

**DISEÑO DE FRENO ELÉCTRICO PARA AUTOMOVILES**

**ANGEL ARBEY BUITRAGO VELASQUEZ**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
TECNOLOGIA ELECTROMECHANICA  
MEDELLÍN  
2011**

**DISEÑO DE FRENO ELÉCTRICO PARA AUTOMOVILES**

**ANGEL ARBEY BUITRAGO VELASQUEZ**

**Trabajo de grado para obtener el título de Tecnólogo en Electromecánica**

**Asesor**

**JAUDER ALEXANDER OCAMPO TORO**  
**Ingeniero Químico y Tecnólogo en Electrónica**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**  
**TECNOLOGIA ELECTROMECHANICA**  
**MEDELLÍN**  
**2011**

## **DEDICATORIA**

Muchas gracias a toda mi familia por colaborarme en todo lo posible, a mi novia por ayudarme en todas las ideas de este proyecto, los amigos y amigas que aportaron con sus ideas, que sin saber mucho del tema, se plantearon varios interrogantes de cómo mejorar la calidad de vida mediante este tipo de tecnologías avanzadas.

## CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	
1. EL PROBLEMA	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACION	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
4. REFERENTES TEORICOS	14
4.1 ANTECEDENTES TEORICOS	14
4.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL FRENO	15
4.3 ALGUNOS TIPOS DE FRENO	15
4.3.1 Freno de tambor	15
4.3.2 Freno de disco	16
4.3.3 Freno ABS	19
4.3.4 Freno electromagnético	20
4.4 ELEMENTOS DEL FRENO ELECTROMAGNETICO	20
4.4.1 Bobinas	20
4.4.2 Disco de freno	23

5.	METODOLOGIA	25
5.1	TIPOS DE ESTUDIO	25
5.2	PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACION	25
5.3	TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS	26
5.4	DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	26
6.	RESULTADO DE PROYECTO	27
6.1	COMPONENTES Y FUNCIONALIDADES DEL FRENO ELECTROMAGNETICO	28
6.2	PRESUPUESTO DE MATERIALES	32
6.3	RECURSOS HUMANOS	33
6.4	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	34
7.	CONCLUSIONES	35
8.	RECOMENDACIONES	36
	BIBLIOGRAFÍA	37

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Freno tambor	16
Figura 2. Freno disco	18
Figura 3. Bobina	20
Figura 4. Bobina con núcleo de hierro	21
Figura 5. Gráfica composición de los discos	24
Figura 6. Esquema del disco	24
Figura 7. Bobina física del proyecto	29
Figura 8. Disco físico del proyecto	30
Figura 9. Motor físico del proyecto	30
Figura 10. Diseño real del proyecto	31

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de fundición de disco	Pág. 23
------------------------------------------------	------------

## GLOSARIO

**Cupla:** también llamada par de fuerzas, es un sistema formado por dos fuerzas de la misma intensidad o módulo, de la misma dirección (paralelas) y de sentido contrario.

**Ohmeraje:** ( $\Omega$ ) unidad de medida de las resistencias.

**Corriente continua:** (C.C. o DC), las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos), ejemplo la suministrada por una batería, es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.

**Corriente alterna:** (A.C), es la corriente que varía en el tiempo entre positivo y negativo, esta corriente es la que se encuentra en los tomas de las casas.

**Bocín:** Pieza redonda de hierro, que se pone por defensa alrededor de los cubos de las ruedas de carros.

**Asbesto:** es un grupo de minerales metamórficos fibrosos, tiene fibras largas y resistentes que se pueden separar y son flexibles como para ser entrelazadas y también resisten altas temperaturas, provocan cáncer con una elevada mortalidad y por ello, desde hace décadas, se ha prohibido su uso en todos los países desarrollados, aunque se continúa utilizando en algunos países en vías de desarrollo.

**Líquido DOT:** líquido de frenos, líquido hidráulico que hace posible la transmisión de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno a los cilindros de freno en las ruedas de automóviles, motocicletas, camionetas.

**Poli glicol:** El glicol se utiliza como aditivo anticongelante para el agua en los radiadores de motores de combustión interna. Es el principal compuesto del líquido de frenos de vehículos y también es usado en procesos químicos como la síntesis de los poliuretanos, de algunos poliésteres.

**Fricción:** Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción, entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento entre ambas superficies.

**Booster:** Es un tanque donde se acumula vacío generado.

**Corrosión:** (oxidación), se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.



**Cardan:** es un componente mecánico, que permite unir dos ejes que giran en un ángulo distinto uno respecto del otro.

**Controles de tracción:** es un sistema de seguridad automovilística lanzado al mercado por Bosch en 1986 y diseñado para prevenir la pérdida de adherencia de las ruedas y que éstas mantienen cuando el conductor se excede en la aceleración del vehículo o el suelo está muy deslizante.

**Derrape:** El deslizamiento que sufre un cuerpo móvil sobre una superficie sobre la cual no posee agarre.

## INTRODUCCION

La creación y construcción del freno electromagnético para carros surge de la iniciativa del Instituto Tecnológico Pascual Bravo, pero con el interés de los estudiantes al ver que era un proyecto nuevo.

La motivación principal para el desarrollo de este proyecto se plantea bajo un interrogante trascendental, y viendo trabajar en la industria de los frenos el desperdicio y grandes desechos que se obtiene de este, se busco un proceso elemental para el mejoramiento del medio ambiente, tomando como propósito buscar nuevas alternativas en el manejo de residuos industriales, generados por los frenos de la actualidad como son las pastas o los líquidos.

Con la creación del freno electromagnético se pretende alcanzar otro objetivo y es mirar los diferentes tipos de frenos y entender que se puede alcanzar y avanzar más tecnológicamente en un prototipo mejorado la construcción de frenos de automóviles, y por supuesto en los materiales e insumos utilizados en su fabricación.

Al implementarse este producto, se pretende que este cause una gran estimulación en el mercado automotriz que lo adquiriera, como a los que trabajan en la industria de los frenos, ya que el diseño es novedoso y el costo en sus materiales y herramientas a utilizar tiene la ventaja de ser favorable, puesto que estos son de fácil adquisición y además cuentan con una característica especial, son materiales que pueden ser reciclables.

Su diseño está basado en el sistema de los electroimanes, que se pueden encontrar en muchos procesos industriales, principalmente en motores para la industria, maquinas o servomotores, en circuitos electrónicos se pueden encontrar en un tamaño reducido y los más cercano a lo que se refiere al tema de rodaje, se pude encontrar en los trenes de levitación magnética.

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En ocasiones cuando el hombre inventa una nueva tecnología para su bienestar crea poco a poco su destrucción como especie, es frecuente escuchar que los automóviles son sinónimo de progreso, pero en el caso de ciudades pequeñas y de bajos recursos económicos se convierten en un verdadero problema de espacio y manejo de desechos.

Uno de las principales dificultades a resolver en un futuro, no sólo en Medellín si no en otras ciudades de Colombia, es el tema de la contaminación generada por los desechos de materiales, ya sea por las basuras o por la cantidad de sustancia fósil, como derivados del petróleo y aceites. Los materiales usados para la fabricación de los automóviles antiguos y actuales están pronosticados a volverse un problema más agudo, principalmente como la pintura con disolventes, las llantas inservibles, las partes plásticas no reutilizable, los combustibles y los aceites; los frenos también hacen parte de este problema, dado que aportan frecuentemente a la contaminación al ser cambiados rápidamente, se sabe que estos están fabricados para soportar grandes fuerzas pero con el tiempo y su uso diario éste tiende a desgastarse por la fricción.

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El diseño de freno electromagnético técnicamente fabricado puede ser un producto rentable y funcional en cuanto a la industria automotriz y al beneficio ambiental?

## 2. JUSTIFICACION

Este proyecto tiene como fin suministrar la mayor y mejor información a las personas interesadas en este nuevo sistema de frenado, para así convertirse en un proyecto viable.

El tema y la investigación se pensó inicialmente para los frenos de automóviles, sin embargo se pretende seguir con los estudios y la tecnología para hacerlo funcionar en cualquier tipo de carros grandes, como camiones y camionetas, desde el más pesado al más rápido; aunque hay muchas máquinas que utilizan actualmente este sistema de frenado, en los carros se han adecuado correctamente.

En un futuro serán necesarios estos o frenos inteligentes, dado que se pensó desde el comienzo en el beneficio que pudiese generar a las personas que utilicen los automóviles (autos para 5 pasajeros), puesto que los gastos de mantenimiento se reducen con respecto a los que se manejan en la actualidad, los actuales frenos ya están obsoletos y las investigaciones para unos frenos mejores se hacen muy importantes, el freno electromagnético es solo un comienzo para estos estudios.

La construcción de las partes del freno electromagnético será de materiales comunes como lo son el cobre y el hierro, esto soluciona muchos de los problemas más frecuentes en los sistemas de frenado convencionales, como son el desgaste continuo de las pastas, también contribuye en la disminución de la contaminación ambiental generado por los líquidos de frenos utilizados hoy en día.

Este proyecto es viable, apoya en una buena plataforma a la exploración, la tecnología y la técnica en cuanto a la fabricación de frenos, ayuda a la productividad y competitividad industrial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un freno electromagnético para automóviles, haciendo un prototipo que represente este funcionamiento, con el fin de proporcionarle al público una nueva y mejor alternativa para el sistema de frenado.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Investigar diferentes formas de construir frenos eléctricos.

Definir y escribir las características del freno a construir, con sus parámetros técnicos.

Consultar sobre los materiales usados en los diferentes prototipos de frenos e identificar si estos contribuyen en la construcción del freno electromagnético.

## 4. REFERENTES TEORICOS

### 4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Como antecedente del freno, se tiene evidencia que el primero pudo haber sido alguna especie de ancla o algún dispositivo sostenido en el chasis que se pudiera enterrar mientras este se movía. Para 1783 Kirk Patrick Macmillan, un herrero escocés, invento el freno de cuchara que consistía en una palanca que presionaba un bloque de madera contra la llanta (actualmente la banda de hierro).

Posteriormente aparecieron los frenos de tambor de expansión interna, atribuido al francés Louis Renault, estos eran inicialmente de acero estampado y en 1919 un diseño hispano-sueco introdujo un aluminio refinado con líneas de hierro. A pesar de estas reformas, este freno no era viable ya que las velocidades de los automóviles fueron aumentando.<sup>1</sup>

Los frenos eléctricos en los modelos de las próximas generaciones, no son nada nuevo, por lo menos en lo que se refiere al uso de la electricidad para tratar de frenar los vehículos. Según menciona el ingeniero francés Henri Perrot en su célebre libro “Le franaige del véhicules ingenieros los sur route”, editado en 1953 en París, la idea de frenar eléctricamente data de 1903, de la mano del ingeniero Steckel. Pero los primeros aparatos utilizables fueron realizados por el francés Raoul Sarazin en 1936. Debido a la guerra, los trabajos fueron interrumpidos en Francia pero siguieron en los Estados Unidos (Oetzel, 1942-1946). Los estudios fueron reanudados en Francia en 1944 por la firma Telma, y desde entonces, los frenos eléctricos para la transmisión de dicha marca no han dejado de fabricarse y aplicarse en varios modelos de camiones pesados. El principio el freno eléctrico Telma, que se intercala en el eje cardán, a la salida de la caja de velocidades, se basa en el principio de la creación de corrientes que nacen en una masa metálica conductora cuando ésta se sitúa en un campo eléctrico variable. Estas corrientes, se denominan de Foucault.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Base de datos de ensayos para estudiantes BUENAS TAREAS {En línea}. {Consultado el 18 de noviembre de 2010}. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sistema-De-renos/1120072.html>.

<sup>2</sup>Revista El Repuesto -Llegan los frenos eléctricos [En línea] <<<http://www.cerac.org.ar/articulostecnicos/llegan-los-frenos-electricos-59.htm>>> [Citado el 5 junio de 2010].

## 4.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL FRENO

Un freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor. Los frenos son transformadores de la energía cinética en calor o trabajo y en este sentido pueden visualizarse como “extractores” de energía. A pesar de que los frenos son también máquinas, generalmente se les encuentra en la literatura del diseño como un elemento de máquina y en literaturas de teoría de control pueden encontrarse como actuadores.<sup>3</sup>

En los automóviles se pueden encontrar dos tipos principales de sistemas de frenado: tambor, es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda<sup>4</sup>; y de disco de acción hidráulica, es decir, aquellos que utilizan un fluido que al pisar el pedal del freno, el cilindro maestro asistido por un reforzador de vacío para frenos de potencia (booster), envía líquido o fluido con igual presión a cada cilindro de rueda, cuyos pistones presionan las pastillas o zapatas contra los discos.

## 4.3 ALGUNOS TIPOS DE FRENOS

**4.3.1 Freno de tambor.** Es un sistema bastante antiguo y que por lo general se usa en algunos automóviles para disminuir costos. Los automóviles más nuevos y de mayor tecnología en investigación lo están discontinuando.

Este freno principalmente consiste en dos placas gruesas de forma circular, una está rodando con el eje y la rueda, la otra está sin movimiento. Al pisar el pedal de freno, se mueve un sistema de resortes que hacen que unos metales toquen el tambor, la placa sin movimiento, se toca con la otra que está en movimiento, haciendo presión entre ellas y deteniendo las ruedas.

Estos frenos por ser tan antiguos sufren de muchas reparaciones mecánicas, ya sea por requerimiento del resorte o de las zapatas. En los autos y camionetas es más común tener este freno en las ruedas traseras, especialmente si el auto es de tracción delantera. En los camiones y camionetas de carga, se ven con freno de tambor todas las ruedas, acompañados de una bomba de agua que hace que el frenado tenga más presión.

---

<sup>3</sup>.Blog Frenos US. << Disponible en:<http://www.frenos.us/discos/hidraulicos/el-freno>.>> {Citado el 30 de enero 2011}.

<sup>4</sup>Freno de tambor [En línea]<<

[http://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_de\\_tambor#V.C3.A9ase\\_tambi.C3.A9n](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_tambor#V.C3.A9ase_tambi.C3.A9n).>>. Citado el 10 de diciembre 2010.

**Formula del resorte:**

$$F = K.X$$

Dónde:

*F: fuerza*

*K: constante*

*X: longitud de su elongación*

*La constante varía según el material que está construido.*

Figura 1. Freno de tambor



**4.3.2 Freno de disco.** Este freno es el más utilizado recientemente, funciona por la fricción de unas pastillas, (normalmente dos) las cuales rozan al disco. Estas son presionadas por una serie de pistones que se mueven con la presión del líquido de frenos.

Existen diferentes tipos de discos de freno. En los automóviles, son de acero macizo (en los de autos de carrera son de fibra de carbono). Algunos están rayados en la superficie o tienen agujeros que los atraviesan y son denominados discos ventilados que ayudan a disipar mejor y más rápido el calor<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Wikipedia la enciclopedia libre. {En línea}. {Consultado el 10 de diciembre 2010}. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_de\\_disco](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_disco).



Hasta hace poco tiempo las pastillas contenían asbesto, que ha sido prohibido por resultar carcinógeno<sup>6</sup>. Otros metales pesados como cobre, plomo, y antimonio también tienen efectos devastadores, no sólo para el medioambiente sino también para la salud de los seres humanos, su manipulación se encuentra sujeta hoy en día a rigurosas normativas legales desde 2003.

Las pastillas de estos frenos de disco, están diseñadas para producir una alta fricción. Deben ser reemplazadas regularmente. Algunas tienen una pieza de metal que provoca que suene un chillido cuando están a punto de gastarse, mientras que otras más avanzadas llevan un material que cierra un circuito eléctrico que hace que se ilumine un testigo en el cuadro del conductor.

El líquido usado en el sistema de frenos hidráulico debe poseer características muy definidas. Debe ser químicamente inerte, debe afectarse poco debido a las temperaturas altas o bajas, debe proporcionar lubricación en los pistones del cilindro maestro y cilindros de rueda y no debe atacar las partes metálicas y de goma del sistema de frenos. Por consiguiente, solamente debe usarse el líquido de frenos recomendado por el fabricante del automóvil cuando se haga necesario añadir más cantidades de él.<sup>7</sup>

Los líquidos son los que hace posible la transmisión de la fuerza ejercida sobre el pedal del freno a las ruedas de automóviles, motocicletas, camionetas y algunas bicicletas avanzadas, se compone normalmente de derivados de poli glicol.

Debido al incremento con el tiempo del porcentaje de agua en el líquido de frenos, se recomienda reemplazar cada 2 años y a mucho tardar cada 4 años. Porcentajes de agua superiores al 3% pueden dañar los frenos, ya que podrían formarse burbujas de vapor, las cuales, a diferencia de los líquidos, son comprimibles. Igualmente el agua contribuye a la corrosión de los conductos del líquido y puede agravar el desgaste de los pistones de freno.

Los líquidos tienen muchas precauciones, es tóxico si se ingiere, también puede irritar los ojos y la piel al contacto. Por ello ha de utilizarse guantes y gafas protectoras para su manipulación.

---

<sup>6</sup>Agente cancerígeno físico o químico que puede actuar sobre en tejidos vivos.

El punto de ebullición del líquido ha de ser extremadamente elevado (260°C) y la temperatura de congelación también son demasiado bajas (-76°C), para que no se hiela con el frío. {En línea}. {Consultado el 10 de diciembre 2010}. Disponible en: <http://www.alfistas.net/f65/%5Binfo%5D-todo-sobre-los-frenos-507/>.

<sup>7</sup>Hidalgo Batista, Alexbier. Sistema de frenos de disco. Monografias.com. {En línea}. {Consultado el 10 de diciembre 2010}. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos68/sistema-frenos-disco/sistema-frenos-disco2.shtml#ajustadora>.

Además el líquido puede atacar la pintura, componentes plásticos y de goma de los automóviles. Por ello ha de eliminarse lo antes posible en caso de derrame. El líquido debe guardarse siempre en el mismo contenedor y no mezclarse con otros fluidos ni dejar que se llene de partículas. A la hora de ser cambiado o de botar el líquido usado se corresponde depositarse en un contenedor de residuos especiales.

Con todas estas características y precauciones sobre los líquidos, se evidencia el problema de contaminación generado por el cambio frecuente de estos, creando residuos no reciclables.

### **Fórmulas de fricción:**

$$Fr = m \cdot N$$

*Dónde:*

*m = masa*

*N = normal*

Figura 2. Freno de disco



**4.3.3 Freno ABS.** Llamado (ABS) por sus siglas en inglés Antilock Brake System– Sistema de Frenos Antibloqueo, en la actualidad se escucha hablar muy poco de este tipo de freno, pero es considerado como uno de los mejores para los automóviles modernos y de más alta tecnología.

Incluye en si un sensor electrónico de revoluciones, instalado en la rueda microscópicamente, detecta en cada instante de la frenada si una rueda está a punto de bloquearse. En caso afirmativo, envía una orden que reduce la presión de frenado sobre esa rueda y evita el bloqueo. El ABS mejora notablemente la seguridad dinámica de los automóviles, ya que reduce la posibilidad de pérdida de control del vehículo en situaciones extremas, permite mantener el control sobre la dirección (con las ruedas delanteras bloqueadas, los autos no obedecen a las indicaciones del volante) y además permite detener el vehículo en menos metros.

El sistema antibloqueo ABS constituye un elemento de seguridad adicional en el vehículo. Tiene la función de reducir el riesgo de accidentes mediante el control óptimo del proceso de frenado, durante un frenado que presente un riesgo de bloqueo de una o varias ruedas.

El concepto de los frenos ABS parte del simple hecho que si la superficie del neumático se está deslizando sobre el pavimento entonces se tiene menos tracción. Esto es muy evidente en situaciones de lodo o hielo en donde se puede observar que los neumáticos se deslizan, se nota que el vehículo pierde tracción. Estos evitan que las llantas se detengan totalmente y se deslicen en la superficie lo cual genera dos ventajas importantes: la distancia de frenado es menor debido a la mayor tracción y es posible seguir dirigiendo el vehículo con el volante mientras se frena<sup>8</sup>.

El proceso para hacer este freno anti bloqueo se ha convertido en la base para todos los demás sistemas electrónicos que utilizan de alguna forma el ABS, como por ejemplo los controles de tracción y de estabilidad<sup>9</sup>.

Antes de que existieran los ABS se le enseñaba a los conductores a frenar en superficies resbaladizas pisando y soltando el pedal del freno constantemente para evitar que el vehículo se derrapara. Con los frenos ABS no es necesario realizar esta operación, de hecho, en cualquier situación de emergencia con frenos ABS solo se requiere pisar el pedal a fondo y prepararse para maniobrar el

---

<sup>8</sup>Saavedra Rodríguez, Ricardo Andrés. Monografias.com. {En línea}. {Consultado el 10 de enero2011}. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml#TIPPOS>.

<sup>9</sup> Wikipedia la enciclopedia libre. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_antibloqueo\\_de\\_ruedas](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_antibloqueo_de_ruedas).

vehículo con el freno, al entrar el sistema ABS en funcionamiento se sienten unas leves pulsaciones en el pedal que son totalmente normales.<sup>10</sup>

Los líquidos utilizados para este freno son los recomendados por los fabricantes, los principales son DOT 4 y DOT 5, el requerimiento para éstos es que su punto de ebullición este por encima de los 260°C y un punto de congelamiento también alto. Para vehículos de altas prestaciones, es necesario el DOT 5 cuyo punto de ebullición es de 270°C. La mayor causa de problemas y gastos en sistemas de frenos ABS es líquido sucio. Cámbielo a tiempo (3 años máximos).

Se usan discos en las cuatro ruedas del carro. Los discos son diferentes a los de otros, ya que estos tienen un micro sensor que hacen que los frenos lo reparen gente con la tecnología para sus reparaciones.

**4.3.4 Freno electromagnético.** Es un dispositivo que permite decelerar o detener un vehículo mediante accionamiento eléctrico. Su funcionamiento está basado en el principio de la creación de corrientes que nacen en una masa metálica, cuando esta se sitúa en un campo magnético.

En su construcción, se emplean unas bobinas cuyas polaridades están alternadas, estas bobinas cuando cierran su circuito eléctrico, crean un campo magnético fijo.

## 4.4 ELEMENTOS DEL FRENO ELECTROMAGNETICO

**4.4.1 Bobinas.** Son componentes eléctricos pasivos de dos terminales que generan un flujo magnético cuando se hacen circular por ellas una corriente eléctrica. Existen diversos tipos de bobinas, fabricadas con un enrollamiento de alambre conductor de cobre aislado con barniz y sobre un núcleo, este puede ser de aire, pero si se quiere mejorar la fuerza en el campo magnético su núcleo se puede reforzar con ferrita.

El símbolo es el siguiente:

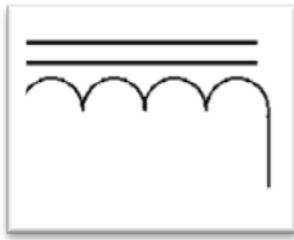
Figura 3. Bobina



---

<sup>10</sup> Hernández Valencia, Jorge. [En línea]. Disponible en: <<<http://www.etp.udc.cl/areas/electromecanica/MODULOS%20%20TERCERO/SEGURIDAD%20Y%20CONFORTABILIDAD/Guia%20N%C2%BA%205%20Seguridad%20ABS.pdf>>>. Consultado el 10 de enero 2011}.

Figura 4. Bobina con núcleo de hierro



### Características

- Permeabilidad magnética ( $\mu$ ): Es una característica que tiene gran influencia sobre el núcleo de las bobinas respecto del valor de la inductancia de las mismas.
- Los materiales ferro-magnéticos son muy sensibles a los campos magnéticos y producen unos valores altos de inductancia, sin embargo otros materiales presentan menos sensibilidad a los campos magnéticos.
- Factor de calidad (Q): Relaciona la inductancia con el valor óhmico del alambre de la bobina. Esta será buena si la inductancia es mayor que el valor óhmico debido al alambre de cobre de la misma.

**Fórmula para encontrar la resistencia:** Los factores que inciden en la resistencia del cuerpo está entre, la geometría, la temperatura y el material.

$$R = \rho \ L / A$$

Dónde:

$\rho$  = resistividad de los material (cobre  $1.7 \times 10^{-8} \ \Omega\text{m}$ )

A = área

L = longitud

**Fórmulas de una bobina:** Existen diferentes fórmulas para hacer una bobina, pero no hay un procedimiento verídico y exacto que diga cual se debe seguir, ésta depende de su funcionamiento o su propósito. Varían mucho lo que es su núcleo y el diámetro del cobre.

Ejemplo de una de las fórmulas para una bobina:

- Para determinar los Henrios<sup>11</sup>.
- Para determinar el número de vueltas de la bobina.
- Para determinar el largo de la bobina.
- Para determinar los cm<sup>2</sup> que ocupa una vuelta (espira) de la bobina.

a)  $L = 1.257n^2 s / 10^8 I \cdot \mu = \text{resultado en H}$

b)  $n = \sqrt{\frac{108 L I}{1.257 s \mu}}$

c)  $I = \frac{1.257 n^2 s}{10^8 L \mu}$

d)  $S = \frac{108 L I}{1.257 n^2 \mu}$

Dónde:

**L:** coeficiente de autoinducción en Henrios

**n:** número de espira

**l:** largo de la bobina en cm

**s:** sección que comprende una espira en cm<sup>2</sup>

**μ:** permeabilidad magnética del material

---

<sup>11</sup> Henrios (H) es la unidad de medida de la inductancia o bobina en el sistema internacional.

**4.4.2 Disco de freno.** Es la superficie o cara plana, también llamada pista contra la cual van a interactuar las cuatro bobinas o electroimanes para detener el vehículo, debido a que el disco gira unido con las ruedas.

Tabla 1. Características de fundición del disco

<i><b>Propiedades físicas</b></i>	<i><b>Valores</b></i>
<i><b>Resistencia a tracción</b></i>	<i>240 N / mm<sup>2</sup></i>
<i><b>Dureza</b></i>	<i>170 – 250 HB</i>

En el gráfico de la figura 5, se puede ver el porcentaje de los diferentes materiales, el hierro, que supone el 93% del total, el resto de materiales suponen entre el 7% y el 8% que resta de la composición total del disco<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Documento {En línea}. {Consultado el 23 de febrero de 2011}. Disponible en: [www.roadhouse.es/manual/cap5.PDF](http://www.roadhouse.es/manual/cap5.PDF).

Figura 5. Composición de los discos (Resto de componentes excluyendo el 92% de hierro)

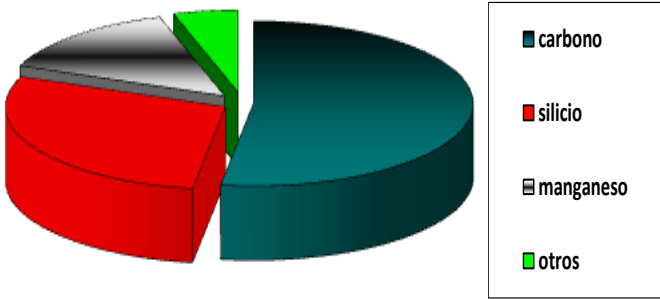
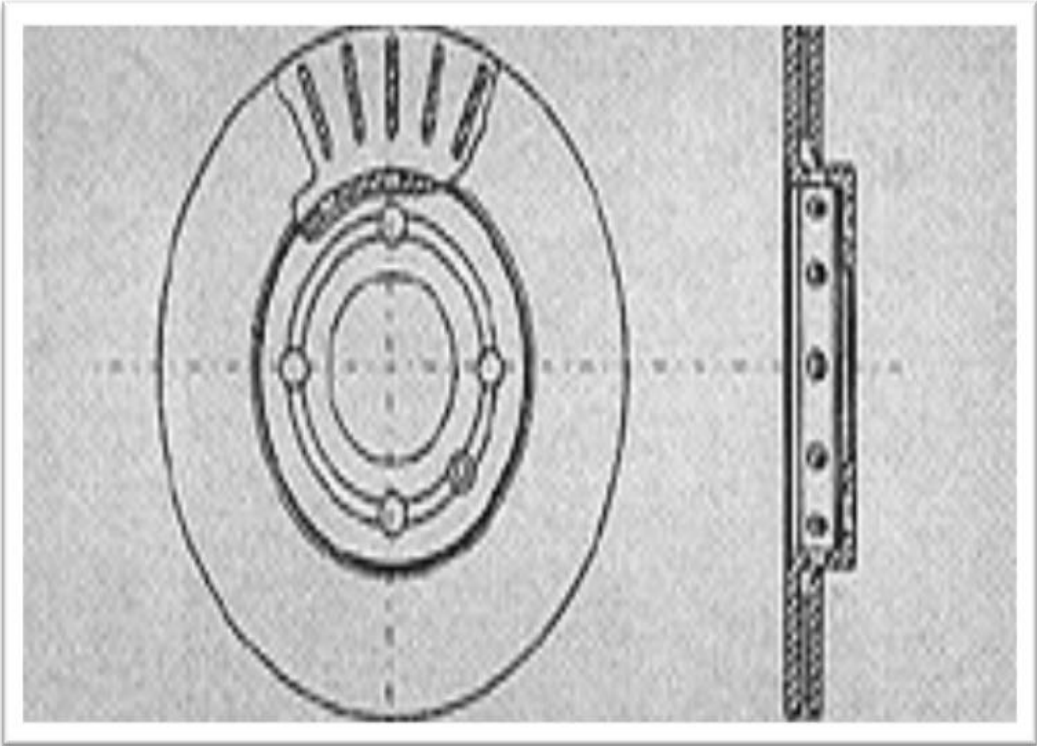


Figura 6. Esquema del disco





## **5. METODOLOGIA**

### **5.1 TIPO DE PROYECTO**

Para la elaboración de este proyecto, fue necesario seguir los pasos de una investigación cuantitativa. Este enfoque cuantitativo usa la recolección de datos con base en la medición numérica, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Todas estas características marcarán las pautas de la investigación y adaptación de éste rediseño en automóviles. De éste modo se logrará aportar conocimiento verídico sobre la utilización de este freno en automóviles.

Este tipo de estudio fue escogido para el proyecto porque se ajusta a características como: el planteamiento del problema, cuestionamientos determinados y revisión de la literatura técnica.

### **5.2 MÉTODO**

Este diseño posee dos métodos importantes para el desarrollo del proyecto que son el descriptivo y el experimental- controla las variables.

- **El método descriptivo**

Consiste en realizar una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, lo más detallada y exhaustiva posible de la realidad que se investiga.

Después de revisar la literatura técnica, consultar sobre los diferentes tipos de frenos existentes y el estudio de teorías aportadas por otros autores, se obtuvo la interpretación y posterior descripción de la información presentada en el marco teórico, como las características formales y funcionales de los frenos, específicamente del electromagnético descrito en la sesión resultado del proyecto. La recolección de información de manera independiente o conjunta sobre conceptos y variables, fue útil para mostrar con precisión las dimensiones de los materiales del diseño del freno electromagnético.

- **El método experimental**

Los datos utilizados para este tipo de método fueron concretos, reales y específicos, los cuales fueron obtenidos de forma experimental (ensayo-error), probando así las propias suposiciones y dando también respuestas a las incógnitas en las que se fundamentó el proyecto o por el contrario generando

nuevas. Todo esto permitió evaluar la viabilidad de la construcción del freno electromagnético.

La experimentación involucrada en el proyecto generó la modificación deliberada de algunos factores, se empezó diseñando pequeños planos y diferentes ensayos, desde probar con pilas de 9V, 12V, fuentes fijas de 24V con 400 mA, hasta llegar al real con 12V con 5A.

### **5.3 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Los datos se recolectaron tanto de fuentes primarias como secundarias, para una vez analizados convertirlos en información significativa y propicia para el proyecto.

**5.3.1 Fuentes primarias.** Análisis documental que permitió indagar sobre el freno en artículos de revistas, libros, periódicos, informes técnicos y sitios web.

**5.3.2 Fuentes secundarias.** Se realizó entrevistas a personas que trabajan en el campo eléctrico, de frenos y electrónico, como fuente primaria al saber que llevaban una vida trabajando en su profesión.

### **5.4 PROCEDIMIENTO**

Luego del análisis y comparación de datos durante el transcurso de la elaboración del proyecto, este pasó por seis diferentes etapas de construcción que dieron respuesta a los objetivos planteados.

- Etapa de recolección de datos: Se recopilaron algunos archivos documentales pertinentes al problema de investigación.
- Etapa de lectura exploratoria: realizar una pre lectura de los documentos, para identificar el concepto de freno y sus diferentes características, antecedentes impacto ambiental.
- Etapa de diseño: Se realizó el diseño de un freno eléctrico para automóviles basado en la investigación previa.
- Etapa de montaje: Se realizaron procesos técnicos en un taller adecuado para su fabricación.
- Etapa de experimentación: se realizaron pruebas para corroborar el funcionamiento deseado.

## 6. RESULTADOS DEL PROYECTO

En estos tiempos la industria moderna va de la mano de nuevas exploraciones y tecnologías (computadoras, maquinas, herramientas digitales o sensores para cada variable física), para el mejoramiento en la producción de empresas y fábricas, también se plantea el aumento de la calidad de vida de las personas al contribuir con el avance técnico e investigativo en los automóviles.

Es así como la industria automotriz se está preocupando y aportando pequeñas y grandes renovaciones y cambios, como cajas de cambios y direcciones eléctricas; ahora con la creación de un nuevo sistema de frenado de componentes eléctricos, se pretende seguir en la vanguardia hasta conseguir el ideal de tener carros completamente eléctricos con un mejor costo.

Actualmente las investigaciones en materia de ingeniería automotriz han tenido un avance importante, tales como, creaciones de nuevos software, dispositivos de seguridad, diseños en carrocería y sensores de proximidad son algunos ejemplos. La ayuda de sitios Web como, blogs y foros se ha convertido en una herramienta importante como distribuidores de información y conocimiento, también en estos sitios se encuentran diversos tipos de diseños de frenos eléctricos y electromagnéticos con sus múltiples funciones, donde se destacan su uso en máquinas eléctricas.

Con el diseño y la construcción del freno electromagnético, se puede contribuir con nuevos conocimientos tecnológicos en cuanto al sistema de seguridad automotriz se refiere.

La construcción de este freno se compone de cinco bobinas con sus respectivas resistencias de potencia ( $1\Omega$  5W), para aumentar su ohmeraje al paso de corrientes altas y evitar su calentamiento, estas bobinas están conectadas individualmente y son alimentadas por medio de una fuente de voltaje fija y de corriente continua, para obtener un campo magnético constante.

El voltaje y la corriente inducida en las bobinas creadas con alambre de cobre y un núcleo de hierro, hacen que éste genere un campo magnético intenso del cual se obtiene un efecto de frenado que disminuye el movimiento del disco, la intensidad del efecto aumenta cuanto más grande sea el campo magnético de las bobinas.

Los cuerpos se comportan diferente cuando son atraídos por un campo magnético, esto se debe a que cada material internamente se comporta completamente distinto y los electrones que conforman un material dejen pasar un poco de este campo a través de ellos para hacerlos altamente magnéticos, el disco de freno esta creado con materiales compuestos de hierro y carbono.

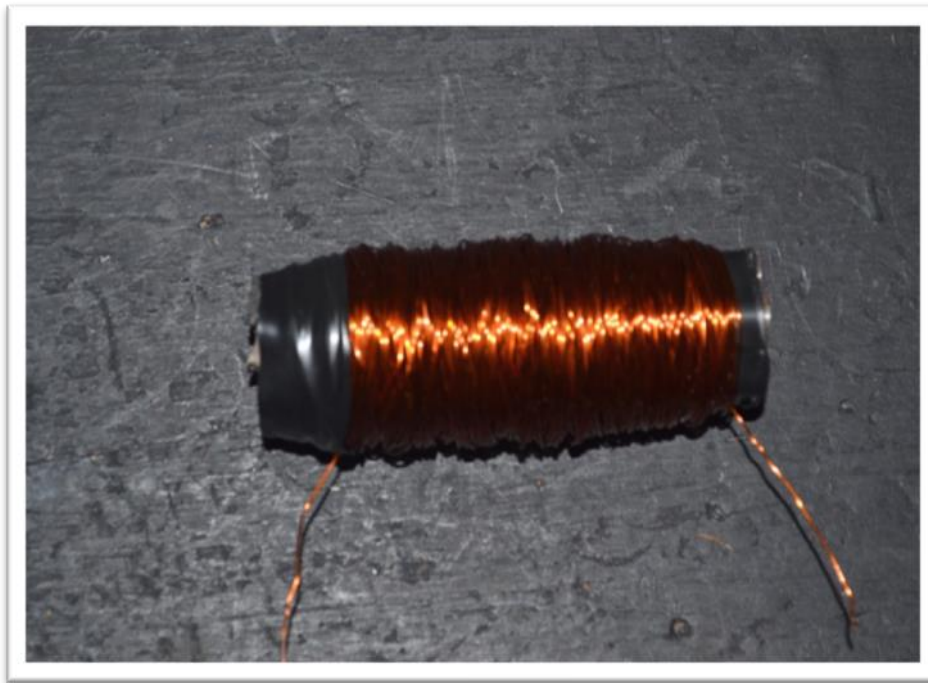
Gracias a este principio de funcionamiento donde solo se obtiene el frenado cuando se le induce una corriente, se logra que, cuando el disco está inactivo la acción de frenado sea nula y no existan partes que puedan sufrir desgaste, a diferencia de los frenos mecánicos que funcionan aprovechando fuerzas de fricción.

## **6.1 COMPONENTES Y FUNCIONALIDADES DEL FRENO ELECTROMAGNETICO**

Las bobinas utilizadas en los frenos electromagnéticos están diseñadas con un núcleo sólido de ferrita, es decir que poseen valores de inductancia muy altos. Las barras del núcleo son de hierro dulce o también acero 1020, es fácil de conseguir y de costo favorable, se caracteriza debido a su nivel elevado de permeabilidad magnética (la permeabilidad ferrita es de  $10\mu$ , esto sirve para hacer las formulas de las bobinas). Con estas características es creado el núcleo, el cual contiene siete varillas unidas entre sí, lo importante e indispensable es tener un diámetro de la varilla proporcional para que el campo magnético sea mayor, pero es mejor utilizar varias varillas formando una sola cara grande, cuya función es disipar mejor el calor, se recomienda no dejar mucho espacio entre ellas ya que se pretende reforzar el campo dejado por el enrollamiento del alambre, estas barras de hierro tienen una longitud de diez centímetros (100 mm), y un diámetro de 9mm cada una, el conjunto forma un diámetro de tres punto cinco centímetros (35 mm), formando entre las cuatro bobinas un campo magnético bastante intenso, suficiente para ir disminuyendo la velocidad del disco de freno y detenerlo por completo.

El alambre de cobre utilizado para crear las bobinas, tiene un recubrimiento de barniz que lo hace aislante, para que al enrollarlo éste no forme un corto entre sí; para hacer una electro-bobina sólo hace falta un enrollamiento de alambre, pero se debe tener en cuenta que éste no genera siempre el mismo campo para todas ni cubre las mismas necesidades, éste va de la mano del núcleo y de sus dimensiones como también del alambre y su calibre; siguiendo la fórmula que dice que, entre más delgado y más longitud tenga el alambre, ayudará a encontrar la resistencia adecuada para no ocasionar un daño donde lo más común es que en la alimentación baje el voltaje o se caliente demasiado la bobina; los calibres en los alambres son medidos así: entre más bajo el número, mayor es su diámetro. Para éstas bobinas se utilizó un calibre número 22 (0.70 mm); la separación entre cada una de las espiras, también son determinante e influye en la fuerza del campo magnético, es decir entre más juntas estén se duplica el flujo; en cuanto el número de vueltas, entre más sean mayor va hacer el magnetismo. Para obtener una mayor inductancia las bobinas pueden tener varias capas, es decir se pueden enrollar varias veces una capa sobre la otra, esto para aplicar la fórmula que expresa que entre más longitud mejor.

Figura 7. Bobina física del proyecto



El disco escogido para el diseño del freno electromagnético es de un automóvil Renault 9, con su respectivo bocín y su punta de eje. En la fabricación de discos de freno se utilizan diferentes materiales como fundición gris nodular de grafito laminar, con carbono, silicio, entre otros, que garantizan una estabilidad durante el periodo de utilidad de los discos.

Las características básicas de la fundición de los discos las hacen apropiadas para la elaboración del sistema de frenado electromagnético, ya que la composición básica del material de los discos es una fundición gris, que contiene entre un 92% y un 93% de hierro.

Figura 8. Disco físico del proyecto



El motor funciona desde 115 voltios (V) hasta 220 voltios a 60 Hz (Hertz), de corriente alterna (A.C), a monofásico (1 fase), con 1720 rpm (revoluciones por minuto), 2 HP (horse power o caballos de fuerza).

Figura 9. Motor físico del proyecto



La banda de caucho (A- 47) de largo (600 mm), en **V**, se encuentra entre dos poleas, la polea pequeña al motor, una más grande al eje que conecta el disco. Este va soldado a una punta de eje y unido a un bocín por las ranuras que este trae y este con tornillos cóncavos al disco, estos tres últimos materiales (eje, bocín y disco) son de un automóvil modelo Renault 9.

Figura 10. Diseño real del proyecto



## 6.2 PRESUPUESTO DE MATERIALES

Descripción	financiación	
	Pascual Bravo	Recursos Propios (\$)
motor		70.000
Banda transportadora		9.000
poleas		20.000
Disco de freno		10.000
Alambre de cobre		30.000
Varillas de hierro		12.000
Fuente de voltaje		9.000
Total		160.000



### 6.3 RECURSOS HUMANOS

Persona	Labor	financiación	
		Pascual Bravo	Propios (\$)
asesor		X	
<b>Soldador</b>	Pulir, medir y ajustar partes del soporte para soldarlos.		<b>10.000</b>
<b>metalmecánico</b>	Montaje del disco con punta de eje.		<b>20.000</b>
<b>eléctrico</b>	Uniones y herramientas para empates.		<b>10.000</b>
<b>Total</b>			<b>40.000</b>

#### 6.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES/MESES	1	2	3	4	5	6
Desarrollo de trabajo						
Recolección de información						
Elaborar proyecto						
Presentar proyecto						
Experimentación en la fabricación del freno eléctrico						
Análisis – pruebas						
Manufactura y distribución						
Resultados finales						

## **7. CONCLUSIONES**

Al finalizar el proyecto se puede concluir que en el momento de construir el freno electromagnético es indispensable además de contar con los recursos físicos, económicos y humanos, realizar un estudio apropiado y amplio sobre composición de materiales y elaboración de fórmulas que incluían variables físicas, químicas, electrónicas entre otras disciplinas o ciencias que permitirían determinar la viabilidad y eficiencia del freno.

La rentabilidad en la construcción del sistema de frenado electromagnético va en el uso de sus materiales, los cuales están hechos a base de hierro y cobre que son fáciles de reciclar. Esta característica da respuesta positiva al planteamiento del problema, el cual corrobora que el sistema de frenado electromagnético es amable con el medio ambiente en cuanto a su impacto y reducción de la contaminación.

Es de suma importancia realizar un análisis y las pruebas necesarias para hallar el número de bobinas requeridas para el diseño y lograr la misma resistencia en cada una de ellas, para que el campo magnético sea equilibrado.

Después de realizar todos los estudios y pruebas (ensayo-error) requeridos, se pretende que el diseño preliminar del freno electromagnético se convierta en un sistema de frenado viable y rentable para la industria automotriz especialmente, y se constituya en una alternativa confiable de inversión tecnológica y financiera.

## **8. RECOMENDACIONES**

El proyecto se realizó a modo de prototipo, dejando vía libre para quien lo desee mejorar, respetando claramente los derechos de autor, ya sea ensamblándole más bobinas, acoplarlo a un automóvil o variando la escala de construcción.

Se espera que en un futuro las bobinas se puedan alimentar con un voltaje mayor y se profundice en la investigación del funcionamiento de estas alimentadas con un voltaje alterno, que ayude a renovar el freno electromagnético y mejorar a los ya existentes.

## BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, Paz. Manual de automóviles. 52ª Edición. España. Editorial CIE DOSSAT .2000.

CANATELLA, A.R; PIRIZ, H.D. Sistema de frenado eléctrico y frenado regenerativo en centrales hidroeléctricas. En: Décimo tercer encuentro regional iberoamericano de Cigre, 24 al 28 mayo 2009. Comité de estudio A1-Maquinas electicas rotativas.

DANHKE G.L; FERNÁNDEZ COLLADO, C. "Investigación y comunicación", la comunicación humana: Ciencia social. México. Ed. Mac Graw-Hill. 1989.

HERNADEZ, Roberto; FERNADEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. Metodología de la investigación. **México. Ed. Mac Graw-Hill. 2009.**

## CIBERGRAFIA

SISTEMA DE FRENOS. En: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sistema-De-Frenos/1120072.html>. [Citato el 18 de noviembre de 2010].

REVISTA EL REPUESTO -Llegan los frenos eléctricos. En: <http://www.cerac.org.ar/articulostecnicos/llegan-los-frenos-electricos-59.htm> [Citado el 5 junio de 2010].

FRENO – DISCO HIDRÁULICO. En: <http://www.frenos.us/discos/hidraulicos/el-freno>. [Citado el 30 de enero 2011].

FRENO DE TAMBOR. En: [es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_de\\_tambor#V.C3.A9ase\\_tambi.C3.A9n](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_tambor#V.C3.A9ase_tambi.C3.A9n). [Citado el 10 de diciembre 2010].

FRENO DE DISCO. En: [http://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_de\\_disco](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_disco). [Consultado el 10 de diciembre 2010].

TODOS SOBRE FRENOS. En: <http://www.alfistas.net/f65/%5Binfo%5D-todo-sobre-los-frenos-507/>. [Citado el 10 de diciembre 2010].

HIDALGO BATISTA, Alexbier. Sistema de Frenos de Disco. En: <http://www.monografias.com/trabajos68/sistema-frenos-disco/sistema-frenos-disco2.shtml#ajustadora>. [Citado el 10 de diciembre 2010].

SAAVEDRA RODRÍGUEZ, Ricardo Andrés. En: <http://www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml#TIPPOS>. [Citado el 10 de enero 2011].

ANTIBLOQUEO DE RUEDAS. En: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_antibloqueo\\_de\\_ruedas](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_antibloqueo_de_ruedas). [Citado el 10 de enero 2011].

HERNÁNDEZ VALENCIA, Jorge. En: <http://www.etp.uda.cl/areas/electromecanica/modulos%20%20tercero/seguridad%20y%20confortabilidad/guia%20n%c2%ba%205%20seguridad%20abs.pdf>. [Citado el 10 de enero 2011].

CARACTERÍSTICA FUNCIÓN DE UN DISCO. En: [www.roadhouse.es/manual/cap5.PDF](http://www.roadhouse.es/manual/cap5.PDF). [Citado el 23 de febrero de 2011].

CALDUCH, Rafael. Manual métodos y técnicas de investigación internacional. En: [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:gbGUicg\\_1lJ:www.ucm.es/info/sdrelint/ficheros\\_aula/aula0401.pdf+Dr.+Rafael+Calduch+M%C3%A9todos+y+t%C3%A9cnicas+de+investigaci%C3%B3n+internacional.-+Madrid](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:gbGUicg_1lJ:www.ucm.es/info/sdrelint/ficheros_aula/aula0401.pdf+Dr.+Rafael+Calduch+M%C3%A9todos+y+t%C3%A9cnicas+de+investigaci%C3%B3n+internacional.-+Madrid). [Citado el 8 noviembre 2010].

BUNGUE, Mario. ¿Cuál es el método de la ciencia? En: <http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Wd0lkZmadiYJ:ftp://jano.unicauca.edu.co/cursos/Maestria/IntroInvestigacion/docs/Bunge85.pdf>. [Citado el 28 de noviembre 2010].