



**RECUPERACIÓN DEL BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A  
GASOLINA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**HECTOR EULISIS SAAVEDRA CORDERO  
ARIELIS SOLORZANO VILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**RECUPERACIÓN DEL BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A  
GASOLINA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**HECTOR EULISIS SAAVEDRA CORDERO  
ARIELISSOLÓRZANO VILLA**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
Dr. JORGE LUIS CHACÓN V.  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2010**

## DEDICATORIA

A MI DIOS Y SEÑOR JESUCRISTO POR SU CADA MOMENTO QUE HE VIVIDO  
A SU LADO.

A MÍ MAMI A QUIEN AMO CON TODO MI CORAZÓN.

A MI PAPA POR TODOS LOS ESFUERZOS QUE HA HECHO POR MÍ.

A MI HERMANA POR SU VALIOSA Y HERMOSA AMISTAD.

*ARIELIS*

## DEDICATORIA

AL GRAN ARQUITECTO DEL UNIVERSO POR LA NUEVA OPORTUNIDAD Y BONDAD

A MI MADRE PRECIOSA, POR SU INAGOTABLE AMOR, TERNURA Y TOTAL ENTREGA

A MI VIEJO DEL ALMA, POR SU INQUEBRANTABLE DISCIPLINA, EJEMPLAR PERSEVERANCIA Y CONSTANCIA.

A MIS HERMANOS Y FAMILIARES POR SU RESPALDO E INCONDICIONALIDAD

A SOFÍA, POR TU PACIENCIA Y AFECTO

A MIS PROFESORES, AMIGOS Y COMPAÑEROS DE CAMINO... MIL GRACIAS

*Héctor*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores expresan su total gratitud:*

AL DR. JORGE LUIS CHACÓN DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO, POR  
SU APOYO DURANTE EL DESARROLLO DE NUESTRO TRABAJO.

AL ING. SERGIO REYES POR SU ASESORÍA Y APOYO.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	26
1. REFERENTES TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LOS COMBUSTIBLES, LA RELACIÓN ESTEQUIOMETRIA IDEAL DE LA COMBUSTIÓN Y PRIMEROS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	28
1.1.COMBUSTIBLE.....	28
1.1.1. Gasolina corriente.....	30
1.1.2. Mezclas de combustible para motor.....	32
1.1.3. Mezcla estequiometria.....	32
1.2. EL CARBURADOR.....	33
1.2.1. Funcionamiento del carburador.....	36
1.2.2. Desventajas del carburador frente a la inyección.....	36
1.2.3. Ventajas del carburador frente a la inyección.....	37
1.3. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	37
1.3.1. Tipos de Inyección.....	39
1.3.1.1. Según la ubicación del inyector.....	39
1.3.1.2. Por cantidad de inyectores.....	40
1.3.1.3. Según el número de inyecciones.....	41

1.3.1.4.	Según las características de funcionamiento.....	41
1.4.	HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA DEL FABRICANTE BOSCH.....	41
1.4.1.	Sistema k-jetronic.....	43
1.4.1.1.	Componentes del modelo K-jetronic.....	44
1.4.2.	L-jetronic y Sistemas Asociados.....	47
1.4.2.1.	Sistema Digijet .....	48
1.4.2.2.	Sistema Motronic.....	49
1.4.2.3.	Sistema de admisión.....	49
1.4.2.4.	Medidor del caudal de aire.....	49
1.4.2.5.	Otros sensores .....	49
1.4.2.6.	Ventajas del sistema Ljetronic respecto al Kjetronic.....	50
1.4.2.7.	Desventajas de la inyección frente al carburador.....	50
1.4.2.8.	Ventajas del sistema de inyección frente a la carburación.....	51
2.	ANÁLISIS SISTEMÁTICO Y DIAGNÓSTICO DEL BANCO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.....	52
2.1	DEBILIDADES.....	53
2.2	OPORTUNIDADES .....	55
2.3	AMENAZAS.....	56
2.4	FORTALEZAS.....	56
2.5	ESTRATEGIAS.....	58

2.5.1	Estrategias DO (debilidades-oportunidades).....	58
2.5.2	Estrategias FO (fortalezas-oportunidades).....	58
2.5.3	Estrategias FA (fortalezas-amenazas).....	59
2.5.4	Estrategias DA (debilidades-amenazas).....	59
3.	DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN ESPECÍFICA DE LOS SENSORES DEL BANCO EXISTENTE EN EL LMTA.....	62
3.1	ENGINE COOLANT TEMPERATURE (ECT).....	63
3.2	AIR CHARGE TEMP SENSOR (ACT).....	65
3.3	EGR VALVE POSITION SENSOR (EVP).....	67
3.4	THROTTLE POSITION SENSOR (TPS).....	69
3.5	EGR VACUUM REGULATOR (EVR).....	71
3.6	IDLE AIR BYPASS (IAB).....	73
3.7	RELAYS.....	74
3.8	INYECTORES.....	75
4.	RECUPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	77
4.1	EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y BASES USADAS PRELIMINARMENTE.....	77
4.2	DISEÑO DEL NUEVO BANCO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL LMTA.....	83
4.3	ELABORACIÓN DE LA NUEVA ESTRUCTURA DEL BSIE.....	92
4.4	COMPARACIÓN DE LOS BANCOS DE INYECCIÓN ELECTRONICA DEL LMTA.....	97

4.5 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO.....	100
5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO A REALIZAR EN EL BSIE.....	103
5.1 PRE PRÁCTICA O PRUEBA DE INICIO.....	105
5.2 PRÁCTICA DE SEGURIDAD.....	106
5.3 RECONOCIMIENTO DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES DEL BSIE...	106
5.4 PRUEBAS DE FALLAS.....	107
5.5 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA “RECONOCIMIENTO FÍSICO Y FUNCIONAL DE LOS ELEMENTOS DEL BSIE” .....	109
CONCLUSIONES.....	113
TRABAJOS FUTUROS.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116

## TABLA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Rendimiento del Motor.....	33
Figura 2: El Carburador.....	35
Figura 3: Inyección Indirecta de Combustibles .....	39
Figura 4: Sistema K-Jetronic .....	43
Figura 5: Sistema L-Jetronic.....	48
Figura 6: Banco Simulador de Inyección Electrónica anterior.....	52
Figura 7: Ubicación del los Sensores en el Banco Preliminar.....	62
Figura 8: Sensor ECT.....	63
Figura 9: Curva Característica del Sensor ECT.....	64
Figura 10: Sensor ACT .....	65
Figura 11: Curva Característica Sensor ACT .....	66
Figura 12: Sensor EVP .....	67
Figura 13: Curva Característica Sensor EVO .....	68

Figura 14: Sensor TPS .....	69
Figura 15: Prueba TPS .....	69
Figura 16: Curva Característica Sensor TPS .....	71
Figura 17: Sensor EVR .....	72
Figura 18: Sensor IAB .....	73
Figura 19: Relays .....	74
Figura 20: Circuito Equivalente Relay's .....	74
Figura 21: Inyectores .....	75
Figura 22: BSIE Anterior.....	78
Figura 23: Inseguridad del Diseño Anterior .....	79
Figura 24: Tanque de Agua.....	80
Figura 25: Cableado Posterior .....	82
Figura 26: Infraestructura Física Anterior.....	83
Figura 27: Planos del Tanque de Agua .....	85
Figura 28: Diseño Tanque de Combustibles .....	86
Figura 29: Plano Eléctrico de Línea Viva .....	87

Figura 30: Opción de Diseño 1 .....	88
Figura 31: Opción de Diseño 2 .....	89
Figura 32: Opción de Diseño 3 .....	90
Figura 33: Dimensiones Finales de Estructura.....	91
Figura 34: Limpieza de los Sensores.....	92
Figura 35: Instalación Cableado de Alta .....	93
Figura 36: Instalación del Sistema de RPM.....	93
Figura 37: Instalando los Equipos Eléctricos .....	94
Figura 38: Cajón de Almacenamiento.....	96
Figura 39: Comparación de los Tanques de Agua.....	97
Figura 40: Comparación de los Tanques de Combustible.....	98
Figura 41: Comparación del Cableado Posterior.....	99
Figura 42: Comparación de las Bases .....	100
Figura 43: Formato de la Prueba.....	105
Figura 44: Interruptores de Fallas.....	108

Figura 45: Datos del Sensor ECT.....	110
Figura 46: Datos del Sensor ACT.....	110
Figura 47: Datos del Sensor TPS.....	111
Figura 48: Motor Ford EEC IV 5.0 L.....	123
Figura 49: Diagrama Eléctrico del BSIE.....	124
Figura 50: Diagrama Posterior.....	125
Figura 51: Diagrama Superior .....	125
Figura 52: Diagrama Línea Viva.....	126
Figura 53: Diagrama de Switch.....	126

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Características de la Gasolina .....	31
Tabla 2. Estrategias de la MATRIZ DOFA.....	61
Tabla 3. Pruebas Sensor ECT.....	64
Tabla 4. Pruebas Sensor ACT.....	66
Tabla 5. Prueba Sensor EVP.....	68
Tabla 6. Prueba Sensor TPS.....	70
Tabla 7. Prueba Relays.....	75
Tabla 8. Prueba Inyectores.....	76
Tabla 9. Prueba de funcionamiento del BSIE.....	101
Tabla 10. Medidas Básicas de Precaución.....	110

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Manual de Instrucciones.....	117
Anexo B. Diagramas Eléctricos del BSIE .....	122
Anexo C Características de los Sensores Según Catálogo de fábrica.....	127
Anexo D. Manual de Mantenimiento del BSIE.....	133
Anexo E. Funcionamiento del Sistema de Inyección Electrónica.....	138
Anexo F. Manual Prácticas de Laboratorio.....	141

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- BTU: Representa la cantidad de energía que se requiere para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.
- Carburador: Dispositivo que hace la mezcla de aire-combustible en los motores de gasolina. A fin de que el motor funcione más económicamente y obtenga la mayor potencia de salida, es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas.
- ECU: Es un dispositivo electrónico normalmente conectado a una serie de sensores que le proporcionan información y actuadores que ejecutan sus comandos
- Inyección Electrónica: La inyección electrónica es una forma de inyección de combustible que se diferencia en varios tipos pero básicamente todas se basan en la ayuda de la electrónica para dosificar la inyección del carburante y reducir la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera y a la vez optimizar el consumo
- Inyector: dispositivo utilizado para bombear fluidos utilizando el efecto Venturi. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión convirtiendo su energía potencial en energía cinética.
- Julios: Se le define como el trabajo realizado por una fuerza constante de un newton en un desplazamiento de 1 metro en la misma dirección de la fuerza.

- Poder calorífico: Cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.
- Turba: es un material orgánico compacto, de color pardo oscuro y rico en carbono. Tiene propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos.

## ABREVIATURAS

ECU	Unidad de control electrónico
ECT	sensor de temperatura del refrigerante del motor
ACT	Sensor de temperatura del aire de admisión
TPS	sensor de posición de la mariposa
MAP	Sensor de presión Absoluta del colector de admisión
EVP	Sensor de posición de la válvula EGR
EVR	regulación de Vacío de la EGR
EGR	válvula de recirculación de Gases
IAB	Válvula de control de Flujo de aire a través de la mariposa
FP	Bomba de Gasolina
MS	Interruptor Maestro
PS	interruptor de la ECU y Sistema de ignición
IGN	sistema de encendido o ignición
SGN RTN	Señal de retorno

VPWR	Voltaje de Trabajo de los sensores
PIP	sensor de Revoluciones del motor
TACHOMETER	Tacómetro
TFI	Modulo de sistema de encendido.
DIS	Distribuidor
COIL	Bobina de encendido
FUSES	Fusible

## RESÚMEN

### TÍTULO

**RECUPERACIÓN DEL BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER\***

### AUTORES

ARIELIS SOLÓRZANO VILLA  
HECTOR EULISIS SAAVEDRA CORDERO\*\*

### PALABRAS CLAVES

- Inyección electrónica
- Carburador
- Ecu
- Combustibles
- Máquinas Térmicas.

### DESCRIPCIÓN

Para la recuperación y puesta en marcha del banco simulador de inyección electrónica de combustibles actual sucesor del carburador y que actualmente se encuentra en las instalaciones físicas de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad, se llevaron a cabo diversas acciones entre las cuales se destacan la revisión electrónica de algunos elementos tales como la ECU, el diseño y elaboración de la nueva infraestructura del banco de pruebas, y por último la elaboración de un manual de experiencias, en los siguientes renglones se resume de manera breve cada una de estas fases.

Durante la revisión electrónica de los elementos se determinó como primera medida la viabilidad de llevar a cabo este proyecto de grado para lo cual fue determinante el número de elementos que se encontraron útiles a través de este diagnóstico y la función que cada uno de estos elementos cumplía en el banco de pruebas, el resultado fue satisfactorio por lo cual se decidió iniciar este trabajo de grado.

Para el diseñar la infraestructura se hizo un diagnóstico físico al banco que existía en el laboratorio de máquinas térmicas alternativas, y basándose en las dificultades que se presentaron para movilizar el banco y para acceder a algunos sistemas y elementos, se tomaron decisiones acerca de las formas que deberían llevar las bases del nuevo diseño, el ensamble de la nueva estructura se realizo tomando en cuenta las nociones de mantenimiento de algunos elementos tales como tanques de depósito y sensores. El manual de experiencias se realizó basándose en los conceptos que el estudiante debe manejar acerca de la inyección electrónica de gasolina, y se diseñaron de manera ordenada para que estos conocimientos sean adquiridos de forma consecuyente.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jorge Luis Chacón V.

## ABSTRACT

### TITLE

**RECOVERY OF THE BANK ELECTRONIC SIMULATION OF GAS INJECTION OF MECHANICAL ENGINEERING SCHOOL OF INDUSTRIAL COLLEGE OF SANTANDER\***

### AUTHORS

ARIELIS SOLÓRZANO VILLA  
HECTOR EULISIS SAAVEDRA CORDERO\*\*

### KEY WORDS

- Electronic injection
- Carburetor
- Ecu
- Fuel
- Alternative Heat Machine

### DESCRIPTION

For recovery and launch of the bank simulator electronic fuel injection carburetor current successor and currently in the physical facilities of the school of mechanical engineering at the university, took several actions which stand between the electronic review of some elements such as the ECU, the design and development of new infrastructure test bed, and finally the development of a manual of experience in the following lines to briefly summarizes each of these phases.

During the electronic review of the elements are determined as a first step the feasibility of carrying out this project grade for which it was determining the number of items that are found useful by this diagnosis and the role that each of these elements meet in the test, the result was satisfactory it was decide start this work degree.

Designing the infrastructure for a physical diagnosis is made to the bank that existed in the laboratory of alternative heat engines, and based on the difficulties encountered in mobilizing the bank and to access some components and systems, decisions were made about ways that should bring the bases of the new design, the assembly of the new structure was carried out taking into account the notion of keeping some items, such as storage tanks and sensors. The manual of experience was made based on the concepts that students must manage about electronic fuel injection, and were designed in an orderly manner so that these skills are acquired in a consistent manner.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty Mechanical Physics, School of Mechanical Engineering. Director: Jorge Luis Chacón V.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el principal objetivo de las industrias es obtener más rentabilidad y producción dejando a un lado su interés por proteger el medio ambiente. Sin embargo, en algunos lugares, los seres humanos se preocupan por ofrecer e implementar tecnologías con las que no solo se obtenga mayor rentabilidad y eficiencia en su ejecución, sino que además, conserve en buenas condiciones al medio ambiente. Un ejemplo que muestra esta problemática es el uso de los sistemas de carburación anteriormente utilizados en los automóviles, pues esta tecnología iba en contra de la tendencia actual de crear motores eficientes y sensibles al medio ambiente.

Para mejorar y optimizar el uso de los sistemas de carburación, proteger el medio ambiente y cumplir con el propósito de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander que busca la formación de profesionales comprometidos con el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad colombiana y la educación de ingenieros capaces de entender, comprender y operar algunos de los sistemas del área automotriz extrapolando este conocimiento a otras máquinas de combustión interna, se plantea recuperar el Banco de Inyección Electrónica a Gasolina de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un diagnóstico que permitió identificar los problemas relacionados con la operación y el mantenimiento del Banco de Inyección Electrónica a Gasolina y que suministró la información necesaria para la creación de estrategias que permitan la puesta en marcha en mejores condiciones del mismo. Dentro de este diagnóstico se obtuvo que, el Banco Simulador de Inyección Electrónica a Gasolina, se encontraba con una infraestructura física deteriorada y con algunos elementos eléctricos, mecánicos y electrónicos en mal

estado. Además, de lo anterior, el diagnóstico también plantea el incumplimiento de las normas básicas de seguridad industrial, destinadas para su uso y mantenimiento.

El trabajo que se describe a continuación, contiene el proceso llevado a cabo para lograr los objetivos planteados en el plan del proyecto de grado. En el primer capítulo contiene el marco teórico bajo el cual se realiza una contextualización sobre la importancia y características de los combustibles, la relación estequiometría ideal de la combustión, así como, la reseña histórica de los primeros sistemas de inyección electrónica. En el segundo capítulo, se desarrolla el diagnóstico mediante la metodología de la matriz DOFA de la infraestructura física del Banco Simulador de Inyección Electrónica a Gasolina (BSIE) en donde se estudian las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del mismo. En el tercer capítulo, se expone el diagnóstico eléctrico de los principales sensores y elementos del BSIE. En el cuarto capítulo se habla de los procedimientos que se siguieron para poner en funcionamiento al BSIE. En el quinto capítulo se describen las diferentes pruebas de laboratorio desarrolladas y encaminadas a mostrar el funcionamiento del banco de inyección electrónica. Finalmente se exponen algunas conclusiones y trabajos futuros de todo el proceso llevado a cabo para la materialización de este proyecto de grado.

# 1. REFERENTES TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LOS COMBUSTIBLES, LA RELACIÓN ESTEQUIOMETRIA IDEAL DE LA COMBUSTIÓN Y PRIMEROS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

## 1.1 COMBUSTIBLE<sup>1</sup>

Combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química)

En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse, pero hay excepciones que se explican más adelante.

Existen varias clases de combustibles que se incluyen en tres categorías: los sólidos, los fluidos y los gaseosos.

Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción). La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial, aunque la turba también se ha utilizado para la generación de energía.

---

<sup>1</sup> WIKIPEDIA. El Combustible. [1 pág.]. [En línea].<<http://wikipedia.org/wiki/combustible>>

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna, en los cuerpos de los animales, el combustible principal está constituido por carbohidratos, lípidos, proteínas, que proporcionan energía para los músculos, el crecimiento y los procesos de renovación y regeneración celular.

Se llaman también combustibles a las sustancias empleadas para producir la reacción nuclear en el proceso de fisión, cuando este proceso no es propiamente una combustión. El hidrógeno tampoco es propiamente un combustible, cuando se utiliza para proporcionar energía (en grandes cantidades) en el proceso de fusión nuclear, en el que se funden atómicamente dos átomos de hidrógeno para convertirse en uno de helio, con gran liberación de energía. Este medio de obtener energía no ha sido dominado todavía por el hombre (más que en su forma más violenta, la bomba nuclear de hidrógeno, conocida como Bomba H) pero en el universo es común puesto que es la fuente de energía de las estrellas.

Los combustibles fósiles son mezclas de compuestos orgánicos mineralizados que se extraen del subsuelo con el objeto de producir energía por combustión. El origen de esos compuestos son seres vivos que murieron hace millones de años. Se consideran combustibles fósiles al carbón, procedente de bosques del periodo carbonífero, el petróleo y el gas natural, procedentes de otros organismos. Entre los combustibles más utilizados se encuentran el gas butano, el gas natural y el gasóleo.

**1.1.1. Gasolina corriente:** La gasolina corriente es una mezcla compleja donde puede haber de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico y polimerización, entre otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión de combustibles de los motores. Luego se mezclan de tal forma que el producto final tenga un índice antidetonante IAD ( $\text{Ron} + \text{Mon}/2$ ) de 81 octanos como mínimo. El índice es una medida de la capacidad antidetonante de la gasolina y la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro del motor. Mayor octanaje indica mejor capacidad antidetonante.

Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, los mayoristas de la gasolina le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión). También se adiciona una sustancia química, llamada “marcador”, que permite obtener información sobre la procedencia del combustible sin que modifique la calidad del producto.

**1.1.1.1. Especificaciones:** Las normas ASTM caracterizan en forma clara los diferentes combustibles. El siguiente cuadro muestra los estándares para la gasolina corriente en Colombia.

**Tabla 1: Especificaciones de la Gasolina**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>Métodos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Azufre	g /100 g	ASTM D-4294 (1)		0,1
Corrosión al Cobre, 3 h a 50 °C	Clasificación	ASTM D-130		1 (2)
Destilación	°C	ASTM D-86		
10% volumen evaporado				70
50% volumen evaporado			77	121
90% volumen evaporado				190
Punto Final de Ebullición				225
Estabilidad a la oxidación	Minutos	ASTM D-525	240	
Contenido de Gomas	mg/100 mL	ASTM D-381		
Índice de Cierre de Vapor, ICV	kPa	(3)		98
Indice antide-tonante, (RON+MON)/2	Octanos	ASTM D 2699/D 2700 (4)	81	
Presión de Vapor	kPa (psia)	ASTM D 5191 (5)		55 (8.0)
Plomo	g/L	ASTM D 5059 (6)		0,013
Benceno	ml/100 mL	ASTM D 5580 (7)		1,0
Aromáticos	mL/100 mL	ASTM D 5580 (8)		28
Aditivos dispersantes y Detergentes	(9)			

**Fuente: ASTM 4814 / NTC 1380 (Norma Técnica Colombiana) / Resolución 1565 de Diciembre 27 de 2004. Actualización Marzo 1, 2005**

(1) Método alternativo ASTM D 2622

(2) El valor 1 se refiere a valores 1a o 1B

(3) Calculado:  $ICV = P + 1,13A$  // A : % Evap a 70 °C, P: RVP (Kilopascales Kpa)

(4) Método Alternativo: Infrarrojo

(5) Método Alternativo ASTM D-4953 o D-323

(6) Método Alternativo ASTM D 3237

- (7) Método Alterno ASTM D-3606, D 6277 (IR) o Método PIANO
- (8) Método Alterno ASTM D-1319 o Método PIANO
- (9) Aditivos certificados por el distribuidor (Resolución 81055 de Sept. 20/99)

### 1.1.1 Mezclas de combustible para motor

La relación entre aire y combustible varía constantemente en un motor de pistones. Esta proporción se calcula de acuerdo al peso.

$$\text{Proporción de Mezcla} = \frac{\text{aire atmosférico en gramos}}{\text{Consumo de gasolina en gramos}}$$

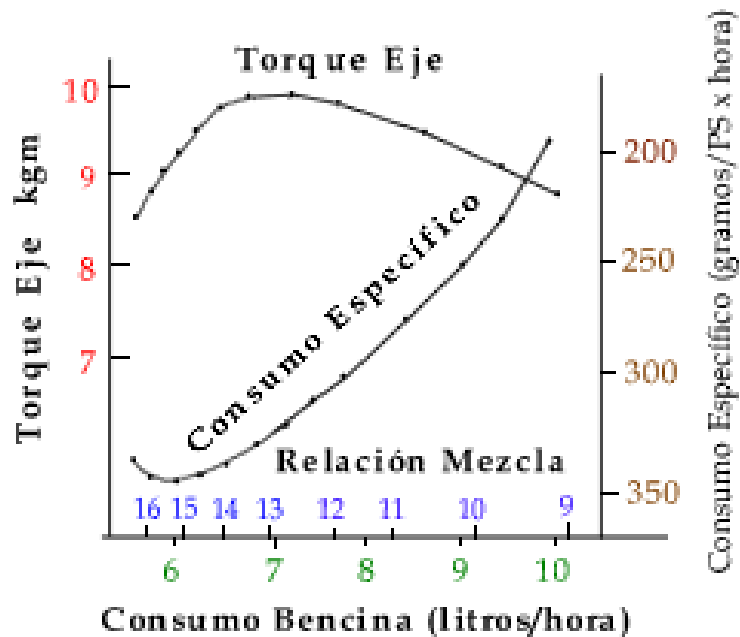
### 1.1.2 Mezcla estequiometria

En condiciones normales, la combustión total de 1 gramo de gasolina se consigue con 14.7 gramos de aire. Sin embargo, los motores de pistón no son capaces de crear las condiciones de homogeneidad entre aire y gasolina para quemarla el ciento por ciento. Para contrarrestar esta deficiencia los sistemas de alimentación están diseñados de manera que la mezcla contenga un 10 por ciento más de aire por gramo de gasolina. Esta proporción se denomina "mezcla económica" y se forma con 16 partes de aire por cada parte de combustible.

**1.1.2.1 Relación de Máxima Potencia:** Esta se obtiene con una mezcla que presenta 20% menos de aire que la proporción económica, es decir, 1 gramo de gasolina por cada 12,5 gramos de aire.

**1.1.2.2 Rendimiento de Motor:** El desempeño de un motor varía de acuerdo a la relación de mezcla que utiliza. Si un motor funciona a velocidad constante y variamos la proporción de aire combustible que lo alimenta su potencia varía de acuerdo al gráfico siguiente.

Figura 1: Rendimiento del Motor



Fuente: <[http://www.todomotores.cl/competicion/imagenes/mezcla\\_potencia\\_2.gif](http://www.todomotores.cl/competicion/imagenes/mezcla_potencia_2.gif). [en línea].

A medida que se mejora el rendimiento volumétrico de un motor, mayor cantidad de mezcla alcanza los cilindros y por consiguiente su potencia aumenta. Otras mejoras se obtienen si se ajusta apropiadamente lo siguiente:

- Atomización de la gasolina.
- Uniformidad de alimentación a cada cilindro.
- Aumento de relación de compresión.
- Punto de encendido eléctrico.

## 1.2 EL CARBURADOR

Es el elemento que va a preparar la mezcla de gasolina y aire en una proporción adecuada (10.000 litros de aire por uno de gasolina) que entrará en los cilindros,

una de las propiedades que ha de tener este elemento, es la de proporcionar una cantidad de mezcla en cada momento, de acuerdo con las necesidades del motor. Esto es, cuando el vehículo necesita más potencia, el carburador debe aportar la cantidad de mezcla suficiente para poder desarrollar esa potencia.

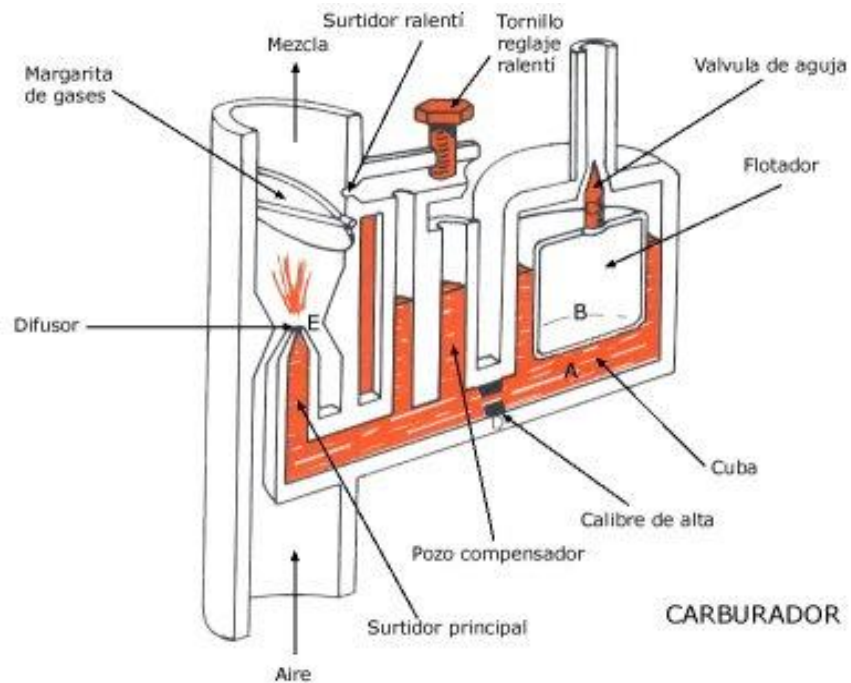
Cuando la proporción de gasolina es mayor a la citada anteriormente, decimos que la mezcla es "rica" y por el contrario, cuando baja la proporción de gasolina, la mezcla es "pobre", los carburadores pueden y de hecho varían según las marcas de los automóviles, pero en todos encontraremos tres elementos esenciales, que son:

**LA CUBA:** El carburador dispone de un pequeño depósito llamo cuba que sirve para mantener constante el nivel de gasolina en el carburador, la cual es a su vez alimentada por la bomba de alimentación, que hemos visto, este nivel constante se mantiene gracias a un flotador con aguja que abre o cierra el conducto de comunicación, y en este caso, de alimentación entre la cuba y el depósito de gasolina.

**EL SURTIDOR:** La gasolina pasa de la cuba a un cubito estrecho y alargado llamado surtidor que comúnmente se le conoce con el nombre de "gicler". El surtidor pone en comunicación la cuba con el conducto de aire, donde se efectúa la mezcla de aire y gasolina (mezcla carburada).

**EL DIFUSOR:** Es un estrechamiento del tubo por el que pasa el aire para efectuar la mezcla. Este estrechamiento se llama difusor o venturi. El difusor no es más que una aplicación del llamado "efecto venturi", que se fundamenta en el principio de que "toda corriente de aire que pasa rozando un orificio provoca una succión"

**Figura 2: El Carburador**



Fuente: <<http://www.altosfierros.com/info%20tecnica/carburadorimag1.jpg>>.[en línea]

La cantidad de gasolina que pasa con el fin de lograr una óptima proporción (1:10.000), la regulan, como hemos visto, el calibrador o gicler, o el difusor o venturi, por su parte, el colector de admisión, que es por donde entra el aire del exterior a través de un filtro en el que quedan las impurezas y el polvo, a la altura del difusor, se estrecha para activar el paso del aire y absorber del difusor la gasolina, llegando ya mezclada a los cilindros.

La corriente que existe en el colector, la provocan los pistones en el cilindro durante el tiempo de admisión, que succionan el aire, una válvula de mariposa sirve para regular la cantidad de mezcla, ésta es a su vez accionada por el conductor cuando pisa el pedal del acelerador, se sitúa a la salida del carburador,

permitiendo el paso de más o menos mezcla, los filtros empleados para eliminar las impurezas del aire pueden ser secos de papel o en baño de aceite.

**1.2.1 Funcionamiento del carburador:** Cuando el conductor no acciona el acelerador, la válvula de mariposa se encuentra cerrada y sólo permite que pase una pequeña cantidad de aire, que absorbe la suficiente gasolina por el llamado surtidor de baja o ralentí, para que el motor no se pare sin acelerar.

El surtidor de ralentí puede regularse mediante unos tornillos, que permiten aumentar o disminuir la proporción de gasolina o de aire, cuando el conductor pisa el acelerador, la válvula de mariposa se abre, permitiendo mayor caudal de aire, lo que hace que la succión producida en el difusor de una mayor riqueza de mezcla, con lo que el motor aumenta de revoluciones, al dejar de acelerar, la mariposa se cierra e interrumpe la corriente de aire, con lo que anula el funcionamiento del difusor. El motor no se para porque, como hemos visto, en ese momento entra en funcionamiento el surtidor de ralentí, si en un momento determinado de la marcha queremos más fuerza, el carburador dispone de un llamado pozo de compensación (surtidor de compensación), situado después del calibrador de alta, que dispone de un remanente de gasolina y en él es donde se alimenta el sistema de ralentí, si se pisa el acelerador, el calibrador de alta dificulta el paso inmediato de la gasolina que se necesita para esa aceleración inmediata, por lo que se sirve del remanente en el pozo compensador, al dejar de acelerar, el pozo recobra su nivel.

**1.2.2 Desventajas del carburador frente a la inyección de combustible:**

- Mayor consumo de combustible debido a que el sistema de carburación trabaja con mezclas mas ricas, en especial en vacío o ralentí.

- Mayores emisiones de gases contaminantes como CO, hidrocarburos no quemados o HC y otros, por lo que el impacto sobre el medio ambiente es mayor.
- Debido a que es un sistema mecánico es poco flexible y difícil de actualizar.
- El rendimiento del motor es inferior.

### **1.2.3 Ventajas del carburador frente a la inyección de combustible:**

- Es un sistema más simple que el modelo de inyección electrónica.
- Los costos de mantenimiento y reparación son más bajos.
- No requiere de personal especializado para labores de mantenimiento.
- Bajo costo en la instalación de sus partes.

## **1.3 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA**

Este es un sistema que reemplaza el carburador en los motores a gasolina, su introducción se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente para disminuir las emisiones de los motores, su importancia radica en su mejor capacidad respecto al carburador para dosificar el combustible y crear una mezcla aire / combustible, muy próxima a la estequiometría (14,7:1 para la gasolina), lo que garantiza una muy buena combustión con reducción de los porcentajes de gases tóxicos a la atmósfera. La relación estequiometría como ya dijimos es la proporción exacta de aire y combustible que garantiza una combustión completa de todo el combustible, la función es la de tomar aire del medio ambiente, medirlo e introducirlo al motor, luego de acuerdo a esta medición y conforme al régimen de funcionamiento del motor, inyectar la cantidad de combustible necesaria para que la combustión sea lo más completa posible.

Consta de fundamentalmente de sensores, una unidad electrónica de control y actuadores o accionadores, el funcionamiento se basa en la medición de ciertos parámetros de funcionamiento del motor, como son: el caudal de aire, la temperatura del aire y del refrigerante, el estado de carga (sensor PAM), cantidad de oxígeno en los gases de escape (sensor EGO o Lambda), revoluciones del motor, etc., estas señales son procesadas por la unidad de control, dando como resultado señales que se transmiten a los accionadores (inyectores) que controlan la inyección de combustible y a otras partes del motor para obtener una combustión mejorada.

El sensor PAM (Presión absoluta del Múltiple) indica la presión absoluta del múltiple de admisión y el sensor EGO (Exhaust Gas Oxygen) la cantidad de oxígeno presente en los gases de combustión, este sistema funciona bien si a régimen de funcionamiento constante se mantiene la relación aire / combustible cercana a la estequiometría, esto se puede comprobar con un análisis de los gases de combustión, pero al igual que los sistemas a carburador, debe proveer un funcionamiento suave y sin interrupciones en los distintos regímenes de marcha.

Estos sistemas tienen incorporado un sistema de autocontrol o auto diagnóstico que avisa cuando algo anda mal, además existe la posibilidad de realizar un diagnóstico externo por medio de scanner electrónicos que se conectan a la unidad de control de inyección y revisan todos los parámetros, indicando aquellos valores que estén fuera de rango, la detección de fallas debe realizarla personal especializado en estos sistemas y deben contar con herramientas electrónicas de diagnóstico también especiales para cada tipo de sistema de inyección, la reparación de estos sistemas se limita al reemplazo de los componentes fallados, generalmente los que el diagnóstico electrónico da como defectuosos.

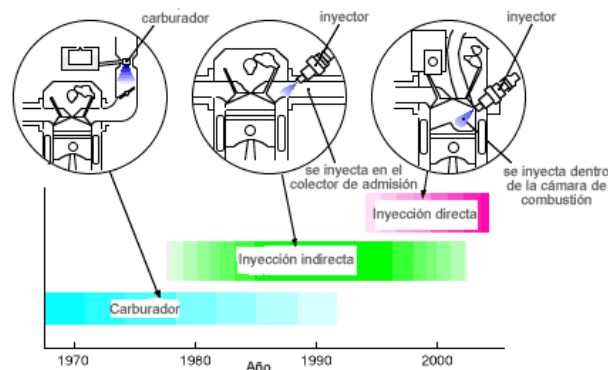
Los sistemas de inyección electrónicos no difieren de los demás, respecto a las normas de seguridad ya que manipula combustible y/o mezclas explosivas. Lo mismo para el cuidado del medio ambiente, se debe manipular con la precaución de no producir derrames de combustible.

**1.3.1 Tipos de Inyección:** La inyección electrónica se puede clasificar dependiendo de las características:

### 1.3.1.1 Según la ubicación del inyector

- **INYECCION DIRECTA:** El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. Este sistema de alimentación es el más novedoso y se está empezando a utilizar ahora en los motores de inyección gasolina como el motor GDi de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.
- **INYECCION INDIRECTA:** El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión, que no tiene por qué estar necesariamente abierta. Es la más usada actualmente.

**Figura 3: Inyección Indirecta de Combustible**



Fuente: [en línea]<<http://journal.alone.cl/wp-content/uploads/2009/10/inyecc-direc-gasolina.gif>.

### 1.3.1.2 Por cantidad de inyectores

- INYECCION MONOPUNTO: Hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, después de la mariposa de gases. Es la más usada en vehículos turismo de baja cilindrada que cumplen normas de antipolución.
- INYECCION MULTIPUNTO: Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta". Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada, con antipolución o sin él.

### 1.3.1.3 Según el número de inyecciones

- INYECCION CONTINUA: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.
- INYECCION INTERMITENTE: Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:
  1. SECUENCIAL: El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.
  2. SEMISECUENCIAL: El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

3. SIMULTANEA: El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.

#### **1.3.1.4 Según las características de funcionamiento**

La evolución continua y progresiva de los sistemas de inyección electrónica ha pasado por tres tipos claros de acuerdo al modo de funcionamiento.

- INYECCIÓN MECANICA (K-jetronic)
- INYECCIÓN ELECTROMECHANICA (KE-jetronic)
- INYECCIÓN ELECTRÓNICA (L-jetronic, LE-jetronic, motronic, Dijijet, Digifant, etc.)

Todas las inyecciones actualmente usadas en automoción pertenecen a uno de los tipos anteriores.

### **1.4 HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA DEL FABRICANTE BOSCH**

Uno de los principales y más influyentes grupos en el desarrollo de nuevas tecnologías y en la optimización de los sistemas de inyección es el grupo BOSCH, con casi un siglo de investigaciones y desarrollo de nuevos productos, es uno de los más antiguos fabricantes de sistemas de alimentación de combustibles.

Por su historia como creadores de nuevas tecnologías en el área automotriz, traza un paralelo del desarrollo y la evolución de los sistemas de inyección electrónica de combustibles, por lo cual se toma como referencia la historia de este grupo para visualizar los cambios que se han realizado en esta tecnología a lo largo del tiempo.

1912.- Primeros ensayos de bombas de inyección de gasolina basada en las bombas de aceite de engrase.

1932.- Ensayos sistemáticos de inyección de gasolina para motores de aviación.

1937.- Aplicación en serie de la inyección de gasolina en motores de aviación.

1945.- Primera aplicación en serie de la inyección de gasolina en vehículos a motor.

1951.- Sistemas de inyección de gasolina para pequeños motores de dos tiempos.

1952.- Sistemas de inyección de gasolina para motores de 4 tiempos para vehículos, en serie a partir de 1954.

1967.- Primer sistema electrónico de inyección de gasolina **D-Jetronic**.

1973.- Inyección electrónica de gasolina **L-Jetronic**. Inyección electrónica de gasolina **K-Jetronic**.

1976.- Sistemas de inyección de gasolina con regulación Lambda.

1979.- Sistema digital de control del motor **Motronic**.

1981.- Inyección electrónica de gasolina con medidor de caudal de aire por hilo caliente **LH-Jetronic**.

1982.- Inyección continua de gasolina con control electrónico **KE-Jetronic**.

1987.- Sistema centralizado de inyección **Mono-Jetronic**.

1989.- Control digital del motor con dispositivo de control de la presión del colector de admisión Motronic MP3.

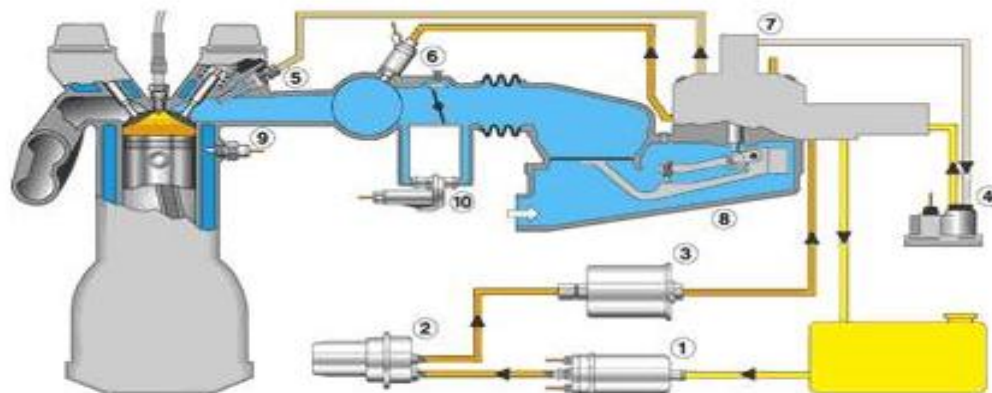
1989.- Control digital del motor con ordenador de 16 bit, Motronic M3.

1991.- Gestión del motor mediante CAN (Controller Area Network), sistema de bus de alta velocidad para acoplar las diferentes centraBlitas.

A continuación se hace un descripción de algunos de los sistemas de inyección más representativos.

**1.4.1 Sistema k-jetronic:** En la figura 4 se muestran las partes más importantes y el funcionamiento de uno de los primeros sistemas de inyección electrónica, el sistema KJetronic, el cual marco el punto clave para que la inyección mecánica fuera transformada en inyección electrónica de combustible.

**Figura 4: Sistema K-Jetronic**



- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Bomba de Combustible | 6. Mariposa                |
| 2. Acumulador de        | 7. Distribuidor de         |
| 3. Filtro de            | 8. Sensor de Flujo de Aire |
| 4. Regulador de         | 9. Ruñía                   |
| 5. Inyect               | 10. Regulador auxiliar de  |

Fuente [en línea].< [http://howautowork.com/part\\_1/ch\\_1/Spark\\_Ignition\\_Engine\\_28.html](http://howautowork.com/part_1/ch_1/Spark_Ignition_Engine_28.html)

El sistema **K-Jetronic** de Bosch proporciona un caudal variable de carburante pilotado mecánicamente y en modo continuo. Este sistema realiza tres funciones fundamentales:

1. Medir el volumen de aire aspirado por el motor, mediante un caudalímetro especial.
2. Alimentación de gasolina mediante una bomba eléctrica que envía la gasolina hacia un dosificador-distribuidor que proporciona combustible a los inyectores.
3. Preparación de la mezcla: el volumen de aire aspirado por el motor en función de la posición de la válvula de mariposa constituye el principio de dosificación de carburante. El volumen de aire está determinado por el caudalímetro que actúa sobre el dosificador-distribuidor

#### **1.4.1.1 Componentes del modelo K-jetronic**

- **Alimentación de Combustible**

El sistema de alimentación suministra bajo presión la cantidad exacta de combustible necesaria para el motor en cada estado de funcionamiento. El sistema de alimentación consta del depósito de combustible, la electrobomba de combustible (1), el acumulador de combustible (2), el filtro de combustible(3), el regulador de presión (4), el distribuidor-dosificador de combustible (7) y las válvulas de inyección (5) . Una bomba celular de rodillos accionada eléctricamente aspira el combustible desde el depósito y lo conduce bajo presión a través de un acumulador de presión y un filtro (3).

- **Bomba eléctrica de combustible (1)**

Es una bomba de tipo centrífugo situado a la salida del depósito; en un interior hay una cámara excéntrica con un disco que contiene cinco cavidades donde están los rodillos. Debido a la fuerza centrífuga los rodillos resultan proyectados contra las paredes, aumentando el volumen de las cavidades y aspirando la gasolina, que se impulsa hasta el tubo distribuidor.

La bomba tiene una válvula de descarga que limita la presión del circuito, de esta manera se evita que una posible obstrucción provoque la avería de la propia bomba, cuando la bomba esta parada, una válvula a la salida mantiene una presión residual en el circuito. El motor de la bomba esta bañado en la propia gasolina que le sirve al mismo tiempo de lubricante y refrigerante, aunque pueda parecer que existe riesgo de inflamación el estar en contacto con la gasolina con el motor eléctrico, esto no es posible debido a la ausencia de aire para la combustión, al poner el contacto del vehículo la bomba se pone en marcha permaneciendo en funcionamiento todo el tiempo en que el motor está en marcha, un sistema de seguridad detiene la bomba cuando no hay mando de encendido.

- **Acumulador de combustible (2)**

Mantiene bajo presión el circuito de carburante después del paro del motor, para facilitar una nueva puesta en marcha, sobre todo si el motor está caliente.

Gracias a la forma particular de su cuerpo, el acumulador ejerce una acción de amortiguación de los impulsos presentes en el circuito y debidos a la acción de la bomba. El interior del acumulador está dividido por dos cámaras separadas por una membrana. Una cámara tiene la misión de acumular carburante y la otra contiene un muelle.

Durante el funcionamiento, la cámara de acumulación se llena de carburante y la curva se curva hasta el tope, oponiéndose a la presión ejercida por el muelle. La membrana queda en esta posición, que corresponde al volumen máximo hasta que el motor deja de funcionar. A medida que el circuito de carburante va perdiendo presión la membrana va desplazándose para compensar esta falta de carburante.

- **Medición del caudal de aire(8)**

El regulador de mezcla cumple dos funciones medir el volumen de aire aspirado por el motor y dosificar la cantidad correspondiente de combustible para conseguir una proporción aire/combustible adecuada. El medidor del caudal de aire), situado delante de la mariposa en el sistema de admisión mide el caudal de aire. Consta de un embudo de aire con un plato-sonda móvil colocado en el nivel de diámetro más pequeño. Cuando el motor aspira el aire a través del embudo, el plato es aspirado hacia arriba o hacia abajo (depende de cada instalación), y abandona su posición de reposo. Un sistema de palancas transmite el movimiento del plato a la válvula corredera que determina la cantidad de combustible a inyectar. Al parar el motor el plato-sonda vuelve a la posición neutra y descansa en un resorte de lámina ajustable (en el caso de los platos-sonda que se desplazan hacia arriba). Para evitar estropear la sonda en caso de retornos de llama por el colector de admisión, el plato-sonda puede oscilar en el sentido contrario, contra el resorte de lámina, hacia una sección más grande. Un amortiguador de goma limita su carrera.

- **Admisión de combustible**

El dosificador-distribuidor de combustible dosifica la cantidad necesaria de combustible y la distribuye a los inyectores. La cantidad de combustible varía en

función de la posición del plato-sonda del medidor del caudal de aire, y por lo tanto en función del aire aspirado por el motor.

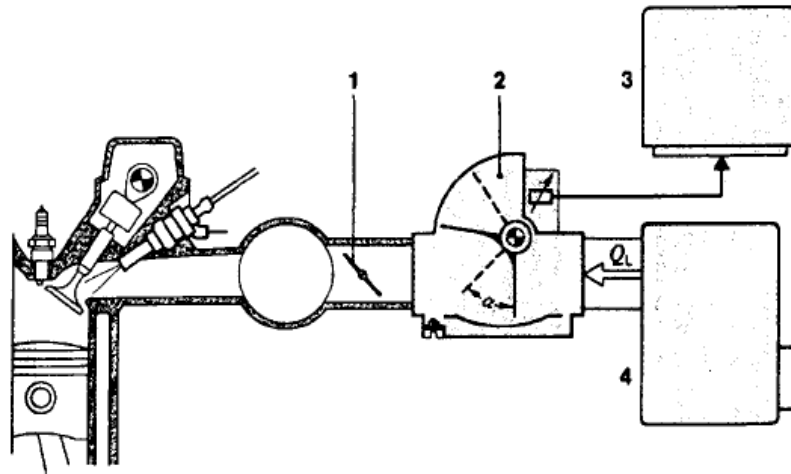
Un juego de palancas traduce la posición del plato-sonda en una posición correspondiente a la válvula de corredera. La posición de la válvula corredera en la cámara cilíndrica de lumbreras determina la cantidad de combustible a inyectar.

Cuando el émbolo se levanta, aumenta la sección liberada en las lumbreras, dejando así pasar más combustible hacia las válvulas de presión diferencial (cámaras superiores) y de estas hacia los inyectores. Al movimiento hacia arriba del émbolo de control se opone la fuerza que proviene del circuito de presión de mando. Esta presión de mando está regulada por el "regulador de la presión de mando" y sirve para asegurar que el émbolo de la válvula corredera sigue siempre inmediatamente el movimiento del plato-sonda sin que permanezca en posición alta cuando el plato-sonda vuelve a la posición de ralentí.

Las válvulas de presión diferencial del dosificador-distribuidor de combustible aseguran el mantenimiento de una caída de presión constante entre los lados de entrada y de salida de las lumbreras. Esto significa que cualquier variación en la presión de línea del combustible o cualquier diferencia en la presión de apertura entre los inyectores no pueden afectar el control del caudal de combustible

**1.4.2 L-jetronic y Sistemas Asociados:** El sistema L jetronic, fue el primer sistema de inyección de combustible netamente electrónico, a diferencia de su precesor el Kjetronic, este nuevo diseño poseía un caudalímetro electrónico sin ningún tipo de accionamiento mecánico, la siguiente figura ilustra de manera detallada los componentes básicos del sistema Ljetronic

Figura 5: Sistema L-Jetronic



1. Mariposa de gases
2. Caudalímetro
3. Unidad electrónica de control
4. Filtro de aire

Fuente [en línea]. < <http://www.mecanicavirtual.org/inyeccion-l-motonic.pdf>

El L-Jetronic es un sistema de inyección intermitente de gasolina que inyecta gasolina en el colector de admisión a intervalos regulares, en cantidades calculadas y determinadas por la unidad de control (ECU). El sistema de dosificación no necesita ningún tipo de accionamiento mecánico o eléctrico

**1.4.2.1 Sistema Digijet:** El sistema Digijet usado por el grupo Volkswagen es similar al sistema L-Jetronic con la diferencia de que la ECU calcula digitalmente la cantidad necesaria de combustible. La ECU controla también la estabilización del ralentí y el corte de sobre régimen.

**1.4.2.2 Sistema Motronic:** El sistema Motronic combina la inyección de gasolina del L- Jetronic con un sistema de encendido electrónico a fin de formar un sistema de regulación del motor completamente integrado. La diferencia principal con el L- Jetronic consiste en el procesamiento digital de las señales

A continuación se describen los detalles.

**1.4.2.3 Sistema de admisión:** El sistema de admisión consta de filtro de aire (4), colector de admisión, mariposa y tubos de admisión conectados a cada cilindro. El sistema de admisión tiene por función hacer llegar a cada cilindro del motor el caudal de aire necesario a cada carrera del pistón.

**1.4.2.4 Medidor del caudal de aire** El medidor del caudal de aire (2), registra la cantidad de aire que el motor aspira a través del sistema de admisión. Como todo el aire que aspira el motor ha de pasar por el medidor del caudal de aire, una compensación automática corrige las modificaciones del motor debidas al desgaste, depósitos de carbono en las cámaras de combustible y variaciones en el ajuste de las válvulas. El medidor del caudal de aire envía una señal eléctrica a la unidad de control (3); esta señal, combinada con una señal del régimen, determina el caudal de combustible necesario. La unidad de control puede variar esta cantidad en función de los estados de servicio del motor.

**1.4.2.5 Otros sensores:** Un cierto número de sensores registran las magnitudes variables del motor supervisan su estado de funcionamiento. El interruptor de mariposa registra la posición de la mariposa y envía una señal a la unidad de control electrónica para indicar los estados de ralentí, carga parcial o plena carga. Hay otros sensores encargados de indicar el régimen del motor, la posición angular del cigüeñal (sistemas Motronic), la temperatura del motor y la temperatura del aire aspirado. Algunos vehículos tienen otro sensor, llamado

"sonda Lambda", que mide el contenido de oxígeno en los gases de escape. La sonda transmite una señal suplementaria a la ECU, la cual a su vez disminuye la emisión de los gases de escape controlando la proporción aire/combustible.

#### **1.4.2.6 Ventajas y desventajas del sistema L Jetronic respecto al Kjetronic**

Comparada con el sistema K jetronic el sistema L jetronic presenta grandes ventajas, como se ha descrito anteriormente el k jetronic se aproximaba mas a una inyección combustible de manera mecánica por lo cual las principales ventajas que posee el L jetronic son :

- Posee menos partes móviles
- No necesita estándares ultra precisos de maquinado para elaborar sus partes.
- Su funcionamiento es mas tranquilo.
- Posee baja demanda de electricidad
- Hay menor pérdida de potencia.
- No requiere impulsores especiales para la bomba.
- Es más económica.

Aunque el sistema L jetronic no presenta desventaja aparente frente a su versión anterior K jetronic su costo de instalación y mantenimiento sigue siendo superior al del sistema de carburación.

#### **1.4.2.7 Desventajas de la inyección electrónica frente al carburador:**

- Mayor costo de fabricación e instalación.
- Mayo costo de mantenimiento.
- Necesidad de equipos y personal calificado para su funcionamiento.

#### **1.4.2.8 Ventajas del sistema de inyección frente a la carburación:**

- Los motores con inyección electrónica producen más potencia ya que funcionan con mezcla aire combustible más cercano a la estequiometría.
- Mayor rendimiento térmico ya que la combustión es más completa.

## 2. ANÁLISIS SISTEMÁTICO Y DIAGNÓSTICO DEL BANCO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

La infraestructura del banco anterior fue analizada a través del método DOFA<sup>2</sup> en el cual se tomaron en cuenta las debilidades y las oportunidades que suministraba el diseño físico y metodológico del proyecto para en base a éstas se crearán estrategias de recuperación del banco y se delimitará en nuevo diseño, en la figura 6 se expone la estructura total del diseño anterior encontrado en el LMTA al iniciar el presente proyecto.

**Figura 6: Banco Simulador de Inyección Electrónica anterior**



**Fuente: Autores**

“La matriz DOFA (conocido por algunos como FODA, y SWOT en inglés) es una herramienta de gran utilidad para entender y tomar decisiones en

toda clase de situaciones en negocios y empresas. DOFA es el acrónimo de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. Los encabezados de la matriz proveen un buen marco de referencia para revisar la estrategia, posición y dirección de una empresa, propuesta de negocios, o idea.”<sup>2</sup>

Partiendo del hecho que la matriz DOFA es un una herramienta práctica, versátil y sencilla para organizar los diferentes factores internos y externos de un elemento y que además, les da un orden lógico que ayuda a comprender, presentar, discutir y tomar decisiones respecto a las soluciones y estrategias que se usaran para lograr los objetivos del plan, en el siguiente diagnóstico se empleo esta metodología para la realización del mismo. De esta manera, se estudiaron y analizaron las debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas en el proceso de recuperación y modernización del Banco de Inyección Electrónica a Gasolina del LMTA de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander con fines académicos.

A continuación se muestran cada uno de los aspectos que resultaron del diagnóstico y que determina los elementos con los que se cuenta o que en su defecto no existen para lograr los objetivos propuestos en el presente proyecto.

## **2.1 DEBILIDADES**

1. Abandono del Banco de Inyección. Actualmente aunque el Banco fue creado con fines didácticos dentro de un marco académico, la última puesta en marcha se realizó hace más de 8 años, por lo tanto, ahora se encuentra en deterioro su sistema de simulación y esta desactualizado respecto a las tecnologías actuales.

---

<sup>2</sup> CHAPMAN, Alan. “Análisis DOFA y análisis PEST”. [10 pág.]. [en línea].2004 <<http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=544>> [11 de Agosto de 2009]

2. El incumplimiento de las normas de seguridad industrial nacionales e internacionales. Este aspecto se constituye un alto riesgo para los estudiantes y personal del LMTA en la utilización de este banco debido al continuo contacto con el combustible líquido y el sistema eléctrico. además de lo anterior, la gasolina está siendo almacenada de forma incorrecta.
3. Ausencia de un manual adecuado de operación y mantenimiento para el banco simulador. El no contar con este manual, dificulta no sólo la operación del mismo, si no también, la comprensión del proceso que se lleva a cabo, obstaculizando en gran medida las futuras reestructuraciones y mejoramientos que se llevarán a cabo buscando la recuperación del banco.
4. La ausencia de herramientas especializadas para el correcto diagnóstico y evaluación del estado del banco y sus diferentes sistemas y elementos. Al no poder contar con herramientas más especializadas se dificultan de manera importante la apreciación del estado actual del sistema simulador de Inyección Electrónica.
5. La falta de capacitación de los auxiliares del LMTA en los temas relacionados con los Sistemas de Inyección Electrónica. Lo anterior obliga a los estudiantes a buscar fuentes externas a la universidad que pocas veces están disponibles.
6. Los continuos cambios de personal que enfrenta el LMTA. Al no poseer la Universidad técnicos especializados de forma permanente, es necesario que los estudiantes sean los encargados del Banco, sin embargo, ellos no están siendo capacitados frente al tema.

## 2.2 OPORTUNIDADES

1. La existencia de diferentes prototipos de Simulación de Inyección de Gasolina tomando como ejemplo el que se encuentra en las instalaciones del SENA, lo anterior permite que se pueda comparar elementos entre uno y otro, ofrece una perspectiva acerca de lo que puede lograr en el Banco Simulador y además, facilita una visualización de los objetivos próximos de este proyecto.
2. El interés del grupo GIEMA y principalmente del estudiantado en la participación de los diversos laboratorios. Prueba de ello es el incremento en el número de estudiantes auxiliares del LMTA en los últimos semestres.
3. La creciente preocupación por los temas ambientales. Este punto ha hecho posible que adquiriera más fuerza e importancia los Bancos de Simulación de Sistemas de Inyección Electrónica en el desarrollo profesional de las ingenierías.
4. El actual desarrollo en la región de la industria del transporte automotriz y de equipo pesado de movimiento de materiales. Este aspecto requiere de ingenieros mecánicos con conocimientos claros sobre los sistemas de inyección electrónica.
5. La realización de estudios, trabajos e investigaciones respecto al tema. Actualmente se están desarrollando en conjunto proyectos de grado encaminados a rehabilitar y sistematizar bancos adjuntos y complementarios en el LMTA, lo que conllevará a un laboratorio de mayor calidad, realzando la necesidad de contar con un banco simulador de inyección electrónica para motores a gasolina.

6. La posibilidad de ofrecer cursos de capacitación mediante diplomados para ingenieros y tecnólogos en el área de la Inyección Electrónica. Al contar con un Banco Simulador se cuenta con el material físico necesario para estas actividades y representaría una forma de sostenimiento del LMTA.

### **2.3 AMENAZAS**

1. El abandono al que ha sido sometido el LMTA. Esto es una amenaza para los diferentes bancos que se encuentra en sus instalaciones debido a la falta de recursos humanos y económicos.
2. La poca inversión en el LMTA por falta de escuela y de la universidad. La falta de recursos dificulta el mejoramiento del ambiente y de los diversos bancos de pruebas del laboratorio así como el proceso de aprendizaje del estudiantado en esta área.
3. Los diversos conflictos a los cuales se enfrenta la Universidad Industrial de Santander en el ámbito social. Lo anterior hace que los diversos fondos con los cuales cuenta la institución para el mejoramiento de sus instalaciones sean redirigidos hacia la recuperación de los bienes que se han perdido o averiado en estas manifestaciones.

### **2.4 FORTALEZAS**

- 1 La existencia de elementos dentro del banco aun funcionales a pesar del deterioro. Tales elementos como las probetas y algunos equipos que han subsistido al paso del tiempo funcionan de manera aceptable.

- 2 La correcta concepción individual con la que fue desarrollado el sistema simulador de inyección con respecto a cada una de sus probetas. Este aspecto ofrece ventajas de tipo pedagógico en comparación con el prototipo existente en el SENA, aún siendo este último más moderno.
- 3 El sistema de inyección del combustible en el Banco Simulador es directa, multipunto y secuencial. Este modelo es el más usado actualmente en la industria.
- 4 El Sistema de Inyección Electrónica de combustible de inyectores múltiples con el que cuenta el Banco. Éste sistema permite la apreciación del desarrollo del proceso en sistemas de alimentación de 8 cilindros, con lo cual es posible desarrollar prácticas de enseñanza-aprendizaje en este campo.
- 5 La percepción didáctica con el que fue elaborado el Banco. Su concepción didáctica permite el aprendizaje de la materia en varios niveles de conocimientos tecnológicos e ingenieriles. Al funcionar las probetas del Banco de Inyección Electrónica de manera individual la apreciación académica del proceso es superior a la de los otros prototipos.
- 6 La distribución de los sensores dentro del banco de Inyección Electrónica de Gasolina está diseñada de manera tal que las valorizaciones de los equipos de mediciones pueden realizarse de manera práctica

## **2.5 ESTRATEGIAS**

### **2.5.1 Estrategias DO (debilidades-oportunidades)**

1. Sugerir cambios tecnológicos de mejoramiento de los elementos del Banco a partir de las comparaciones con otros prototipos del Banco de Inyección Electrónica, por ejemplo el del SENA.
2. La posibilidad de impartir cursos de formación y extensión en el campo de Inyección Electrónica en las instalaciones del LMTA para egresados y estudiantes.
3. Utilizar el Banco como elemento de prueba o prototipo en el tema medio ambiental teniendo en cuenta el interés del semillero de investigación GEIMA en el LMTA.
4. Usar el manual existente del banco del SENA para comprender los pasos que se deben explicar en el banco de la escuela, y poder así mismo elaborar un manual propio, además de implementarle la normatividad legal colombiana de seguridad industrial.

### **2.5.2 Estrategias FO (fortalezas-oportunidades)**

1. Comparar y evaluar los sistemas electrónicos y sensorios del banco de pruebas del SENA con el fin de determinar cuáles son necesarios para un verdadero mejoramiento del Banco de Inyección Electrónica del LMTA.
2. Utilizar el banco con fines didácticos en el área ambiental, usando el BSIE para simular el proceso de Inyección Electrónica de un motor de 8 cilindros lo que significa un motor de mayor potencia y también consumo de gasolina,

esto hace al banco una fuente viable para practicas pedagógicas medio ambientales.

3. Proponer cursos de capacitación en sistemas de Inyección Electrónica en la industria automotriz, para los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander

### **2.5.3 Estrategias FA (fortalezas-amenazas)**

1. Fomentar la participación de empresas y organizaciones con espíritu de ayuda hacia el desarrollo estudiantil que podrían facilitarnos algunos equipos u artefactos para la reestructuración y mejoramiento del banco a través de los egresados.
2. Promover la inversión en equipos y elementos que no se encuentran en existencia o en debidas condiciones de funcionamiento.
3. Buscar el apoyo de entidades gubernamentales tales como Colciencias para promover las investigaciones en el campo de la industria automotriz en la Universidad Industrial de Santander.

### **2.5.4. Estrategias DA (debilidades-amenazas)**

1. Recuperar los sistemas que afectan al Banco de Inyección Electrónica tales como: sistema de encendido, sistema electrónico de control del motor y sistema de inyección de combustible, evitando en lo posible durante el desarrollo del proyecto la expansión mecánica de la unidad.

2. Implementación de tecnologías actualizadas que no comprometan de manera fundamental la infraestructura del Banco.
3. Instalar equipos eficientes y modernos que no representen una tecnología ambigua para el personal del LMTA.

**Tabla 2: Estrategias de la matriz DOFA**

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	<p>Comparar los sistemas electrónicos y los diferentes sensores del banco de pruebas del SENA y determinar cuáles son necesarios para un verdadero mejoramiento del banco de la escuela y así lograr una modernización notoria en este último.</p>	<p>Usar el manual existente del banco del SENA para comprender los pasos que se deben explicar en el banco de la escuela, y poder así mismo elaborar un manual propio, además de implementarle la normatividad legal colombiana de seguridad industrial.</p>
AMENAZAS	<p>El uso de un concepto visionario del banco ayudara a despertar el interés de algunas empresas u organizaciones con espíritu de ayuda hacia el desarrollo estudiantil que podrían facilitarnos algunos equipos u artefactos para la reestructuración y mejoramiento del banco.</p>	<p>La automatización del banco de pruebas de la escuela no es viable actualmente, ya que los costos de solo mejoramiento serán altos y las reestructuraciones del banco en busca de su modernización serán diversas.</p>

**Fuente: Autores**

### 3. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN ESPECÍFICA DE LOS SENSORES DEL BANCO EXISTENTE EN EL LMTA

Uno de los pasos más importantes para la recuperación del BSIE<sup>3</sup>, fue el diagnóstico electrónico de sus sensores y demás elementos, uno a uno fueron probados y calificados, esta tarea se realizó con la asesoría del ingeniero electrónico Sergio Reyes el cual avalo esta investigación, la figura 7 muestra la distribución de los sensores en el diseño anterior.

Figura 7: Ubicación del los Sensores en el Banco Preliminar



Fuente: Autores

<sup>3</sup> B SIE: Banco Simulador de Inyección Electrónica de Gasolina

### 3.1. ENGINE COOLANT TEMPERATURE (ECT)<sup>4</sup>

Este sensor (5) es el encargado de medir la temperatura del motor. Está compuesto por un termistor con coeficiente positivo, es decir, al aumentar la temperatura la resistencia del mismo aumenta, la figura 8 es una fotografía del sensor ECT.

**Figura 8: Sensor ECT**



Fuente [en línea].<<http://fordfuelinjection.com/images/ect.jpg>>

Para la simulación de las condiciones de operación del sensor, este se introdujo en un recipiente con agua caliente, la cual se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Como referencia se usó un medidor de temperatura digital con sonda para la obtención de los datos.

Para corroborar el funcionamiento de este dispositivo, se realizó una prueba de divisor de tensión para obtener la curva característica del sensor y poderla comparar con la suministrada por la hoja de datos.

Con la ayuda de una fuente de tensión continua de 5,7 V, se realizó el montaje en serie de una resistencia y el sensor. La resistencia usada fue de 21,5 k $\Omega$ . Los datos obtenidos en la prueba utilizando un voltímetro fueron se muestran en la

---

<sup>4</sup> ECT: Sensor de Temperatura del Refrigerante.

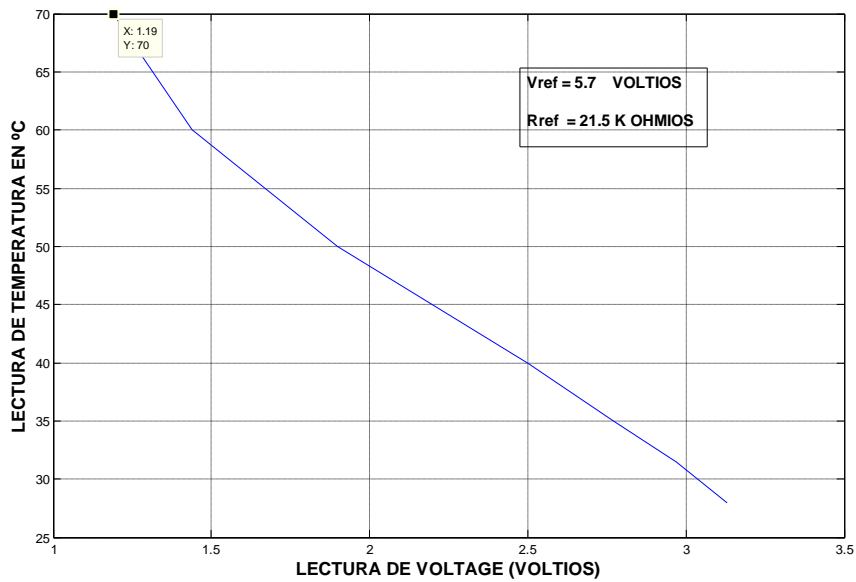
tabla 2 en la cual se comparan los datos obtenidos de voltaje a diferente rango de temperaturas:

**Tabla 3: Pruebas Sensor ECT**

°C	VOLTAJE ECT
70	1,19
60	1,44
50	1,9
40	2,5
35	2,77
31,5	2,97
28	3,13

**Fuente: Autores**

**Figura 9: Curva Característica del Sensor ECT**



**Fuente: Autores**

Según los resultados obtenidos y comparando con la curva suministrada en el anexo D se valida el correcto funcionamiento de este dispositivo, otro elemento importante es el sensor de temperatura de aire que se describe a continuación.

### 3.2. AIR CHARGE TEMP SENSOR (ACT)<sup>5</sup>

Este sensor (6) es el encargado de medir la temperatura del aire que ingresa al motor, este como el ECT es un termistor de coeficiente positivo, y su diseño se muestra en la figura 10.

**Figura 10: Sensor ACT**



Fuente [en línea]. < <http://www.massfloefi.com/images/large/ait.jpg>

Para la simulación y medición de la temperatura se usaron los mismos métodos que con el sensor ECT. Para probar este sensor se realizó el mismo procedimiento que con el ECT, mediante el uso de un divisor de tensión con la ayuda de una resistencia (21,5 k $\Omega$ ) y una fuente de DC de 5,7 V.

Los datos recogidos de la prueba y la curva característica se dan en la tabla 3 y la figura 11.

---

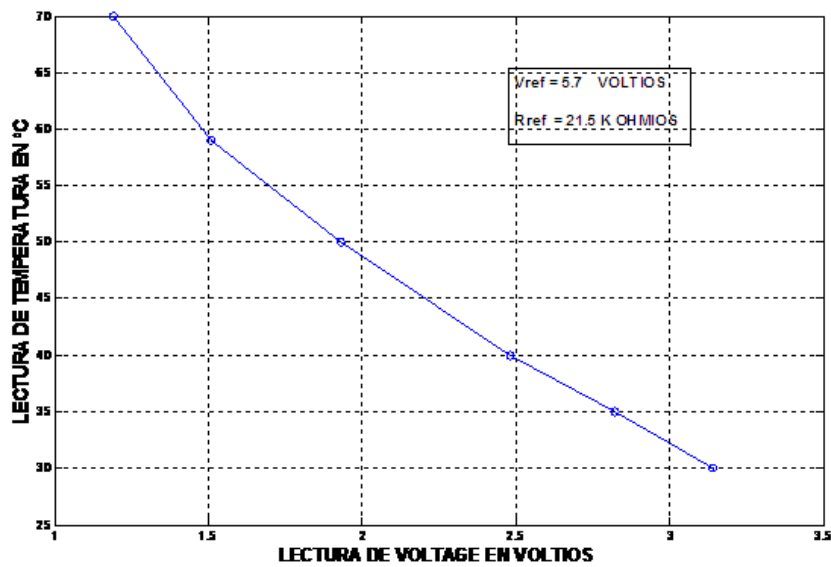
<sup>5</sup> ACT: Sensor de Temperatura del Aire.

Tabla 4: Pruebas Sensor ACT

°C	VOLTAJE
70	1,19
59	1,51
50	1,93
40	2,48
35	2,82
30	3,14

Fuente: Autores

Figura 11: Curva Característica Sensor ACT



Fuente: Autores

Según los resultados obtenidos y comparando con la curva suministrada, se valida el correcto funcionamiento de este dispositivo, otro dispositivo de importancia es el EVP este sensor se describe a continuación.

### 3.3 EGR VALVE POSITION SENSOR (EVP)<sup>6</sup>

Este sensor (7) mide la posición de la válvula EGR y convierte el movimiento mecánico en una señal eléctrica. El EVP es un potenciómetro lineal el cual varía su resistencia de acuerdo a la posición de la válvula, se muestra su forma en la figura 12.

**Figura 12: Sensor EVP**



**Fuente [en línea]. < <http://fordfuelinjection.com/images/evp.jpg>**

Para este dispositivo se utilizó un óhmetro para determinar la resistencia del sensor en diversas posiciones. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 4 y en la figura 13 en la cual se comparan los valores con los proporcionados por el fabricante de acuerdo al anexo D.

---

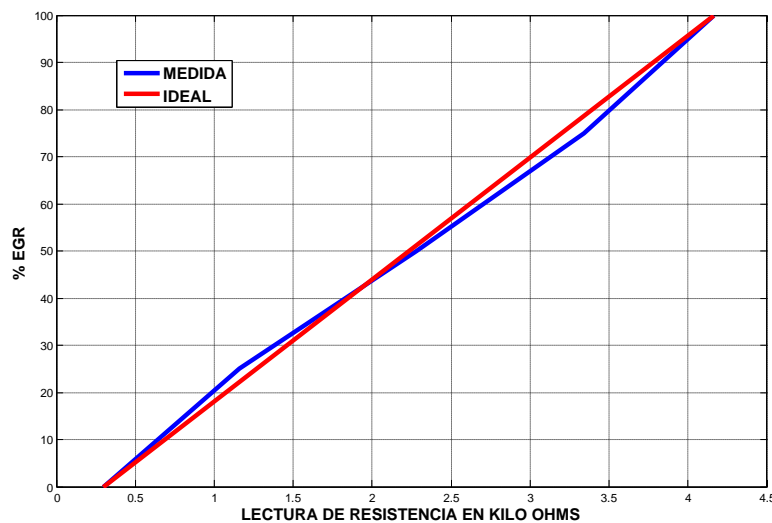
<sup>6</sup> EVP: Sensor de Posición de la Válvula EGR

**Tabla 5: Prueba Sensor EVP**

% EGR	RESISTENCIA SENSOR (KΩ)
0	4,16
25	3,34
50	2,28
75	1,16
100	0,3

**Fuente: Autores**

**Figura 13: Curva Característica Sensor EVO**



**Fuente: Autores**

Como se observa en la figura anterior, los valores obtenidos confirman la operatividad del sensor EVP, a continuación se expondrá el funcionamiento del sensor tps.

### 3.4. THROTTLE POSITION SENSOR (TPS)<sup>7</sup>

El sensor de posición de mariposa (2) es el encargado de decirle a la computadora (ECU), que tan abierta o cerrada se encuentra la misma

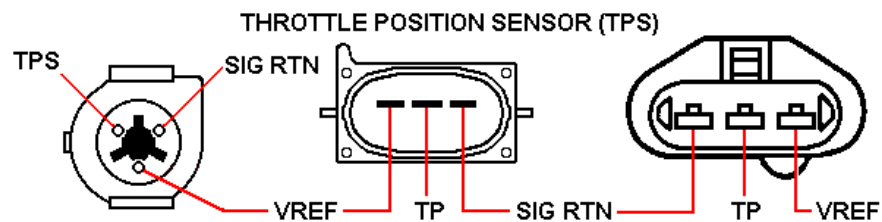
Figura 14: Sensor TPS



Fuente [en línea]. < <http://fordfuelinjection.com/images/tps.jpg>

Este consiste en un potenciómetro lineal que depende de la posición de abertura de la mariposa. Este está compuesto por tres pines, VREF, el cual es el voltaje de referencia o alimentación (5 V); TP, pin de tierra; y SIG RTN, pin que dirige la información de la posición a la ECU.

Figura 15: Prueba TPS



Fuente: [en línea]. < <http://fordfuelinjection.com/images/tps02.gif>

<sup>7</sup> TPS: Sensor de Posición del Cuerpo de la Mariposa.

Como referencia se midió el valor de resistencia del sensor para los extremos con ayuda de un multímetro, al mínimo entre TP y SIG RTN se encontró una resistencia de 508  $\Omega$ , y a máxima rotación una resistencia de 4190  $\Omega$ .

Para probar el funcionamiento del TPS se utilizó una fuente de voltaje DC de 5 V entre los pines VREF y TP, y un voltímetro para medir la salida de tensión en el pin SIG RTN.

Los datos obtenidos en la prueba se ilustran en la tabla 5:

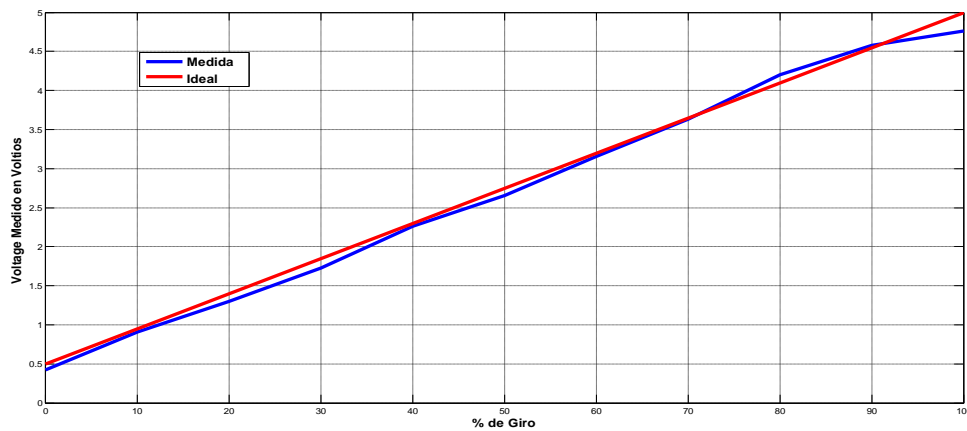
**Tabla 6: Prueba Sensor TPS**

ANGULO DE ROTACION (%)	VOLTAJE DE SALIDA (V)
0	0,42
10	0,90
20	1,30
30	1,72
40	2,26
50	2,65
60	3,15
70	3,63
80	4,20
90	4,57
100	4,66

**Fuente: Autores**

La curva obtenida para el sensor de posición de mariposa se muestra en la figura 16:

**Figura 16: Curva Característica Sensor TPS**



**Fuente: Autores**

Como se observa en la figura anterior, el comportamiento del sensor TPS (línea azul) concuerda con el esperado; de esta forma se valida el funcionamiento del dispositivo

### **3.5. EGR VACUUM REGULATOR (EVR)<sup>8</sup>**

Este actuador (4) controla la apertura y el cerrado de la válvula EGR, está compuesto por un solenoide electromagnético, el cual por medio de un voltaje suministrado permite o no el paso de vacío hacia la válvula EGR, su diseño se muestra a continuación en la figura 17

---

<sup>8</sup> EVR: Regulador del Vacío de la EGR

**Figura 17: Sensor EVR**



**Fuente:** [en línea]. < <http://fordfuelinjection.com/images/evr.jpg>

Para corroborar el funcionamiento del actuador se presentan dos pruebas:

1. Resistencia Interna, los valores especificados para los automóviles Ford están entre 20 y 70  $\Omega$ . Valiéndose de un multímetro se encontró una resistencia entre pines de 33,3  $\Omega$ , valor que se encuentra dentro del rango especificado.
2. Sistema Electromecánico, este tipo de reguladores operan mediante la fuerza que genera un sistema de campo magnético alimentado por un voltaje de entrada (12 V). La operación de este tipo de regulador emite un sonido particular (clic) para el control, al alimentar con 12 V el actuador respondió de la forma anteriormente expuesta.

Otro de los elementos diagnosticados en este libro y de suma importancia en los sistemas de inyección electrónica es el sensor IAB que se expone a continuación.

### 3.6 IDLE AIR BYPASS (IAB)<sup>9</sup>

Esta válvula (3) controla eléctricamente el flujo de aire a través de la mariposa con el cual se controla computacionalmente la estabilidad de las RPM's del motor

**Figura 18: Sensor IAB**



**Fuente:** [en línea]. < <http://fordfuelinjection.com/images/iab.jpg>

Se divide en dos partes eléctrica y neumática, la primera compuesta de un solenoide como en el caso del EVR y la segunda que recibe el movimiento generado por el solenoide para controlar el paso del aire.

Se realizó la prueba de operación para la parte eléctrica mediante la medición de la resistencia entre pines, la cual arrojó un valor de 10,2  $\Omega$ , el cual es un valor típico para este tipo de dispositivo eléctrico.

Además se observó el correcto funcionamiento al alimentar los pines con 12 V, al escucharse el clic de despegue y observarse el respectivo desplazamiento de control para la parte neumática del sistema total. De esta forma se valida el correcto funcionamiento eléctrico del actuador IAB.

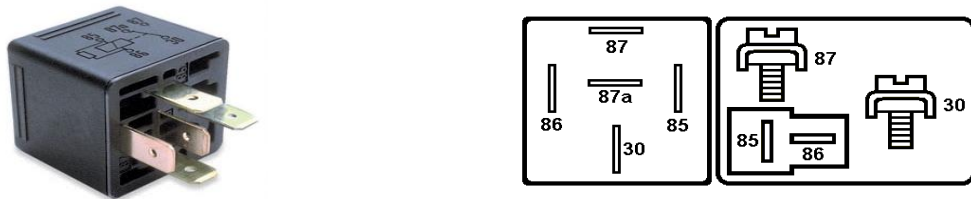
---

<sup>9</sup> IAB: Válvula de Dirección del Aire.

### 3.7 RELAYS

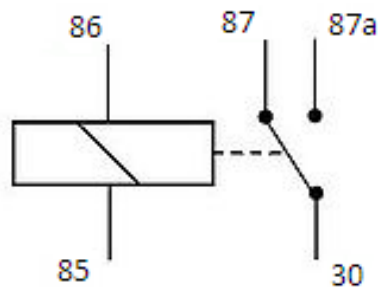
Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, estos son usados por la computadora para diversos sistemas eléctricos. En la caja de fusibles se encontraron tres Relay's de tipo conmutación cuyo circuito equivalente se muestra en la figura 19 y 20:

Figura 19: Relays



Fuente: [en línea]. <<http://fordfuelinjection.com/images/relay.jpg>>

Figura 20: Circuito Equivalente Relay's



Fuente: [en línea]. <<http://fordfuelinjection.com/images/relay.jpg>>

Al alimentar con 12 V entre los pines de la bobina (85, 86), el Relay procede a conmutar la continuidad entre el pin (87) y el pin (87a). Para probar el funcionamiento de los Relay's se procedió a medir la continuidad por medio de un

multímetro al alimentar y desalimentar la bobina con 12 V. Los resultados fueron los esperados en las conmutaciones, lo que nos corrobora la adecuada operación de los dispositivos. La resistencia en cada bobina se muestra en la tabla 6.

**Tabla 7. Prueba Relays**

RELAY	RESISTENCIA $\Omega$
R1	68,4
R2	69,9
R3	68,8

**Fuente: Autores**

### **3.8 INYECTORES**

Los inyectores (1) son los encargados de controlar eléctricamente el flujo de combustible en los cilindros, la computadora por medio de señales sincronizadas activa el paso de combustible en cada uno de los ocho cilindros. El sistema eléctrico compuesto por un solenoide (bobina) es similar al EVR o el IAB, el cual mediante la alimentación de voltaje permite el paso del combustible.

**Figura 21: Inyectores**



**Fuente:** [en línea]. <<http://www.testengine.com.ar/pb/images/img2227144720ff18817c.jpg>>

La validación del funcionamiento los inyectores se realizó mediante la medición de la resistencia interna y sonido de despegue y apertura. Con la ayuda de una fuente de 12 V DC y un multímetro se obtuvieron los siguientes resultados positivos que se muestran en la tabla

**Tabla 8: Resultado de Pruebas a Inyectores**

INYECTOR	RESISTENCIA A $\Omega$	CORRIENTE DE CORTO mA	CLIC DE DESPEGUE
I1	14,7	840	✓
I2	14,6	850	✓
I3	14,6	860	✓
I4	14,5	850	✓
I5	14,6	850	✓
I6	14,6	850	✓
I7	14,6	850	✓
I8	14,6	850	✓

**Fuente: Autores**

#### **4. RECUPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

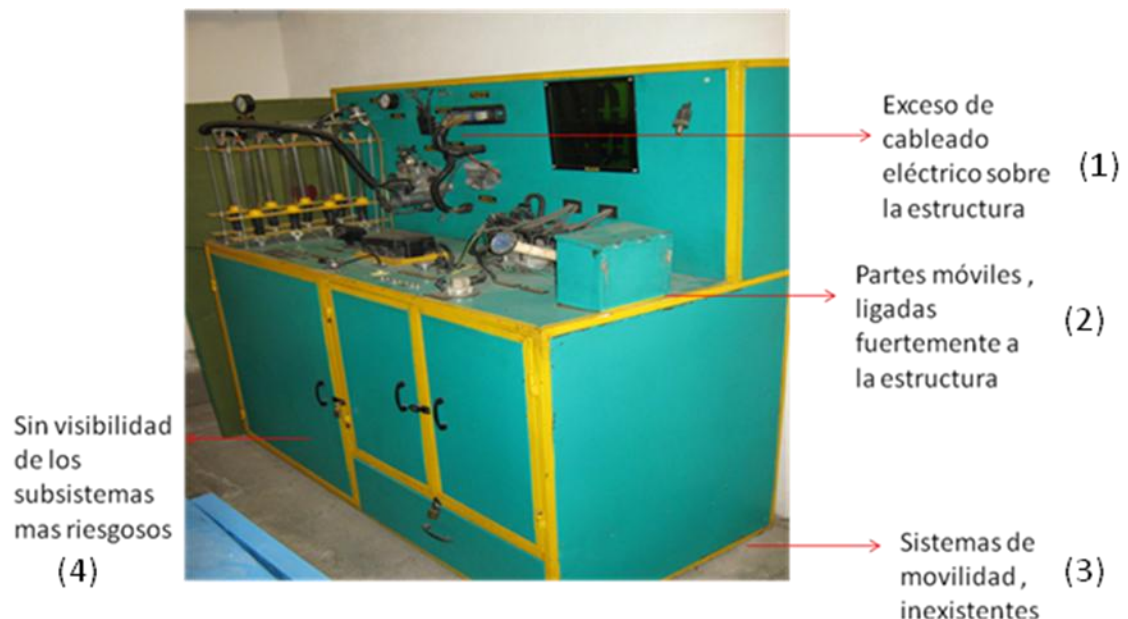
Para la recuperación del BSIE del LMTA fueron necesarias varias fases tales como diagnóstico del banco anterior, evaluación de las estructuras y soportes usados preliminarmente, estimación de las normas de seguridad incumplidas en el banco anterior, diseño de las nuevas estructuras física , implementación de las normas de seguridad , montaje del nuevo BSIE y puesta en marcha del nuevo banco, en el siguiente capítulo se describirá de forma detallada los procedimientos que se realizaron para lograr los objetivos de este proyecto de grado, empezando con una descripción y análisis de la estructura física del banco anterior en la cual se mencionaran las dificultades que se presentaron durante el desmontaje de los elementos funcionales y como estas influyeron en la elaboración de un nuevo diseño que facilita el acceso a los elementos y subsistemas del banco , por último, se realiza un paralelo de los bancos.

##### **4.1. EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y BASES USADAS PRELIMINARMENTE.**

Se realizó una inspección valorativa de la forma como algunos montajes estaban diseñados, la cual se uso como plataforma para implementar bases más fuertes que brindaran estabilidad y firmeza a las partes móviles, la primera y mayor dificultad que se presento durante la fase de evaluación de la estructura fue con respecto a la movilidad del banco en general, ya que este no contaba con ningún medio de transporte, su soportes correspondían a bases de formas triangulares que funcionaban como separador entre la base de la estructura y el suelo pero

que causaban una adherencia entre estos dificultando grandemente el movimiento del banco en cualquiera de sus direcciones , al ser una estructura metálica con componentes tales como tanques, rampla de admisión, probetas de vidrio, cajones entre otros, la posibilidad de movilizar el banco de forma horizontal era nula , por lo cual era necesario arrastrar la estructura hasta el lugar deseado, lo cual requería del esfuerzo de al menos dos personas, como se detallara en la siguiente gráfica esta era solo la dificultad inaugural de la estructura anterior .

**Figura 22: BSIE Anterior**



**Fuente: Autores**

Una vez movilizado (3) el banco las nuevas dificultades fueron sobre saliendo al hacerse necesario la extracción de algunos elementos electrónicos para la realización del diagnóstico presentado en el capítulo anterior, las fuertes ligaduras que presentaban las partes móviles hacia la estructura (2) no facilitaban la tarea, el sistema de calentamiento de agua que simula las condiciones de la temperatura del refrigerante del motor, se encontraba soldado a la estructura.

En lo que respecta al sistema de calentamiento de aire que simula las condiciones del viento que ingresa al motor no presento problema mayor en el momento del desarme, sin embargo la estructura básica del subsistema era endeble y con poca estabilidad, debido a que la única forma de sujeción que presentaba el secador era una correa de plástico que lo ligaba a otra estructura.

Realizado el diagnóstico de los sensores se inicio el desmonte de los demás elementos, durante el desarme del sistema de suministro de combustible, se partieron dos de las probetas de almacenamiento de gasolina, estas fueron restauradas ya que no son del tipo comercial, pero el mayor desacierto se encontró en el tanque que almacenaba el combustible, como primer lugar la estancia en la que se encontraba el recipiente era invisible al usuario (4) las demás dificultades que encontramos en el sistema de almacenamiento de gasolina están ilustradas en la figura 23 y se expondrán en los siguientes párrafos.

**Figura 23: Inseguridad del Diseño Anterior**



**Fuente: Autores**

el tanque de gasolina (1) tal como se muestra en la figura 23 se encontraba directamente sobre el piso , las mangueras que re circulaban el combustible tenían como punto de llegada una tapa plástica de pequeño tamaño (3) que se introducía dentro del tanque, el color del recipiente era negro y la bomba se encontraba sumergida dentro de una estructura hermética por lo cual al intentar extraerla fue necesario dañarla, sobre el sistema de almacenamiento de combustible rozaban cables eléctricos lo que representaba un peligro para los usuarios ya que el tanque de gasolina no era el adecuado para este fin, su color negro evitaba tener visibilidad sobre el contenido del mismo, su gran tamaño dificultaba su movilidad y su tapa apenas ajustaba sobre el recipiente además debido a su forma no proporcional en el sentido altura – ancho, existía el riesgo de dañar la bomba eléctrica como consecuencia de trabajar en vacío

Respecto al tanque de agua se presentaron múltiples dificultades ilustradas en la figura 24 al intentar desarmar el sistema, al final se opto por romper el tanque.

**Figura 24: Tanque de Agua**

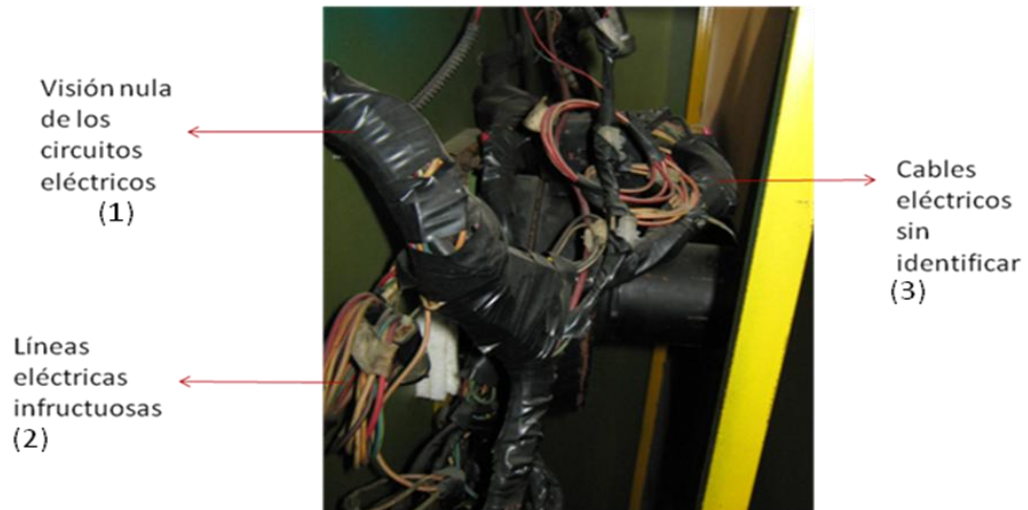


**Fuente: Autores**

El tanque de agua además de carecer de una forma de drenaje externa que permitiría evacuar el líquido almacenado en su exterior era de metal y en su interior existía un recipiente de caucho (2) que estaba aislado por un recubrimiento de fibra de vidrio , al intentar desmontar este sistema se encontró que también la resistencia estaba fuertemente relacionada al tanque (3) a través de una tuerca de ajuste y el ángulo que esta posee evitaba el desarme del subsistema, por lo cual se opto por intentar desmontar solo el recipiente interior , pero esta tarea se vio afectada por las puntas sobresalientes de los tornillos (1) que unían la tapa del tanque al cuerpo del mismo, al final se decidió romper la estructura del tanque sobre su parte superior para poder desmontar la resistencia y el sensor .

Una vez finalizado el desarme de los elementos estructurales, se llevo a cabo el des cableado del banco, durante este se noto que existía un exceso de cables eléctricos de los cuales muchos de ellos poseían una conexión infructuosa, ya que tenían terminación cerradas no conectadas al cableado general del banco, como primera medida de reconocimiento eléctrico se verificaron los terminales del Unidad Electrónica de Control ECU los cuales son 60 y todos se encontraron en conexión, por lo cual se opto por seguir el diagrama eléctrico anexado en el manual del banco anterior sin embargo esta opción debió ser reevaluado ya que muchos de los elementos presentes en el mapa eléctrico tales como sensor PSP, HO2S, sistema de aire acondicionado, faros, luz indicadora de falla entre otros, no existían en la estructura física del proyecto, se inicio entonces un seguimiento físico de las líneas que se ilustra e la figura 25.

**Figura 25: Cableado Posterior**



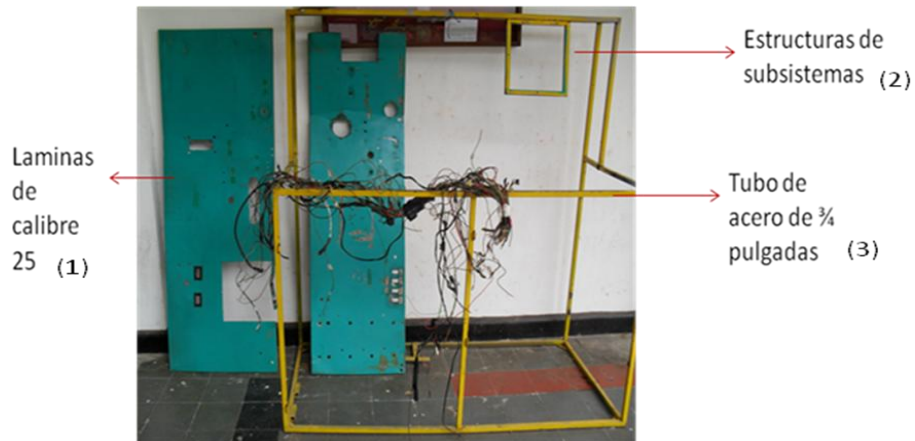
**Fuente: Autores**

Los circuitos eléctricos estaban recubiertos por cinta aislante de color negro (1) lo cual dificultó grandemente esta tarea, una vez fue retirada la cinta se inició el rastreo eléctrico se podía notar que los cables usados anteriormente eran originales debido a sus especificaciones en el uso de los colores, en la parte posterior de la estructura se encontró un sistema de cables mucho mayor al que provenía de la ECU (3), se pudieron identificar las líneas vivas del banco que alimentaba el ventilador, la unidad de vacío, la resistencia térmica y el secador además se encontraron conectores ocultos sin utilizar, se determinó que de las 60 conexiones de la ECU solo se eran usadas alrededor de 30 en el banco, las demás líneas de conexión no estaban cumpliendo con alguna función.

Con respecto a la estructura totalmente desmantelada que se ilustra en la figura 26 se determinó que fue diseñada con un tubo cuadrado de  $\frac{3}{4}$  pulgadas (3), estas bases se encontraban en alto estado de deterioro y corrosión además muchos de los tubos estaban rellenos con masilla para crear una superficie uniforme y lisa, a la estructura se encontraron soldadas algunas bases de los sub sistemas

simuladores, estas debido al estado de deterioro estaban dobladas y cumplían con dificultad su función, las laminas de soporte eran metálicas de calibre 25 (1) y presentaban un alto debilitamiento debido al exceso de agujeros que se le habrían realizado, además debido al bajo calibre de las laminas estas se habían sujetado a la estructura por medio de remaches ya que la soldadura tiende a derretir este tipo de laminas, se hizo uso de un taladro para retirar los remaches y así desmantelar las laminas de la estructura, las bases del banco preliminar se muestran a continuación así como algunas de las bases que no se retiraron .

**Figura 26: Infraestructura Física Anterior**



**Fuente: Autores**

## **4.2. DISEÑO DEL NUEVO BANCO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL LMTA**

Uno de los factores determinantes para el diseño de la nueva infraestructura del BSIE fue la falta de ergonomía y accesibilidad que exteriorizaba su precursor para la manipulación de algunos de los elementos y el uso del banco de pruebas como

tal, por lo cual se realizo una consulta a una de las docentes de la escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, la cual nos recomendó:

- Tomar en cuenta la estatura promedio de la población colombiana, para elaborar la estructura física del BSIE y de esta manera aplicar los parámetros de la ergonomía al proyecto.
- Utilizar las normas de la ergonomía del color para garantizar al usuario del BSIE confortabilidad durante su tiempo de trabajo en el LMTA en el cual manipule el banco.

Para seguir la primera sugerencia se realizó entonces una investigación acerca de las medidas físicas de la población, esta información se encontró en un escrito llamado Estudio de Economía Regional por Adolfo Meisel y Margarita Vega<sup>10</sup>, en el cual se tomo como dato de estatura promedio un valor de 170 cm para la población colombiana.

Siguiendo las recomendaciones del profesional de diseño, se llevo a cabo una nueva investigación acerca de la ergonomía del color, para esta nueva búsqueda se hizo necesario determinar el tipo de ambiente de trabajo que se experimenta en el LMTA, se diagnosticó entonces que el espacio de trabajo es un lugar cerrado y caluroso por lo cual para brindar confort al usuario era necesario lograr una combinación de colores fríos que le brindaran al estudiante la sensación de comodidad durante su tiempo de manipulación del BSIE, la combinación de colores según la norma debería ser azul y blanco, esta fue modificada por una combinación azul – gris debido a la naturaleza de trabajo que posee el laboratorio, los colores a usar entonces fueron azul celeste y gris humo, seleccionados previamente por el director del proyecto

---

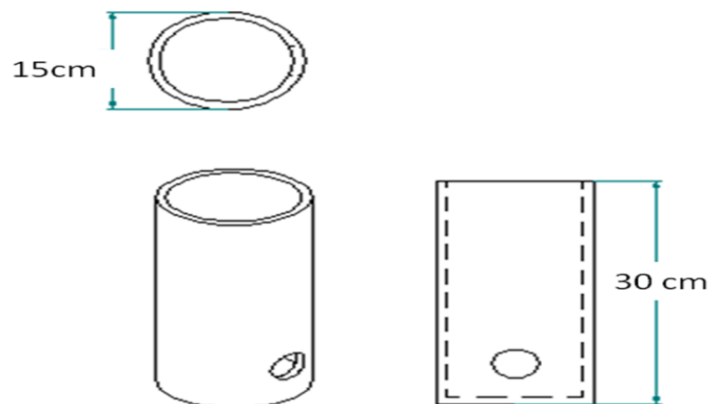
<sup>10</sup> Meisel, Adolfo, Vega, Margarita. Estudio de Economía Regional. [En línea].<<http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/pdf/DTSER-45.pdf>

Una vez determinada la altura y el color se inicio una selección de los materiales a usar en la estructura, teniendo en cuenta que el tipo de sujeción sería la soldadura y teniendo cuidado que el presupuesto del proyecto no se usara de manera inconveniente se determinó con un técnico que los materiales a usar serian tubo cuadrado de acero de 1 pulgada y laminas de acero de calibre 22, para la base de la estructura y los tableros de operación respectivamente.

El diseño de algunos elementos se hallaron erróneos en un sentido ingenieril y ergonómico en el banco precesor, por lo que fue necesario rediseñarlos, el primer elemento que se rediseño fue el tanque de agua, se decidió que este debería tener forma circular además contaría con un drenaje externo que facilitara la evacuación del líquido y estaría ligado a la estructura física solo por presión, la resistencia no debería estar ligada al cuerpo del tanque.

El diseño preliminar se expone a continuación en la figura 27.

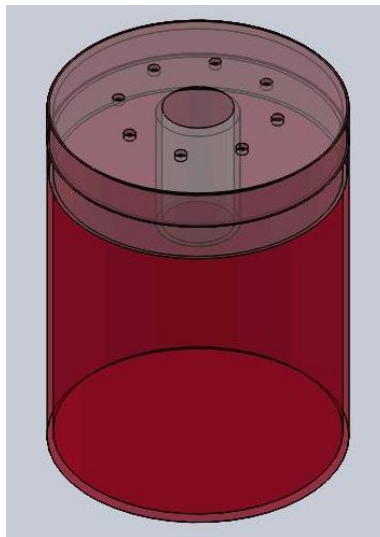
**Figura 27: Planos del Tanque de Agua**



**Fuente: Autores**

El siguiente elemento a diseñar fue el tanque de gasolina, para este diseño lo primero que se tomo en cuenta fue el color, basándonos en la norma de seguridad industrial 0024 se decidió que el tanque se elaboraría de color rojo sin embargo el material en el que se fabricara debería permitir una visualización del contenido del mismo, la forma del tanque se diseño para evitar al máximo la posibilidad de cavitación de la bomba, de manera que esta nunca terminara aspirando aire, tomando en cuenta que el banco consume como máximo 800 ml de combustible se diseño el tanque de gasolina con unas dimensiones de 15 cm diametrales y 20 cm en altura, el volumen sin cavitación del tanque se redondea a 1,8 lit. que satisface ampliamente la necesidad de gasolina del banco, la tapa se cierra de manera casi hermética con el depósito, de manera previo se decidió que el material para la fabricación seria acrílico. El diseño se expone en la figura 28.

**Figura 28: Diseño del Tanque de Combustible.**

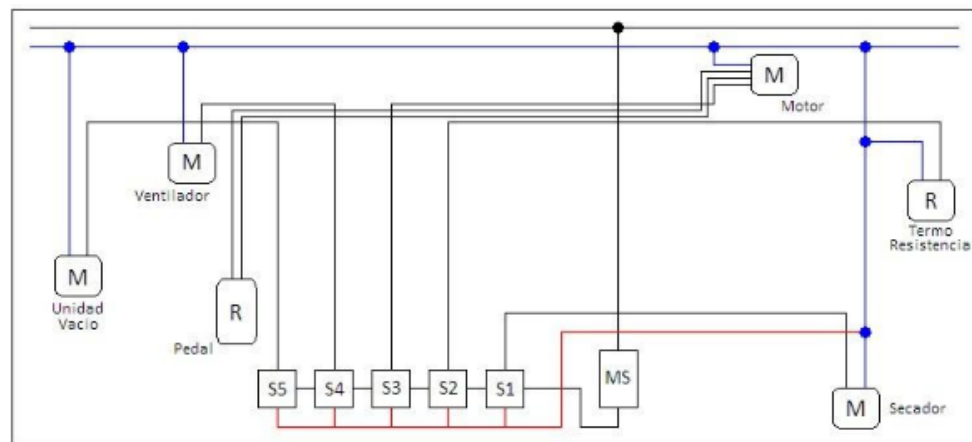


**Fuente: Autores**

La siguiente decisión a tomar fue referente a las bases de los subsistemas, teniendo como referencia el banco anterior las bases verticales no cumplían de manera satisfactoria su función, por lo que se tomo como opción generar bases

horizontales que le proporcionarán estabilidad a elementos como el motor eléctrico y el distribuidor los cuales alcanzan velocidades de rotación de hasta 7000 rpm en casos extremos, determinado esto se inicio con la planeación de la estructura eléctrica y electrónica, como una de las mayores dificultades fue el seguimiento de las líneas se opto por diseñar un plano eléctrico de las conexiones que se llevarían a cabo en el nuevo simulador, los primeros diseños que se realizaron solo incluían las líneas vivas y los interruptores que accionarían los subsistemas.

**Figura 29: Plano Eléctrico de Línea Viva**



**Fuente: Autores**

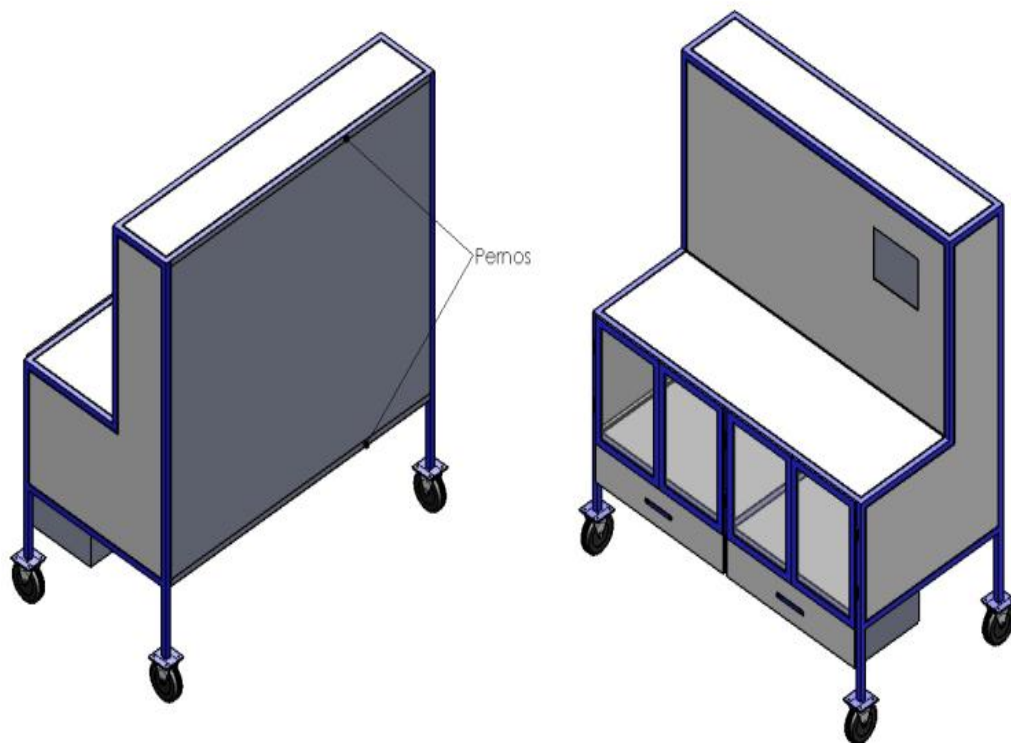
La figura 29 muestra el plano de línea viva, se aclara esta como la línea de corriente continua que necesitan algunos elementos que son totalmente eléctricos y que la mayoría de estos no tienen conexión a la ECU, los interruptores se representan con la letra S y un número que identifica la posición del interruptor en el tablero, vemos que estos interruptores controlan los siguientes sistemas:

- Unidad de vacío controlada por el interruptor S5
- Ventilador controlado por el interruptor S4
- Motor eléctrico controlado por el interruptor S3

- Resistencia térmica controlada por el interruptor S2
- Secador controlado por el interruptor S1
- El MS corta la energía de la batería hacia el BSIE.

Por último se diseño la estructura total del nuevo banco, A continuación se exponen los 3 diseños que se realizaron para la forma de la estructura, se explicara brevemente las razones por las que no se seleccionaron y por las que se tomaron las decisiones finales, la primera opción de diseño se muestra el la figura 20.

**Figura 30: Opción de diseño número 1.**

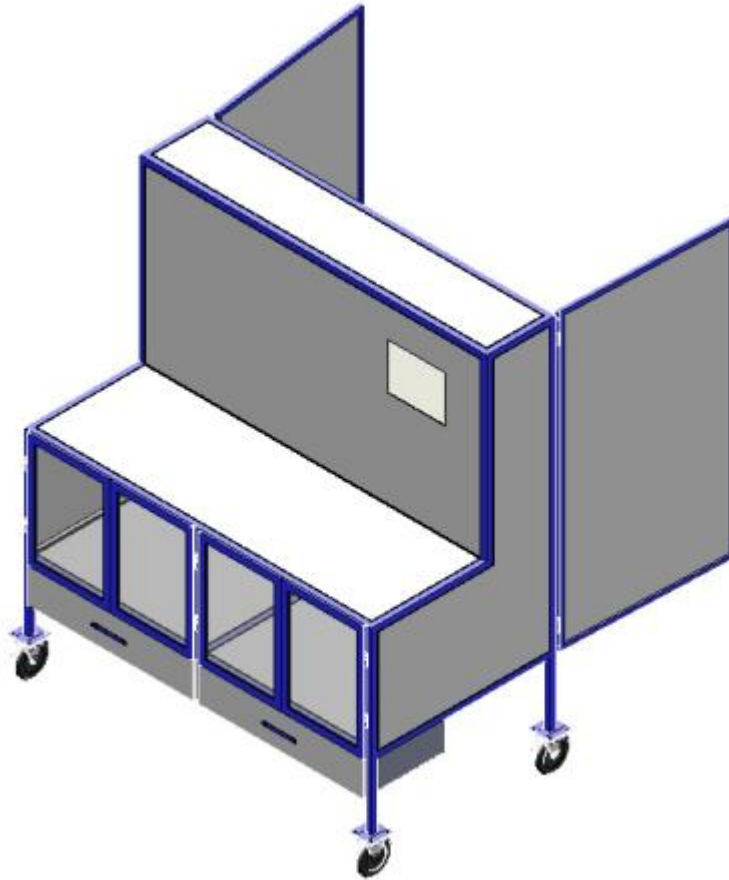


**Fuente: Autores**

En esta opción se había previsto de contar con puertas delanteras transparentes y una tapa posterior con pernos lo cual no permitiría el acceso a los circuitos del

BSIE, pero para efectos de mantenimiento esta no sería factible, se rescató de esta opción las puertas delanteras transparentes y la idea de la tapa posterior se editó, resultando así la opción de diseño número 2 que se muestra en figura 31.

**Figura 31: Opción de diseño número 2.**

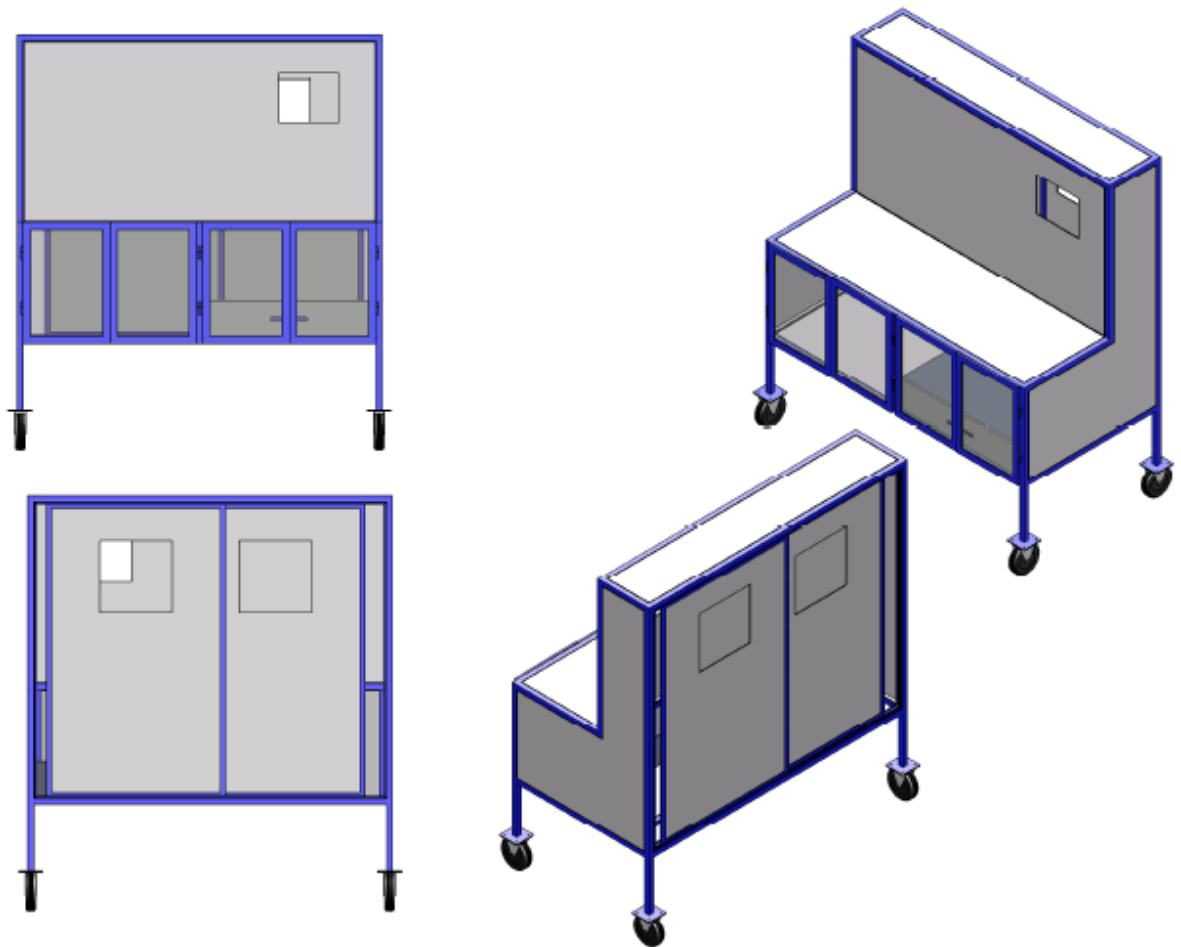


**Fuente: Autores**

En esta opción se diseñó con la idea de permitir acceso a los circuitos del BSIE y a otros sistemas del banco, basándonos en el diseño anterior se decidió el uso de puertas traseras, pero este diseño requiere de un espacio abierto considerable para el uso de las puertas posteriores, el cual no posee el LMTA, junto con el Dr. Jorge Luis Chacón V, director de este proyecto se decidió que las puertas traseras

serían corredizas de esta manera no ocuparían espacio en el laboratorio y los auxiliares encargados tendrían acceso total al sistema eléctrico del BSIE, así se llegó a la opción de diseño número 3, que se muestra en la figura 32.

**Figura 32: Opción de diseño número 3.**

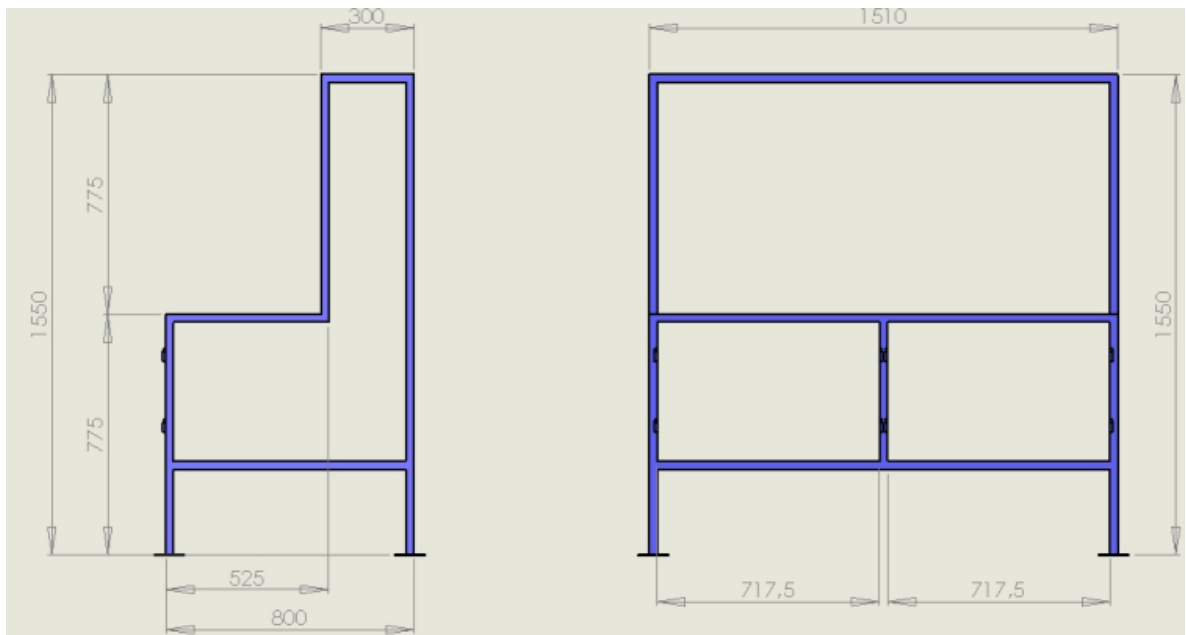


**Fuente: Autores**

El BSIE fue concebido como un instrumento pedagógico para los estudiantes de la UIS , por lo que su diseño debería permitir al máximo la observación de los

circuitos , previendo este objetivo se preconcebieron puertas transparentes ubicadas en las zonas más importantes del banco, las tapas laterales no deberían permitir ningún tipo de acceso por lo cual se estimo usar laminas calibre 20 para este fin, para el almacenamiento de las herramientas se elaboro el diseño de un cajón doble que permitiera almacenar tanto material práctico como de lectura, por la seguridad del estudiante y el cuidado del banco todas las puertas se concibieron con cerraduras, las dimensiones finales del banco se muestran en la figura 33 que se expone a continuación.

**Figura 33: Dimensiones finales de la estructura diseñada.**



**Fuente: Autores**

### 4.3. ELABORACIÓN DE LA NUEVA ESTRUCTURA DEL BSIE.

Una vez esbozado el nuevo diseño del BSIE se llevo a cabo su fabricación, la estructura general fue construida en tubos de acero de 1 pulgada, como inicialmente no estaban determinados las bases de lo subsistemas se opto por elaborar una forma sencilla e ir añadiendo según correspondiera las nuevas subestructuras que darían soporte a los sistemas menores, los tableros de operación fueron incluidos en el diseño que se le presentó al fabricante de la estructura, las ruedas con frenos fueron añadidas y sujetadas a la estructura a través de tornillos, para facilitar su cambio una vez cumplida su vida útil, inicialmente solo se habían diseñado 5 interruptores que controlarían los sistemas eléctricos del BSIE, pero a medida que el proyecto fue evolucionando, se añadieron 2 interruptores mas y un interruptor master que controlaría el flujo de energía hacia toda la estructura, la limpieza de los sensores recuperados se llevo a cabo con un poco de alcohol en alguno casos tiner, tal como se muestra a continuación.

**Figura 34: Limpieza de los Sensores**



**Fuente: Autores**

Este proceso se llevo a cabo en un lapso de tiempo aproximado de 5 días, al finalizar este paso empezó a instalarse los elementos mecánicos de la estructura, tales como la garganta de la mariposa, el panel de bujías, el distribuidor y el motor eléctrico, como se ven en la figura 32 el método de sujeción que se uso para la instalación de la mariposa fue por medio de tornillos, mientras que la para instalar el distribuidor y su conexión al motor se fabricaron unas bandejas horizontales de 20 X 20 cm, y se instalaron en el tablero de operaciones vertical, se planeo pasar los cables de alta de las bujías por medio de orificios circulares alrededor del distribuidor, pero la forma angular de los conectores de los cables no lo permitieron, por lo cual se corto un trozo del tablero en forma rectangular por el cual se pasaran las bujías, tal como se muestra en la figura 33

**Figura 35: Instalación del Cableado de Alta.**



**Fuente: Autores**

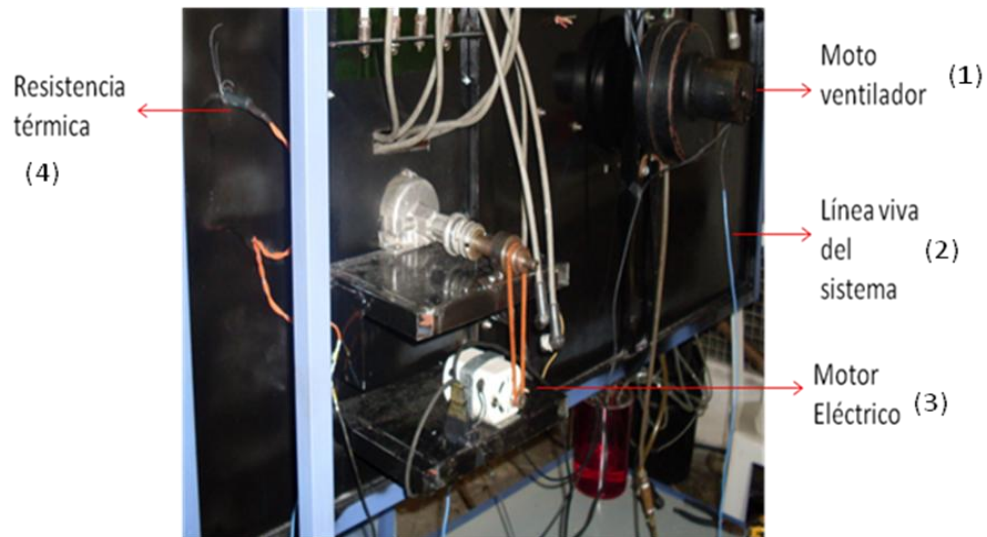
**Figura 36: Instalación del Sistema de RPM.**



**Fuente: Autores**

Una vez se instaló el distribuidor se inició la instalación de los elementos eléctricos del banco, como lo son la resistencia térmica, el motor, la unidad de vacío, el ventilador y el secador, estos elementos se instalaron de manera consecutiva para poder iniciar el cableado de línea viva que alimentaría la estructura en concreto los elementos mencionados están conectados directamente a la corriente alterna no reciben energía alguna de la batería, para la designación del color de la línea de corriente viva se compró cable de color azul, y para la conexión a tierra se tomó el color negro, en la siguiente figura se muestra las instalaciones de estos elementos y se visualiza las líneas de corriente.

**Figura 37: Instalando los Equipos Eléctricos**



**Fuente: Autores**

En cuanto se hubieron instalado los elementos mecánicos y eléctricos, se inició la instalación de los subsistemas, uno de los primeros en ser instalado fue el sistema de calentamiento de agua el cual está constituido básicamente por un recipiente circular con desagüe externo, una resistencia térmica (4) y el sensor ECT,

inicialmente no se instaló el sensor solo el recipiente y la resistencia, para esto fue necesario hacer un orificio de 10 cm de diámetro en el extremo posterior derecho del tablero horizontal, para hacer este agujero se hizo uso de un mototool de 7000 rpm propiedad de la escuela de Diseño Industrial, el recipiente quedó sujeto a presión con la estructura, posteriormente el sistema a instalar fue el de calentamiento de aire para este se usó un secador de cabello, el sensor ACT, el termómetro y una estructura rectangular que dirige el aire directamente al sensor, el secador fue sujetado por medio de una abrazadera semicircular que lo sujeta a la estructura del BSIE, para el sistema de suministro de combustible se instalaron dos líneas de probetas con fondo de 100 ml cada en total se instalaron 8 probetas de vidrio, además de una rampla de admisión a través de la cual ingresa el combustible a las probetas, en la parte inferior se conectaron válvulas de salida que permiten que la gasolina retorne al tanque de combustible, la instalación de este sistema se realizó en la parte izquierda de la estructura justo sobre la bomba de gasolina, se usaron mangueras plásticas de dos calibres para transportar el combustible, las rampas están sujetas a la estructura por medio de cuatro tornillos largos.

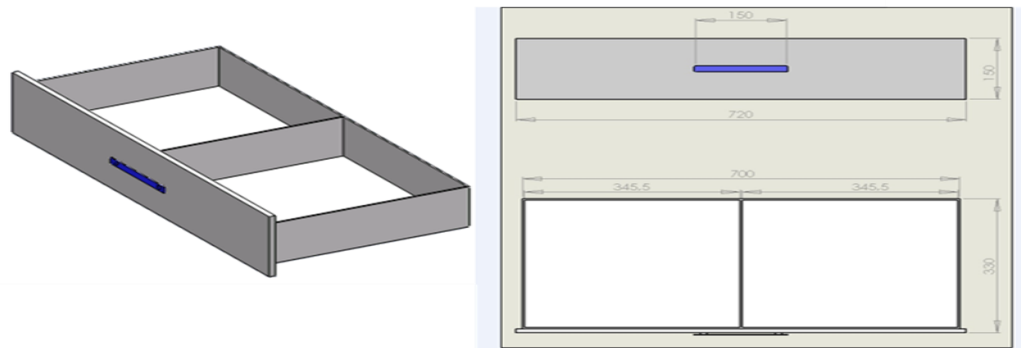
La instalación del sistema electrónico se llevó a cabo en un tiempo de cuatro semanas, se empezó con la identificación de los cables que poseían cada uno de los sensores, el objetivo final de esta tarea fue la instalación y funcionamiento de la ECU, para esto se designaron colores según la función que cada línea realizaba, pero las conexiones primarias se conservaron para facilitar al usuario la identificación de los circuitos.

Para la fabricación de las estructuras externas, se tomó en cuenta la recomendación del Ing. Jorge Luis Chacón V. de hacer puertas corredizas en la parte posterior de la estructura, en el diseño antiguo esta parte del banco estaba totalmente cerrada y sujeta con pernos, la idea de las puertas corredizas surge como solución para las dificultades que se encontraron al intentar acceder al

interior del BSIE, inicialmente como se puede detallar en los planos generales antes expuestos se habían concebido ventanas acrílicas para facilitar la visión del estudiante, pero determinando que la parte posterior solo posee cableado estas fueron editadas del diseño final.

Las puertas delanteras en acrílico se llevaron a cabo, con bordes en metal y con bisagras , se elaboraron y se instalaron en total cuatro puertas, dos de ellas cubren totalmente la superficie y las otras dos solo una parte, uno de los objetivos a cumplir fue la creación de un espacio de almacenamiento para las herramientas y manuales del BSIE, este se elaboro con rieles metálicos y con las siguientes dimensiones, 13 cm de alto, 32 cm de largo y 71 cm de ancho, el cajón se elaboró con una división en la mitad para separar el material didáctico de las herramientas como se muestra en la figura 35.

**Figura 38: Cajón de almacenamiento.**



**Fuente: Autores**

#### 4.4. COMPARACIÓN DE LOS BANCOS DE INYECCIÓN ELECTRONICA DEL LMTA.

En las siguientes páginas haremos una comparación del banco antes y después de la recuperación de sus sistemas, mostraremos con fotografías los avances y mejoras que se le hicieron al BSIE.

**Figura 39: Comparación de los Tanques de Agua**



**Fuente: Autores**

El nuevo tanque de agua está fabricado en polipropileno de cristal el cual posee un coeficiente de ablandamiento térmico de 125 grados centígrados, el ducto de drenaje es concéntrico con la base del recipiente lo que garantiza una total evacuación del líquido, se le agrego una llave de drenaje para facilitar al usuario el cambio de agua.

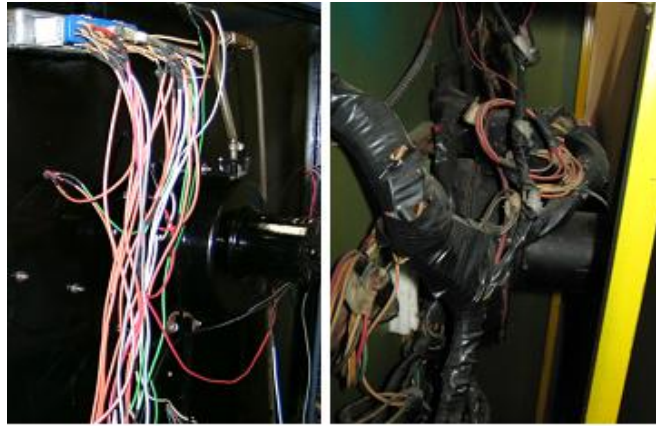
**Figura 40: Comparación de los Tanques de Combustible**



**Fuente: Autores**

El tanque de combustible se fabricó en acrílico de tonalidad rojiza de manera que se cumpliera la normatividad de seguridad industrial en todos sus aspectos, como se puede detallar la tapa de tanque es hermética con el depósito para de esta manera evitar cualquier tipo de derrame de combustible, en este nuevo diseño la las líneas de llegada de combustible entran directamente a la tapa del tanque, para que esto fuera posible se realizaron ocho agujeros de un diámetro aproximada de 1 cm en la cara superior de la tapa, la bomba caza de manera perfecta en el agujero principal lo que evita que esta se sumerja de manera total.

**Figura 41: Comparación del Cableado Posterior**



**Fuente: Autores**

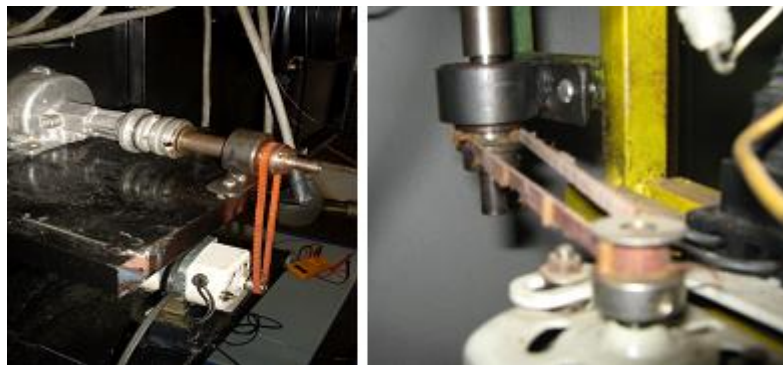
Para el cableado eléctrico primero se estudiaron las líneas que realmente se usarían en el BSIE se llevo a cabo en la parte trasera del simulador para evitar el rozamiento de los cables con las superficies del LMTA y un posible contacto con el combustible, a la unidad de vacío se le realizo mantenimiento y cambio de aceite además de reemplazar el condensador que se encontraba averiado. Para simular los bloques de cilindros se usaron dos rampas de 4 probetas de 100 ml cada una, que están conectadas por medio de una línea de admisión de combustible.

La inyección de combustible según lo visto anteriormente es directa, multipunto y simultanea por bloques, que se controla por medio de un interruptor el cual permite abrir los inyectores en forma permanente para probarlos o, si no se acciona el interruptor, entonces los inyectores abrirán de acuerdo a lo ordenado por la ECU.

se instalaron los 5 interruptores que controlan los subsistemas del simulador, el interruptor general que energiza y des energiza todo el banco, el interruptor que controla la ECU y la bobina de encendido, el interruptor que controla la bomba

eléctrica, la instalación de los elementos tales como el distribuidor y el motor eléctrico se realizo proporcionándoles una base fuerte horizontal para evitar posibles desgastes, el sistema que simula la temperatura del aire se construyo con un secador de cabello, un termómetro y el sensor ACT, para el sistema de temperatura del motor se utilizo una resistencia eléctrica, un depósito de agua, un termómetro y el Sensor ECT, las bujías se instalaron cerca del distribuidor y el cuerpo de mariposa fue ligado mecánicamente por una guaya metálica que permite al estudiante variar la posición de la mariposa.

**Figura 42: Comparación de las Bases**



**Fuente: Autores**

#### **4.5. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO**

El Banco Simulador de Inyección Electrónica, se diseño para conocer los diferentes sensores y actuadores, comprender las ventajas de la ECU en comparación con el carburador, realizar pruebas de funcionamiento y simular averías básicas en los sistemas de inyección de combustible de un automotor.

Para la pruebas de funcionamiento se proporcionó terminales de voltaje de referencia para los principales sensores tales como el TPS, la EVR, rampa de inyectores, bomba de gasolina entre otros, las pruebas se realizaron para un tiempo de 20 segundos y se variaron las condiciones de trabajo del BSIE como lo son la presión del múltiple, al variar la temperatura del agua se está simulando la operación del motor, cuando la temperatura del agua está en condición ambiente el motor se encuentra frio, al variar la temperatura el motor se encuentra trabajando .

Respecto a la variación de la temperatura del aire, se simula las condiciones de trabajo en ciudades diferentes, y el comportamiento del banco es el esperado en ambos casos, con respecto a la posición de la mariposa esta simula las condiciones de carga del automotor, al estar totalmente abierta simula el trabajo del motor en carga o máxima marcha, cuando está totalmente cerrada se simula el trabajo del motor en mínima marcha o sin carga, se realizaron múltiples pruebas se tomaron sus respectivos datos y se promediaron los resultados.

Al no tener una curva de referencia para el comportamiento de este tipo de experiencias, ya que el banco actualmente no genera gases de combustión se toma como referencia el comportamiento descrito en el manual preliminar a este proyecto.

**Tabla 9: Resultado de Pruebas en BSIE**

rpm	P. Múltiple	T aire (C)	T agua (C)	Pos. Mariposa	Vol. combustible (ml)
2500	37	25	25	Tot. cerrada	18
2500	35	50	25	Tot. cerrada	16
3000	28	25	80	Tot. cerrada	16
3000	26	50	80	Tot. cerrada	12
3500	21	25	80	Tot. cerrada	27
3500	25	50	80	Tot. cerrada	18

3800	32	50	25	Tot. cerrada	12
3800	34	25	70	Tot. cerrada	18
3000	18	25	80	Tot. abierta	32
3000	20	50	80	Tot. abierta	27

Fuente: Autores

Como podemos observar y analizar los datos coinciden con lo que podíamos esperar del banco, ya que al simular las condiciones de temperatura de motor en marcha el consumo de combustible es menor que cuando el motor esta frio, así mismo cuando la mariposa de aceleración está totalmente abierta el motor esta a todo marcha y el consumo de combustible es máximo, como podemos ver en la tabla cuando se simulo esta condición el motor consumió 32 ml de gasolina, dos veces el volumen que consumió cuando la mariposa está cerrada, cuando se experimenta con una mayor temperatura de aire hay un consumo menor que cuando el aire está en condiciones de 25 grados centígrados, por lo cual podemos determinar que el sistema esta simulando de manera correcta la respuesta del motor ante diversas condiciones.

## **5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO A REALIZAR EN EL BSIE.**

Habiéndose comprobado el funcionamiento y correcto resultado del nuevo diseño del BSIE, se inicio con la elaboración de pruebas y experiencias que el estudiante podría encontrar en este nuevo banco, en el manual anterior se explicaban 6 pruebas diferentes para llevar a cabo en el LMTA, por lo cual esta nueva estructura está diseñada para poder realizar esta experiencias , pero se realizaron también nuevas pruebas y toma de datos que se consideraron necesarias para que el estudiante fuera introducido de manera pedagógica en el área automotriz principalmente en el campo de la inyección electrónica.

Cabe aclarar que las pruebas que se presentan en el manual de prácticas son solo guías e ideas de lo que el usuario puede aprender y experimentar en el banco, estas pruebas fueron diseñadas teniendo en cuenta los conocimientos que necesitara el alumno en la industria.

los formatos fueron diseñados con logotipo del grupo GIEMA, así mismo se cuenta con el logotipo de la universidad y el nombre titular del LMTA, los formatos se dividieron en nueve partes, iniciando con una corta teoría para que el estudiante se familiarice con el tema a tratar, siguiendo con los objetivos a alcanzar al haber terminado la experiencia , se nombran las herramientas que serán necesarias para elaborar la prueba, se realiza una explicación de los procesos a seguir durante el experimento y los pasos que el estudiante debe seguir, en esta parte del formato se anexaron fotografías para aclarar la forma correcta de tomar los datos, la prueba de conocimiento tiene como objetivo impulsar la investigación respecto a los temas tratados por parte del estudiantado, en algunas pruebas el estudiante va tener que realizar un examen visual de los elementos del BSIE, se diseñaron pruebas en las cuales es necesario realizar curvas de operación por lo que se

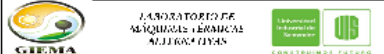

agrego una parte de datos tomados y comparación de comportamientos de algunos sensores y actuadores , además el estudiante deberá analizar la forma en que se comporta el elemento y las razones que intervienen para este resultado, por ultimo todas las pruebas poseen una parte de conclusiones en el cual el estudiante podrá opinar acerca de la experiencia que vivió y lo que aprendió de la misma, para el auxiliar se agrego una nota de observaciones en la cual podrá sugerir al personal comentarios propios acerca de su desarrollo.

De las seis pruebas que se plantearon, 3 son de reconocimiento de fallas en el BSIE, se investigaron cuales son las partes más propensas a fallar en el sistema de inyección electrónica y cuáles de ellas representan un costo muy alto al usuario al darse un mal diagnostico de la falla, basándonos en el resultado de la investigación se exponen tres fallas en el BSIE para que el estudiante puede reconocerlas y llegar a un diagnostico acertado, las fallas se instalaron en:



- La bomba eléctrica de gasolina
- El sistema eléctrico de los inyectores
- La caja de fusibles

Esta última se planteo basándonos en la experiencia propia , ya que al intentar encender por primera vez el BSIE este no arrancaba y primeramente se supuso un daño eléctrico en la ECU, pero cuando se realizo un análisis más a fondo se encontró que uno de los fusibles se encontraba en mal estado, el método para simular las fallas fue la instalación de unos interruptores que cortan la línea eléctrica hacia los elementos lo que representa una de las causas de fallas con más importancia el cableado averiado, en la figura 39 se expone la forma como se diseñaron las presentaciones de los formatos.

Figura 43: Formato de la Prueba.

		
Docente: Dr. Jorge Luis Chacón	Laboratorio asignado:	Fecha:
<b>Título de la Práctica</b>		
Normas básicas de seguridad industrial en el BSIE		
<b>Teoría</b>		
 <p>Conjunto de normas que desarrollan una serie de prescripciones técnicas a las instalaciones industriales y energéticas que tienen como principal objetivo la seguridad de los usuarios.</p> <p>La seguridad industrial se enfoca principalmente en la protección ocular y en la protección en las extremidades, ya que 25% de los accidentes ocurren en las manos, y el 90% de los accidentes ocurren por no traer consigo los elementos de seguridad pertinentes para realizar la actividad asignada. La seguridad industrial lleva ciertos procesos de seguridad con los cuales se pretende no hacer al operador o usuario su vida, y protegerse a sí mismo evitando accidentes relacionados principalmente a descargas o caídas de alfileres no está plenamente concentrado en su labor. Este es uno de los principales motivos, ya que el 94% de los accidentes mencionados que no se dieron cuenta del peligro de sufrir el accidente hasta que ya era demasiado tarde.</p>		
<b>Objetivos</b>		
1. Concientizar al estudiante acerca de la importancia y el auge de la seguridad industrial en el desarrollo de la ingeniería actual. 2. Educar al estudiante en la corrección y mejoras de las condiciones y medios de trabajo.		
<b>Referencias</b>		
Norma de seguridad industrial colombiana número 0024 artículos 121, 125, 126, 127 y 109		

<b>Procedimiento:</b>	
Analice los artículos mencionados de la norma y evalúe el LMTA según los parámetros del siguiente formato.	
	<b>Tipo de riesgo: Agentes químicos</b> Contacto con productos que contienen o son sustancias químicas peligrosas tales como: o Productos para la limpieza y desinfección de máquinas o herramientas. o Productos tales como pinturas, barnices y tinte o Sustancias inflamables.
<b>Preguntas aclaratorias:</b>	
1. ¿Que tipo de sustancias químicas se manipulan en el LMTA ?	
2. El almacenamiento de estos productos es el adecuado? ¿Por qué?	
3. Basado en el siguiente cuadro de colores realice una señalización interna de los recipientes de almacenamiento.	
	
4. ¿Que acciones recomienda tomar para mejorar la seguridad en los sitios de trabajo del LMTA.	

Fuente: Autores

En la anterior figura se puede ver la forma como están elaborados los formatos, estos se usaron básicamente en todas las pruebas.

## 5.1. PRE PRÁCTICA O PRUEBA DE INICIO

El objetivo de esta prueba es familiarizar al estudiante con los elementos de medida electrónicos como el multímetro. En esta prueba el estudiante adquiere el conocimiento necesario para medir los sensores del BSIE, aunque no se genere un cono directo acerca de los sistemas de inyección electrónica debido a que personal estudiantil que no posee bases en esta área de la ingeniería.

La práctica solo requiere el uso de un multímetro con el cual el estudiante tendrá la oportunidad de medir diversas unidades eléctricas como lo son voltios, ohmios y amperios.

## **5.2. PRÁCTICA DE SEGURIDAD**

Se diseñaron 2 pruebas para que el estudiante se involucre con las normas de seguridad industrial que actualmente rigen en Colombia.

Prueba de seguridad en el manejo de combustibles; En esta experiencia el estudiante tendrá la oportunidad de identificar cuales son los diversos materiales combustibles que se manejan en un lugar de trabajo como el LMTA, además de conocer el correcto almacenamiento de sustancias que pueden generar accidentes en el medio laboral; para poder llegar a este conocimiento el estudiante realizará una investigación de las normas 0024 y las aplicará dentro del laboratorio que se convierte en su ambiente de trabajo.

Prueba de seguridad de electricidad, en esta prueba el estudiante tendrá que identificar los riesgos eléctricos del entorno, investigar la forma correcta de aislar y mantener los circuitos eléctricos, además de aplicar estas normas a su entorno de trabajo.

## **5.3. RECONOCIMIENTO DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES DEL BSIE**

En esta prueba el estudiante entra en contacto directo con el sistema de inyección electrónica y el manejo de combustible, por lo que es necesario haber realizado con anterioridad las pruebas antes descritas para garantizar que el estudiante posea los conocimientos para la manipulación del banco y la capacidad de realizar

mediciones electrónicas de los sensores y demás elementos del BSIE. Esta prueba inicia con un marco teórico breve.

El objetivo de esta prueba es que el estudiante entienda principalmente como se lleva a cabo la inyección de combustible de manera real en un automotor y cómo los diferentes sensores y elementos afectan el proceso.

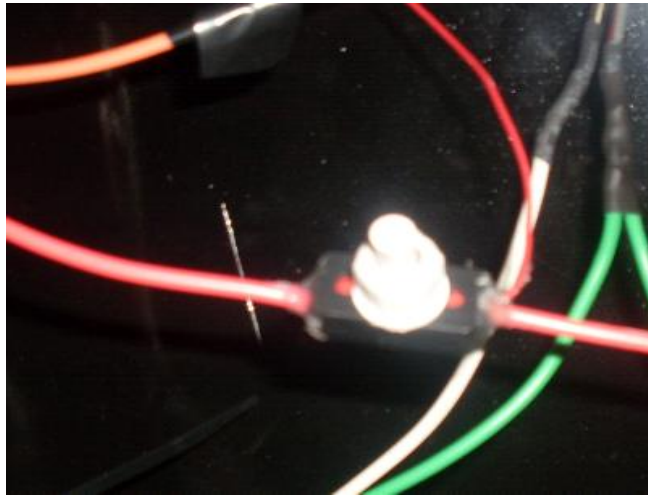
De igual manera, el estudiante identificará físicamente todos los sensores y elementos del BSIE, ubicará las tomas de datos de los elementos y comprenderá la diferencia entre sensores y actuadores y la forma en que el proceso de inyección se lleva a cabo.

Las herramientas que serán necesarias para realizar esta prueba son: un multímetro, los planos físicos del BSIE y curvas de operación de los sensores proporcionados por el fabricante, estos pueden hallarlos en el anexo D de este libro. Durante el procedimiento de la prueba el estudiante tendrá que variar diversas condiciones de operación y así determinar la naturaleza de los sensores que está analizando, será necesario que a cada variación de las condiciones se tenga en cuenta el voltaje o amperaje que registre el sensor, esto con la finalidad de construir por sí mismo una curva de operación de los sensores y comparar los resultados con los datos proporcionados de fabricante.

#### **5.4. PRUEBAS DE FALLAS**

Se diseñaron 3 pruebas que simulan las fallas más comunes en los sistemas de inyección electrónica, para esto se instalaron interruptores ocultos que cortan la corriente hacia algunos elementos del BSIE en la figura 40 se muestra la conexión de estos en las líneas.

**Figura 44: Interruptores de fallas**



**Fuente: Autores**

El objetivo de estas pruebas es que el estudiante pueda reconocer las fallas mas comunes que los sistemas de inyección electrónica presenta, como primera medida el estudiante se enfrentara a un funcionamiento correcto de todos lo sistemas del BSIE pero la bomba eléctrica de gasolina no mostrara trabajo alguno, por lo que el estudiante con el multímetro y los planos eléctricos tendrá que estudiar las posibles causa por las cuales este elemento no esta funcionando, expondrá las posibilidades al auxiliar y por ultimo tomara una decisión acerca de cual de las opciones es la correcta.

En la siguiente experiencia la bomba eléctrica estará funcionando de manera correcta pero el sistema de inyectores no estará respondiendo a las órdenes de la ECU, por lo cual el estudiante tendrá que repetir el proceso anterior pero ahora buscar una solución para el incorrecto funcionamiento de los sensores, por último el estudiante se enfrentara a un BSIE que no funciona, para esta experiencia el estudiante no se estará enfrentando a un sistema en particular si no a todos los sistemas en general.

## **5.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA “RECONOCIMIENTO FÍSICO Y FUNCIONAL DE LOS ELEMENTOS DEL BSIE”**

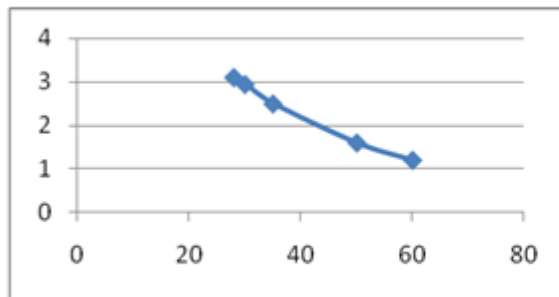
Ahora se describe como se realizó una de las pruebas que se exponen en este libro, la prueba a exponer en este capítulo es “Reconocimiento físico y funciones de los elementos del BSIE”, solo se expondrán algunos datos obtenidos.

Al iniciar esta prueba lo primero que se realizó fue identificar las partes del BSIE, los tomas de voltajes, los interruptores, los sensores y demás elementos que lo componen, una vez de terminó la identificación de estos se inició con la toma de datos que se requieren en la prueba.

Veamos entonces como se fueron resolviendo estos puntos, el primer en ser evaluado fue el sistema de calentamiento de agua, para esto primero se tomo el dato que registraba el multímetro cuando la temperatura del líquido era la del ambiente en este caso 25 grados centígrados, para esta prueba hay que tomar los datos de menos a mayor ya que una caliente el líquido habrá que esperar mucho tiempo para que regrese a la temperatura ambiente, la forma en cómo se tomaron los datos fue con la ayuda de un multímetro, este se ubico para tomar medidas de 20 voltios y se conecto directamente a la toma de voltaje del ECT.

Estos fueron los seis datos que se tomaron, como conclusión se determino según los valores alcanzados que la resistencia del sensor disminuye inversamente a la temperatura del agua, lo que es el comportamiento normal de este elemento.

**Figura 45: Datos del Sensor ECT**

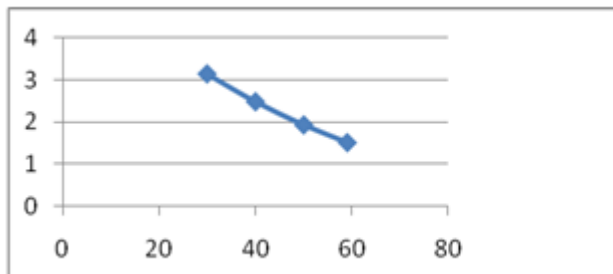


T	V
60	1,2
50	1,6
35	2,5
30	2,95
28	3,11

**Fuente: Autores**

El siguiente paso es comprobar cómo funciona el sistema de aire, para este paso hay que tomar las medidas de manera rápida, se optó por no retirar el multímetro de la conexión durante toda la prueba, ya que el aire cambia rápidamente de temperatura, se tomaron los datos igual que en la prueba anterior y se tuvo como resultado los siguientes datos, la curva muestra un comportamiento decreciente en los valores del voltaje a medida que la temperatura del aire asciende.

**Figura 46: Datos del Sensor ACT**

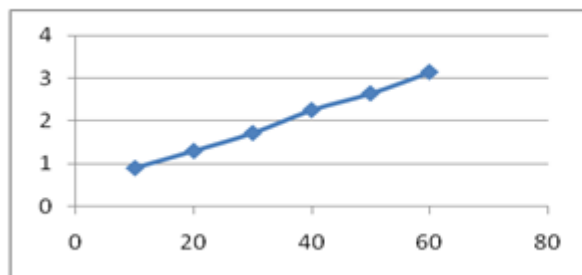


T	V
59	1,51
50	1,93
40	2,48
30	3,14

**Fuente: Autores**

El comportamiento mostrado en la anterior curva confirma el buen funcionamiento del sensor, el siguiente sensor a analizar es el TPS para esto se encuentran instaladas dos guayas de aceleración, la primera de ellas se usa para aumentar las rpm del motor la segunda está conectada mecánicamente a la garganta de la mariposa con esta última podemos mover la posición de la mariposa en diferentes ángulos de 0 a 90, de nuevo usamos un multímetro para tomar los datos correspondientes, estos se registraron y construyó la curva de operación con la cual se sacaron las siguientes conclusiones, primero el TPS envía voltajes diferentes a la ECU a medida que se varía el ángulo de apertura de la garganta, pero a diferencia de los sensores anteriores este no es inverso sino proporcional ya que a medida que el ángulo de apertura aumenta lo hace su voltaje como lo veremos a continuación.

**Figura 47: Datos del Sensor TPS**



A	V
10	0,9
20	1,3
30	1,72
40	2,26
50	2,65
60	3,15

**Fuente: Autores**

Una vez realizada la pruebas procederemos a concluir las observaciones que notamos entre las misma, el TPS es realmente un potenciómetro lineal ya que sus valores aumentaron de manera lineal proporcionalmente al ángulo, mientras los sensores ECT y ACT son termistores de coeficiente positivo los tres elementos varían la intensidad de corriente que envían a la ECU cuando se cambian sus respectivas condiciones, la ECU registra y entiende estos cambios de voltajes como el cambio en el ambiente y toma estos datos como referencia para

comprobar cuál es la medida ideal de combustible que debería inyectarse y de esta manera no solo se ahorra combustible si no que se evita contaminación al ambiente ya que una mezcla ideal de aire-combustible tiene como producto pocos gases de combustión.

## CONCLUSIONES

- La amplitud de información sobre sistemas de inyección electrónica la cual se consigna de una manera sintética en el capítulo 1, permiten tener al alcance de los estudiantes, herramientas para la profundización de los procesos que se desarrollan en dicho sistema con el fin de generar aportes académicos y teóricos sobre su funcionamiento.
- Se realizó un diagnóstico mediante la matriz DOFA que permitió evaluar la infraestructura, funcionamiento e importancia a nivel académico y pedagógico del **“Banco Simulador de Inyección Electrónica”**, determinándose así que el banco es adecuado para la enseñanza de los sistemas de inyección electrónica .
- Con la información obtenida del diagnóstico electrónico de los sensores: ACT, ECT, TPS, KS entre otros, se determinó que algunos elementos que conformaban la estructura anterior se encontraban en buen estado, por lo cual la inversión en el presente proyecto era justificada.
- A partir del diseño de una nueva estructura, el ensamble de la misma y la ejecución de ciertas pruebas de funcionamiento, se alcanzó el objetivo del presente proyecto, el cual es **“la recuperación y puesta marcha del Banco Simulador de Inyección Electrónica”**, del LMTA de la Escuela de Ingeniería Mecánica.
- El diseño e implementación de un manual pruebas y prácticas en sistemas de inyección electrónica le da al estudiante la posibilidad de adquirir los conocimientos en esta área de la ingeniería que esta guiada hacia la generación de tecnologías mas sensibles al medio ambiente, lo cual a su vez contribuye al propósito de la Escuela de Ingeniería Mecánica de formar

profesionales comprometidos con el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, lo que es el objetivo general del presente proyecto de grado.

- Se diseñaron experiencias tales como: Reconocimiento físico y funcional de los elementos del BSIE, averías básicas de los sistemas de inyección electrónica entre otras, que están encaminadas a crear en el estudiante la capacidad para realizar rutinas para mantenimiento y localización de fallas en sistemas de inyección de gasolina.
- Se creó un manual de mantenimiento con el fin de facilitar el buen desempeño del banco y localizar fácilmente posibles fallas en sus sistemas a través de los diagramas eléctricos por parte del profesor y auxiliares del LMTA.

## TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos posteriores se recomienda:

- La conexión “**ECU testing**” se encuentra instalada en la estructura del banco, para un futuro proyecto se recomendaría explorar la opción de conseguir los equipos y herramientas necesarias para un auto diagnóstico especializado de la ECU como por ejemplo el scanner automotriz.
- Otros sistemas como el “**check engine**”, el aire acondicionado, los faros, entre otros tienen puertos de conexión en la ECU los cuales se conservaron, por lo tanto en futuros trabajos el banco se podría ampliar hasta simular en su totalidad el sistema control electrónico del motor.
- Adquirir un motor de combustión interna que cuente con un sistema de inyección electrónica de última generación.

## BIBLIOGRAFÍA

ORTEGA, Jaime y RAMOS, Agustín. Banco Simulador de Inyección de Gasolina para Motores de Combustión Interna. 1999

RUEDA, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection, Tomo I. Diseli. 2005.

CROUSE, William. Mecánica del Automóvil, Sistemas de inyección de combustible para motores de gasolina, Mc. Graw Hill. 1993.

CROUSE, William y ANGLIN, Donald. Puesta a Punto y Rendimiento del Motor, Inyección de Combustible. Alfa omega. 2002.

DIAZ, José Antonio. Electrónica aplicada al automóvil, Sistemas de Inyección Electrónica. Paraninfo S.A. 1992.

Alonso , J.M. Técnicas del automóvil. México : Compañía Editorial Continental, 1980.

CASTRO, Miguel de. Inyección de Gasolina, Madrid CEAC 1990

CASTRO, Miguel de. La Electrónica del Automóvil, 3 Edición, Madrid: CEAC 1990

CASTRO, Miguel de. Guía de Inyección de Gasolina Modelo Ford, 1 Edición, Madrid: CEAC 1992

FORD, Diagnóstico de Control del Tren de Fuerza, Emisiones. 1994

ICONTEC , Norma 1380. Gasolina para Motores de Combustión Interna.

LAUYNE, Ken . Manual de Electrónica y Electricidad Automotrices. 2 Edición  
.México : CECSA 1994

LIST , Hans. Teoría y Técnica del Automóvil. Madrid: Enciclopedia CEAC del  
Motor y Automóvil 8 , 1950

NORBEY, Juan P. Manual de Sistemas de Full Inyection , 3 Edición , Madrid .  
CEAC 1993.

O.BERT . Eduar F. Motores de Combustión Interna, Análisis y Aplicaciones.  
México: Compañía Editorial Continental S.A. 1997.

WATSON, Ben . Manual de Full Inyection. 3 Edición, Madrid, CEAC, 1992 . Tomo I

## Anexo A. Manual de Instrucciones

### MANUAL DE INSTRUCCIONES


#### BANCO SIMULADOR DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA MODELO FORD EEC IV

### INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Lea primero atentamente todos los procedimientos de seguridad, requisitos de conexión y encendido del manual de operaciones antes de poner en marcha el Banco Simulador de Inyección Electrónica, siga las instrucciones de uso para garantizar un adecuado funcionamiento de los diversos componentes eléctricos y electrónicos del BSIE.

Para reducir el riesgo de fuego, descargas eléctricas y lesiones personales siga las siguientes medidas básicas de precaución.

**Tabla 10: Medidas Básicas de Precaución**

 MEDIDAS BASICAS DE PRECAUCIÓN.	
1. No improvise, siga las instrucciones y cumpla las normas, si no las conoce, pregunte.	8. No ubique el BSIE en lugares muy húmedos podría provocar una descarga eléctrica o un cortocircuito.
2. No trabaje solo, hágalo bajo la supervisión de su profesor o un técnico más capacitado, que pueda orientarlo.	9. Al menor chispazo apague el aparato.

<p>3. Ubique las señales de seguridad.</p> <p>4. Compruebe el estado de los cables eléctricos del BSIE, si alguno se encuentra en estado de deterioro comunique al responsable del laboratorio.</p> <p>5. No manipule nunca los cables de los circuitos ni sus cajas de conexión.</p> <p>6. Asegúrese que hay gasolina en el tanque.</p> <p>7. Compruebe el nivel de agua del BSIE.</p>	<p>10. Si nota cosquilleo al utilizar un elemento, no esperes más: apáguelo, notifíquelo.</p> <p>11. Preste atención a los calentamientos anormales en los cables, tanques y estructura notifíquelo.</p> <p>12. No debe encender y apagar o pulsar repetada e innecesariamente los interruptores eléctricos ya que puede causar daños a los elementos de BSIE.</p> <p>13. No fume en las instalaciones del laboratorio.</p>
---	---

Fuente: Autores

### Instrucciones de Encendido del BSIE

En las próximas líneas se describirá de una manera clara la forma correcta de encender el banco, siga los pasos según como se exponen a continuación para garantizar un buen uso de esta herramienta didáctica con la que cuenta el LMTA las instrucciones a seguir son:

1. Revisar la batería: Antes de encender el BSIE compruebe que la batería se encuentre instalada, la batería se encuentra ubicada justo detrás del cajón de almacenamiento de la estructura.

2. Poner en OFF los interruptores: Revise que todos los interruptores se encuentren en off una vez este comprobado que todos los interruptores se encuentran en off, prosiga con el siguiente paso.

3. Energizar el BSIE: Conecte el banco al toma de corriente mas cercano, aunque el BSIE se encuentre conectado a la corriente continua aún no esta energizado, para esto necesita activar el interruptor Master Switch ( MS ) tal como lo muestra la figura X, este interruptor permite que la corriente eléctrica fluya hacia los sistemas del banco

4. Active la ECU: Ahora que ya esta energizado el banco es necesario que se active la Unidad de Control Electrónica ECU, para esto se añadió un interruptor especial al que se le denomina Power Switch (PW) mostrado en la figura X, este interruptor permite el paso de corriente a la ECU por lo cual la activa o desactiva según su posición.

5. Encienda la bomba eléctrica de gasolina: para encender la bomba es necesario que ubique el interruptor Fuel Pump Switch (FPS) que acciona la bomba gasolina permitiendo el paso de gasolina hacia los sistemas de admisión de combustible, tal como lo muestra la figura X este interruptor se encuentra al lado del MS y posee un color amarillo.

6. Encienda los sistemas a simular: En este punto del procedimiento el banco debe estar energizado y además la ECU y la bomba deben estar funcionando de manera correcta, el siguiente paso depende de los parámetros que usted desee afectar tales como:

- Temperatura del refrigerante.
- Temperatura del Aire.

- Carga de trabajo.
- Aceleración del motor.

Para activar estos sistemas de simulación se cuenta con una línea de interruptores los cuales accionaran los elementos necesario para fingir el proceso deseado, estos interruptores poseen un color verde esmeralda tal como lo indica la norma 0024 y están identificados por sus respectivos nombre en la parte inferior de cada uno de ellos.

7. Acelerar el motor: Para acelerar el motor se cuenta con una guaya metálica que esta unida mecánicamente al motor eléctrico que conduce el moviente hacia el distribuidor la figura X muestra este elemento.

## **Anexo B. Diagramas Eléctricos del BSIE**

### ***DIAGRAMA ELÉCTRICO***

Para comprender de manera eficaz el esquema eléctrico del BSIE, tome en cuenta los colores que se usaron en el diseño y su representación física, por funciones las líneas se representaron de la siguiente manera:

Naranja: Señal de los sensores, información enviada a la ECU

Rojo: Línea de alimentación de voltaje.

Verde: Línea de SGR de los sensores, funciona como una línea a tierra que proporciona la ECU a los sensores, en el sistema de encendido representa el negativo que la bobina comparte con el tacómetro y el TFI.

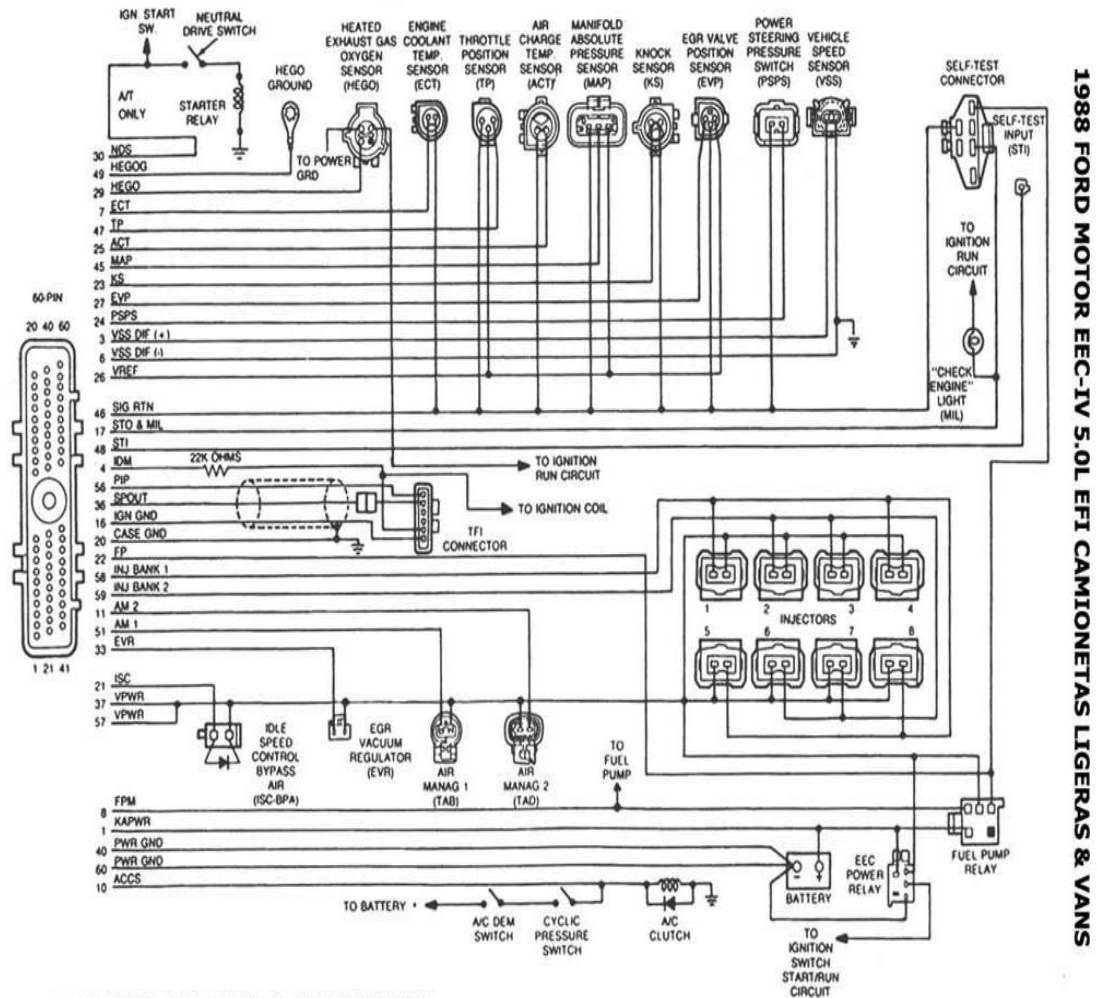
Azul: En el diseño físico del BSIE encontramos esta línea con el color blanco y proporciona un voltaje de referencia de 5 Voltios a algunos de los elementos.

Negro: Conexión a tierra.

Los elementos electrónicos se encuentran unidos a la ECU a través de los pines o conexiones, la Unidad de Control del BSIE cuenta con 60 pines de los cuales solo se usan 27 para efectos de control en los 5 sistemas que conserva el banco, los 23 pines restantes se conservan para futuras mejoras o actualizaciones del BSIE , la caja de fusibles tiene como única función proteger los elementos mas importantes del BSIE como los son , la ECU , IGN y la bomba eléctrica , para este objetivo se cuenta con un conjunto de 3 relés de protección para sobrecargas y una serie de fusibles de 20 y 40 para protección en caso de cortocircuito y corriente máxima de ruptura , los cuales se quemaran ante cualquier posible sobrecarga dejando el circuito eléctrico abierto y de esta manera interrumpiendo el flujo de corriente , para comprender las conexiones electrónicas de los sensores remítase a la hoja de vida de los elementos en este documento.

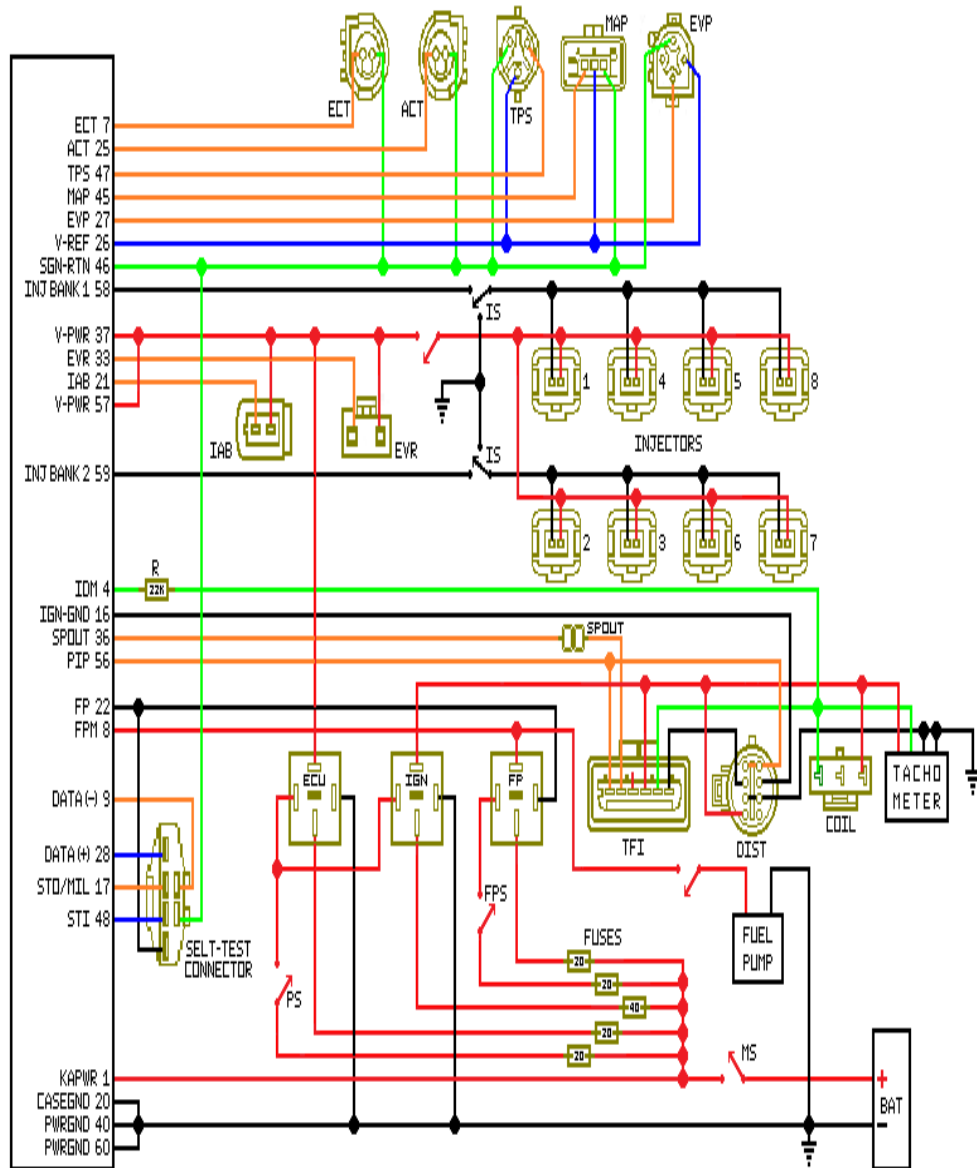
1. Diagrama eléctrico general de un modelo FORD MOTOR 1988 EEC-IV 5.0 L EFI

Figura 48: Motor Ford EEC IV 5.0 L



2. Diagrama eléctrico DC del BSIE de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

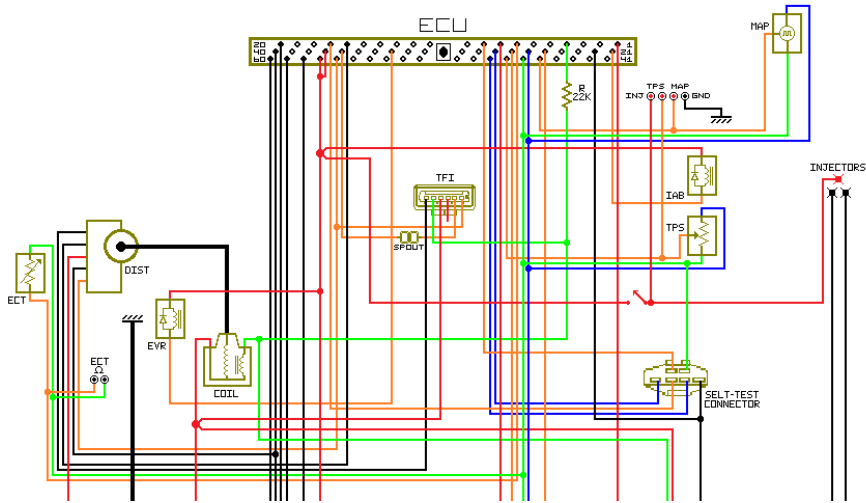
Figura 49: Diagrama Eléctrico del BSIE



Fuente: Autores

### 3. Diagrama Eléctrico en vista posterior

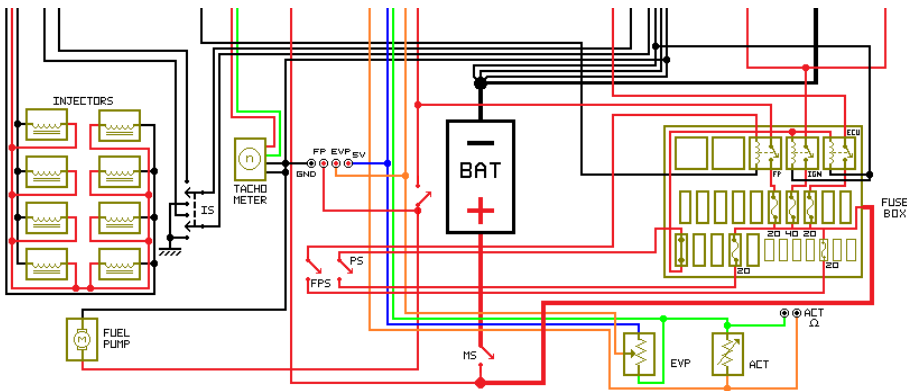
Figura 50: Diagrama Posterior



Fuente: Autores

### 4. Diagrama eléctrico en vista superior horizontal.

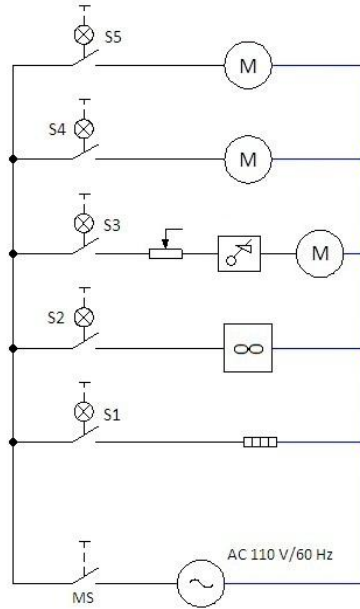
Figura 51: Diagrama Superior



Fuente: Autores

## 5. Diagrama eléctrico de línea viva BSIE

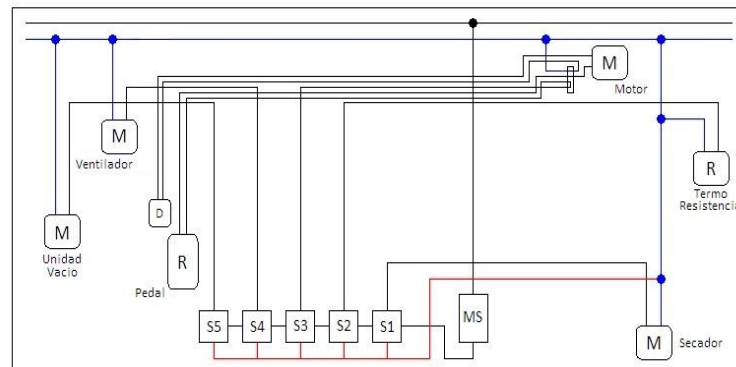
Figura 52: Diagrama de Línea Viva



Fuente: Autores

## 6. Diagrama eléctrico de los switch de control.

Figura 53: Diagrama de Switch.



Fuente: Autores

## **Anexo C. Características de los Sensores Según Catálogo de fábrica.**

### **1. Engine Colant Temperature (ECT)**

Función: En función de la temperatura del anticongelante, se modifica la resistencia del sensor ECT o CTS. A medida que la temperatura va aumentando, la resistencia y el voltaje en el sensor disminuyen, la computadora toma como referencia los valores del voltaje para activar o desactivar al bulbo o directamente el motoventilador.

Ubicación: en el automóvil puede encontrarlo en la manguera del refrigerante que entra al motor cerca al termostato. Dentro del BSIE se encuentra tablero horizontal extremo posterior derecho, dentro del tanque de agua.

Conexión eléctrica: posee dos terminales eléctricos, el primer terminal posee un cable verde-rojo y está conectado al pin número 7 de la ECU el cual recibe la información del sensor y el segundo terminal posee un cable gris-rojo y se conecta al pin 46 el cual es la retroalimentación o señal de retorno que envía la ECU al sensor .

### **2. Air Colant Temperature (ACT)**

Función: Mide la temperatura del aire que pasa por el múltiple de admisión, provocando una caída de voltaje en la computadora para ajustar la mezcla aire combustible.

Ubicación: en el automóvil se encuentra en el ducto plástico del múltiple de admisión de aire. Dentro del BSIE en el tablero horizontal extremo derecho frontal.

Conexión eléctrica: posee dos terminales eléctricos, el primer terminal posee un cable gris y está conectado al pin número 25, el cual lleva la información del sensor a la ECU y el segundo terminal posee un cable gris-rojo el cual se conecta al pin 25 que es la señal de retorno de la ECU al sensor.

### **3. Throttle Position Sensor (TPS)**

Función: Detecta la posición (ángulo) y el movimiento de la placa de aceleración a través de cambios de voltaje y manda esta información a la computadora que junto con otros datos calcula la cantidad correcta de combustible que será inyectada al motor

Ubicación: En el automóvil se encuentra ajustado al eje de mariposa de aceleración. En el BSIE lo encuentra en el tablero vertical sector izquierdo central conectado a la mariposa de aceleración.

Conexión eléctrica: Posee 3 lazos electricos de los cuales uno de ellos es un cable café-blanco y se identifica como una de entrada de corriente (V REF) que alimenta al sensor y cuya tensión suele ser de +5.0 V, provenientes del pin 26 de la ECU , una conexión de retroalimentación comparte con otros sensores en el pin 46 con un cable gris-rojo y una conexión de salida que envía los datos al pin 47 de la ECU , con un cable verde-negro.

### **4. EGR Valve Position sensor (EVP)**

Función: detecta la posición de la válvula EGR mediante variaciones de voltaje las cuales son leídas por la ECU que contrala la cantidad de vacío que se suministra a

la EGR, esta y otras informaciones son utilizadas para determinar la cantidad de gases y así controlar las emisiones contaminantes.

Ubicación: en el automóvil se encuentra ubicada sobre la válvula EGR muy cercana al múltiple de admisión. En el BSIE se encuentra en el tablero horizontal en el extremo derecho

Conexión eléctrica: posee 3 lazos eléctricos los cuales se identifican por los colores gris-rojo que es la retroalimentación del sensor en el pin 46 de la ECU, café-blanco que está conectado al pin 26 proporcionando un voltaje de 12 v al sensor y negro-verde el cual es la señal de información del sensor a la ECU en el pin 27.

## **5. Idle Air Bypass (IAB)**

Función: La función que tiene esta válvula es dejar pasar el aire que necesita nuestro motor "puenteando" la mariposa del acelerador cuando el conductor no está con el pie sobre el pedal del acelerador, controlada por la computadora regula la cantidad de aire desviándola de la placa de aceleración, entra mas aire en marcha alta y menos aire en marcha mínima, así se logra una velocidad estable en la marcha mínima

Ubicación: en el automóvil se suele encontrar en un costado de cuerpo de la aceleración (mariposa) , en el BSIE se encuentra conectada al cuerpo de la mariposa en Conexión eléctrica:

## 6. MAP

**Función:** El sensor M.A.P. se encarga de informar a la ECU el estado de carga del motor y con esta información, la computadora se encarga de ajustar el avance del encendido y el enriquecimiento de la mezcla de combustible, el sensor MAP mide el vacío generado en el múltiple de admisión a través de una manguera que conecta ambos componentes, cuando existe una condición de baja carga de motor y un alto vacío, la ECU se encarga de empobrecer la mezcla aire combustible y avanza el encendido para así lograr una mayor economía de combustible.

Por el contrario, cuando se genera una alta carga y un bajo vacío, la ECU enriquece la mezcla y retrasa la sincronización del encendido.

**Ubicación:** En la mayoría de los vehículos se encuentra contra el parallamas en el vano motor, en algunos autos se pueden llegar a encontrar dentro de la ECU (vehículos Rover) o en otros casos dentro de la caja de plástico que protege la ECU como es el caso del Renault 21, también pueden llegar a encontrarse directamente alojados sobre el múltiple de admisión, en el BSIE se puede encontrar el tablero vertical cerca a la rampla de inyectores.

**Conexión eléctrica:**

El sensor MAP consta de una resistencia variable y de tres conexiones, una de entrada de corriente (V REF) que alimenta al sensor y cuya tensión suele ser de +5.0 V, proveniente del pin 26 de la ECU, una conexión de retroalimentación que se conecta al pin 46 que generalmente comparte con otros sensores, una conexión de señal que envía los datos al pin 45 ECU .

## 7. Inyectores

**Función:** La función es la de producir la inyección de combustible líquido finamente pulverizado en el momento indicado y en la cantidad justa de acuerdo al régimen de funcionamiento del motor. De acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, el inyector, inyecta cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy caliente, se mezcla y se enciende produciéndose la combustión.

**Ubicación:** en los automóviles se encuentran montados sobre la rampla de inyectores y según el tipo de inyección puede estar cerca a la cámara de combustión o en el múltiple de admisión, en el BSIE se encuentran en el costado izquierdo del tablero horizontal.

**Conexión eléctrica:** Los inyectores poseen 2 lazos , los inyectores 1, 4, 5 y 8 se conectan al pin 58 mientras los inyectores 2, 3, 6 y 7 se conectan al pin 59 de la ECU , todos comparten conexión a tierra.

## 8. ECU

**Definición:** La **Unidad de Control de Motor** o **ECU** (en inglés: Engine Control Unit) es una unidad de control electrónico que controla varios aspectos de la operación de combustión interna del motor. Los ECUs más simples sólo controlan la cantidad de combustible que es inyectado en cada cilindro en cada ciclo de motor. ECUs más avanzadas controlan el punto de ignición, el tiempo de apertura/cierre de las válvulas, el nivel de impulso mantenido por el turbocompresor (en coches con turbocompresor), y control de otros periféricos.

Las ECUs determinan la cantidad de combustible, el punto de ignición y otros parámetros monitorizando el motor a través de sensores. Estos incluyen: sensor MAP, sensor de posición del acelerador, sensor de temperatura del aire, sensor de oxígeno y muchos otros.

**Función:** Para un motor con inyección de combustible, una ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo, el ECU abrirá ciertas entradas que harán que la entrada de aire al motor sea mayor. La ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor (haciendo que la mezcla se más rica hasta que el motor esté caliente).

**Ubicación:** los constructores de automóviles señalan para cada versión y modelo la respectiva ubicación de la ECU, consultando el manual técnico un especialista puede conocer el lugar exacto de su ubicación. En el BSIE la ECU se localiza en el tablero vertical en la zona central.

**Conexión electrónica:** La ECU EEC IV posee 60 terminales los cuales están conectados electrónicamente a los diferentes sensores y actuadores de sistema de inyección electrónica.

## **Anexo D. Manual de Mantenimiento del BSIE**

### **MANUAL DE MANTENIMIENTO DE BSIE**

El BSIE al igual que cualquier otro equipo necesita ciertas actividades de mantenimiento para garantizar no solo un buen funcionamiento del banco y sus elementos, si no también, una larga vida útil de los mismos, cabe destacar que muchos de estos elementos requieren de atención técnica especializada debido a su naturaleza electrónica, sin embargo a continuación se expondrán las actividades que el auxiliar y aun el estudiante pueden realizar, para mantener el banco en perfectas condiciones.

Primero va a encontrar las tareas a efectuar de acuerdo al lapso de tiempo de servicio del banco, una guía de las preguntas mas frecuentes servirá para guiar al usuario en caso de un funcionamiento incorrecto del BSIE, la lista de síntomas de fallas le guiara acerca de que parte o elemento del BSIE se encuentra averiado según ciertos parámetros.

#### **1. Actividades de acuerdo al lapso de tiempo.**

	Limpiar el tanque de gasolina
	Inspeccionar la bomba eléctrica
<b>CADA 2 AÑOS</b>	Limpiar los electro inyectores
	Cambiar las llantas de transporte del BSIE
	1. Revisar el funcionamiento de :
<b>ANUALES</b>	a. Sensor ACT

- b. Sensor ECT
- c. Potenciómetro TPS
- d. Potenciómetro EVP

SEMESTRALES

1. Cambiar el aceite de la unidad de vacío
2. Lubricar el cojinete del distribuidor

TRIMESTRALES

1. Cambiar la correa del motor
2. Cambiar el combustible
3. Cambiar filtro de gasolina.

MENSUALES

1. Revisar el nivel de gasolina del BSIE

DIARIAS

1. Cambiar el agua del tanque
2. Revisar el nivel del agua

## 2. Preguntas frecuentes sobre el mantenimiento del BSIE

1. ¿Cómo limpiar el tanque de gasolina?

Rta: para limpiar el tanque de la gasolina, primero debe desmontarse la bomba eléctrica así como el filtro, una vez desmontados retirar el combustible, si es necesario, usar un embudo, y lavar el interior del tanque con gasolina, el agua no es aconsejable para este fin, sumergir la bomba en un tanque lleno de gasolina

sin utilizar, agitarla sin golpearla e instalar un nuevo filtro, reinstalar la bomba dentro del tanque y verter combustible nuevo.

2. ¿Cómo limpiar los electro inyectores?

Rta: la limpieza de los electro inyectores debe ser realizada por un técnico especializado usando una máquina de ultrasonido.

3. ¿Cómo cambiar el aceite de la unidad de vacío?

Rta: Desconectar todas las mangueras y retirar la unidad de vacío del BSIE, inclinar la unidad para hacer salir el aceite usado por la salida del tubo de servicio, con una jeringa introducir aceite nuevo por la entrada del tubo de servicio, conectar las mangueras e instalar la unidad al BSIE

4. ¿Cómo reparar los elementos dañados?

Rta: Los elementos del BSIE que se encuentren averiados no deben ser reparados, cámbielos siguiendo las referencias del manual.

5. ¿Que hago si las bujías no producen chispa ?

Rta: Si sospecha que las bujías están deterioradas solo hace falta un examen visual de las mismas, revise la superficie del conector para cable, la apariencia del electrodo y el estado físico del aislante cerámico si algunos de los anteriores se encuentran defectuosos, cambie la bujía por una nueva .

6. ¿ Las bujías se encuentran en buen estado pero no producen chispa?

Rta: Si aun las bujías no producen chispa, es hora de revisar el cableado de alta, tome un ohmímetro y conecte las puntas del cable a los terminales, el valor que se registra debe estar entre los 10 – 22 kΩ.

7.¿ Si no funciona ninguna de la bujías?

Rta: Si las bujías no están funcionando, llame a un técnico para que revise la bobina de encendido.

8. El sistema en general no enciende

Rta: Si el BSIE no enciende, lo primero que debe hacer es revisar las conexiones eléctricas, e intente con otro tomacorriente, si aun no enciende es probable que la batería del banco se encuentre descargada, llévela a un taller para que la carguen.

9. La batería se encuentra cargada pero aun no enciende el BSIE.

Rta: Si la batería se encuentra cargada pero el BSIE sigue sin encender , ubique la caja de fusibles y revise que todo se encuentre en orden tal como lo muestra la figura , cerciórese que todos los relés se encuentran en la fusilera , en esta usted debe ver el relé de la ECU de la bomba y del sistema de ignición si no falta ninguno de los relés compruebe que estén bien puestos presionando suavemente sobre ellos , revise los fusibles de la misma manera deberá encontrar 5 fusibles , cuatro de 20 y uno de 40 , compruebe que están bien puestos presionándolos suavemente hacia abajo.

10. Los relés y fusibles se encuentran en su lugar pero el BSIE aun no enciende.

Rta: Si el BSIE aun no enciende, proceda retirar los fusibles tal como se indica a continuación, primero hale suavemente el fusibles de manera vertical hacia arriba , luego realice un examen visual del fusible , se recomienda no sacar todos los fusibles al mismo tiempo, un fusible en buen estado presenta la siguiente condición física .

11. Uno de los inyectores no parece estar funcionando:

Rta: si uno de los inyectores no está realizando la inyección , lo primero que debe hacer es retirar de manera suave el conector que se encuentra en la parte superior del inyector , levante la tapa lateral del conector y hale hacia arriba , una vez

retirado el conector proceda a comprobar el funcionamiento del elemento de la siguiente manera, con un multímetro va a medir los ohmios que registra el inyector, este debe registrar un datos aproximando a los 15 ohmios , tal como se muestra en la figura

## **Anexo E. Funcionamiento del Sistema de Inyección Electrónica**

### **¿Cómo funciona el BSIE?**

Para entender como realmente funcional el BSIE, visualice el banco como un cuerpo humano con extremidades, sentidos, ambiente y cerebro, en este caso el armazón representaría el cuerpo en su totalidad mientras que los sensores actuarían como lo hacen los sentidos , la bomba representaría el corazón de la persona y por ultimo pero muy importante la ECU cumpliría la función del cerebro humano , entonces se podría entender como el banco cuenta con cuatro partes de elementos los accionadores , los sensores, la ECU y la retroalimentación.

En la figura X se muestra como funciona la comunicación entre las partes del BSIE, primero tenemos a la ECU quien esta conectada y en contacto con todos los elementos del sistema, los sensores por su parte no reciben información alguna son transmisores de ella, ya que estos son la conexión de la ECU con el ambiente, por lo cual ellos trasmiten a la ECU información de las condiciones

Por su parte los actuadores no generan ninguna información ya que estos solo reciben de la ECU ordenes por lo cual son los receptores del sistema, la verdadera comunicación durante el proceso la generan los retroalimentadores, estos toman información de los productos que se generaron al realizarse la combustión y transmite esta información a la ECU la cual basándose en estos datos reinicia el proceso.

Básicamente, los sensores en un sistema de inyección electrónica son:

Sensor ACT

Sensor ECT

Sensor TPS

Sensor MAP

Sensor PIP

Refiriéndonos al ACT este recibe una señal acerca de la temperatura del aire que está entrando al sistema, según sea el valor de esta el sensor enviara una señal en forma de voltaje como si fuera un código para la unidad de control, el ECU toma las condiciones que tiene el refrigerante justo en ese momento de esta manera que la unidad de control puede entender si el motor estaba encendido o está trabajando en frío.

El PIP hace su correspondiente tarea que es informar a qué velocidad el usuario del automóvil desea ir, ya que está ligado al distribuidor y lee las rpm que este acelera y las convierte en señales de voltaje que serán enviadas a la ECU , el TPS en cambio lee la información de que carga está trabajando el automotor , si este se encuentra en una posición de subido o en de bajada , para enviar a la ECU este dato y el TPS convierte los movimiento lineales en señales eléctricas que puedan ser leídas por la unidad, por último el sensor MAP que mide las señales de presión que el ambiente está proporcionando , a una señal de presión mayor requerirá que el motor realice un mayor esfuerzo y una señal de presión menor se entenderá como un menor esfuerzo, una vez la ECU recibe esta señales inicia una toma de decisiones en las cuales los factores como temperatura de motor de aire , motor en aceleración o desaceleración , presión del ambiente alta o baja , son los parámetros que determinaran la cantidad de combustible que el motor requiere para este esfuerzo , por ejemplo si el auto se encuentra en una ciudad de clima frio , con necesidad de acelerar su marcha y con baja presión, la ECU determinara que el motor necesitara una alta cantidad de combustible ya que las condiciones del oxigeno son bajas y las necesidades del motor altas.

Pero aquí no termina este viaje, una vez es tomada la decisión de cantidad de combustible a suministrar es necesario suministrarlo de manera física , aquí inician su trabajo los actuadores o accionadores que el cuerpo humano podrían reflejarse como los músculo de la estructura ya que son estos los que realizan el trabajo

físico de inyectar la gasolina generara la combustión , en un sistema de inyecciones normal los actuadores serian :

Inyectores

Bujías

EVR

Entonces los inyectores se encargan de permitir u obstruir el paso del combustible a los bloques de cilindros en los cuales se llevara a cabo la tan esperada combustión, estos reciben una orden de la ECU de abrir o cerrar sus válvulas y el tiempo en el cual estas permanecerán abiertas, una vez inyectado el combustibles por los inyectores inicia el trabajo de las bujías las cuales están recibiendo la orden de chispa a través del sensor PIP , la cual viene directo de la ECU , cuando estas inician la ignición de sus chispas se lleva a cabo la combustión dentro de los bloques , pero la función del sistema no termina allí , cuando se genera la combustión esta produce gases de escape hacia el ambiente , allí entran en movimiento la válvula de análisis de gases que actualmente no se encuentra dentro del BSIE pero se explica su función para efectos del conocimiento del usuario , esta válvula lo que hace es analizar los gases producidos en la combustión en algunos sistemas se conoce como la sonda lambda, una vez toma una muestra de los productos de la combustión determina si estos son adecuados o si la mezcla que se está generando es la incorrecta ya sea por riqueza o pobreza del combustible inyectado, esta envía una señal de retorno a la ECU informando lo nuevos datos adquiridos , la ECU sensa de nuevo los sensores y ahora con la información proveniente de los retroalimentadores inicia un nuevo ciclo de combustión.

## **Anexo F: Manual Prácticas de Laboratorio.**

### **Manual de prácticas del laboratorio**

Las siguientes pruebas están diseñadas para que el estudiante adquiera el conocimiento básico de los sistemas de inyección electrónica, se recomienda que las prácticas se realicen el orden estipulado en este manual, ya que cada una de ellas le proporcionará al estudiante los conocimientos que deberá usar para la siguiente prueba, a continuación se describirán las pruebas que encontrara en este manual.

*1. Pre práctica o prueba de inicio:* El objetivo de esta prueba es familiarizar al estudiante con los elementos de medida electrónicos como el multímetro. En esta prueba el estudiante adquiere el conocimiento necesario para medir los sensores del BSIE, aunque no se genere un cono directo acerca de los sistemas de inyección electrónica debido a que personal estudiantil que no posee bases en esta área de la ingeniería.

La práctica solo requiere el uso de un multímetro con el cual el estudiante tendrá la oportunidad de medir diversas unidades eléctricas como lo son voltios, ohmios y amperios.

*2. Práctica de seguridad:* se diseñaron 2 pruebas para que el estudiante se involucre con las normas de seguridad industrial que actualmente rigen en Colombia.

Prueba de seguridad en el manejo de combustibles; En esta experiencia el estudiante tendrá la oportunidad de identificar cuales son los diversos materiales combustibles que se manejan en un lugar de trabajo como el LMTA, además de conocer el correcto almacenamiento de sustancias que poden generar accidentes

en el medio laboral; para poder llegar a este conocimiento el estudiante realizará una investigación de las normas 0024 y las aplicará dentro del laboratorio que se convierte en su ambiente de trabajo.

Prueba de seguridad de electricidad, en esta prueba el estudiante tendrá que identificar los riesgos eléctricos del entorno, investigar la forma correcta de aislar y mantener los circuitos eléctricos, además de aplicar estas normas a su entorno de trabajo.

*3. Reconocimiento de los elementos funcionales del BSIE:* en esta prueba el estudiante entra en contacto directo con el sistema de inyección electrónica y el manejo de combustible, por lo que es necesario haber realizado con anterioridad las pruebas antes descritas para garantizar que el estudiante posea los conocimientos para la manipulación del banco y la capacidad de realizar mediciones electrónicas de los sensores y demás elementos del BSIE. Esta prueba inicia con un marco teórico breve.

El objetivo de esta prueba es que el estudiante entienda principalmente como se lleva a cabo la inyección de combustible de manera real en un automotor y cómo los diferentes sensores y elementos afectan el proceso.

De igual manera, el estudiante identificará físicamente todos los sensores y elementos del BSIE, ubicará la toma de datos de los elementos y comprenderá la diferencia entre sensores y actuadores y la forma en que el proceso de inyección se lleva a cabo.

Las herramientas que serán necesarias para realizar esta prueba son: un multímetro, los planos físicos del BSIE y curvas de operación de los sensores proporcionados por el fabricante, estos puede hallarlos en el anexo D de este libro.

Durante el procedimiento de la prueba el estudiante tendrá que variar diversas condiciones de operación y así determinar la naturaleza de los sensores que esta analizando, será necesario que a cada variación de las condiciones se tenga el cuenta el voltaje o amperaje que registre el sensor, esto con la finalidad de construir por si mismo una curva de operación de los sensores y comparar los resultados con los datos proporcionados de fabricante.

*4. Pruebas de fallas:* se diseñaron 3 pruebas que simulan las fallas más comunes en los sistemas de inyección electrónica, para esto se instalaron interruptores ocultos que cortan la corriente hacia algunos elementos del BSIE.

El objetivo de estas pruebas es que el estudiante pueda reconocer las fallas mas comunes que los sistemas de inyección electrónica presenta, como primera medida el estudiante se enfrentara a un funcionamiento correcto de todos lo sistemas del BSIE pero la bomba eléctrica de gasolina no mostrara trabajo alguno, por lo que el estudiante con el multímetro y los planos eléctricos tendrá que estudiar las posibles causa por las cuales este elemento no esta funcionando, expondrá las posibilidades al auxiliar y por ultimo tomara una decisión acerca de cual de las opciones es la correcta.

En la siguiente experiencia la bomba eléctrica estará funcionando de manera correcta pero el sistema de inyectores no estará respondiendo a las órdenes de la ECU, por lo cual el estudiante tendrá que repetir el proceso anterior pero ahora buscar una solución para el incorrecto funcionamiento de los sensores, por último el estudiante se enfrentara a un BSIE que no funciona, para esta experiencia el estudiante no se estará enfrentando a un sistema en particular si no a todos los sistemas en general.