que se conocen como neumoconiosis. Las más importantes son: silicosis, (exposición a minas, canteras, tallado de piedras, cemento, etc.); antracosis (trabajadores de minas de carbón); berilosis, asbestosis e inhalación de amianto. La asbestosis es una fibrosis pulmonar difusa por exposición reiterada al polvillo de amianto durante mucho tiempo. En estos pacientes la incidencia de cáncer bronquial es mucho mayor. Frecuentemente el mesotelioma maligno de la pleura se considera secundario a la exposición al amianto. La inhalación de vapores tóxicos puede causar neumopatía aguda o crónica. Entre los agentes etiológicos figuran el dióxido de nitrógeno (enfermedad de los que manipulan silos), el cloro, el fósforo, el anhídrido sulfuroso, el óxido de zinc, los vapores de mercurio, los vapores de cadmio y de polímeros.

Los hallazgos de esta investigación indican que los gases de escape (calculados a partir del flujo vehicular en los alrededores de las viviendas) aumentan en forma no significativa el riesgo de aparición de asma. No obstante, en términos de la concentración de NO<sub>2</sub> no hubo indicios de una relación directa cuando se analizaron

los datos globalmente. Cabe destacar, sin embargo, que la mayoría de los participantes habían vivido menos de 2 años en la región. Entre los que llevaban más de 2 años en la zona y que presentaban pruebas cutáneas positivas se observó que los niveles altos de NO<sub>2</sub> fuera del hogar aumentaban sustancialmente el riesgo de aparición de asma.

Un hecho que llamó la atención fue que la residencia en zonas rurales se asoció con una tendencia a mayor riesgo de asma, luego del control según la polución. Este resultado es opuesto al obtenido en trabajos previos que sugirieron que el estilo de vida rural en cierta forma protege contra la aparición de asma, fundamentalmente cuando se vive en una granja o en sus cercanías. No obstante, los estudios en este sentido todavía no son concluyentes.

Finalmente, el tránsito vehicular fue la principal fuente de dióxido de nitrógeno; sin embargo, se discute el uso de los indicadores de exposición geográfica y se destaca la necesidad de aplicar otras mediciones complementarias. Las investigaciones futuras en este sentido serán, indudablemente, de gran ayuda.<sup>cfr.</sup>

---

<sup>cfr.</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/archivo:efectos\\_a\\_la\\_salud\\_gases\\_contaminantes](http://es.wikipedia.org/wiki/archivo:efectos_a_la_salud_gases_contaminantes). Acceso 14 de Junio del 2009.

## **CAPÍTULO 2**

### **SISTEMAS ANTICONTAMINANTES UTILIZADOS EN LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR Y DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA**

#### **2.1 GENERALIDADES**

La lucha contra la contaminación ocupa un lugar importante en las acciones que han sido tomadas por los países industrializados para la protección del medio ambiente. La primera ley fue aplicable sobre vehículos automotores fue establecida en 1966 por el estado de California en los USA, donde la situación se considero crítica, especialmente alrededor de las grandes ciudades como los Ángeles. El congreso de los Estados Unidos de América fijó como objetivo reducir drásticamente las emisiones de tres contaminantes: los óxidos de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NOx), todos ellos altamente perjudiciales para la salud pública.

#### **2.2 NORMAS EUROPEAS DE NIVEL DE EMISIONES**

En la Comunidad Económica Europea la contaminación producida por los vehículos automotores fue regulada en 1970, a la vista de los resultados altamente satisfactorios obtenidos en Estados Unidos, dictando normas concernientes a los índices de contaminación permitidos y los tipos de gases a los que afecta esta limitación. Posteriormente la norma reguladora ha sido modificada estableciendo límites contaminantes cada vez más severos de manera que los vehículos comercializados a partir de enero de 1993

deben cumplir unas normas tan estrictas en materia de polución que los constructores se han visto obligados a efectuar grandes modificaciones en los motores con dispositivos que ayuden a tratar los gases de escape y de esta manera reducirlos o transformarlos en otros con menos impacto al ambiente, y a la salud pública.

Está previsto que las normativas vigentes de la CEE sean modificadas periódicamente haciéndola cada vez más severa en cuanto a la cantidad de polucionantes y cantidad de los mismos, por cuya causa, los constructores de vehículos automotores trabajan exhaustivamente para dar una mejor solución de los gases de escape, inclusive en los últimos años los constructores se han enfocado prácticamente en una competencia para saber que marca será la constructora de los motores más limpios para la salud pública y el medio ambiente.

La Unión Europea refuerza los valores límite de las emisiones contaminantes aplicables a los vehículos de carretera ligeros, principalmente en lo que se refiere a las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno con las actuales normas Euro 5 y la Euro 6, aunque esta todavía no entra en vigencia. El Reglamento incluye también medidas relativas al acceso a la información sobre los vehículos y sus componentes, y a la posibilidad de incentivos fiscales.

Con el fin de limitar la contaminación producida por los vehículos de carretera, el presente Reglamento introduce nuevas exigencias comunes relativas a las emisiones de los vehículos de motor y de sus recambios específicos (normas Euro 5 y Euro 6). Asimismo, establece medidas que permiten mejorar el acceso a la información sobre la reparación de los vehículos y promover la producción rápida de vehículos que cumplan las presentes disposiciones.

El Reglamento se refiere a los vehículos de las categorías M1, M2, N1 y N2 , cuya masa de referencia no supera los 2 610 kg. Esto incluye, entre otras cosas, los coches

particulares, camionetas y vehículos comerciales destinados tanto al transporte de pasajeros o mercancías como a algunos usos especiales (por ejemplo, ambulancias), así como que estos vehículos estén equipados con motores de encendido por chispa (motores de gasolina, de gas natural o de gas licuado del petróleo -GLP-) o de encendido por compresión (motores diesel).

Además de los vehículos previamente mencionados (cubiertos de facto por el Reglamento), los fabricantes pueden solicitar que se incluyan también a los vehículos destinados al transporte de pasajeros o mercancías con una masa de referencia de entre 2 610 kg y 2 840 kg, con el fin de limitar al máximo el impacto negativo de los vehículos de carretera sobre el medio ambiente y la salud, el Reglamento contempla una amplia gama de emisiones contaminantes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no metanos e hidrocarburos totales, óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM). Entre dichas emisiones se incluyen las emisiones de escape, las de evaporación y las del cárter del motor.

### **Límites de emisión:**

#### **2.2.1 Norma Euro 5**

#### **Emisiones procedentes de los coches de gasolina o que funcionan con gas natural o con GLP:**

- **Monóxido de carbono (CO):** 1 000 mg/km;
- **Hidrocarburos no metanos:** 68 mg/km;
- **Hidrocarburos totales:** 100 mg/km;
- **Oxidos de nitrógeno (NOx):** 60 mg/km (o una reducción del 25 % de las emisiones respecto de la norma Euro 4)

**Partículas** (únicamente para los coches de gasolina de inyección directa que funcionan con combustión pobre): 5 mg/km (introducción de un límite que no existía en la norma Euro 4).

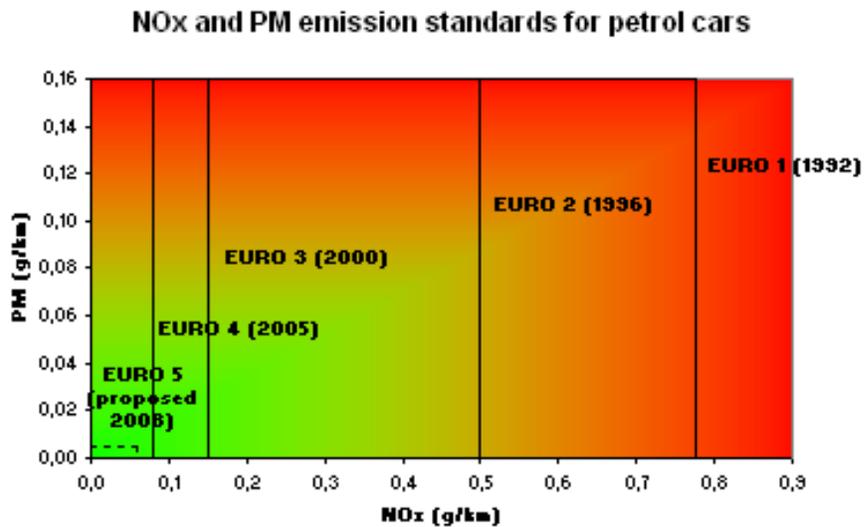
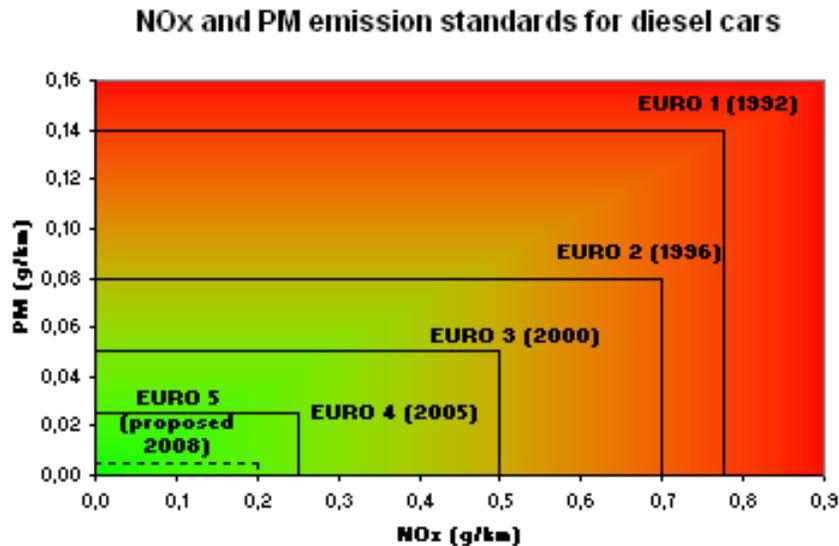


Figura 2.1: Emisiones procedentes de los coches de gasolina, GIp o Gnc.

**Emisiones procedentes de los coches de los coches diesel.**

- **Monóxido de carbono (CO):** 500 mg/km;  
partículas: 5 mg/km (o una reducción del 80 % de las emisiones respecto de la norma Euro 4);
- **Oxidos de nitrógeno (NOx):** 180 mg/km (o una reducción del 20 % de las emisiones respecto de la norma Euro 4);  
emisiones combinadas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno: 230 mg/km.



**Figura 2.2: Emisiones procedentes de los coches diesel.**

En lo que respecta a las camionetas y otros vehículos comerciales ligeros destinados al transporte de mercancías, el Reglamento incluye tres categorías de valores límite de las emisiones en función de la masa de referencia del vehículo: inferiores a 1 305 kg, entre 1 305 kg y 1 760 kg, y superiores a 1 760 kg. Los límites aplicables a esta última categoría valen también para los vehículos destinados al transporte de mercancías (categoría N2).

### 2.2.2 Norma Euro 6

Todos los vehículos equipados de un motor diesel tendrán la obligación de reducir considerablemente sus emisiones de óxidos de nitrógeno a partir de la entrada en vigor de la norma Euro 6. Por ejemplo, las emisiones procedentes de los coches y de otros vehículos destinados al transporte se limitarán a 80 mg/km (lo que representa una reducción suplementaria de más del 50 % respecto de la norma Euro 5). Se reducirán,

asimismo, las emisiones combinadas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno procedentes de los vehículos diesel (coches y otros vehículos destinados al transporte) para limitarlas, por ejemplo, a 170 mg/km.

### **Aplicación de las normas**

A partir de la entrada en vigor de las normas Euro 5 y Euro 6, los Estados miembros deberán rechazar la homologación, matriculación, venta y puesta en servicio de aquellos vehículos que no respeten los límites de emisión. Se concederá un plazo suplementario de un año a los vehículos de transporte de mercancías y a los vehículos diseñados para cubrir necesidades sociales específicas (categoría N1, clases II y III, y categoría N2). Calendario:

- La norma Euro 5 será aplicable a partir del 1 de septiembre de 2009 en lo que respecta a la homologación, y del 1 de enero de 2011 en lo que se refiere a la matriculación y venta de las nuevas clases de vehículos;
- La norma Euro 6 será aplicable a partir del 1 de septiembre de 2014 en lo que respecta a la homologación, y del 1 de septiembre de 2015 en lo que se refiere a la matriculación y venta de las nuevas clases de vehículos.

### **Otras obligaciones de los fabricantes:**

Además de respetar los límites de emisiones mencionados anteriormente, los fabricantes deberán asegurar la durabilidad de los dispositivos de control de la contaminación para una distancia de 160 000 km. Asimismo, se deberá poder comprobar la conformidad en circulación transcurridos 5 años o el equivalente a 100000 km.

En vista de la necesidad de disponer de normas uniformes, la Comisión establecerá, antes del 2 de julio de 2008 y a través de un comité, procedimientos, ensayos y requisitos específicos relativos a:

- Las emisiones del tubo de escape, incluidos los ciclos de ensayo, las emisiones en baja temperatura ambiente, las emisiones al ralentí, la opacidad de los humos y el funcionamiento y la regeneración correctos de los sistemas de pos tratamiento.
- Las emisiones de evaporación y emisiones del cárter del cigüeñal.
- Los sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) y el comportamiento de los dispositivos de control de la contaminación en los vehículos en circulación.
- La durabilidad de los dispositivos de control de la contaminación, los dispositivos de control de las emisiones de recambio, la conformidad en circulación, la conformidad de la producción y la inspección técnica de vehículos.
- Las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de combustible.
- Los vehículos híbridos.
- La extensión de las homologaciones de tipo y los requisitos aplicables a los pequeños fabricantes.
- Los requisitos de los equipos de ensayo.
- Los combustibles de referencia, como la gasolina, el diesel, los combustibles gaseosos y los biocombustibles.

Poder acceder de forma sencilla y transparente a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos es esencial para garantizar una

competencia libre en el mercado interior en materia de servicios de información y reparación. Con este fin, los fabricantes deben garantizar a los operadores independientes un acceso fácil a través de Internet, sin restricciones y normalizado (en particular, de conformidad con la norma OASIS), a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos, sin discriminación con respecto a los concesionarios y talleres de reparación oficiales. Esta obligación comprende los sistemas DAB y sus componentes, las herramientas de diagnóstico y los equipos de ensayo. <sup>cfr.</sup>

### **2.3 TIPOS DE SISTEMAS ANTICONTAMINANTES**

A pesar de las modificaciones realizadas en el motor para tratar de reducir los niveles de polución, los gases de escape siguen siendo contaminantes en cierto grado, haciendo

imposible llegar a los valores límites impuestos por las normas anticontaminación vigentes en el mundo, con el fin de tratar a estos gases después de que abandonan la cámara de combustión dentro del motor, se acoplan una serie de dispositivos que los tratan para que estos no sean tan nocivos para la salud y el medio ambiente.

En los motores de combustión interna siempre se eliminaran gases tóxicos por el escape debido a que en su funcionamiento queman un combustible fósil que es incinerado y genera este tipo de gases, en vista a la preocupación de los gobiernos y

---

<sup>cfr.</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/archivo:normas\\_ambientales](http://es.wikipedia.org/wiki/archivo:normas_ambientales) . Acceso 12 de Agosto del 2009.

de las normas de emisión de gases creadas, los constructores se vieron en la obligación de construir motores más limpios o a su vez instalar una serie de dispositivos que ayuden a transformarlos en otros que no sean tan nocivos para la salud pública y el medio ambiente, en su principio estos dispositivos únicamente eran mecánicos y posteriormente con la ayuda de la electrónica lograron ser mucho más fiables y precisos.

### **2.3.1 SISTEMA EGR**

#### **Recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation)**

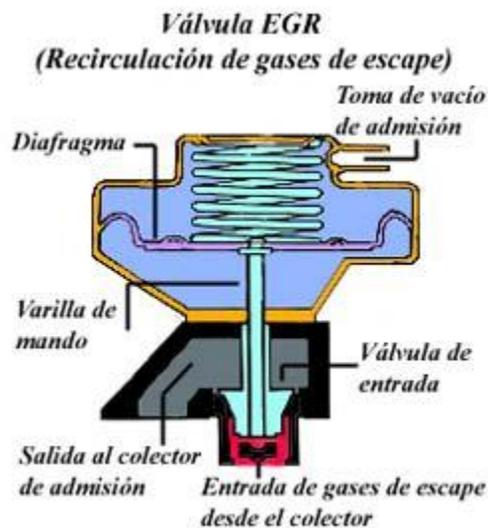
El propósito fundamental es el de disminuir los NOx emitidos durante el funcionamiento del motor. Ello se consigue regresando una pequeña proporción de los gases de escape al colector de admisión, para ser introducidos en la cámara de combustión, justamente con los frescos. La mezcla formada resulta empobrecida, lo que implica una sensible disminución de la velocidad de combustión, con lo que se reducen las temperaturas y las presiones límites. Dado que los NOx solamente se producen con temperaturas y presiones altas, de esta manera se reduce la tasa de emisión de este tipo de gas, así como la formación de óxido de azufre.

Los valores de la riqueza límite para un funcionamiento regular del motor aumentan con la carga de gases de escape reciclados, por lo cual, para no perder la estabilidad de giro en ralentí y las prestaciones del motor en plena carga, la recirculación de estos gases únicamente se realiza en entregas parciales, y por lo tanto también se impide el paso de estos gases en las fases de funcionamiento en frío del motor.

Cabe recalcar que dentro del motor ya existe una pequeña recirculación interna de los gases de escape, la cual se produce en el cruce de válvulas (Traslape), pero su efecto no es efectivo en vista a la pequeña proporción de gases que ingresan en este periodo.

## Válvulas EGR

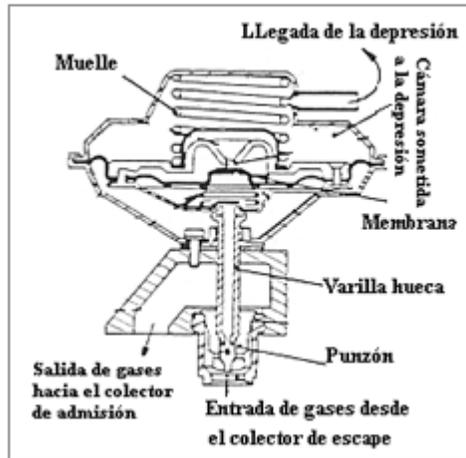
**Neumáticas:** Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón. La varilla esta acoplada a la membrana, que se mueve abriendo la válvula cada vez que la depresión actúa sobre la membrana y vence la presión del muelle.



**Figura 2.3: Válvula EGR Neumática.**<sup>2</sup>

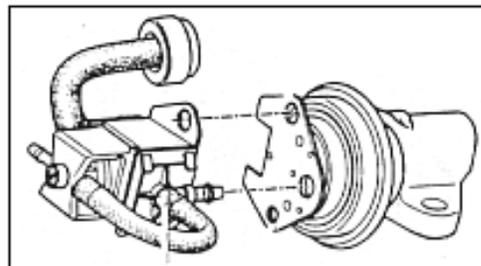
---

<sup>2</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)



**Figura 2.4: Estructura Válvula EGR Neumática.**<sup>3</sup>

Hay otros sistemas EGR en los que la Válvula EGR y la electroválvula que controla la depresión o vacío (Convertidor EGR) van juntas es decir forman la misma pieza por lo que se simplifica el sistema como se ve en la figura.



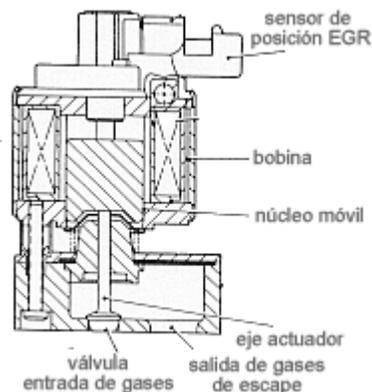
**Figura 2.5: Válvula EGR con electroválvula.**<sup>4</sup>

<sup>3</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

<sup>4</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## Eléctricas

Las válvula EGR eléctricas se caracterizan por no tener que utilizar una bomba de vacío para su funcionamiento por lo que trabajan de forma autónoma. Estas válvulas actúan de una forma muy similar al dispositivo "variador de avance de inyección" que utilizan las "bombas electrónicas" que alimentan a los motores de inyección directa diesel (TDi). Constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape. El mayor o menor volumen de gases a recircular viene determinada por la UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como: la velocidad del coche, la carga y la temperatura del motor.



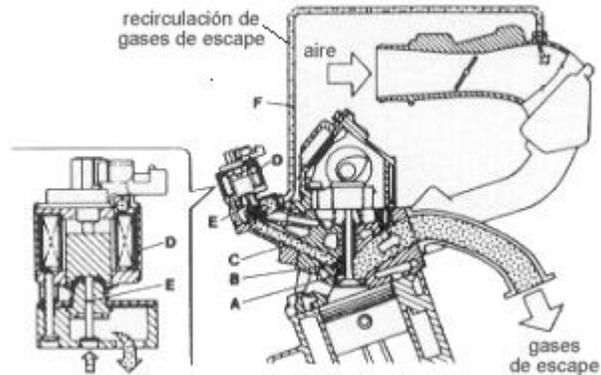
**Figura 2.6: Válvula EGR de control Eléctrico<sup>5</sup>**

La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor en su interior que informa a la UCE en todo momento, la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape. Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier

---

<sup>5</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

depresión en el colector. Interviene con temperatura liquido motor 55°C, temperatura aire aspirado > 17 °C y régimen motor incluido entre 1500 y .5600 (según las características del motor).

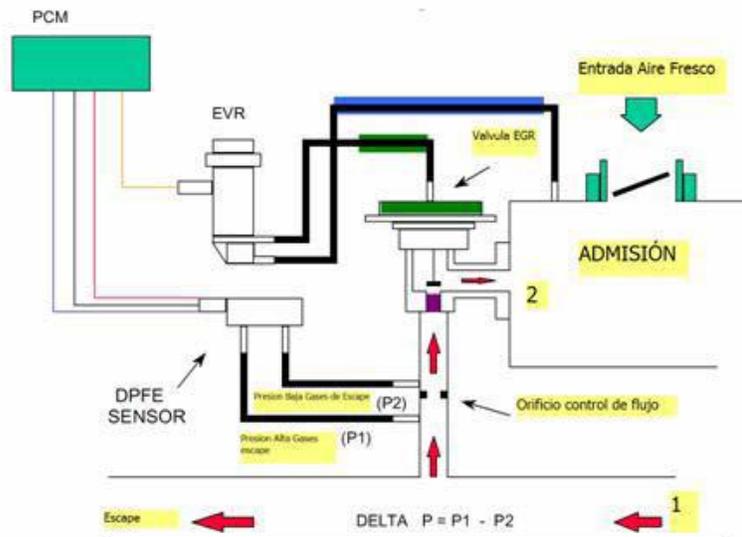


**Figura 2.7: Esquema de funcionamiento válvula EGR.<sup>6</sup>**

Durante la intervención del sistema EGR, los gases de escape "B" (Gráfico No. 10) son interceptados y canalizados a través del conducto "C" hacia la válvula "D", que gobernada por la centralita, levanta la válvula "E" permitiendo que los gases de escape sean canalizados hacia la admisión a través del conducto "F".

---

<sup>6</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)



**Figura 2.8: Paso de gases al motor válvula EGR.<sup>7</sup>**

En este esquema se puede apreciar que los gases de escape provenientes por 1 llevan el recorrido de las flechas rojas buscando el múltiple de Admisión en 2. Para esto tiene que pasar por el conducto sombreado con violeta, este conducto esta libre siempre que el diafragma sombreado con verde hale el vástago y permita el paso, este diafragma opera si es colocado vacío en su manguera superior, o sea que con vacío en la tubería sombreada con verde el vástago se retrae y permite el paso de gases de escape al múltiple de admisión.

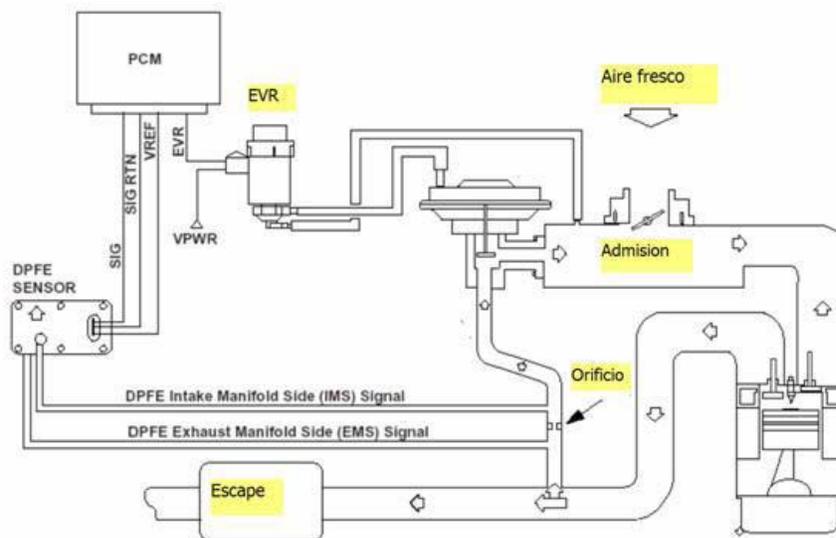
Para realizar esta operación el sistema está provisto de la válvula EVR, la cual coloca y quita el vacío al diafragma, por una lado la válvula EVR toma vacío permanentemente del múltiple en la tubería sombreada con azul.

La EVR esta comandada con por el PCM, y será activada mediante un ciclo de trabajo de acuerdo a cada carga del motor.

<sup>7</sup> [www.cise.com](http://www.cise.com)

Ahora el sistema necesita un mecanismo para saber que opera correctamente, el cual se llama sensor DPFE, este sensor de presión diferencial de los gases de escape, está diseñado para evaluar la presión entre dos puntos P1 Y P2 por esto es necesario que este provisto este conducto de una restricción, dicha restricción genera una diferencia de presión, pero esta diferencia de presión solo será efectiva si existe flujo, por lo cual el PCM, puede evaluar si existe o no flujo, o si cuando no está activa se encuentra pasando flujo por el conducto.

El sensor DPFE, genera un voltaje de acuerdo a la diferencia de presión entre los puntos P1 Y P2, la conexión eléctrica de este sensor está provista por tres cables, en los cuales se encuentra 5V, Masa y Señal.



**Figura 2.9: Válvula EGR con sensor DPFE.<sup>8</sup>**

El sensor DPFE presenta las características físicas mostradas en el siguiente gráfico.

<sup>8</sup> [www.cise.com](http://www.cise.com)



**Figura 2.10: Sensor DPFE**

En la figura . 13, se observa que el sensor está provisto de dos conductos, estos conductos se conectan en una derivación del múltiple de escape y se diferencian un conducto del otro por el diámetro de cada una de sus tuberías. El sensor genera entonces un valor de voltaje que aumenta de acuerdo a la diferencia de presión, es así que cuando el PCM no opera la EVR esta no le coloca vacío al diafragma (Válvula EGR), por lo tanto la señal de respuesta del sensor debe ser la más bajas, en la siguiente tabla se muestra el rango normal de valores para este sensor.

**Tabla 2.1. Voltajes de operación sensor DPFE.<sup>9</sup>**

DPFE SENSOR		
Pressure (psi)	In. Hg	(1) Volts
4.34	8.83	4.56
3.25	6.62	3.54
2.17	4.41	2.51
1.08	2.21	1.48
0	0	0.5

<sup>9</sup> www.cise.com

La conexión eléctrica del sistema se enfoca básicamente en el solenoide EVR y el sensor DPFE. La EVR, está provista de un cable directo a positivo de contacto y es activado por masa a través del PCM, esta activación se da por ciclo de trabajo y depende de un valor programado en la memoria del PCM.

### **2.3.2 RECIRCULACIÓN DE VAPORES DEL CÁRTER**

Durante el funcionamiento del motor por más perfecto que sea el sellado en su interior, siempre existen pequeñas fugas a través de los sellos y las paredes de los cilindros en las fases de combustión y compresión.

Los gases de la compresión formados por aire y combustible evaporado que pasan al cárter en esta fase, quedan allí en forma de vapor, que se condensa en las paredes cuando el motor ya no se encuentra en operación y disminuye la temperatura en su interior, este luego se escurre al cárter inferior y se emulsiona con el aceite contaminándolo fácilmente.

Las fugas durante el periodo de combustión permiten pasar al cárter gases quemados que al combinarse forman pequeños depósitos de agua, estos vapores se condensan también en las paredes al enfriarse el motor y caen al cárter posteriormente mezclándose con el aceite allí depositado; pero como el agua es de mayor densidad que el aceite, ocupa la posición más baja en el fondo del cárter, con lo cual cuando el motor se pone nuevamente en marcha la bomba de aceite del motor primero aspira agua, que manda a las canalizaciones de engrase en el inicio del arranque del motor,

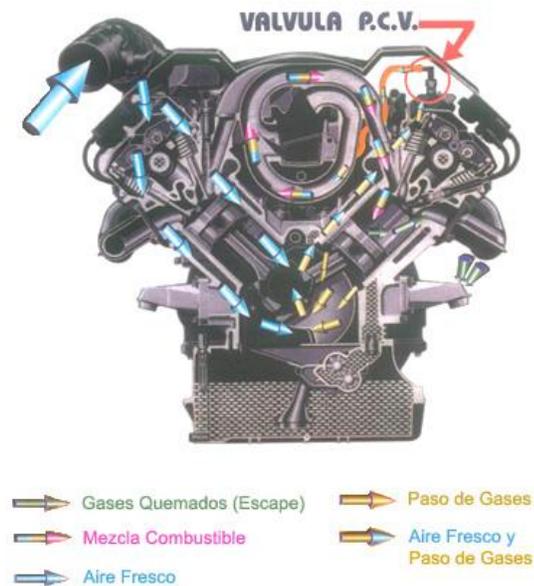
precisamente cuando es más necesaria una buena lubricación ya que el motor está completamente frío.

Con todo esto el aceite va perdiendo paulatinamente sus propiedades lubricantes y por ello es necesario cambiarlo periódicamente, para aumentar su duración se procede a la filtración del mismo y a la ventilación del cárter para evitar que estos vapores perjudiciales pasen al aceite, por otro lado esta ventilación se hace imprescindible, ya que los vapores que van acumulándose en el cárter durante la operación del motor pueden crear en él una presión elevada dificultando el movimiento descendente de los pistones.

Antiguamente la ventilación del cárter consistía en crear una corriente de aire en su interior la cual se la obtenía con la marcha del vehículo, este flujo de aire arrastraba los vapores al exterior, actualmente este sistema no es muy fiable en vista a que los gases que son desprendidos a la atmósfera son una mezcla de hidrocarburos mal mezclados y óxidos de carbono los cuales son completamente perjudiciales para la salud y el medioambiente, por tal causa con las normas anti-polución prohíben realizar esta evacuación al exterior, por tal razón ahora se dispone en los motores un sistema de ventilación cerrada de los vapores del cárter, que los introduce nuevamente en los cilindros los cuales ayudan a mejorar el funcionamiento del motor. Efectivamente los vapores de aceite producto de la niebla que forman las salpicaduras en las bielas, son beneficiosos para el engrase de la parte alta del cilindro, que no es bañada por esta niebla, ya que lo impide el segmento rasgador de aceite.

Los vapores de agua mezclados con los gases de admisión en pequeña proporción, aumentan el poder antidetonante de la gasolina, por tal causa resultan beneficiosos y

por último los vapores de combustible que son arrastrados desde el cárter, mejoran la calidad de la mezcla fresca y así son aprovechados en beneficio del rendimiento del motor.



**Figura 2.11: Paso de vapores del cárter por medio de válvula PCV.**<sup>10</sup>

En la figura 14, se puede observar claramente como se produce la mezcla del aire fresco con los gases generados en el interior del cárter. La válvula PCV generalmente se encuentra abierta para que los gases generados en el cárter sean desfogados de tal forma que el motor no tenga una resistencia en su interior, antiguamente como ya lo mencionamos los gases generados en el interior del cárter eran eliminados directamente a la atmósfera, posteriormente se creó un sistema que permitía que estos gases estén en continua circulación, pasando directamente al múltiple de admisión en

<sup>10</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

donde se mezclan con aire puro, de esta manera se lograba aliviar la carga dentro del motor generada por la presión de estos gases. Al tener siempre abierta el paso de estos gases hacia el motor muchas veces el múltiple de admisión o los carburadores se contaminaban con residuos de aceite impidiéndoles trabajar eficientemente, para esto lo ideal es construir una especie de filtro que acumule sustancia líquidas en su interior y permita únicamente el paso de vapores que se mezclaran fácilmente y sin generar depósitos con aire fresco en el múltiple de admisión.

### **2.3.3 RECICLADO DE VAPORES DE COMBUSTIBLE, CANISTER**

En la mayoría de vehículos a inyección se dispone de un sistema de absorción de los vapores de gasolina generados en el depósito de combustible.

Cerca de 20 % de los hidrocarburos sin quemar emitidos por los automóviles esta relacionado con los vapores de combustible que se generan en el tanque, en el deposito de combustible la presión se supone como atmosférica pero en momentos de alto nivel del fluido y altas temperaturas se generan cantidades importantes de vapor de combustible que aumentan la presión en el deposito, de no tener un sistema que permita aliviar esta presión el deposito podría tener problemas de seguridad, es entonces cuando estos vapores salían por una válvula de alivio directamente a la atmósfera, el HC en la atmósfera es un elemento muy contaminante ya que es demasiado TERMOACTIVO esto quiere decir que para que se disuelva esta molécula en la atmósfera tardaran muchos años, los hidrocarburos ayudan a aumentar el efecto invernadero en el planeta.

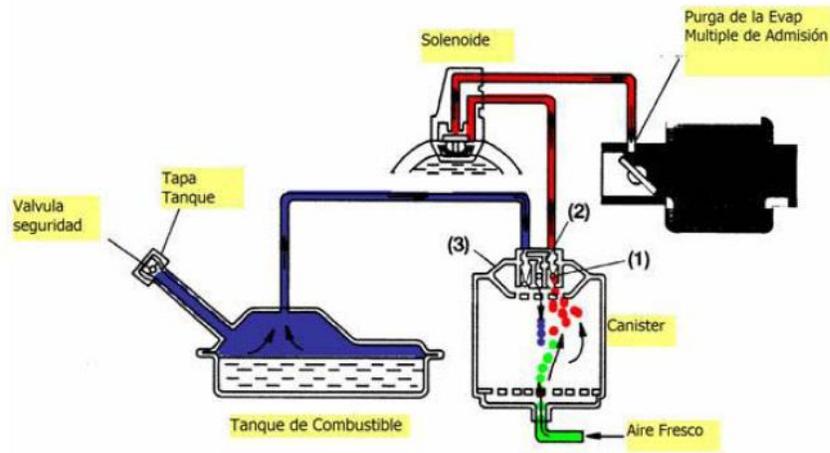
El dispositivo denominado generalmente “canister”, es un recipiente relleno de carbón activo, al que se hacen llegar los vapores debidamente canalizados. El propósito del carbón activo es absorber los vapores de gasolina, que posteriormente en ciertas condiciones de operación del motor serán devueltos al sistema de alimentación para ser introducidos dentro de los cilindros y de esta manera reciclarlos y aprovecharlos en ciertos parámetros del motor los cuales serán definidos por los cálculos electrónicos que realiza la computadora del vehículo (ECU).

La estructura que presenta este sistema es bastante simple, principalmente esta formado por los siguientes componentes:

- 1.- Solenoide de vacío.
  
- 3.- Recipiente de carbón activo.

Su funcionamiento se basa en el siguiente principio. El solenoide de vacío esta conectado permanentemente a tierra y a un punto del motor en donde exista depresión, cuando la computadora del motor (ECU) detecta que la mezcla se encuentra en condiciones de una mezcla pobre, envía un pulso eléctrico de 12v a la conexión del solenoide de vacío, este a su vez permite el paso de los vapores del tanque de combustible, permitiendo que estos pasen directamente al recipiente de carbón activo en donde se absorberán los condensados de este gas y únicamente pasa el vapor del combustible directamente al múltiple de inyección ayudando a que la mezcla se estabilice y tenga un mayor contenido de combustible, como se lo aprecia en la siguiente figura..

Con este proceso el reciclado de estos gases se lo completa únicamente en las condiciones que la ECU calcule con el fin de no desestabilizar el funcionamiento y la operación del motor.



**Figura 2.12: Representación gráfica del sistema de reciclado de vapores de combustible Canister.<sup>11</sup>**

### 2.3.4 CATALIZADORES

En la actualidad existen millones de vehículos de gasolina circulando por el mundo y cada uno de ellos es una fuente de contaminación. En ciudades grandes, la contaminación de estos vehículos puede ocasionar problemas graves.

---

<sup>11</sup> [www.cise.com](http://www.cise.com)

Para solucionar este problema los gobiernos de algunos países han establecido leyes que limitan la cantidad de contaminantes que un vehículo puede generar, lo que obligó a la industria automotriz a buscar medios para hacer más eficientes y menos contaminantes sus motores. Sin embargo, por más eficiente que sea un vehículo de gasolina siempre genera una cantidad de contaminantes, esto es precisamente lo que motivó al uso del convertidor catalítico ya que es un sistema que trata los gases de escape del motor antes de dejarlos libres en la atmósfera. Los convertidores catalíticos son dispositivos que forma parte del sistema de control de emisiones del vehículo, ayuda a disminuir casi a cero los elementos nocivos de los gases de escape de un vehículo.

El catalizador tiene como misión disminuir los elementos polucionantes contenidos en los gases de escape de un vehículo mediante la técnica de la catálisis. Se trata de un dispositivo instalado en el tubo de escape, cerca del motor, ya que ahí los gases mantienen una temperatura elevada.

Esta energía calorífica pasa al catalizador y eleva su propia temperatura, circunstancia indispensable para que este dispositivo tenga un óptimo rendimiento, que se alcanza entre los 400 y 700 grados centígrados.

Exteriormente el catalizador es un recipiente de acero inoxidable, frecuentemente provisto de una carcasa-pantalla metálica antitérmica, igualmente inoxidable, que protege los bajos del vehículo de las altas temperaturas alcanzadas. En su interior contiene un soporte cerámico o monolito, de forma oval o cilíndrica, con una estructura de múltiples celdillas en forma de panal, con una densidad de éstas de aproximadamente 450 celdillas por cada pulgada cuadrada (unas 70 por centímetro cuadrado). Su superficie se encuentra impregnada con una resina que contiene elementos nobles metálicos, tales como Platino (Pt) y Paladio (Pd), que permiten la función de oxidación, y Rodio (Rh), que interviene en la reducción.

Estos metales preciosos actúan como elementos activos catalizadores; es decir, inician y aceleran las reacciones químicas entre otras sustancias con las cuales entran en contacto, sin participar ellos mismos en estas reacciones. Los gases de escape contaminantes generados por el motor, al entrar en contacto con la superficie activa del catalizador son transformados parcialmente en elementos inocuos no polucionantes.

En vehículos modernos el avance de la tecnología permite el uso de convertidores catalíticos de tres vías. Este convertidor catalítico de tres vías convierte simultáneamente tres emisiones nocivas para la salud en tres gases inocuos o inofensivos.

Tanto los HC (hidrocarburos) como el CO (monóxido de carbono) son convertidos en agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los óxidos de nitrógeno Nox son convertidos en nitrógeno (N) y en agua.

El catalizador es mucho más eficiente convirtiendo HC, CO y Nox cuando la relación de aire combustible es estequiometrica (combinación específica de sustancias químicas que reaccionan exactamente entre sí para producir nuevos compuestos sin que quede nada de ellas luego de la reacción), lo cual significa que es una relación de aire combustible de 14.7:1.

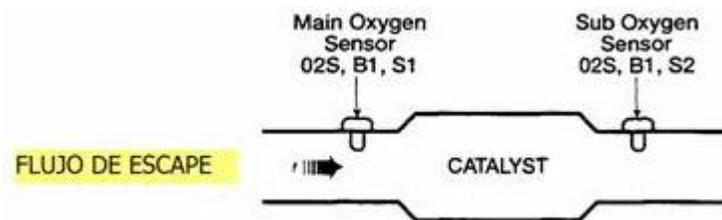
Las regulaciones del sistema OBDII requieren el monitoreo de la eficiencia del convertidor catalítico. Cuando el sistema del catalizador se ha deteriorado a tal punto que las emisiones del vehículo aumentan 1,5 veces lo standard, se enciende la luz MIL.

El contenido de oxígeno en el catalizador es importante para la eficiencia en convertir gases del escape. Cuando se presenta una relación de aire / combustible pobre por un

periodo de tiempo extenso, la cantidad de oxígeno en el catalizador puede alcanzar un valor máximo.

Cuando se presenta una relación de aire / combustible rica por un periodo de tiempo extenso, la cantidad de oxígeno en el catalizador puede verse reducida. Cuando esto ocurre, el catalizador falla en el momento de convertir gases. Se dice que el catalizador está “Punch Through” en español es algo así como atravesado. La operación del catalizador depende de su habilidad de almacenar y liberar oxígeno necesario para completar la reacción química de reducción de emisiones. A medida que el catalizador se deteriora, su propia habilidad de almacenar oxígeno se ve reducida. Desde el momento en que la habilidad del catalizador de almacenar oxígeno es directamente proporcional a su propia operación, el mismo oxígeno almacenado puede ser usado como un indicador de la correcta performance del catalizador.

Para llevar a cabo esto, se necesitan dos sensores de oxígeno. Mediante la utilización de un sensor de oxígeno delantero al convertidor catalítico (upstream), y un segundo sensor de oxígeno ubicado detrás del convertidor catalítico (downstream), el oxígeno almacenado puede ser determinado mediante la comparación de las distintas señales de los dos sensores de oxígeno.



**Figura 2.13: Conexión sensores de O<sub>2</sub> en Catalizador para sistemas OBD2.**<sup>12</sup>

<sup>12</sup> [www.cise.com](http://www.cise.com)

La función básica del catalizador es tratar de disminuir las imperfecciones de la combustión creando una segunda reacción química al interior de el para esto realiza dos procesos químicos denominados oxidación y reducción.

Esto se logra puesto que el catalizador contiene una serie de compuestos químicos que permiten catalizar los productos de la combustión y con una reacción química controlada

llevar estos a unos gases menos contaminantes que en el mejor de los casos serán  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ .



**Figura 2.14: Estructura interna de un Catalizador.**<sup>13</sup>

El catalizador capaz de transformar tres gases  $CO$  –  $HC$  –  $NO_x$  es llamado catalizador de tres Vías los principales elementos para este fin son:

**PLATINO / PALADIO:** Es un oxidador catalizante para el  $HC$  y el  $CO$ .

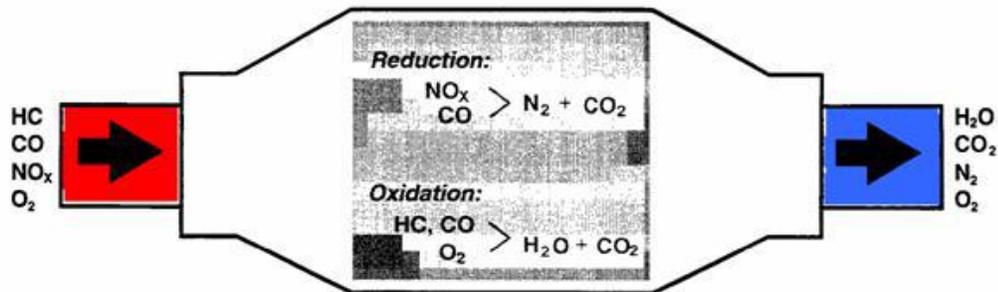
**RODIO:** Es un catalizador Reductor para el  $NO_x$ .

---

<sup>13</sup> [www.cise.com](http://www.cise.com)

CERIO: Promueve el almacenamiento de oxígeno, funciona como un atrapador de oxígeno en el escape para que puedan funcionar los otros procesos especialmente la oxidación.

### Reducción y oxidación



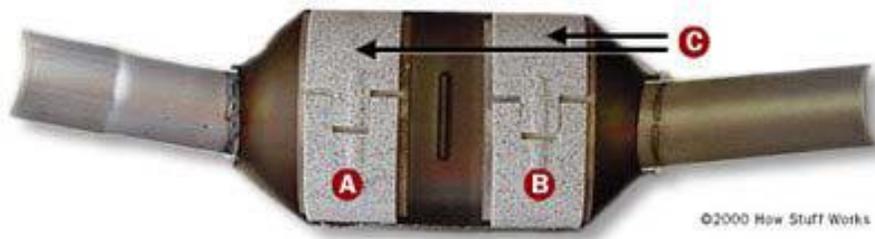
**Figura 2.15: Proceso de Oxidación y Reducción en el catalizador.**<sup>14</sup>

El primer proceso químico que se genera al interior de catalizador se denomina reducción y básicamente busca descomponer el CO y el NO<sub>x</sub> dejando libres muchas moléculas de oxígeno.

La acción de reducción está localizada en el primer segmento del convertidor, esta usa Platino y Rodio para la reducción de los Óxidos de Nitrógeno. Cuando una molécula de Óxido de Nitrógeno hace contacto con el convertidor, este divide la molécula de Nitrógeno en Nitrógeno libre y Oxígeno, el Nitrógeno libre se une con otros átomos de nitrógeno formando N<sub>2</sub>.

<sup>14</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

El segundo proceso se denomina OXIDACION y tiene como meta reaccionar el HC – CO – O<sub>2</sub>, para tratar de llegar a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O dentro de este proceso se eleva la temperatura del componente acelerando aun más la reacción. El Platino y el Paladio se encargan de reducir los Hidrocarburos y los Monóxidos de carbono en sustancias inocuas.



**Figura 2.16: Flujo de gases de escape por el catalizador.<sup>15</sup>**

- C. Catalizador.
- A. Reducción.
- B. Oxidación

Lo primero que se tiene en un catalizador es la reducción y luego sigue la oxidación.

Si un catalizador está funcionando correctamente se deben tener unas consideraciones especiales en la relación de cambios del primer sensor de Oxígeno respecto al segundo. Si un catalizador opera correctamente el primer sensor que es independiente al funcionamiento del catalizador debe encontrarse ciclando y el segundo sensor en ningún caso debe ciclar en frecuencias similares que el primer sensor puesto que si al

---

<sup>15</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

interior del catalizador existe una actividad exitosa el oxígeno que ingreso debió haber sido consumido en la reacción química de oxidación por este motivo la señal del segundo sensor debe ser estable y de carácter alto.

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES**

#### **3.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

##### **3.1.1 MICROCONTROLADOR**

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S.

Son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bit) por que sustituirá a un autómata finito. En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o más Códec de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un

microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil.

Los microcontroladores representan en la actualidad un elemento de muchísima ayuda en el diseño y construcción de un equipo electrónico

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como **P**eripheral **I**nterface **C**ontroller (controlador de interfaz periférico).

El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, cuyo número puede variar desde 35 para PICs de gama baja a 70 para los de gama alta. Las instrucciones se clasifican entre las que realizan operaciones entre el acumulador y una constante, entre el acumulador y una posición de memoria, instrucciones de condicionamiento y de salto/retorno, implementación de interrupciones y una para pasar a modo de bajo consumo llamada *sleep*.

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado. Aunque sus prestaciones son limitadas, además de dicha integración, su característica principal es su alto nivel de especialización. Aunque los hay del tamaño de un sello de correos, lo normal es que sean incluso más pequeños, ya que, lógicamente, forman parte del dispositivo que controlan.

El microprocesador, micro o "unidad central de procesamiento", CPU, es un chip que sirve como cerebro del ordenador. En el interior de este componente electrónico

existen millones de transistores integrados. Un MICROCONTROLADOR es un microprocesador optimizado para ser utilizado para controlar equipos electrónicos.<sup>cfr</sup>

### **3.1.2 ARQUITECTURA INTERNA DE UN MICROCONTROLADOR**

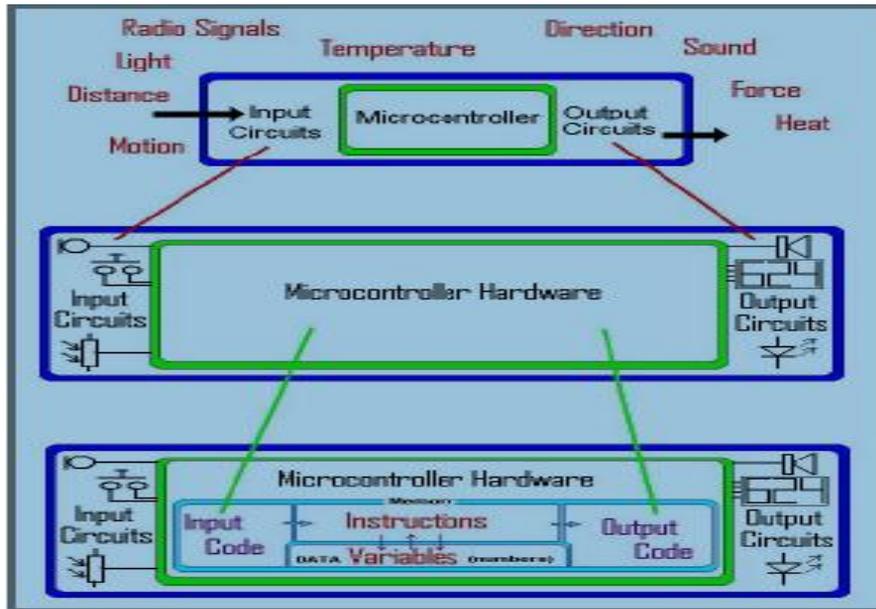
Por ejemplo, un MICROCONTROLADOR típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM, significando que para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los MICROCONTROLADORES disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores de analógico a digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I2C y CAN.

Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados. Los modernos MICROCONTROLADORES frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado. Como ya hemos visto, un MICROCONTROLADOR es un dispositivo complejo, formado por otros más sencillos

Un Microcontrolador tiene tres partes fundamentales: Entradas, Procesador, Control. El circuito de entrada convierte las señales del mundo real en señales electrónicas, el microcontrolador procesa dichas señales electrónicas, mientras que el circuito de salida convierte las señales electrónicas en señales del mundo real.

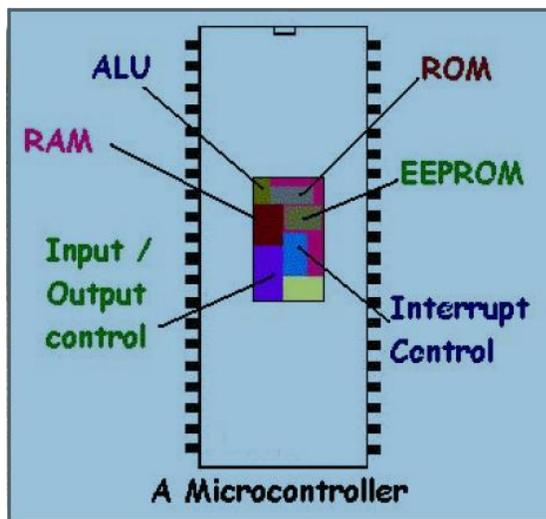
---

<sup>cfr</sup> Apuntes tomados del curso de Microcontroladores. Dictado por Ing. Fernando Bastidas. Enero 5 a Enero 19 del 2010.



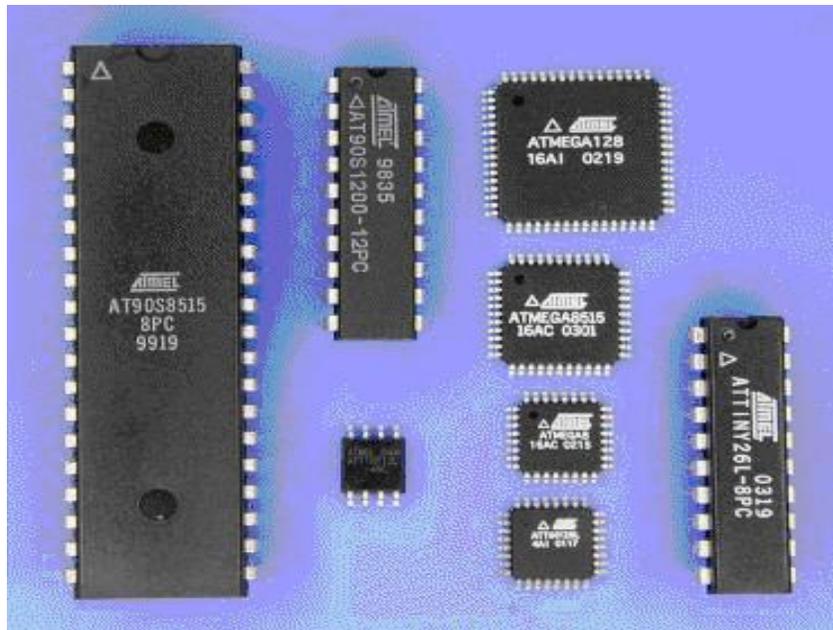
**Figura 3.1: Estructura de un Microcontrolador.**

Un microcontrolador está conformado por las siguientes partes:

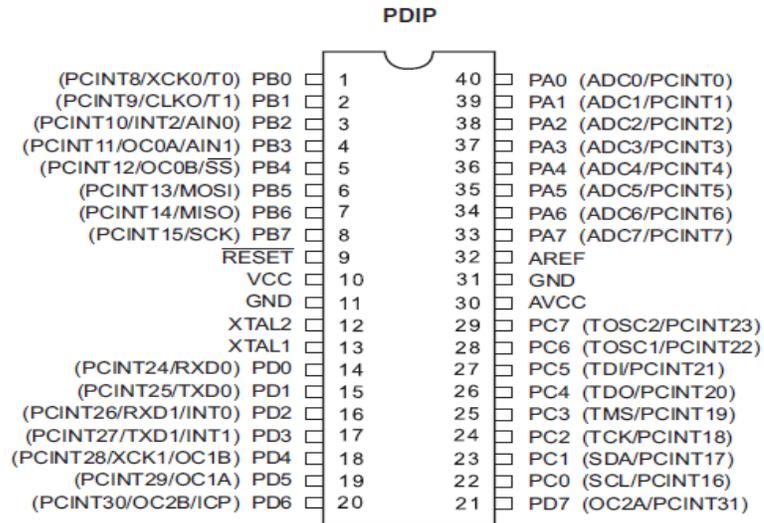


**Figura 3.2: Componentes de un Microcontrolador.**

Dentro de la familia de los Microcontroladores; los AVR's son actuales, recientes y muy versátiles. Entre las herramientas que poseen están: La comunicación o manejo de interfaces SPI, I2C, UART, USB, 1WIRE, 2WIRE. Además están integrados con conversores analógicos digitales, RTC(Reloj Interno en Tiempo real), Oscilador RC interno, Memoria No Volátil interna, etc. Existen varios tipos de Microcontroladores, entre los cuales tenemos: ATMEGA48, ATMEGA8, ATMEGA16, ATMEGA164, ATMEGA644P, etc.



**Figura 3.3: Tipos de Microcontroladores fabricantes ATMEGA.**



**Figura 3.4: Conexiones Principales del Atmega 644P<sup>cf.</sup>**

### 3.1.3 BASCOM AVR

La herramienta Bascom AVR desarrollada por la empresa MCS Electrónica, sirve para realizar programas en alto nivel para microcontroladores AVR, el cual posee un compilador y un ensamblador que traduce las instrucciones estructuradas a lenguaje de máquina.

#### 3.1.3.1 INSTRUCCIONES BÁSICAS DE BASCOM AVR

Para iniciar a descubrir cada una de las instrucciones que posee esta herramienta, a continuación se muestran los principales fundamentos de programación.

<sup>cf.</sup> Apuntes tomados del curso de Microcontroladores. Dictado por Ing. Fernando Bastidas. Enero 5 a Enero 19 del 2010.

## **INSTRUCCIONES BÁSICAS**

- \$regfile
- \$crystal
- Config
- Wait, Waitms, Waitus
- Do-Loop
- Do-Loop Until
- Toggle
- Dim
- Alias
- DDRx, PORTx, PINx
- IF-THEN; ELSE
- FOR-NEXT
- SELECT-CASE

**\$regfile**

Esta instrucción siempre va al inicio de cualquier proyecto que se realice, ya que es la encargada de direccionar el respectivo microcontrolador que vamos a usar.

Ejemplo:

Atmega48	\$regfile = "m48def.dat"
Atmega8	\$regfile = "m8def.dat"
Atmega128	\$regfile = "m128def.dat"
Atmega644	\$regfile = "m644def.dat"

### **Config**

Instrucción que especifica la configuración de un pin, un puerto, un dispositivo, timer, etc. Los puertos del microcontrolador pueden ser configurados como entradas o salidas de datos.

Ejemplo:

Config PORTB = output	Puerto B como salida
Config PINA.0 = input	Pin A.0 como entrada
Config Lcd = 16*2	LCD de 16 caracteres, 2 líneas
Wait, Waitms, Waitus	

### **Do-Loop**

Esta instrucción es un lazo cerrado, en el cual se ejecuta un conjunto de instrucciones de forma indefinida.

### **Do-Loop Until**

Es un lazo definido por una condición de una variable que está dentro del lazo, la cual define cuando termina de ejecutarse el conjunto de instrucciones.

Ejemplo:

Do

**A = a + 1**

Loop until a = 10      Termina el lazo cuando a = 10

### **Toggle**

Este comando sirve para complementar el estado anterior de alguna variable o pin de algún puerto.

Por ejemplo:

Toggle PORTB.0

Complementa del portb.0

### **Dim**

Dim sirve para dimensionar el tipo de variable que se va a utilizar , entre los tipos de variables están los siguientes

### **Variables**

Tipo	Dimensión
Bit	0 – 1
Byte	0 a 255
Word	0 a 65535
Long	-2147483648 a 2147483647
Integer	-32768 a 32767
Single	$1.5 \times 10^{(-45)}$ a $3.4 \times 10^{(38)}$
String	Cadena de caracteres máximo 254
Array	Matriz 65535
Double	$5.0 \times 10^{(324)}$ a $1.7 \times 10^{(308)}$

### **Alias**

Sirve para dar un nombre dentro de un proyecto ya sea a un puerto, pin de un puerto o una variable.

Ejemplo:

Foco Alias Portb.0

### **DDR<sub>x</sub>, PORT<sub>x</sub>, PIN<sub>x</sub>**

DDR, PORT, y PIN son registros que nos permiten utilizar el puerto como entrada ó salida de datos.

DDR Configura al pin como entrada o salida de datos

PORT Es el registro de salida de datos

PIN Es el registro de entrada de datos

Las siguientes combinaciones, hacen que los pines funcionen en configuración especial.

Ddrd.x = 0 Entrada alta impedancia

Portb.x = 0

Ddrb.x = 0 Entrada pull up

Portb.x = 1

Ddrb.x = 1 Salida a cero (0L) 20mA

Portb.x = 0

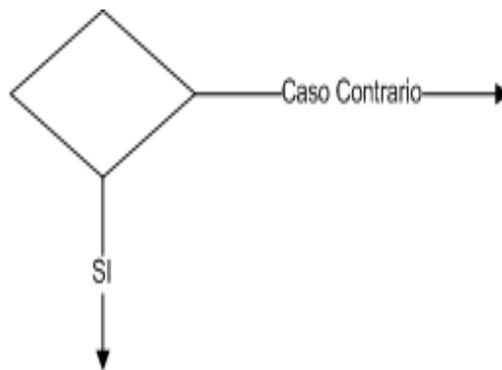
Ddrb.x = 1 Salida a uno (1L) 20mA

Portb.x = 1

Es importante recalcar que cuando se configura un puerto como salida, se debe ocupar la palabra port y cuando se lo configura como entrada se usa la palabra pin

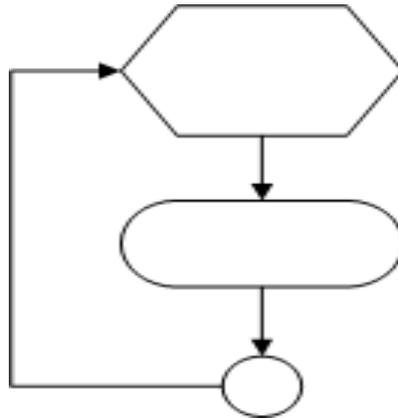
### **IF – THEN; ELSE**

Son sentencias condicionales las cuales responden a un estado de voltaje (0L, 1L) de contenido (Caracteres), etc.



### **FOR - NEXT**

Son instrucciones de repetición, ya que ejecutan un conjunto de instrucciones, dependiendo de una variable incremental que se encuentren dentro del lazo.



### **Símbolos Operadores**

Dentro de los operadores, pueden utilizarse los matemáticos, de relación y lógicos. Además se debe tomar en cuenta que bascom nos permite realizar operaciones únicamente con dos variables a la vez.

A continuación podremos observar los operadores más comunes.

### **Operadores Matemáticos**

Suma  $a = b+c$

Resta  $a = b-c$

Multiplicación  $a = b*c$

División  $X = a\b$

Residuo  $X = a \text{ MOD } b$

## **Operadores de Relación**

=	igual	$X=Y$
$\neq$	no es igual	$X \neq Y$
<	menor que	$X < Y$
>	mayor que	$X > Y$
$\leq$	menor igual	$X \leq Y$
$\geq$	mayor igual	$X \geq Y$

## **Operadores Lógicos**

NOT	Complemento
AND	Conjunción (y)
OR	Disyunción (o)
XOR	Or exclusiva

## **Representación de Lógica Digital**

Para la representación de un número binario o hexadecimal, dentro de bascom AVR, es necesario anteponer el símbolo “&”. En el caso de número decimales, no es necesario anteponer ningún símbolo.

Ejemplo:

Porta = &HF9	Número hexadecimal
Portb = &b100101101	Número Binario
Porta = 129	Número decimal <sup>cf.</sup>

### **Estructura de un programa en Basic**

Este tema es importante tocar, ya que cuando se estructura un programa en alto nivel, es necesario llevar un orden y vinculación de las instrucciones que se realizan.

Es primordial que se tengan estructuradas 4 partes dentro de un programa en lenguaje de alto nivel.

-Configuraciones y Dimensiones de variables y subrutinas

-Programa Principal

-Subrutinas

-Tablas de Datos

---

<sup>cf.</sup> Apuntes tomados del curso de Microcontroladores. Dictado por Ing. Fernando Bastidas. Enero 5 a Enero 19 del 2010.

El siguiente es un ejemplo de cómo se puede estructurar un programa en alto nivel, con tipos de instrucciones que se pueden realizar en su respectivo orden.

### **Estructura de un programa en Basic (Lenguaje de programación para Bascom)**

Configuración y	\$regfile="m8def.dat"
Dimensionamiento	\$crystal =8000000
	Config Portb=output
	Declare Sub Espera ()
Programa Principal	Do
	Loop
Subrutinas	Espera:
	Return
Tablas de Datos	Tabla1:
	Data &HC0, &HF9 <sup>cf.</sup>

---

<sup>cf.</sup> Apuntes tomados del curso de Microcontroladores. Dictado por Ing. Fernando Bastidas. Enero 5 a Enero 19 del 2010.

## **3.2 TRANSISTORES, DIODOS Y RELES**

### **3.2.1 TRANSISTORES**

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término "transistor" es la contracción en inglés de transfer resistor ("resistencia de transferencia"). Actualmente se los encuentra prácticamente en todos los aparatos domésticos de uso diario: radios, televisores, grabadoras, reproductores de audio y video, hornos de microondas, lavadoras, automóviles, equipos de refrigeración, alarmas, relojes de cuarzo, computadoras, calculadoras, impresoras, lámparas fluorescentes, equipos de rayos X, tomógrafos, ecógrafos, reproductores mp3, teléfonos móviles, etc.

Fue el sustituto de la válvula termoiónica de tres electrodos o triodo, el transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios Bell de EE. UU. en diciembre de 1947 por John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley, quienes fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1956.

Al principio se usaron transistores bipolares y luego se inventaron los denominados transistores de efecto de campo (FET). En los últimos, la corriente entre la fuente y la pérdida (colector) se controla usando un campo eléctrico (salida y pérdida (colector) menores). Por último, apareció el semiconductor metal-óxido FET (MOSFET). Los MOSFET permitieron un diseño extremadamente compacto, necesario para los circuitos altamente integrados (IC). Hoy la mayoría de los circuitos se construyen con la denominada tecnología CMOS (semiconductor metal-óxido complementario). La

tecnología CMOS es un diseño con dos diferentes MOSFET (MOSFET de canal n y p), que se complementan mutuamente y consumen muy poca corriente en un funcionamiento sin carga.

El transistor consta de un sustrato (usualmente silicio) y tres partes dopadas artificialmente (contaminadas con materiales específicos en cantidades específicas) que forman dos uniones bipolares, el emisor que emite portadores, el colector que los recibe o recolecta y la tercera, que está intercalada entre las dos primeras, modula el paso de dichos portadores (base). A diferencia de las válvulas, el transistor es un dispositivo controlado por corriente y del que se obtiene corriente amplificada. En el diseño de circuitos a los transistores se les considera un elemento activo, a diferencia de los resistores, capacitores e inductores que son elementos pasivos. Su funcionamiento sólo puede explicarse mediante mecánica cuántica.

De manera simplificada, la corriente que circula por el "colector" es función amplificada de la que se inyecta en el "emisor", pero el transistor sólo gradúa la corriente que circula a través de sí mismo, si desde una fuente de corriente continua se alimenta la "base" para que circule la carga por el "colector", según el tipo de circuito que se utilice. El factor de amplificación o ganancia logrado entre corriente de base y corriente de colector, se denomina Beta del transistor. Otros parámetros a tener en cuenta y que son particulares de cada tipo de transistor son: Tensiones de ruptura de Colector Emisor, de Base Emisor, de

Colector Base, Potencia Máxima, disipación de calor, frecuencia de trabajo, y varias tablas donde se grafican los distintos parámetros tales como corriente de base, tensión Colector Emisor, tensión Base Emisor, corriente de Emisor, etc. Los tres tipos de esquemas básicos para utilización analógica de los transistores son emisor común, colector común y base común.

Modelos posteriores al transistor descrito, el transistor bipolar (transistores FET, MOSFET, JFET, CMOS, VMOS, etc.) no utilizan la corriente que se inyecta en el terminal de "base" para modular la corriente de emisor o colector, sino la tensión presente en el terminal de puerta o reja de control y gradúa la conductancia del canal entre los terminales de Fuente y Drenador. De este modo, la corriente de salida en la carga conectada al Drenador (D) será función amplificada de la Tensión presente entre la Puerta (Gate) y Fuente (Source). Su funcionamiento es análogo al del triodo, con la salvedad que en el triodo los equivalentes a Puerta, Drenador y Fuente son Reja, Placa y Cátodo.

Los transistores de efecto de campo, son los que han permitido la integración a gran escala que disfrutamos hoy en día, para tener una idea aproximada pueden fabricarse varios miles de transistores interconectados por centímetro cuadrado y en varias capas superpuestas.<sup>cf.</sup>

---

<sup>cf.</sup> Apuntes tomados del curso de Microcontroladores. Dictado por Ing. Fernando Bastidas. Enero 5 a Enero 19 del 2010.

## **TIPOS DE TRANSISTORES**

- **Transistor de punta de contacto**

Fue el primer transistor que obtuvo ganancia, inventado en 1947 por J. Bardeen y W. Brattain. Consta de una base de germanio sobre la que se apoyan, muy juntas, dos puntas metálicas que constituyen el emisor y el colector. La corriente de base es capaz de modular la resistencia que se "ve" en el colector, de ahí el nombre de "transfer resistor". Se basa en efectos de superficie, poco conocidos en su día. Es difícil de fabricar (las puntas se ajustaban a mano), frágil (un golpe podía desplazar las puntas) y ruidoso. Sin embargo convivió con el transistor de unión (W. Shockley, 1948) debido a su mayor ancho de banda. En la actualidad ha desaparecido.

- **Transistor de unión bipolar**

El transistor de unión bipolar, o BJT por sus siglas en inglés, se fabrica básicamente sobre un monocristal de Germanio, Silicio o Arseniuro de Galio, que tienen cualidades de semiconductores, estado intermedio entre conductores como los metales y los aislantes como el diamante. Sobre el sustrato de cristal, se contaminan en forma muy controlada tres zonas, dos de las cuales son del mismo tipo, NPN o PNP, quedando formadas dos uniones NP.

La zona N con elementos donantes de electrones (cargas negativas) y la zona P de aceptadores o "huecos" (cargas positivas). Normalmente se utilizan como elementos aceptadores P al Indio (In), Aluminio (Al) o Galio (Ga) y donantes N al Arsénico (As) o Fósforo (P).

La configuración de uniones PN, dan como resultado transistores PNP o NPN, donde la letra intermedia siempre corresponde a la característica de la base, y las otras dos al emisor y al colector que, si bien son del mismo tipo y de signo contrario a la base, tienen diferente contaminación entre ellas (por lo general, el emisor esta mucho más contaminado que el colector).

El mecanismo que representa el comportamiento semiconductor dependerá de dichas contaminaciones, de la geometría asociada y del tipo de tecnología de contaminación (difusión gaseosa, epitaxial, etc.) y del comportamiento cuántico de la unión.

- **Transistor de unión unipolar**

También llamado de efecto de campo de unión (JFET), fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. En los terminales de la barra se establece un contacto óhmico, tenemos así un transistor de efecto de campo tipo N de la forma más básica. Si se difunden dos regiones P en una barra de material N y se conectan externamente entre sí, se producirá una puerta. A uno de estos contactos le llamaremos surtidor y al otro drenador. Aplicando tensión positiva entre el drenador y el surtidor y conectando a puerta al surtidor, estableceremos una corriente, a la que llamaremos corriente de drenador con polarización cero. Con un potencial negativo de puerta al que llamamos tensión de estrangulamiento, cesa la conducción en el canal.

### 3.2.2 DIODOS

Un diodo (del griego: dos caminos) es un dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección con características similares a un interruptor.

De forma simplificada, la curva característica de un diodo (I-V) consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto (no conduce), y por encima de ella como un circuito cerrado con una resistencia eléctrica muy pequeña.

Debido a este comportamiento, se les suele denominar rectificadores, ya que son dispositivos capaces de suprimir la parte negativa de cualquier señal, como paso inicial para convertir una corriente alterna en corriente continua. Su principio de funcionamiento está basado en los experimentos de Lee De Forest.

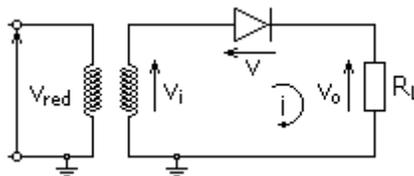
Los primeros diodos eran válvulas grandes en chips o tubos de vacío, también llamadas válvulas termoiónicas constituidas por dos electrodos rodeados de vacío en un tubo de cristal, con un aspecto similar al de las lámparas incandescentes. El invento fue realizado en 1904 por John Ambrose Fleming, de la empresa Marconi, basándose en observaciones realizadas por Thomas Alva Edison.- Al igual que las lámparas incandescentes, los tubos de vacío tienen un filamento (el cátodo) a través del que circula la corriente, calentándolo por efecto Joule. El filamento está tratado con óxido de bario, de modo que al calentarse emite electrones al vacío circundante; electrones que son conducidos electrostáticamente hacia una placa característica corvada por un

muelle doble cargada positivamente (el ánodo), produciéndose así la conducción. Evidentemente, si el cátodo no se calienta, no podrá ceder electrones. Por esa razón los circuitos que utilizaban válvulas de vacío requerían un tiempo para que las válvulas se calentaran antes de poder funcionar y las válvulas se quemaban con mucha facilidad.

## APLICACIONES ELECTRÓNICAS

- **Rectificador de media onda**

El rectificador de media onda es un circuito empleado para eliminar la parte negativa o positiva de una señal de corriente alterna de entrada ( $V_i$ ) convirtiéndola en corriente directa de salida ( $V_o$ ). Es el circuito más sencillo que puede construirse con un diodo.



**Figura 3.5: Circuito donde al diodo se lo ocupa como rectificador de media onda**

- **Análisis del circuito (diodo ideal)**

Los diodos ideales, permiten el paso de toda la corriente en una única dirección, la correspondiente a la polarización directa, y no conducen cuando se polarizan inversamente. Además su voltaje es  $> 0$ .

- **Polarización directa ( $V_i > 0$ )**

En este caso, el diodo permite el paso de la corriente sin restricción, provocando una caída de potencial que suele ser de 0,7 V. Este voltaje de 0,7 V se debe a que usualmente se utilizan diodos de silicio. En el caso del germanio, que es el segundo mas usado el voltaje es de 0,3 V

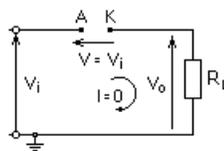
$$V_o = V_i - V_D \rightarrow V_o = V_i - 0,7 \text{ V} \quad \text{EC 3.1}$$

y la intensidad de la corriente puede fácilmente calcularse mediante la ley de Ohm:

$$I = \frac{V_o}{R_L} \quad \text{EC 3.2}$$

- **Polarización inversa ( $V_i < 0$ )**

En este caso, el diodo no conduce, quedando el circuito abierto. La tensión de salida es nula, al igual que la intensidad de la corriente:



**Figura 3.6: Diodo en conexión de Polarización Inversa.**

$$V_o = 0$$

$$I = 0$$

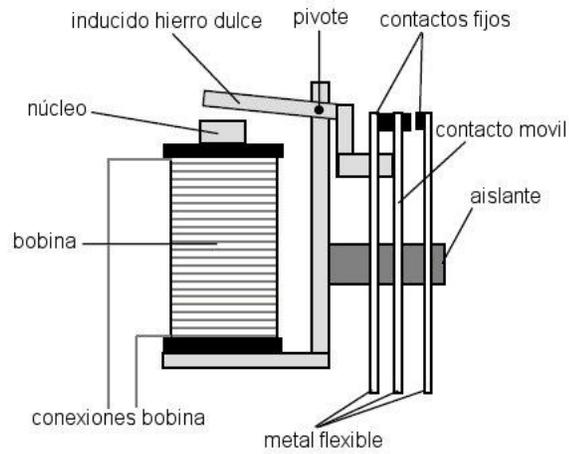
EC 3.3

### **3.2.3 RELES**

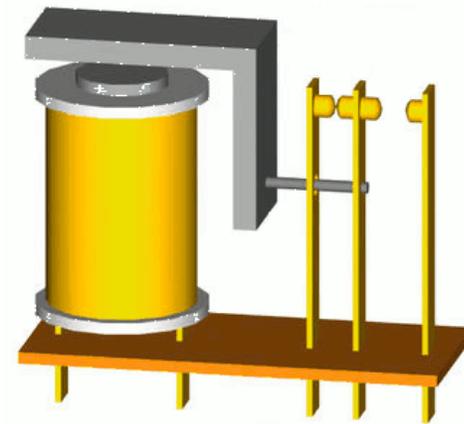
El rele o relevador, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea.

En la figura No. 29, se representa, de forma esquemática, la disposición de los distintos elementos que forman un relé de un único contacto de trabajo o circuito. En el gráfico No. 30, se puede ver su funcionamiento y cómo conmuta al activarse y desactivarse su bobina.



**Figura 3.6: Relé de un único contacto de trabajo.**



**Figura 3.7: Funcionamiento del relé de único contacto.**

Se denominan contactos de trabajo aquellos que se cierran cuando la bobina del relé es alimentada y contactos de reposo a los cerrados en ausencia de alimentación de la misma.

De este modo, los contactos de un relé pueden ser normalmente abiertos, NA o NO, *Normally Open* por sus siglas en inglés, normalmente cerrados, NC, *Normally Closed*,

o de conmutación. la lamina central se denomina lamina inversora o de contactos inversores o de conmutación que son los contactos móviles que transmiten la corriente a los contactos fijos.

Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos es ideal para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.

Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.

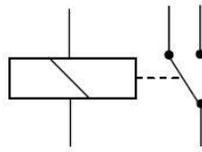
Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto NA y uno NC con una terminal común.

## **TIPOS DE RELÉS**

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

## **Relés electromecánicos**

- **Relés de tipo armadura:** pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA o NC.
- **Relés de núcleo móvil:** a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.
- **Relé tipo reed o de lengüeta:** están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.
- **Relés polarizados o biestables:** se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.



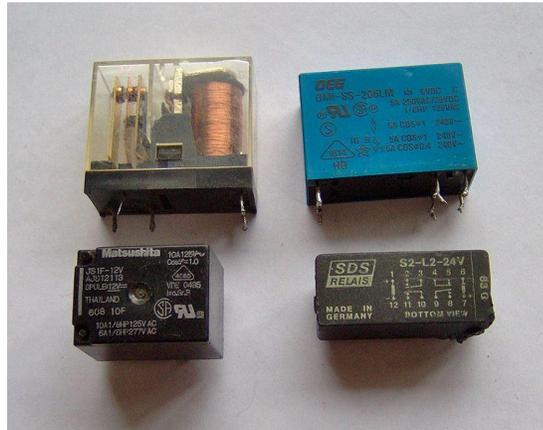
**Figura 3.8: Símbolo eléctrico de un RELÉ<sup>16</sup>**

### **Relé de estado sólido**

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos.

---

<sup>16</sup> <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Rele>



**Figura 3.9: Diferentes tipos de Relés<sup>17</sup>**

### **Relé de corriente alterna**

Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en Europa oscilarán a 50 Hz y en América a 60 Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores, como un activador a distancia. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.

### **Relé de láminas**

Este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena

---

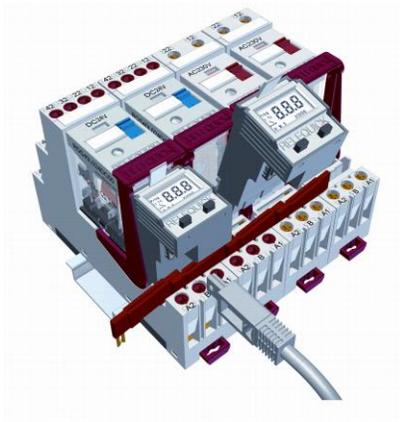
<sup>17</sup> [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Electronic\\_Component/relays](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Electronic_Component/relays)

acciona su contacto; las demás, no. El desarrollo de la microelectrónica y los PLL integrados ha relegado estos componentes al olvido, los relés de láminas se utilizaron en aeromodelismo y otros sistemas de telecontrol.

### **Ventajas del uso de Relés**

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

En el caso presentado podemos ver un grupo de relés en bases interface que son controlado por módulos digitales programables que permiten crear funciones de temporización y contador como si de un miniPLC se tratara. Con esto modernos sistemas los relés pueden actuar de forma programada e independiente lo que supone grandes ventajas en su aplicación aumentando su uso en aplicaciones sin necesidad de utilizar controles como PLC's u otros medios para comandarlos.



**Figura 3.10: Relés de interface con módulo programable<sup>18</sup>**

### **3.3 ELECTROVÁLVULAS**

Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

#### **3.3.1 FUNCIONAMIENTO DE ELECTROVÁLVULAS**

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula, existen varios tipos de electroválvulas.

---

<sup>18</sup> <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/relequick>

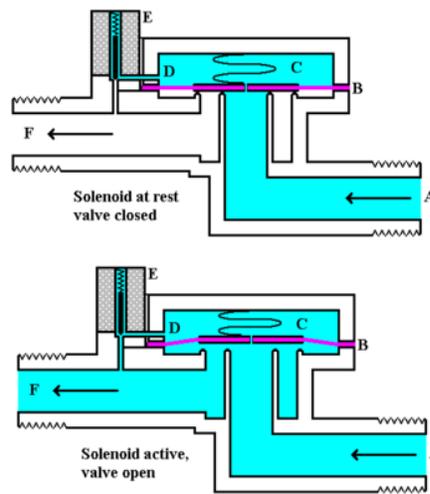
En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle.

Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta, también es posible construir electroválvulas bistables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación, en otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

El gráfico adjunto muestra el funcionamiento de este tipo de válvula. En la parte superior vemos la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por A. B es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil. La función de este muelle no nos interesa por ahora y lo ignoramos ya que la válvula no depende de él para mantenerse cerrada. El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua. Esto hace que el agua llene la cavidad C y que la presión sea igual en ambos lados del diafragma. Mientras que la presión es igual a ambos lados, vemos que actúa en más superficie por el lado de arriba que por el de abajo por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.



- |                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| A- Entrada           | D- Conducto de vaciado de presión |
| B- Diafragma         | E- Solenoide                      |
| C- Cámara de presión | F- Salida                         |

**Figura 3.11 Funcionamiento de electroválvulas <sup>19</sup>.**

<sup>19</sup> [http://upload.wikimedia.org/wiki/archivo.Solenoid\\_Valve](http://upload.wikimedia.org/wiki/archivo.Solenoid_Valve)

Ahora estudiamos el conducto D. Hasta ahora estaba bloqueado por el núcleo del solenoide E al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad C hacia la salida con lo cual disminuye la presión en C y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada A a la salida F de la válvula. Esta es la situación representada en la parte inferior de la figura.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto D y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad C.

De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares. Un caso especialmente interesante del uso de estas válvulas es en los calentadores de agua de depósito. En los calentadores de agua de demanda, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas pero en los calentadores de depósito esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y no hay circulación. Para evitar la necesidad de suministrar energía eléctrica la válvula del gas es una válvula de este tipo con la válvula piloto controlada por un diminuto solenoide al que suministra energía un termopar bimetálico que saca energía del calor del agua.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

### **3.4 RESISTENCIAS Y CONDENSADORES**

#### **3.4.1 RESISTENCIAS**

Se denomina resistencia eléctrica, simbolizada habitualmente como  $R$ , a la dificultad u oposición que presenta un cuerpo al paso de una corriente eléctrica para circular a través de él. En el Sistema Internacional de Unidades, su valor se expresa en ohmios, que se designa con la letra griega omega mayúscula,  $\Omega$ . Para su medida existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de un ohmímetro.

Esta definición es válida para la corriente continua y para la corriente alterna cuando se trate de elementos resistivos puros, esto es, sin componente inductiva ni capacitiva. De existir estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

Según sea la magnitud de esta oposición, las sustancias se clasifican en conductoras, aislantes y semiconductoras. Existen además ciertos materiales en los que, en determinadas condiciones de temperatura, aparece un fenómeno denominado superconductividad, en el que el valor de la resistencia es prácticamente nulo.

## COMPORTAMIENTOS IDEAL Y REAL

Una resistencia ideal es un elemento pasivo que disipa energía en forma de calor según la ley de Joule. También establece una relación de proporcionalidad entre la intensidad de corriente que la atraviesa y la tensión medible entre sus extremos, relación conocida como ley de Ohm:

$$u(t) = R \cdot i(t) \quad \text{EC 3.4}$$

donde  $i(t)$  es la corriente eléctrica que atraviesa la resistencia de valor  $R$  y  $u(t)$  es la diferencia de potencial que se origina. En general, una resistencia real podrá tener diferente comportamiento en función del tipo de corriente que circule por ella.

- **Comportamiento en corriente continua**

Una resistencia real en corriente continua (CC) se comporta prácticamente de la misma forma que si fuera ideal, esto es, transformando la energía eléctrica en calor por efecto Joule. La ley de Ohm para corriente continua establece que:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{EC3.5}$$

donde  $R$  es la resistencia en ohmios,  $V$  es la diferencia de potencial en voltios e  $I$  es la intensidad de corriente en amperios.

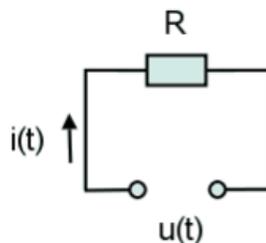
- **Comportamiento en corriente alterna**

Como se ha comentado anteriormente, una resistencia real muestra un comportamiento diferente del que se observaría en una resistencia ideal si la intensidad que la atraviesa no es continua. En el caso de que la señal aplicada sea senoidal, corriente alterna (CA), a bajas frecuencias se observa que una resistencia

real se comportará de forma muy similar a como lo haría en CC, siendo despreciables las diferencias. En altas frecuencias el comportamiento es diferente, aumentando en la medida en la que aumenta la frecuencia aplicada, lo que se explica fundamentalmente por los efectos inductivos que producen los materiales que conforman la resistencia real. Por ejemplo, en una resistencia de carbón los efectos inductivos solo provienen de los propios terminales de conexión del dispositivo mientras que en una resistencia de tipo bobinado estos efectos se incrementan por el devanado de hilo resistivo alrededor del soporte cerámico, además de aparecer una cierta componente capacitiva si la frecuencia es especialmente elevada. En estos casos, para analizar los circuitos, la resistencia real se sustituye por una asociación serie formada por una resistencia ideal y por una bobina también ideal, aunque a veces también se les puede añadir un pequeño condensador ideal en paralelo con dicha asociación serie. En los conductores, además, aparecen otros efectos entre los que cabe destacar el efecto pelicular....

Consideremos una resistencia R, como la de la figura 2, a la que se aplica una tensión alterna de valor:

$$u(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t + \beta), \quad \text{EC 3.6}$$



**Figura 3.12: Circuito con resistencia.**<sup>20</sup>

<sup>20</sup> <http://upload.wikimedia.org/wiki/archivo:Resistencia>

De acuerdo con la ley de Ohm circulará una corriente alterna de valor:

$$i(t) = \frac{u(t)}{R} = I_0 \cdot \sin(\omega t + \beta), \quad \text{EC 3.7}$$

donde  $I_0 = \frac{V_0}{R}$ . Se obtiene así, para la corriente, una función senoidal que está en fase con la tensión aplicada .

Si se representa el valor eficaz de la corriente obtenida en forma polar:

$$\vec{I} = I \underline{\beta} \quad \text{EC 3.8}$$

Y operando matemáticamente:

$$\vec{I} = \frac{V}{R} \underline{\beta} = \frac{V}{R} \underline{0^\circ} \quad \text{EC 3.9}$$

De donde se deduce que en los circuitos de CA la resistencia puede considerarse como una magnitud compleja con parte real y sin parte imaginaria o, lo que es lo mismo con argumento nulo, cuya representación binómica y polar serán:

$$\vec{R} = R + 0j = R \underline{0^\circ} \quad \text{EC 3.10}$$

## ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

- **Resistencia equivalente:**

Se denomina resistencia equivalente de una asociación respecto de dos puntos A y B, a aquella que conectada la misma diferencia de potencial,  $U_{AB}$ , demanda la misma intensidad,  $I$  (ver figura 4). Esto significa que ante las mismas condiciones, la asociación y su resistencia equivalente disipan la misma potencia.

- **Resistencia en serie:**

Dos o más resistencias se encuentran conectadas en serie cuando al aplicar al conjunto una diferencia de potencial, todas ellas son recorridas por la misma corriente.

Para determinar la resistencia equivalente de una asociación serie imaginaremos que ambas, figuras 4a) y 4c), están conectadas a la misma diferencia de potencial,  $U_{AB}$ . Si aplicamos la segunda ley de Kirchhoff a la asociación en serie tendremos:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad \text{EC 3.10}$$

Aplicando la ley de Ohm:

$$U_{AB} = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad \text{EC 3.11}$$

En la resistencia equivalente:

$$U_{AB} = IR_{AB} \quad \text{EC 3.12}$$

Finalmente, igualando ambas ecuaciones se obtiene que:

$$IR_{AB} = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad \text{EC 3.13}$$

Y eliminando la intensidad:

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{k=1}^n R_k \quad \text{EC 3.14}$$

Por lo tanto, la resistencia equivalente a **n** resistencias montadas en serie es igual a la suma de dichas resistencias.

- **Asociación en paralelo:**

Dos o más resistencias se encuentran en paralelo cuando tienen dos terminales comunes de modo que al aplicar al conjunto una diferencia de potencial,  $U_{AB}$ , todas la resistencias tienen la misma caída de tensión,  $U_{AB}$ .

Para determinar la resistencia equivalente de una asociación en paralelo imaginaremos que ambas, figuras 4b) y 4c), están conectadas a la misma diferencia de potencial mencionada,  $U_{AB}$ , lo que originará una misma demanda de corriente eléctrica,  $I$ . Esta corriente se repartirá en la asociación por cada una de sus resistencias de acuerdo con la primera ley de Kirchhoff:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad \text{EC 3.14}$$

Aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} + \dots + \frac{U_{AB}}{R_n} = U_{AB} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) \text{EC 3.15}$$

En la resistencia equivalente se cumple:

$$I = U_{AB}/R_{AB} \text{EC 3.16}$$

Igualando ambas ecuaciones y eliminando la tensión  $U_{AB}$ :

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \text{EC 3.17}$$

De donde:

$$R_{AB} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \text{EC 3.18}$$

Por lo que la resistencia equivalente de una asociación en paralelo es igual a la inversa de la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

Existen dos casos particulares que suelen darse en una asociación en paralelo:

Dos resistencias: en este caso se puede comprobar que la resistencia equivalente es igual al producto dividido por la suma de sus valores, esto es:

$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \text{EC 3.19}$$

k resistencias iguales: su equivalente resulta ser:

$$R_{AB} = \frac{R}{k} \text{EC 3.20}$$

- **Asociación mixta**

En una asociación mixta podemos encontrarnos conjuntos de resistencias en serie con conjuntos de resistencias en paralelo. En la figura 5 pueden observarse tres ejemplos de asociaciones mixtas con cuatro resistencias.

A veces una asociación mixta es necesaria ponerla en modo texto. Para ello se utilizan los símbolos "+" y "/" para designar las asociaciones serie y paralelo respectivamente. Así con  $(R1 + R2)$  se indica que R1 y R2 están en serie mientras que con  $(R1//R2)$  que están en paralelo. De acuerdo con ello, las asociaciones de la figura 5 se pondrían del siguiente modo:

$$(R1//R2)+(R3//R4)$$

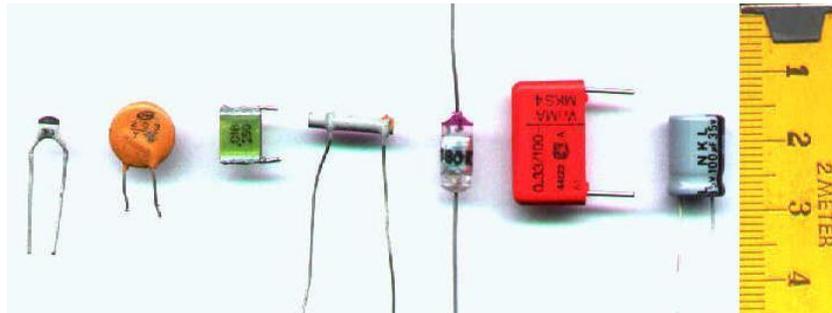
$$(R1+R3)//(R2+R4)$$

$$((R1+R2)//R3)+R4$$

### **3.4.2 CONDENSADORES**

En electricidad y electrónica, un condensador (*capacitor* en inglés) es un dispositivo que almacena energía eléctrica, es un componente pasivo. Está formado por un par de superficies conductoras en situación de influencia total (esto es, que todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra), generalmente en forma de tablas, esferas o láminas, separados por un material dieléctrico (siendo este utilizado en un condensador para disminuir el campo eléctrico, ya que actúa como aislante) o por el vacío, que, sometidos a una diferencia de potencial (d.d.p.) adquieren una

determinada carga eléctrica, positiva en una de las placas y negativa en la otra (siendo nula la carga total almacenada).



**Figura 3.13: Tipos de condensadores.**<sup>21</sup>

La carga almacenada en una de las placas es proporcional a la diferencia de potencial entre esta placa y la otra, siendo la constante de proporcionalidad la llamada capacidad o capacitancia. En el Sistema internacional de unidades se mide en Faradios (F), siendo 1 faradio la capacidad de un condensador en el que, sometidas sus armaduras a una d.d.p. de 1 voltio, éstas adquieren una carga eléctrica de 1 culombio.

La capacidad de 1 faradio es mucho más grande que la de la mayoría de los condensadores, por lo que en la práctica se suele indicar la capacidad en micro-  $\mu\text{F} = 10^{-6}$ , nano-  $\text{nF} = 10^{-9}$  o pico-  $\text{pF} = 10^{-12}$  -faradios. Los condensadores obtenidos a partir de supercondensadores (EDLC) son la excepción. Están hechos de carbón activado para conseguir una gran área relativa y tienen una separación molecular entre las "placas". Así se consiguen capacidades del orden de cientos o miles de faradios.

---

<sup>21</sup> <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/Condensators>

Uno de estos condensadores se incorpora en el reloj Kinetic de Seiko, con una capacidad de 1/3 de Faradio, haciendo innecesaria la pila.

También se está utilizando en los prototipos de automóviles eléctricos.

El valor de la capacidad de un condensador viene definido por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{Q_1}{V_1 - V_2} = \frac{Q_2}{V_2 - V_1} \quad \text{EC 3.13}$$

en donde:

$C$ : Capacidad

$Q_1$ : Carga eléctrica almacenada en la placa 1.

$V_1 - V_2$ : Diferencia de potencial entre la placa 1 y la 2.

Nótese que en la definición de capacidad es indiferente que se considere la carga de la placa positiva o la de la negativa, ya que

$$Q_2 = C(V_2 - V_1) = -C(V_1 - V_2) = -Q_1 \quad \text{EC 3.14}$$

Aunque por convenio se suele considerar la carga de la placa positiva.

En cuanto al aspecto constructivo, tanto la forma de las placas o armaduras como la naturaleza del material dieléctrico son sumamente variables. Existen condensadores formados por placas, usualmente de aluminio, separadas por aire, materiales cerámicos, mica, poliéster, papel o por una capa de óxido de aluminio obtenido por medio de la electrolisis.

El condensador almacena energía eléctrica, debido a la presencia de un campo eléctrico en su interior, cuando aumenta la diferencia de potencial en sus terminales, devolviéndola cuando ésta disminuye. Matemáticamente se puede obtener que la energía  $\mathcal{E}$ , almacenada por un condensador con capacidad  $C$ , que es conectado a una diferencia de potencial  $V_1 - V_2$ , viene dada por:

$$\mathcal{E} = \int \left( \frac{1}{2} \varepsilon E^2 \right) dV = \frac{1}{2} C (V_1 - V_2)^2 = \frac{1}{2} Q_1 (V_1 - V_2) = \frac{Q_1^2}{2C}$$

EC 3.15

Este hecho es aprovechado para la fabricación de memorias, en las que se aprovecha la capacidad que aparece entre la puerta y el canal de los transistores MOS para ahorrar componentes

### COMPORTAMIENTOS IDEAL Y REAL

El condensador ideal (gráfico 37) puede definirse a partir de la siguiente ecuación diferencial:

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

EC 3.16

donde  $C$  es la capacidad,  $u(t)$  es la función diferencia de potencial aplicada a sus terminales e  $i(t)$  la corriente resultante que circula.

### **Comportamiento en corriente continua**

Un condensador real en CC (DC en Inglés) se comporta prácticamente como uno ideal, esto es, como un circuito abierto. Esto es así en régimen permanente ya que en régimen transitorio, esto es, al conectar o desconectar un circuito con condensador, suceden fenómenos eléctricos transitorios que inciden sobre la d.d.p. en sus bornes (ver circuitos serie RL y RC).

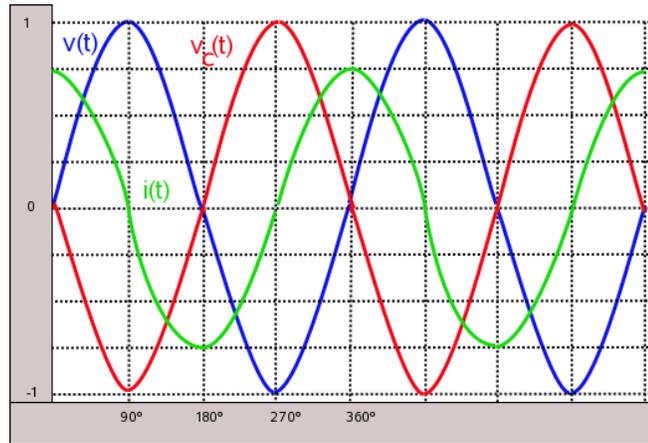
### **Comportamiento en corriente alterna**

En CA, un condensador ideal ofrece una resistencia al paso de la corriente que recibe el nombre de reactancia capacitiva,  $X_C$ , cuyo valor viene dado por la inversa del producto de la pulsación ( $\omega = 2\pi f$ ) por la capacidad, C:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \qquad \text{EC 3.17}$$

Si la pulsación se expresa en radianes por segundo (rad/s) y la capacidad en faradios (F), la reactancia resultará en ohmios.

Al conectar una CA senoidal  $v(t)$  a un condensador circulará una corriente  $i(t)$ , también senoidal, que lo cargará, originando en sus bornes una caída de tensión,  $-v_c(t)$ , cuyo valor absoluto puede demostrarse que es igual al de  $v(t)$ . Al decir que por el condensador "circula" una corriente, se debe puntualizar que, en realidad, dicha corriente nunca atraviesa su dieléctrico. Lo que sucede es que el condensador se carga y descarga al ritmo de la frecuencia de  $v(t)$ , por lo que la corriente circula externamente entre sus armaduras.



**Figura 3.14. Comportamiento en corriente alterna.**<sup>22</sup>

El fenómeno físico del comportamiento del condensador en CA se puede observar en la figura. Entre los  $0^\circ$  y los  $90^\circ$   $i(t)$  va disminuyendo desde su valor máximo positivo a medida que aumenta su tensión de carga  $v_c(t)$ , llegando a ser nula cuando alcanza el valor máximo negativo a los  $90^\circ$ , puesto que la suma de tensiones es cero ( $v_c(t) + v(t) = 0$ ) en ese momento.

Entre los  $90^\circ$  y los  $180^\circ$   $v(t)$  disminuye, y el condensador comienza a descargarse, disminuyendo por lo tanto  $v_c(t)$ . En los  $180^\circ$  el condensador está completamente descargado, alcanzando  $i(t)$  su valor máximo negativo. De los  $180^\circ$  a los  $360^\circ$  el razonamiento es similar al anterior.

De todo lo anterior se deduce que la corriente queda adelantada  $90^\circ$  respecto de la tensión aplicada. Considerando, por lo tanto, un condensador  $C$ , como el de la figura 2, al que se aplica una tensión alterna de valor:

<sup>22</sup> <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Diagrama2>

$$u(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t + \beta) \quad \text{EC 3.18}$$

De acuerdo con la ley de Ohm circulará una corriente alterna, adelantada  $90^\circ$  ( $\pi / 2$ ) respecto a la tensión aplicada , de valor:

$$i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t + \beta + 90^\circ) \quad \text{EC 3.19}$$

donde  $I_0 = \frac{V_0}{X_C}$  . Si se representa el valor eficaz de la corriente obtenida en forma polar:

$$\vec{I} = I \underline{|\beta + 90^\circ} \quad \text{EC 3.20}$$

Y operando matemáticamente:

$$\vec{I} = \frac{V}{X_C} \underline{|\beta + 90^\circ} = \frac{V \underline{|\beta}}{X_C \underline{|-90^\circ}} \quad \text{EC 3.21}$$

Por lo tanto, en los circuitos de CA, un condensador ideal se puede asimilar a una magnitud compleja sin parte real y parte imaginaria negativa:

$$\vec{X}_C = 0 - X_C j = X_C \underline{|-90^\circ} \quad \text{EC 3.22}$$

En el condensador real, habrá que tener en cuenta la resistencia de pérdidas de su dieléctrico,  $R_C$ , pudiendo ser su circuito equivalente, o modelo, dependiendo del tipo de condensador y de la frecuencia a la que se trabaje, aunque para análisis más precisos pueden utilizarse modelos más complejos que los anteriores.

Al igual que las resistencias, los condensadores pueden asociarse en serie o de forma mixta.

Es decir, la media armónica de las capacidades de cada condensador. Es fácil demostrar estas dos expresiones, para la primera solo hay que tener en cuenta que la carga almacenada en las placas es la misma en ambos condensadores (se tiene que inducir la misma cantidad de carga entre las placas y por tanto cambia la diferencia de potencial para mantener la capacitancia de cada uno), y por otro lado en la asociación en "paralelo", se tiene que la diferencia de potencial entre ambas placas tiene que ser la misma (debido al modo en el que están conectados), así que cambiará la cantidad de carga. Como esta se encuentra en el numerador ( $C = Q / V$ ) la suma de capacidades será simplemente la suma algebraica.

### **APLICACIONES TÍPICAS**

Los condensadores suelen usarse para: Baterías, por su cualidad de almacenar energía. Memorias, por la misma cualidad. Filtros. Adaptación de impedancias, haciéndolas resonar a una frecuencia dada con otros componentes. Desmodular AM, junto con un diodo. El flash de las cámaras fotográficas. Tubos fluorescentes. Mantener corriente en el circuito y evitar caídas de tensión.

### **TIPOS DE DIELECTRICO UTILIZADOS EN CONDENSADORES**

**Condensadores de aire.** Se trata de condensadores, normalmente de placas paralelas, con dieléctrico de aire y encapsulados en vidrio. Como la permitividad eléctrica

relativa es la unidad, sólo permite valores de capacidad muy pequeños. Se utilizó en radio y radar, pues carecen de pérdidas y polarización en el dieléctrico, funcionando bien a frecuencias elevadas.

- **Condensadores de mica.** La mica posee varias propiedades que la hacen adecuada para dieléctrico de condensadores: bajas pérdidas, exfoliación en láminas finas, soporta altas temperaturas y no se degrada por oxidación o con la humedad. Sobre una cara de la lámina de mica se deposita aluminio, que forma una armadura. Se apilan varias de estas láminas, soldando los extremos alternativamente a cada uno de los terminales. Estos condensadores funcionan bien en altas frecuencias y soportan tensiones elevadas, pero son caros y se ven gradualmente sustituidos por otros tipos.
- **Condensadores de papel.** El dieléctrico es papel parafinado, bakelizado o sometido a algún otro tratamiento que reduce su higroscopia y aumenta el aislamiento. Se apilan dos cintas de papel, una de aluminio, otras dos de papel y otra de aluminio y se enrollan en espiral. Las cintas de aluminio constituyen las dos armaduras, que se conectan a sendos terminales. Se utilizan dos cintas de papel para evitar los poros que pueden presentar.
- **Condensadores autorregenerables.** Los condensadores de papel tienen aplicaciones en ambientes industriales. Los condensadores autorregenerables son condensadores de papel, pero la armadura se realiza depositando aluminio sobre el

papel. Ante una situación de sobrecarga que supere la rigidez dieléctrica del dieléctrico, el papel se rompe en algún punto, produciéndose un cortocircuito entre las armaduras, pero este corto provoca una alta densidad de corriente por las armaduras en la zona de la rotura. Esta corriente funde la fina capa de aluminio que rodea al cortocircuito, restableciendo el aislamiento entre las armaduras.

- **Dieléctrico electrolítico.** El dieléctrico es una disolución electrolítica que ocupa una cuba electrolítica. Con la tensión adecuada, el electrolito deposita una capa aislante muy fina sobre la cuba, que actúa como una armadura y el electrolito como la otra. Consigue capacidades muy elevadas, pero tienen una polaridad determinada, por lo que no son adecuados para funcionar con corriente alterna. La polarización inversa destruye el óxido, produciendo una corriente en el electrolito que aumenta la temperatura, pudiendo hacer arder o estallar el condensador.



**Figura 3.15: Condensadores electrolíticos axiales**<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> <http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:Selectr>

- **Condensadores de aluminio.** Es el tipo normal. La cuba es de aluminio y el electrolito una disolución de ácido bórico. Funciona bien a bajas frecuencias, pero presenta pérdidas grandes a frecuencias medias y altas. Se emplea en fuentes de alimentación y equipos de audio.
- **Condensadores de tantalio** (tántalos). Es otro condensador electrolítico, pero emplea tantalio en lugar de aluminio. Consigue corrientes de pérdidas bajas, mucho menores que en los condensadores de aluminio. Suelen tener mejor relación capacidad/volumen, pero arden en caso de que se polaricen inversamente.



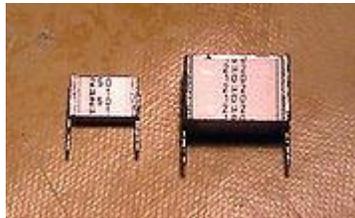
**Figura 3.16: Condensadores electrolíticos de tantalio**<sup>24</sup>

**Condensadores de corriente alterna.** Está formado por dos condensadores electrolíticos en serie, con sus terminales positivos interconectados.

---

<sup>24</sup> <http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:Tantalos>

**Condensadores de poliéster** o **Mylar**. Está formado por láminas delgadas de poliéster sobre las que se deposita aluminio, que forma las armaduras. Se apilan estas láminas y se conectan por los extremos. Del mismo modo, también se encuentran condensadores de policarbonato y polipropileno. Este es el tipo de capacitor relativamente más barato que hay.

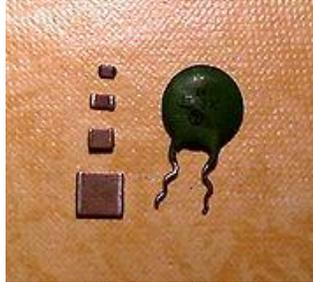


**Figura 3.17. Condensadores de poliéster**<sup>25</sup>

- **Condensadores styroflex.** Otro tipo de condensadores de plástico, muy utilizado en radio, por responder bien en altas frecuencias y ser uno de los primeros tipos de condensador de plástico.
- **Condensadores cerámicos.** Utiliza cerámicas de varios tipos para formar el dieléctrico. Existen tipos formados por una sola lámina de dieléctrico, pero también los hay formados por láminas apiladas. Dependiendo del tipo, funcionan a distintas frecuencias, llegando hasta las microondas.

---

<sup>25</sup> <http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:CCeramicos>



**Figura 3.18. Condensadores cerámicos, "SMD (montaje superficial)" y de "disco"**

- **Condensadores síncrono.** No es un condensador, sino un motor síncrono que se comporta como condensador.
- **Dieléctrico variable.** Este tipo de condensador tiene una armadura móvil que gira en torno a un eje, permitiendo que se introduzca más o menos dentro de la otra. El perfil de la armadura suele ser tal que la variación de capacidad es proporcional al logaritmo del ángulo que gira el eje.
- **Condensadores de ajuste.** Son tipos especiales de condensadores variables. Las armaduras son semicirculares, pudiendo girar una de ellas en torno al centro, variando así la capacidad. Otro tipo se basa en acercar las armaduras, mediante un tornillo que las aprieta.

### 3.5 CONDUCTORES

Con el descubrimiento de la electricidad y con sus diversas aplicaciones se vio la necesidad de transportarla de una manera segura, la mejor manera de conseguirlo es por medio de cables eléctricos, los cuales son construidos de diferentes tipos de materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja.

Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad como son el grafito, las soluciones salinas (ejem. el agua de mar) y cualquier material en estado de plasma. Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el mejor conductor es el oro pero es muy caro, así que el metal empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión. Para aplicaciones especiales se utiliza como conductor el oro.

La conductividad eléctrica del cobre puro fue adoptada por la Comisión Electrotécnica Internacional en 1913 como la referencia estándar para esta magnitud, estableciendo el International Annealed Copper Standard (Estándar Internacional del Cobre Recocido) o IACS. Según esta definición, la conductividad del cobre recocido medida a 20°C es igual a  $0,58108 \text{ S/m}^2$ . A este valor es a lo que se llama 100% IACS y la conductividad del resto de los materiales se expresa como un cierto porcentaje de IACS. La mayoría

de los metales tienen valores de conductividad inferiores a 100% IACS pero existen excepciones como la plata o los cobres especiales de muy alta conductividad designados C-103 y C-110.<sup>3</sup>

### **Tipos de cobre para conductores**

#### **Cobre de temple duro**

Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.

Resistividad de 0,018 ( x mm<sup>2</sup> ) a 20 °C de temperatura.

Capacidad de ruptura a la carga, oscila entre 37 a 45 kg/mm<sup>2</sup>.

Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.

#### **Cobre recocido o de temple blando**

Conductividad del 100%

Resistividad de 0,01724 = 1 ( x mm<sup>2</sup> ) respecto del cobre puro, tomado este como patrón.

Carga de ruptura media de 25 kg/mm<sup>2</sup>.

Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados.

El conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en mm<sup>2</sup> o americano y expresarse en AWG o MCM con una equivalencia en mm<sup>2</sup>.

### **Partes que componen los conductores eléctricos**

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.). De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

### Según su constitución

**Alambre:** Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

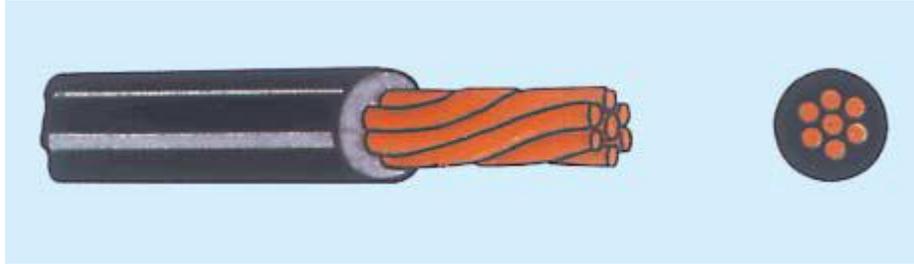


**Figura 3.19: Conductor de Alambre**<sup>26</sup>

**Cable:** Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

---

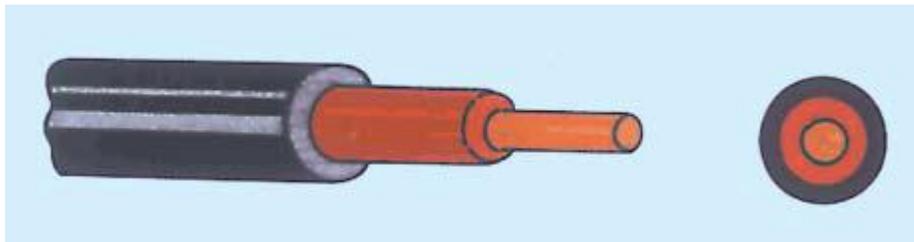
<sup>26</sup> <http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:Conductores>



**Figura 3.20: Conductor de cable.**

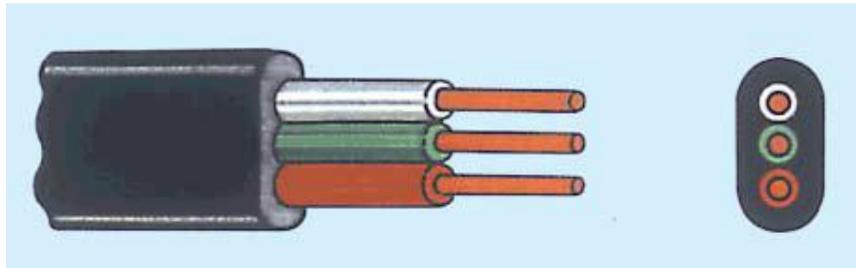
### Según el número de conductores

**Monoconductor:** Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.



**Figura 3.21: Monoconductor.**

**Multiconductor:** Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.



**Figura 3.22: Multiconductor**

### **El aislamiento**

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación.

Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí. Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos

---

<sup>27</sup> <http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:Multiconductor>

protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neoprén y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

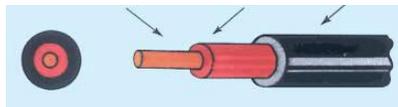
### **Las cubiertas protectoras**

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura

La armadura puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina pantalla o blindaje.

**Alma conductora      Aislante      Cubierta protectora**



**Figura 3.23: Partes de un conductor recubierto**<sup>28</sup>

### **Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo**

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

### **Conductores de cobre desnudos**

Estos son alambres o cables y son utilizados para:

Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.

Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.

Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolebuses.

### **Alambres y cables de cobre con aislación**

---

<sup>28</sup> [http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:Partes\\_conductores](http://upload.wikimedia.org/wiki/Archivo:Partes_conductores)

Estos son utilizados en:

- Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.
- Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización.
- Tendidos aéreos en faenas mineras (tronadura, grúas, perforadoras, etc.).
- Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
- Minas subterráneas para piques y galerías.
- Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
- Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.
- Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos (conductores navales).
- Otros que requieren condiciones de seguridad.
- Para mayor seguridad en la instalación de equipos eléctricos muchas veces se requiere de un terminal en el cable para que la instalación sea segura y no existan pérdidas de electricidad en estas.

Con este fin existe una gran variedad de terminales que generalmente están fabricados con metales conductores, tienen la forma requerida para la instalación que se requiera hacer y simplemente se los empalma o se los suelda al cable de la instalación.

## **3.6 SELECCIÓN DE SENSORES**

### **3.6.1 GENERALIDADES**

El sistema de control electrónico de dispositivos anticontaminantes que se diseñará, tiene como propósito fundamental reducir los gases contaminantes generados en el interior del motor debido a la combustión de la mezcla de aire y combustible que generan los carburadores en operación.

Este proyecto básicamente se formara por tres sistemas:

### **Sistema EGR**

El sistema EGR no es más que la recirculación de una pequeña proporción de los gases de escape hacia el múltiple de admisión, con esto se logra que gran cantidad de los diferentes residuos que la combustión deja no sean eliminados directamente a la atmósfera si no que los reinyecta al múltiple de admisión de tal forma que gran parte de estos prácticamente se eliminan o se vuelven menos concentrados.

### **Sistema PCV**

El sistema PCV, permite que parte de los gases generados en el interior del cárter formados principalmente por el calentamiento del aceite, no sean eliminados directamente a la atmósfera, como en la mayoría de vehículos antiguos ocurre.

En los sistemas de inyección modernos la Pcv se controla por una electroválvula, antiguamente los primeros sistemas de ventilación del cárter fueron acoplados directamente al múltiple de admisión o al depurador, (como es el caso del vehículo seleccionado para este proyecto) por tal motivo a este sistema se lo tratará de optimizar o entender bien su funcionamiento.

### **Sistema EVAP**

El sistema Evap permite tratar los vapores de combustible generados en el interior del tanque de almacenamiento del mismo, de tal forma que estos no sean eliminados a la atmósfera directamente sin ningún tratamiento.

Este sistema es igualmente controlado con la ayuda de la electrónica y una serie de elementos como es el recipiente de carbón activo.

La selección de equipos electrónicos como sensores y actuadores para el correcto funcionamiento del “SISTEMA ELECTRONICO DE DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES” será en base a la estructura y diseño del motor del vehículo seleccionado para este propósito, por tal motivo a continuación se encuentran las características técnicas del automotor seleccionado:

<b>Marca del vehículo:</b>	Mercedes Benz.
<b>Mes y año de fabricación:</b>	Abril de 1975.
<b>Cilindraje:</b>	2300 cc.
<b>Numero de cilindros:</b>	6.
<b>Disposición de los cilindros:</b>	6 cilindros en línea.
<b>Tipo de combustible:</b>	Nafta (Gasolina)
<b>Forma de alimentación:</b>	Carburadores gemelos en serie (Marca Zenith)
<b>Tipo del múltiple de admisión:</b>	Un solo cuerpo.
<b>Tipo del múltiple de escape:</b>	Independientes, uno por cada trío de cilindros.
<b>Sistema de escape:</b>	Tubos gemelos de 2.5 pulgadas, uno por cada acople de los múltiples de escape.
<b>Ventilación del cárter:</b>	Ventilación positiva al depurador, permanentemente abierta.
<b>Tipo de distribución:</b>	Un solo árbol de levas, con distribuidor de 6 levas en su eje.
<b>Sistema de refrigeración:</b>	Por radiador con ventilador de flujo invertido, refrigerado por refrigerante-antioxidante controlado por termostato de 75 grados centígrados, normalmente cerrado.
<b>Lectura de temperatura:</b>	Al tablero por medio de un trompo variante en resistencia interna.

Partiendo de la información anteriormente detallada se seleccionará el grupo de sensores y actuadores correctos y necesarios para el mejor aprovechamiento del sistema.

### **3.6.2 SELECCIÓN DE SENSORES**

En el sistema de control electrónico de dispositivos anticontaminantes que se desarrolló, se requería tener señales de la operación del motor para que el grupo de válvulas puedan activarse en los momentos adecuados para no desestabilizar el correcto funcionamiento del motor.

Estos datos ingresarán directamente al microcontrolador previamente programado para estas funciones (el cual simulará a una ECU en el caso de motores a inyección) con el fin de controlar electrónicamente a estas válvulas.

Por tal motivo después de un detallado estudio del diseño y estructura del motor se concluyó que únicamente se requiere de dos tipos de sensores para el control del sistema.

- **SENSOR DE TEMPERATURA**

Debido a que la realimentación hacia el múltiple de admisión de los gases que controlará el sistema, únicamente se lo puede hacer cuando el motor se encuentra en la temperatura ideal de funcionamiento es decir entre 80 y 90 grados centígrados (para no variar la mezcla que proporcionan los carburadores con choque activado en temperaturas frías para estabilizar al

motor en estas condiciones), la primera señal que el microcontrolador deberá tener en lectura es la de la temperatura del motor.

Esta señal se tomará acoplado un termoswitch de 85 grados centígrados en el cabezote del motor en donde permanecerá en constante contacto con el refrigerante del motor.

Generalmente los termoswitchs o mas conocidos como sensores WTS en sistemas de inyección modernos, emiten un pulso eléctrico (depende de su diseño) cuando el refrigerante llega a la temperatura patrón o la que reaccionan, esta señal es la que acondicionaremos como señal de entrada hacia el microcontrolador.

La señal que genera el sensor de temperatura del refrigerante o WTS seleccionado cuando llega a su temperatura de operación son 12 voltios a su conexión de salida, voltaje que fue acondicionado a un voltaje operable al microcontrolador. El voltaje ya acondicionado será fácilmente convertido en una señal digital que el microcontrolador podrá evaluar periódicamente y es la primera condición que se deberá cumplir para que el sistema empiece a funcionar.

- **SENSOR DE OXÍGENO**

Una vez que nuestro sensor WTS haya generado el pulso eléctrico y el microcontrolador ya lo haya leído, prácticamente tendremos la primera condición cumplida para la apertura de las válvulas del sistema, pero existe un problema mas, ya que cuando las válvulas del sistema se abran la mezcla en el interior del múltiple de admisión se hará más rica o pobre y esto puede

desestabilizar completamente al motor en cargas parciales o totales de mezcla aire-combustible.

Por tal razón se incluirán al diseño del sistema sensores de oxígeno, que permitirán controlar la apertura de ciertas válvulas en momentos ideales y de esta forma el motor se vea completamente beneficiado de los gases que dichas válvulas controlarán para aproximarse a mantener una mezcla más próxima a la ideal es decir 14.7 partes de aire y una combustible (relación estequiometrica ideal;  $\lambda = 1$ )

Se utilizaron en el sistema sensores de oxígeno de un solo cable, ya que estos serán acoplados directamente en el múltiple de escape y no se necesita que contengan resistencia interna debido a que fácilmente llegarán a elevadas temperaturas para su correcto funcionamiento.

## **FUNCIONAMIENTO SENSOR DE OXÍGENO**

El funcionamiento de este sensor se basa en la comparación del porcentaje de oxígeno que existe en el exterior del múltiple de escape con el del interior, en base a esta comparación el sensor de oxígeno emite un voltaje en la siguiente relación.

**Porcentaje promedio de la concentración de oxígeno en el exterior del múltiple:  
20 %**

En base a éste porcentaje el sensor de oxígeno calcula el tipo de mezcla en la siguiente relación:

### **Cálculo del sensor de Oxígeno (Mezcla Rica)**

Mezcla Rica: Concentración de oxígeno en el múltiple del 1% al 5%.

### **Comparación del sensor de Oxígeno**

Porcentaje de O<sub>2</sub> en el exterior del múltiple - Porcentaje de O<sub>2</sub> en el interior del múltiple = X

- Si X es mayor o igual al 15 % y menor o igual al 19 %, el sensor de oxígeno emite un voltaje de señal entre 0,65 V y 0,95 V, este rango de voltaje ingresará al microcontrolador previamente programado bajo estas condiciones e indicará que la mezcla en los carburadores es rica. Con este valor el microcontrolador activará la válvula EGR, la cual a su vez permitirá el paso de una pequeña proporción de los gases de escape hacia el depurador; de esta forma, la mezcla tendrá un volumen mayor de O<sub>2</sub> y se acercará a una concentración de una mezcla ideal (14.7 partes de O<sub>2</sub> por cada 1 de combustible en la mezcla).

### **Cálculo del sensor de Oxígeno (Mezcla Pobre)**

Mezcla Pobre: Concentración de oxígeno en el múltiple del 6 % al 11 %.

### **Comparación del sensor de Oxígeno**

Porcentaje de O<sub>2</sub> en el exterior del múltiple - Porcentaje de O<sub>2</sub> en el interior del múltiple = X

- Si X es mayor o igual al 9 % y menor o igual al 14 %, el sensor de oxígeno emite un voltaje de señal entre 0,1 V y 0,35 V, este rango de voltaje ingresará al microcontrolador previamente programado bajo estas condiciones e indicará que la mezcla en los carburadores es pobre. Con este valor el microcontrolador activará la válvula EVAP la cual a su vez permitirá el paso de los vapores del tanque de almacenamiento de combustible y de esta forma, la mezcla tendrá un

volumen mayor de combustible y podrá acercarse a una concentración de una mezcla ideal (1 parte de combustible por cada 14.7 partes de aire en la mezcla).

### **Cálculo del sensor de Oxígeno (Mezcla Ideal)**

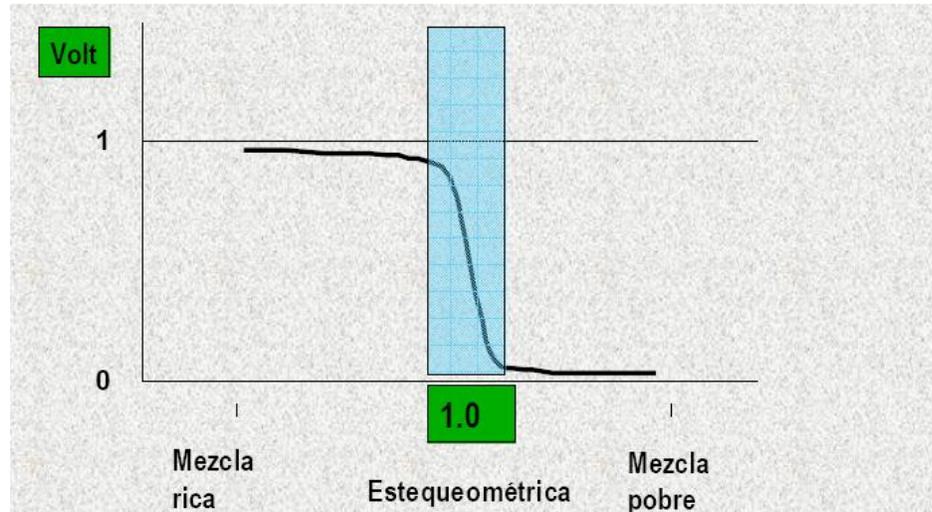
Mezcla Ideal: Concentración de oxígeno en el múltiple del 4.9 % al 5.9 %.

### **Comparación del sensor de Oxígeno**

Porcentaje de O<sub>2</sub> en el exterior del múltiple - Porcentaje de O<sub>2</sub> en el interior del múltiple = X

- Si X es mayor o igual al 14.1 % o menor o igual al 15.9 %, el sensor de oxígeno emite un voltaje de señal entre 0,36 V y 0,60 V, este rango de voltaje ingresará al microcontrolador previamente programado bajo estas condiciones e indicará que la mezcla en los carburadores es ideal. Con este valor el microcontrolador no activará ninguna de las válvulas del sistema ya que la mezcla esta en la proporción aire y combustible adecuada para que las emisiones del motor sean menos nocivas y contaminantes.

**SEÑAL DE SALIDA DE UN SENSOR DE OXÍGENO**  
(Voltaje VS Valor lambda)



**Figura 3.24: Relación del cálculo Lambda para mezclas ricas o pobres.**<sup>29</sup>

### 3.7 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA

#### 3.7.1 GENERALIDADES

Como el objetivo principal en este proyecto es brindar una solución para disminuir la contaminación en los vehículos que poseen una limitada tecnología en donde los sistemas de alimentación por carburador era el sistema más actualizado que se encontraba vigente.

Como se ha detallado en los capítulos anteriores, los sistemas de alimentación por carburador no presentaban ningún tipo de ayuda electrónica debido a esto no son hábiles para controlar la cantidad exacta de combustible que debe ser inyectado al motor para mantener una relación estequiometrica aire – combustible ideal.

<sup>29</sup>Manual técnico de sensores NTK



Start Adc

'-----SERIAL 0-----'

On Urxc Int\_ser0

Enable Urxc

'-----Configuracion de Puertos-----'

Config Pind.4 = Input

Config Portb.0 = Output

Config Portd.5 = Output

Config Portd.4 = Output

Sensor\_temp Alias Pind.4

Led Alias Portb.0

Rele1 Alias Portd.5

Rele2 Alias Portd.4

Config Single = Scientific , Digits = 2

Enable Interrupts

'Declaración de subrutinas

'-----Variables ADC-----'

Dim Sensor\_o1 As Word

Dim Sensor\_o2 As Word

Dim V1 As Single

Dim V2 As Single

Dim Temp As String \* 10

Dim Vo1 As String \* 10

Dim Vo2 As String \* 10

Dim Cont As Byte

'-----Inicializacion-----'

Const K = 5 / 1023

Set Rele1

Set Rele2

Set Led

'PROGRAMA PRINCIPAL

Do

    If Sensor\_temp = 0 Then

        Temp = "0"

        Sensor\_o1 = Getadc(0)

        Sensor\_o2 = Getadc(1)

        Select Case Sensor\_o1

            Case 30 To 52

                Reset Rele1

            Case 153 To 174

                Reset Rele2

            Case Else

                Set Rele1

                Set Rele2

        End Select

        Select Case Sensor\_o2

            Case 30 To 52

                Reset Rele1

            Case 153 To 174

                Reset Rele2

            Case Else

                Set Rele1

                Set Rele2

        End Select

    Else

        Temp = "1"

Set Rele1

Set Rele2

End If

V1 = K \* Sensor\_o1

V2 = K \* Sensor\_o2

Vo1 = Str(v1)

Vo2 = Str(v2)

Temp = "\$" + "T" + Temp + Chr(13)

Vo1 = "\$" + "S" + "1" + Vo1 + Chr(13)

Vo2 = "\$" + "S" + "2" + Vo2 + Chr(13)

Print Temp

Print Vo1

Print Vo2

Loop

SUBROUTINAS DE INTERRUPCION

Inttim0:

Incr Cont

Cont = Cont Mod 25

If Cont = 0 Then

Toggle Led

End If

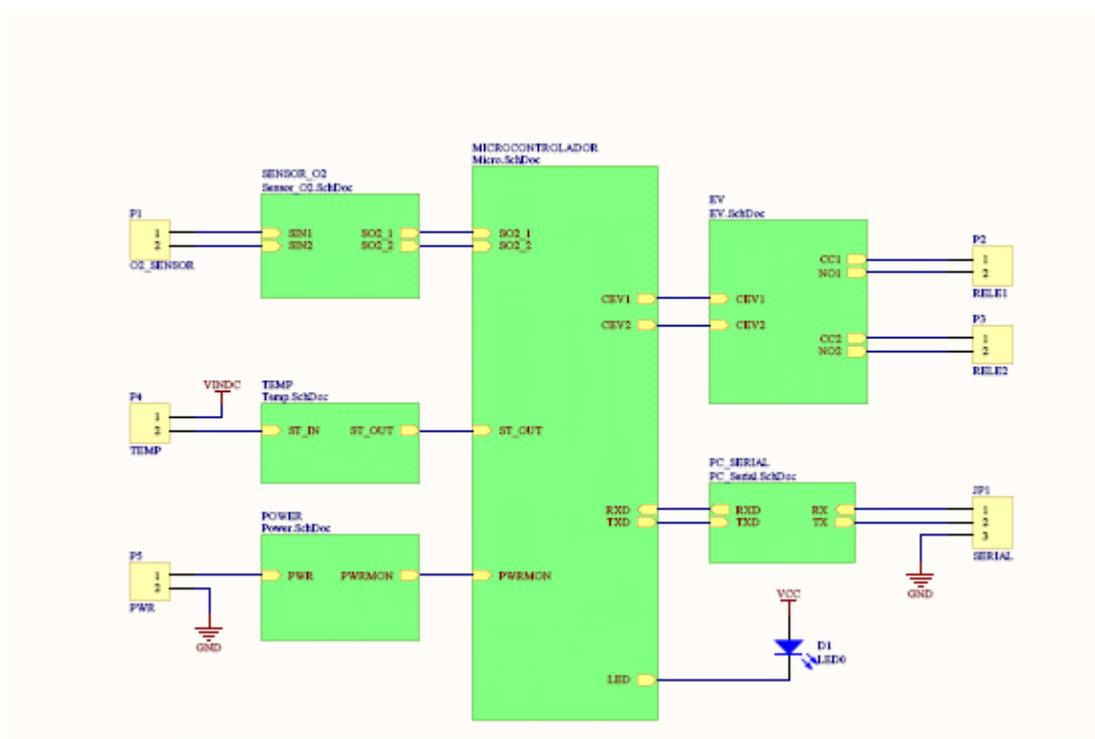
Return

Int\_ser0:

Return

### 3.9 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA

#### 3.9.1 SEÑALIZACIÓN MICROCONTROLADOR



**Figura 3.25: Señalización Microcontrolador.**

La estructura general de la tarjeta electrónica para nuestro Sistema de Control se diseñó como lo muestra la figura (48). En la parte central de este diagrama se encuentra nuestro microcontrolador o procesador de datos seleccionado como lo analizamos en los capítulos anteriores.

La conexión de las señales de entrada o datos de ingreso (Sensores de Oxígeno, Sensor de Temperatura y alimentación), se encuentran en la parte izquierda para facilidad operación en los puertos de entrada del microcontrolador.

La Estructura de la señal de salida será comandada por un grupo de Reles uno por cada dispositivo electrónico de nuestro sistema (Relé No1 Válvula EGR y Relé No 2 sistema EVAP) se encuentran en la parte derecha para facilidad de operación en los puertos de salida del microcontrolador.

Básicamente nuestro sistema electrónico tendrá las siguientes entradas y salidas para su funcionamiento:

**Señales de Entrada:**

- Alimentación.
- Señales de Sensores de Oxígeno (O<sub>2</sub>).
- Señal del sensor de temperatura del Motor.

**Señales de Salida:**

- Dos señales de salida para Solenoides de vacío. (Una para sistema Egr y otra para el Canister).

### 3.9.2 DISEÑO ELECTRÓNICO PARA SEÑALES DE ENTRADA

#### ALIMENTACIÓN

Nuestro sistema electrónico deberá ser alimentado directamente del motor del vehículo cuya fuente de almacenamiento de energía es la batería, misma que tiene un voltaje de operación de 12 voltios en su capacidad de almacenamiento y es variable de acuerdo a las revoluciones a las que opera el alternador (aproximadamente de 12.5 a 13,6 voltios).

El microcontrolador tiene un voltaje de operación de 0 a 5 voltios, por tal razón el voltaje que nos entrega la batería del vehículo tiene que ser acondicionada o regulada para que el microcontrolador empiece a funcionar sin sufrir daños o sobrecargas. Para poder controlar esto nuestra tarjeta tiene un regulador de voltaje el cual permite que el microcontrolador tenga constantemente un voltaje de operación de 5 voltios como lo muestra la figura No.49

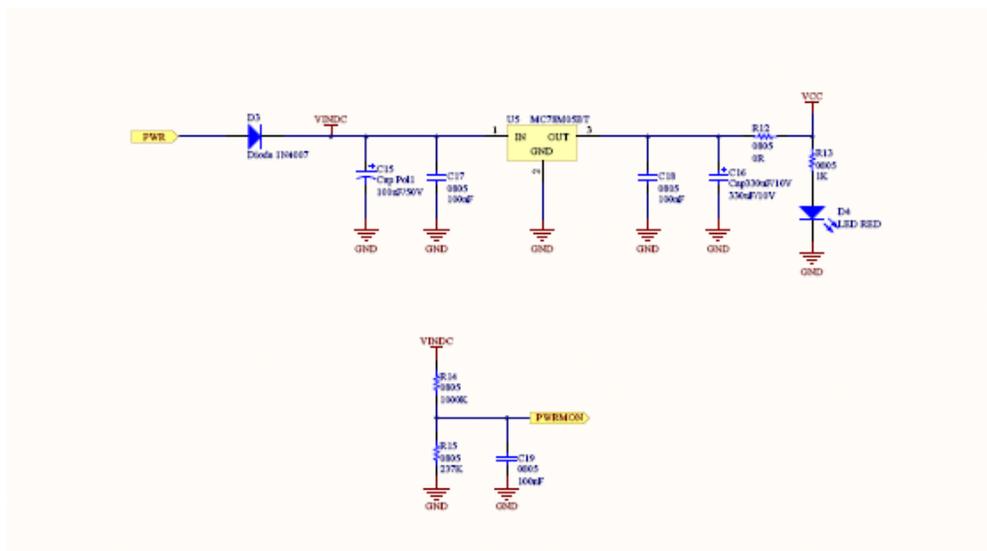


Figura 3.26: Diseño para alimentación del microcontrolador.

## **SEÑALES DE SENSORES DE OXÍGENO (O<sub>2</sub>)**

De acuerdo a la estructura de nuestro sistema electrónico de dispositivos anti-contaminantes se decidió instalar dos sensores de oxígeno, uno en cada múltiple de escape del motor para diagnosticar periódicamente el tipo de mezcla que está ingresando al motor (mezcla rica o mezcla pobre), y de transmitir esta información a nuestro procesador de datos (microcontrolador) el cual realizará los cálculos correspondientes en base a estos datos.

Los sensores de temperatura que se instalaron son de última tecnología, estos poseen un diferenciador de Oxígeno en su interior es decir compara el porcentaje de oxígeno que tenemos fuera del escape con el porcentaje de oxígeno que tenemos en el interior, de acuerdo a esta diferencia, el sensor gana voltaje por un proceso químico interno el cual varía de 0 voltios a 1, 2 voltios respectivamente.

Como las señales de los sensores de temperatura no son analógicos y comprenden los valores anteriormente mencionados, el diseño para que estos datos ingresen al microcontrolador como señales de entrada se lo consiguió incluyendo un amplificador diferencial como lo muestra la Figura No. 50

Internamente el microcontrolador contiene un conversor análogo digital (Conversor A/D) el cual transforma los datos de ingreso al micro en la siguiente relación:

Voltaje operacional: 0 a 5 voltios

Conversor A/D: 0 a 1023 bits

Es decir el cálculo para la transformación del voltaje que nos dicten los sensores de oxígeno a una señal digital se lo realiza mediante una regla de tres de la siguiente manera:

Numero de bits= Voltaje del sensor de oxígeno \* 1023 Bits / 5 Voltios.

De esta manera el microcontrolador siempre tendrá una señal operable la cual procesará de acuerdo a nuestra programación.

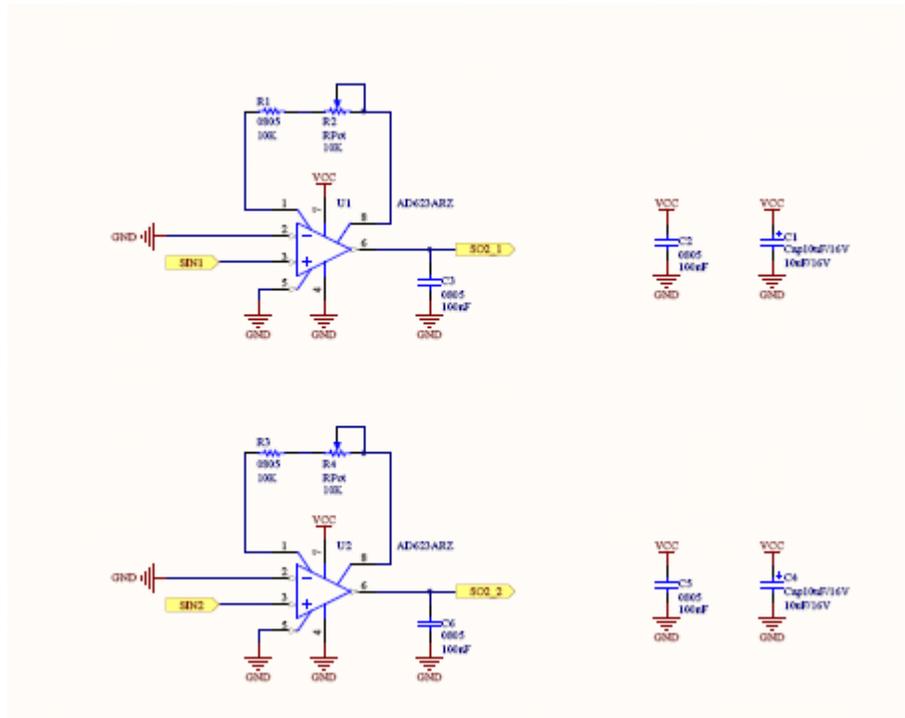


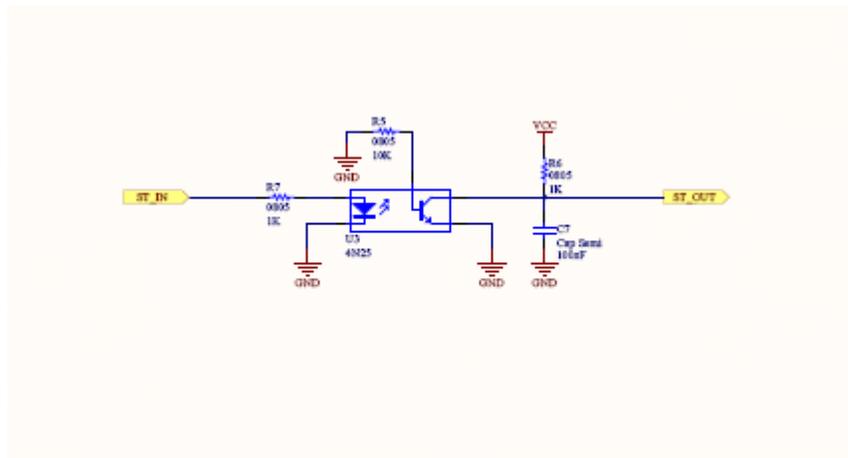
FigurA 3.27: Diseño para conexión de Sensores de Oxígeno.

### SEÑAL DE TEMPERATURA DEL MOTOR

Para nuestro sistema requerimos tener una señal de temperatura del motor debido a que nuestro sistema únicamente podrá entrar a funcionar una vez que el motor se encuentre caliente (70 a 90 grados Centígrados).

Para esto se incluyó en el diseño a un sensor de temperatura, el cual nos enviará un voltaje referencial de acuerdo a la temperatura del motor la misma que ingresará al microcontrolador como señal de entrada.

Como podemos ver en la figura No 51, el diseño electrónico para el sensor de temperatura es bastante sencillo, el diseño incorpora a un optoacoplador , cuando el motor ya se encuentra caliente, el sensor de temperatura emite un voltaje de 12 voltios el mismo que es conducido al optoacoplador en donde se enciende un led cuando esta condición se cumple, el led encendido activa el optoacoplador el cual opera como un relé cerrando el circuito y conduciendo un voltaje hacia el microcontrolador como señal de entrada cuando la temperatura del motor es la correcta.



**Figura 3.28: Diseño para Optoacoplador de sensor de Temperatura.**

### 3.9.3 DISEÑO ELECTRÓNICO PARA SEÑALES DE SALIDA

#### SEÑALES DE SALIDA PARA ACTUADORES (SOLENOIDES DE VACÍO)

Una vez que todas las señales de entrada hayan sido procesadas por el microcontrolador de acuerdo a la programación el microcontrolador dará un pulso de desconexión a tierra a los válvulas solenoides de vacío las mismas que conducirán los gases adecuados nuevamente al motor para ser reconbustionados.

De acuerdo a lo que se observa en la figura No 52, se observa el diagram de conexión de los switch electrónicos los mismos que se activan una vez que el microcontrolador de la señal de salida, es decir, para este caso la desconexión a tierra ya que los solenoides de vació son normalmente abiertos.

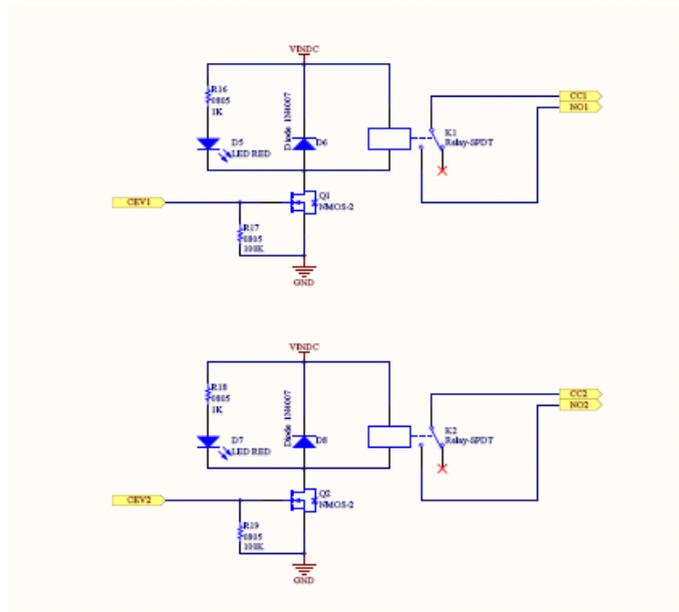


Figura 3.29: Conexión de Electro Switch para Solenoides de Vacío.



### **3.10 PUESTA A PUNTO DEL MOTOR.**

El mejor desempeño del motor de un vehículo siempre se ve ligado a mantenimientos preventivos y de rutina, con los que principalmente se intenta mantener a los diferentes sistemas del vehículo dentro de las tolerancias ideales para reducir considerablemente los costos de operación.

Todos estos mantenimientos deben ser programados o realizados en base a las recomendaciones del fabricante. Una de los puntos de mayor cuidado es la elección de un lubricante apropiado para el motor, en donde se debe considerar el tipo de combustible que el motor requiere para su operación, el tipo de servicio que el vehículo nos va a brindar, su año de fabricación y la temperatura ambiental a la que operará principalmente en arranques en frío donde se produce el mayor desgaste dentro del motor.

Dentro del mantenimiento de un automotor como parte de los mantenimientos de rutina es un correcto ABC del motor, en donde se controla que todas las partes que intervienen en la ignición del motor estén en buenas condiciones y operando correctamente para evitar problemas mecánicos en un futuro. Estos mantenimientos varían de acuerdo al tipo de encendido de los motores y sobre todo al equipamiento tecnológico que poseen, como el caso de los motores de inyección electrónica, motores modernos o el de los motores de alimentación por carburador en los cuales se podría aplicar este proyecto con gran éxito debido a su limitada tecnología.

Como el motor del vehículo seleccionado para el desarrollo de este proyecto debe estar en buenas condiciones mecánicas y muy bien afinado, se procedió a realizar un ABC el cual se detalla a continuación:

### **3.10.1 ABC DE MOTOR MERCEDES BENZ 230.6 1975**

#### **Procedimiento realizado previo al ABC de motor**

- Al ser un vehículo antiguo se debe tomar en cuenta que el motor este totalmente caliente para analizarlo en operación.
- Realizar una prueba de ruta para comprobar que el motor pueda desarrollar toda su potencia sin dificultad.
- Se deben ubicar posibles fallas dentro de la prueba para posteriormente analizarlas y corregir el problema.
- Se debe conducir el vehículo en altas cargas como en bajas y ver si existen contra explosiones, atrancones o cualquier tipo de anomalía en estas condiciones.
- Se debe tomar muy en cuenta sonidos extraños dentro del motor.

#### **Conclusiones de la prueba de ruta**

El motor del vehículo está en muy buenas condiciones, la conducción es suave y el motor se escucha en buen estado, sin embargo en bajas cargas el motor se atranca levemente, por tal motivo, se procederá a realizar los siguientes trabajos para corregir la falla anteriormente mencionada, se mejorará el desempeño del motor y lo tendremos preparado para la instalación de nuestro sistema de control electrónico de dispositivos anticontaminantes:

- **Cambio y calibración de platinos**

Una vez inspeccionado este sistema, se encontró que los platinos están completamente desgastados y picados en sus contactos esta puede ser una de las principales causas de los ligeros atrancos que el motor presentó en la prueba de ruta, en vista a que los platinos son el elemento que se encarga de realizar la chispa adecuada para que posteriormente ésta sea transmitida por medio del rotor a cada uno de los contactos de la tapa de distribuidor y a su vez ésta la transmita a cada una de las bujías del motor.

Cuando la chispa generada en los platinos no tiene la intensidad correcta el motor tiende a atrancarse en cargas parciales y principalmente en cargas bajas como es nuestro caso. Por tal motivo se procedió a realizar su reemplazo con las siguientes especificaciones:

Platinos marca Valeo de dos piezas para este tipo de motor.

Calibración de la distancia entre los contactos con el seguidor en el punto alto del eje de levas del distribuidor: 0,45 mm.



**Figura 3.31: Distribuidor con platinos de dos piezas.**

- **Cambio de filtro de Aire**

Se realizó la inspección del mismo, y se encontró que está totalmente saturado, por tal motivo procedimos hacer su cambio.

- **Cambio de filtro de combustible**

Se realizó la inspección del mismo, y se encontró que está totalmente saturado, por tal motivo procedimos hacer su cambio.



**Figura 3.32: Cambio de filtro de combustible.**

- **Limpieza interna de carburadores**

Este es uno de los trabajos primordiales cuando un motor de ésta tecnología empieza a dar síntomas como los que se tuvo en la prueba de ruta, ya que el carburador es el mecanismo encargado de pulverizar el combustible en su interior y mezclarlo con la proporción adecuada de aire para que la mezcla sea la más eficiente posible para el correcto funcionamiento del motor.

Por tal razón se procedió a realizar el desmontaje de los dos del múltiple de admisión y a desarmarlos totalmente para proceder hacer una limpieza y buscar anomalías en su interior.



**Figura 3.33: Ubicación de los Carburadores en el motor.**

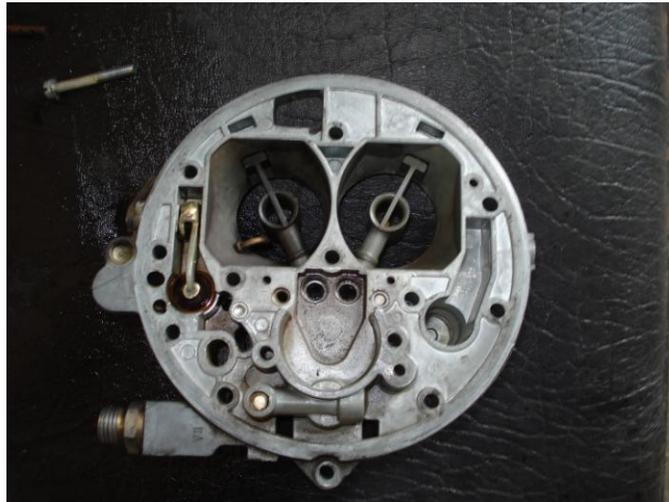


**Figura 3.34: Carburador A.**



**Figura 3.35: Carburador B.**

Como se puede apreciar en las fotos de la parte superior se encontró bastantes impurezas en las cubas de los carburadores, lo que nos da la indicación que debemos desarmarlos y limpiarlos totalmente.



**Figura 3.36: Desmontaje y limpieza de carburadores.**

- **Cambio de Bujías**

De acuerdo al estado de las bujías utilizadas en un motor, es fácil darse cuenta cómo está operando internamente (mezcla aire-combustible; filtraciones de aceite entre pistones, camisas y rines y posibles desperfectos internos) ya que las bujías nos reflejan el estado y operación del motor en su interior.

Se realizó la inspección de cada una de las bujías (seis, una por cada cilindro) las cuales se encuentran dentro de los parámetros normales y se ratifica que el estado del motor es muy bueno; sin embargo, de acuerdo al kilometraje de su operación se recomienda reemplazarlas (cambio de bujías cada siete mil kilómetros).



**Figura 3.37: De izquierda a derecha por posición de cilindros.**

### **3.11 INSTALACIÓN**

El motor del vehículo seleccionado para este proyecto es de tecnología antigua donde la presencia de dispositivos electrónicos era totalmente nula, por tal razón debemos considerar que para instalar el sistema que se ha construido y desarrollado en este proyecto se acondicionaran sensores de tecnología actual los cuales nos dan una señal de voltaje referencial mismos que serán las señales de entrada en nuestro microcontrolador.

Como lo mencionamos anteriormente requerimos de dos grupos de sensores para que el sistema electrónico de dispositivos anticontaminantes funcione automáticamente, y sobre todo para que el grupo de válvulas que controla sean aperturadas en las condiciones precisas que el motor requiera y de esta manera lograr que el porcentaje nocivo de los gases de escape se reduzcan considerablemente y nunca comprometer la operación normal del motor en todas sus condiciones.

#### **3.11.1 INSTALACIÓN DE SENSORES EN EL MOTOR**

La instalación del grupo de sensores seleccionados para este proyecto se lo realizó directamente en el motor del vehículo seleccionado y que a continuación se detallan:

#### **3.11.2 INSTALACIÓN DE SENSORES DE OXÍGENO**

Los sensores seleccionados para el presente proyecto deberán ser instalados directamente en la salida del múltiple de escape, ya que dichos sensores no contienen calentador y son de un solo cable. En ésta posición y por las elevadas temperaturas en

las salidas del múltiple los sensores podrán adquirir la temperatura que requieren para su correcto funcionamiento.



**Figura 3.38: Salidas de los múltiples de escape.**



**Figura 3.39. Acople para los sensores de oxígeno.**

### **3.11.3 INSTALACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA (WTS)**

Este tipo de sensor debe ir instalado de tal forma que esté en permanente contacto con el fluido refrigerante del motor; por tal razón, se construyó una Y de bronce para

poder instalarlo junto al trompo de temperatura original del motor el cual se encuentra directamente acoplado en el cabezote del mismo.



**Figura 3.40: Instalación de Sensor de Temperatura en el Motor.**

### **3.12 INSTALACIÓN DE ACTUADORES**

Como lo hemos analizado anteriormente nuestro sistema electrónico de dispositivos anticontaminantes incluye un grupo de actuadores que se activarán una vez que cumplan las condiciones establecidas en la programación del microcontrolador.

En el diseño de este proyecto se incluyó un solo tipo de actuador por sus funciones y tipo de operación el cual detallamos a continuación.

- **Actuador seleccionado para el proyecto:** Válvula solenoide de vacío de aplicación automotriz.

Este tipo de válvula es utilizada comúnmente en los sistemas modernos de inyección electrónica, su operación se basa en el principio de funcionamiento de un solenoide, es decir, internamente tiene un bobinado que activa a una válvula para cerrar o para abrir un paso cuando es sometido a un pulso eléctrico, generalmente se basa en la conexión o desconexión de tierra.

Para su conexión tiene dos puertos de entrada uno de alimentación de 12 voltios positivo y uno de conexión a masa o tierra, normalmente estas válvulas solenoides de vacío son normalmente abiertas, es decir, sin alimentación se encuentran abiertas permitiendo el paso del fluido que esta controlará. Una vez que es alimentada la válvula solenoide se cierra y no permite el paso por su interior de ningún tipo de fluido, por esta razón la manera de controlarlas es la conexión y desconexión a tierra de acuerdo al requerimiento de operación.

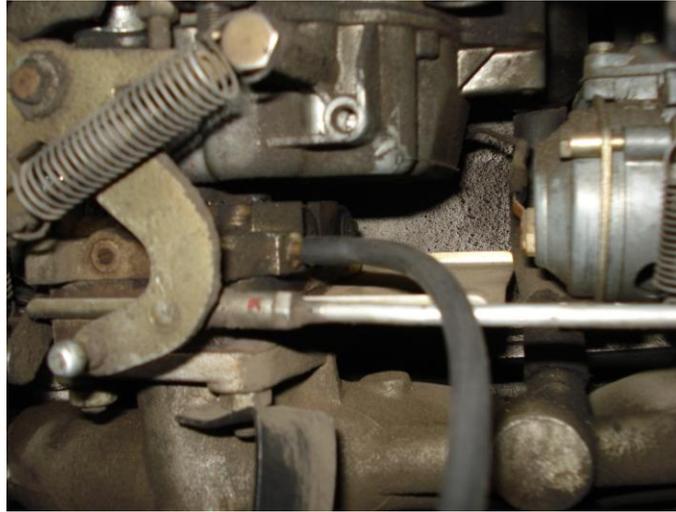
En el diseño de este proyecto se incluyó un par de estas válvulas uno para cada sistema de recirculación de gases en donde este tipo de válvulas funcionarán como se explica a continuación:

### **3.12.1 VÁLVULA SOLENOIDE DE VACÍO PARA SISTEMA EGR**

El sistema Egr (Recirculación de Gases de Escape), incluye una válvula EGR de activación por vacío misma que permite el paso de gases de escape hacia la admisión de los carburadores una vez que la membrana que tiene en el interior sea succionada por vacío dejando libre el paso.

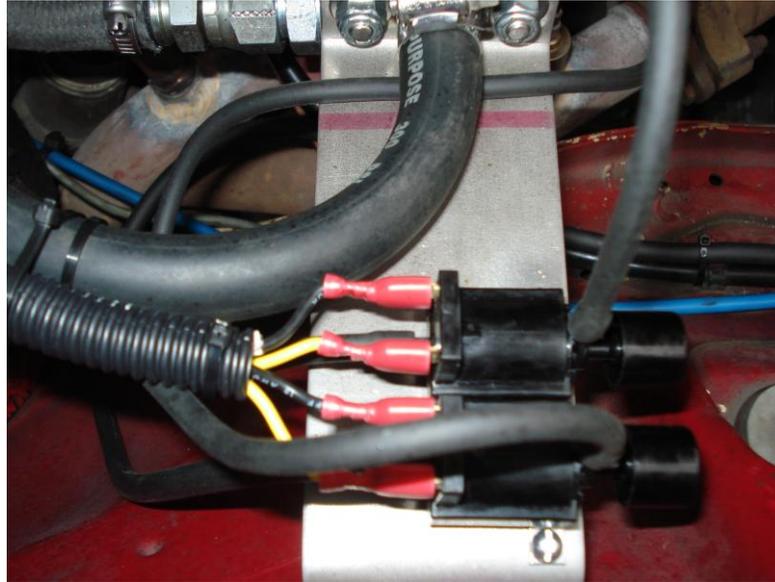
Para la alimentación del vacío a la válvula solenoide, tomaremos el vacío que se crean en los carburadores del motor, el primer carburador tiene su salida de vacío comprometida con el avance de encendido en el distribuidor el cual no

modificaremos, el segundo carburador tiene su salida de vacío disponible del cual lo tomaremos para alimentar a la válvula solenoide.



**Figura 3.41: Alimentación de vacío para válvula EGR del carburador.**

Una vez que la válvula solenoide esté alimentada y conectada directamente a la válvula EGR, esta permitirá el paso de vacío hacia la EGR una vez que el microcontrolador haya enviado el pulso (cuando de hayan cumplido las condiciones de programación del microcontrolador) para desconectar la tierra de la misma y permitir el paso del vacío hasta la válvula EGR, una vez que el vacío llegó a la EGR por su fuerza de succión levantará la membrana que se encuentra el interior y de esta forma quedará libre el paso para que los gases de escape que se encontraban bloqueados puedan ser inyectados a la mezcla fresca en las condiciones de operación del motor adecuadas (Motor caliente y mezcla rica).



**Figura 3.42: Válvula solenoide de vacío para sistema EGR**

### **3.12.2 VÁLVULA SOLENOIDE DE VACÍO PARA SISTEMA EVAP**

El sistema de recirculación de vapores de combustible (EVAP), consiste en aliviar la presión que se genera dentro del tanque de combustible por la evaporación del mismo en su interior enviándolos a la admisión del motor en ciertos parámetros de operación.

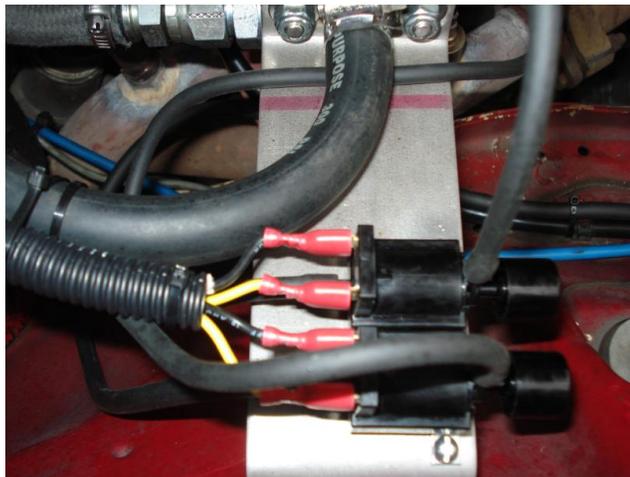
En este sistema se incluye una válvula solenoide de vacío, un depósito de carbón activo (Canister), mismos componentes que se incluyeron en el diseño de nuestro sistema electrónico el cual se detalla a continuación.

El vehículo seleccionado incorpora de fábrica un sistema de alivio de presión del tanque de combustible directamente a la atmósfera por medio de un circuito de mangueras, en la actualidad esto sería prohibido ya que las normas ambientales prohíben el desecho de estos gases directamente a la atmósfera.

Para nuestro sistema se tomará estos gases de la salida de vapores de combustible que ya existe en el vehículo, de tal manera que estos gases serán dirigidos hasta nuestra solenoide de vacío para que esta permita el paso de los mismos hacia el motor únicamente cuando el programa principal la active.

La salida de la válvula solenoide de vacío del sistema EVAP estará dirigida directamente hacia el cánister (Depósito de carbón activo), en donde una vez que ingresen los vapores de combustible se mezclarán con aire fresco y se purificarán cuando mantengan contacto con el carbón activo que este lleva en su interior y de esta manera se crea un gas aceptable para que ingrese a la admisión del motor evitando problemas en el mismo por su ingreso.

Este procedimiento únicamente se llevará a cabo cuando la operación del motor sea la adecuada (motor caliente y mezcla pobre.)

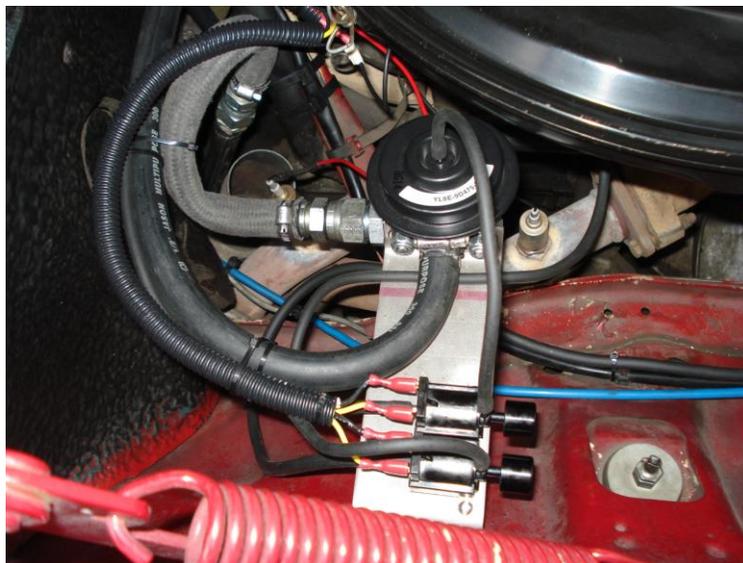


**Figura 3.43: Válvula solenoide de vacío para sistema EVAP.**

### 3.13 INSTALACIÓN DE VALVULA EGR

La instalación de la válvula EGR y su respectiva Válvula solenoide de vacío se la realizará directamente en el motor del vehículo seleccionado, para esto se busco la posición correcta en donde no se maquine las superficies de los guardafangos ni de ningún otro lugar del vehículo seleccionado con el fin de mantener su estructura original y no realizar ninguna modificación de la misma.

Para esto se fabricó una platina que nos sirva de soporte la cual se ancló a orificios que existían de fábrica en el guardafango derecho del vehículo seleccionado como lo muestra la figura No. 67



**Figura 3.44: Soporte para instalación de válvula EGR.**

La alimentación de los gases de escape hacia la misma se tomó directamente del tubo de escape, sacando un tubo paralelo del ingreso de gases en el catalizador el mismo que lo dirigimos hasta el motor como muestra la figura 68.



**Figura 3.45: Colector gases de escape.**

### **3.14 INSTALACIÓN DE SISTEMA EVAP**

De acuerdo al diseño del fabricante del vehículo seleccionado en donde incluyó una salida de los vapores del tanque de combustible por medio de cañerías hasta la atmósfera, tomamos las mismas y las redirigimos hasta nuestra válvula solenoide de vacío misma que permitirá el paso de estos hacia el Canister como lo muestra el gráfico No.68 De esta manera el diseño y la instalación del mismo se simplificó considerablemente.



**Figura 3.46: Depósito de expansión.**



**Figura 3.47: Conexión de alimentación de vapores de combustible para el cansiter.**



**Figura 3.48: Conexión de alimentación y desfogue de gases para el Canister.**

### **3.15 VENTILACIÓN POSITIVA DEL CARTER**

Este sistema ya incluye el vehículo de fábrica como lo muestra el gráfico No.71, la alimentación de los vapores del cárter hacia la admisión los realiza por medio de un conducto que sale de la tapa de válvulas hacia el depurador, este sistema es directo, es decir, permite el paso todo el tiempo de los vapores que genera el aceite en el interior del cárter una vez que se calienta, de esta manera ingresa un vapor caliente hacia el depurador en donde se consigue que la mezcla aire combustible se expanda al aumentar su temperatura.



**Figura 3.48: Colector vapores de aceite.**

## **CAPITULO 4**

### **ANÁLISIS DE DATOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE GASES ANTES Y DESPÚES DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA**

El análisis de gases de escape del vehículo seleccionado para el presente proyecto, se lo consultará directamente de la base de datos del Sistema de Revisión Técnica Vehicular – CORPAIRE, existente en la ciudad de Quito, ésta información es pública y se los consigue ingresando en la página web: [www.corpaire.org](http://www.corpaire.org) seleccionando en la opción “historial de revisión” en dónde se despliegan todas las revisiones a las que el vehículo ha asistido desde que ingresó a operar las CORPAIRE en inicios del 2003 para el Distrito Metropolitano de Quito.

Como parte de las medidas que la CORPAIRE realiza para la obtención del certificado anual del control técnico vehicular, se encuentran los siguientes:

- RPM EN RALENTI
- RPM EN ALTAS REVOLUCIONES
- MONÓXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI
- MONÓXIDO DE CARBONO (CO) EN ALTAS REVOLUCIONES (2500 RPM)
- HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) RALENTI

- HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM
- O2 EN BAJAS
- O2 EN ALTAS
- LAMBDA EN ALTAS
- LAMBDA EN BAJAS

#### 4.1.1 ANÁLISIS DE GASES ANTES DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA

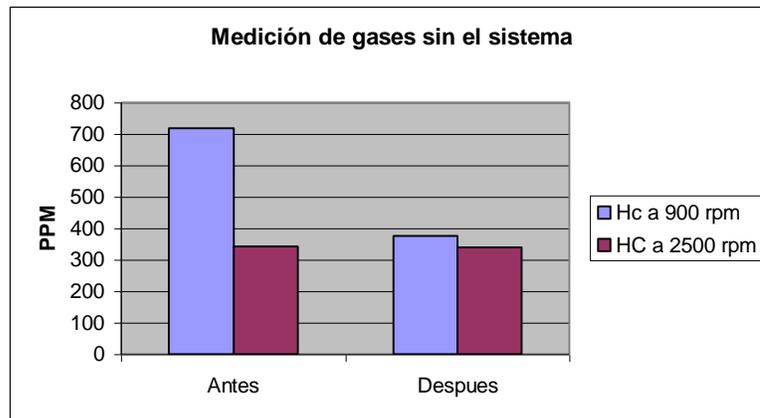
Se consultó en la página de la CORPAIRE la revisión realizada el 11 de Julio del 2009 en donde el motor no tenía instalado el sistema y se encontraron los siguientes resultados.

**Tabla 4.1. Análisis de gases antes de la instalación del sistema (PPM).**

ANALISIS DE GASES ANTES DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA	
Gases medidos	PPM
Hidrocarburos no combustionados (HC) Ralenti 900 RPM	719
Hidrocarburos no combustionados (HC) 2500 RPM	343

**Tabla 4.2. Análisis de gases antes de la instalación del sistema (%).**

ANALISIS DE GASES ANTES DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA	
Gases medidos	%
Monóxido de carbono (CO) Ralenti 900 RPM	2.99
Monóxido de Carbono (CO) 2500 RPM	2.97
O2 en altas RPM	0.75
O2 en bajas	0.82



**Figura 4.1: Medición de gases sin el sistema.**

#### 4.1.2 ANÁLISIS DE GASES DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA

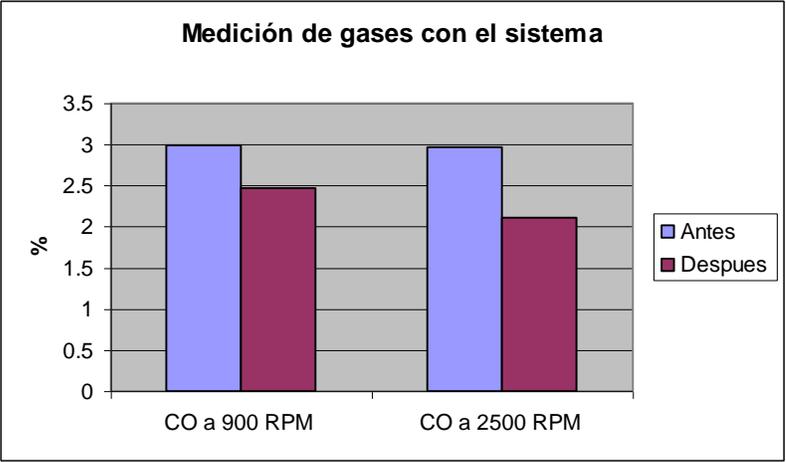
Se consultó en la página de la CORPAIRE la revisión realizada el 2 de Julio del 2010 en donde el motor ya tenía instalado el sistema, se encontraron los siguientes resultados.

**Tabla 4.3 Análisis de gases después de la instalación del sistema (PPM).**

ANALISIS DE GASES DESPUES DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA	
Gases medidos	PPM
Hidrocarburos no combustionados (HC)Ralenti	377
Hidrocarburos no combustionados (HC) 2500 RPM	340

**Tabla 4.4. Análisis de gases después de la instalación del sistema (%).**

ANALISIS DE GASES DESPUES DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA	
Gases medidos	%
Monóxido de carbono (CO)Ralenti 900 RPM	2.47
Monóxido de Carbono (CO) 2500 RPM	2.11



**Figura 4.2. Medición de gases con el sistema.**

## CONCLUSIONES

- Una vez finalizado el proyecto los resultados son totalmente satisfactorios, en primer lugar la operación del motor del vehículo seleccionado ha sido normal, no presentó ningún problema una vez que el sistema electrónico empezó a operar las electroválvulas y los gases que estas controlaban ingresaron nuevamente hacia el motor. La conducción del vehículo es totalmente suave, el motor no se atranca ni se atora en ningún parámetro.
- El consumo de combustible mejoró significativamente, antes de la instalación de todo el equipo el rendimiento del motor del vehículo era de 19 Km/Galón de combustible en ciudad y de 24 Km/Galón de combustible en Carretera. Una vez que el vehículo se equipó con nuestro sistema electrónico de dispositivos anticontaminantes, el rendimiento del motor del vehículo fue de 26 Km/Galón de combustible en ciudad y de 33 Km/Galón de combustible en Carretera.
- El rendimiento del consumo de combustible del vehículo aumentó de acuerdo al siguiente porcentaje:
  - Aumento del Rendimiento de Combustible en la Ciudad: 26.31%
  - Aumento del rendimiento de Combustible en Carretera: 26.92%
- La proporción de gases contaminantes que son descargados a la atmósfera disminuyeron significativamente como se mostró anteriormente en las tablas de comparación.
- Para que este proyecto trabaje correcta y eficazmente el motor del vehículo debe estar en perfecto estado mecánico, de no ser así ninguno de los equipos que forman parte de este sistema puede funcionar correctamente.

- El equipo electrónico y todos los componentes que este incluye, serían fácilmente aplicables a otro tipo de vehículos con motores que posean alimentación por carburadores en donde se conseguirían similares resultados a los obtenidos en el vehículo seleccionado para este proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

- Para que el Sistema Electrónico de Dispositivos anticontaminantes opere correctamente, el motor del vehículo al cual se lo va a instalar debe estar en perfecto estado mecánico por lo cual se recomienda su revisión antes de proceder a instalar el sistema.
- La ubicación de los sensores de oxígeno, es preferible hacerlo a la salida del múltiple de escape, para que puedan operar a la temperatura óptima de operación (alrededor de 250 grados centígrados) y calculen correctamente el porcentaje de oxígeno en los gases de escape del motor.
- Es muy importante seleccionar los materiales adecuados para piezas que se necesiten maquinar para adaptar los diferentes equipos que el sistema posee, de tal manera que no existan problemas cuando estos entren en operación y el motor y sus alrededores ganen temperatura en su operación.
- Es muy importante conocer al detalle que funciones realizará cada sistema del equipo principalmente sus voltajes de operación y cañerías de conexión.
- Se deberá buscar un lugar apropiado para la instalación de la tarjeta electrónica preferiblemente donde ya existan conexiones eléctricas, ya que estos lugares son diseñados por los fabricantes para evitar que contaminantes exteriores afecten el correcto funcionamiento de estos equipos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Pérez Alonso José Manuel. “Técnicas del Automóvil Inyección de Gasolina y Dispositivos Anticontaminación”. Editorial Thomson Paraninfo. Madrid- España 1998.
- Maldonado Pérez Enrique, Menendez Fuertes Luis Manuel, Ferreira Fernández Luis, Matos López Emilio. “Microcontroladores PIC”. Editorial Marcombo Barcelona-España 2007.
- Floyd L. Thomas. “Dispositivos electrónicos Octava edición”. Editorial Pearson Educación de México. Naucalpan de Juárez.-Estado de México 2008
- Erazo Laverde German.“Apuntes de autotrónica I, II, III.” Ecuador-Latacunga 2003.
- <http://wikipedia.com>
- <http://cise.com>
- <http://google.com>

Latacunga, Noviembre del 2010

**EL AUTOR:**

-----  
Díaz Ubidia David Alejandro

**EL DIRECTOR DE CARRERA:**

-----  
Ing. Juan Castro

**UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:**

-----  
Dr. Eduardo Vásquez Alcázar

