

**DISEÑO DE UN PROBADOR DE SENSORES POR FRECUENCIA.**

**AUTORES:**

**LEONARDO CARDONA ZULUAGA.**

**ROGER ALEXIS URREA RUEDA.**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO.**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TECNOLOGIA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**MEDELLÍN.**

**2013.**

**PROBADOR DE SENSORES POR FRECUENCIA.**

**POR:**

**LEONARDO CARDONA ZULUAGA.**

**ROGER ALEXIS URREA RUEDA.**

**Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz**

**Asesor:**

**Mauricio Velázquez Montoya**

**Ingeniero de control**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO.**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TECNOLOGIA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**MEDELLÍN.**

**2013**

## DEDICATORIA

Este valioso Diseño de un probador de sensor tipo transistorizado para el campo automotriz, fue resultado de la gran labor pedagógica de nuestro asesor Mauricio Velázquez Montoya, Ingeniero de control quien puso sus conocimientos a nuestro alcance para que conjuntamente construyéramos una solución que requiere la sociedad.

Nuestros padres, quienes han permitido con su apoyo fortalecernos día a día para ser personas de bien, llegando al punto de la realización de actividades tan fructíferas como esta.

Con mucho cariño a todos nuestros educadores quienes nos apoyaron en el conocimiento que hoy estamos aplicando, sin duda su compromiso académico aporta a que se hagan trabajos que satisfagan las falencias que hay en el campo automotriz.

Nuestros compañeros que compartieron en varias oportunidades conocimientos y experiencias permitiendo que la producción de este trabajo mejorara en su calidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestro maestro Mauricio Velázquez Montoya, quien con su paciencia, sus enseñanzas, su dedicación y conocimientos nos dio la posibilidad de realizar este proyecto, sin su ayuda no hubiésemos podido lograr este trabajo.

También a todos los compañeros que nos acompañaron durante nuestra formación, quienes con su tenacidad y dedicación en diferentes oportunidades nos dieron valiosas herramientas en cuanto al conocimiento para sacar adelante este proyecto: a Leonardo Cardona, por ser el guía del equipo, por poner el orden al momento de realizar las actividades, por estar pendiente de la entrega de los trabajos correspondientes.

A Roger Alexis Urrea Rueda, por cuestionar las labores con el fin de que se mejorara la producción de este trabajo resultando muy valiosas las asesorías externas solicitadas para complementar el trabajo poniendo un sello en la labor investigativa

A nuestros asesores externos, quienes con sus participaciones y aportes durante los acompañamientos nos permitieron alcanzar ideas con las que se realizó este trabajo.

A la Institución de Educación Superior Pascual Bravo, por permitirnos este espacio en donde podemos aprender y realizar proyectos como el expuesto.

Agradecemos a las personas externas a nuestra clase que nos brindaron el apoyo necesario para llevar a cabo este proyecto, en cuanto a estadísticas y recomendaciones.

A todos ellos muchas gracia

## CONTENIDO

Contenido	Pág.
GLOSARIO.....	10
RESUMEN .....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
2. JUSTIFICACION .....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 GENERAL .....	17
3.2 ESPECÍFICOS .....	17
4. REFERENTE TEORICO .....	18
4.1 INYECCIÓN ELECTRÓNICA, INTRODUCCIÓN Y TIPOS EXISTENTES.....	18
4.1.1 Introducción y antecedentes a los sistemas de inyección electrónica.....	18
4.1.2 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica. ....	19
4.2 TIPOS DE SENSORES .....	21
4.2.1 Sensores inductivos.....	21
4.2.2 Sensores de efecto hall .....	24
4.2.3 Sensores capacitivos.....	26
4.3 PROBADOR SE SENSORES POR FRECUENCIA TIPO: AUDITIVO .....	28
4.3.1 Tipo Transistorizado .....	28
4.3.2 Sensor de árbol de levas.....	28
4.4 PROBADORES DE LOS DIFERENTES SENSORES .....	30
4.4.1 Sensores de posición del cigüeñal .....	30
4.5.1 Osciloscopio. ....	34
4.5.2 ECUS .....	35
4.6 METROLOGÍA .....	36
4.6.1 Transductores y sensores .....	36
5. METODOLOGÍA .....	38

5.1 TIPO DE ESTUDIO .....	38
5.2 METODO .....	38
5.3 POBLACIÓN .....	39
5.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	39
6. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	40
6.1 Análisis teórico .....	40
6.2 Plano del probador.....	44
6.3 Procedimiento de ensamble.....	45
6.4 Pruebas de funcionamiento .....	46
7. RECURSOS .....	52
7.1 HUMANOS.....	53
7.2 TECNICOS .....	53
8. CONCLUSIONES.....	54
9. RECOMENDACIONES.....	55
ANEXOS.....	56
Bibliografía .....	59

## LISTA TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Presupuesto .....	53

## LISTA FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Sensores Inductivos.....	21
Figura 2. Sensores Inductivos.....	23
Figura 3. Sensores Inductivos.....	23
Figura 4. Sensores Efecto Hall.....	25
Figura 5. Sensores Capacitivos.....	26
Figura 6. Sensor tipo óptico.....	30
Figura 7. Resultado de prueba.....	31
Figura 8. Sensor tipo inductivo.....	32
Figura 9. Resultado de prueba.....	32
Figura 10. Sensor tipo efecto HALL.....	33

Figura 11. Resultado de prueba.....	34
Figura 12. Esquema del Probador de Sensores.....	44
Figura 13. Pruebas de funcionamiento 1.....	46
Figura 14. Pruebas de funcionamiento 2.....	47
Figura 15. Pruebas de funcionamiento 3.....	48
Figura 16. Pruebas de funcionamiento 4.....	49
Figura 17. Pruebas de funcionamiento 5.....	49
Figura 18. Prueba de motocicleta.....	50
Figura 19. Sensores de velocidad.....	51
Figura 20. Sensor en buen estado.....	52

## GLOSARIO

- **SENSOR:** Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor).

- **PROBADOR:** Componente opto electrónico pasivo, más concretamente, un diodo que emite luz. Los LED'S se usan como indicadores en muchos dispositivos y en iluminación. Los primeros LED'S emitían luz roja de baja intensidad, pero los dispositivos actuales emiten luz de alto brillo en el espectro infrarrojo, visible y ultravioleta.
- **SÍNTESIS:** Es un compendio condensado de los conceptos más relevantes sobre el tratamiento de un tema determinado. El acto de reducir la elaboración de un tópico a sus elementos más substanciales es especialmente importante para llevar a cabo cualquier tipo de estudio. Así, el empleo de resúmenes es de gran utilidad para afrontar toda educación formal.
- **SISTEMAS DE INYECCIÓN:** Se encarga de llevar el combustible desde el tanque hasta los cilindros para su inyección.

El Fuel Injection realiza la misma función que antes hacían la bomba de gasolina y el carburador. Dentro de este sistema de inyección encontramos los “inyectores” y “bombas de inyección”

- **FERRO-MAGNÉTICO:** Los materiales ferro-magnéticos, compuestos de hierro y sus aleaciones con cobalto, tungsteno, níquel, aluminio y otros metales, son los materiales magnéticos más comunes y se utilizan para el diseño y constitución de núcleos de los transformadores y máquinas eléctricas.
- **ONDA:** En física, una onda consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio, por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético, a través de dicho medio, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como aire, agua, un trozo de metal e incluso, inmaterial como el vacío.
- **ÁRBOL DE LEVAS :** Un árbol de levas es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas, que pueden tener distintas formas y tamaños y estar orientadas de diferente manera, para activar diferentes mecanismos a intervalos repetitivos, como por ejemplo unas válvulas, es decir constituye un temporizador mecánico cíclico, también denominado Programador mecánico.

## RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo ha sido la elaboración de un equipo de diagnóstico rápido de los sensores tipo transistorizado siguiendo el diseño de instrucción del probador de sensores por frecuencia y las propuestas de resolución de fallas.

Partiendo de una prueba aplicada a los sensores del automóvil, se concluyen dos hechos fundamentales, el primero que el SENSOR emita las señales de frecuencia adecuadas y el segundo que existe la necesidad de nuevos materiales instrucciones para abarcar los problemas del tema.

Un examen exploratorio sobre inyección electrónica muestra que los técnicos tienen serias dificultades para organizar, enfocar y resolver los problemas propios del tema, si se suman las dificultades para resolver problemas de inyección electrónica debido a su complejidad, extensión y definición se da la necesidad de nuevos medios de diagnóstico que ayuden al tecnólogo a resolver los problemas de una forma más eficiente.

Por las necesidades en el taller de agilizar las reparaciones de los vehículos y en ocasiones no cambiar componentes buenos, surge la necesidad de instrumentos alternativos; uno de ellos es el probador de sensores tipo transistorizado, que se encuentran en el sensor de árbol de levas, sensor de cigüeñal, sensores de velocidad y como en el caso del Nissan y Chevy, estos se encuentran en el tablero de instrumentos.

Se revisó un sensor de posición de cigüeñal, para el cual en ocasiones si se encuentra en el vehículo o fuera del vehículo y no es claro si es o no es del tipo que se prueba sencillamente, se requiere de un clic con función de generar un tipo de carga ya sea de alimentación o serial, el cual se pondrá en la parte captadora para chequear si se pega, entonces este si se puede probar.

## INTRODUCCIÓN

El número creciente de innovaciones tecnológicas en los vehículos automotores, ha obligado a los técnicos de la reparación y mantenimiento, a adquirir nuevos conceptos y técnicas.

Es por eso que este trabajo está encaminado al diagnóstico de sensores tipo transistorizado siendo estos componentes de los sistemas de inyección electrónica, tecnología que está remplazando el carburador, debido al aumento en las exigencias de los organismos de control ambiental para disminuir las emisiones de gases en los motores de combustión.

La falta de capacitación y herramientas para el chequeo de los componentes de la inyección electrónica han sido la base para desarrollar la investigación.

En el marco de la teoría de la electrónica, se plantea una investigación donde se realiza una serie de consultas cuya fuente partió de libros, internet, charlas y clases dirigidas por profesionales de la enseñanza como profesores y trabajadores de esta área.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La situación problema radica al momento de la reparación de los vehículos, situación que lleva a aplicar instrumentos alternativos para detectar posibles fallas en los diferentes sensores encontrados en el árbol de levas, cigüeñal, velocidad, distribuidores entre otros que están en el tablero de instrumentos de algunos vehículos como el Nissan y Chevy, para los que no lo poseen se debe implementar una estrategia que detecte las pulsaciones de los sensores ya que algunas ocasiones están fuera de especificación y aunque aparentemente están trabajando, al momento de llevarlos al vehículo producen problemas y en ocasiones no es tanto el sensor si no falsos contactos o las líneas hacia la computadora.

Si las líneas a la computadora de cualquiera de los sensores están bien, en los conectores no hay falso contacto, posiblemente habría problemas en la computadora. Debido a la falta de experiencia y herramientas muchos técnicos optan por cambiar el sensor quizá el problema no radicando en este.

Conocer el estado de los sensores es muy importante para que el estado del automóvil se encuentre en óptimas condiciones y evitar gastos innecesarios cambiándolos sin tener en cuenta que la vida útil pudiera ser mayor, los probadores de sensores son muy costosos así que simplificándolo se pudiera tener los mismos efectos para saber su estado siempre y cuando se conozca la ubicación de las terminales al igual que su interpretación.

La economía de tiempo es muy importante por eso un equipo que de un diagnóstico rápido, sería muy pertinente en el campo automotriz. Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación

¿Cuál es el diseño de un probador de sensores tipo transistorizado?

## 2. JUSTIFICACION

La conveniencia de la presente investigación se dará por la aplicación de un método de diagnóstico sencillo, práctico y rápido para alguno de los sensores presentes en el sistema de inyección electrónica.

Lo cual será de gran ayuda para los estudiantes de tecnología mecánica automotriz para afianzar sus conocimientos de inyección electrónica, si se tiene en cuenta que éste probador va a ser de gran utilidad para el sensor de presión absoluta en el colector cuya función es modificar la mezcla de combustible y otras salidas.

También su utilidad se podrá implementar en los sensores de oxígeno representando su cantidad en los gases de escape, entre otros más como el de temperatura, de posición de la mariposa del acelerador, del cigüeñal que sin duda deben ser revisados previamente antes de dar un diagnóstico.

Si desde la academia se crean elementos de presupuesto bajo que pueden estar al alcance económico de quien ejerza la profesión tendríamos mejores profesionales ya que sus conocimientos podrán ser aplicados de manera adecuada.

El beneficio del uso de este equipo será agilizar las reparaciones en los vehículos y no cambiar componentes innecesariamente.

Desde lo social la importancia radica en disminuir la contaminación alargando la vida útil de los distintos sensores, siendo muy conveniente para los centros automotrices quienes desean bajar costos pero tener diagnósticos claros y eficientes en la solución de los requerimientos de cada caso específico.

Su valor teórico se fundamenta en un trabajo investigativo que dejará evidencia de la recopilación de información significativa para quienes deseen seguir profundizando en este tema tan valioso de practicidad, sin duda este trabajo abre una brecha para los futuros estudiantes quienes tendrán un apoyo teórico estructurado.

La utilidad metodológica es sin duda un componente fundamental ya que describe como se recolecta la información y su importancia a nivel aplicativo, por eso los futuros estudios podrán tener una base para mejorar los procesos de los probadores haciéndolos cada vez más económicos y amigos del medio ambiente.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

- Diseñar un probador para los sensores tipo transistorizado el cual permitirá un diagnóstico correcto y eficiente.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Analizar la relevancia a nivel teórico y su importancia práctica en la actualidad.
- Elaborar el plano del probador determinando sus componentes y fabricación.
- Realizar el procedimiento de ensamble con sus respectivas pruebas de funcionamiento.

## **4. REFERENTE TEORICO**

### **4.1 INYECCIÓN ELECTRÓNICA, INTRODUCCIÓN Y TIPOS EXISTENTES.**

#### **4.1.1 Introducción y antecedentes a los sistemas de inyección electrónica.**

Los sistemas de inyección surgieron previamente con la inyección mecánica. Luego de éstos aparecieron los llamados sistemas electromecánicos basando su funcionamiento en una inyección mecánica asistida electrónicamente, pasando en una última etapa ha sido la aparición de los sistemas 100% electrónicos.

La inyección electrónica se basa en la preparación de la mezcla por medio de la inyección regulando las dosis de combustible electrónicamente.

Presenta grandes ventajas frente a su predecesor el carburador, éste al basar su funcionamiento en un sistema exclusivamente mecánico, al no brindar una mezcla exacta a la necesaria en diferentes marchas presenta irregularidades en éstas, principalmente en bajas velocidades. Esto determina un consumo excesivo de combustible además de una mayor contaminación.

Otra situación que puede ocurrir con el carburador es que las mezclas son desiguales para cada cilindro, obligando a generar una mezcla que alimente hasta al cilindro que más lo necesita con una cantidad mayor de combustible, este problema se ve solucionado en la inyección electrónica si se presenta un inyector en cada cilindro para proporcionar la cantidad exacta de combustible que el cilindro requiere, lo que se evidencia también en una mejor utilización del combustible y un mejor consumo.

La dosificación mejor controlada de la inyección electrónica tomando en cuenta la temperatura y régimen del motor permite además un arranque en frío más corto y una marcha eficiente en la fase de calentamiento.

Estas razones anteriormente citadas permiten además una de las ventajas más buscadas en esta última década, la reducción de la contaminación del medio ambiente. La inyección electrónica posibilita la entrada del combustible exacto que se necesita, en el momento exacto en que es requerido. Esta proporción de combustible y aire ajustada en todo momento durante cualquier marcha del motor hacen posible la reducción de gases contaminantes. Todo esto se traduce en un aumento de potencia con un mejor rendimiento térmico.

Además estos sistemas nos dejan la posibilidad de optimizar la forma de diseño de los conductores de admisión los cuales se realizan buscando el aprovechamiento de corrientes aerodinámicas, permitiendo así llenar de una forma más eficiente los cilindros logrando así una mayor potencia.

En resumen vemos que las principales ventajas de los sistemas de inyección electrónica son: reducción de gases contaminantes, más potencia con un menor consumo y un mejoramiento de la marcha del motor en cualquier régimen de éste.

#### **4.1.2 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica.**

Una de las clasificaciones más escuchadas es la basada en la cantidad de inyectores con las conocidas denominaciones mono punto y multipunto.

En los sistemas de inyección mono punto se presenta únicamente 1 solo inyector el cual proporciona combustible en el colector de admisión. Los sistemas multipunto en cambio tienen 1 inyector por cada cilindro.

Otro tipos de clasificaciones consisten según el lugar donde se inyecten (inyección directa o indirecta), según el número de inyecciones (continua, intermitente) y según su tipo de funcionamiento (inyección mecánica, electromecánica y electrónica). A continuación explicaremos cada uno de ellos en más detalle.

La inyección indirecta es la generalmente usada, hace referencia al sistema mediante el cual el combustible es introducido en el colector de admisión sobre la válvula de admisión, mientras que la inyección directa basa su funcionamiento en la inyección de combustible directamente en el cilindro. Esta última es más nueva y se está extendiendo en cada vez más modelos.

Al realizar la clasificación teniendo en cuenta el número de inyecciones nos encontramos con la inyección continua, en donde los inyectores proveen el combustible continuamente a los colectores de admisión. En la inyección intermitente se inyecta el combustible a intervalos según lo determine la central de mando.

Este último tipo se subdivide a su vez en tres categorías: secuencial, semi-secuencial y simultánea.

En la secuencial el combustible se inyecta con la válvula de admisión abierta presentando así los inyectores un funcionamiento sincronizado con éstas (actuando todos los inyectores en diferentes tiempos). En la semi-secuencial el combustible se inyecta de a pares, es decir, los inyectores actúan de a dos.

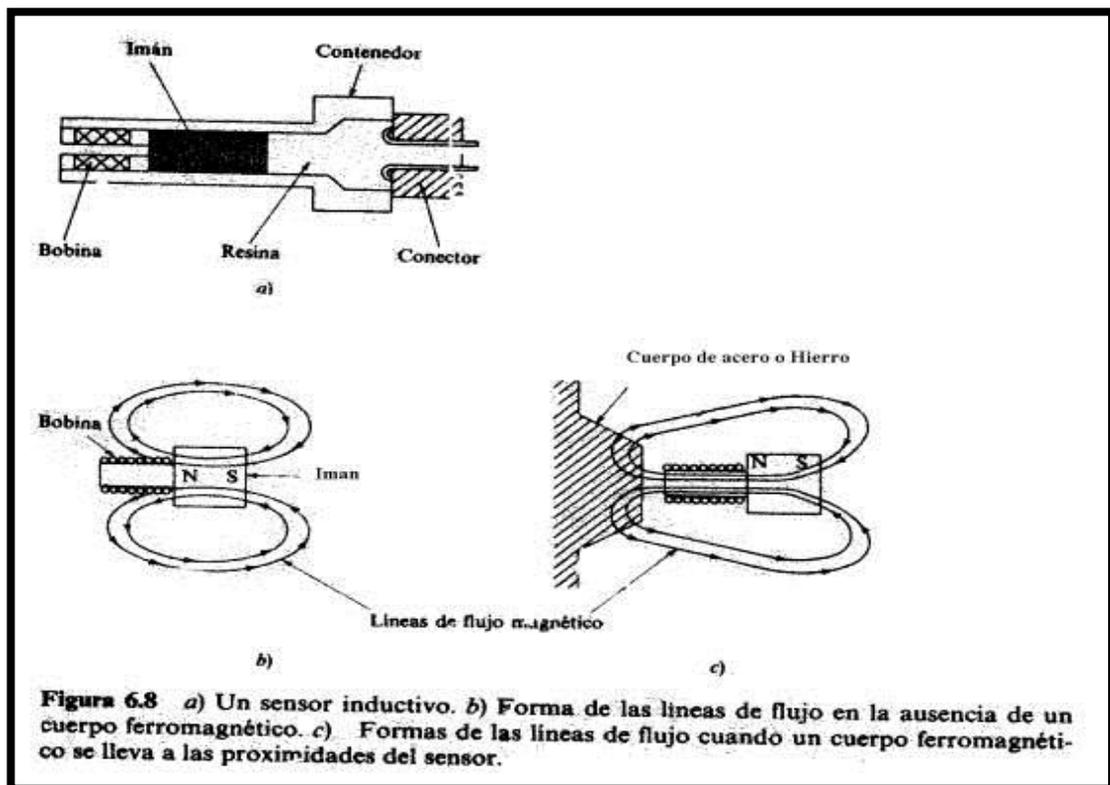
En la simultánea el combustible se inyecta al unísono, actuando todos los inyectores a la misma vez.

## 4.2 TIPOS DE SENSORES

### 4.2.1 Sensores inductivos

Los sensores basados en un cambio de inductancia debido a la presencia de un objeto metálico están entre los sensores de proximidad industriales de más frecuente uso. El principio de funcionamiento de estos sensores puede observarse en las siguientes figuras.

FIGURA 1. Sensores Inductivos



Fuente: <http://www.google.com.co/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&html>

La figura muestra un diagrama esquemático de un sensor inductivo, que consiste fundamentalmente en una bobina arrollada, situada junto a un imán permanente empaquetado en un receptáculo simple y robusto.

El efecto de llevar el sensor a la proximidad de un material ferro magnético produce un cambio en la posición de las líneas de flujo del imán permanente según se indica en la figura. En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y por consiguiente no se induce ninguna corriente en la bobina. Sin embargo, cuando un objeto ferro magnético penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud y forma son proporcionales a la velocidad de cambio de flujo.

La forma de onda de la tensión, observada a la salida de la bobina, proporciona un medio efectivo para la detección de proximidad. La tensión medida a través de la bobina varía como una función de la velocidad a la que un material ferro magnético se introduce en el campo del imán. La polaridad de la tensión, fuera del sensor, depende de que el objeto este penetrando en el campo abandonándolo.

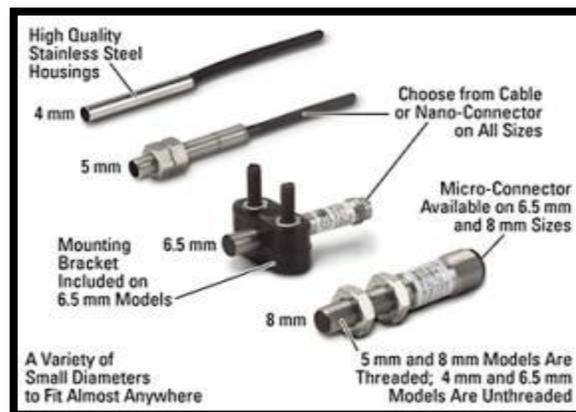
Existe una relación entre la amplitud de la tensión y la distancia sensor-objeto. La sensibilidad cae rápidamente al aumentar la distancia, y el sensor sólo es eficaz para fracciones de un milímetro.

**FIGURA 2. Sensores Inductivos**



Fuente: <http://www.google.com.co/url?sa=html>

**FIGURA 3. Sensores Inductivos**



Fuente: <http://www.google.com.co/imgres?start=196&html>

Puesto que el sensor requiere movimiento para generar una forma de onda de salida, un método para producir una señal binaria es integrar esta forma de onda.

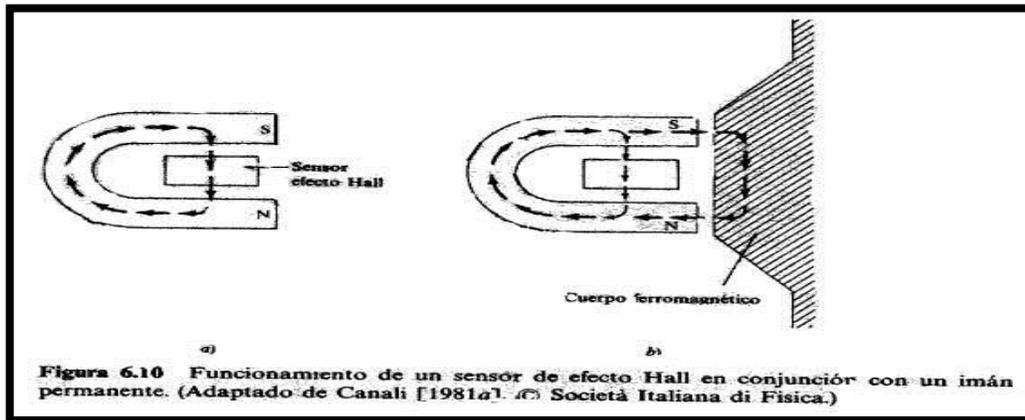
La salida binaria se mantiene a nivel bajo en tanto que el valor integral permanezca por debajo de un umbral especificado, y luego se conmuta a nivel alto (indicando la proximidad de un objeto) cuando se supera el umbral.

#### **4.2.2 Sensores de efecto hall**

El efecto Hall relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través del material. Cuando se utilizan por sí mismos, los sensores de efecto Hall sólo pueden detectar objetos magnetizados. Sin embargo, cuando se emplean en conjunción con un imán permanente en la configuración tal como la indicada en la figura, son capaces de detectar todos los materiales ferro magnéticos.

Cuando se utilizan de dicha manera, un dispositivo de efecto Hall detecta un campo magnético intenso en ausencia de un material ferro magnético en el campo cercano.

### FIGURA 3. Sensores de Efecto Hall



Fuente: <http://www.google.com.co/imgres?hl=es&biw=html>

Cuando dicho material se lleva a la proximidad del dispositivo, el campo magnético se debilita en el sensor debido a la curvatura de las líneas del campo a través del material.

Los sensores de efecto Hall están basados en el principio de una fuerza de Lorentz que actúa sobre una partícula cargada que se desplaza a través de un campo magnético. Esta fuerza actúa sobre un eje perpendicular al plano establecido por la dirección de movimiento de la partícula cargada y la dirección del campo. Es decir, la fuerza de Lorentz viene dada por  $F = q (v \times B)$ , en donde  $q$  es la carga,  $v$  es el vector de velocidad,  $B$  es el vector del campo magnético y  $\times$  indica el producto vectorial.

Al llevar un material ferro magnético cerca del dispositivo de imán semiconductor disminuirá la intensidad del campo magnético, con la consiguiente reducción de la fuerza de Lorentz y, finalmente, la tensión a través del semiconductor.

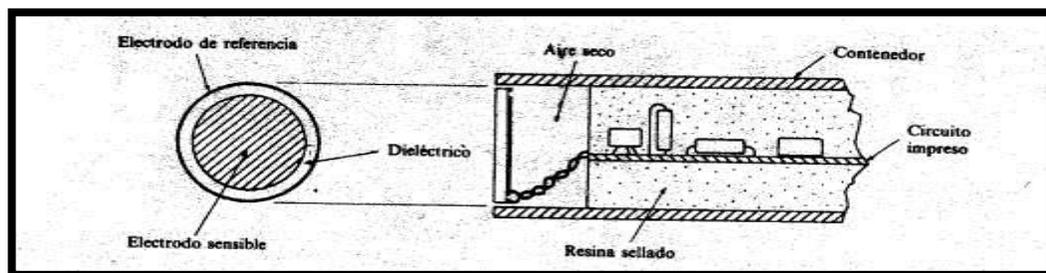
Esta caída en la tensión es la clave para detectar la proximidad con sensores de efecto Hall. Las decisiones binarias con respecto a la presencia de un objeto se realizan estableciendo un umbral de la tensión fuera del sensor.

Además, la utilización de materiales semiconductores permite la construcción de circuitos electrónicos para amplificación y detección directamente en el propio sensor, con lo que se reduce el tamaño y el costo del mismo.

### 4.2.3 Sensores capacitivos

A diferencia con los sensores inductivos y de efecto Hall que detectan solamente materiales ferro magnético, los sensores capacitivos son potencialmente capaces (con diversos grados de sensibilidad) de detectar todos los materiales sólidos y líquidos. Como su nombre indica, estos sensores están basados en la detección de un cambio en la capacidad inducido por una superficie que se lleva cerca del elemento sensor.

**FIGURA 4. Sensores Capacitivos**



Fuente: <http://www.guemisa.com/articulo/html/sensores.htm>

El elemento sensor es un condensador constituido por un electrodo sensible y un electrodo de referencia. Estos electrodos pueden ser, por ejemplo, un disco y un anillo metálicos separados por un material dieléctrico. Una cavidad de aire seco se suele colocar detrás del elemento capacitivo para proporcionar aislamiento. El resto del sensor está constituido por circuitos electrónicos que pueden incluirse como una parte integral de la unidad, en cuyo caso suelen estar envueltos en una resina para proporcionar soporte mecánico y sellado.

Hay varios métodos electrónicos para detectar la proximidad basada en cambios de la capacidad. Uno de los más simples incluye el condensador como parte de un circuito oscilador diseñado de modo que la oscilación se inicie solamente cuando la capacidad del sensor sea superior a un valor umbral preestablecido. La iniciación de la oscilación se traduce luego en una tensión de salida, que indica la presencia de un objeto. Este método proporciona una salida binaria, cuya sensibilidad de disparo dependerá del valor umbral.

La capacidad varía como una función de la distancia para un sensor de proximidad basado en los conceptos anteriores. Es de interés destacar que la sensibilidad disminuye mucho cuando la distancia es superior a unos pocos milímetros y que la forma de la curva de respuesta depende del material objeto de detección. En condiciones normales, estos sensores son accionados en un modo binario, de modo que un cambio en la capacidad mayor que un umbral preestablecido  $T$  indica la presencia de un objeto, mientras que los cambios por debajo del umbral indican la ausencia de un objeto con respecto a los límites de detección establecidos por el valor de  $T$ .

## **4.3 PROBADOR SE SENSORES POR FRECUENCIA TIPO: AUDITIVO**

### **4.3.1 Tipo Transistorizado**

Ejemplo: La señal estaría en la orilla, la tierra en medio, y la alimentación de voltaje en el otro extremo; Una de las excepciones que se encuentran en los que parecen de tipo transistorizado es el sensor de cigüeñal de chevy que aparentemente en su conector hay tres terminales y si cuenta con una punta imantada. Aparentemente este y el anterior son iguales, pero en realidad en el de chevy aunque tiene tres terminales solamente se utilizan dos; ya que la tercer línea es un blindaje que se encuentra en el cable el cual va a evitar frecuencias parásitas.

Para probar este sensor de tipo chevy se requiere de un multímetro en la escala de 20.000 ohmios ó 2 k. Ya que la resistencia de estos sensores suele estar entre 300 a 2.000 ohmios y lo único que hay que hacer es poner las puntas del multímetro; en este caso los dos extremos que es la bobina y da un promedio de 567 ohmios, y es lo único que hay que hacer, este es un generador de corriente alterna y se encuentra en el chevy; y no se puede probar con el equipo alternativo.

### **4.3.2 Sensor de árbol de levas**

El cual a diferencia del anterior este no cuenta con imán, el imán se encuentra en el árbol de levas, este es un sensor de un neón. No tiene el imán pero aquí si se puede hacer la prueba, para ello se requiere de un imán el cual hay que pasar en frente del sensor. Conectar nuevamente, si no se tiene la posición de cada una de las terminales se averiguan con un manual o catálogo.

Al tenerlo conectado se le pasa un metal y no trabaja; al pasarle un imán se observa el cambio del foco led indicando que está trabajando.

Otro de los sensores que se pueden probar, son los sensores que se encuentran en los distribuidores, tienen sus tres terminales indicando que es de tipo transistor en este caso es un sensor de efecto hall y funciona cada que la ventanita atraviesa en frente del sensor cortando el campo magnético, lo mismo que los anteriores sencillamente hay que conectarlo como debe de ser; en este caso el conector dice: negativo, hay un cero que es la señal, y un positivo que es la alimentación. Entonces se conecta la señal igual que la anterior, positivo y negativo.

Para efectos de probar sensores que cuestan un poco ya habría que buscar la forma de conectar sus terminales valiéndose de "x" componentes. Cada que la ventanita queda en frente del sensor se genera un pulso y cada que se corta se apaga el foco led, en este caso parpadeara cada que pasa la ventanita frente del sensor indicando que el sensor se encuentra en buen estado. Para revisar un sensor de velocidad de tipo transistorizado, que cuenta con sus tres terminales. Se alimenta para revisar su funcionamiento. Al tenerlo conectado lo único que se necesita hacer es ir girando lentamente el engrane que es el que va a la caja de cambios y se observa en el foco led que en realidad este sensor está trabajando. Y allí termina la prueba.

## 4.4 PROBADORES DE LOS DIFERENTES SENSORES

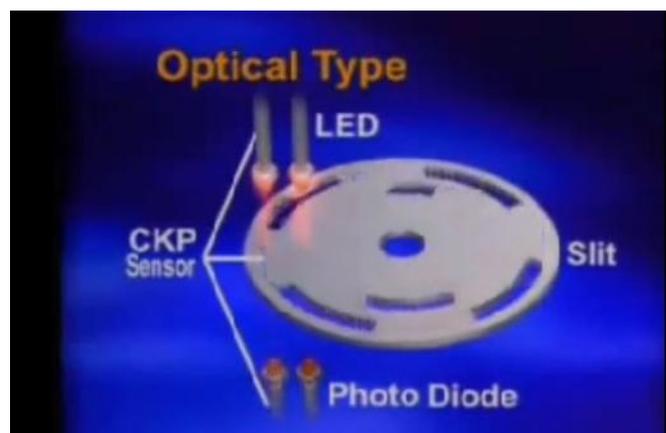
### 4.4.1 Sensores de posición del cigüeñal

Este sensor desglosa tres tipos de sensores de posición del cigüeñal:

- **SENSOR TIPO ÓPTICO:** Este está normalmente localizado en el distribuidor; el sensor consiste de un LED, un DIODO foto sensor y una placa con ranuras que rota, este supervisa la posición del cigüeñal dependiendo de la posición de la ranura.

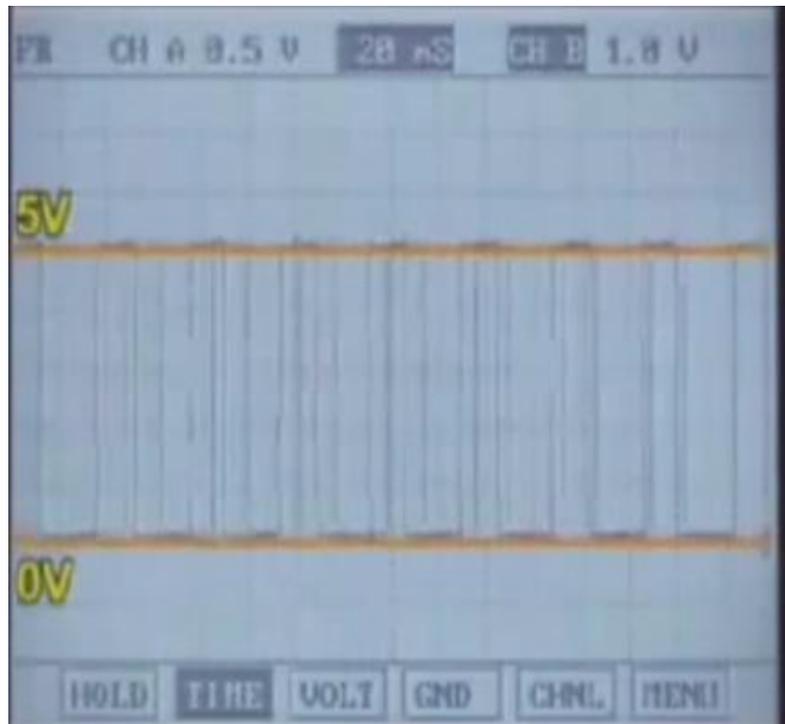
Para comprobar el sensor tipo óptico se comprueba el voltaje entre el terminal de potencia con el terminal de tierra con la llave de ignición en la posición de encendido, se comprueba si entonces hay entre cero y cinco voltios en el cable de señal del sensor, para saber si el sensor funciona bien se mide la onda del cable de señal mientras esta arrancando el carro.

**Figura 6. Sensor tipo óptico**



**Fuente:** <http://www.youtube.com/watch?v=VtdpHtBeJVU>

Figura 7. Resultado de prueba

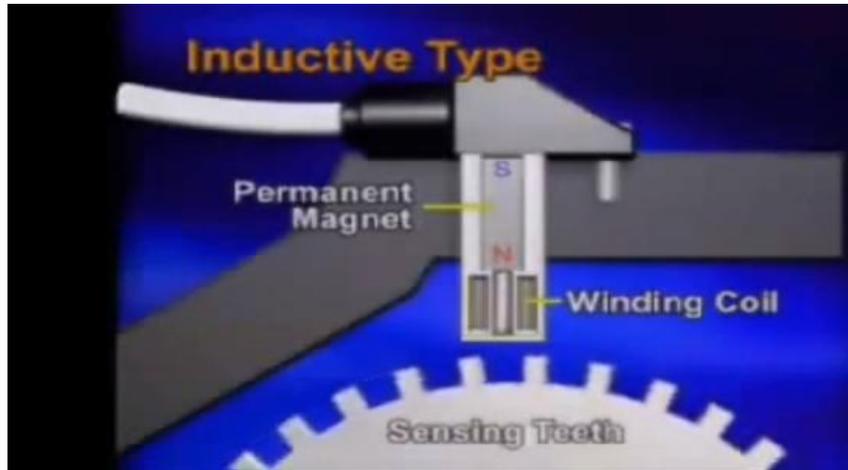


Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=VtdpHtBeJVU>

- **SENSOR INDUCTIVO:** Consiste en un magneto permanente y una bobina, el campo magnético en el sensor es interrumpido por el paso de los dientes en la volante, este genera una señal de voltaje AC.

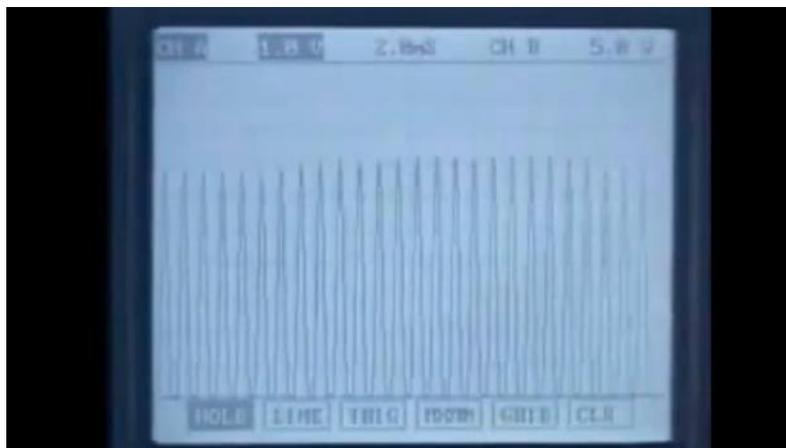
Este es normalmente un sensor de dos cables aunque puede contener tres, el tercer cable es un protector coaxial para proteger cualquier interferencia que pueda interrumpir y corromper la señal. Para comprobar el cableado del sensor se conecta el probador y se mira la onda del cable de señal mientras arranca el motor.

**Figura 8. Sensor tipo inductivo**



Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=VtdpHtBeJVU>

**Figura 9. Resultado de prueba**



Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=VtdpHtBeJVU>

- **SENSOR TIPO EFECTO HALL:** Este consiste de un elemento de efecto hall con un semi conductor, cuando el flujo magnético al efecto de hall cambia se activa el elemento, supervisa la rotación del eje utilizando el efecto hall.

Los terminales de este consisten de uno de 12v de energía, uno de 5v de señal y uno de tierra. Los voltajes de cada terminal con la ignición de la posición de encendido deberían ser 12v, 5v y 0v.

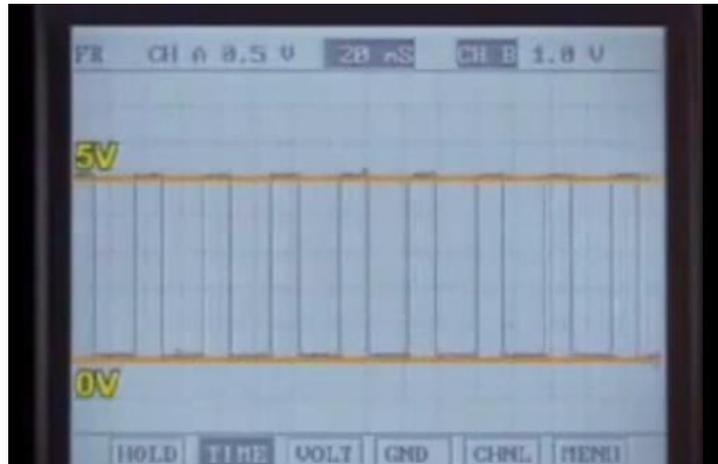
Para comprobar el sensor se conecta al probador y se mide onda del cable de señal mientras el carro arranca (Sensores automotrices y análisis de ondas de osciloscopio , 2004).

**Figura 10. Sensor tipo efecto HALL**



**Fuente:**<http://www.youtube.com/watch?v=VtdpHtBeJVU>

**Figura 11. Resultado de prueba**



Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=VtdpHtBeJVU>

## **4.5. OTROS TIPOS DE PROBADORES DE SENSORES**

### **4.5.1 Osciloscopio.**

Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica de señal, frecuentemente junto a un analizador de espectro.

Los osciloscopios miden la forma de las señales eléctricas y muestran un gráfico en movimiento llamado señal que representa el voltaje con relación al tiempo en el display.

La señal eléctrica es recogida y enviada a una pistola de electrones, allí, se dispara un rayo catódico negativo hacia la pantalla, acelerado por un ánodo positivo, y aparece la onda en el display. Las formas de las ondas se pueden modificar en sus ejes vertical y horizontal para dar cabida a distinta información.

**Este tiene un costo de \$650.000**

#### **4.5.2 ECUS**

Este equipo esta diseñado para medir las señales de los sensores del automóvil y hacer pruebas en los mismos.

El más completo probador de diagnóstico para los sensores, cableado, conectores y voltajes en ECU o OBC (On Board Computers), frecuencia lambda, y medida en señales de pulso (pulse signals).

La pantalla digital muestra el resultado real de las señales. Mide cualquier voltaje AC o DC, resistencia, o la frecuencia de salida. Permite la simulación de la mayor parte del(os) sensor(es) y mandos de la ECU o OBC.

Puede ser utilizado en cualquier vehículo nacional o de importación. Elimina el reemplazo innecesario de los sensores no defectuosos.

Puede manejar la computadora en "circuito abierto o cerrado".

**Este tiene un costo de \$3'200.000**

## **4.6 METROLOGÌA**

La metrología es la ciencia de la medición. Su objetivo principal es garantizar la confiabilidad de las mediciones. La metrología es una ciencia en constante evolución y desarrollo; muchos de los progresos tecnológicos de la actualidad se dan gracias al avance de la metrología (Díaz, 2008, pág. 209).

Al aplicarla a un probador de sensores tipo transistorizado servirá para calibrar los equipos de forma adecuada, es importante ya que al momento de realizar revisiones ayudará a tener un diagnóstico claro del equipo, se evidencia que los sensores juegan un papel importante en el estado del aparato automotriz por tal motivo las acciones de mantenimiento ayudan a agilizar en tiempo (Piñeiro, 2000, pág. 107)

Las herramientas de diagnóstico responden a un sistema de calibración donde su estado se debe verificar con normas vigentes, la metrología ayuda a verificar los resultados obtenidos de forma objetiva.

### **4.6.1 Transductores y sensores**

Cuando se hace referencia a los transductores se hace referencia a la forma en como se convierte una señal de una forma física a una correspondiente pero su forma física va a variar, es decir se convierte un tipo de energía en otro, significando que la señal de entrada va hacer siempre una energía o potencia, en la trasducción se extrae una cierta cantidad de la energía que se mide, llevando a garantizar que no se perturbe.

Existen seis tipos de señales que son: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares o químicas, al interrelacionar el probador del sensor con los transductores este debe considerarse de ésta categoría ya que responde a la transformación de una señal en otro tipo de señal dándose ésta como útil al momento de su salida (científicas, 1987, pág. 56).

Un sensor es un dispositivo que a partir del medio donde se mide da una señal de salida transducible que es función de la variable medida, hay que aclarar que transductor y sensor en ocasiones se toman como sinónimos pero la diferencia radica en que el segundo abarca un concepto más extenso al momento de conocer las cantidades físicas que proporcionan cada uno ya que por su naturaleza no pueden ser captadas por los sentidos, el primero hace referencia a que las señales de entrada y salida no deben ser homogéneas (Espinosa, pág. 87).

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE ESTUDIO**

La investigación de este proyecto está basada en un tipo de estudio exploratorio ya que a pesar de ser un tema conocido se realizaran estudios y pruebas para medir y explicar su funcionamiento visto desde la experiencia en el campo de intervención del mismo.

También el objetivo de este tipo de estudio es dar a conocer con conceptos claros y concisos a quienes no están completamente enterados del tema y que así se logre mejorar un proceso y optimizar el recurso del tiempo.

### **5.2 METODO**

La observación como elemento importante en la investigación científica ya que al momento de diseñar el sensor se determinó la necesidad existente en el mercado de implementar este sistema sencillo y de fácil utilización que además de disminuir costos disminuye tiempo, la experiencia en el campo ha reflejado que conocer de este podrá traer grandes beneficios.

Inducción-deducción, consiste la primera en ir de los casos particulares en los que hay una necesidad a la generalización, es importante porque surge por la observación de un fenómenos particular que es la necesidad de ahorrar tiempo en el diagnóstico de los diferentes sensores en lo automotriz con el propósito de llegar a conclusiones y premisas generales que será sin duda el diseño del probador.

La deducción, en ir de lo general a lo particular; se inicia con la observación de fenómenos generales con el propósito de señalar las verdades particulares como lo referente a los altos costos de los probadores industriales y de allí surge la premisa de un probador económico y eficiente en tiempo y dinero.

Las Simulaciones se darán para determinar si el probador funciona o no, y que se debe mejorar para llegar a un diseño óptimo.

### **5.3 POBLACIÓN**

La herramienta desarrollada está dirigida a los estudiantes y técnicos automotrices con el fin de complementar la parte del diagnóstico en los sistemas de inyección electrónica y de reducir los tiempos de reparación.

También estarán beneficiadas las personas que deseen implementar éste diseño en los diferentes centros automotrices para disminuir tiempo en el diagnóstico de los posibles problemas en los sensores.

### **5.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

El probador de sensores ayudará a determinar si un sensor está funcionando correctamente o no, su resultado será confiable y permitirá facilitar la toma de la decisión de si se reemplaza o no el sensor.

## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 6.1 Análisis teórico

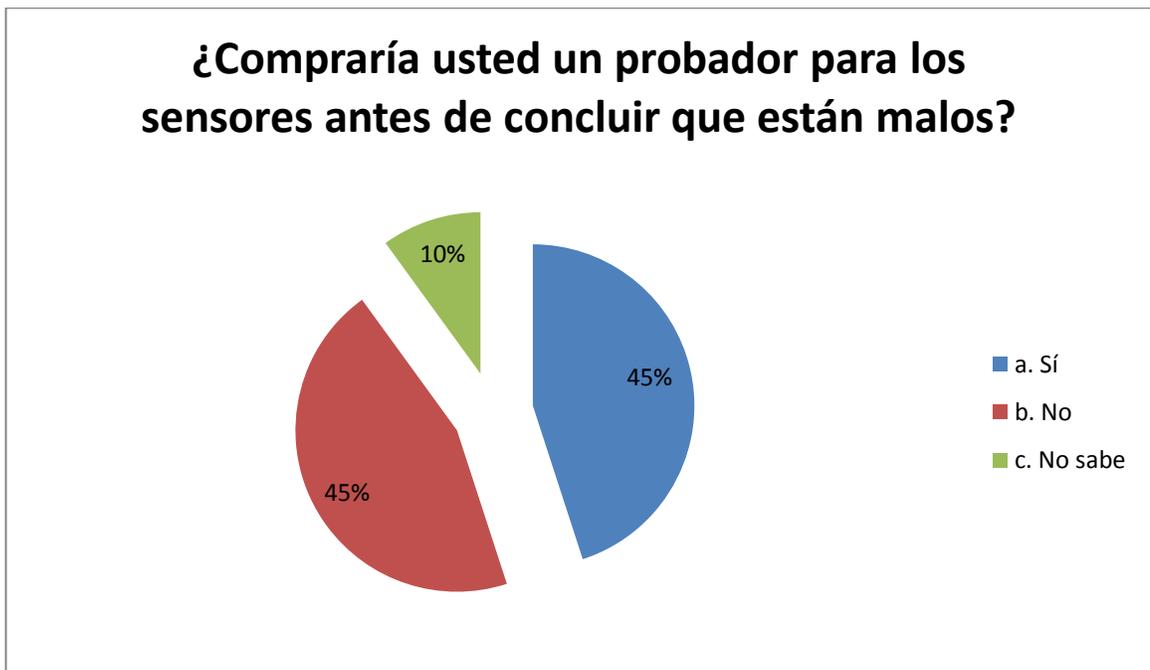
El fundamento de realizar un probador surgió por la necesidad de saber el estado de los diferentes sensores en los distintos centros automotrices, donde constantemente llegaban motocicletas con sensores malos, y no había la manera de saber si estos se encontraban en buen o mal estado, teniendo que realizar tediosos procedimientos los cuales quitaban tiempo y certeza en el diagnóstico adecuado del vehículo.

Este probador es básicamente un módulo que detectará las pulsaciones que generan los sensores, que son las que indicarán que el sensor está funcionando correctamente, es importante observar el led al momento de realizar el diagnóstico, es decir que cuando el sensor está bueno este alumbra y se apaga en lapsos de tiempo definidos por el movimiento de quien realice la prueba y cuando el sensor esta malo el led nunca se apaga ya que puede presentar un corto u otro daño.

Se realizó un probador de sensores tipo transistorizado, el cual ayudará a realizar pruebas de diagnóstico automotriz, a través de una estructura física se detectarán señales que emite el sensor que no son percibidas por los sentidos y con el probador se convierte la señal para poder determinar el estado de los mismos.

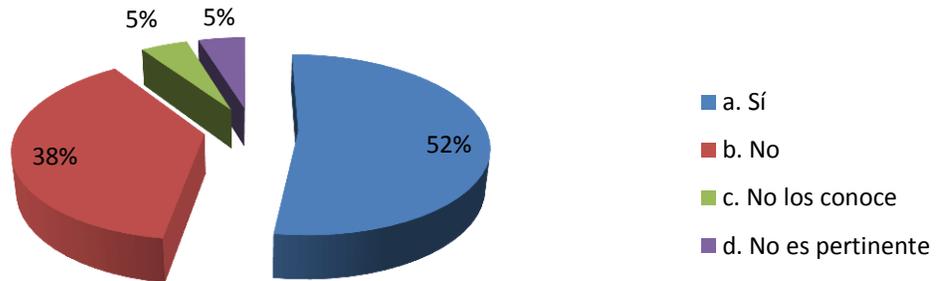
Con la ayuda de una batería, un Sensor tipo transistorizado, Batería de 12 volt, Resistencia de 1K  $\Omega$ , Luz LED, Cables, Terminales en conjunto ayudarán a el diseño del probador, que bajo un manejo estructurado y profesional traerá grandes beneficios.

Se realizó a 20 personas al azar una encuesta uniforme, para determinar si es necesario y la importancia del probador, La encuesta como técnica de investigación de campo ayudó al acopio de información, utilizándose para llenar los vacíos que la observación por si sola tiene en el campo automotriz.



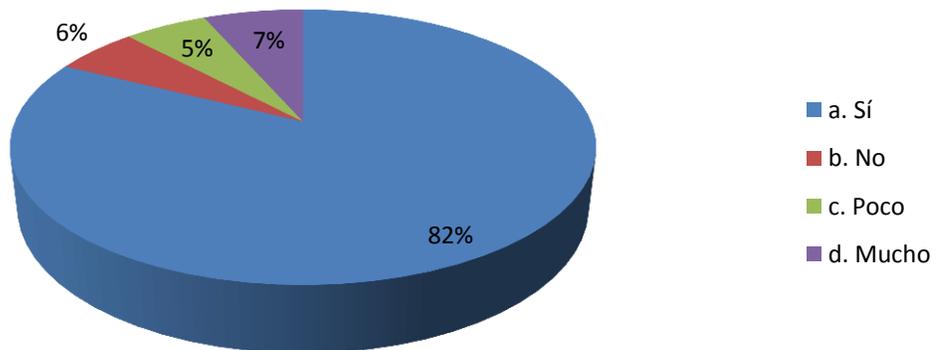
Fuente: Diseñada por autor

**¿Utiliza usted algún tipo de probador para los sensores antes de concluir que están malos?**



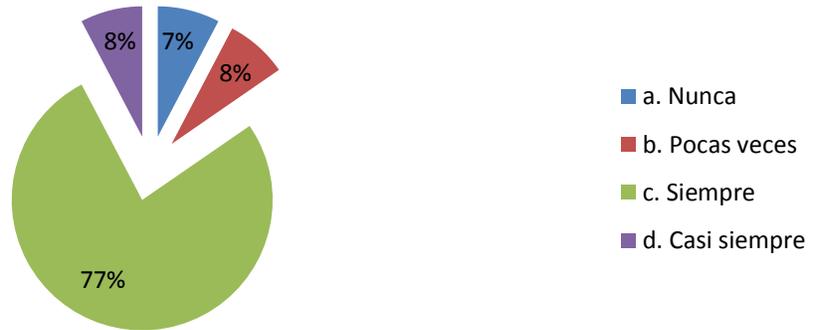
Fuente: Diseñada por autor

**¿Un probador de un sensor tipo transistorizado ayudaría a ahorrar tiempo y dinero?**



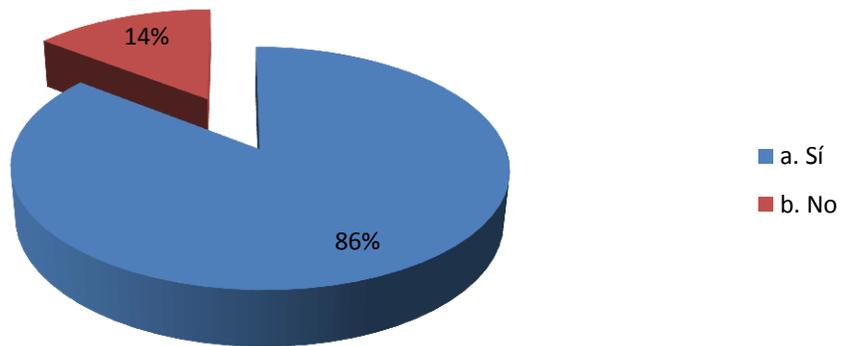
Fuente: Diseñada por autor

### ¿Ha tenido dificultades por no tener un probador?



Fuente: Diseñada por autor

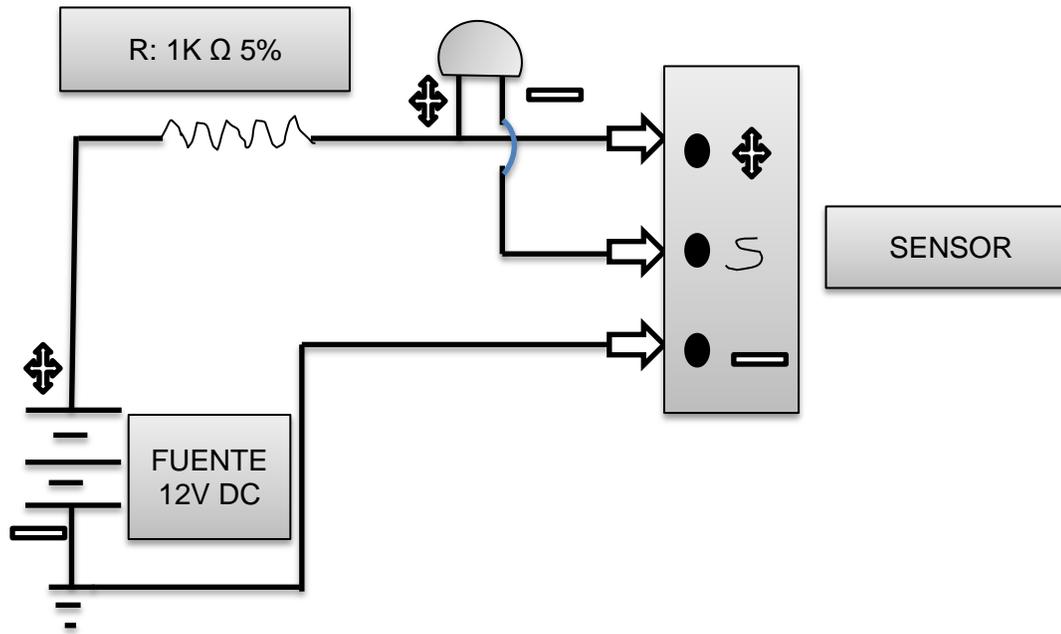
### ¿Cree usted conveniente tener un probador de sensores para garantizar que su vehículo se encuentre en óptimas condiciones?



Fuente: Diseñada por autor

## 6.2 Plano del probador

Figura 12. Esquema probador de sensores.



### MATERIALES

- Sensor tipo transistorizado
- Batería de 12 volt.
- Luz LED
- Cables
- Terminales

### **6.3 Procedimiento de ensamble**

La tarjeta es el medio físico que se encarga de almacenar la información que el sensor va a transmitir a través de los cables y con ayuda de la batería formando un todo compuesto de partes, es decir la ubicación de los cables en la batería estarán dispuestos por su catión y anión respectivamente, al igual que los cables que van a la tarjeta estarán determinados por su polaridad y función eléctrica.

Del polo positivo de la batería sale un cable que alimentará el LED y a su vez este deberá ser conectado a la terminal positiva del sensor.

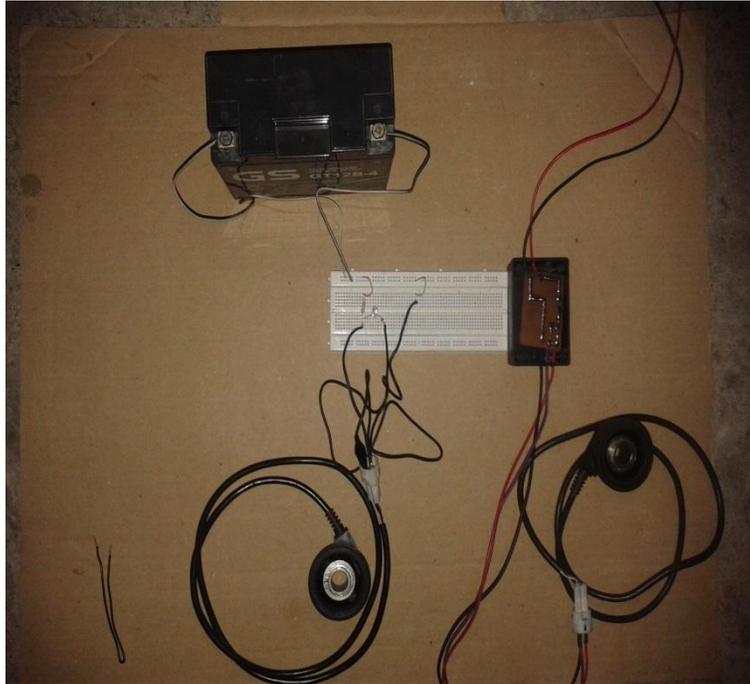
Del polo negativo de la batería sale un cable directo a la terminal negativa del sensor y el cable negativo del LED ira conectada a la terminal que emite la señal del sensor.

Deben salir tres líneas del probador una línea de señal, una línea de alimentación positiva y una línea de alimentación negativa.

Luego de haber ensamblado el probador de sensores de tipo transistorizado, hacemos una prueba con dos de las tres líneas que son: la línea de señal y la de alimentación negativa. Se unen estas dos puntas y el foco LED debe encender, si esto no sucede quiere decir que el probador quedo mal ensamblado.

## 6.4 Pruebas de funcionamiento

**Figura 13. Pruebas de funcionamiento 1**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

Primero se consiguieron los elementos necesarios para hacer el montaje del circuito en una board y así comprobar el funcionamiento del circuito aunque este es muy sencillo es de gran utilidad a la hora de chequear un sensor de este tipo, y en especial un sensor de velocidad de una motocicleta.

Ésta idea surge al ver la necesidad en algunos centros de servicio se fabricar un dispositivo que permita identificar el estado de estos sensores de una forma ágil y rápida, ya que muy frecuentemente estos presentan problemas y el proceso de diagnóstico es bastante tedioso porque no siempre la falla es en el sensor posiblemente sería otro tipo de problema.

**Figura 14. Pruebas de funcionamiento 2**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

En la imagen se está haciendo la prueba de un sensor de velocidad, el cual después de realizar la prueba arrojó que se encuentra en óptimas condiciones, la tableta blanca que se ve en la imagen sirve para montar el circuito de prueba el cual enviará una señal a un led de modo que si este se apaga y se enciende estará bueno de lo contrario permanecerá encendido dando a conocer que hay un corto o el sensor no está bien.

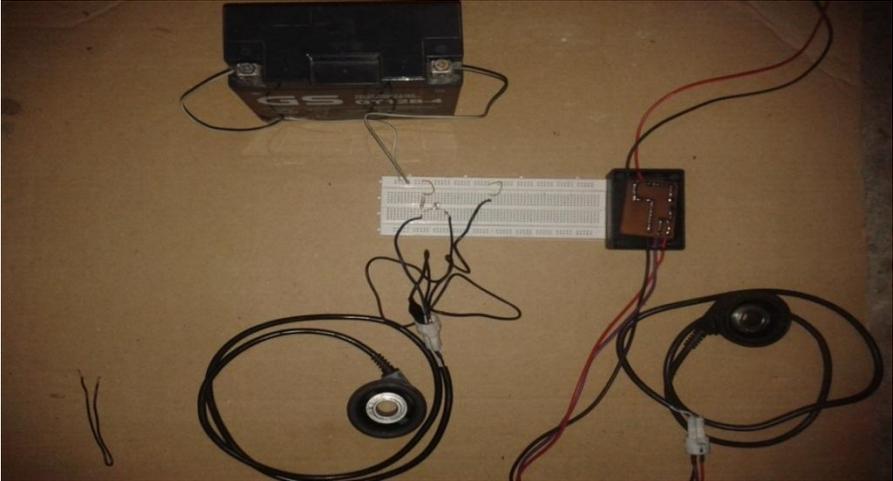
**Figura 15. Pruebas de funcionamiento 3**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

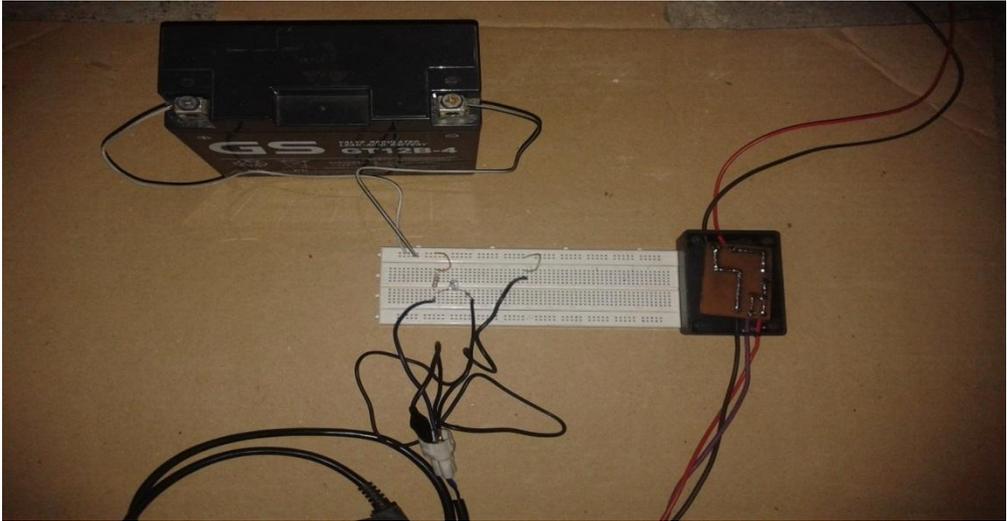
En el sensor se evidencia un daño ya que se mantiene ininterrumpidamente encendido el led, podría hablarse de la presencia de un corto, la board blanca se encargará del circuito de prueba, es muy importante para que se transmita adecuadamente la señal, se observa que el led enciende presentando corto de parte del sensor.

**Figura 16. Pruebas de funcionamiento 4**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

**Figura 17. Pruebas de funcionamiento 5**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

Luego de las pruebas de la board se realizó el circuito en una tableta para proceder al ensamble del probador y poder comprobar su funcionalidad.

**Figura 18. Prueba de motocicleta**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

Se visitó un centro de servicios y se presentó la oportunidad de hacer una prueba en una motocicleta que presentaba fallas en el velocímetro al realizar el procedimiento encontramos una inconsistencia en el sensor que la motocicleta tenía instalado, la luz LED del probador en ningún momento de la prueba se apagó completamente sólo aumentaba y disminuía su intensidad.

Evidenciando así un problema en el sensor ya que de estar bueno el LED debe prender y apagarse a medida que realizamos la prueba.

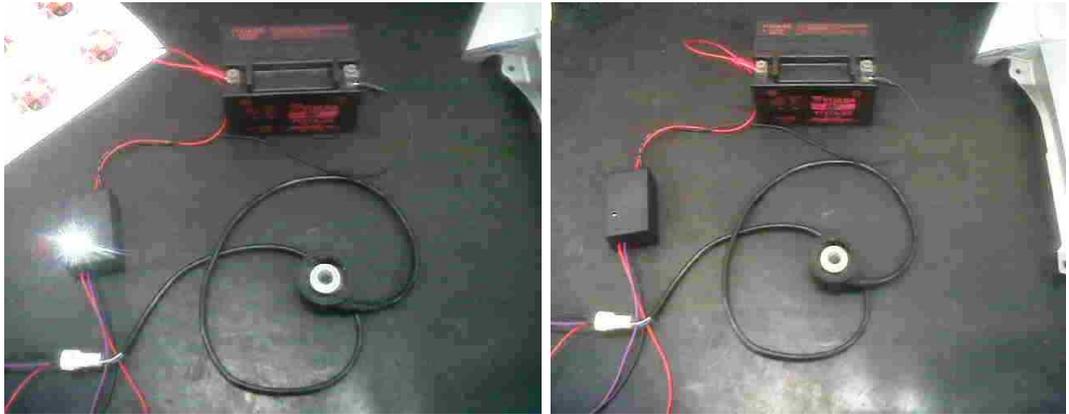
**Figura 19. Sensores de velocidad**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

Al solicitar un sensor nuevo para remplazarlo, se le realizó la misma prueba antes de ser instalado y se pudo comprobar la teoría ya mencionada, Para evidenciar esto se anexan imágenes y videos del procedimiento.

**Figura 20. Sensor en buen estado**



**Fuente:** Fotografía tomada por autor.

[Ver video sensor bueno.3GP](#)

[Ver video sensor malo.3GP](#)

Se indagó con los técnicos el procedimiento que se realizaba para diagnosticar un sensor de este tipo y la falta de herramientas tan simples y prácticas como lo es este probador , sin este es bastante largo el proceso ya que se opta por tomar prestado un sensor de otra motocicleta ocasionando una pérdida excesiva de tiempo ya que en el ensamble y desensamble no era en una motocicleta sino en dos, y otra opción era pedir prestado un sensor al almacén de repuestos para poder comprobar si el problema radicaba o no en el sensor se concluyó así que éste probador es una herramienta de gran ayuda siendo rápido y confiable.

## 7. RECURSOS

### 7.1 HUMANOS

- Ingeniero de control
- 2 Tecnólogos en mecánica automotriz

### 7.2 TECNICOS

Para la elaboración del probador se han estimado los siguientes materiales:

Tabla 1. Presupuesto.

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Batería de 12 volt.	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Bombillo de luz LED	1	\$ 1.500	\$ 1.500
Cables	5	\$ 500	\$ 2.500
Terminales	3	\$ 1.000	\$ 3.000
Resistencia de 1K $\Omega$	1	\$ 50	\$ 50
Tarjeta de circuito	1	\$ 20000	\$ 20000
Caimanes	2	\$ 4000	\$ 8000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 55.050</b>

## 8. CONCLUSIONES

- Los sensores más comunes en el automóvil son los de efecto hall, inductivos y capacitivos.
- El correcto diagnóstico de fallas en los sensores del automóvil es muy importante para evitar cambiar partes innecesariamente.
- Cada vez más la electrónica tiende a posicionarse como la parte más importante, compleja pero precisa para controlar las diversas funciones que debe realizar el vehículo para un correcto funcionamiento.
- Con los avances de la ciencia y la tecnología, los cuales se dan a un ritmo acelerado, para los futuros profesionales surge la necesidad de actualizarse constantemente para así, poder brindar un servicio correcto.

## 9. RECOMENDACIONES

- ✓ Este probador debe ser diseñado por un profesional idóneo que conozca del tema para que su funcionamiento arroje datos confiables y válidos.
- ✓ La elaboración es baja en costos pero necesita de una correcta estructura para su funcionamiento además de tener conocimientos en el análisis del diagnóstico oportuno de los diferentes sensores.
- ✓ Cómo herramienta didáctica debe enfocarse en solucionar un diagnóstico inicial y así tener eficiencia en el tiempo.
- ✓ Una recomendación importante es saber la localización de las terminales de los diferentes sensores para evitar que éste se conecte erróneamente y se llegue a conclusiones falsas.
- ✓ Al momento de hacer la prueba será determinante la localización de las polaridades para tener certeza del daño al cual se hace referencia.

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta

1. ¿Utiliza usted algún tipo de probador para los sensores antes de concluir que están malos?

- a. Sí
- b. No
- c. No los conoce
- d. No es pertinente

2. ¿Compraría usted un sensor industrial de alto costo para ahorrar dinero?

- a. No
- b. Sí
- c. No sabe

3. ¿Un probador de un sensor tipo transistorizado ayudaría a ahorrar tiempo y dinero?

- a. Sí
- b. No
- c. Poco
- d. Mucho

4. ¿Ha tenido dificultades por no tener un probador?

a. Nunca

b. Pocas veces

c. Siempre

d. Casi siempre

5. ¿Cree usted conveniente tener un probador de sensores para garantizar que su vehículo se encuentre en óptimas condiciones?

a. Sí

b. No

## **Anexo 2. Manual de funcionamiento para el uso del probador de sensores tipo transistorizado**

El probador es alimentado con una fuente de 12 VDC (Puede ser utilizada la batería del mismo vehículo) en la salida del probador encontramos tres cables que irán conectados al sensor que deseamos probar.

Cada sensor de este tipo tendrá tres terminales siendo una su alimentación, donde se conecta el cable rojo del probador, el cable púrpura se conectará en la terminal que emite la señal del sensor y el cable negro en su masa al poner en funcionamiento el sensor debe encender y apagarse.

La luz LED del probador estará indicando que éste está enviando la señal, de lo contrario el sensor debe ser reemplazado.

Este tipo de sensores tienen diferentes mecanismos los cuales debemos identificar para poder realizar la prueba en algunos simplemente ponemos en movimiento uno de sus componentes para poder producir el efecto hall, en otras ocasiones necesitaremos de un imán o un metal para producir dicho efecto.

## Bibliografía

- ✓ Sensores automotrices y análisis de ondas de osciloscopio . (2004). By Mandy .
- ✓ Científicas, C. s. (1987). Introducción a los sensores . Alcalá de Henares artes gráficas s.a .
- ✓ Diaz, J. R. (2008). Metrología, aseguramiento metrológico industrial tomo 2. textos académicos.
- ✓ Espinosa, R. D. (s.f.). Metrología e instrumentación . Grin .
- ✓ Piñeiro, M. M. (2000). Metrología: introducción, conceptos e instrumentos . Universidad de Oviedo.
- ✓ P.P.J. Read y V.C. Reid. Manual Técnico del Automóvil.
- ✓ Arias Paz. Manual de Automóviles. Edición 55.
- ✓ Albert Martí Parera. Inyección Electrónica en Motores de Gasolina.