

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de fin de carrera titulado:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA MOTORES DE ARRANQUE”

Realizado por:

CARLOS DAVID MOSCOSO PERRASO

Director del proyecto:

Ing. Luis Eduardo Tipanluisa, MSc.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Quito, 1 de Agosto del 2013

DECLARACIÓN JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, CARLOS DAVID MOSCOSO PERRASO, con cédula de identidad 1719672261, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través, de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

CARLOS DAVID MOSCOSO PERRASO

C.C.: 1719672261

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA MOTORES DE
ARRANQUE”**

Realizado por:

CARLOS DAVID MOSCOSO PERRASO

Como requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOMOTRIZ

Ha sido dirigido por el Ingeniero:

LUIS EDUARDO TIPANLUISA

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

LUIS EDUARDO TIPANLUISA

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

ING. SANTIAGO CELI, MBA.

ING. YAMANDÚ YÁNEZ, Mg.

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador.

ING. SANTIAGO CELI

ING. YAMANDÚ YÁNEZ

Quito, 9 de Agosto del 2013

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres ya que con su ejemplo de trabajo y superación me han servido para alcanzar mi meta, gracias por estar siempre junto a mí.

A mi novia Cristina por ser un apoyo incondicional a lo largo de este tiempo.

Carlos Moscoso P.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por ser una guía para llegar a donde estoy.

A mi familia por ser el apoyo necesario a lo largo de mi vida.

Al Ing. Lius Tipanluisa por su paciencia y colaboración para que el presente proyecto salga adelante.

Y a la Universidad Internacional SEK por inculcarme las bases necesarias para llegar a ser un buen profesional.

Carlos Moscoso P.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Declaración juramentada del Autor.....	iii
Declaratoria	iv
Profesores Informantes.....	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice general de contenidos	viii
Índice de figuras	x
Índice de tablas.....	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv

<u>ORDEN</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁGINA</u>
CAPÍTULO I.....		1
INTRODUCCIÓN		1
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....		1
1.1.1. Planteamiento del problema		1
1.1.1.1 Diagnóstico del problema		1
1.1.1.2 Pronóstico		2
1.1.1.3 Control del pronóstico		2
1.1.2 Formulación del problema		2
1.1.3 Sistematización del problema.....		2
1.1.4. Objetivo general		3
1.1.5. Objetivos específicos		3
1.1.6. Justificación.....		3
1.2. MARCO TEÓRICO.....		4
1.2.1. Estado actual del conocimiento del tema		4
1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica.....		5

1.2.3.	Marco conceptual	5
1.2.4.	Identificación y caracterización de variables.....	23
CAPÍTULO 2		24
MÉTODO.....		24
2.1.	NIVEL DE ESTUDIO	24
2.2.	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	24
2.3.	MÉTODO.....	25
2.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
2.5.	SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	38
2.6.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	40
2.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
2.8.	PROCESAMIENTO DE DATOS	43
CAPÍTULO 3		44
RESULTADOS		44
3.1.	LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	44
3.2.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
3.2.1.	Presentación de resultados	48
3.2.2.	Análisis de resultados	52
CAPÍTULO 4		60
DISCUSIÓN.....		60
4.1.	CONCLUSIONES	60
4.2.	RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		62
ANEXOS.....		64

ÍNDICE DE FIGURAS

ORDEN	CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1.	Bancos de prueba para motores de arranque Magtrol.....	5
Figura 2.	Motor eléctrico de corriente continua, conexión básica	6
Figura 3.	Conductor colocado en campo magnético	6
Figura 4.	Motor eléctrico de corriente continua de varias espiras	7
Figura 5.	Corte Lateral de un Motor de Arranque.....	8
Figura 6.	Circuito de Arranque	9
Figura 7.	Carcasa y piezas polares	11
Figura 8.	Bobinas inductores.....	12
Figura 9.	Eje inducido	13
Figura 10.	Colector.....	14
Figura 11.	Porta escobillas	15
Figura 12.	Vista lateral del solenoide.....	16
Figura 13.	Conexiones del solenoide	17
Figura 14.	Piñón de Engrane	17
Figura 15.	Fase de Paro del Motor de Arranque	18
Figura 16.	Fase de Accionamiento del Motor de Arranque	19
Figura 17.	Fase de Retención del Motor de Arranque	20
Figura 18.	Cilindrada lado A.....	26
Figura 19.	Chavetero	26
Figura 20.	Fresado lado B	27
Figura 21.	Guía de bocín de freno.....	27
Figura 22.	Comprobación de tamaño de placa de soporte	28
Figura 23.	Corte en placa de soporte del motor de arranque.....	28

Figura 24. Refrentado de acople	29
Figura 25. Perforación agujeros del acople	29
Figura 26. Perforación de agujero central del bocín	30
Figura 27. Bocín terminado.....	30
Figura 28. Pieza antes de ser cortada en medias lunas	31
Figura 29. Freno terminado y colocado sobre el eje de soporte.....	31
Figura 30. Suelda de bisagra al freno	32
Figura 31. Bisagra finalizada	32
Figura 32. Suelda de la placa guía al freno	33
Figura 33. Suelda de tubos de la estructura.....	34
Figura 34. Estructura casi terminada.....	34
Figura 35. Ensamblaje del acople principal con el volante de inercia y eje	35
Figura 36. Eje con todos sus elementos ensamblado	36
Figura 37. Banco de pruebas para motores de arranque terminado	36
Figura 38. Uso de la densidad específica para determinar el estado de la batería	40
Figura 39. Valores de Amperaje, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío	52
Figura 40. Valores de Voltaje, ensayo vs. Fabricante.....	53
Figura 41. Valores de RPM, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío.....	54
Figura 42. Valores de Potencia, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío	55
Figura 43. Ensayos de intensidad con variación de carga.....	56
Figura 44. Ensayos de voltaje con variación de carga	57
Figura 45. Resultados del cálculo de potencia con variación de carga	58
Figura 46. Ensayos de RPM con variación de carga.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

<u>ORDEN</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁGINA</u>
Tabla 1.	Alternativas de bancos de prueba.....	21
Tabla 2.	Matriz de selección para el tipo de banco de pruebas	22
Tabla 3.	Protocolo de tabulación de los ensayos.....	46
Tabla 4.	Protocolo de tabulación para los ensayos con carga	47
Tabla 5.	Datos de amperaje en ensayo en vacío.....	48
Tabla 6.	Datos de voltaje en ensayo en vacío	49
Tabla 7.	Datos de rpm en ensayo en vacío	50
Tabla 8.	Datos de las variables en ensayos con variación de carga de 0 a 45 Nm.....	51

RESUMEN

En la actualidad existen muchos inconvenientes en lo que tiene que ver con fallas en el motor de arranque. Éste es el encargado de dar el primer giro en el motor y con la ayuda de los demás sistemas, ponen en marcha al vehículo.

Existen muchas fallas prematuras en el motor de arranque, aunque la mayoría puede ocasionarse por una batería defectuosa que no proporciona la gran demanda de corriente eléctrica que necesita el motor de arranque para su correcto funcionamiento.

Los daños en el motor de arranque principalmente se dan por una falta de mantenimiento preventivo en los chequeos programado de los talleres. Esto prevendría muchas fallas a futuro y mantiene al usuario del vehículo tranquilo.

La visión de este trabajo es desarrollar un banco de pruebas para motores de arranque que consiste en probar el motor en vacío y con carga simulando las condiciones normales en el vehículo. Para luego proceder a comparar con los datos técnicos que el fabricante provee.

En los ensayos a realizarse en el banco constan primero en hacerlo funcionar para observar si el piñón de engrane sale, gira y retorna.

El ensayo en vacío radica en hacer funcionar al motor de arranque para que gire libremente y tomar los datos de voltaje, intensidad y revoluciones por minuto. Estos valores se los procede a comprar con los del fabricante.

En los ensayos con carga el motor de arranque tiene que acoplarse a un volante de inercia que está montado en el banco, a este se le puede añadir carga de poco en poco para analizar el comportamiento del motor de arranque.

Dos de las cargas sometidas al motor de arranque son las tomadas previamente con un torquímetro al vehículo al cual pertenece, para saber la resistencia al giro con el embrague acoplado y desacoplado.

Obteniendo todos los datos necesarios se puede calcular la potencia y por medio de unas curvas generadas, verificar el estado real del motor de arranque al compararlo con los valores técnicos suministrados por el fabricante.

ABSTRACT

Nowadays there are many problems with the right development of car starter. This has the function of give the first move on the engine and with the help of the other system, help to start the vehicle. There are many premature failures in the starter, although the most failures can be produced by a defective battery, that doesn't provide enough energy that the vehicle needs in order for an appropriate star. The damages in the starter are produced usually because there is not a preventive maintenance checks schedule workshops. This would prevent a lot of failures in the future and keeps the owner of the car without problems. The vision of this project is to develop a starter test bench; the function is to test the engine load and empty simulating normal conditions of the vehicle. Then we proceed to compare the technical data with the data that the manufacture provides. In the trials of the bench first we make it start to see if the pinion gear goes, turns and returns. The empty trial let the starter to rotate freely, in order to take the data of voltage, intensity and revolutions per minute. This values need to be compared with the data that the manufacture provides. In the load trials the starts has to be attached to a flywheel that is set in the bench, to this we can add gradually some weight to analyze the behavior of the starter motor. Two of the weight in the starter is previously take by a torque wrench of the vehicle that the starter bellows. With all the necessary data it can be calculate the potency, and with the curves generated, the real function of the starter can be verified, and being compared with the data that the manufacture provides.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1.1. El Planteamiento del Problema.

Unos problemas que se dan en el sector automotriz en lo que se refiere al cuidado y mantenimiento de los vehículos son los desperfectos eléctricos, y uno al que no se le ha puesto mayor atención, es el originado por el mal funcionamiento del motor de arranque. La mayoría de los talleres automotrices solo realizan chequeos visuales y en el caso de existir un daño simplemente cambian por uno nuevo, sin tratar de repararlo. Esto se debe a que en los talleres automotrices no existe el equipo adecuado que les permita a los técnicos realizar verificaciones como velocidad de rotación, potencia, la intensidad de corriente absorbida, tensión entre bornes, etc., las mismas que permitirán tener un criterio real del funcionamiento, con el objetivo de brindar al cliente una solución eficiente evitando reclamos posteriores y disconformidades del trabajo realizado.

1.1.1.1. Diagnóstico del Problema.

En los talleres automotrices se han descuidado las inspecciones preventivas del motor de arranque dentro de los programas de mantenimiento.

La falta de conocimiento de una adecuada operación y conducción de los vehículos ocasiona que elementos como el motor de arranque se desgasten o dañen prematuramente, por

lo que los talleres automotrices deben prestar mayor atención dentro de sus programas de mantenimiento y contar con los equipos necesarios para un diagnóstico rápido y eficaz.

1.1.1.2. Pronóstico.

Si los talleres de electricidad automotriz no cuentan con los equipos necesarios para el diagnóstico de los motores de arranque, van a existir problemas en los mantenimientos a realizarse ya que no serán como los que recomienda el fabricante y en futuro podrían presentar fallas.

1.1.1.3. Control del Pronóstico.

Los talleres automotrices dentro del programa de mantenimiento deben agregar la revisión de los motores de arranque mediante el uso de un banco de pruebas para así identificar posibles fallas del mismo, entre estos chequeos se podrán destacar la medición de consumo de corriente en carga y en vacío, las revoluciones alcanzadas para así compararlas con los parámetros de la ficha técnica y poder dar un diagnóstico adecuado de su estado.

1.1.2. Formulación del Problema.

La ausencia de un banco de pruebas de motores de arranque en los talleres automotrices puede causar inconformidad en los clientes por el trabajo realizado, debido a que no se pueden realizar un diagnóstico completo en el motor de arranque, ocasionando que los clientes busquen otros talleres.

1.1.3. Sistematización del Problema.

- ¿De qué manera ayuda el banco de pruebas a mejorar la satisfacción del cliente con el trabajo realizado?
- ¿Cómo ayuda el banco de pruebas a mejorar el servicio y generar más ingresos?
- ¿Cuáles son los parámetros fundamentales a ser medidos por un banco de pruebas?

1.1.4. Objetivo General.

Diseñar y construir un banco de pruebas para motores de arranque, que permita realizar ensayos de consumo de corriente, la velocidad de rotación, potencia generada, en carga y vacío, los mismos que indicaran el estado real del elemento.

1.1.5. Objetivos Específicos.

- Diseñar la estructura del banco de pruebas para motores de arranque.
- Construir y ensamblar el banco de pruebas para motores de arranque.
- Realizar un protocolo de las pruebas fundamentales para el motor de arranque.
- Realizar un instructivo técnico para el uso adecuado del banco de pruebas.

1.1.6. Justificación.

El motor de arranque es sin duda una de las partes más importantes en un automóvil, pues es el encargado de otorgar el primer giro para que el motor siga su marcha. Por eso es trascendental tener un banco de pruebas enfocado en reconocer posibles fallas y dar un diagnóstico completo sobre el estado de este elemento.

Es importante equipar los talleres automotrices con bancos de prueba para motores de arranque para así realizar trabajos de verificación específicos como realizar pruebas en vacío y en carga con la finalidad de medir la velocidad de rotación, la intensidad de corriente absorbida, tensión entre bornes entre muchas comprobaciones más. Con el fin de que en el futuro no existan problemas prematuros de este elemento.

1.2. MARCO TEÓRICO.

1.2.1. Estado actual del conocimiento del tema.

Un banco de pruebas nos permite una comprobación rigurosa, confiable y facilita el diagnóstico real de un motor de arranque.

Hoy en día conforme ha avanzado la tecnología, en los talleres más especializados alrededor del mundo cuentan con bancos de prueba con la más alta tecnología en innovación con respecto al diagnóstico automotriz, donde la informática y la programación se han sumado para mejorar estos instrumentos de análisis.

Un claro ejemplo de esta última tecnología son los bancos de pruebas que se fabrican en los Estados Unidos una empresa llamada Magtrol con más de cincuenta años en la industria de la producción de instrumentos de medición, esta empresa fabrica modelos con avanzada tecnología como los modelos CMTS que constan con paneles computarizados donde se muestran todas las variables medidas además de los resultados con una precisión mayor a la de los bancos de pruebas hechos en Argentina o China (Magtrol, 2012). En la Figura 1 se muestran dos de los modelos de esta marca donde se muestran la complejidad de sus diseños y equipos de última tecnología.



Figura 1. Bancos de prueba para motores de arranque Magtrol, recuperado de <http://www.magtrol.com/datasheets/cmts-starter2.pdf>

1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica.

Luego de la revisión crítica de los autores y teorías analizadas, se decide adoptar para el diseño del prototipo de banco de pruebas a un modelo que se adapte al medio local, que sea de fácil uso y fácil de adquirir en el medio local. Por eso se ha optado en diseñar uno sin paneles computarizados, sino con medidores básicos pero eficientes para diagnosticar el estado del motor de arranque.

1.2.3. Marco Conceptual.

Antecedentes motor de corriente continua.

Para empezar a estudiar el motor de arranque se debe primero conocer que son los motores de corriente continua y su funcionamiento básico (figura 2). Enríquez Harper (2003), en su libro indica que:

En general los motores convierten la energía eléctrica en mecánica utilizando el principio de la inducción magnética, es decir que la alimentación del motor es eléctrica y se aplica un voltaje en las terminales que produce una corriente. Potencia de salida

es mecánica, la parte giratoria es el rotor, y la potencia mecánica se transmite en forma de par a través del eje.

Si al rotor de una máquina eléctrica se le aplica un voltaje de corriente directa, esta circula por los devanados, produciendo un flujo magnético, cuya dirección es perpendicular a los ejes de los polos inductores del campo principal.

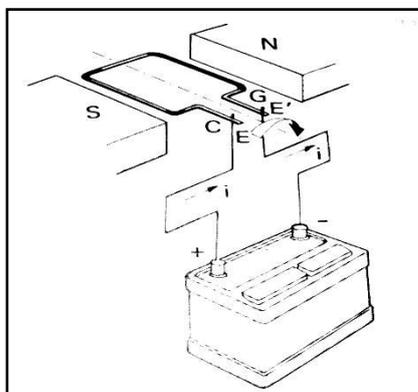


Figura 2. Motor eléctrico de corriente continua, conexión básica, por Alvarenga B., Máximo A., (1998).

Alvarenga en su libro Física General (1998) señala: “El principio básico se da al aplicar un campo magnético a un conductor” (p.1040), como se puede ver en la figura 3.

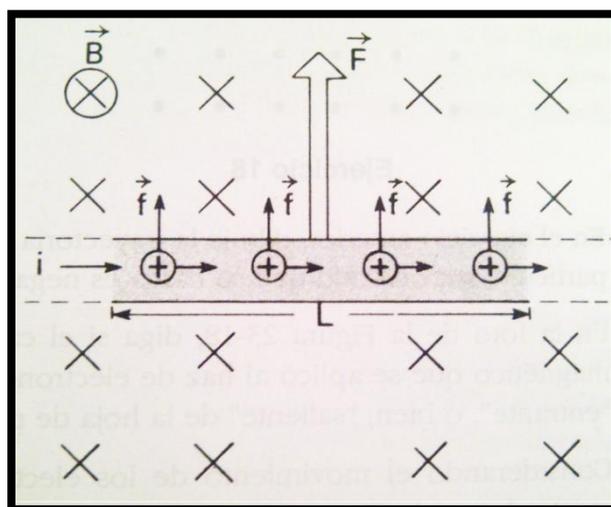


Figura 3. Conductor colocado en campo magnético, por Alvarenga B., Máximo A., (1998).

En la figura 4 tomada del libro de física de Alvarenga (1998) se muestra que para lograr más potencia en el motor de corriente continua se deben aumentar el número de espiras

en el rotor. En la figura se muestra que el grupo I de las espiras está en contacto con las escobillas E y E' . Y sobre estas están actuando las fuerzas magnéticas que lo van a impulsar en el sentido que se indican para ponerse en contacto con las espiras II u luego las III sucesivamente. Así se logra más continuidad en el movimiento del rotor.

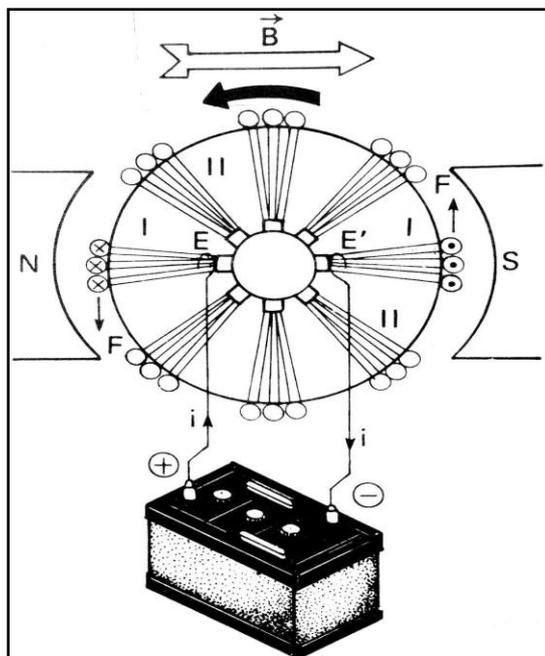


Figura 4. Motor eléctrico de corriente continua de varias espiras, por Alvarenga B., Máximo A., (1998).

Potencia

Para el cálculo de la potencia, la ecuación es:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Donde:

P la potencia, **V** la caída voltaje e **I** la intensidad.

Generalidades del motor de arranque

Con respecto al motor de arranque (figura 5), Alonso (2004) hace un análisis en su libro “Técnicas del Automóvil” donde expresa lo siguiente:

Hace algunos años, los motores de los automóviles se ponían en marcha por medio de una manivela que manejaba el conductor. Actualmente se dispone de un motor eléctrico que es puesto en funcionamiento desde el interior del vehículo por medio de un pulsador o una llave de contacto. Este motor eléctrico realiza el trabajo de mover el motor del vehículo hasta que éste se pone en marcha por sus propios medios, sustituyendo así al antiguo sistema de manivela. (p. 161).



Figura 5. Corte Lateral de un Motor de Arranque, por Manual de Motores de Arranque y alternadores de Bosch. Obtenido de:

http://www.bosch.com.ar/ar/autopeças/produetos/arranques/motor_arranque.htm

El motor de arranque (figura 5) es una de las partes con mayor importancia en el motor de un automóvil ya que es el encargado de romper la inercia del motor térmico y otorgarle el primer giro para que así éste siga la marcha por sí mismo.

En el proceso de encendido, tres sistemas trabajan en conjunto para que el motor pueda mantener la marcha y pueda funcionar autónoma por sus propios medios. Mientras el sistema de arranque da el primer giro al motor el sistemas de alimentación proporciona la mezcla estequiométrica a cada cilindro para que al mismo tiempo el sistema de encendido haga saltar la chispa, según el orden de encendido, en los electrodos de cada bujía y así se encienda la mezcla. El proceso sincronizado de estos tres sistemas logra que el motor se encienda.

El sistema de arranque está compuesto de 3 partes que son la batería, la llave de contacto y el motor de arranque, en la figura 6 se aprecia cómo van conectados entre sí estos elementos para que el sistema de arranque funcione de una manera correcta.

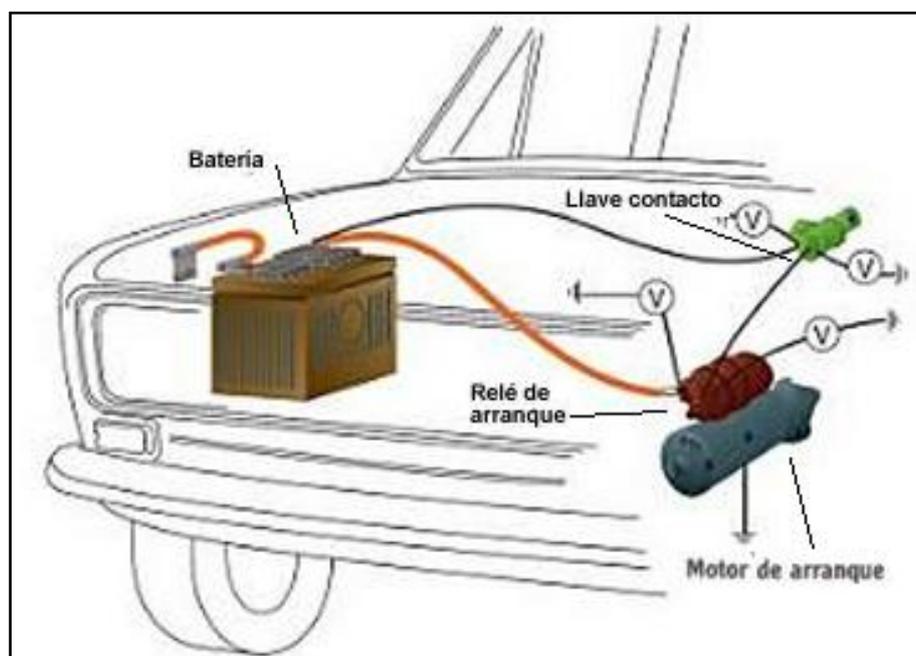


Figura 6. Circuito de Arranque, por Serrano E. (2008).

La batería es la encargada de entregar toda energía eléctrica necesaria al motor de arranque que con su funcionamiento transforma la energía eléctrica en energía mecánica para mover el motor térmico. La llave de contacto es el interruptor que permite el paso de corriente de la batería al motor de arranque según sea la voluntad del conductor para encender el vehículo.

Según el Manual Técnico de Bosch (2003), el motor de arranque ayuda a que el motor térmico alcance las revoluciones necesarias para su marcha autónoma, esto quiere decir que de 60 a 100 r.p.m. en motores a gasolina, y de 80 a 200 r.p.m. en motores a diesel. Por lo tanto las revoluciones del motor de arranque se reducen notablemente gracias a la relación de transmisión que hay entre el piñón del motor de arranque y la corona dentada del volante de inercia, esta relación puede ir desde 1:8 a 1:20. (p. 984).

Funcionamiento del motor de arranque

El funcionamiento del motor de arranque empieza cuando la llave de contacto es girada y la corriente almacenada en la batería pasa al motor de arranque, donde básicamente al igual que cualquier motor eléctrico, funciona en base al electromagnetismo, es decir en la atracción y repulsión entre el inductor y en inducido debido a que la corriente de la batería pasa directamente a los devanados inductores y a las espiras del inducido.

Como Cantuña y Cerón (2006) exponen en su tesis:

“Los devanados inductores que se encuentran dentro de la carcasa o cuerpo cilíndrico producen un campo magnético cuando la corriente fluye por ellos. El inducido tiene una serie de conductores, dispuestos en forma de espiras, que van conectados a los segmentos del colector. Las escobillas van rozando sobre el colector pudiendo éste girar, con las espiras unidas a él, mientras la corriente de la batería circula por las espiras, originando campos magnéticos. Éstos se oponen al campo del imán (devanados de campo, o inductores, en el cuerpo cilíndrico). Como consecuencia se produce un fuerte empuje sobre los conductores. El inducido gira, y de este modo el motor del vehículo inicia su arranque.” (p. 15).

Partes de motor de arranque:

a) Carcasa.

Como en la figura 7 podemos observar, la carcasa de una envoltura de hierro con bajo contenido de carbono, puede ser material electromagnético blando o hierro dulce por ser materiales muy magnéticos. Dentro de este cilindro se encuentran las masas polares que están sujetadas a la carcasa mediante unos tornillos. Como dice Tena (2011) en su libro la función es alojar, sujetar y tapar los demás componentes, además cerrar el circuito magnético inductor, formado por sus masas polares y las bobinas que la rodean. (p. 263).

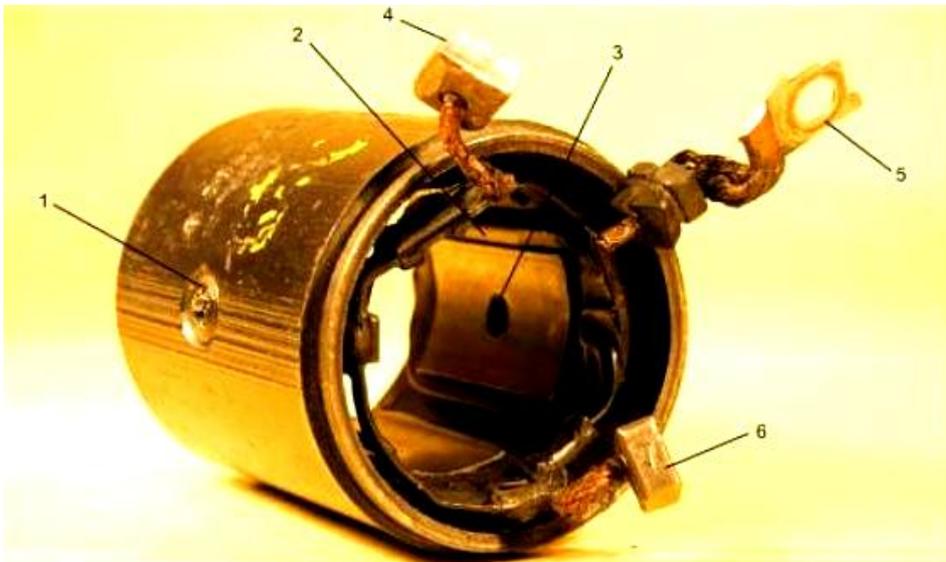


Figura 7. Carcasa y piezas polares, por: Fuente: Tena, J. (2011).

b) Inductor o estator:

Como se observa en la figura 7 las masas polares (3) son imanes fijos, se los refuerzan con bobinados (2) de hilo de cobre ya que al circular corriente por estos se forma un electroimán, como podemos ver también en la figura 8. A cada masa polar y bobinado se los sujeta con tornillos (1) que se los acciona desde el exterior. Estas bobinas (2) como dice en el libro *Sistemas de Arranque y Carga de Tena* (2011), están hechas de pletina cobre con sección rectangular. Por estas espiras que están aisladas con respecto a la masa, pasa la corriente del terminal de entrada del relé (5), a las escobillas (4) y (6) y se crea un campo magnético en las masas polares todo este conjunto de elementos se le conoce como Inductor.(p. 167)



Figura 8. Bobinas Inductoras, por: Tena, J. (2011).

c) Inducido.

Según la descripción del libro Técnicas del Automóvil de Alonso (2004), el inducido es un conjunto de partes que se conforman por un eje de acero soportado por unos cojinetes colocados en ambas tapas del motor de arranque, eso ayuda a que este bien centrado entre los elementos polares y que las líneas de fuerzas que se producen por el magnetismo. Sobre este eje se ubica el tambor del inducido se fabrica de acero y aloja las bobinas inducidas, tiene una capa de barniz a su alrededor para que las corriente parásitas no lo afecten (p. 168).

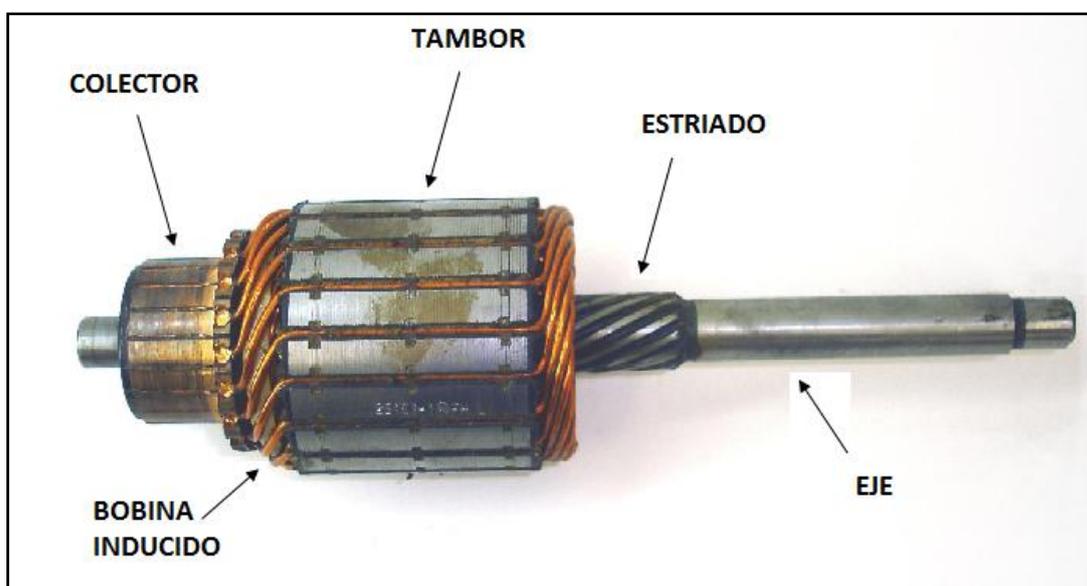


Figura 9. Eje Inducido, Obtenido de:

http://agrega.educacion.es/galeriaimg/aa/es_20071227_1_5029948/es_20071227_1_5029948_captured.jpg.

Al lado derecho del tambor como se observa en la figura 9 existe un estriado helicoidal cuya función es la de guiar al piñón de engrane para que acople con el volante de inercia del motor térmico al momento de accionamiento del arranque.

d) Colector:

El colector en cambio es un anillo formado por láminas de cobre situado a un extremo del eje del inducido, como se puede observar en la figura 9, está formado por una serie de láminas de cobre llamadas delgas, estas reciben la corriente de las bobinas del inducido a las cuales están conectadas por medio de suelda, cada delga está aislada una de la otra y del eje del inducido, van conectadas uniendo el final de una bobina con el principio de la siguiente como se muestra en la figura 10.

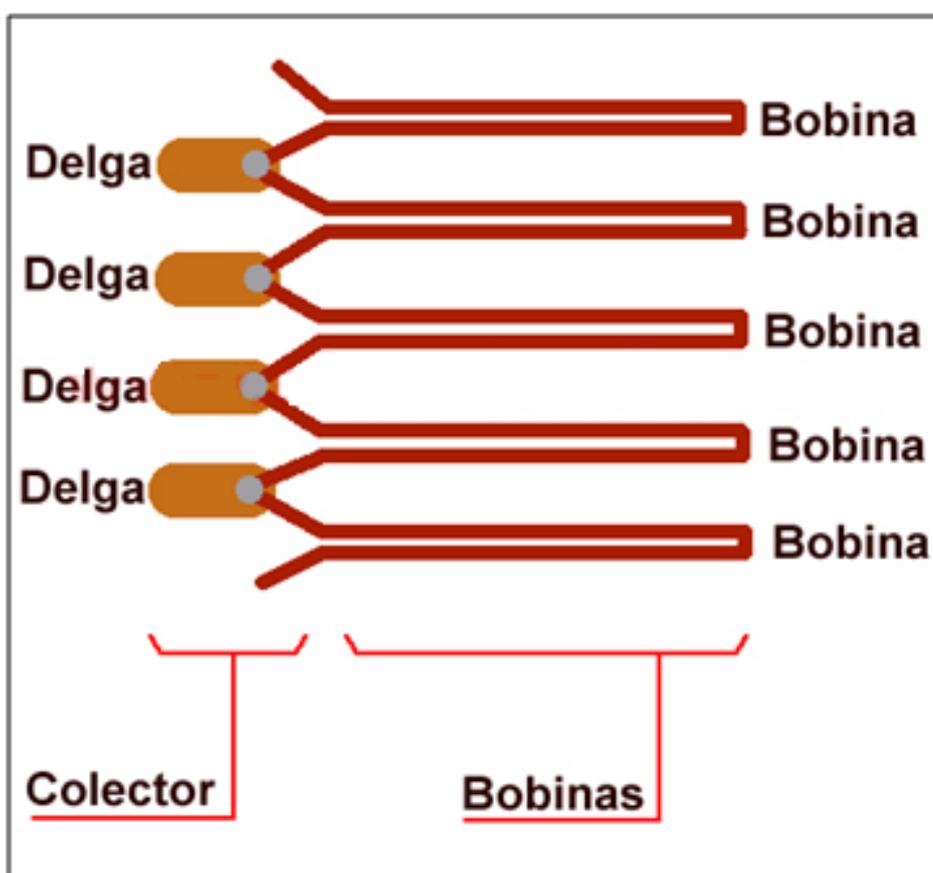


Figura 10. Colector, Obtenido de:

http://www.elremiendo.com/Bricolaje/Automoviles/fotos_taller/automoviles/alternadores_arranques/arranques/esquema_delgas_bobinas.jpg

e) Porta escobillas:

El porta escobillas (3) se encuentra dentro de una tapa de fundición de aluminio (8) con un cojinete de fricción de bronce (4). Las escobillas (2) van asentadas en el colector, siempre van a dos delgas opuestas, y son suficientemente anchas para alcanzar a tres delgas cada una. La corriente entra por una escobilla, atraviesa todas las espiras del inducido y sale por la otra; están hechas de una pasta de carbón-grafito. Se recomienda cambiarlas una vez haya superado la mitad de su vida útil. Son impulsadas por unos muelles (1) que permiten que siempre tengan contacto con el colector como se puede ver en la figura 11.



Figura 11. Porta escobillas, por Tena, J. (2011).

f) Solenoide:

Como dice el libro *Sistemas de Carga y Arranque de Tena* (2011), es un relé que está junto al motor de arranque, acoplado a un lado de éste, mediante unos espárragos (7). Está formado por un electroimán de una o dos bobinas, las cuales se alimentan por el terminal de excitación (5) (p. 268).

Y continúa José Tena (2011) describiendo en su libro, por el interior de las bobinas se desplaza un núcleo móvil (2). Cuando se excita el relé, el borne de corriente directa de la batería (4) manda corriente al motor de arranque mediante el borne (6). Junto al núcleo móvil está una escuadra de arrastre (1) que es la encargada de mover la horquilla para el acoplamiento del piñón con el volante. Cuando deja de excitarse vuelve a su lugar venciendo el muelle de recuperación que lleva interno.

Esté solenoide tiene dos funciones, la de acoplar el piñón para el arranque del motor térmico y también la de cerrar el circuito de la batería por medio de un contacto móvil. (Figuras 12 y 13).

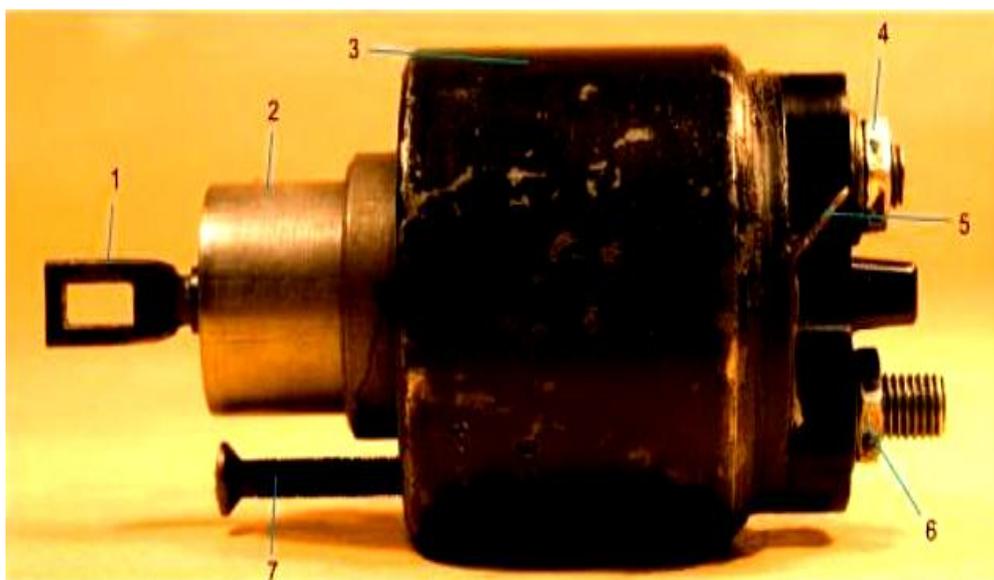


Figura 12. Vista lateral del Solenoide, por Tena J. (2011).

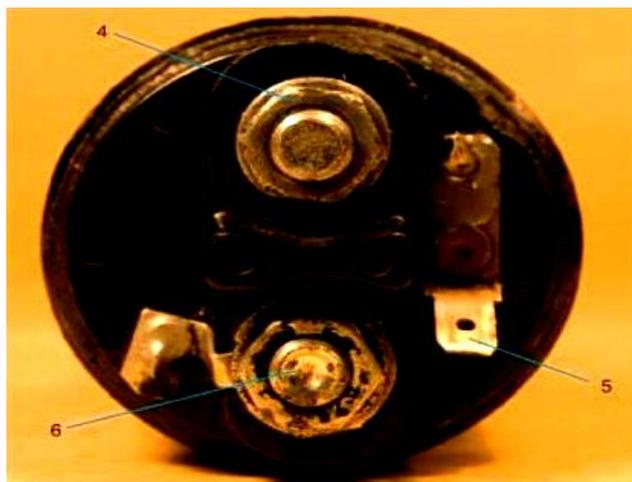


Figura 13. Conexiones del Solenoide, por Tena J. (2011).

g) Conjunto piñón o piñón de engrane:

Como se observa en la figura 14, Está montado en las estrías del eje del inducido, tiene un mecanismo de rueda libre que le permite girar en vacío a un lado y al otro forma un solo cuerpo con las estrías y gira solidario con el eje. Este piñón es el encargado de transmitir el par de giro del motor de arranque a la corona del volante de inercia y además impedir que el movimiento del motor térmico arrastre al motor de arranque cuando se encienda. La relación de transmisión entre el piñón y el volante de inercia de acuerdo al modelo está entre 1:8 a 1:20.



Figura 14. Piñón de Engrane, por Tena J. (2011).

Fases funcionamiento del motor de arranque

Fase de Paro.

José Tena (2011) en su libro señala que el funcionamiento del motor de arranque se divide en tres fases que son paro, accionamiento y retención.

En la fase de paro, el relé está sin excitar, el muelle de recuperación (12) está desacoplado, el interruptor (6) está abierto y por lo tanto el motor de arranque no se mueve como se puede observar en la figura 15.

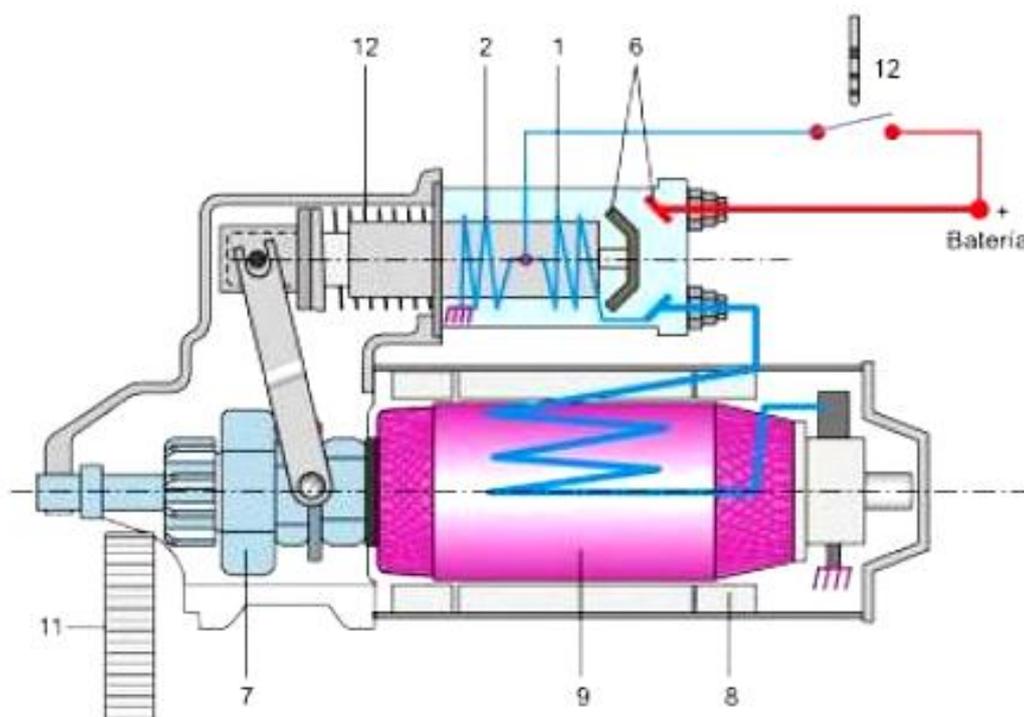


Figura 15. Fase de Paro del Motor de Arranque, por Tena J. (2011).

Fase de Accionamiento.

Después continúa la fase de accionamiento que podemos observar en la figura 16 donde el bombín de arranque (12) se cierra y permite que las bobinas de retención (2) y accionamiento (1) dentro del solenoide se alimenten de corriente, esta última en serie con el motor, el inducido gira suave y con un acoplamiento enérgico. Esto ayuda al engrane de la corona del volante de inercia y el piñón (11 y 10). Seguido de eso se cierra el interruptor (6) y gira el motor de arranque.

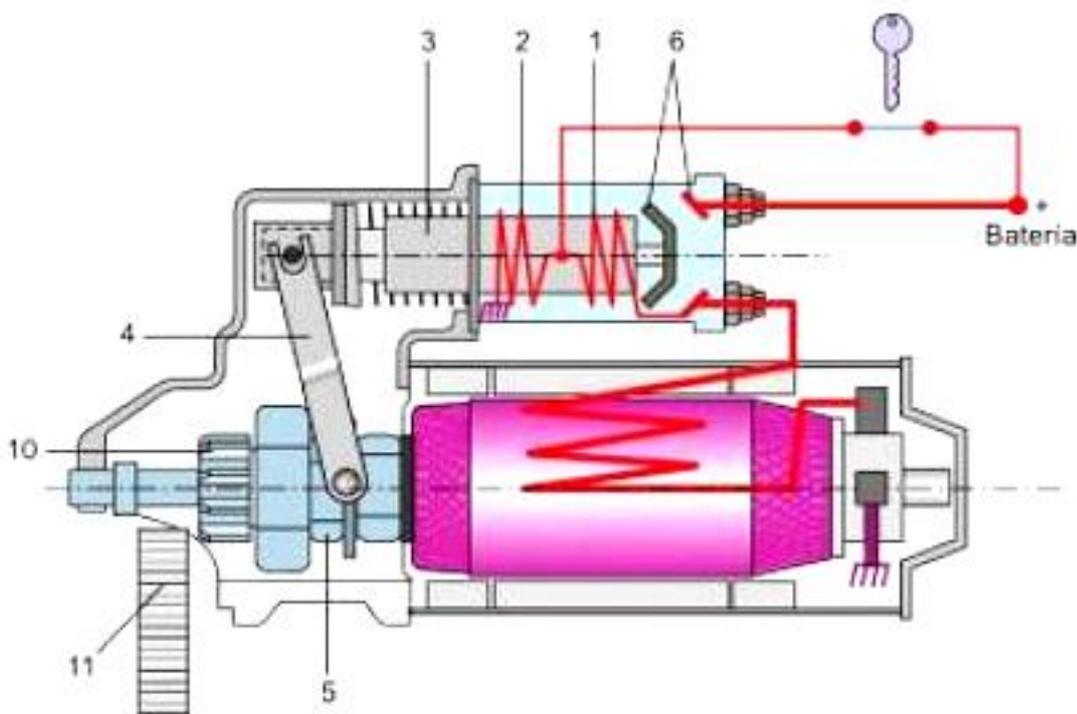


Figura 16. Fase de Accionamiento del Motor de Arranque, por Tena J. (2011).

Fase de Retención.

Por último ya acoplado el sistema viene la fase de retención (Figura 17), se cortocircuita la bobina de accionamiento (1) y solo se alimenta la de retención lo suficiente para mantener accionado el relé mientras empuja la horquilla. El motor de arranque sigue girando hasta que el conductor deje de accionar el switch del arranque entonces volverá a su estado de paro. (p. 269-270).

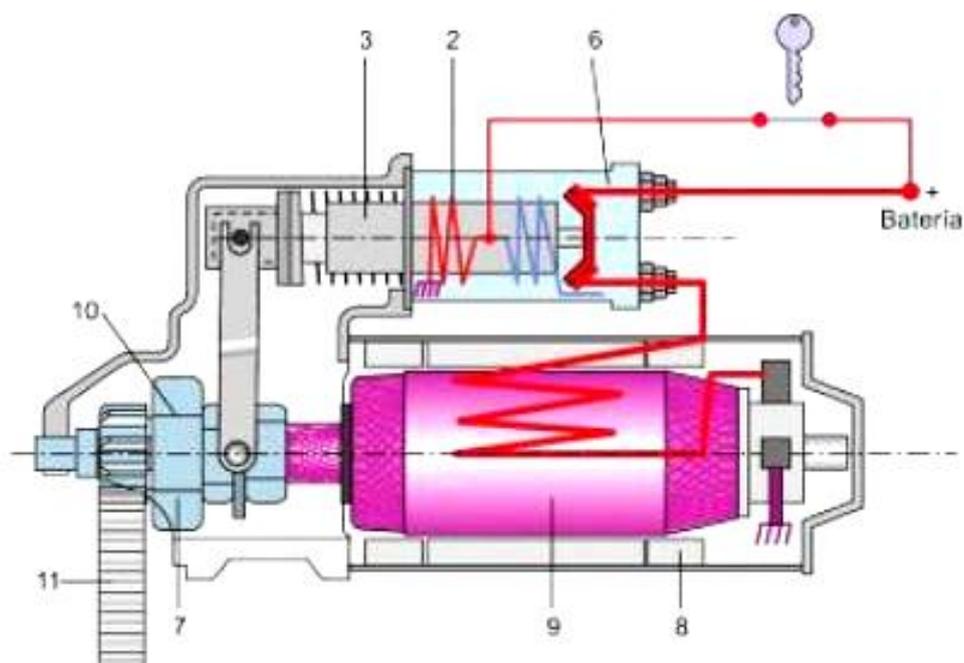


Figura 17. Fase de Retención del Motor de Arranque, por Tena, J. 2011.

Selección de alternativa para la construcción

Una solución al problema planteado, es la construcción de un prototipo de banco de pruebas para motores de arranques. Para lograr un diseño y construcción adecuados y para escoger los elementos necesarios que conformaran el banco de pruebas, se va a realizar una matriz de selección donde se va a escoger los aspectos buenos y mejorar los deficientes de algunos bancos de pruebas de diferentes casas comerciales. Esto es importante para lograr un banco de pruebas que se ajuste a nuestro medio.

Esta matriz consta de tres bancos de pruebas que hay en el mercado y se ha calificado con puntos cuyo valor máximo es el indicado en la parte de ponderación y la mínima es cero, en los diferentes aspectos en la tabla mencionados. Las opciones elegidas son las siguientes:

Tabla 1.

Alternativas de Bancos de Pruebas.

Matriz de selección para construcción de banco de pruebas para motores de arranque					
Alternativas	Foto	Marca	Modelo	País	Precio
A		Rosell	AR2 PETIT	Argentina	\$ 2 500,00
B		Haolida	QDS-2	China	\$ 7 000,00
C		Sangreat	AET-3-10	China	\$ 6 000,00

Elaborado por: Carlos Moscoso P.

Fuente: Figuras e información tomada de fichas técnicas: Rosell AR2 Petit, Haolida QDS-2, Sangreat AET-3-10.

Con estos datos se ha hecho la siguiente matriz de selección que califica varios aspectos de las alternativas antes mostradas.

Tabla 2.

Matriz de selección para el tipo de banco de pruebas.

Aspectos	Ponderación	Alternativas		
		A	B	C
		Calificación		
Técnicos	50	45	39	44
Eficiencia toma de datos	20	18	19	19
Disponibilidad de material	10	9	7	8
Disponibilidad de construcción	10	10	8	9
Complejidad de uso	5	4	2	4
Factibilidad de mantenimiento	5	4	3	4
Económicos	40	35	28	26
Costos de materiales	10	8	9	9
Costos de fabricación	10	9	7	6
Costos de mantenimiento	10	8	7	6
Costos de transportación	10	10	5	5
Complementarios	10	6	7	8
Vida útil	5	4	3	3
Seguridad	3	1	2	3
Ergonomía	2	1	2	2
Puntuación total	100	86	74	78

Elaborado por: Carlos Moscoso P.

Tal como lo indica la Tabla 2, los resultados mostrados hay que analizar que la opción A es la más adecuada para tomar en cuenta en la construcción, en función de equipamiento aunque para la construcción y para mejorar la ergonomía se tomará en cuenta las otras opciones ya que son bancos más grandes.

1.2.4. Identificación y Caracterización de las Variables.

En el banco de pruebas para motores de arranque propuesto, se podrá manejar algunas variables para su medición y así poder dar con el diagnóstico adecuado del estado de un motor de arranque sometido a las pruebas en el banco.

Estas variables a medir serán tomadas en carga, es decir conectado a un volante de inercia que genere un esfuerzo extra al motor de arranque y en vacío, sin ninguna carga extra y que gire libremente el piñón. Las variables a ser medidas serán las siguientes.

- Amperaje
- Voltaje
- Revoluciones

CAPÍTULO II

MÉTODO

2.1. TIPO DE ESTUDIO.

En este proyecto los tipos de estudio que se van a usar son el descriptivo y también el explicativo. El primero se lo va a aplicar ya que se va a describir las características que tiene el banco de pruebas para motores de arranque propuesto para solucionar el problema. Se indicará su funcionamiento y el beneficio de tener un banco de estas características en un taller automotriz.

El otro tipo de estudio a ser usado es el explicativo, debido a que vamos a esclarecer el ¿por qué? de este problema, dando soluciones efectivas, responder las causas y efectos que tiene el contar con un banco de pruebas.

2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.

La modalidad de investigación va a ser la de proyecto de desarrollo, por la siguiente razón, se encarga de investigar sobre la temática, además se elaborará una propuesta viable para resolver el problema planteado como diseño de un prototipo de banco de pruebas para motores de arranque.

2.3. MÉTODO.

El método a ser usado en la investigación es el Inductivo – Deductivo. Para lograr resolver el problema planteado, se deberá usar la deducción porque hay que centrarse en un problema como el que ya está planteado. A partir de ahí se trata de extraer varias causas y efectos que ocasionan este problema hasta llegar a una conclusión general que será la construcción de un prototipo de banco de pruebas para motores de arranque que será una propuesta de solución al problema.

La inducción en la investigación se la usará al analizar las fallas de los motores de arranque, las necesidades técnicas para hacer ensayos, para desde ahí lograr un diseño del prototipo acorde a las necesidades.

Después de analizar alternativas de construcción y realizar un cuadro de ponderación respectivo se diseña el banco de pruebas según las especificaciones técnicas que se necesitan para realizar los diferentes ensayos, ver Anexo A.

Construcción del banco de pruebas para motores de arranque

Para la construcción del banco de pruebas se va a separar en dos partes, la primera va a ser el mecanismo donde consta el eje con todos sus elementos, y la segunda la estructura donde va a ser montado todo el sistema.

Construcción del mecanismo

1. Eje de soporte.

Material: acero de transmisión Böhler e 920

Código: AISI 1018

Medidas: Anexo A

Se utiliza un acero de transmisión AISI 1018, se construye utilizando el torno y la fresadora. En la punta A se utilizó el torno para realizar un cilindrado y refrentado que está indicado en la figura 18. También se realizó un chavetero en esta punta como lo muestra la figura 19.



Figura 18. Cilindrada lado A, por Carlos Moscoso (2013).

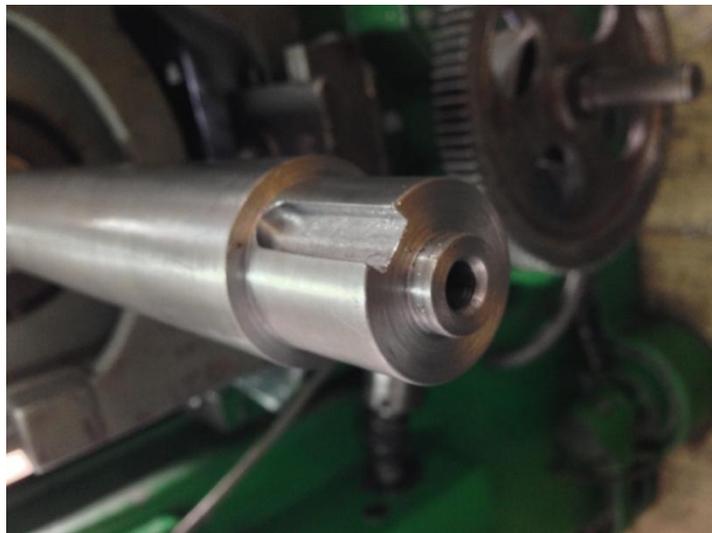


Figura 19. Chavetero, por Carlos Moscoso (2013).

En la punta B se realizó un cilindrado, también se hizo un fresado como indica la figura 20 de seis caras planas (hexágono). También se hizo un fresado lateral para asegurar el bocín del freno como muestra la figura 21.



Figura 20. Fresado lado B, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 21. Guía de bocín de freno, por Carlos Moscoso (2013).

2. Placa de soporte de motor de arranque.

Material: plancha de acero a 36

Código: ADSM A 36

Medidas: Anexo A

Esta pieza es la encargada de sostener al motor de arranque para que acople con el volante de inercia. El primer paso para la construcción fue hacer la, además se realizó dos

perforaciones a 180° para un pasante como muestra la figura 22, para terminar se realizó un corte como lo indica la figura 23.



Figura 22. Comprobación de tamaño de placa de soporte, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 23. Corte en placa de soporte del motor de arranque, por Carlos Moscoso (2013).

3. Acople principal.

Material: acero 1018

Código: AISI 1018

Medidas: Anexo A

Esta pieza tiene como función unir al eje de soporte con el volante de inercia por medio de unos pernos de sujeción. Para la construcción lo primero que se cilindró y refrentó la pieza como indica la figura 24, después sigue el fresado de un chavetero interior, y también se realizó la perforación de los 6 agujeros pasantes, así lo indica la figura 25.



Figura 24. Refrentado de acople, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 25. Perforación agujeros del acople, por Carlos Moscoso (2013).

4. Bocín del freno mecánico.

Material: acero 1018

Código: AISI 1018

Medidas: Anexo A

Esta pieza rodea al eje como un anillo y es donde va a asentar el freno mecánico. Para su construcción primero se realizó una perforación interna como muestra la figura 26 y refrentado interno de la pieza, el diámetro externo también se cilindró. Se hizo una perforación lateral para el alojamiento de un prisionero de medida. Para finalizar se realizó un canal donde se refrentó el diámetro exterior y se puede ver en la figura 27 la pieza ya terminada.



Figura 26. Perforación de agujero central del bocín, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 27. Bocín terminado, por Carlos Moscoso (2013).

5. Freno mecánico.

Material: Acero 1018, plancha de acero A 36, asbesto

Código: AISI 1018, ASTM A 36

Medidas: Anexo A

Este es uno de los principales elementos, su función es la de brindar una resistencia a giro del eje con la finalidad de simular la inercia que rompe el motor de arranque al encender el vehículo. Para realizar este elemento, se cilindra la pieza como indica la figura 28, Se corta por la mitad y se coloca una franja de asbesto en el interior de cada media luna. Se construyeron dos placas a los extremos de la media luna que van a soportar el perno y el resorte que son la regulación del freno. En la figura 29 se puede ver el freno mecánico terminado



Figura 28. Pieza antes de ser cortada en medias lunas, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 29. Freno terminado y colocado sobre el eje de soporte, por Carlos Moscoso (2013).

6. Construcción de bisagra del freno mecánico

Material: Acero 1018

Código: AISI 1018

Medidas: Anexo A

Este elemento une las dos partes del freno y permite la regulación. Para construir este elemento se utilizó un pedazo de eje con dos canales a sus extremos para que sirvan de seguros. Después se construye dos bocines, se las suelda con electrodo 7018 a los extremos de las medias lunas como lo muestra la figura 30. En la figura 31 se puede verla terminada y entender mejor su función.



Figura 30. Suelda de bisagra al freno, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 31. Bisagra finalizada, por Carlos Moscoso (2013).

7. Construcción de placa guía del freno

Material: Plancha de acero A 36

Código: ASTM A 36

Medidas: Anexo A

Esta placa es la encargada de no permitir el movimiento del freno. En la parte central de la placa se realiza una perforación seguida de un canal. Esta placa se suelda con un electrodo 7018 a la parte inferior del freno como muestra la figura 32.



Figura 32. Suelda de la placa guía al freno, por Carlos Moscoso (2013).

Construcción de la estructura

Para la realización de esta parte lo primero que se hizo es conseguir el material, en este caso se uso tubo estructural cuadrado de 50 x 50 mm y de 25 x x25 mm, ambos con un espesor de 2 milímetros.

Se cortó las partes como indica los planos del Anexo A, y se procedió a soldarlas como se puede ver en la figura 33. En la figura 34 se puede ver la estructura casi terminada. El siguiente paso fue colocar las paredes en todo el banco con un tol de 2 mm y en la parte posterior se hicieron dos puertas verticales arriba y dos abajo. Para finalizar se colocaron ruedas en la parte inferior de la estructura, los cuatro tienen dirección y las dos posteriores además cuentan con freno.



Figura 33. Suelda de tubos de la estructura, por Carlos Moscoso (2013).



Figura 34. Estructura casi terminada, por Carlos Moscoso (2013).

Montaje del sistema

Una vez finalizadas las dos partes se procede a ensamblarlas juntas para lo cual, se monta los diferentes elementos en el eje. Primero se coloca en bocín del freno mecánico que se debe ajustar con el pasador y asentar en la guía que hay en el eje. A continuación sobre el bocín va el freno mecánico que se lo ajustas con la regulación que tiene a un costado. Se introduce por el otro extremo dos chumaceras de código 208. Por último como muestra la imagen 35, se monta el acople conjuntamente con el volante de inercia en el eje y se lo unen con seis pernos M 12 pasadores y con esto queda ensamblada la parte de los mecanismos como se puede observar en la imagen 36.

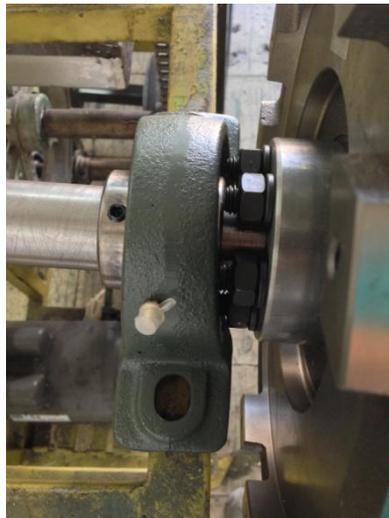


Figura 35. Ensamblaje del acople principal con el volante de inercia y eje, por Carlos Moscoso (2013).



Figura36. Eje con todos sus elementos ensamblado, por Carlos Moscoso (2013).

Lo siguiente es montar el mecanismo sobre la mesa del banco de pruebas, eso se lo hace con varios pernos que aseguran el eje con la estructura, se coloca una tabla de madera forrada de moqueta de caucho. En el tablero se realizan las perforaciones necesarias para colocar todos los instrumentos, en la figura 37 se puede ver al banco de pruebas ya terminado.



Figura37. Banco de pruebas para motores de arranque terminado, por Carlos Moscoso (2013).

Protocolo de pruebas.

Los ensayos a realizarse en el banco de pruebas, se las va a dividir en una revisión previa, el ensayo en vacío y el ensayo con carga.

La revisión previa consiste en verificar el estado de carga de la batería por medio del multímetro o el amperímetro situado en el tablero. Después se acciona por medio del switch y se revisa si el piñón de engrane sale gira y retrocede. Si pasa esta prueba se procede a los ensayos, caso contrario se procede al desmontaje del motor de arranque para verificar sus componentes internos.

En el ensayo en vacío, se hace funcionar el banco de pruebas con el motor de arranque desacoplado al volante de inercia. Y se toma los datos de las variables que son amperaje, voltaje y revoluciones, para anotarlos en las tablas correspondientes.

En los ensayos con carga primero se debe calibrar el freno mecánico del motor de arranque utilizando un torquímetro de acuerdo a la carga del ensayo a realizarse. Parte del ensayo es calibrar el freno mecánico según las medidas tomadas previamente en el vehículo al cual pertenece el motor de arranque. Después de esto se enciende el banco de pruebas con el motor de arranque acoplado al volante de inercia y se procede a tomar los valores de las variables correspondientes y anotarlos en las tablas correspondientes.

Con todos los valores tomados en las tablas se compara con los valores de la ficha técnica que provee el fabricante y se tiene el resultado del estado real del motor de arranque. Si los valores no corresponden a los del fabricante, el daño es interno por lo que se procede al desmontaje del motor de arranque y a verificar los componentes internos del mismo.

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población a la cual está dirigido este proyecto, es motores de arranque de la marca Hyundai y Kia para sus modelos Santa fe y Sportage respectivamente. Mientras que la muestra son las variables de intensidad, voltaje y revoluciones que son esenciales para evaluar el estado real del motor de arranque

2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

Para la investigación se usará instrumentos válidos y confiables para lograr obtener los datos necesarios para solucionar el problema planteado, uno de ellos es la observación ya que se debe mirar que existen varios talleres automotrices que carecen de un banco de pruebas para motores de arranque. Otro instrumento a utilizar y quizá el más importante es la experimentación ya que en el banco de pruebas se va a realizar los experimentos y la toma de datos necesarios para determinar el estado verdadero del motor de arranque.

Para realizar la toma de datos por medio de la experimentación vamos a tener que usar varios elementos de medición que son los siguientes.

El multímetro Según lo explica Evaristo Serrano (2008) en su libro, “es el instrumento fundamental para la detección de averías eléctricas y electrónicas en el automóvil” (p.92). Continúa Serrano indicando algunas de las características esenciales para un multímetro automotriz que son las siguientes: Una pantalla LCD amplia para que facilite la lectura, medición de tensión y corriente CC y CD, resistencia, continuidad con señal acústica, control de diodos, medidor de frecuencia y temperatura entre otros.

Otro elemento a utilizarse es la pinza amperimétrica que, según el libro de Cabello (2010), la pinza amperimétrica es de gran utilidad ya que permite realizar las mediciones de

intensidad sin necesidad de cortar la línea, solo basta con abrazar con las pinzas el conductor sobre el que se desee realizar la medida.

Los interruptores de contacto momentáneo como dice en el libro de Croft (1994), “se utilizan donde se quiera abrir o cerrar el circuito por un corto espacio de tiempo solamente. El interruptor va provisto de un muelle que volverá a su posición inicial tan pronto como se deje de pulsar” (p. 25).

Otro instrumento a utilizar es el medidor de revoluciones por minuto, éste funciona por medio de un puntero láser, al objeto a medir hay que adherirle un pedazo de cinta reflectiva y cuando este empiece a girar hay que apuntar el objeto y el reflejo del láser en la cinta reflectiva marca la lectura que se necesita.

Para el suministro de energía se va a utilizar una batería automotriz que según la información recogida de internet de Enrique Celis (2011, parte 2), dice que la batería consiste en unas celdas conectadas entre sí por medio de barras metálicas, cada celda almacena 2 voltios en su interior por los que la batería automotriz tiene 6 celdas, en cada una hay 2 juegos de placas que están sumergidas en una solución ácido sulfúrico y agua que se llama electrolito, que junto a las placas hechas de peróxido de plomo y plomo poroso forman la reacción química necesaria para convertir la energía química en energía eléctrica.

La reacción química sucede de la siguiente manera la corriente circula desde un terminal a otro pasando por las placas de peróxido de plomo de carga positiva y las de Plomo Poroso de carga negativa, activando el electrolito.

Cuando se descarga la batería quiere decir que mientras avanza la reacción química, en los juegos de placas se forma en su superficie sulfato de plomo y el ácido sulfúrico se diluye paulatinamente. Cuando la superficie de las placas está completamente cubierta por sulfato de

Plomo está descargada la batería. Y en el proceso de carga con corriente eléctrica las placas vuelven a su estado original y el ácido sulfúrico se regenera.

Para determinar el nivel de estado de la batería se puede medir su densidad como lo indica la figura 38:

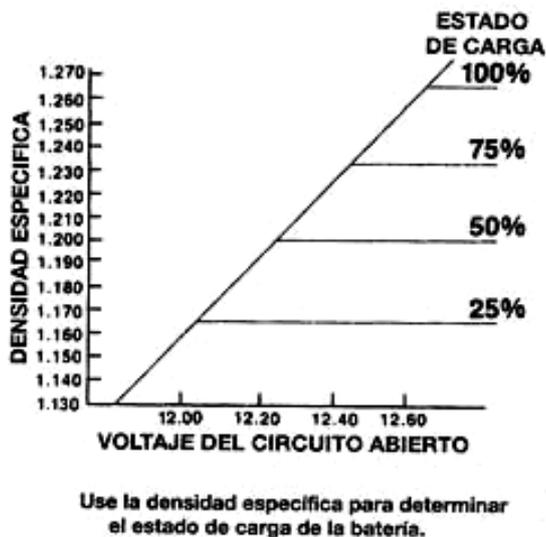


Figura 38. Uso de la densidad específica para determinar el estado de la batería, Recuperado de www.automecanico.com/auto2001/batt1.jpg

2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.

Los instrumentos elegidos para la investigación son los más idóneos ya que en una investigación como esta cuya finalidad es hacer un banco de pruebas para motores de arranque para eliminar el problema planteado, se necesita experimentar en dicho banco y la validez y confiabilidad del mismo dependerá de lo bien diseñado que esté y la capacidad de poder obtener con datos precisos con su utilización.

Este banco de pruebas debe ser capaz de brindar una confiabilidad al rato de obtener dato que como recomienda Cantuña y Cerón (2006) en su tesis:

Las conexiones son desde el borne positivo 12V del banco de pruebas, al borne principal de alimentación del motor de arranque, o sea al relé.

El cable de masa debe hallarse conectado al motor de arranque en un lugar donde la masa sea muy segura y apretando fuertemente esta conexión. Esto es, desde luego, muy importante y del todo necesario para que las lecturas eléctricas estén de acuerdo con la realidad, por lo tanto debería sujetarse en una parte sin pintura que esté limpia. Los cables y aparatos de medida del banco de pruebas serán elegidos para poder soportar el amperaje que deberá recorrerlos.

El amperímetro deberá tener 600 A de calibre, he igualmente el interruptor. Los cables deberán ser de un grosor semejante al usado para la batería o sea provistos de una gran sección, que deberá ser como mínimo de 10 mm de diámetro.

Una vez efectuado esta conexiones, y de un modo seguro, se debe proceder a los diversos controles en el motor de arranque, comenzando por la prueba del mismo en vacío. (p.72)

El primer ensayo que se va a realizar ya con el motor de arranque montado en el banco de pruebas es la prueba en vacío que no es otra cosa que cerrar el interruptor de arranque para alimentar al motor de arranque alimentándolo con su voltaje normal, después se tiene que medir la corriente absorbida con la ayuda de la pinza amperimétrica. También con la ayuda del cuenta revoluciones se tiene que medir las r.p.m. o velocidad de rotación que tiene el piñón de engrane. Todos estos datos obtenidos se los tiene que comparar de acuerdo con la ficha técnica y los datos que entrega el fabricante. En esta prueba también se debe asegurar que el piñón de engrane se desplace se una manera adecuada y sin trabarse para después que regrese a su posición inicial de la misma manera.

Para la prueba con carga de igual forma se tiene usar el motor de arranque montado en el banco de pruebas pero con la diferencia que debemos colocar el volante de inercia en una posición listo para que el piñón de engrane se acople a este el rato que el interruptor de arranque sea activado. El primer paso es dar un pequeño arranque para ver si el piñón y el volante de inercia giran solidariamente. Para tomar las medidas respectivas de intensidad, revoluciones y la tensión entre los bornes, se debe aplicar el freno de fricción para que simule la carga de inercia del motor de combustión interna, después se debe dar arranque por un máximo de 4 segundos para evitar daños del motor de arranque, en ese tiempo es cuando se deben tomar las medidas necesarias.

2.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Se evaluará el estado real de un motor de arranque basándose en las variables que se definen a continuación.

La intensidad según Alvarenga (1999) es la cantidad de carga ΔQ que pasa por una sección de un conductor en determinado tiempo Δt , se debe al movimiento de electrones así que dicha intensidad I de corriente que pasa por un conductor es la relación de ΔQ y Δt entonces tenemos que su fórmula es $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$.

Hay que notar que mientras mayor sea la cantidad de carga que está en movimiento a través de un conductor mayor será la intensidad en un determinado tiempo.

Se la puede medir utilizando un amperímetro y hay que recordar que se lo debe realizar en serie para evitar cortocircuitos.

Alvarenga (1998) dice que la tensión es ese impulso necesario para que una carga eléctrica pueda fluir a través de un conductor en un circuito eléctrico cerrado. Este movimiento de las cargas empieza desde el polo negativo hasta el positivo de la fuente de voltaje.

Para la medición se usa un voltímetro y la medida se la toma en paralelo para evitar cualquier problema con el sistema eléctrico.

Es el número de vueltas o ciclos completos que da un elemento en un minuto, en el caso de este proyecto las revoluciones se las va a medir en la corona del volante de inercia y en el piñón del motor de arranque.

La satisfacción del cliente se la va a poder apreciar después de que el trabajo en el taller automotriz se haya terminado, cuando un cliente vuelve quiere decir que las cosas se han hecho de la mejor manera y están satisfechos con el trabajo. Esto a futuro se convertirá en

un prestigio para el negocio que resultará en beneficios económicos que ayudarán para un desarrollo empresarial.

2.8. PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez que hacemos funcionar al banco de pruebas, tenemos que tomar datos de las distintas variables como son el consumo de voltaje la corriente y las revoluciones por minuto. Como dice Rodríguez F. en su información obtenida de la Universidad de Antioquia, estas variables son cuantitativas y continuas, ya que expresan cantidades numéricas, y porque “puede adquirir cualquier valor dentro de un intervalo especificado de valores. Que solamente está limitado por la precisión del aparato medidor, en teoría permiten que siempre exista un valor entre dos cualesquiera” (p.3).

Para cada variable se va a tomar los datos repetidamente con intervalos de tiempos cortos por la razón de que el valor a usarse sea el más cercano a la realidad y se descartaría una falla en la toma de medidas. Toda esta información obtenida se va a almacenar en tablas de Microsoft Excel organizadas de acuerdo al tipo de variable y el ensayo que se realice al motor de arranque.

Para tener el resultado promedio del ensayo realizado se va a utilizar la media aritmética, que como lo define Cáceres J. (2007),

“Es un promedio de valores de la variable. Pero no todos los valores intervienen en el promedio en el mismo grado o con la misma fuerza, sino que se trata de un promedio ponderado. El peso con que cada valor observado incide en el promedio evaluado viene dado por su frecuencia relativa. Así, puede interpretarse que cada valor observado tira hacia sí mismo del promedio con una fuerza proporcional a su frecuencia relativa. De este modo, la media aritmética es una especie de centro de gravedad de la distribución resultante de la compensación de tales fuerzas” (p. 31).

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS.

Concluida la construcción del banco de pruebas se procede a verificar el estado de un motor de arranque de acuerdo al protocolo de pruebas descrito anteriormente, donde se comparará los datos técnicos que nos provee el fabricante con los datos obtenidos en las pruebas.

Primero se realiza el montaje del motor de arranque en la placa de sujeción ajustándolo con dos pernos. El montaje de la parte eléctrica se realiza conectando el terminal 30 del motor de arranque directo a la batería; el segundo se conecta desde el terminal 50 del solenoide, directo a la llave del switch. La estructura está conectada al terminal negativo de la batería, el motor de arranque al estar sujeto a la placa, con conexión a tierra, ver el diagrama eléctrico en el Anexo B.

Segundo se revisa la carga de la batería, esto se realiza observando la lectura del voltímetro colocado en el tablero del banco o a su vez conectar el multímetro al terminal 30 del motor de arranque y una conexión a masa en cualquier parte de la estructura.

Tercero accionar el motor de arranque por medio de la llave del switch, se verifica que el piñón de engrane salga de su posición, gire y retorne.

Se realizarán dos pruebas una en vacío donde el motor de arranque gira libremente sin carga, la segunda con carga de 5 a 45 Nm. Para lo cual se realizarán 5 mediciones de cada variable en un intervalo de tiempo de 10 minutos de ensayo a ensayo, con el fin de que el motor de arranque no se recaliente. Con los valores obtenidos en las pruebas se calculará la potencia del motor de arranque.

En la prueba en vacío el motor de arranque se lo monta en la placa de sujeción pero se lo separa de tal manera que al accionarlo no engrane con el volante de inercia.

Para empezar los ensayos se sitúa la pinza amperimétrica en el cable 30, se gira la llave del switch para dar arranque y se toma la lectura de la absorción de corriente.

Después se utiliza el medidor láser de revoluciones para medir el giro del piñón de engrane. Para esto se debe apuntar el láser hacia la cinta reflectiva que está adherida al piñón, girar la llave del switch y se toma lectura del número de revoluciones.

Por último se verifica en el voltímetro del tablero la caída de voltaje que tiene luego de ser accionado el sistema, los datos obtenidos se registran en la tabla 3.

Tabla 3

Protocolo de tabulación para los ensayos.

MEDICIÓN	CARGA	AMPERAJE	REVOLUCIONES	VOLTAJE
	[Nm]	[A]	[RPM]	[V]
1				
2				
3				
4				
5				
VALOR MÁXIMO				
VALOR MÍNIMO				
MEDIA				

Autor: Carlos Moscoso P.

Para los ensayos con carga, previamente se mide con un torquímetro en la polea del cigüeñal la resistencia de giro que tiene el automóvil, ver Anexo C.

En los ensayos con carga se debe aflojar los pernos que tiene la placa de sujeción para que pueda girar el motor de arranque, se debe colocarlo junto a la rueda dentada del volante de inercia y ajustar los pernos, y así al momento accionarlos giren solidariamente.

Las mediciones de las variables con diferentes cargas que van desde 0 Nm hasta 45 Nm, que serán registrados en la tabla 4, para su posterior análisis.

Los procedimientos para la utilización del banco de pruebas y la respectiva medición de las variables se encuentran especificados en el Anexo D: procedimiento de montaje de motor de arranque y pruebas.

Tabla 4

Protocolo de tabulación para los ensayos con carga.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON VARIACIÓN DE CARGA				
CARGA	AMPERAJE	VOLTAJE	RPM	POTENCIA
[Nm]	[A]	[V]	[RPM]	[W]
0				
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				

Autor: Carlos Moscoso P.

3.2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.2.1. Presentación de resultados.

En las tablas a continuación se mostrarán el promedio, el valor máximo y el mínimo de los datos tomados durante las pruebas.

Ensayo en vacío.

Intensidad.

En el ensayo en vacío la intensidad tomada es la mínima ya que no tiene una carga que vencer como se puede ver en la tabla 5. Los resultados fueron:

Valor máximo: 75,30 A.

Valor mínimo: 70,90 A.

Media: 72,70 A.

Tabla 5

Datos de amperaje en ensayo en vacío.

MEDICIÓN	CARGA [Nm]	AMPERAJE [A]
1	0	72,40
2	0	70,90
3	0	72,20
4	0	75,30
5	0	72,70
	MÁXIMO	75,30
	MÍNIMO	70,90
	PROMEDIO	72,70

Autor: Carlos Moscoso P.

Voltaje.

Esta caída de voltaje es menor a la nominal de 12V de la batería debida al consumo del motor de arranque como se puede ver en la tabla 6. Los resultados fueron:

Valor máximo: 11,30 V.

Valor mínimo: 11.15 V.

Media: 11.23 V.

Tabla 6

Datos de voltaje en ensayo en vacío.

MEDICIÓN	CARGA [Nm]	VOLTAJE [V]
1	0	11,25
2	0	11,30
3	0	11,26
4	0	11,20
5	0	11,15
	MÁXIMO	11,30
	MÍNIMO	11,15
	MEDIA	11,23

Autor: Carlos Moscoso P.

R.P.M.

Las revoluciones son tomadas en el piñón de engrane y tienen un valor alto debido a que no está acoplado con el volante de inercia como se observa en la tabla 7. Los resultados fueron:

Valor máximo: 3158 rpm.

Valor mínimo: 2946 rpm.

Media: 3077,2 rpm.

Tabla 7

Datos de RPM en ensayo en vacío.

MEDICIÓN	CARGA [Nm]	RPM [rpm]
1	0	2946
2	0	3056
3	0	3082
4	0	3144
5	0	3158
	MÁXIMO	3158
	MÍNIMO	2946
	MEDIA	3077,2

Autor: Carlos Moscoso P.

Ensayo con carga.

A continuación en la tabla 8 se presentan los datos obtenidos de las variables en los ensayos con carga que van desde los 5 Nm hasta los 45 Nm. Cabe recalcar que las pruebas de 25 Nm y 35 Nm son las que simulan la resistencia real en el automóvil con el embrague desacoplado y acoplado respectivamente. Además se utiliza las variables de intensidad y voltaje para calcular la potencia. También se colocó los valores de vacío y los proporcionados por el fabricante para su respectiva comparación.

Tabla 8

Datos de las variables en ensayos con variación de carga de 0 a 45 Nm.

CARGA [Nm]	AMPERAJE [A]	VOLTAJE [V]	RPM [RPM]	POTENCIA [W]
0	72,70	11,23	3077,20	816,57
FABRICANTE	60	11,48	2942	688
5	85,92	11,11	2768,40	954,40
10	106,50	11,11	2768,40	1176,83
15	125,14	10,97	2189,60	1372,29
20	187,42	10,67	2141,80	1999,77
25	219,90	10,67	2006,60	2347,21
30	242,60	10,32	1808,80	2504,60
35	256,98	10,41	1477,40	2676,19
40	289,84	10,19	1127,40	2954,05
45	311,98	10,16	877,60	3170,34
FABRICANTE	320	9,12	-	3350

Autor: Carlos Moscoso P.

3.2.2. Análisis de resultados.

Los valores obtenidos, se compara con los valores proporcionados por el fabricante, ver Anexo E.

Ensayo en vacío.

Intensidad.

En la figura 39 se puede ver el valor de la intensidad tomada en el ensayo en la columna azul vs. La proporcionada por el fabricante en la columna roja. Analizando la diferencia entre las dos, el motor de arranque tiene un consumo normal de corriente cuando gira libremente.

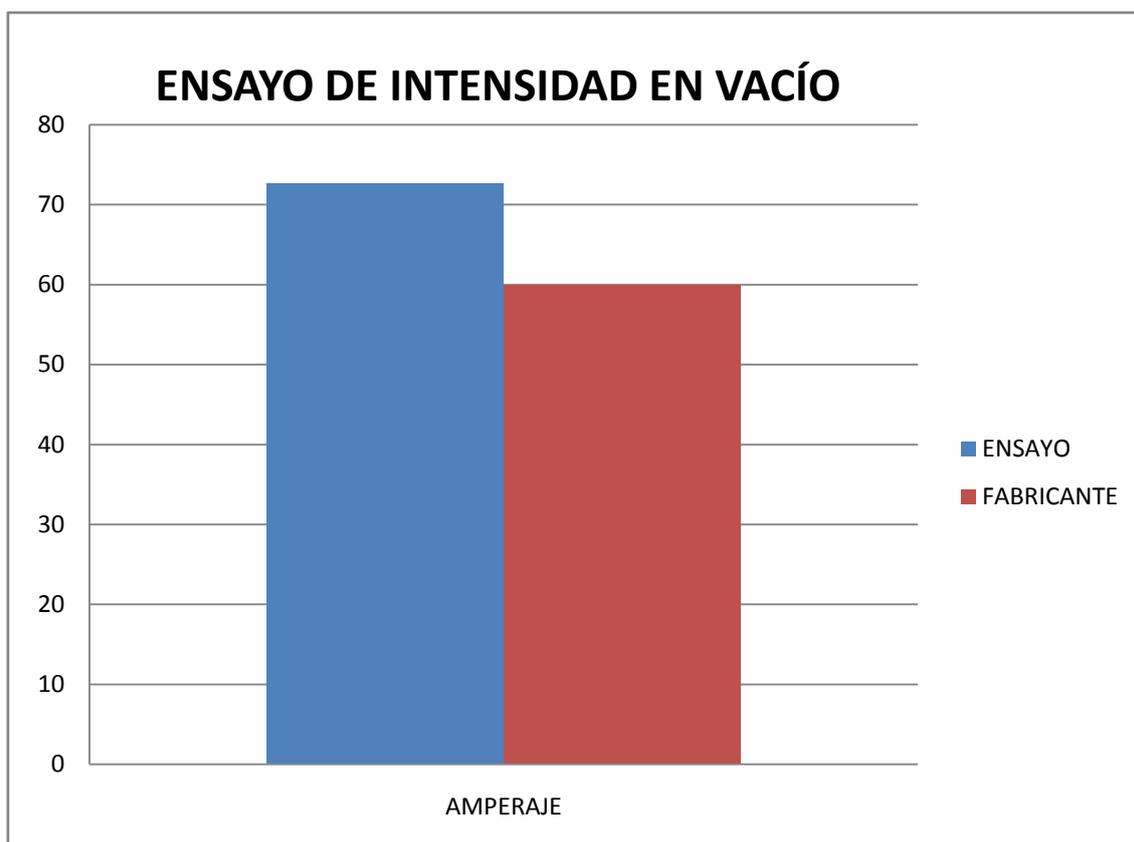


Figura 39. Valores de Amperaje, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío, por Carlos Moscoso (2013).

Voltaje.

En el ensayo de voltaje que se muestra en la figura 40 se puede observar el voltaje tomado en el ensayo (columna azul) sin mucha diferencia a comparación del valor del fabricante (columna roja). En estos datos hay mucha influencia en el voltaje inicial de la batería, ya que mientras menos carga tenga los valores van a ser menores. Analizando los valores de voltaje mostrados se puede notar que el motor de arranque tiene un correcto consumo de voltaje.

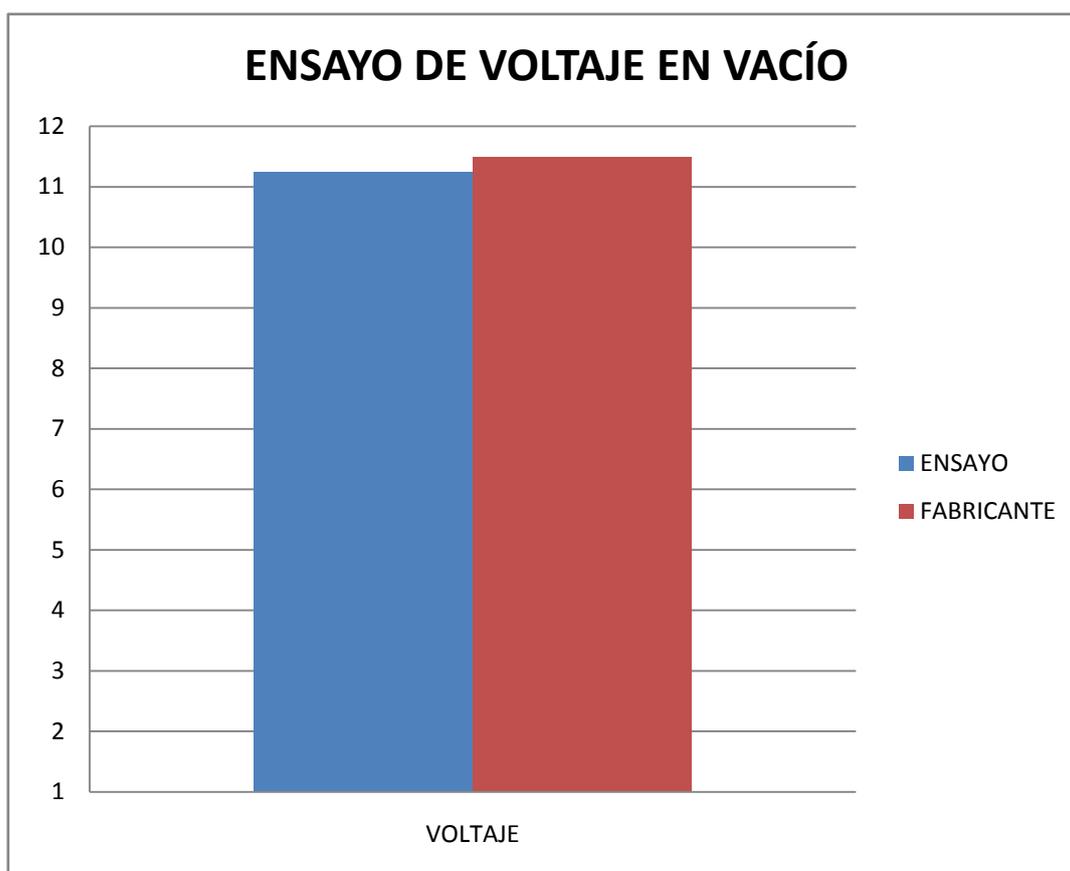


Figura 40. Valores de Voltaje, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío, por Carlos Moscoso (2013).

RPM.

Los datos obtenidos de las revoluciones por minuto en el ensayo se muestran en la columna azul de la figura 41 vs los proporcionados por el fabricante en la columna roja muestran una diferencia mínima con la que podemos concluir que el motor de arranque está en buenas condiciones.

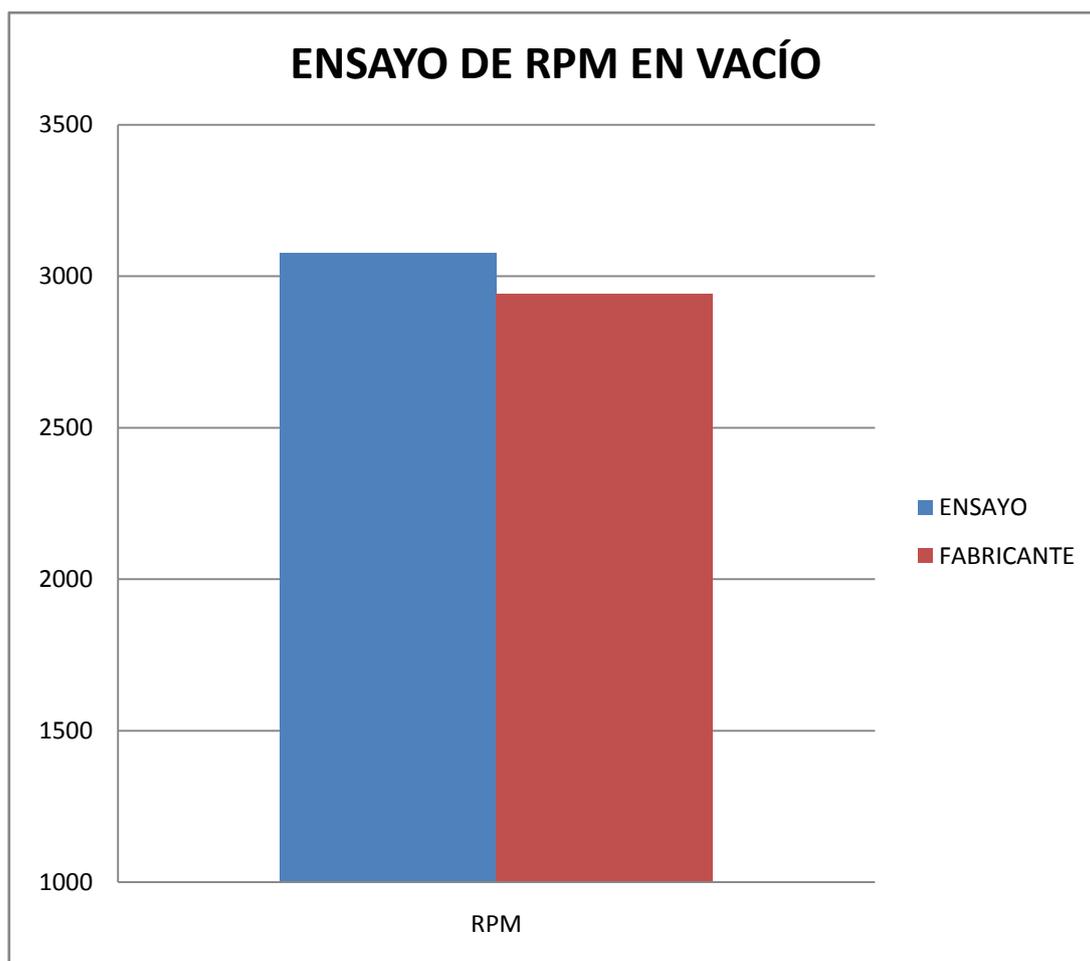


Figura 41. Valores de RPM, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío, por Carlos Moscoso (2013).

Potencia.

Con los datos obtenidos de intensidad y voltaje se procede al cálculo de la potencia, y en la figura 42 podemos observar que la diferencia entre la calculada y la entregada por el fabricante nos indica que la potencia del motor de arranque esta dentro de los rangos normales.

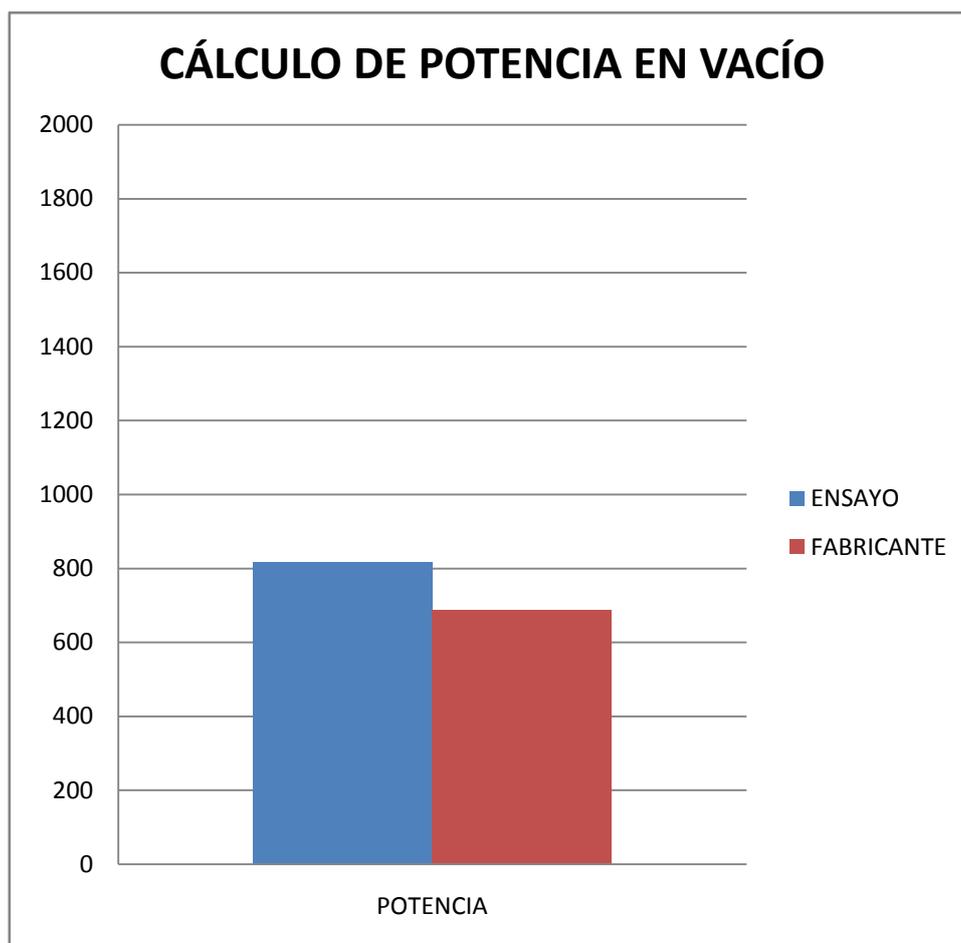


Figura 42. Valores de Potencia, ensayo vs. Fabricante, ensayo en vacío, por Carlos Moscoso (2013).

Ensayo con carga

Los ensayos con carga que se muestran a continuación son hechos a 45 Nm, cabe indicar que esa carga es mucho mayor a la de funcionamiento normal en el vehículo, pero para efectos de comparar con el fabricante se ha decidido utilizar la mayor carga ensayada.

Intensidad.

Los resultados de la figura 43 muestra el incremento del amperaje proporcionalmente a la carga, También se puede observar que nunca se obtuvo la intensidad máxima entregada por el fabricante (columna roja) lo que indica es que el motor de arranque soporta una mayor carga a la de su funcionamiento normal. Se puede concluir que el motor de arranque en el vehículo no trabaja a su máxima potencia lo que prolongará su vida útil.

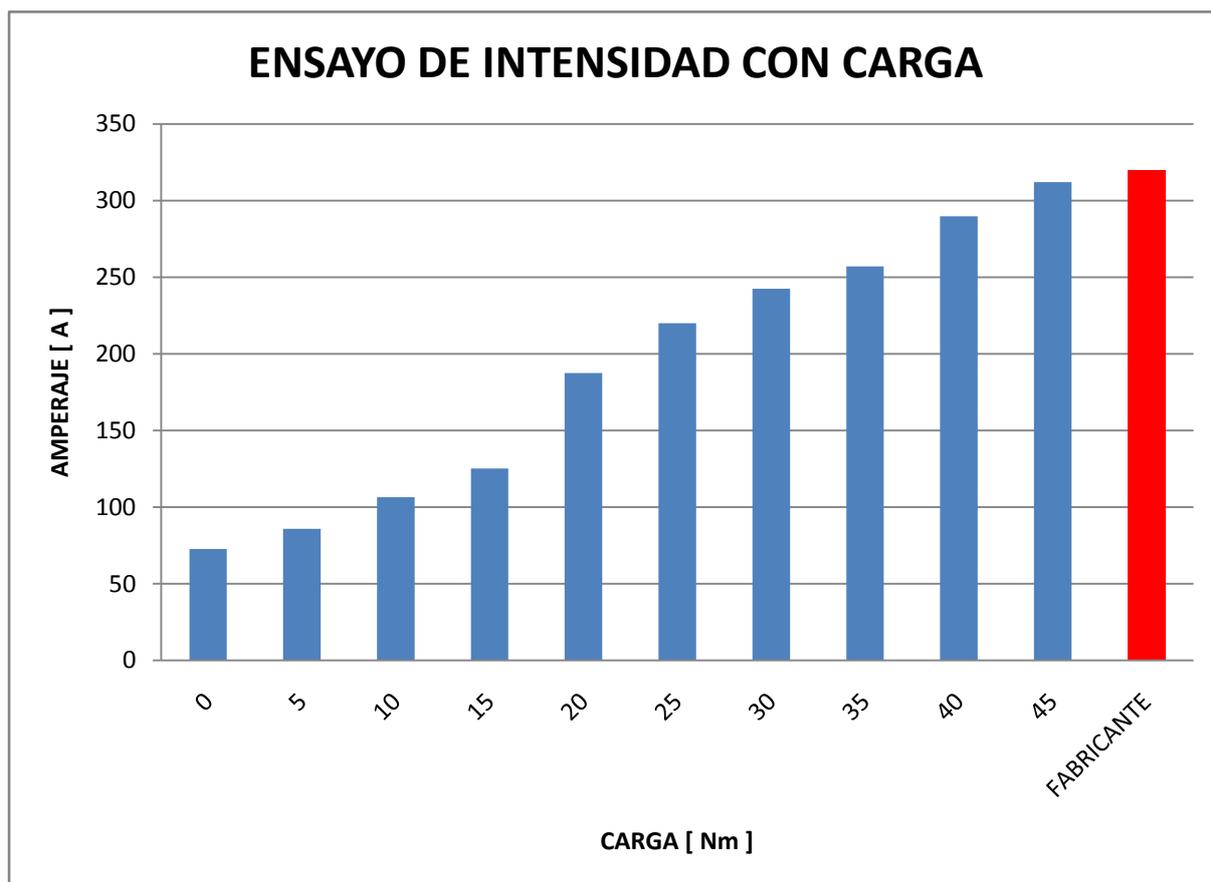


Figura 43. Ensayos de intensidad con variación de carga, por Carlos Moscoso (2013).

Voltaje.

En la figura 44 se muestra una variación del valor de voltaje debido al incremento de carga, se concluye que estos valores son inversamente proporcionales. Esta variación se produce debido a que después de todas las pruebas realizadas la carga de la batería comenzó a perder su carga, ya que el motor de arranque consume gran cantidad de corriente, pero la diferencia entre voltaje inicial y final va a ser generalmente el mismo. Se puede concluir que en condiciones normales de operación, es decir a 35 Nm funcionará sin problemas.

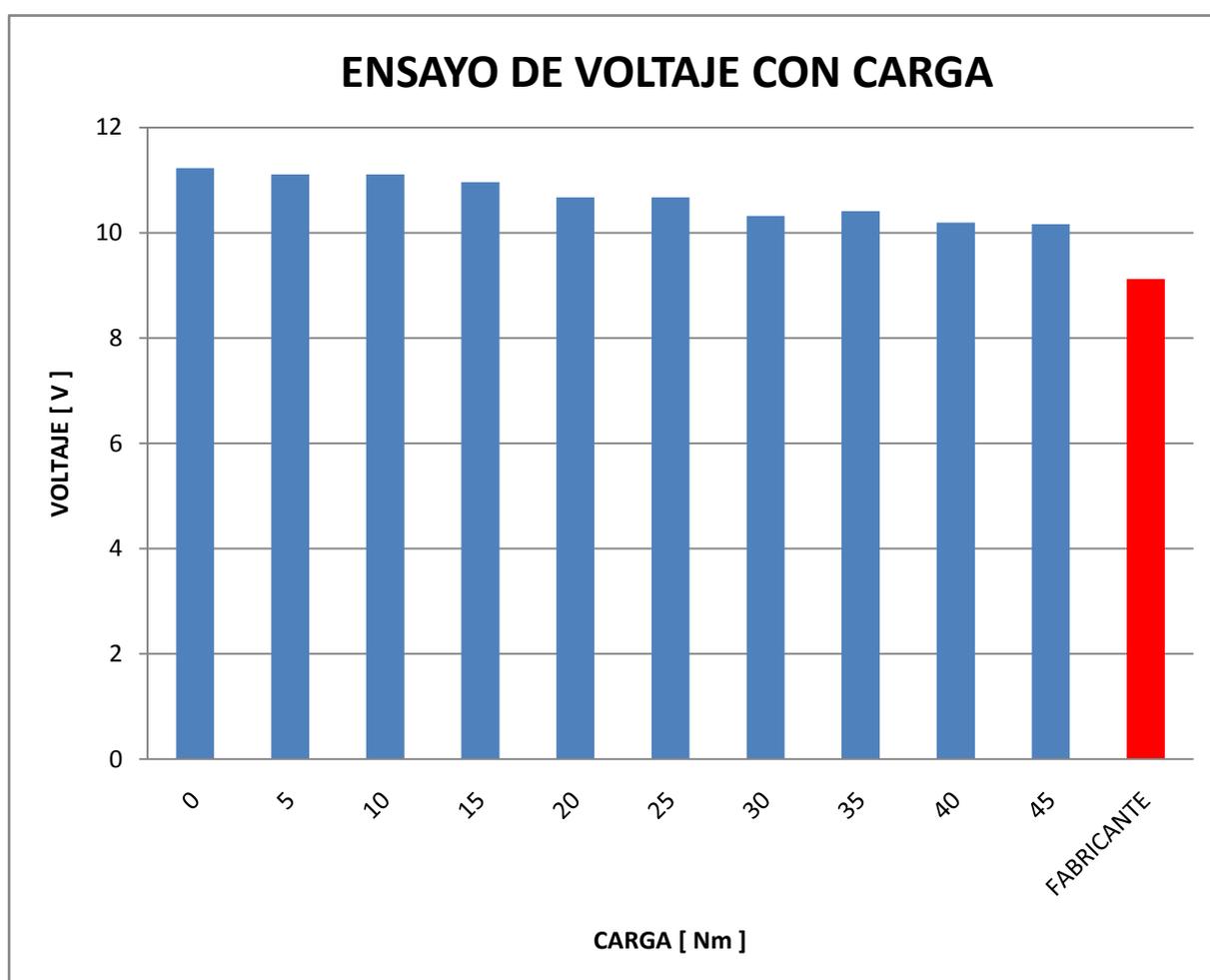


Figura 44. Ensayos de voltaje con variación de carga, por Carlos Moscoso (2013).

Potencia.

En figura 45 se concluye que la potencia entregada por el fabricante (columna roja) es mayor a la calculada, esto quiere decir que el motor de arranque está diseñado para trabajar en condiciones de carga mayores a las que trabaja normalmente en el vehículo, esto prolongará su vida útil.

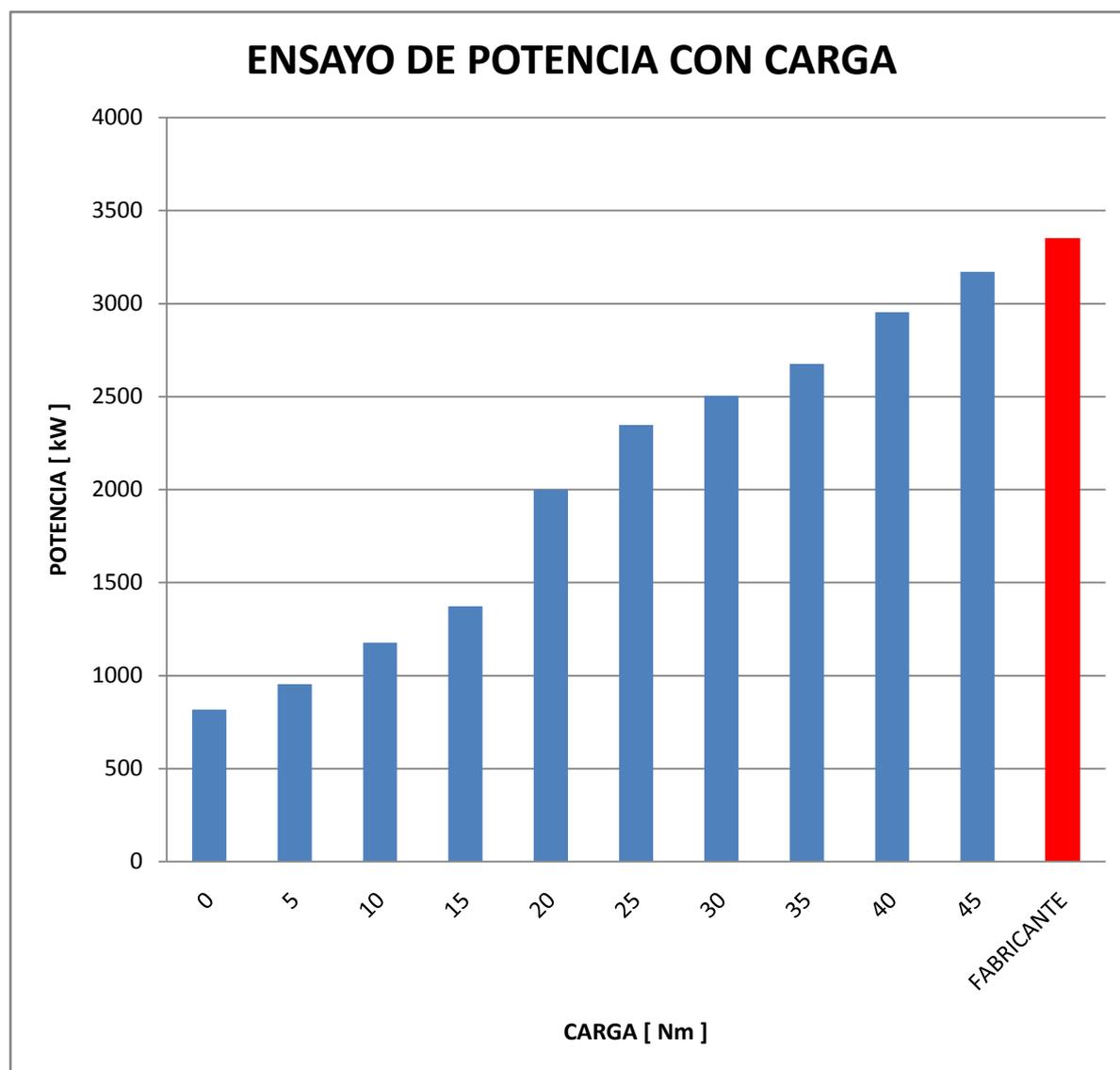


Figura 45. Resultados del cálculo de potencia con variación de carga, por Carlos Moscoso (2013).

RPM.

Cabe mencionar que el fabricante no muestra valores de RPM en ensayo con carga por lo que no se generó una figura comparativa.

En la figura 46 se observa que la carga y las revoluciones son inversamente proporcionales. Esto se da por dos razones, la primera porque al tener que mover un volante de inercia con carga no es lo mismo que hacerlo en vacío y la segunda se da por la relación de transmisión al mover la rueda dentada del volante de inercia de 110 dientes usando un pequeño piñón de 9 dientes.

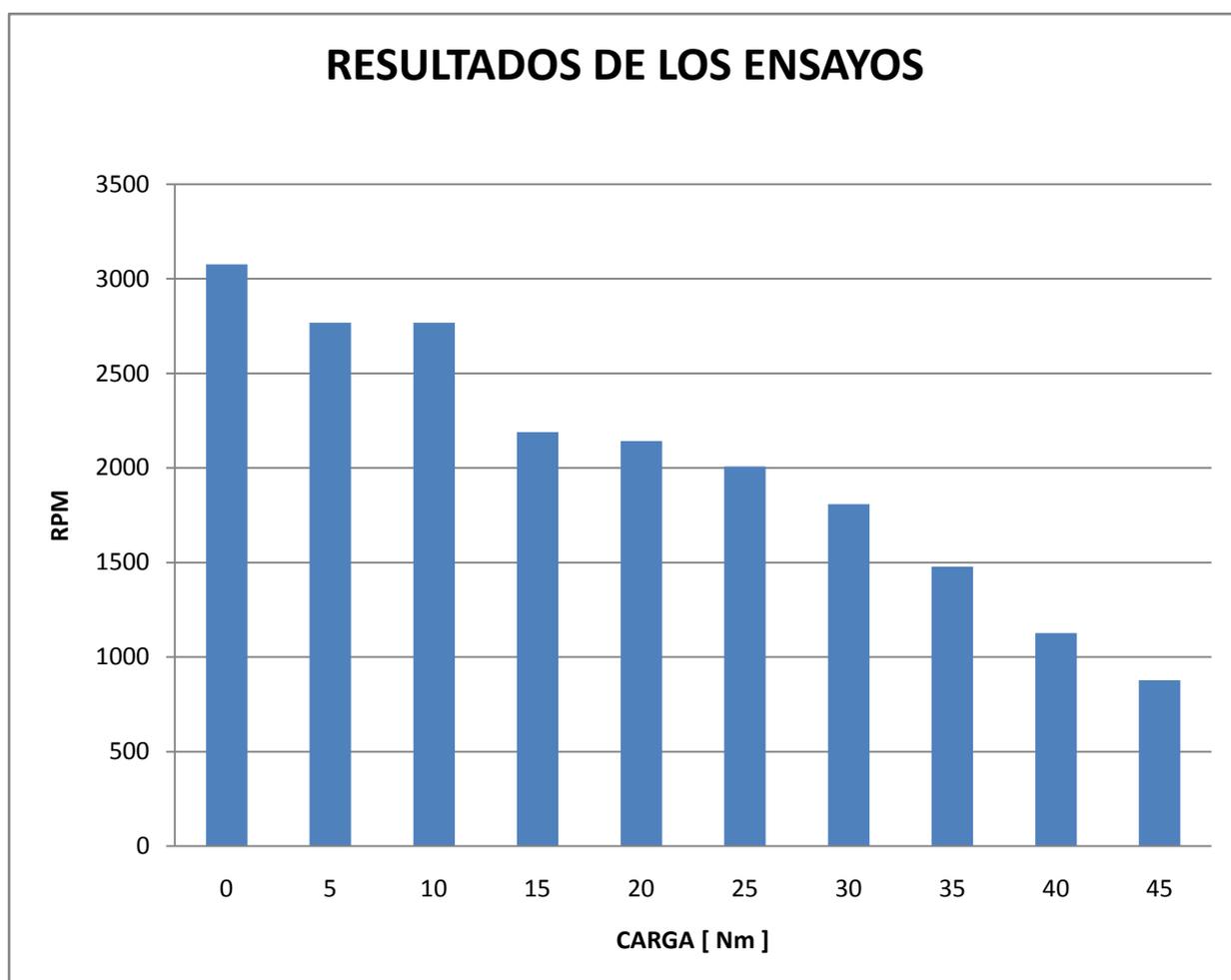


Figura 46. Ensayos de RPM con variación de carga, por Carlos Moscoso (2013).

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

4.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que se cumplió con el objetivo de diseño y construcción del banco de pruebas para motores de arranque, ya que al hacer los ensayos en vacío, con un motor de arranque nuevo, los valores de las variable que indica el fabricante versus los tomados en los ensayos, están dentro de los rangos normales.
- En los ensayo con variación de carga se demostró que el desgaste del motor de arranque incrementa a medida de que la carga a vencer es mayor. Se puede establecer que al encender el vehículo con el embrague aplastado, el motor de arranque absorbe menos corriente por lo que la potencia es menor lo que se traduce en un menor desgaste. Esto se demuestra en las curvas de los ensayos con carga.
- Al comparar el banco de pruebas de este proyecto con los del mercado internacional se pude establecer que en nuestro país si se puede construir uno a bajo costo y que cumpla los requerimientos técnicos para medir las variables fundamentales y evaluar el estado de un motor de arranque.
- En el ámbito laboral equipar un taller eléctrico automotriz con un banco de pruebas para motores de arranque, es una buena herramienta de trabajo, ya que se brindará un mejor servicio a los clientes y permitirá que exista un ahorro de tiempo y dinero.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que los ensayos en el banco de pruebas se los realice con un intervalo de tiempo de 10 minutos para evitar sobrecalentamiento. Esto ya que el motor de arranque está diseñado a funcionar por cortos periodos de tiempo cuando está montado en el vehículo.
- Para tomar las medidas de resistencia de giro, se recomienda primero hacerlo con un torquímetro debidamente calibrado. Después es necesario hacerlo en un vehículo del cual pertenece el motor de arranque y que se encuentre en un buen estado mecánico.
- Se recomienda que después de realizar una cantidad considerable de ensayos en el banco de pruebas, se recargue la batería para que la siguiente vez que se utilice el banco, éste funcione debidamente. Y además durante los ensayos verificar la carga de la misma para que los valores obtenidos sean verdaderos.
- Se propone a los conductores que al momento de arrancar su vehículo lo hagan con el pedal del embrague presionado ya que así evitan que el motor de arranque mueva demasiada carga, lo que prolongará su vida útil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Redacción diario el tiempo. (2012), “el motor de arranque cumple un siglo de haber sido instalado en un carro”. Recuperado de http://www.motor.com.co/retro/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-11153122.html
- “BIOGRAFÍA DE CHARLES F. KETTERING”. (2004). Recuperado de, <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kettering.htm>
- Arias Paz. (1996). Manual de automóviles. (34 Edición) Madrid: Ed. Cie.
- Alvarenga B., Máximo A., (1998). Física General. (4º Edición). México: Ed. Oxford.
- Crouse W. (1993). Mecánica del automóvil. (3 Edición). Barcelona: Ed. Marcombo S.A.
- BOSCH. (2005).Manual de la técnica del automóvil. (4 Edición). Barcelona: ed. Reverté.
- Alonso J. (2004).Técnicas del automóvil. (10 Edición). Madrid: Ed. Thomson.
- GTZ, Gerschler y otros. (1985).Tecnología del automóvil (20 Edición). Barcelona: Ed. Reverté S.A.
- GTZ, Kindler H., Kynast H. (1986). MATEMÁTICA APLICADA PARA LA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL. (8 Edición). Barcelona: Ed. Reverté S.A.
- Cantuña J., Cerón M. (2006.) Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores de arranque (Tesis de pre grado). Recuperado de repositorio digital ESPE (Núm. 21000/4002).
- McKelvey J., Grotch H. Física para ciencias e ingeniería (1 Edición).Madrid: Ed. Harla, 1981.
- Manzano J. (2006).Mantenimiento de maquinas eléctricas (5 Edición).Madrid: Ed. Paraninfo.
- Farile J. (2008).Maquinas eléctricas. (6 Edición).Madrid: Ed. McGraw Hill.
- Sánchez F., Pérez A., Sancho J. Rodríguez P. Mantenimiento mecánico de máquinas. (2 Edición).Madrid: Ed. Universitat Jaume.
- Varios autores. (2000).Manual práctico del automóvil. (5 Edición) Madrid: Ed. Cultural.

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

ANEXO B: DIAGRAMA ELÉCTRICO

ANEXO C: TOMA DE VALORES DE RESISTENCIA DE GIRO DEL MOTOR DE HYUNDAI SANTA FE.

ANEXO D: PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DEL MOTOR DE ARRANQUE Y PRUEBAS

ANEXO E: FICHA TÉCNICA DEL MOTOR DE ARRANQUE DE HYUNDAI SANTA FE.

ANEXO F: INSTRUCTIVO TÉCNICO DE USO DEL BANCO DE PRUEBAS.