



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”
Multidisciplinario
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

EFFECTO DE SOBRECARGA EN EL FACTOR TEMPERATURA DE UNA BATERÍA PARA MONTACARGAS.

OVERDISCHARGE EFFECT ON TEMPERATURE FACTOR OF A FORKLIFT BATTERY.

Jaramillo Cruz Emmanuel Alejandro.
Ingeniero Industrial.
greatbay71@hotmail.com
CIATEQ, TOLUCA

Juárez Martínez Rodrigo
Dr. Ingeniería Metalúrgica
Rodrigo.juarez@ciateq.edu.mx
CIATEQ, QUERÉTARO



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

EFFECTO DE SOBRECARGA EN EL FACTOR TEMPERATURA DE UNA BATERÍA PARA MONTACARGAS.

RESUMEN.

Este estudio analiza el efecto de sobre descarga y su relación con la temperatura de una batería del tipo plomo ácido modelo PowerLine™ de la marca Hawker® equipada en un montacargas modelo RD 5725-30 de la marca Crown, su operación fue grabada mediante un dispositivo llamado Battery Boss® WC durante un mes. Datos como % de estado de carga y temperatura final fueron extraídos de la información resultante de la prueba de monitoreo, para ser analizados usando el software Matlab e interpretarlos gráficamente con el fin de identificar y evaluar los puntos de sobredescarga y sobrecalentamiento que son algunos de los factores importantes que ocasionan la reducción de la vida útil de una batería.

Palabras clave: Estado de carga, sobredescarga, temperatura, sobrecalentamiento, batería, montacargas.

ABSTRACT.

This study analyzes the effect of overdischarge and its relation to the temperature of lead acid battery type, model PowerLine™, Hawker® brand equipped on a forklift model RD 5725-30 Crown brand and using a device called Battery Boss® WC its operation was recorded during a month. Data such as % state of charge and final temperature were extracted from information resulting from the monitoring test and they were analyzed using the Matlab software to represent data in graphs in order to identify and evaluate over discharge and overheating points, these are some important factors causing to reduce the battery life.

Keywords: State of charge, overdischarge, temperature, overheating, battery, forklift.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

i. INTRODUCCIÓN

La batería para montacargas representa la fuente vital de energía requerida para operar y desempeñar un trabajo por un periodo de tiempo establecido y ejerce una función única en el campo de la manipulación de materiales.

En la actualidad existen diferentes tipos de baterías industriales diseñadas para diferentes aplicaciones, las más comunes para su uso en montacargas son las de plomo-acido (lead-acid), y cuentan con tres elementos (basándose en una batería completamente cargada): El material activo positivo es dióxido de plomo (PbO_2) y el negativo plomo esponjoso (Pb); y el electrolito, que tiene una gravedad específica de 1,280 sg o superior, es una solución de agua y ácido sulfúrico (H_2SO_4). El voltaje del circuito abierto de cada celda es de 2,12 voltios.

Una batería se clasifica por la capacidad de proporcionar o descargar energía eléctrica en un período determinado (dependiendo del tipo de montacargas, la aplicación y tipo de operación), y esta capacidad se expresa en Ah. El régimen de seis horas es la norma empleada por la industria de las baterías en América del Norte para medir la capacidad de las baterías de tracción. Varios factores, entre ellos, el tamaño de la placa, la cantidad de placas por celda, la gravedad específica del electrolito y el régimen de descarga, ayudan a determinar la capacidad de Ah.

Todas las baterías se clasifican con el régimen de seis horas, a una temperatura de 77°F (25°C) y a la gravedad específica de la batería completamente cargada indicada por el fabricante. En general, una batería puede descargarse a cualquier régimen de corriente que ella pueda suministrar sin que se produzca daño, pero la descarga no debe continuarse más allá del punto en que las celdas se aproximan al agotamiento, o cuando la tensión cae por debajo de un valor útil. Durante la descarga hay normalmente un aumento en la temperatura de la batería, que depende de la temperatura ambiente, del régimen de descarga y del tipo de montaje de la batería desde el punto de vista de disipación del calor. Cuanto más alto es el régimen de descarga en amperes, mayor es el efecto de aumento de temperatura. Las reacciones químicas reales en la descarga absorben una pequeña cantidad de calor, pero el calor generado por las pérdidas de potencia debidas a la resistencia interna de la celda es mayor, de modo que el resultado



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

neto es un aumento en la temperatura [1]. Cabe mencionar que una batería puede descargarse aun cuando esta no está operando.

Una batería pierde su carga con el tiempo cuando se mantiene en circuito abierto. Este fenómeno se denomina auto-descarga. El factor clave que influye en la auto-descarga es la temperatura de almacenamiento. Esto es porque en el ambiente la temperatura juega un papel importante en la determinación de la velocidad a la que avanza la reacción química internamente. Cuanto mayor sea la temperatura, más rápida será la velocidad de las reacciones químicas [2].

Sobrecalentamiento

Dado que la temperatura del electrolito varía a desde los 77°F (25°C), hasta los 115°F (46,11°C). Por encima de esta temperatura se produce sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento daña la batería y acorta la vida útil. El alcance del daño y la reducción de la vida útil dependen de a cuánto asciende la alta temperatura, con qué frecuencia se produce el sobrecalentamiento y por cuánto tiempo la batería es sometida a altas temperaturas [1].

Se mencionó, que una batería no debe descargarse más allá del punto en que las celdas se acercan al agotamiento de lo contrario se producirá una “sobredescarga”, y puede tener resultados muy perjudiciales, especialmente si se repite por varios días o ciclos. **Una batería no debe descargarse a más del 80% de su capacidad nominal para prolongar al máximo su vida útil.** Hoy en día el promedio de vida de una batería es aproximadamente de 1500 a 1800 ciclos (5 años en promedio), utilizando el 80% de su capacidad nominal (Figura 1). Se pueden lograr hasta 2.100 ciclos con un mantenimiento y cuidado adecuados. Se denomina ciclo a la secuencia comprendida por la carga de la batería y luego su descarga en servicio [3].



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”
Multidisciplinario
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

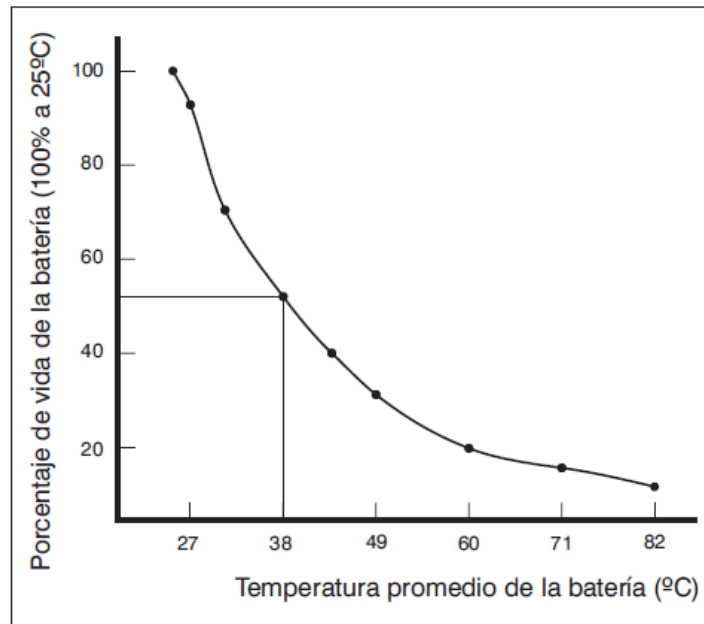


Figura 1. Efecto de la temperatura sobre la vida útil de una batería de plomo-ácido.

ii. METODOLOGÍA

EL siguiente experimento consistió en monitorear la operación de una batería marca Hawker Power Line™ usada en un montacargas Crown RD 5725-30, durante un mes, con el fin de evaluar el factor de la temperatura en aquellos puntos donde se rebasa el límite de descarga del 80% de la capacidad nominal de las baterías.

A continuación de muestra la información técnica de la batería utilizada en este experimento (Tabla 1).



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Tabla 1. Información técnica de batería PowerLine™.

INFORMACIÓN TÉCNICA BATERIA HAWKER®	
	PowerLine™
Tipo batería	Plomo-acido
Modelo	PL18125F17
No. de Serie	PL101151731
Voltaje	36 volts
Capacidad	1000 A.H. (Régimen de descarga de 6 horas)
Kwh	34.92
Peso	2718 lbs.
Dimensiones	L-38.25" x W-20.25" x H-30.75"
Conector	SB350 Gris
Aplicación de carga	Tradicional
Tipo Placa	Plana
Electrolito	Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

Durante la experimentación se utilizó un dispositivo llamado Battery Boss® WC que fue instalado en la batería. Los datos eran grabados automáticamente durante toda su operación de carga, descarga e incluso en etapa de reposo (inactividad).

La información almacenada en el Battery Boss® WC fue descargada con apoyo del software Power Report™ y su dispositivo USB incluido. El dispositivo USB está diseñado con una antena que descarga los datos mediante una conexión Wireless y el software entre muchas más funciones, puede exportarlos a formato Excel para su análisis.

El siguiente diagrama muestra los parámetros medidos por el Battery Boss® WC durante la operación de la batería (Figura 2). Sólo algunos de ellos tales como: # ciclo, fecha Inicio de descarga, hora descarga inicial, temperatura Inicial (°F), tiempo de descarga, tiempo inactivo, Amp. Desc. (Ah-), temperatura promedio (°F), hora descarga final, temperatura final. (°F), % estado de carga, se tomaron en cuenta en base objetivo de este experimento.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”
 Multidisciplinario
 21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

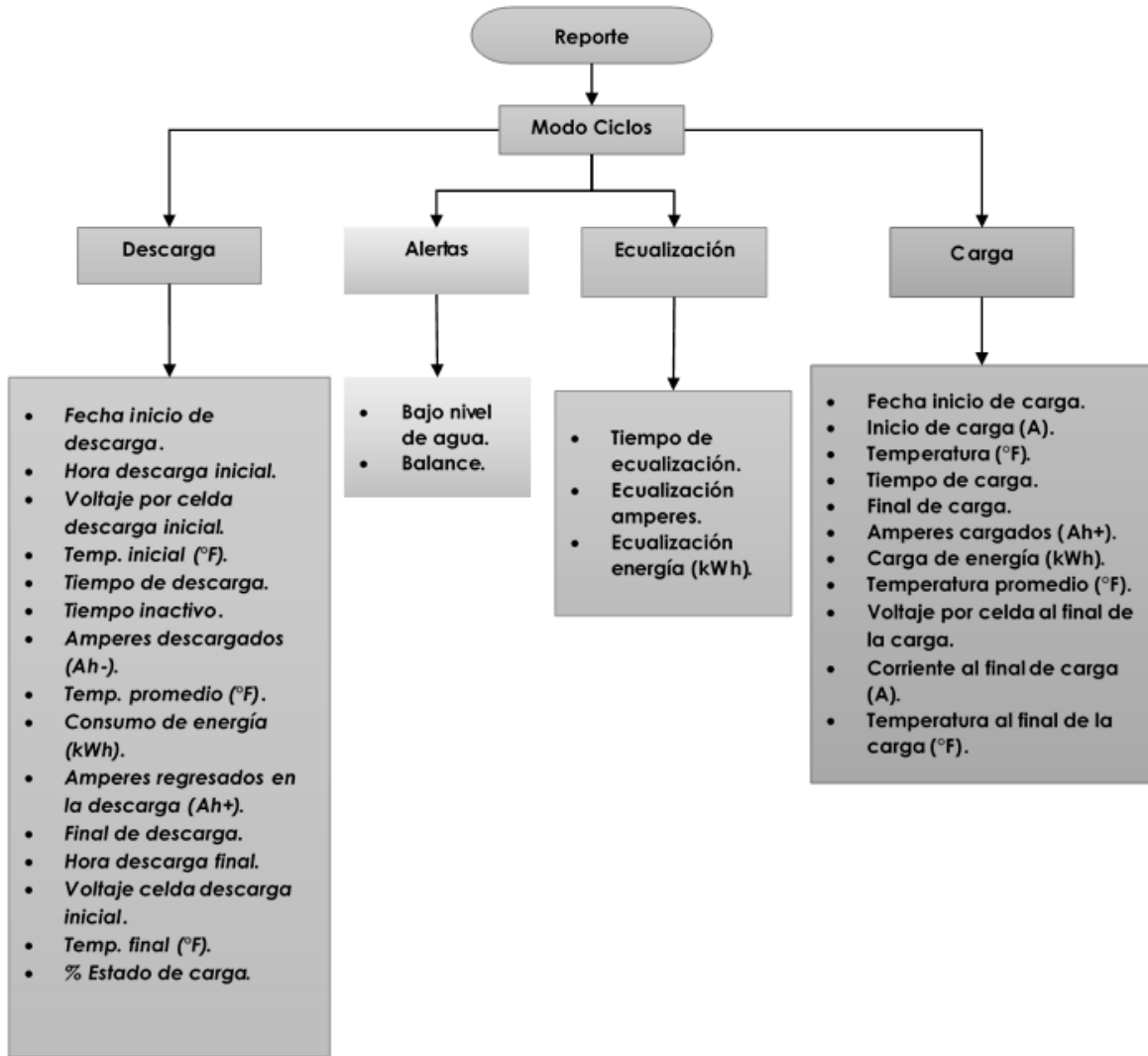


Figura 2. Parámetros que conforman la estructura del reporte de baterías.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

iii. RESULTADOS.

SOBRE-DESCARGA.

La batería tiene una capacidad nominal de 1000 amp/h en un régimen de descarga de 6 horas, por lo que su límite de descarga de 80% acorde a su capacidad corresponde a 200 amp/h, rebasando este límite existirá una sobredescarga.

La siguiente gráfica muestra el estado de carga (EDC) registrados a lo largo del periodo de tiempo monitoreado (Figura 3). **Estado de carga (EDC):** El estado de carga indica el porcentaje de la capacidad nominal de una batería está disponible [4].

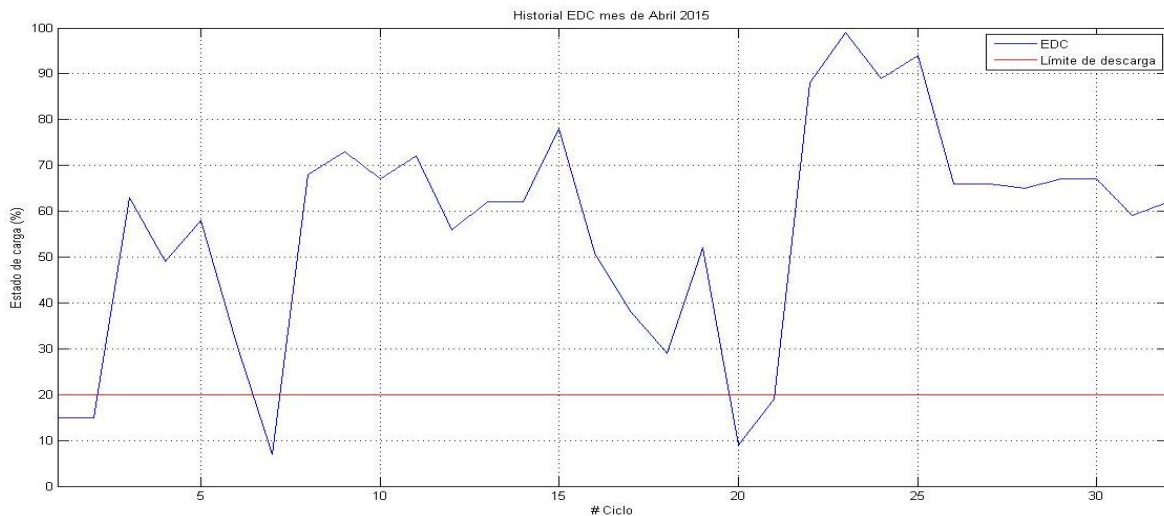


Figura 3. Gráfica Estado de Carga.

Como se puede observar en cada número de ciclo existe un estado de carga representado por un punto en el plano, estos puntos varían debido a la profundidad de descarga.

Profundidad de descarga: Indica qué cantidad total de una batería ha sido descargada. Por ejemplo, si una batería se ha descargado hasta llegar al 40% de su capacidad nominal, entonces ha sufrido una profundidad de descarga del 60%. Las descargas profundas siempre acortan la vida de una batería, sin importar de qué tecnología se trate [4].



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Descarga profunda: Eliminación de hasta el 80% de la capacidad nominal de una celda o batería.

SOBRECALENTAMIENTO.

Desde el punto de vista temperatura, se registraron los siguientes datos representados en la siguiente gráfica durante el periodo monitoreado (Figura 4).

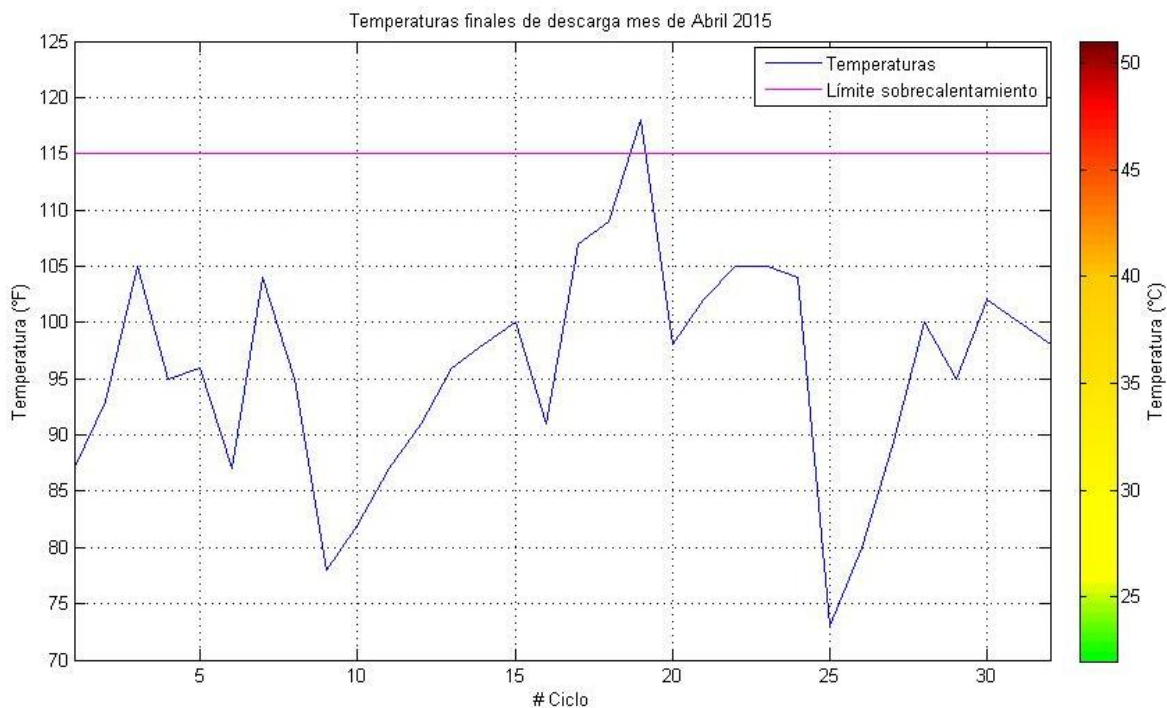


Figura 4. Temperaturas de descarga.

Un límite práctico de temperatura que es ampliamente aceptado es que el electrolito no debe elevarse por encima de $46,1^{\circ}\text{C}$ (115°F) con una temperatura del electrolito de partida de $29,4^{\circ}\text{C}$ (85°F) [5].

Tomando como referencia las recomendaciones del fabricante, se tiene un límite de temperatura de 115°F (46.11°C), rebasándola las consecuencias de la batería pueden ir desde la disminución de su vida útil hasta ocasionar un daño permanente dentro de las celdas dependiendo de a cuánto asciende la alta temperatura, con qué frecuencia se produce el sobrecalentamiento y por cuánto tiempo la batería es sometida a altas temperaturas [1].



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Analizando la gráfica (FIGURA 3), encontramos algunos puntos que rebasan el límite de descarga del 80%. En total se identifican cinco puntos no controlados, la siguiente tabla (Tabla 2) detalla la información correspondiente:

Tabla 2. Datos de % Estados de carga <20%.

# Ciclo	Fecha Inicio de descarga	Hora descarga inicial	Temp. Inicial (°F).	Tiempo de descarga	Tiempo inactivo dd/hh/min	Amp . Desc . (Ah-)	Temp. promedio (°F)	Hora descarga final	Temp.f inal. (°F)	% Estado de carga.
1	04/06/2015	02:55:00 p. m.	87	00H07	0d 00h05	16	87	03:07:00 p. m.	87	15%
2	04/06/2015	03:51:00 p. m.	89	00H51	0d 01h19	110	89	06:01:00 p. m.	93	15%
7	04/09/2015	11:50:00 a. m.	96	04H01	0d 05h14	506	100	09:05:00 p. m.	104	7%
20	04/22/2015	03:13:00 p. m.	120	03H29	0d 19h16	470	113	01:58:00 p. m.	98	9%
21	04/23/2015	02:49:00 p. m.	102	00H09	0d 00h03	9	102	03:01:00 p. m.	102	19%

Los cinco puntos de sobredescarga ocurrieron en cuatro días diferentes, y sus EDC correspondientes se encuentran entre el 7% al 19%. Para todos los propósitos prácticos, una celda debe descargarse sólo hasta el 80% de su capacidad debido a que la energía extraída de la celda después de ese punto provoca una caída de tensión a una velocidad pronunciada y rápida[ENERSYSYET].

Los ciclos #7 y #20 pueden deber su EDC al tiempo de descarga, ya que a diferencias de los demás que contemplan un tiempos de descarga menor a una hora, estos tienen un tiempo entre tres y cuatro horas en operación.

En el ciclo #20 la batería comenzó su descarga arriba de 115°F y tomando en cuenta la recomendaciones del fabricante, “Si la temperatura es mayor que 115°F (46,11°C), deje enfriar la batería a 90°F (32,22°C) antes de cargarla o hacerla funcionar” [1].

Su temperatura promedio fue de 113°F muy cercano al límite de sobrecalentamiento, lo que ocasiona daños a las celdas de las baterías.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

En conclusión se forzó a la batería a operar por un tiempo más extenso a lo que su capacidad disponible estaba contemplada a dar en su momento, eso sin considerar la temperatura inicial en la que comenzó la descarga o factores como temperatura ambiente, niveles de agua o si la operación del montacargas fue muy pesada. Es probable que las celdas en cierto grado hayan reducido su vida útil.

Se puede observar en la gráfica (Figura 4) que existe un solo punto que sobrepasa este límite y corresponde a la siguiente información (Tabla 3).

Tabla 3. Datos de temperaturas >115 °F

# Ciclo	Fecha Inicio de descarga	Hora descarga inicial	Temp. Inicial (°F).	Tiempo de descarga	Tiempo inactivo dd/hh/min	Amp . Desc . (Ah-)	Temp. promedio (°F)	Hora descarga final	Temp.f inal. (°F)	% Estado de carga.
19	04/22/2015	09:23:00 a. m.	120	03H51	0d 01h39	456	118	02:53:00 p. m.	118	52%

Basándonos en la Figura 1 y tomando en cuenta el parámetro de Temp. promedio (°F) la cual es de 118°F (48°C), la vida útil esperada es menor al 40% de la que tendría a 25°C (la cual se toma como 100%) esto si en repetidas ocasiones se generan altas temperaturas, estas continuarán afectando a la batería.

Analizando su estado de carga, este aún no ha consumido más del 80% de su capacidad por lo que el factor de descarga en este caso no sería el principal causante del sobrecalentamiento sino la temperatura inicial de descarga que es de 120°F más el tiempo de 3 hrs 51 min en el la batería estuvo en operación.,

En conclusión podemos decir que la temperatura inicial de descarga junto con el tiempo de descarga son factores influyentes causantes de las altas temperaturas durante y al final de la operación de la batería sin considerar la temperatura ambiente el cual aporta a estos valores.

iv. CONCLUSIONES.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

La sobrecarga es antieconómica desde el punto de vista energético, y desperdicia energía eléctrica mientras se corre el riesgo de ocasionar un daño permanente a la batería. Sin mencionar que se producen gases, hidrógeno y oxígeno que conlleva a la adición constante de agua a la batería y aumenta el riesgo de explosión en forma en base a las condiciones de carga normales y seguras. También eleva peligrosamente la temperatura de la batería, lo que acorta su vida útil de la misma al alcanzar temperaturas mayores de 115°F. Se deben seguir las siguientes prácticas para mantener la temperatura dentro de un rango adecuado: evitar la sobredescarga, cargar la batería en un lugar ventilado con temperatura templada, dar tiempo a la batería para enfriarse antes de comenzar la carga (se recomienda 8 Hs). Si la temperatura es mayor que 115°F (46,11°C), dejar enfriar a 90°F (32,22°C) antes de cargarla o utilizarla.

v. BIBLIOGRAFÍA.

[1] Battery Service Manual, 85-1C 07/12 Rev.8. Hawker Power Source, Ooltewah Tennessee, 2012.

[2] BoonchuChoksukchalalai, “Performance analysis of electric vehicle batteries”, Thesis for the degree of Master of Science in Computer Engineering, University of Massachusetts Lowell, (1993), pp. 8.

[3] Instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento de Baterías Tubulares de Plomo – Ácido en Servicio de Tracción, SECCION 28.40, REV. 06/08. Enersystem, Buenos Aires, Argentina, 2008.

[4] Romero Aldo, “Sistema híbrido de almacenamiento de energía eléctrica”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, Ingeniería Eléctrica – Campo Control, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009, Pág. 13.

[5] Section 3, Battery Charging, disponible en: http://evbatterymonitoring.com/WebHelp/Battery_Book.htm#Section_3.htm, <http://evbatterymonitoring.com/>, último acceso, 08 de Diciembre de 2015.