



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**MEDICIÓN DE 24 HORAS DE LA CORRIENTE DE FUGA MÁXIMA EN LA
BATERÍA EN EL VEHÍCULO CON EQUIPOS ELECTRÓNICOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

GIANCARLOS GUEVARA GRUNAUER

GUAYAQUIL, JUNIO 2017

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO


Msc. Jorge Valdivieso

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“MEDICIÓN DE 24 HORAS DE LA CORRIENTE DE FUGA MÁXIMA EN LA BATERÍA EN EL VEHÍCULO CON EQUIPOS ELECTRÓNICOS”**, realizado por el estudiante: **GIANCARLOS GUEVARA GRUNAUER**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Giancarlos Guevara Grunauer, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Junio del 2017.



Msc. Jorge Valdivieso
Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Giancarlos Guevara Grunauer

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“MEDICIÓN DE 24 HORAS DE LA CORRIENTE DE FUGA MÁXIMA EN LA BATERÍA EN EL VEHÍCULO CON EQUIPOS ELECTRÓNICOS”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Junio del 2017.



Giancarlos Guevara Grunauer.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Giancarlos Guevara Grunauer

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“MEDICIÓN DE 24 HORAS DE LA CORRIENTE DE FUGA MÁXIMA EN LA BATERÍA EN EL VEHÍCULO CON EQUIPOS ELECTRÓNICOS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Junio del 2017.



Giancarlos Guevara Grunauer.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, abuelos y mis hermanos por ser mi motor y principal apoyo que me han llevado a culminar mi carrera profesional, ya que sin ellos no hubiera sido posible este logro personal.

Mis agradecimientos con la prestigiosa Universidad Internacional del Ecuador, que fue pionera en la carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz en la ciudad de Guayaquil y darme la oportunidad de pertenecer a esta gran institución educativa.

Agradezco también a mi tutor de tesis Msc. Jorge Valdivieso y a nuestro Director de carrera Dr. Edwin Puente, por impulsarnos a no dejar de aprender y seguir capacitándonos en el campo automotriz.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, a mis hermanos y a mis abuelos, por su apoyo en todos los sentidos, me llevaron terminar con éxito este proyecto de titulación y son parte de importante de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO.....	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPITULO I PRELIMINARES.....	1
1. Problema de la investigación y marco referencial.....	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 UBICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. 1.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.5 Objetivos de la investigación	2
1.5.1 Objetivo general	2
1.5.2 Objetivos específicos	2
1.7 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	4
2.0 MARCO REFERENCIAL	4
2.1 Batería	4
2.2 Parámetros de una batería plomo – ácido.....	5
2.2.1 Voltaje de Celda.....	5
2.2.2 Voltaje nominal.....	5
2.2.3 Voltaje de circuito abierto	6
2.2.3 Capacidad disponible	7
2.2.4 Capacidad nominal	7

2.2.5 Desempeño de Arranque en Frío	7
2.2.7 Tasa de capacidad de descarga	7
2.2.8 Auto descarga	8
2.3 ESTRUCTURA DE UNA BATERÍA PLOMO - ÁCIDO	8
2.3.1 Caja de la batería	8
2.3.3 Bloque de celdas	11
2.3.4 Placas y rejillas	11
2.3.5 Separadores	13
2.3.6 Electrólito	13
2.3.7 Conexiones de celdas	14
2.3.8 Polos terminales.....	15
2.4 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	17
2.4.2 Densímetro automotriz	17
2.4.2 Multímetro automotriz.....	21
2.4.4 Equipo de diagnóstico Electrónico.....	22
2.5 NORMATIVAS	23
2.5.1 Rotulado.....	24
CAPITULO III ANÁLISIS DE LA DESCARGA	26
3.1 MEDICIÓN DEL VOLTAJE	26
3.2 MEDICIÓN DE CORRIENTE	27
3.3 MEDICIÓN DEL ESTADO DE LA BATERÍA CON EQUIPO MIDTRONICS	28
3.3 Cargar una batería	35
CAPITULO IV ANALISIS DE RESULTADOS	41
4.1 Análisis de la caída de tensión	41
4.2 Análisis del CCA	42
4.3 Análisis de temperatura.....	43
CAPÍTULO V Conclusiones y recomendaciones.....	44
5.1. Conclusiones.....	44

5.2. Recomendaciones.....	45
Bibliografía	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA. 1 Ubicación de la universidad internacional extensión guayaquil.....	1
FIGURA. 2 Vista frontal de una batería plomo – ácido	5
FIGURA. 3 Celdas de una batería plomo – ácido.....	6
FIGURA. 4 Caja de batería	9
FIGURA. 5 Tapa de batería 1	10
FIGURA. 6 Tapa de batería 2	10
FIGURA. 7 Bloque de celdas de una batería plomo – ácido	11
FIGURA. 8 Rejilla de una batería.....	12
FIGURA. 9 Placa de una batería.....	12
FIGURA. 10 Separadores	13
FIGURA. 11 Celda con electrolito	14
FIGURA. 12 Conexión de celdas	15
FIGURA. 13 Polos de la batería 1	16
FIGURA. 14 Polos de baterías 2	16
FIGURA. 15 Densímetro automotriz.....	18
FIGURA. 16 Ampolla de vidrio	19
FIGURA. 17 Termómetro	20
FIGURA. 18 Multímetro.....	21
FIGURA. 19 Equipo de comprobación midtronics	22
FIGURA. 20 Rotulación de una batería.....	25
FIGURA. 21 Multímetro en corriente continua.....	28
FIGURA. 22 Medición con el midtronics.....	29
FIGURA. 23 Prueba de estado de batería 2.....	31
FIGURA. 24 Prueba de estado de batería 3.....	33
FIGURA. 25 Prueba de estado de batería 4.....	34
FIGURA. 26 Densidad de la batería antes de la carga.....	35
FIGURA. 27 Cargador incar ic-10t timer.....	36
FIGURA. 28 Timer	37
FIGURA. 29 Carga de batería 1	38
FIGURA. 30 Densidad de la batería carga terminada	38
FIGURA. 31 Batería sellada con densímetro incorporado.....	39
FIGURA. 32 Ojo lector de densidad (batería cargada)	39

FIGURA. 33 Ojo lector de densidad (batería descargada)	40
FIGURA. 34 Carga en serie	40
FIGURA. 35 Análisis de la caída de tensión en el tiempo	41
FIGURA. 36 Análisis del cca en el tiempo.....	42
FIGURA. 37 Análisis de temperatura en el tiempo	43

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Requisitos de capacidades según norma INEN 1 499	23
TABLA 2 Datos obtenidos en la verificación de la descarga.....	27

RESUMEN

En la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, se procedió a realizar la siguiente investigación de medición de la corriente de fuga máxima de una batería plomo – ácido en un vehículo convencional con componentes electrónicos. Para poder realizar las mediciones de la batería de un vehículo, el estudiante debe conocer y estudiar el funcionamiento de las baterías convencionales plomo – ácido que se comercializan en nuestro mercado y sobre los componentes básicos electrónicos que integran un vehículo en general, adquiriendo la capacidad, habilidad y el conocimiento técnico para realizar mediciones y comprobaciones del estado de una batería y el consumo que tiene un vehículo con los componentes encendidos. Se utilizaron herramientas de diagnóstico electrónico y analógico para comprobar y corroborar con lo indicado en las características de la batería, ya que estas cumplen con las normas básicas regidas por el instituto ecuatoriano de normalización donde se debe rotular las especificaciones básicas de las baterías convencionales plomo – ácido, las cuales lleva a esta investigación a encontrar los principios básicos, comprobaciones, mantenimiento preventivo y la utilización adecuada de herramientas electrónicas y analógicas para realizar los diagnósticos, se debe tener las precauciones al momento de realizar pruebas, manipulaciones en las baterías y la utilización de los equipos de protección personal necesaria para evitar algún tipo de accidente y una vez realizadas las comprobaciones tendremos los datos necesarios para identificar el tiempo real de la descarga de una batería plomo – ácido de un vehículo con componentes electrónicos en diversos funcionamientos.

ABSTRACT

At the Faculty of Automotive Engineering in the Universidad Internacional del Ecuador, we proceeded to make the following investigation, measuring maximum leakage current of the lead - acid battery in a conventional vehicle with electronic components. In order to perform vehicle battery measurements, the student must know and study the conventional lead - acid batteries operation sold in our market and basic electronic components that make up a vehicle overall, acquiring the capacity, the ability, skill and technical knowledge to perform measurements and checks the status of a battery and vehicle consumption with lighted components. Electronic tools and similar diagnosis were used to verify and corroborate the characteristics battery details, since these comply with the basic rules governed by the instituto ecuatoriano de normalización where you should label the basic specifications of lead – acid battery conventional, which leads us to find the basic principles, checks, preventive maintenance, and proper electronic and analogic diagnostics for tools use, it should be performing tests precautions, batteries manipulation and use of personal protective equipment necessary to avoid any kind of accident and once performed the checks carried out, we will have the information Necessary to Identify the current time of the battery lead - acid discharge, of electronic components vehicle, in various operation.

CAPITULO I

PRELIMINARES

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL

1.1 Definición del problema

Nuestro proyecto se basa en la línea de investigación del campo de la innovación tecnología, modelación y simulación de procesos, por el cual desarrollare un informe de comprobación y recuperación de una batería plomo – ácido que se encuentra en su máxima descarga.

1.2 Ubicación del problema

Toda la investigación tendrá lugar en las instalaciones del taller automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil ubicada en la av. Las Aguas y calle 15 A.



Figura. 1 Ubicación de la Universidad Internacional extensión Guayaquil

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/>

Editado por: Giancarlo Guevara Grunauer.

1.3 Formulación del problema

¿En base a esta prueba se podrá considerar el tiempo real de descarga de la batería en el vehículo?

1.4 Sistematización del problema

- ¿Cómo se aplicaría esta medición para optimizar los consumidores eléctricos en el vehículo?
- ¿Qué referencia vamos a tomar para realizar la medida?
- ¿Qué instrumentos de medición se utilizarán?
- ¿Cómo se desarrollará el funcionamiento de la batería, para realizar esta medición?
- ¿Cómo realizar el procedimiento de repotenciación de una batería con descarga profunda?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Efectuar la medición de descarga máxima de una batería plomo - ácido con la utilización de un consumidor.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar el funcionamiento de una batería plomo – ácido.
- Explicar los resultados obtenidos en la medición de la descarga máxima.
- Desarrollar un informe de comprobación, recuperación de una batería.

1.6 Alcance

Con esta investigación el estudiante tendrá el conocimiento de cómo comprobar las baterías plomo – ácido, en el cual podrá evaluar el tiempo de descarga utilizando las herramientas de diagnóstico. Y posteriormente los

pasos para volver a cargar la batería en un estado óptimo, reduciendo el impacto de daño que conlleva cargar una batería con una descarga profunda.

1.7 Justificación e importancia de la investigación

Los términos empleados en el trabajo se ajustan a las normativas de capacidad de la batería en el Ecuador y términos eléctricos básicos que se obtendrán en la medición de la investigación.

El trabajo se va a realizar con un método cuantitativo de investigación, ya que nos vamos a basar específicamente en mediciones reales del sistema eléctrico del vehículo y de las baterías usadas en el proyecto.

Con este trabajo vamos a buscar un método para optimizar los consumos eléctricos del vehículo comparando con la capacidad de la batería.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.0 Marco referencial

2.1 Batería

La batería es un acumulador de energía que se usa en los automóviles para el arranque, encendido, alumbrado, accionamiento del claxon y de más accesorios eléctricos y electrónicos, siendo el arranque en frío el momento más crítico en el desempeño de la batería.¹

Tiene la función almacenar y suministrar la energía eléctrica que se produce mediante un proceso electroquímico que transforma la energía química en energía eléctrica. Dentro del vehículo, la batería tiene la funcionalidad de almacenamiento químico para la energía eléctrica producida por el alternador cuando el motor está en funcionamiento.

La energía de la batería debe estar disponible para dar arranque y alimentar los componentes eléctricos como electrónicos del vehículo. Si el vehículo que encuentra apagado debe mantener un tiempo limitado de alta corriente para arrancar el motor. Tiene función adicional de absorber los picos de voltaje producidos por un sistema de carga en mal estado, para que no ocasione daños al sistema eléctrico o electrónico del vehículo.

¹ Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo Pág. 78



Figura. 2 Vista frontal de una batería plomo – ácido

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

2.2 Parámetros de una batería plomo – ácido

2.2.1 Voltaje de Celda

Es el voltaje que aporta cada celda al circuito final, que es generado por las placas positivas y negativas en el electrolito. Su potencia es dependiente del material de la placa, área de la placa, electrolito y la concentración.

No es un valor constante el de la celda, depende de la densidad del electrolito (carga de la batería) y la temperatura que se encuentra el electrolito, dado que en condiciones óptimas de trabajo aportaría cada celda 2.1V.

2.2.2 Voltaje nominal

El voltaje nominal de las baterías plomo – ácido de una sola celda es definido por 2.1 voltios. El voltaje nominal es el resultado de la multiplicación de los voltajes de las celdas unitarios por el número de celdas en serie.

El voltaje de las baterías es de 12.6 V (optimo) que son necesarios para el suministro.

2.2.3 Voltaje de circuito abierto

Es el voltaje de la batería sin carga, esta cambia después de los procesos de la carga y descarga por la polarización y los efectos de difusión.

Luego de un determinado tiempo, el voltaje de circuito abierto es un valor estable, el voltaje se obtiene por la suma de los voltajes individuales de cada celda teniendo en cuenta que cada batería cuenta con 6 celdas.

Para el voltaje de las celdas, el voltaje de circuito abierto está relacionado directamente del estado de carga de la batería y la temperatura que se encuentra el electrolito. Si esta es medida al poco tiempo del proceso de la carga y descarga, no se podrá obtener el valor nominal real de la carga, esta necesitara estar en reposo hasta en un tiempo de 24 horas donde se encontrara en un estado estable.



Figura. 3 Celdas de una batería plomo – ácido

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

2.2.3 Capacidad disponible

Es la cantidad de potencia que la batería suministra en las diversas condiciones, su medida es en ampere-hora, su capacidad dependerá de los siguientes factores:

- Nivel de corriente de descarga.
- Densidad y temperatura del electrolito.
- Proceso de descarga.
- Fecha de fabricación de la batería.

2.2.4 Capacidad nominal

Es la medida de energía que puede ser almacenada en la batería, la capacidad dependerá del material activo usado y densidad del electrolito.

2.2.5 Desempeño de Arranque en Frío

Régimen que indica la capacidad de la batería para proporcionar una cantidad de corriente específica, capaz de hacer arrancar un motor a temperatura ambiente baja.²

Dependerá del número de placas, superficie de las placas, ya que entre mayor área de contacto entre el material de plomo y el electrolito habrá mayor corriente que será suministrada en periodo de tiempo muy corto.

2.2.7 Tasa de capacidad de descarga

Esta capacidad de reserva es el periodo en minutos que una batería cargada totalmente suministra a temperatura de 25A en 27°C, pudiendo mantener el voltaje de terminal de 1,75 V o mayor en cada celda, ese será el

² Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics, pág. 805

periodo de tiempo que la batería podría operar si un alternador llegara a dañarse.

2.2.8 Auto descarga

La auto descarga de las baterías de plomo – ácido es normal en cualquier factor de uso, ya que internamente igual siguen realizando reacciones químicas como un circuito cerrado, esto es causado por las impurezas del material que se encuentran construidas las celdas (antimonio), que la utilizan para endurecer las rejillas por lo cual se la denomina como una impureza metálica.

Existen otros factores adicionales que influyen a la descarga de la batería las cuales son las siguientes:

- Altas Temperaturas.
- Edad de la batería.
- Humedad.
- Temperatura medio de almacenamiento.
- Material de fabricación.

2.3 Estructura de una batería plomo - ácido

2.3.1 Caja de la batería

El material del que está hecho la caja de la batería funciona como aislante y resiste al ácido, por lo general las cajas son de polipropileno.

Para su montaje posee carriles en la parte inferior externa. La caja está dividida en diferentes compartimientos llamadas celdas, en cada compartimiento se encuentran los conjuntos de celdas, divididas en placas positivas y negativas con sus respectivos separadores.

La conexión de las celdas es en serie unidas entre sí por medio de postes. La cantidad de placas y área de placa depende del espacio disponible y las diferentes dimensiones de la batería. Estos estándares dependen de la constitución del vehículo y el espacio en habitáculo del motor.



Figura. 4 Caja de batería

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

2.3.2 Tapa

El conjunto de celdas son cubiertas por la tapa la cual es sellada de permanentemente a la caja por un proceso realizado a alta temperatura. En la parte superior de la tapa se encuentran un orificio por celda, para la activación por medio del llenado con el electrolito.

Hay un sistema de gasificación que manda la acumulación de gases por los orificios escape, generalmente ubicados en la parte de los laterales de la tapa o en otros casos en los tapones.



Figura. 5 Tapa de batería 1

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.



Figura. 6 Tapa de batería 2

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

2.3.3 Bloque de celdas

El factor principal que define la capacidad Ah de cada celda que a su vez influye en la capacidad Ah final de la batería es el área de superficie de la placa. El espesor depende de la aplicación y tecnología de la batería.



Figura. 7 Bloque de celdas de una batería plomo – ácido

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

2.3.4 Placas y rejillas

Dentro de las placas se dividen entre rejillas de plomo y material activo. El material activo reacciona químicamente cuando el electrolito fluye a través de los poros de las placas. El conjunto de celdas todas las placas positivas están soldadas en una conexión de placas al igual que las placas negativas.

La aleación de las rejillas está constituida por diferentes elementos químicos que determinan las características esenciales de la batería. Los principales tipos de aleaciones son plomo-antimonio (PbSb), plomo-calcio (PbCa) y plomo-plata-calcio (PbCaAg).



Figura. 8 Rejilla de una batería

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

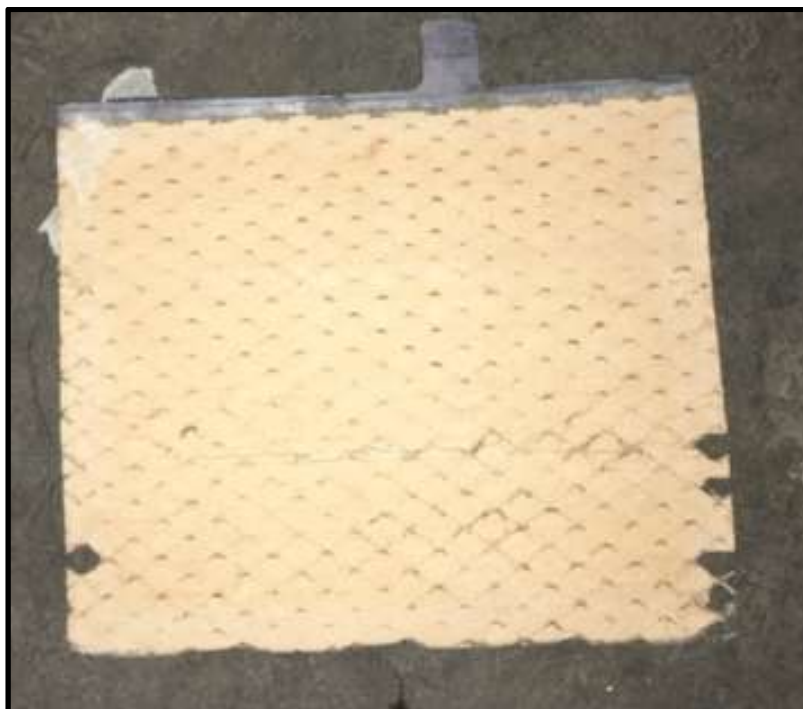


Figura. 9 Placa de una batería

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

2.3.5 Separadores

Al tratar de ahorrar espacio dentro de la constitución de la batería, las placas positivas y negativas están colocadas muy cerca una de la otra, las cuales no tienen que tocarse, ya que provocarían un cortocircuito dejando la batería sin un funcionamiento útil.

Por esa razón se instalan separadores entre las placas y así aislarlas eléctricamente de la polaridad opuesta. Los separadores deben permitir el flujo libre del electrolito, por lo cual deben ser hechos de un material poroso y resistente al ácido, por lo general son hechos de polietileno.



Figura. 10 Separadores

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

2.3.6 Electrólito

El electrolito fluye por los poros de las placas y de los separadores llenando los espacios vacíos de las celdas, lo que causa que el electrolito este siempre en contacto con las partículas de plomo del material activo.

El electrolito se compone de 64 partes de agua destilada y 36 partes de ácido sulfúrico.

Se dividen en iones de hidrogeno cargados positivamente (H^+) y en iones de ácido cargados negativamente (SO_4^{2-}), esto hace el electrolito conductivo y activa la reacción química en el proceso de carga y descarga.



Figura. 11 Celda con electrolito

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

2.3.7 Conexiones de celdas

Conecta las placas de la misma polaridad dentro de un mismo conjunto y conectar cada conjunto en serie, permitiendo que la tensión que se genera en cada conjunto (aproximadamente 2.1 Voltios por conjunto de celdas) se sume a la del siguiente conjunto hasta completar 12.60 V.



Figura. 12 Conexión de celdas

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

2.3.8 Polos terminales

La conexión de placas positivas de la primera celda es conectada al terminal positivo y las placas positivas de la última celda al terminal negativo.

Los terminales están hechos de una aleación de plomo y con forma cónica para producir una baja resistencia a las conexiones de los cables. En los terminales esta la suma de todo el circuito dándonos un voltaje final de aproximadamente 12.60 V.

Para poder diferenciar el terminal positivo con el negativo, poseen marcada su polaridad respectiva y hay que tomar en cuenta que el terminal positivo tiene mayor diámetro que el terminal negativo.



Figura. 13 Polos de la batería 1

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

Una de las partes fundamentales para una buena conexión son los bornes terminales. Los bornes o postes vienen en diferentes presentaciones o dimensiones, están hecho principalmente de plomo y viene en tamaño estándar y otros en bornes finos, estos dos son los más comunes en el campo automotriz de vehículos livianos.

En la batería con postes estándar, el borne positivo es más grueso que el negativo, por ejemplo el borne positivo tiene un diámetro 17,46 mm y el negativo un diámetro de 15,87 mm. Se fabrican de esta manera para evitar confusiones y accidentes.



Figura. 14 Polos de baterías 2

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

2.4 Equipos y herramientas

2.4.1 Herramientas

En el mercado existen una infinidad de herramientas para la medición del estado de las baterías, estas son facilitan a diagnosticar la vida útil de estas como también recuperar.

2.4.2 Densímetro automotriz

El densímetro es una herramienta manual de medición de que utiliza el principio de Arquímedes.

Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo. Recibe el empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja.³

La densidad relativa se define como el cociente entre la densidad de una sustancia y la de otra sustancia tomada como referencia.⁴

Su funcionamiento se basa en la medición de la densidad del electrolito y esta se encuentra constituido por una probeta de cristal, con una prolongación para introducir por ella el líquido, el mismo que se absorbe por el vacío interno, dentro va colocado una ampolla de vidrio cerrada y llena de aire en su interior que esta equilibrada con peso de perdigones de plomo. La ampolla se encuentra graduada en unidades densimetrías de 1100 gr/cc a 1300 gr/cc.

Al realizar la prueba debemos tomar las siguientes recomendaciones:

- No realizar la prueba si hemos añadido agua destilada recientemente.

³ Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje Pág. 19

⁴ Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje Pág. 19

- Si la batería está caliente, es recomendable dejarla enfriar para hacer una medición correcta de la densidad real del electrolito.
- Ingresar la cantidad de electrolito adecuado.
- Verificar que la herramienta se encuentre en buenas condiciones.

Para la verificación del estado de carga tendremos los siguientes parámetros:

- Valor inferior 1200 batería descargada.
- Valor 1225 batería a un 50% de carga.
- Valor 1250 batería a un 75% de carga.
- Valor 1275 batería a un 100% de carga.



Figura. 15 Densímetro automotriz

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

Para un ingreso correcto del electrolito en la probeta, hay que introducir completamente la prolongación de la parte inferior, dentro de la celda que vamos a medir.

Hay que evitar que la ampolla de vidrio interna llegue hasta la parte superior de la probeta, porque nos daría una lectura errónea de la densidad. Lo correcto es que la ampolla que flotando en medio de la probeta.



Figura. 16 Ampolla de vidrio

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

En la ampolla tenemos la escala de densidad por peso específico y por colores, ya sabemos que la densidad correcta del electrolito es de 1250 gr/cc a 1275 gr/cc. La ampolla de vidrio nos recomienda que si la densidad está de

1100 gr/cc a 1200gr/cc tenemos que cargar la batería, de 1225 gr/cc a 1250 gr/cc que tenemos la carga justa, esta medición se da cuando la batería está fría o la hemos medido en percha, de 1275 gr/cc a 1300 gr/cc nos marca batería buena, esta medición se da cuando la batería está caliente funcionando en el vehículo o ha recibido carga.

Si medimos una densidad de 1300 gr/cc estando la batería en reposo y fría, es posible que la batería haya recibido una sobre carga o le han añadido agua acidulada. Recordemos que el único mantenimiento que se le da a la batería es añadir agua destilada, nunca agua acidulada, ya que al añadir más ácido a la batería vamos a cambiar completamente la composición del electrolito y vamos a reducir la vida útil de la batería.



Figura. 17 Termómetro

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

El termómetro es muy importante al momento de cargar una batería, debido a que podemos llevar un control de la temperatura del electrolito, procurando que cuando llegue a una temperatura de 40°C o más, lo que se recomienda es detener la carga y dejar que enfríe la batería, para

posteriormente proceder a revisar si recupero su carga o necesita otra sesión de repotenciación.

2.4.2 Multímetro automotriz

Es un instrumento de medición que nos permite la medición de diferentes magnitudes eléctricas:

- Tensiones alternas y continuas.
- Corrientes alternas y continuas.
- Resistencias.

Con el multímetro podremos medir la tensión de la batería con el siguiente procedimiento:

- Colocar en voltaje continuo.
- Colocar las puntas de medición en los bornes correspondientes.
- Verificar la tensión.
- Tensión mínima de 12.40v.



Figura. 18 Multímetro

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

2.4.4 Equipo de diagnóstico Electrónico

Los equipos de diagnóstico electrónico son una herramienta de gran ayuda para realizar comprobaciones del estado de una batería, estas también diagnostican el sistema de carga y arranque.

Detalle de las características principales del Midtronics:

- Analizar el sistema de carga (alternador), con consumidores en ralentí y 1500 RPM.
- Su software es de fácil uso.
- Comprobación de arranque (motor de arranque), con tiempo determinado de encendido.
- Análisis de baterías para todo tipo de unidades móviles (acuático y motor de combustión).
- Impresora incorporada para entrega de resultados.



Figura. 19 Equipo de comprobación Midtronics

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

2.5 Normativas

La norma es la que establece los requisitos mínimos que debe tener las baterías plomo – ácido para el uso del vehículo.

En el país se maneja las normas INEN (Instituto Nacional de Estandarización y Normalización), establece la norma para la fabricación, importación y comercialización de baterías en el país esto en la norma técnica INEN 1 499 en el año de 1986.

Establece en los principales puntos:

- Clasificación:
- Cargada en húmedo.
- Cargada en seco.
- Requisitos:
- Apariencia exterior: (No presentar deformaciones, bornes limpios, no existir escurrimientos).

- Cajas: (Material adecuado, no permitir fuga de electrolito).
- Tapas: (De material aislante, resistente a reacción, no debe sobre pasar al borne).
- Compuesto sellador: (debe mantener con el uso de la batería las características originales de la batería).
- Bornes: (según la especificación técnica, debe indicar el polo).

En la siguiente tabla constan los requisitos principales de capacidades que deben tener las baterías de 12 voltios.

Tabla 1 Requisitos de capacidades según norma INEN 1 499

Numero	Tensión No I (V)	Capacidad Carga (Ah)	Aceptación Carga (A)	Descarga Rápida (A)	Capacidad Reserva (mm)
1	12	35	3	150	40
2	12	40	4,2	210	50

3	12	45	5,1	255	60
4	12	48	5,2	260	65
5	12	50	5,4	270	70
6	12	55	5,6	280	80
7	12	60	5,8	290	85
8	12	65	6,8	340	90
9	12	70	7,2	360	105
10	12	80	7,6	380	130
11	12	85	7,8	390	140
12	12	95	8	400	160
13	12	100	8,4	420	160
14	12	115	9,2	460	185
15	12	125	10,5	525	210
16	12	140	12,8	640	240
17	12	155	13	650	265
18	12	170	15,6	780	300
19	12	185	16	800	340
20	12	200	16,4	820	350

Editado por: Giancarlos Guevara Grunauer

2.5.1 Rotulado

Establece el formato que debe ser rotulado cada batería para su comercialización y esta consta de la siguiente información:

- Voltaje Nominal.
- Capacidad de carga.
- Descarga rápida.
- Grado.
- Capacidad de reserva.
- Tipo.
- Fecha de fabricación.
- Marca.
- Numero de norma técnica.



Figura. 20 Rotulación de una batería.

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

- Voltaje Nominal: 12V.
- C20: Descarga en 20 horas a 45Ah.
- CA (Craking Amps): Prueba de arranque a una temperatura de 27°C.
- CCA (Cold Craking Amps): Prueba de arranque en frio a una temperatura de -18°C.
- Capacidad de reserva: Tiempo en minutos en la cual una batería puede suministrar 25 Ah a una temperatura ambiente de 27°C antes que la tensión baje a 10,50 V.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LA DESCARGA

En este capítulo encontraremos detalladamente el proceso realizado para la obtención de los datos correspondientes de la descarga profunda de la batería analizada en el vehículo utilizado.

3.1 Medición del voltaje

La prueba se realizara con el motor apagado en el cual dejamos un consumidor encendido como es las luces del vehículo, siendo esta uno de los descuidos más frecuentes que tienen los usuarios.

Las mediciones se harán cada hora, midiendo el voltaje y el CCA de la batería, dando por terminada la prueba una vez que el CCA llegue a cero, ya que en esas condiciones se considera que la batería ha sufrido una descarga profunda.

Se utilizó diferentes equipos especializados en diagnóstico de baterías para la obtención de los datos correspondientes:

- Multímetro.
- Densímetro.
- Midtronics EXP - 800.

En el siguiente tabla observaremos el comportamiento de la descarga de la batería por cada hora que pase desde que se encendió el consumidor, en este caso vamos a usar las luces del vehículo y determinar el tiempo que toma la batería para llegar a un estado de descarga profunda, hay que tomar en

cuenta que este tiempo puede variar dependiendo de la cantidad de consumidores que afecte a la batería.

El consumo recomendable que se tolera que tenga un vehículo cuando está apagado es de 0,05 mA.

Tabla 2 Datos obtenidos en la verificación de la descarga.

Hora	Voltaje	CCA	Temp °C
16:30	12,76	440	31
17:35	12,35	406	35
18:37	11,54	226	33
19:35	7,91	0	32

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

3.2 medición de corriente

Utilizando el multímetro verificamos la cantidad de corriente que consume al momento de encender las luces el cual nos arrojó un valor nominal de 18,60 mA.

Esta medición la realizamos desconectando el borne positivo de la batería y a continuación colocamos el cable positivo del multímetro en el conector positivo del vehículo y el cable negativo en el borne positivo de la batería, procurando tener el multímetro en medición de amperaje de corriente continua.



Figura. 21 Multímetro en corriente continua

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

3.3 Medición del estado de la batería con equipo Midtronics

Antes de empezar a descargar la batería con un consumidor, con el midtronics medimos el estado de la batería para hacer un registro de su capacidad y carga inicial.

También procedemos a hacer un análisis del sistema de carga, para conocer el estado del vehículo en el que estamos trabajando.

La forma de medir el estado real de una batería, es midiendo el CCA, que es el indicador de estado de carga de la batería, ya que si nos basamos solo en el voltaje como referencia, no vamos a dar un diagnóstico correcto.



Figura. 22 Medición con el midtronics

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

Se imprime el reporte dado por las mediciones en el midtronics y a continuación procedemos a interpretar los datos obtenidos de la batería y del sistema eléctrico del vehículo.

En la figura. 23 podemos observar que después de una hora continua en la que se ha sometido a la batería a un proceso de descarga, tanto la capacidad como el voltaje se han reducido.

Al momento de medir la batería, se debe esperar a que la batería se recupere por completo, es decir una vez que desconectamos la batería del consumidor, lo más recomendable es esperar unos minutos hasta que la batería se recupere por si sola.

Cuando la batería haya llegado a un voltaje estable, en ese momento procedemos a hacer la revisión con el midtronics, ya que si medimos inmediatamente después de haber desconectado el consumidor, vamos a hacer una medida errónea del verdadero estado de carga de la batería.

El midtronics ha detectado que la batería ha sufrido una descarga considerable y nos recomienda cargar la batería y posteriormente volver a hacer la prueba.

Al detectar que la batería esta buena y que ha sufrido una descarga importante, el midtronics llega a la conclusión que el problema puede ser del vehículo, así que nos manda una lista de posibles fallas que tendríamos que tener en cuenta para evitar que la batería siga descargándose:

- Sistema de carga.
- Correa del alternador.
- Cables y conexiones.
- Demasiado drenaje.

En el caso de que tengamos una falla en el vehículo y la reparamos, no debemos continuar usando una batería en estas condiciones, lo más recomendable es cargar la batería con un cargador. El alternado no va a recuperar todo la carga de la batería y si trabaja con baja carga, la batería se sulfata y acorta su vida útil.

EXP802
■■■■■■■■■■

GUAYAQUIL
-
ECUADOR

27/05/2017
17:35

PRUEBA BATERIA

RESULTADOS	
BUENA-RECARGUE	
VOLTAJE:	12,35V
MEDIDO:	406 CCA
CLASF:	370 CCA
TEMPERATURA:	35°C

TIEMPO CARGA PREVISTO
51 MINUTOS A 40AMPS

CARGA DE BATERIA BAJA.
DEBE SER CARGADA PARA
DETERMINAR CONDICION.

SI RESULTADO PRUEBA
DE BATERIA ES BUENO
DESPUES DE LA CARGA:

BUSQUE LAS CAUSAS DE LA
CARGA BAJA:

- SISTEMA DE CARGA
- CORREA DEL ALTERNADOR
- CABLES Y CONEXIONES
- DEMASIADO DRENAJE

UTILIZAR LA BATERIA CON
CARGA BAJA ACORTAR
SU VIDA UTIL

192-110408C

Figura. 23 Prueba de estado de batería 1

Autor: Giancarlo Guevara Grunauer

En la Figura. 24 después de dos horas de descarga continua, el voltaje ha bajado a 11,54 V y el CCA ha bajado a 226, la batería ha sufrido una descarga profunda, su capacidad ha descendido considerablemente y en estas condiciones no va a poder sustentar el arranque del motor.

Entre mayor sea la descarga de una batería, al momento de recuperarla con el cargador, disminuirá su vida útil, por el impacto de que provoca la constante entrega de energía que hace que la batería caliente y se degraden sus componentes internos. El calor acelera las reacciones químicas, por lo tanto el electrolito que contiene Acido Sulfúrico al recibir carga constante va a elevar su temperatura, elevando su nivel de corrosión.

En estas condiciones al tener más de 11 V y no mucho tiempo de uso, se puede recuperar hasta el 100% de su capacidad con la debida carga, porque almacena aun un sustento de carga, que facilitara la repotenciación optima de la batería.

EXP802



GUAYAQUIL

ECUADOR

27/05/2017

18:37

PRUEBA BATERIA

RESULTADOS	
BUENA-RECARGUE	
VOLTAJE:	11,54V
MEDIDO:	226 CCA
CLASF:	370 CCA
TEMPERATURA:	33°C

TIEMPO CARGA PREVISTO
51 MINUTOS A 40AMPS

CARGA DE BATERIA BAJA.
DEBE SER CARGADA PARA
DETERMINAR CONDICION.

SI RESULTADO PRUEBA
DE BATERIA ES BUENO
DESPUES DE LA CARGA:

BUSQUE LAS CAUSAS DE LA
CARGA BAJA:

- SISTEMA DE CARGA
- CORREA DEL ALTERNADOR
- CABLES Y CONEXIONES
- DEMASIADO DRENAJE

UTILIZAR LA BATERIA CON
CARGA BAJA ACORTAR
SU VIDA ÚTIL

192-110408C

Figura. 24 Prueba de estado de batería 2

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

EXP802



GUAYAQUIL

ECUADOR

27/05/2017

19:35

PRUEBA BATERIA

RESULTADOS	
CARGUE Y PRUEBE	
VOLTAJE:	7,91V
MEDIDO:	0 CCA
CLASF:	370 CCA
TEMPERATURA:	32°C

TIEMPO CARGA PREVISTO
51 MINUTOS A 40AMPS

CARGA DE BATERIA BAJA.
DEBE SER CARGADA PARA
DETERMINAR CONDICION.

SI RESULTADO PRUEBA
DE BATERIA ES BUENO
DESPUES DE LA CARGA:

BUSQUE LAS CAUSAS DE LA
CARGA BAJA:

- SISTEMA DE CARGA
- CORREA DEL ALTERNADOR
- CABLES Y CONEXIONES
- DEMASIADO DRENAJE

UTILIZAR LA BATERIA CON
CARGA BAJA ACORTAR
SU VIDA ÚTIL

Figura. 25 Prueba de estado de batería 3

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

3.3 Cargar una batería

Antes de poner a cargar una batería es indispensable haber revisado el sistema de carga del vehículo con anticipación, para estar seguros que el vehículo fue el que descargó la batería, en este caso simulamos una descarga profunda dejando las luces prendidas del vehículo toda la noche.

El primer paso es medir la densidad de la batería que se va a proceder a cargar, ya que dependiendo de la densidad que tenga la batería se puede concluir que tiempo de carga que necesita.



Figura. 26 Densidad de la batería antes de la carga

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

En este caso la densidad de nuestra batería nos marcó 1100 gr/cc, quiere decir que está totalmente descargada y el ácido sulfúrico con el agua destilada está separados, ya que solo estamos midiendo agua. El color del electrolito tiene que ser claro, al tener electrolito turbio quiere decir que el material activo de las placas se ha desprendido de la misma.

Procurar que la batería tenga un nivel de electrolito adecuado antes de la carga, si no es así hay que añadir agua destilada.

Una batería en estas condiciones necesita ocho horas de carga continua para recuperar su densidad y voltaje correctos, aunque es recomendable cada dos horas volver a revisar la densidad para llevar un seguimiento de la batería.

El equipo que vamos a usar es un Incar IC-10T Timer, este equipo proporciona una carga constante desde 1 hasta 10 baterías conectadas en serie. Posee un temporizador de 0-12 horas, para seleccionar el tiempo de carga.



Figura. 27 Cargador Incar IC-10T TIMER

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

En este caso como nuestro cargador cuenta con timer incorporado, procedemos a colocarlo en ocho horas de carga a 5 Ah, una vez cumplida las ocho horas el cargador deja de enviar carga automáticamente.



Figura. 2826 Timer

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

En el caso de que nuestro cargador no cuente con un timer incorporado, es recomendable estar pendiente de la batería para que no reciba más carga de la que necesita.

Al momento de colocar la batería a cargar se recomienda en el caso de que tenga tapones, destaparla para evitar acumulación de gases y disminuir el riesgo de que la batería sufra una explosión. Siempre buscar un lugar abierto y ventilado.



Figura. 29 Carga de batería 1

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

Ya cumplidas las ocho horas de carga continua, revisamos la batería, la cual tiene que marcar una densidad de 1250 gr/cc a 1275 gr/cc y una temperatura de aproximadamente 40°C.

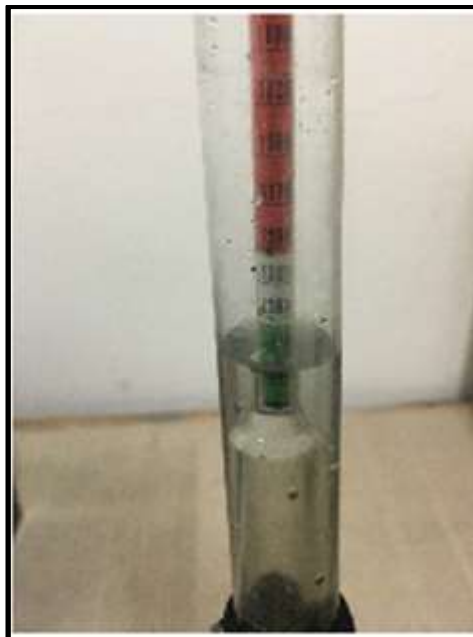


Figura. 270 Densidad de la batería carga terminada

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

Una vez alcanzada la densidad adecuada, la batería esta lista para trabajar en el vehiculó sin ningún problema. Antes de instalar la batería hay que revisar el sistema eléctrico del vehículo.

Existen diferentes tipos de baterías en el mercado ecuatoriano como por ejemplo baterías que son totalmente selladas, las cuales es imposible medir la densidad con densímetro, a su vez cuentan con un densímetro incorporado que nos indica el estado de carga de la batería.



Figura. 281 Batería sellada con densímetro incorporado

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

En este caso cuando el ojo lector de carga de la batería esta verde, indica que su estado de carga es óptimo.



Figura. 32 Ojo lector de densidad (batería cargada)

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

Cuando el ojo lector de carga esta blanco, nos indica que la batería está totalmente descargada. Al ser la batería sellada hay que tener más cuidado en el proceso de repotenciación, debido a que se debe evitar perder electrolito que no se va a poder recuperar.



Figura. 33 Ojo lector de densidad (batería descargada)

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

Cada dos horas se recomienda revisar la temperatura de la batería y dejar que se enfríe unos 10 minutos antes de la siguiente carga y seguir este proceso hasta que el ojo lector se ponga verde otra vez.

También podemos colocar la batería en serie si queremos cargar más de dos baterías a la vez, el procedimiento es el mismo, pero hay que recordar que entre más baterías se ponga en serie el tiempo de carga aumenta.



Figura. 34 Carga en serie

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de la caída de tensión

Después de 3 horas de descarga continua, la batería perdió completamente su capacidad y su voltaje bajó a 7,91 V, terminando así la prueba de descarga profunda.

Verificamos que en un tiempo aproximado de 3 horas la batería entro en modo de descarga profunda.

Podemos ver la caída de tensión progresiva por cada hora. En la primera hora la tensión bajo a 12,35 V, hasta aquí la batería todavía va a tener la capacidad de dar arranque al motor aunque con un poco de dificultad, este problema lo podemos detectar por el prolongado tiempo que va a tomar encender el motor.

Cuando baja la tensión a 11,54, la batería ya no tiene la fuerza para dar arranque al motor y cuando llega a 7,91 V la batería sufrió una descarga profunda.

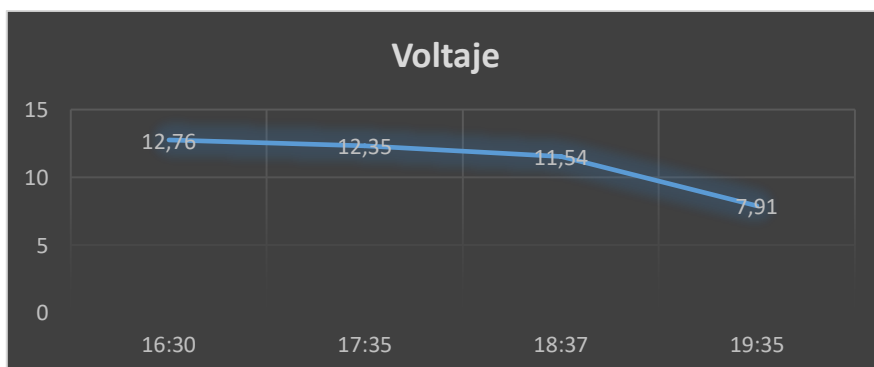


Figura. 35 Análisis de la caída de tensión en el tiempo

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

4.2 Análisis del CCA

El CCA se lo puede interpretar como la cantidad de energía almacenada químicamente dentro de la batería, y al ver la gráfica podemos apreciar como toda la energía almacenada se va acabando hasta llegar a 0.

Para poder recuperar una batería en estas condiciones, debemos dar una carga lenta durante mínimo 8 horas continuas a unos 10Ah.

Luego dejar enfriar la batería y procedemos a medir el CCA que tiene que ser igual o mayor al rotulado.

Recordemos que esta prueba se realizó con una batería nueva, los métodos de carga varía dependiendo del estado de la batería, ya que al cargar una batería que ha sufrido una descarga profunda acorta la vida útil de la misma.

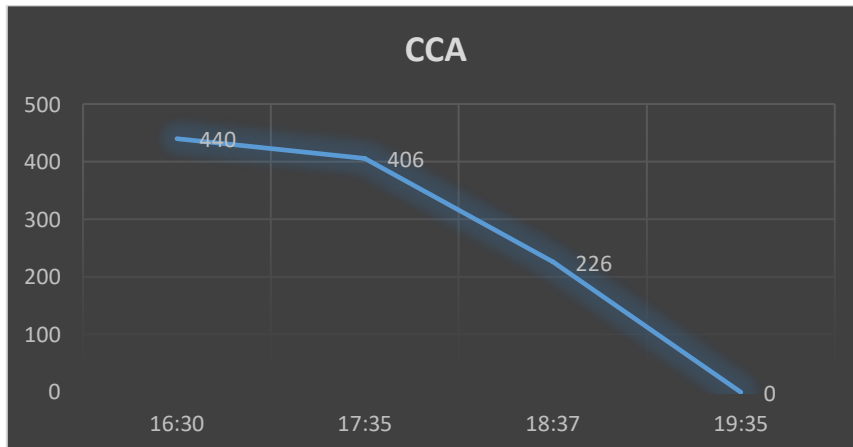


Figura. 36 Análisis del CCA en el tiempo

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer

4.3 Análisis de temperatura

Esta grafica nos muestra como varia la temperatura de la batería por cada hora que pasa. Podemos ver que al momento de iniciar la prueba la batería está a temperatura ambiente, luego de una hora aumenta 4°C, esto se debe a que en esta hora la batería está haciendo reacción química entregando toda su capacidad y esto hace que la temperatura se eleve.

Durante la segunda hora la temperatura va bajando a medida que se va quedando si energía hasta que vuelve a tener la temperatura ambiente inicial.

Proceso detallado de recuperación total de una batería que ha sufrido de una descarga profunda, teniendo en cuenta todas las propiedades de una batería plomo – ácido y tratar de disminuir el impacto de la carga evitando no reducir su vida útil.

Una batería que haya sufrido una descarga profunda, si no se lleva el proceso indicado para repotenciarla, puede no quedar apta para trabajar, al no ser cargada el tiempo adecuado, para recuperar su densidad y sufrir sulfatación en el futuro. Ahora si la batería es dejada mucho tiempo y con un amperaje alto de carga puede degradar sus componentes internos, reduciendo considerablemente su vida útil.

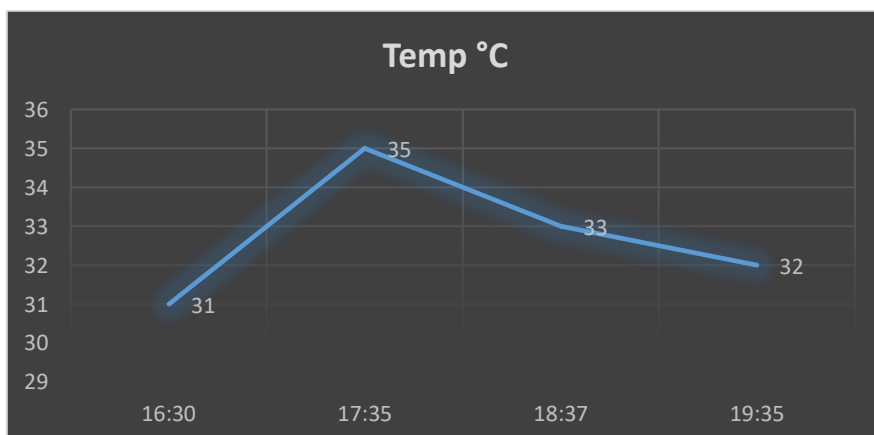


Figura. 37 Análisis de temperatura en el tiempo

Autor: Giancarlos Guevara Grunauer.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El funcionamiento ácido – plomo se basa en ciclos de trabajo, es decir en su entrega y recuperación de corriente en la cual el sistema eléctrico del vehículo influye directamente en el funcionamiento y la vida útil de la batería.
- Analizando los resultados de las mediciones podemos concluir que bajo un consumo de 18.60 mA, la batería llega a su descarga máxima en 3 horas.
- El manual de recuperación de batería nos ayuda en determinar que tiempo y que amperaje debemos tomar en cuenta para recuperar una batería que ha sufrido una descarga profunda tratando de reducir el daño causado por la carga en los componentes de la batería.
- La utilización de equipos electrónicos de medición nos ayuda a verificar el estado actual de una batería reduciendo el margen de error con herramientas manuales.

5.2. Recomendaciones

- para el correcto funcionamiento de una batería se basa en los ciclos de trabajo del proceso de carga y descarga, por ende la importancia de mantener el sistema de carga en buen funcionamiento.
- Asegurarse que la batería que se esté realizando la prueba debe estar en perfectas condiciones, que no presente golpes, deterioro en bornes, corrosión, celdas en buen estado.
- Verificar que no exista fugas de corriente en el sistema eléctrico ya que un consumidor encendido puede afectar el ciclo de descarga rápida de la batería provocando que esta llegue a una descarga profunda en un tiempo determinado según el consumo.
- La descarga de una batería dependerá de su capacidad de reserva que esté constituida por el cual puede variar de una a otra.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Pérez, M, "SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR", Primera Edición, Paraninfo, Madrid 2011.

.

[2] Gil, D, "Manual práctico del automóvil reparación, mantenimiento y prácticas", MMXI/MMXII Edición, Cultural, Madrid 2012.

[3] Hollembeak B, "Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics", Sexta Edición, USA 2014.

[4] Águeda E, "Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje", Primera Edición, Paraninfo, Madrid 2012.

[5] Tena G, "SISTEMAS DE CARGA Y ARRANQUE", Segunda Edición, Paraninfo, Madrid 2011.

ANEXOS