

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Disminución de los programas de ciclo de carga de las baterías"

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentado por:

Winston Javier Alcívar Merino

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios, que es aquel que me dió la fortaleza necesaria para cumplir este objetivo de terminar este proyecto de graduación.

A mis padres, a mi hermana, que con sus palabras y consejos crecí tanto personal como profesional.

Y muy en especial a mi tutora MSc. Sofía López, que, con sus ideas, conocimiento y ayuda, me facilitó el lograr desarrollar este trabajo.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autor: Winston Alcívar Merino

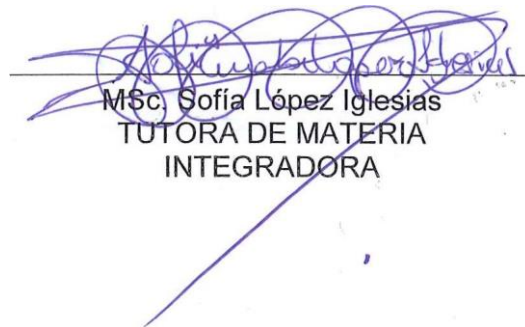
Tutora: MSc. Sofía López Iglesias

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



---

Winston Javier Alcívar Merino  
AUTOR



MSc. Sofía López Iglesias  
TUTORA DE MATERIA  
INTEGRADORA

## RESUMEN

El presente proyecto de graduación se realizó en la empresa que se dedica a la elaboración de baterías y se inicia debido a que actualmente, las baterías se están cargando con tiempos muy elevados, sin cumplir los parámetros de calidad tanto como capacidad de reserva y formación de placas. Este proyecto tuvo como objetivo disminuir los tiempos de ciclo de carga de las baterías. Se siguió la metodología DMAIC para encontrar factores, variables y causas del porque se tiene el tiempo actual de carga de las baterías. Posteriormente luego de los análisis, a través de un diseño de experimento se logró encontrar los parámetros de carga correctos para reducir el tiempo de ciclo de carga de las baterías sin afectar la calidad. Estos nuevos parámetros fueron evaluados en tiempo normal de producción de carga, con lo cual se logró disminuir los tiempos de ciclo de carga, incrementó el porcentaje de baterías conforme por capacidad de reserva y formación de placas, adicional a esto se logró incrementar el OEE del área. En conclusión, se logró reducir el tiempo de ciclo de carga de las baterías sin afectar a la calidad del producto. Como recomendación, se propone la actualización de los tiempos de carga con los nuevos parámetros, utilización de un registro en el cual se controle cada etapa de carga de las baterías y poder determinar si existe alguna oportunidad de mejora.

**Palabras Clave:** DMAIC, baterías, tiempos de carga, capacidad de reserva, formación de placas, parámetros de carga.

## **ABSTRACT**

*This Senior Design Project took place in the Company that elaborates batteries. This company has this procedure because the charge time is very high, without fulfilling a set of quality requirements just as much capacity reserve and Plates formation. This project had the aim at decreasing the cycle of batteries charge. The author follows the DMAIC methodology to find factors, variables and why the process has the actual time of charge. Subsequently, through an experimental design, we find the correct parameters to reduce the cycle of charge time without affecting the quality. These new parameters were evaluated during the normal operation in which the company reduces the charge time and increase the percentage of batteries due to the capacity reserve and Plate Formation. In conclusion, the Company increases the OEE of the area and reduces the time of charge without affecting the quality product. As a recommendation, It is suggested the updates of charge times with the new parameters, using a report in which each stage of batteries charge is monitored to determine if there is an opportunity to improve the process.*

*Keywords: DMAIC, battery, charging time, capacity of reserve, plates formation, charger parameters.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	1
1.2    Objetivos .....	6
1.2.1    Objetivo General .....	6
1.2.2    Objetivos Específicos.....	6
1.3    Marco teórico.....	7
CAPÍTULO 2.....	10
2.    Metodología .....	10
2.1    Etapa medición.....	11
2.1.1    Plan de recolección de datos.....	11
2.1.2    Enfoque de muestreo.....	13
2.1.3    Prueba de confiabilidad del plan de recolección de datos .....	14
2.1.4    Estratificación de datos.....	16
2.2    Etapa Análisis.....	17
2.2.1    Matriz causa y efecto .....	19
2.2.2    Plan de verificación de causas.....	21
2.2.3    Causa raíz del problema.....	26

2.2.4	Diseño de experimento .....	31
2.2.5	Verificación de los niveles adecuados de operación.....	36
CAPÍTULO 3.....		38
3.	Resultados.....	38
3.1	Oportunidad de costos .....	41
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Discusión y Conclusiones .....	43
4.1	Conclusiones.....	43
4.2	Recomendaciones.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....		45
APÉNDICES.....		46

## ABREVIATURAS

DMAIC	Definición Medición Análisis Implementación Control
OEE	Objetivo esperado del equipo
C <sub>20</sub>	Capacidad nominal de la batería
I <sub>20</sub>	Corriente nominal de la batería
2 <sup>F</sup>	Diseño de experimento factorial 2 elevado al número de factores
H <sub>0</sub>	Hipótesis nula
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customers
5w2h	What (Qué), When (Cuándo), Who (Quién), Where (Dónde), Why (Quién), How (Cómo), How much (Cuánto cuesta)



## SIMBOLOGÍA

min	Minutos
Hrs	horas
A	Amperios
AH	Amperios horas

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 OEE llenadora inicial .....	1
Figura 1.2. Sobretiempo 2017 .....	4
Figura 1.3. SIPOC .....	4
Figura 1.4. Gráfico de cajas de tiempos de cargas por año .....	6
Figura 2.1. Culminación de cada proceso de DMAIC .....	10
Figura 2.2. Tamaño de muestra del plan de recolección de datos .....	14
Figura 2.3. Confiabilidad de los tiempos de carga .....	15
Figura 2.4. Confiabilidad de la formación de placas .....	15
Figura 2.5. Estratificación de datos según tipo de batería .....	16
Figura 2.6. Estratificación de datos según tipo de cargador .....	17
Figura 2.7. Grupo para la generación de lluvias de ideas .....	18
Figura 2.8. Diagrama de Ishikawa .....	18
Figura 2.9. Diagrama de Pareto de causas potenciales .....	20
Figura 2.10. Histograma de los tiempos de carga de baterías .....	22
Figura 2.11. Gráfica para la verificación de la capacidad de reserva .....	23
Figura 2.12. Gráfica para la verificación de la formación de placas .....	25
Figura 2.13 Generación de solución .....	27
Figura 2.14 Plan de implementación de solución 5w2h .....	28
Figura 2.15 Diseño de experimento para los parámetros de carga .....	31
Figura 2.16 Tamaño de la muestra para un diseño factorial de 2 niveles .....	32
Figura 2.17 Tamaño de muestra para la evaluación de combinaciones .....	37
Figura 3.1 Resultado de las combinaciones .....	38
Figura 3.2 Comparación de resultados de horas antes vs después .....	39
Figura 3.3 Comparación de porcentaje de capacidad de reserva antes vs después .....	40
Figura 3.4 Comparación de porcentaje de formación de placas antes vs después .....	40
Figura 3.5 Comparación del OEE antes vs después .....	41
Figura 3.6 Oportunidad de costo por sobretiempo .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Descripción de causas y tiempos perdidos llenadora inicial .....	2
Tabla 1.2. Descripción horas y sobretiempos.....	3
Tabla 2.1. Diagrama de Gantt .....	10
Tabla 2.2. Plan de recolección de datos.....	11
Tabla 2.3. Documento para la recolección de datos.....	12
Tabla 2.4. Documento para la recolección de datos.....	13
Tabla 2.5. Matriz Causa y Efecto.....	19
Tabla 2.6. Plan de Verificación de Causas.....	21
Tabla 2.7. Herramienta 5 Por qué para la variabilidad en los tiempos de carga.....	22
Tabla 2.8. Herramienta 5 Por qué para la baja capacidad de reserva.....	24
Tabla 2.9. Herramienta 5 Por qué de la mal formación de placas .....	25
Tabla 2.10. Causa raíz del problema.....	26
Tabla 2.11 Parámetros de carga actual de baterías .....	29
Tabla 2.12 Capacidad nominal de baterías .....	30
Tabla 2.13 Factores y niveles del diseño de experimento .....	32
Tabla 2.14 Combinaciones aleatorias para la etapa formación 1 .....	33
Tabla 2.15 Combinaciones aleatorias para la etapa formación 2 .....	34
Tabla 2.16 Combinaciones aleatorias para la etapa final de carga .....	34
Tabla 2.17 Combinación total del diseño de experimento .....	35
Tabla 2.18 Resultados de las combinaciones del diseño de experimento .....	36
Tabla 3.1 Costo de sobretiempos antes y después.....	41

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

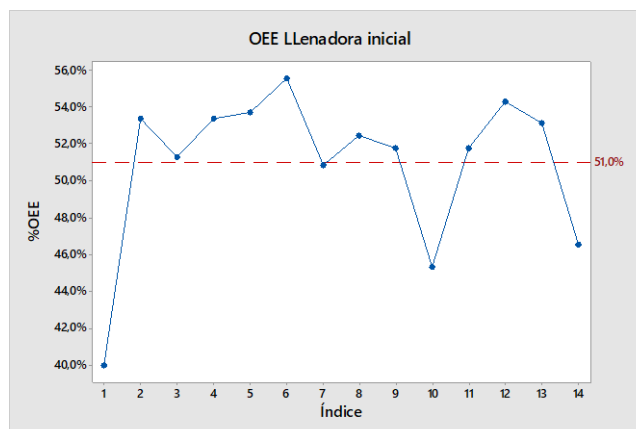
En la actualidad, la utilización eficiente del tiempo laboral, es considerada como un reto en las industrias, debido a que la pérdida del mismo, genera pérdidas tanto de recursos como monetario, esto se vuelve más crítico si no se utilizar de manera eficiente el tiempo en un área que es considerada como el cuello de botella de la empresa.

La empresa dedicada a la fabricación de baterías lleva en el mercado nacional más de 50 años siendo aún pioneros en ventas de baterías y posicionándose en la mente del consumidor como una marca de excelente calidad y durabilidad.

Actualmente la empresa presenta un problema de tiempos de carga de baterías muy elevados, sin cumplir con los parámetros de calidad, por lo que, este proyecto, busca reducir ese tiempo de ciclo de carga de las baterías.

### 1.1 Descripción del problema

Actualmente el área de carga de baterías, considerada como el cuello de botella de la empresa, que realiza el proceso de carga de la batería, desde inicio del 2017, se ha incrementado los tiempos de ciclo de carga de las baterías, trabajando con un OEE del 51% en la llenadora inicial del área de carga, considerado como el OEE del área de carga.



**Figura 1.1 OEE llenadora inicial**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

La tabla 1.1 nos permite verificar las causas y el total de tiempo que se ha perdido en la llenadora inicial del área de carga desde enero del 2017, en el cual, el tiempo de carga es la que mayor porcentaje representa en los tiempos perdidos del área, siendo esta el 48.2%.

**Tabla 1.1. Descripción de causas y tiempos perdidos llenadora inicial**

Causa de pérdida	Suma de Tiempo Perdido		Porcentaje	Porcentaje acumulado
	minutos	horas		
Tiempos de carga	12,947	215.78	48.2%	48.2%
Comida	4,220	70.33	15.7%	63.9%
Cambios de molde	2,574	42.90	9.6%	73.5%
Planta de Ácido	1,800	30.00	6.7%	80.2%
Mantenimiento Preventivo	1,140	19.00	4.2%	84.4%
Electroválvulas	770	12.83	2.9%	87.3%
Montacarga	765	12.75	2.8%	90.2%
Reuniones Planificadas	440	7.33	1.6%	91.8%
Pistones	320	5.33	1.2%	93.0%
Codificador	305	5.08	1.1%	94.1%
Bandas Transportadores	263	4.38	1.0%	95.1%
Sin suministros	230	3.83	0.9%	96.0%
Paros en otra área	205	3.42	0.8%	96.7%
calidad	175	2.92	0.7%	97.4%
Sin programa	145	2.42	0.5%	97.9%
Termoencogible	120	2.00	0.4%	98.4%
Corte de Energía	120	2.00	0.4%	98.8%
Control de Líneas Carga	110	1.83	0.4%	99.2%
Revisión electrolito	90	1.50	0.3%	99.5%
Pruebas	60	1.00	0.2%	99.8%
Panel de control	50	0.83	0.2%	100.0%
Válvula de Llenado	10	0.17	0.0%	100.0%
Sensores	2	0.03	0.0%	100.0%
<b>Total de tiempo perdido</b>	<b>26,861</b>	<b>447.68</b>		

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Debido a esto la empresa se ve en la obligación de trabajar horas extras o sobretiempo, para poder cubrir la planificación de la producción de baterías.

En la tabla 1.2, se visualiza el total de tiempo que se utilizó por las 14 semanas del presente año, tanto horas normales como sobretiempo.

**Tabla 1.2. Descripción horas y sobretiempos**

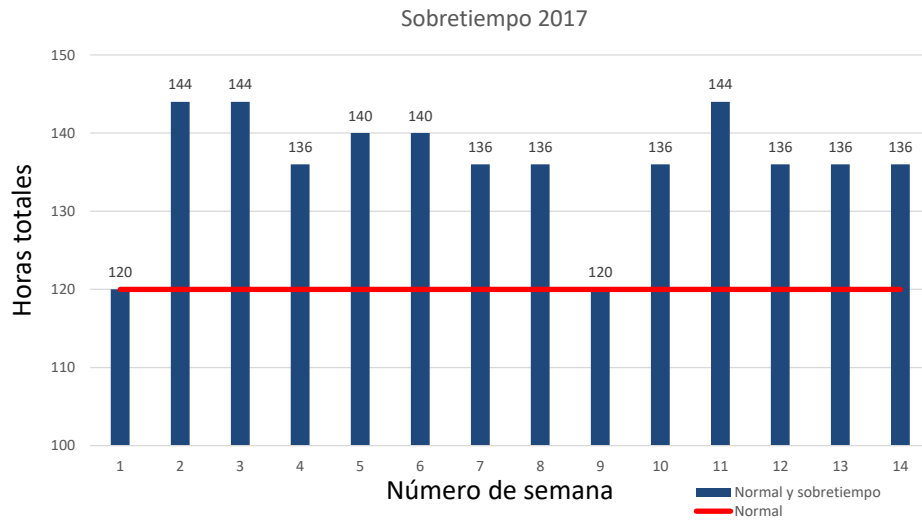
Mes	Día laboral		Horas laborales	
	Normal	Normal y sobretiempo	Normal	Normal y sobretiempo
1	5.00	5.00	120.00	120.00
2	5.00	6.00	120.00	144.00
3	5.00	6.00	120.00	144.00
4	5.00	5.67	120.00	136.00
5	5.00	5.83	120.00	140.00
6	5.00	5.83	120.00	140.00
7	5.00	5.67	120.00	136.00
8	5.00	5.67	120.00	136.00
9	5.00	5.00	120.00	120.00
10	5.00	5.67	120.00	136.00
11	5.00	6.00	120.00	144.00
12	5.00	5.67	120.00	136.00
13	5.00	5.67	120.00	136.00
14	5.00	5.67	120.00	136.00
<b>Total horas</b>			1680.00	1904.00
<b>Total sobretiempo</b>				<b>224.00</b>

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Considerando que la empresa debe de trabajar normalmente 120 horas/semana, en este tiempo, utilizó un total de 224 horas extras para poder cubrir la planificación de la producción.

En la siguiente figura 1.2, permite visualizar, durante las 14 semanas, la cantidad de horas que se requirió laborar para cubrir la producción de baterías.



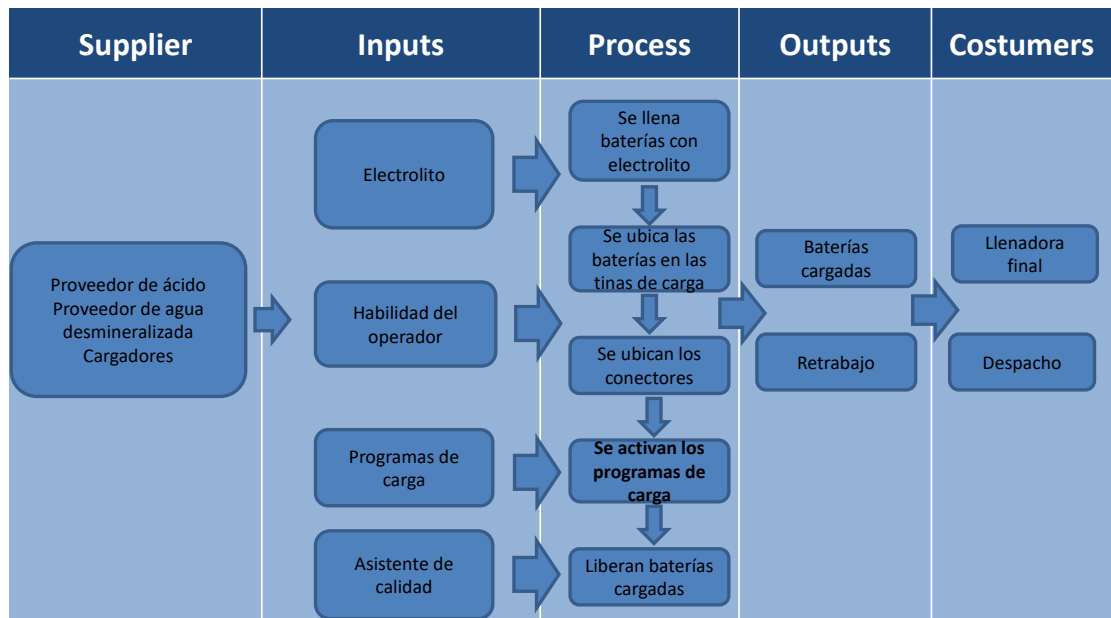
**Figura 1.2. Sobretiempo 2017**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Para ello, se propone implementar la metodología DMAIC, para determinar cuáles son las variables que influyen en el proceso de carga de las baterías y poder disminuir los tiempos de ciclos de carga.

El alcance del proyecto se ve reflejada en la figura 1.3. SIPOC:



**Figura 1.3. SIPOC**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Tal como se muestra la figura, se va a considerar las siguientes etapas para el proyecto:

- **Supplier:** Para verificar si los equipos e insumos son los correctos para el proceso.
  - Proveedor de ácido
  - Proveedor de agua desmineralizada
  - Cargadores
- **Inputs:** las materias primas y/o información que desencadenan el proceso.
  - Electrolito
  - Habilidad del operador
  - Programas de carga
  - Asistente de calidad
- **Process:** el conjunto de tareas o actividades para realizar el proceso de carga de baterías.
  - Se llena la batería con electrolito.
  - Se ubica las baterías en las tinas de carga.
  - Se colocan los conectores.
  - Se activan los programas de carga.
  - Una vez cargada la batería, se libera o se aprueba a través de calidad.
- **Outputs:** Son las salidas que se obtiene luego del proceso de carga de las baterías.
  - Baterías cargadas
  - Retrabajo / recarga de baterías
- **Customers:** Para quién o para que se fabrica la batería.
  - Para la llenadora final
  - Para el área de despacho

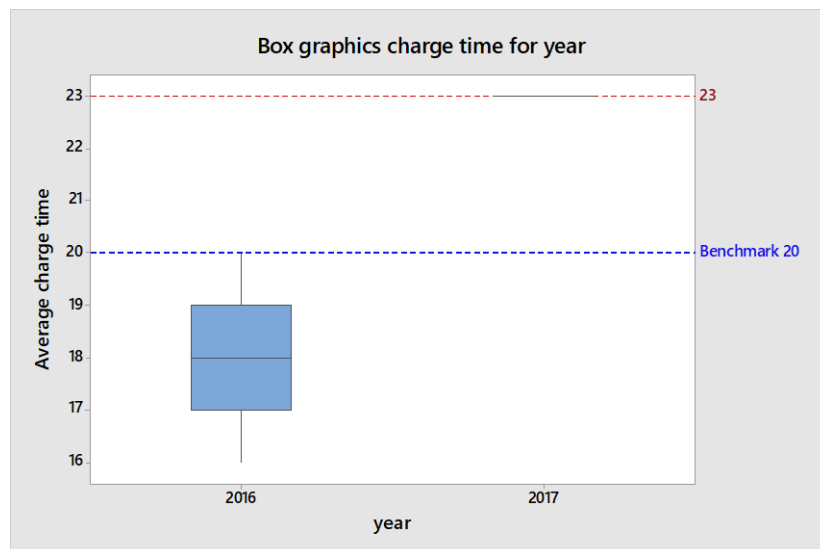


## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Disminuir el tiempo en los ciclos de carga de las baterías en un 13%, siendo eficientes en la utilización de recursos, para lograr los requerimientos del cliente.

De acuerdo a la figura 1.4, el objetivo propuesto o el benchmark, es un tiempo ya anteriormente usado, sino que, debido a sugerencias externas, se empezó a trabajar con tiempos de 23 horas sin realizar las pruebas comparativas necesarias para la aceptación del mismo.



**Figura 1.4. Gráfico de cajas de tiempos de cargas por año**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Como se puede observar el tiempo de carga de baterías en el 2016 estaban entre 16 a 20 horas. Actualmente en este año el tiempo de carga es de 23 horas. Siendo el benchmark del proyecto 20 horas.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Incrementar el OEE de la llenadora inicial, disminuyendo los tiempos perdidos por baterías en proceso de carga.
- Disminuir el porcentaje de sobretiempo del personal operativo, siendo más eficiente en la utilización de recursos del área.

- Incrementar el porcentaje de baterías conforme por capacidad de reserva y por formación de placas

### 1.3 Marco teórico

Desde su inicio con Motorola a principios de los años ochenta, Seis Sigma ha ayudado a grandes y pequeñas compañías a solucionar problemas, a mejorar procesos, a complacer a sus clientes e incrementar ganancias. Su ciclo definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) ha sido aceptado como estándar de la industria en los Estados Unidos, y muchas compañías extranjeras también lo están adoptando [1].

Con la finalidad de lograr el objetivo planteado en el proyecto, identificando las causas posibles del incremento de tiempo de ciclo de carga de las baterías, se utiliza la metodología DMAIC como principal herramienta de solución de problemas [2].

A continuación, se proporciona una referencia del método utilizado y características.

**DMAIC:** Es una herramienta de la metodología enfocada en la mejora incremental de procesos existentes.

La herramienta es una estrategia de calidad basada en estadísticas, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora.

Cada paso de en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error [3].

**Definición:** Se refiere a definir los requerimientos del cliente y entender los procesos importantes afectados. En esta fase inicial de la metodología se incluye la descripción del problema, su alcance, objetivos y beneficios.

Unas de las herramientas usadas dentro de la parte de la metodología son:

- Project Charter: es un documento que proporciona un marco de referencia y objetivos, en él se incluye resumida toda la información del proyecto a realizarse, la importancia que tiene para la organización, definición del problema, los objetivos del proyecto, alcance, equipo de trabajo, restricciones y recursos [4].

- Diagrama SIPOC: herramienta que ayuda a tener una perspectiva de alto nivel del proceso, para definir los límites del proyecto y determinar donde recopilar los datos, por sus siglas en inglés Proveedor (Supplier), Input (Entradas), Process (Proceso), Outputs (Salidas), Customer (Clientes) [5].

**Medición:** En esta etapa de la metodología, tiene como objetivo principal aclarar el problema, ver la situación inicial de la empresa. En esta fase se recolecta la información del proceso actual para luego analizar las posibles causas de variación para las variables de respuestas.

Unas de las herramientas usadas dentro de la parte de la metodología son:

- Plan de recolección de datos: formato en el que se detalla que factores de estratificación se van a medir, en que momento y donde se medirá, quien será el responsable de medir, y porqué se medirá.
- Gráficas de Pareto: Es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla [6].

**Análisis:** Una vez recolectada la información, estos deben ser analizados, para determinar problemas y oportunidades de mejora, en función del estado actual del proceso. Luego de esto se procede a realizar pruebas de hipótesis y mediante herramientas de análisis de datos, determinar los factores claves para el desempeño del proceso:

Unas de las herramientas usadas dentro de la parte de la metodología son:

- Diagrama de Ishikawa: Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.
- Plan de verificación de causas, permite establecer un plan para validación de cada una de las causas identificadas, que afectan a la

variable de respuesta, identificando el impacto de causa, quien lo va a verificar y también mostrando el status en el que se encuentra esta variable de respuesta [7].

**Mejorar:** En esta etapa, una vez que se haya identificado la causa raíz del problema, se debe desarrollar e implementar mejoras posibles al proceso mediante pruebas pilotos para determinar la viabilidad de las mismas. De los resultados de estas pruebas se entregan soluciones al problema.

Unas de las herramientas usadas dentro de la parte de la metodología son:

- Herramienta Los cinco Por qué
- Diseño de experimento 2<sup>f</sup>.

**Controlar:** Una vez obtenido los resultados deseados, se debe de organizar los recursos y monitorear los indicadores para lograr que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo.

Unas de las herramientas usadas dentro de la parte de la metodología son:

- Lecciones aprendidas
- Ayuda visual
- Cartas de control [8]

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología DMAIC se va a seguir para el desarrollo del proyecto y para el alcance de los objetivos planteados.

Para ello se ha generado un diagrama de Gantt, visualizando el tiempo que se tomará cada proceso de DMAIC y el alcance del mismo.

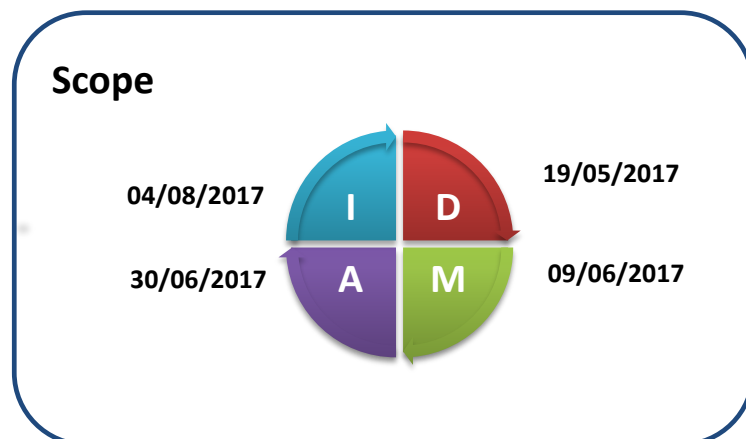
**Tabla 2.1. Diagrama de Gantt**

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	may. 2017			jun. 2017			jul. 2017			ago. 2017								
				30/4	7/5	14/5	21/5	28/5	4/6	11/6	18/6	25/6	2/7	9/7	16/7	23/7	30/7	6/8	13/8	20/8	27/8
1	Definición de problemas y reconocimiento de necesidades	5/5/2017	19/5/2017	█																	
2	Análisis de datos	26/5/2017	9/6/2017				█														
3	Plan de recolección de datos	16/6/2017	7/7/2017							█											
4	Generación y selección de soluciones	14/7/2017	4/8/2017										█								
5	Pruebas, prototipado y planes de implementación	11/8/2017	25/8/2017													█					

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

En la figura 2.1 nos visualiza la culminación de cada etapa de la herramienta DIMAIC para el presente proyecto



**Figura 2.1. Culminación de cada proceso de DMAIC**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

## 2.1 Etapa medición

En esta etapa se va a determinar la situación actual del tiempo de carga de las baterías, para lo cual se va a desarrollar un plan de recolección de datos.

### 2.1.1 Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos presenta información detallada en el proceso de recolección:

- (Qué) ¿Qué se medirá?;
- (Tipo de dato) Cuantitativo, Cualitativo
- (Cómo) ¿Cómo se obtiene los datos?
- (Factores): Factores de estratificación
- (Muestreo) Tamaño y frecuencia de la muestra
- (Dónde) ¿Dónde se registrarán los datos?

En la tabla 2.2 permite visualizar la forma como se va a recolectar la información deseada.

**Tabla 2.2. Plan de recolección de datos**

Data	Definición operacional				
Qué	Tipo de dato	Cómo se va a medir	Factores de estratificación	Plan de muestreo	Donde se va a registrar
Tiempo de ciclo de carga de las baterías	Discreto	Diariamente se registra los datos de cada batería de prueba, visualizando el tiempo de carga en el programa de cargadores y se realizará las pruebas de laboratorios correspondientes	Tipo de batería Tipo de cargador Tipo de placa positiva Tipo de placa negativa Densidad de electrolito inicial Densidad de electrolito luego de la carga Pruebas de laboratorio	Diariamente 5 baterías por cada cada cargador	En un registro creado para la toma de datos

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia



- C20
- Arranque en frío
- Prueba de vibración.

### 2.1.2 Enfoque de muestreo

Para obtener una data confiable en la etapa de medición las muestras deben ser representativas.

- Los datos recolectados deben representar al proceso o la población bajo estudio.
- No debe existir diferencia sistemática entre los datos recolectados y los no recolectados.
- Todos los elementos deben tener la misma probabilidad de ser incluidas

Se hace una muestra piloto de 16 baterías tomando como referencia la prueba de la capacidad de reserva para determinar cuál debe ser nuestra cantidad de muestra, tal como se visualiza en la tabla 2.4:

**Tabla 2.4. Documento para la recolección de datos**

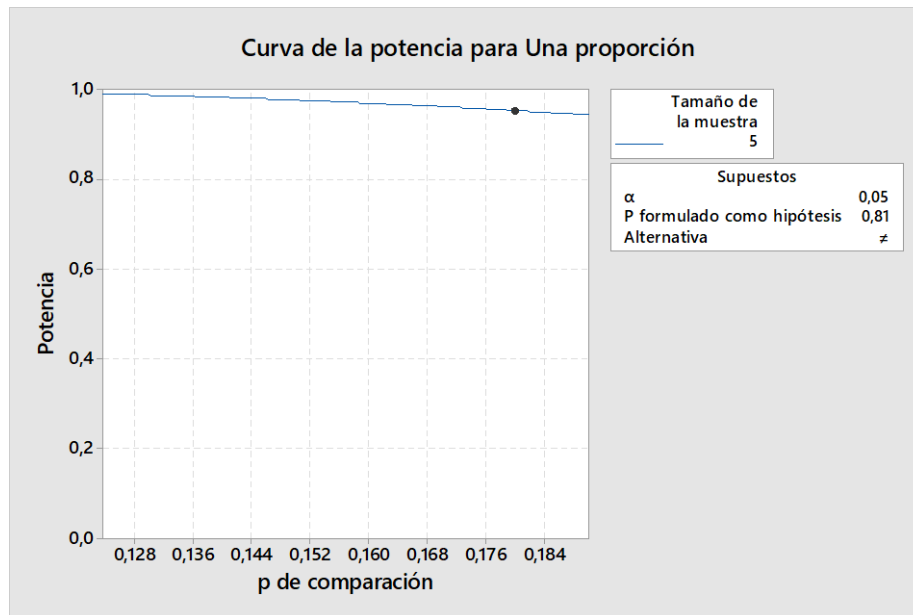
Resultados según la capacidad de reserva				
# muestra	Tipo de cargador			
	Hindu	Firing Circuit	Sovema	Coulform
1	1	1	0	1
2	1	0	1	1
3	1	1	1	1
4	1	0	1	1
<b>Proporción</b>				<b>0.8125</b>

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Donde el número 1 representa que la batería cumple con las especificaciones y 0 que no aprueba. Con estos resultados se procede a realizar una prueba de proporción para determinar el tamaño de la muestra, tal como se muestra en la figura 2.2:





**Figura 2.2. Tamaño de muestra del plan de recolección de datos**

Fuente: Alcívar, 2017.

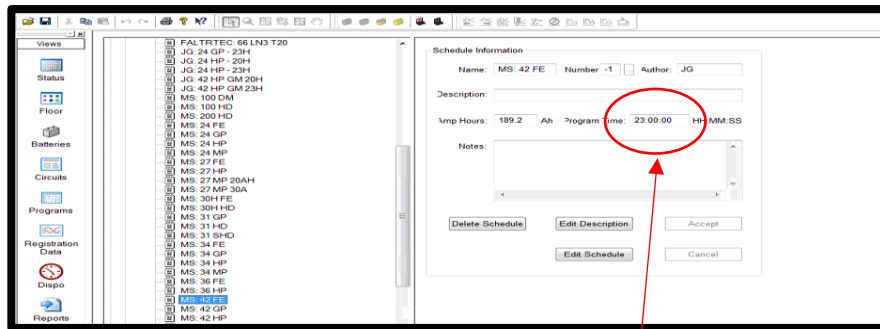
Elaboración propia.

De acuerdo al resultado de la gráfica, el tamaño de la muestra con una proporción hipotética de 0.81, el plan de recolección de datos deberá de ser de 5 baterías por cargador.

### 2.1.3 Prueba de confiabilidad del plan de recolección de datos

Durante el levantamiento de información, los datos recolectados a través del documento generado, son los que se van a reflejar la situación de cómo está trabajando el área de carga con respecto a los tiempos de ciclo de carga de las baterías, es por esta razón, que es necesario que sean datos reales, confiables y de fácil validación, de tal manera, los datos más importantes serán validados:

- Para la validación de los tiempos de ciclo de carga de las baterías, se realiza una comparación entre el tiempo registrado en la data versus el tiempo que se registra en el programa de carga, de acuerdo a la figura 2.3:



Floor test							
Date	Battery type	Charger type	Positive plate type	Negative plate type	Initial density	time of charger	Release density
Discrete	Discrete	Discrete	Discrete	Discrete	Continuous	Discrete	Continuous
	Nombre	Nombre	Nombre	Nombre	1.150+/- 10	23	1.200+/- 10

**Figura 2.3. Confiabilidad de los tiempos de carga**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

- Para la validación de las pruebas de laboratorio, es necesario comparar los valores registrados en la data versus los resultados que emite el laboratorio. Los cuales se registran en la data, como aprobado o rechazado.
- Para la validación de la formación de placas de las baterías, se realiza el método GEMBA para verificar información de data, versus la formación de placas de acuerdo a la figura 2.4



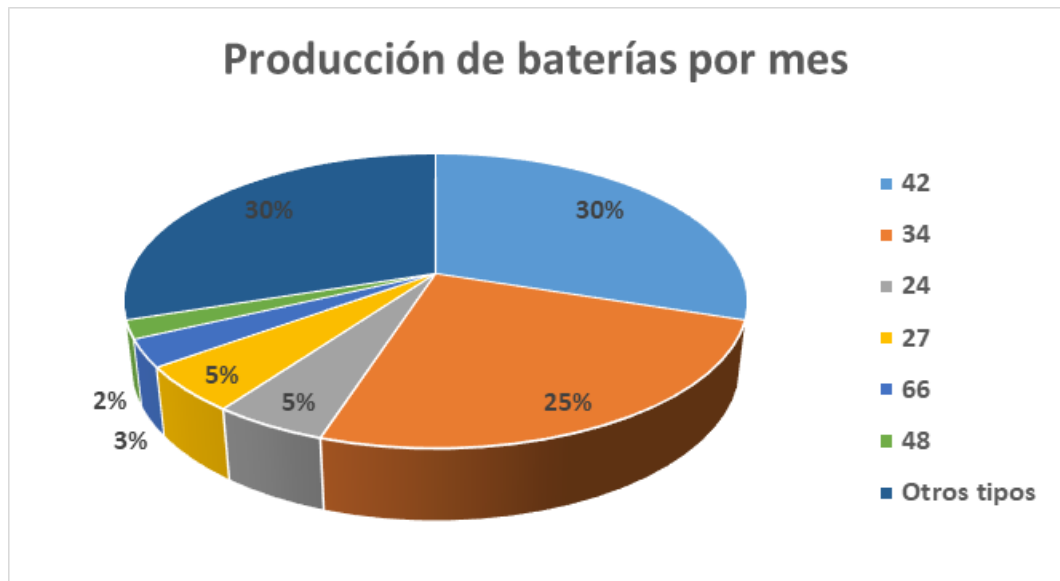
**Figura 2.4. Confiabilidad de la formación de placas**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

#### 2.1.4 Estratificación de datos

Para la realización del proyecto disminución de los tiempos de ciclo de carga de las baterías, solo se va enfocar en los tipos de baterías que requieren mayor demanda en la planificación de la producción, de acuerdo a la figura 2.5:



**Figura 2.5. Estratificación de datos según tipo de batería**

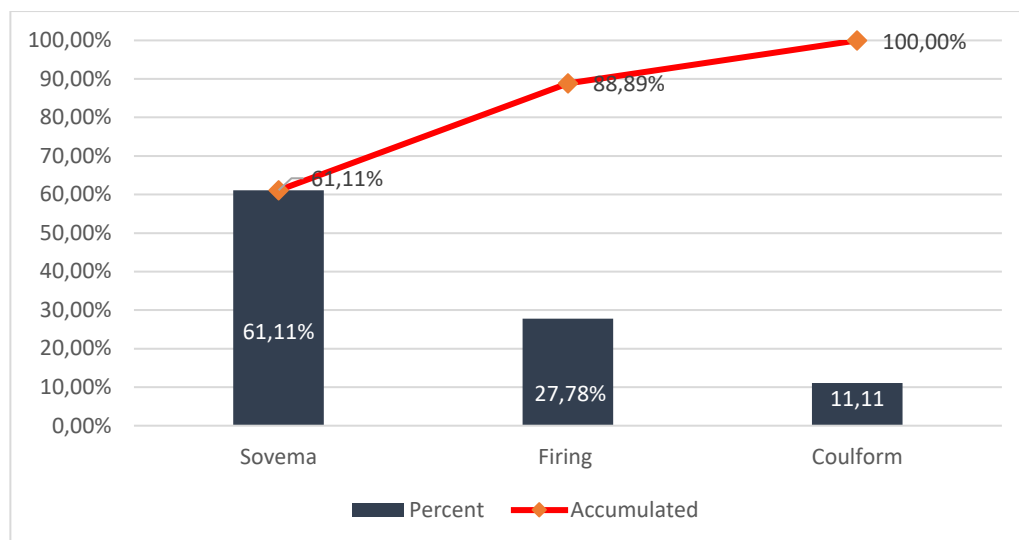
Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

De acuerdo a la figura, se observa que el 30% de fabricación de baterías son las del tipo 42 y el 25% son las del tipo 34, por lo que, para desarrollo del proyecto se decide trabajar con estos dos tipos de baterías, ya que representan el 55% de la producción mensual de baterías.

Luego de esto se decide estratificar las baterías por tipo de cargador, considerando los resultados de la capacidad de reserva de la batería, siendo esta la que indica si la batería está bien cargada o no.

Después de realizar la recolección de datos, en base a lo propuesto anteriormente mencionado, se obtiene los siguientes resultados de acuerdo a la figura 2.6:



**Figura 2.6. Estratificación de datos según tipo de cargador**

Fuente: Alcívar, 2017.

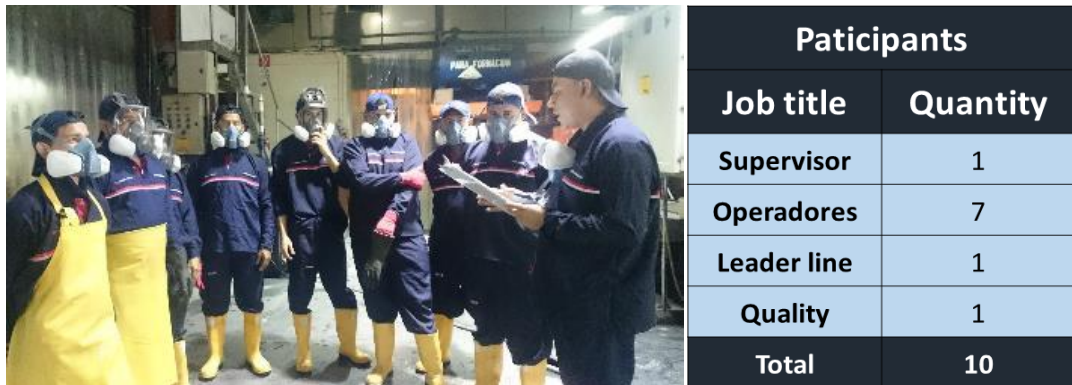
Elaboración propia.

Para la elaboración de la figura 2.6 se realiza un diagrama de Pareto, en el cual se refleja que el 88.89% de no conformidad con respecto a la capacidad de reserva, se ve concentrado en los cargadores Sovema y Firing, y para enfoque del proyecto, se va a realizar el estudio en los dos cargadores en mención.

## 2.2 Etapa Análisis

En esta etapa se procede al análisis de los datos obtenidos en la recolección de datos, para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora.

Para obtener la causa raíz se procede a realizar una lluvia de idea con los integrantes del área, tanto operadores como encargado del área y calidad, figura 2.7, considerando que el problema principal es el incremento del tiempo de carga de las baterías.



**Figura 2.7. Grupo para la generación de lluvias de ideas**

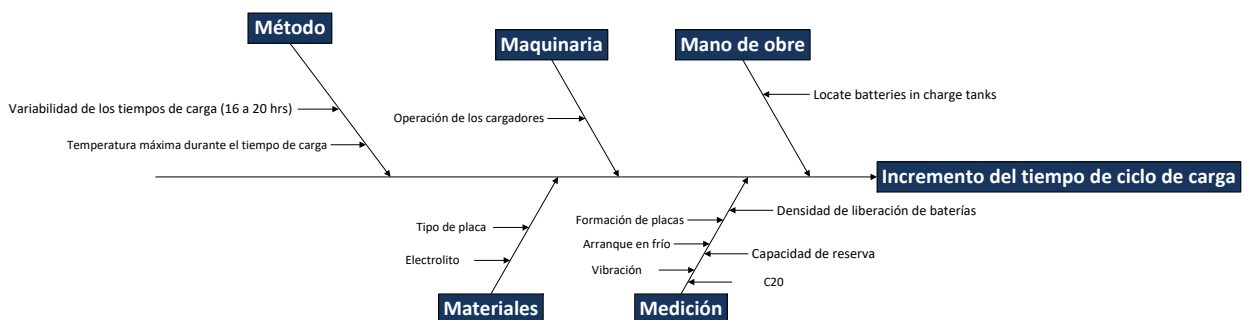
Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Para el desarrollo de la lluvia de idea, se agruparon 10 participantes, los cuales:

- 1 supervisor, quien guía al grupo enfocándolo en el problema mencionado.
- 7 operadores, quienes son los que con su conocimiento del día a día en el área, aportan con la generación de posibles causas del problema.
- 1 líder de línea o facilitador, que, con su conocimiento en la parte técnica, aporta en la generación de causas.
- 1 asistente de calidad, que, con su conocimiento en las pruebas de calidad, aporta en la generación de causas.

Para la reorganización de la lluvia de ideas, generados por el equipo, se generó un diagrama de Ishikawa, figura 2.8:



**Figura 2.8. Diagrama de Ishikawa**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

### 2.2.1 Matriz causa y efecto

La finalidad de generar una matriz causa efecto, es para determinar el nivel de impacto de cada una de las posibles causas que generen el incremento de los tiempos de carga de las baterías. Para ello:

- Se coloca en la parte superior de la matriz, el problema identificado.
- Se coloca las posibles causas del problema, la cual se obtuvo del diagrama de Ishikawa y se los organizan a través del mapa del proceso, identificado en el SIPOC.
- Se establece un nivel de relación entre la causa y el problema, los cuales:
  - Blanco = Ninguna correlación
  - 1 = Correlación muy Remota
  - 3 = Correlación Moderada
  - 9 = Correlación fuerte

Teniendo en cuenta estos puntos para la realización de la matriz, se obtiene la siguiente tabla 2.5:

**Tabla 2.5. Matriz Causa y Efecto**

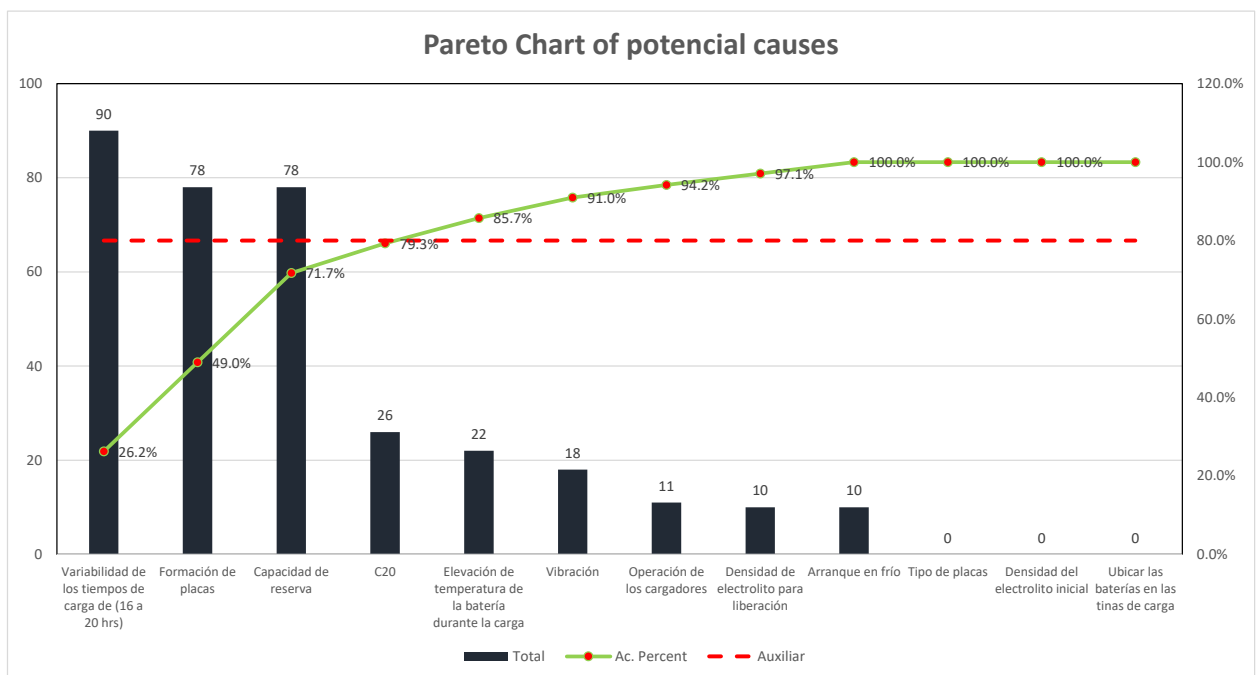
<b>Matriz causa y efecto</b>	<b>Incremento del tiempo de ciclo de carga</b>									<b>Total</b>
<b>Llenar las baterías con electrolito</b>										<b>0</b>
Tipo de placas										<b>0</b>
Densidad del electrolito inicial										<b>0</b>
<b>Habilidad del operador</b>										<b>0</b>
Ubicar las baterías en las tinas de carga										<b>0</b>
<b>Encender los programas de carga</b>										<b>0</b>
Operación de los cargadores	1	1				3	3	3		<b>11</b>
Variabilidad de los tiempos de carga de (16 a 20 hrs)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	<b>90</b>
Elevación de temperatura de la batería durante la carga	1	1	1	3	3	3	3	3	1	<b>22</b>
<b>Liberación de la batería</b>										<b>0</b>
Densidad de electrolito para liberación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>10</b>
Formación de placas	9	9	9	9	9	3	9	9	3	<b>78</b>
Capacidad de reserva	9	9	9	3	9	3	9	9	9	<b>78</b>
C20	3	1	1	3	3	3	3	3	3	<b>26</b>
Arranque en frío	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>10</b>
Vibración	1	1	1	3	3	3	3	1	1	<b>18</b>

Fuente: Alcivar, 2017.

Elaboración propia

La tabla 2.4 Matriz Causa y Efecto muestra el nivel de correlación que se obtuvo de las causas posibles que hayan generado el incremento del tiempo de ciclo de carga. Las calificaciones de cada causa se la generaron realizando una charla con 10 personas pertenecientes al proceso de carga de baterías. Luego de esto se establece prioridades de causas, las cuales, son aquellas que obtuvieron la mayor calificación.

Se realiza un diagrama de Pareto, figura 2.9, para determinar cuáles son las causas de mayor impacto:



**Figura 2.9. Diagrama de Pareto de causas potenciales**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 2.9, las causas potenciales de nuestro proyecto son las siguientes:

- Variabilidad de los tiempos de carga, cuya calificación de correlación fue de 90.
- Formación de placas, cuya calificación de correlación fue de 78.
- Capacidad de reserva, cuya calificación de correlación fue de 78.

Las tres causas potenciales representan el 71.7% de nivel de correlación con respecto al incremento de los tiempos de carga de las baterías.

## 2.2.2 Plan de verificación de causas

Ya identificado las posibles causas del problema, se elabora el plan de verificación de causas potenciales con la finalidad de llegar a la causa raíz, de acuerdo a la tabla 2.6:

**Tabla 2.6. Plan de Verificación de Causas**

<b>Plan de Verificación de Causas</b>			
<b>Causas Potenciales [Xs]</b>	<b>Teoría acerca del impacto</b>	<b>Método de Verificación</b>	<b>Estado</b>
<b>Variabilidad de los tiempos de carga (16 a 20 hrs.)</b>	<b>No se tiene tiempos de carga estandarizado y eficientes</b>	Análisis estadístico, comparando resultados entre el tiempo actual vs el propuesto	Completo
<b>Capacidad de reserva</b>	<b>No cumple con las especificaciones de la batería</b>	Análisis estadístico, comparar resultados de capacidad de reserva actual vs propuesto, herramienta 5 Por qué	Completo
<b>Formación de placas</b>	<b>Existe sulfato en la superficie de la placa</b>	Método Gemba, comparando resultado actual vs el propuesto, herramienta 5 Por qué	Completo

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

De acuerdo al plan de verificación de causas, se verifica si las causas potenciales mostradas previamente, influyen en el potencial problema:

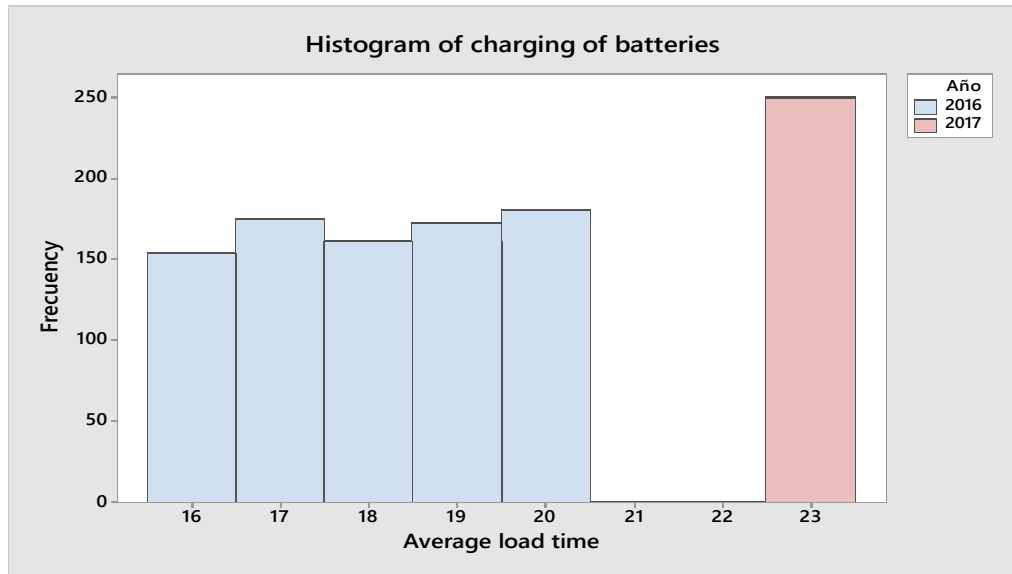
- Se realiza análisis estadísticos
- Se realiza método GEMBA, realizando comparaciones
- Se realiza la herramienta 5 Por qué

Las 3 causas potenciales identificadas, generan un impacto en el proceso de carga de las baterías.

### 2.2.2.1 Verificación de causa variabilidad en los tiempos de carga

Una de las causas identificadas es la variabilidad en los tiempos de carga (16 a 20 hrs.), como resultado de una falta de estandarización en el proceso, tal como se muestra en la figura 2.10:





**Figura 2.10. Histograma de los tiempos de carga de baterías**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

De los datos históricos que se tiene del 2016 se tiene una variabilidad en los tiempos de carga de las baterías, los cuales oscilan entre 16 a 20 horas; comparándolo con el año 2017, en el cual se estandarizó los tiempos a 23 horas.

Para la identificación de la causa raíz, se utiliza la herramienta 5 Por qué, tal como se muestra en la tabla 2.7:

**Tabla 2.7. Herramienta 5 Por qué para la variabilidad en los tiempos de carga**

Causa potencial	Variabilidad en los tiempos de carga					
	Por qué		Por qué		Por qué	Por qué
Método	Tiempo de carga no es el adecuado	→	No se tiene definido los parámetros de carga de las baterías			
Máquina	El cargador no es el adecuado	↑				
Mano de obra						
Materiales						
Medición						

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

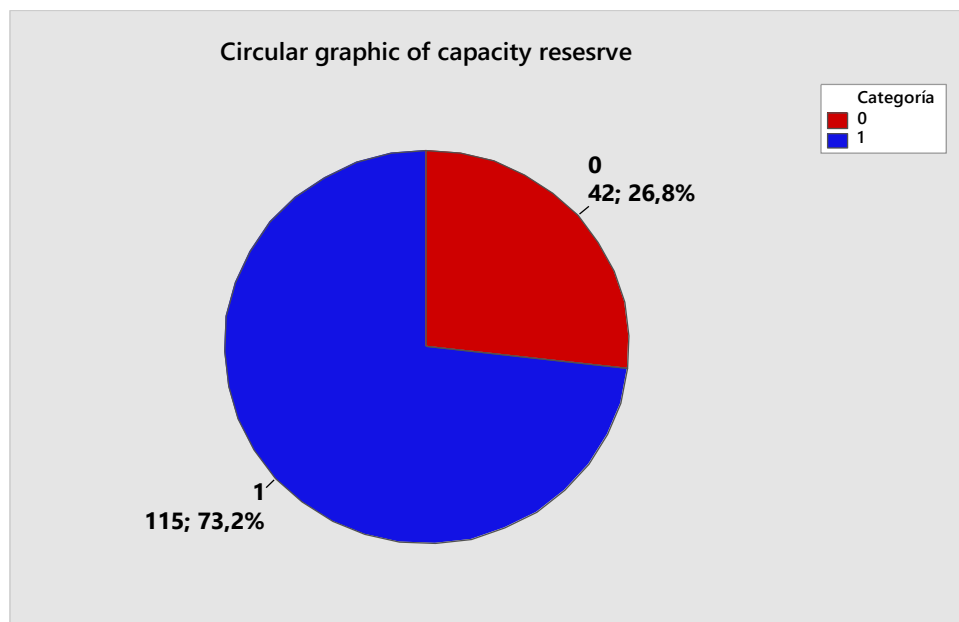
Para llegar a la conclusión se tuvo a que determinar por qué existe variabilidad en los tiempos de carga.

En el primer paso se identificó que el tiempo de carga no es el adecuado y que tampoco el cargador no es el adecuado para la carga de baterías.

Luego de realizar el segundo Por qué, se llega a la conclusión o a la causa raíz del problema, siendo identificada como no tener definido los parámetros de carga de las baterías.

### 2.2.2.2 Verificación de causa capacidad de reserva

Una de las causas identificadas es la capacidad de reserva de la batería, siendo esta la principal medición de calidad para determinar si la batería está correctamente cargada, la cual actualmente sigue presente el problema, existiendo producto no conforme debido a que la capacidad de reserva está por debajo de las especificaciones técnicas, tal como se muestra en la figura 2.11:



**Figura 2.11. Gráfica para la verificación de la capacidad de reserva**



Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 2.11, el 26.8% de la muestra tomada no cumplen las especificaciones con respecto a la capacidad de reserva de la batería, siendo esta prueba la que determina si la batería está correctamente cargada o no.

Para la identificación de la causa raíz, se utiliza la herramienta 5 Por qué, tal como se muestra en la tabla 2.8:

**Tabla 2.8. Herramienta 5 Por qué para la baja capacidad de reserva**

Causa potencial		Baja capacidad de reserva de las baterías					
	Por qué		Por qué		Por qué		Por qué
Método	Tiempo de carga no es el adecuado		No se tiene definido los parámetros de carga de las baterías				
Máquina	El cargador no es el adecuado						
Mano de obra							
Materiales							
Medición							

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

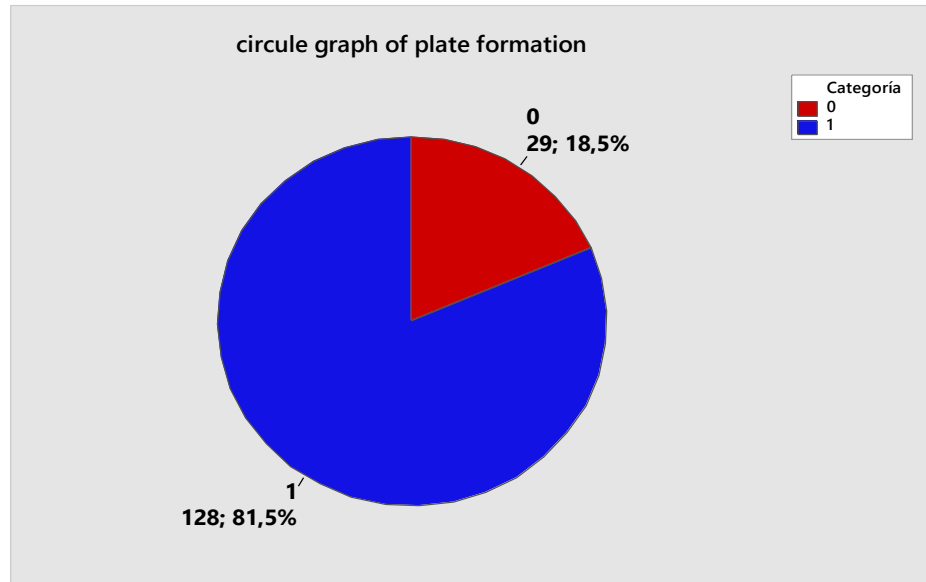
Para llegar a la conclusión se tuvo a que determinar por qué existe la baja capacidad de reserva de las baterías.

En el primer paso se identificó que el tiempo de carga no es el adecuado y tampoco el cargador no lo es para obtener la capacidad de reserva ideal de las baterías.

Luego de realizar el segundo Por qué, se llega a la conclusión o a la causa raíz del problema, siendo identificada como no tener definido los parámetros de carga de las baterías.

### 2.2.2.3 Verificación de causa para la formación de placas de las baterías

Una de las causas identificadas es la formación de placas de las baterías, la cual actualmente sigue presente el problema que existe placas mal formadas, tal como se muestra en la figura 2.12:



**Figura 2.12. Gráfica para la verificación de la formación de placas**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 2.12, el 18.5% de la muestra tomada existe una mala formación de las placas de las baterías.

Para la identificación de la causa raíz, se utiliza la herramienta 5 Por qué, tal como se muestra en la tabla 2.9:

**Tabla 2.9. Herramienta 5 Por qué de la mal formación de placas**

Causa potencial	No conformidad en la formación de placas					
	Por qué		Por qué		Por qué	Por qué
Método	Tiempo de carga no es el adecuado	→	No se tiene definido los parámetros de carga de las baterías			
Máquina						
Mano de obra						
Materiales						
Medición						

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Para llegar a la conclusión se tuvo a que determinar por qué existe la no conformidad en la formación de las placas de las baterías.

En el primer paso se identificó que debido a que el tiempo de carga no es el adecuado genera mal formación de placas de las baterías.

Luego de realizar el segundo Por qué, se llega a la conclusión o a la causa raíz del problema, siendo identificada como no tener definido los parámetros de carga de las baterías.

### 2.2.3 Causa raíz del problema

A continuación, en la tabla 2.10, se muestra el resumen de las causas raíces, generadas a partir de las causas potenciales identificadas en el proceso.

**Tabla 2.10. Causa raíz del problema**

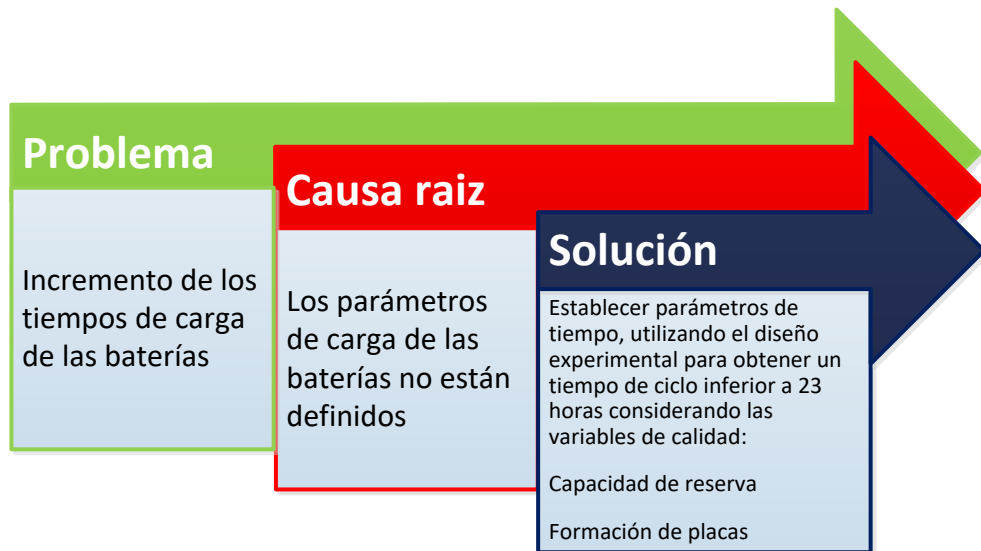
Problema	Causas potenciales	Causa raíz
Incremento en los tiempos de ciclo de carga de las baterías	Variabilidad en los tiempos de carga (16 a 20 hrs)	Los tiempos de ciclo de carga no están definidos
	Baja capacidad de reserva	
	Formación de placas	

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Después del análisis de los datos se puede determinar que el tiempo de carga actual no es el ideal, debido al hecho de que continúan ocurriendo los mismos problemas, como la capacidad de reserva no conforme y la pobre formación de placas de batería.

Una vez determinado la causa raíz del problema, se identifica la solución que se va a establecer para poder definir los tiempos de carga de las baterías, de acuerdo a la siguiente figura 2.13:



**Figura 2.13 Generación de solución**

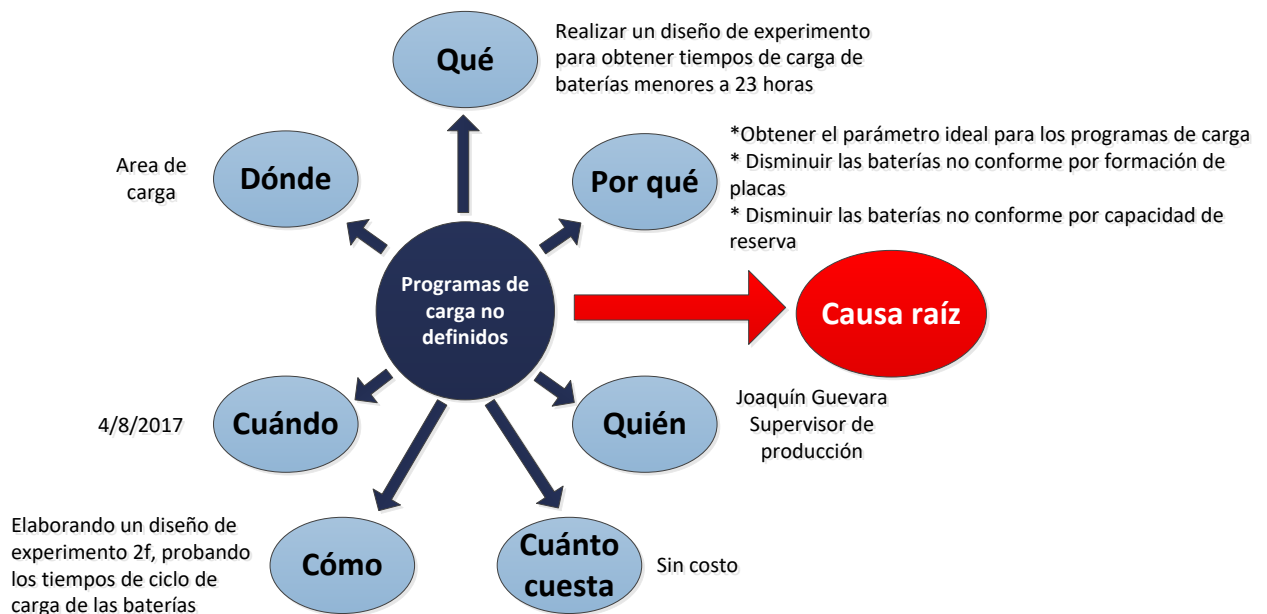
Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Según la figura 2.13 Generación de solución, para el problema presentado se va a validar los tiempos establecidos por debajo del tiempo actual de carga “23 hrs”, hasta obtener los parámetros ideales de carga considerando las variables de calidad:

- Capacidad de reserva
- Formación de placas

Para la ejecución del plan de implementación de la solución, se la realiza de acuerdo a la gráfica 2.14:



**Figura 2.14 Plan de implementación de solución 5w2h**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 2.14 Plan de implementación de la solución, se utiliza la herramienta 5w2h, para la cual se procede a:

- Realizar un diseño de experimento con los tiempos de ciclo de carga de las baterías, considerando las etapas de carga de las baterías.
- Se va a realizar en el área de carga, en el cual, la persona que estará a cargo de realizar las combinaciones será el supervisor del área.
- No tiene costo realizar este diseño de experimento, debido a que solo se requiere modificar el programa de carga de las baterías, por ejemplo, si la batería requiere carga, se la vuelve a recargar, y si se sobrecarga, se deja en reposo la batería hasta que cumplan las especificaciones de la batería.
- Este proceso arranca a partir del 04/agosto/2017.

Para realizar el diseño de experimento se toma como punto de partida los parámetros de carga actuales tal como demuestra la tabla 2.11:

**Tabla 2.11 Parámetros de carga actual de baterías**

Step	Action	Current	Time hrs	Amperios horas total AH
1	Fill with acid 1.156 kg/l			
2	Put in water bath and connect charger		< 0.5 h after filling	
1	Start Charging 1	0.5 x I <sub>20</sub>	1	1.125
2	Start charging 2	4.5 x I <sub>20</sub>	2	20.25
3	Formation 1	4.2 x I <sub>20</sub>	3	28.35
4	Formation 2	4 x I <sub>20</sub>	15	135
5	Finally Charging	1 x I <sub>20</sub>	2	4.5
		<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>189.225</b>

Fuente: Detchko Pavlov, 2011.

Lead-acid batteries

Donde cada etapa de carga de las baterías viene definida por un valor propuesto por el libro Lead-acid batteries [9], el cual se multiplica por el I<sub>20</sub> que representa la corriente nominal de la batería; donde el I<sub>20</sub> es la corriente nominal de la batería, la cual está dada por el C<sub>20</sub> de la batería, dividido para 20, donde el C<sub>20</sub> es la capacidad nominal de la batería.

El C<sub>20</sub> es un valor que está regulado por la norma NTE INEN 1498, el cual el laboratorio de la empresa es el que proporciona la siguiente tabla 2.12:



**Tabla 2.12 Capacidad nominal de baterías**

<b>Tipo de Batería</b>		<b>Laboratorio Capacidad Nominal Ah</b>
<b>NS40</b>	GP	36
<b>NS40</b>	FE	40
<b>NS40</b>	HP	45
<b>N40</b>	FE	45
<b>N40</b>	HP	55
<b>36</b>	FE	45
<b>36</b>	HP	50
<b>42</b>	GP	40
<b>42</b>	FE	45
<b>42</b>	HP	55
<b>42</b>	MP	60
<b>42</b>	HP GM	60
<b>55</b>	FE	55
<b>55</b>	HP	60
<b>55</b>	MP	70
<b>65</b>	FE	50
<b>65</b>	HP	60
<b>66</b>	FE	55
<b>66</b>	HP	70
<b>66</b>	LN3 GM	70
<b>48</b>	HP	70
<b>34</b>	FE	55

Fuente: Laboratorio de calidad, 2017.

Elaborado por Tecnova

Los parámetros iniciales son cogidos como referencia para cargar las baterías, en los cuales se divide en 5 etapas de carga:

- Etapa inicial 1
- Etapa inicial 2
- Etapa de formación 1
- Etapa de formación 2
- Etapa final de carga

## 2.2.4 Diseño de experimento

Para la realización del experimento, primero se establece cuáles son los parámetros fijos y cuáles son los variables, adicional se define el número de factores a utilizar y el total de muestra que se requiere para validación de la prueba piloto.

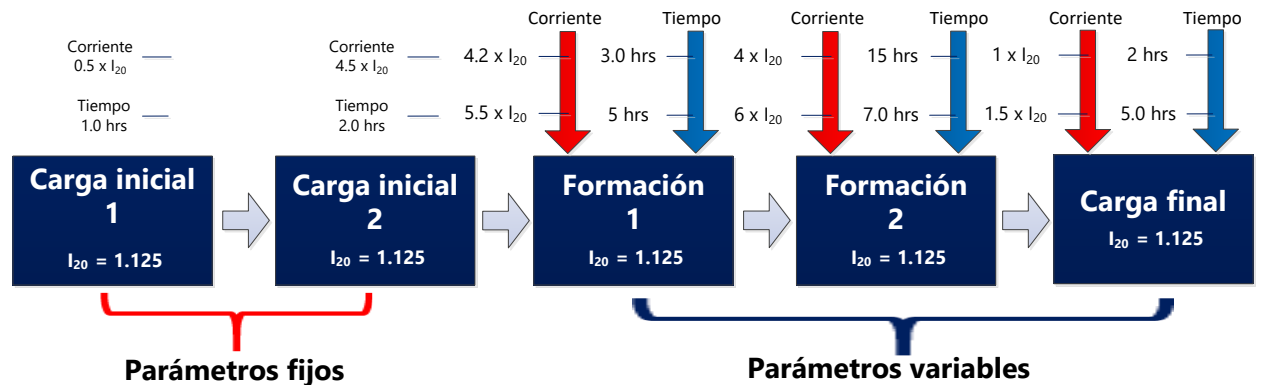


Figura 2.15 Diseño de experimento para los parámetros de carga

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia.

Como se puede visualizar en la figura 2.15 Diseño de experimento para los parámetros de carga, los parámetros fijos son:

- Carga inicial 1 y 2, debido a que son las etapas de inicio o de arranque de carga de las baterías, y con los parámetros establecidos no se ha tenido inconvenientes.
- Los parámetros variables son: etapa de formación 1, 2, y etapa final de carga de la batería, con los cuales van a ser los datos utilizados para realizar el experimento.

Para lo cual, se va a trabajar con dos factores en cada etapa de los parámetros variables tales como la corriente y el tiempo.

Adicional se realiza el experimento con dos niveles tal como se muestra la tabla 2.13:

**Tabla 2.13 Factores y niveles del diseño de experimento**

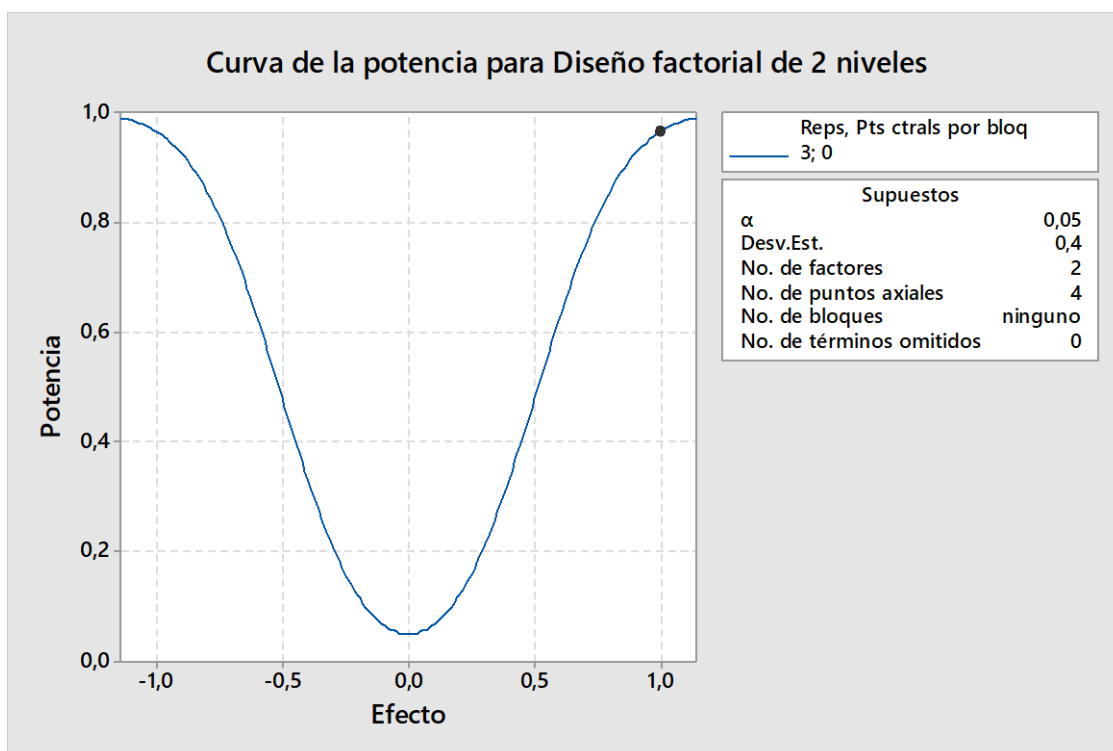
		Corriente	tiempo
Formación 1	Nivel 1	4.2 x I <sub>20</sub>	3
	Nivel 2	5.5 x I <sub>20</sub>	5
Formación 2	Nivel 1	4 x I <sub>20</sub>	15
	Nivel 2	6 x I <sub>20</sub>	7
Carga final	Nivel 1	1 x I <sub>20</sub>	2
	Nivel 2	1.5 x I <sub>20</sub>	5

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

De acuerdo con la información recolectada se va a trabajar con un modelo de diseño de experimento 2<sup>2</sup>, considerando 2 factores y 2 niveles.

Para el tamaño de muestra del experimento se utiliza la herramienta Minitab para realizar el modelo de curva de la potencia para diseño factorial de 2 niveles:



**Figura 2.16 Tamaño de la muestra para un diseño factorial de 2 niveles**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Tal como muestra la figura 2.16:

- Una hora como efecto en nuestra muestra
- Valor de potencia de 0.9
- Y una desviación estándar del 0.4, valor obtenido de la recolección de datos.

Se obtiene que el total de la muestra que se va a utilizar para realizar las combinaciones posibles es de 3, sin embargo, se procede a realizar un tamaño de muestra con 5 replicaciones, debido a que existe disponibilidad de área para realizar las pruebas.

Una vez con estos datos, se procede a utilizar la herramienta Minitab para la generación de combinaciones aleatorias.

Para la etapa formación 1 se obtuvo las siguientes combinaciones tal como se muestra en la tabla 2.14:

**Tabla 2.14 Combinaciones aleatorias para la etapa formación 1**

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Current	Time
16	1	1	1	5,5	5
7	2	1	1	4,2	5
17	3	1	1	4,2	3
2	4	1	1	5,5	3
3	5	1	1	4,2	5
12	6	1	1	5,5	5
14	7	1	1	5,5	3
9	8	1	1	4,2	3
11	9	1	1	4,2	5
10	10	1	1	5,5	3
6	11	1	1	5,5	3
19	12	1	1	4,2	5
1	13	1	1	4,2	3
8	14	1	1	5,5	5
20	15	1	1	5,5	5
13	16	1	1	4,2	3
18	17	1	1	5,5	3
5	18	1	1	4,2	3
4	19	1	1	5,5	5
15	20	1	1	4,2	5

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Para la etapa formación 2 se obtuvo las siguientes combinaciones tal como se muestra en la tabla 2.15:

**Tabla 2.15 Combinaciones aleatorias para la etapa formación 2**

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Current	Time
5	1	1	1	4	15
12	2	1	1	6	7
14	3	1	1	6	15
1	4	1	1	4	15
16	5	1	1	6	7
8	6	1	1	6	7
18	7	1	1	6	15
3	8	1	1	4	7
9	9	1	1	4	15
20	10	1	1	6	7
4	11	1	1	6	7
10	12	1	1	6	15
7	13	1	1	4	7
13	14	1	1	4	15
15	15	1	1	4	7
6	16	1	1	6	15
11	17	1	1	4	7
19	18	1	1	4	7
2	19	1	1	6	15
17	20	1	1	4	15

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Para la etapa final de carga se obtuvo las siguientes combinaciones tal como se muestra en la tabla 2.16:

**Tabla 2.16 Combinaciones aleatorias para la etapa final de carga**

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Current	Time
13	1	1	1	1	2
11	2	1	1	1	5
16	3	1	1	1,5	5
6	4	1	1	1,5	2
18	5	1	1	1,5	2
15	6	1	1	1	5
7	7	1	1	1	5
19	8	1	1	1	5
4	9	1	1	1,5	5
17	10	1	1	1	2
1	11	1	1	1	2
14	12	1	1	1,5	2
20	13	1	1	1,5	5
5	14	1	1	1	2
8	15	1	1	1,5	5
10	16	1	1	1,5	2
9	17	1	1	1	2
3	18	1	1	1	5
12	19	1	1	1,5	5
2	20	1	1	1,5	2

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Una vez generadas todas las combinaciones posibles se realiza una sola tabla, en la cual me permita determinar los parámetros a utilizar, para elaborar el programa de carga de prueba, tal como se visualiza en la siguiente tabla:

**Tabla 2.17 Combinación total del diseño de experimento**

	Parámetros fijos				Parámetros variables					
	Carga inicial 1		Carga inicial 2		Formación 1		Formación 2		Carga final	
	Corriente A	Tiempo Hrs	Corriente A	Tiempo Hrs	Corriente A	Tiempo Hrs	Corriente A	Tiempo Hrs	Corriente A	Tiempo Hrs
1	0.5	1	4.5	2	5.5	5	4	15	1	2
2	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5
3	0.5	1	4.5	2	4.2	3	6	15	1.5	5
4	0.5	1	4.5	2	5.5	3	4	15	1.5	2
5	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1.5	2
6	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5
7	0.5	1	4.5	2	5.5	3	6	15	1	5
8	0.5	1	4.5	2	4.2	3	4	7	1	5
9	0.5	1	4.5	2	4.2	5	4	15	1.5	5
10	0.5	1	4.5	2	5.5	3	6	7	1	2
11	0.5	1	4.5	2	5.5	3	6	7	1	2
12	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	15	1.5	2
13	0.5	1	4.5	2	4.2	3	4	7	1.5	5
14	0.5	1	4.5	2	5.5	5	4	15	1	2
15	0.5	1	4.5	2	5.5	5	4	7	1.5	5
16	0.5	1	4.5	2	4.2	3	6	15	1.5	2
17	0.5	1	4.5	2	5.5	3	4	7	1	2
18	0.5	1	4.5	2	4.2	3	4	7	1	5
19	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	15	1.5	5
20	0.5	1	4.5	2	4.2	5	4	15	1.5	2

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

De acuerdo a los datos de la tabla 2.17, se tiene 20 combinaciones, en la cual se combina los parámetros fijos con los valores aleatorios de cada parámetro variable. Una vez con estos datos, se procede a la evaluación de los resultados de cada combinación posible.

Para estudio y desarrollo se utilizaron las baterías tipo 42.

**Tabla 2.18 Resultados de las combinaciones del diseño de experimento**

	Battery type	C20	Parámetros fijos		Parámetros variables			Total AH	Total de horas	Capacidad de reserva Conforme	formación de placas conforme
			Carga inicial 1	Carga inicial 2	Formación 1	Formación 2	Carga final				
1	42	45	1.125	20.25	61.875	135	4.5	222.75	25	0	0
2	42	45	1.125	20.25	47.25	94.5	11.25	174.375	20	1	1
3	42	45	1.125	20.25	28.35	202.5	16.875	269.1	26	0	0
4	42	45	1.125	20.25	37.125	135	6.75	200.25	23	1	1
5	42	45	1.125	20.25	47.25	94.5	6.75	169.875	17	0	0
6	42	45	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1
7	42	45	1.125	20.25	37.125	202.5	11.25	272.25	26	0	0
8	42	45	1.125	20.25	28.35	63	11.25	123.975	18	0	0
9	42	45	1.125	20.25	47.25	135	16.875	220.5	28	0	0
10	42	45	1.125	20.25	37.125	94.5	4.5	157.5	15	0	0
11	42	45	1.125	20.25	37.125	94.5	4.5	157.5	15	0	0
12	42	45	1.125	20.25	47.25	202.5	6.75	277.875	25	0	0
13	42	45	1.125	20.25	28.35	63	16.875	129.6	18	0	0
14	42	45	1.125	20.25	61.875	135	4.5	222.75	25	0	0
15	42	45	1.125	20.25	61.875	63	16.875	163.125	20	0	0
16	42	45	1.125	20.25	28.35	202.5	6.75	258.975	23	0	0
17	42	45	1.125	20.25	37.125	63	4.5	126	15	0	0
18	42	45	1.125	20.25	28.35	63	11.25	123.975	18	0	0
19	42	45	1.125	20.25	61.875	202.5	16.875	302.625	28	0	0
20	42	45	1.125	20.25	47.25	135	6.75	210.375	25	0	0

Fuente: Alcívar, 2017.

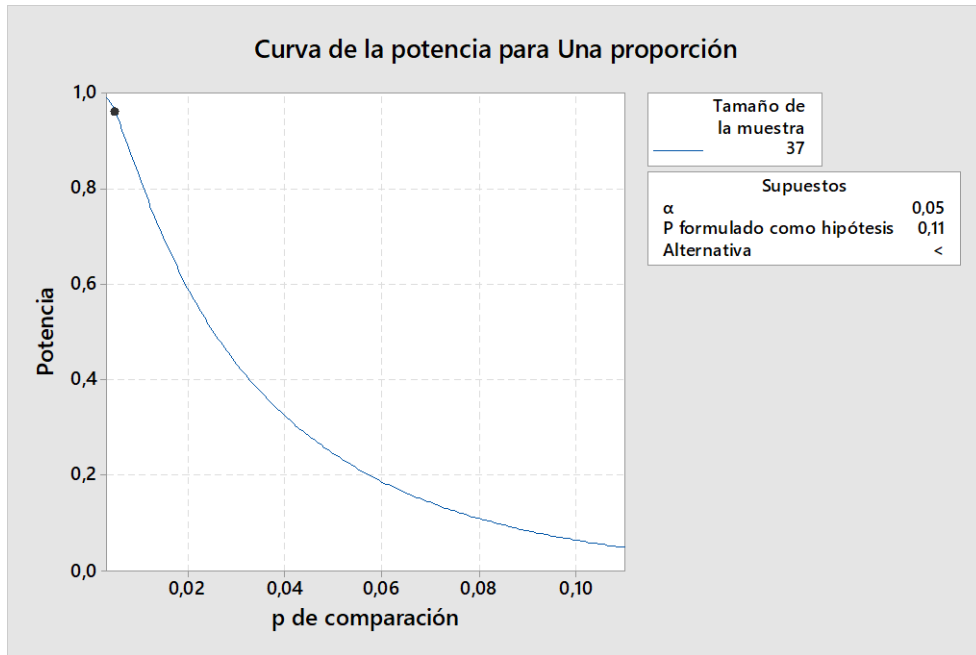
Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 2.18, podemos deducir que a través de las combinaciones 2 y 6 cumplen con los requisitos que se buscan, tanto reducir el tiempo de ciclo de la batería, como el cumplimiento de la conformidad de baterías tanto en capacidad de reserva como en formación de placas.

### 2.2.5 Verificación de los niveles adecuados de operación

Una vez obtenida las combinaciones ideales para cumplir el objetivo, con los parámetros que me permitan disminuir el tiempo de ciclo de carga de las baterías, se procede a la evaluación de los mismos, realizando un muestreo que me determine identificar cual sería la mejor combinación.

Para ello se determina el tamaño de muestra para cada combinación, para esto, se utilizó la herramienta estadística Minitab para determinar el tamaño de la muestra, considerando nuestra variable a evaluar, siendo esta la proporción de baterías conforme debido a la capacidad de reserva.



**Figura 2.17 Tamaño de muestra para la evaluación de combinaciones**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

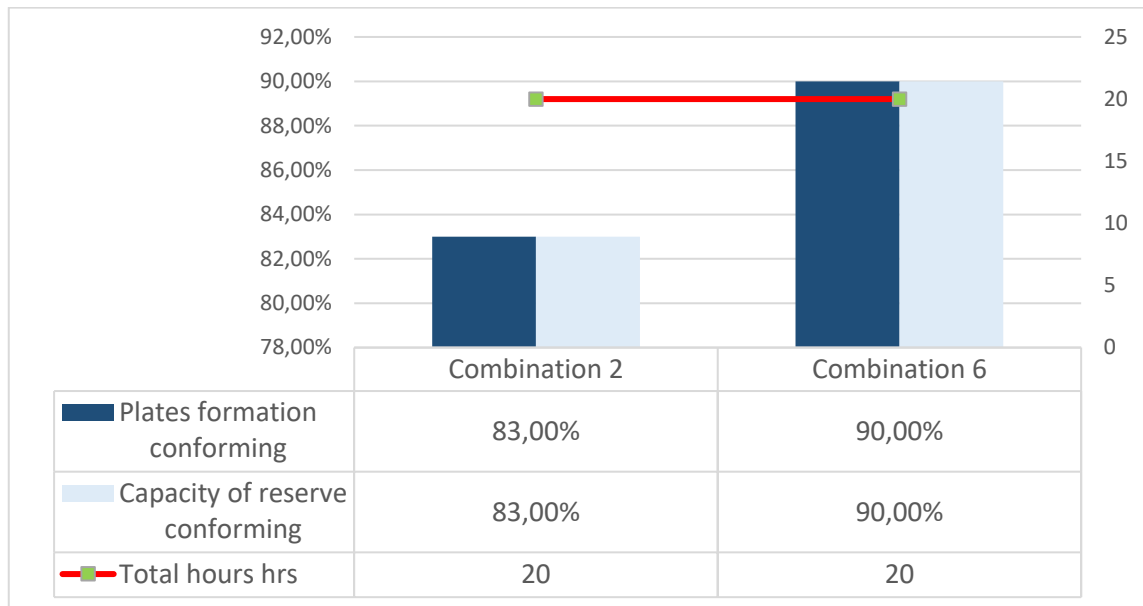
De acuerdo a la figura 2.17, considerando una proporción de comparación de producto no conforme menor a 0.5%, se sugiere realizar un tamaño de 37 muestras. Pero, debido a que, en el momento de realizar estas muestras, no se tuvo la disponibilidad suficiente para realizar el total de muestras, solo se alcanzó a realizar un total de 30 muestras, por cada combinación.



# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

Una vez realizada el muestreo por cada combinación posible, se obtiene los siguientes resultados:



**Figura 3.1 Resultado de las combinaciones**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 3.1, la mejor opción para cumplir con los objetivos planteados fue la combinación 6, en la cual el porcentaje de baterías conforme por capacidad de reserva y por formación de placas es mayor al mostrado por la combinación 2.

Para validación de la muestra se realizó una prueba de hipótesis, en la cual se considera como límite de producto no conforme 0.1.

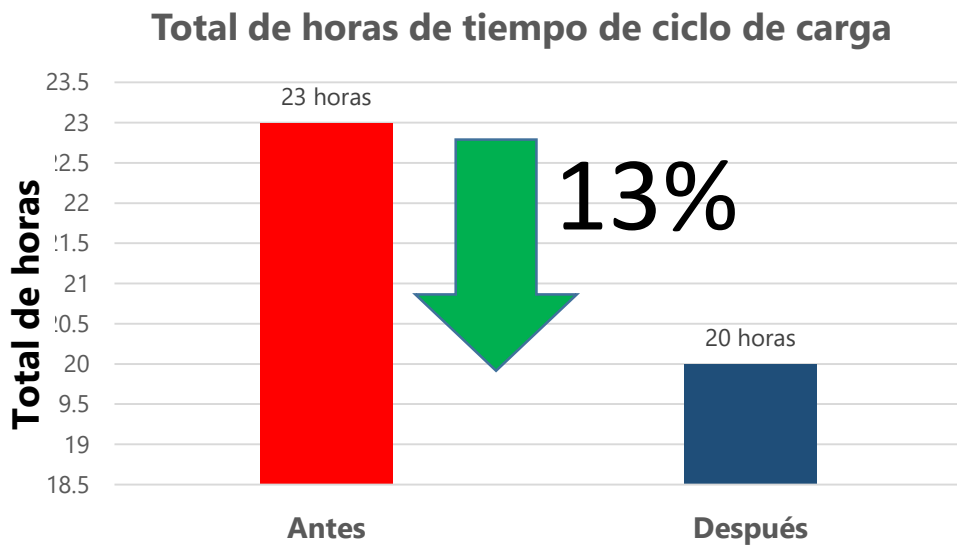
### Prueba e IC para una proporción

Prueba de  $p = 0,1$  vs.  $p > 0,1$

Muestra	X	N	Muestra p	Límite inferior de 95%	Valor p exacto
1	3	30	0,100000	0,027816	0,589

Donde el valor  $p= 0.589$  por lo que no se rechaza  $H_0$ , indicando que el porcentaje de batería no conforme con la nueva combinación es menor a 0.1%.

Ya con el resultado del prototipo de combinación, se procedió a comparar los resultados tanto del prototipo como los resultados anteriores.

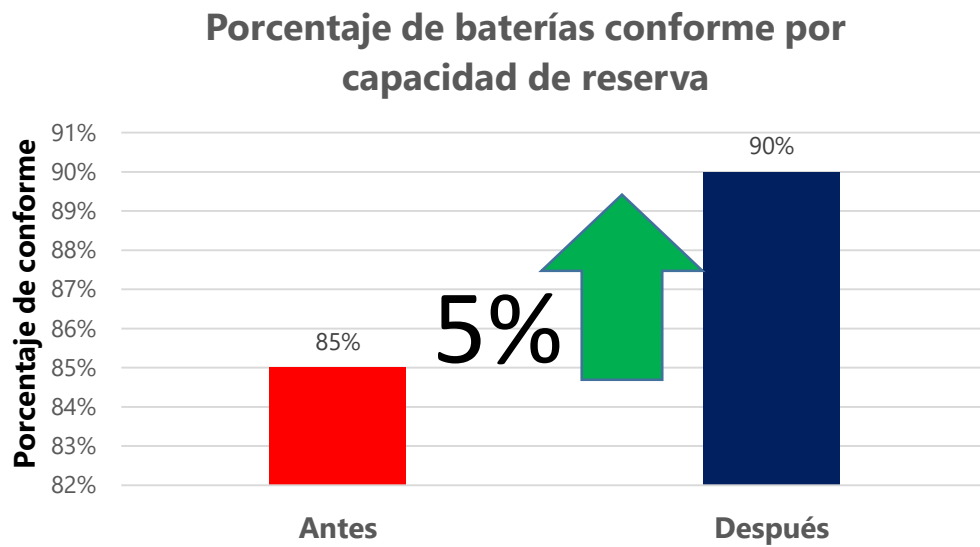


**Figura 3.2 Comparación de resultados de horas antes vs después**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 3.2, existe una reducción del 13% en el total de tiempo de carga de las baterías, considerando la combinación prototipo vs la combinación que se encuentra actualmente en el área.

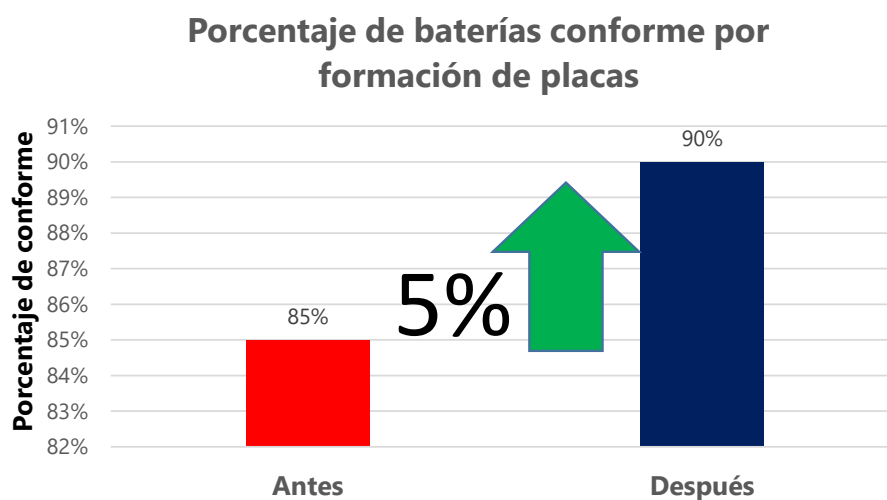


**Figura 3.3 Comparación de porcentaje de capacidad de reserva antes vs después**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Como se visualiza en la figura 3.3, existe un incremento del 5% en el total de baterías conforme por capacidad de reserva, considerando la combinación prototipo vs la combinación que se encuentra actualmente en el área.



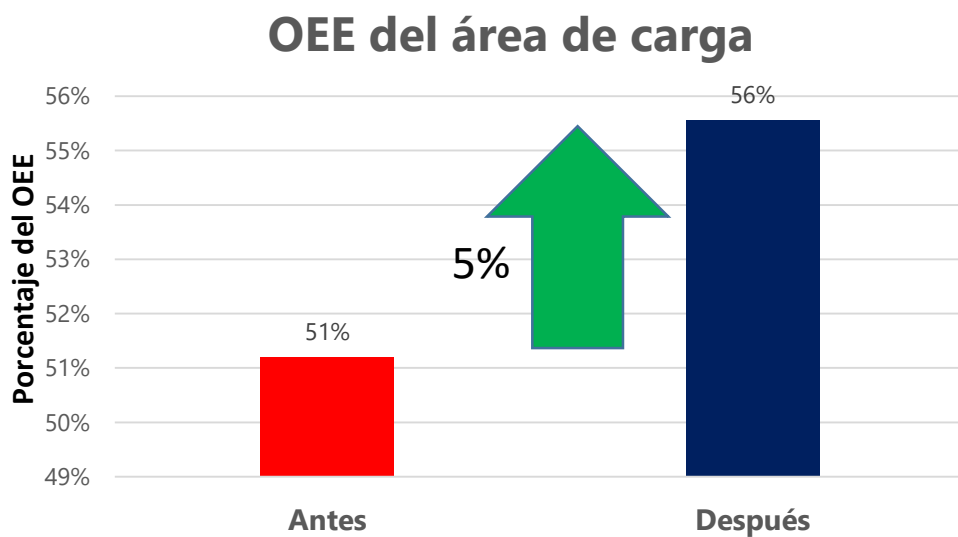
**Figura 3.4 Comparación de porcentaje de formación de placas antes vs después**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Como se visualiza en la figura 3.4, existe un incremento del 5% en el total de baterías conforme por formación de placas, considerando la combinación prototipo vs la combinación que se encuentra actualmente en el área.

Adicional a esto se logró determinar que mediante la combinación prototipo se logra incrementar en un 5% el OEE del área de carga de las baterías, tal como se refleja en la figura 3.5.



**Figura 3.5 Comparación del OEE antes vs después**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

### 3.1 Oportunidad de costos

Una de las oportunidades de costo que se presenta con la realización del proyecto, es acerca de la reducción en el sobretiempo del personal que labora en el área.

**Tabla 3.1 Costo de sobretiempo antes y después**

Total de horas de carga	Bat/mes	baterías por día	Total de días	Total de horas utilizadas	Diferencia de horas para cubrir la demanda	Costo sobretiempo	Número de empleados	USD for month	USD for year
	70,000	3,500	20	480	0	\$ 3.60	18	\$ -	\$ -
Antes	70,000	2,949	23.73686	569.684639	89.684639	\$ 3.60	18	\$ 5,811.56	\$ 69,738.78
después	70,000	3,200	21.875	525	45	\$ 3.60	18	\$ 2,916.00	\$ 34,992.00

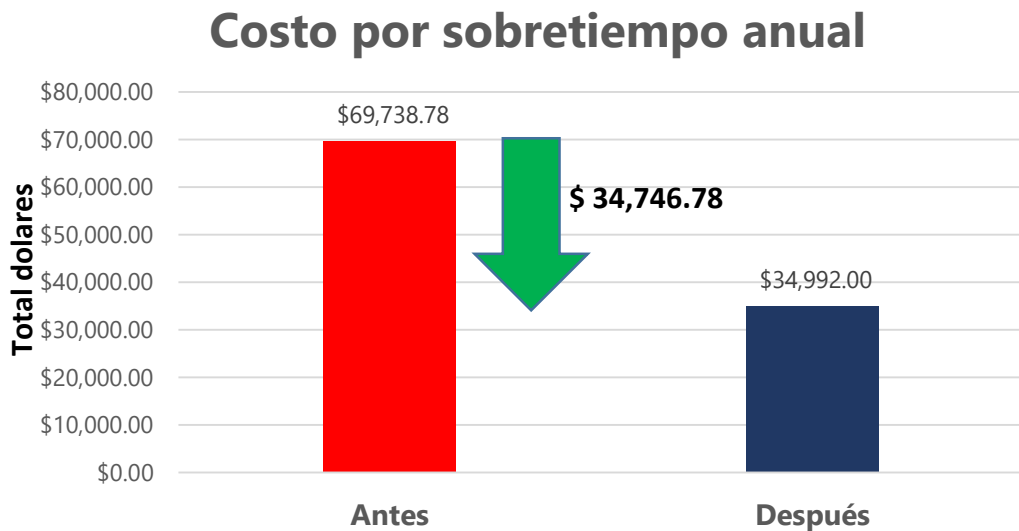
Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Como se visualiza en la tabla 3.1, el costo de sobretiempo, es un rubro considerable, debido a que la empresa debe de pagar a sus trabajadores \$3.60 por

cada hora de sobretiempo, y para cubrir la demanda actualmente se destina 89.68 horas adicional por mes.

Con la combinación prototipo se pronostica disminuir la cantidad de sobretiempo en el área de carga a 45 horas y por ende existe un ahorro de dinero tal como se muestra en la figura 3.6.



**Figura 3.6 Oportunidad de costo por sobretiempo**

Fuente: Alcívar, 2017.

Elaboración propia

Tal como se visualiza en la figura 3.6, se proyecta un ahorro de costo anual en el sobretiempo del personal del área por un valor de \$34,746.48.

Con estos resultados, se considera que la combinación prototipo fue un éxito, debido a que se logró disminuir el tiempo de ciclo de carga, sin afectar la calidad de la batería.

# CAPÍTULO 4

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con el proyecto realizado, se considera que la metodología DMAIC, es una herramienta muy importante para lograr determinar la raíz de los problemas planteados, tal es así que para este proyecto se logró determinar el motivo por el cual existió el incremento de los tiempos de carga de las baterías, además se utilizó formatos que permitan controlar el proceso por parte del área operativa, con la finalidad de mantener el proceso y encontrar mejoras de oportunidad.

### 4.1 Conclusiones

- Se detectó una causa que influyó directamente en el incremento de los tiempos de carga de las baterías, la cual es que no se tenía definido los tiempos de ciclo de carga de las baterías.
- Se logró determinar el parámetro ideal para los tiempos de ciclo de las baterías, el cual se redujo a 20 horas.
- Mediante los nuevos parámetros de carga se incrementó el porcentaje de producto conforme de las baterías por capacidad de reserva.
- Mediante los nuevos parámetros de carga se incrementó el porcentaje de producto conforme de las baterías por capacidad de reserva.
- Mediante los nuevos parámetros de carga se incrementó el porcentaje de producto conforme de las baterías por formación de placas.
- El OEE del área de carga se incrementó en un 5%.
- Existe un costo de oportunidad en el sobretiempo del personal del área de carga, el cual, con los nuevos parámetros se reduce \$34,746.48 proyectados de manera anual.

### 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de formatos de control en el área para mantener el proceso de carga de las baterías, en la cual se controle las cinco etapas de carga de la batería.

- Se recomienda la utilización de lecciones aprendidas para capacitar al personal del área con respecto a las mejoras realizadas y al impacto que se tiene del mismo.
- Crear ayudas visuales para la estandarización de parámetros de carga de las baterías.

# BIBLIOGRAFÍA

[1] Frank Rudisill, CPIM, and Diana Clary, CMA «The management Accountant's Role in Six Sigma». *Strategic Finance; Montvale* 86.5 (Nov 2004): 34-39

[2] Entrenamiento Seis Sigma, dictado por el Ph. D. Marcos Buestán N. Master Black Belt Six Sigma ASU

[3] Jesus Delval «DMAIC», [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/125677837/DMAIC>

[4] «Six Sigma DMAIC Process - Define Phase - Six Sigma Project Charter - International Six Sigma Institute» [En línea]. Disponible en: [http://www.sixsigma-institute.org/Six\\_Sigma\\_DMAIC\\_Process\\_Define\\_Phase\\_Six\\_Sigma\\_Project\\_Charter.php](http://www.sixsigma-institute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Define_Phase_Six_Sigma_Project_Charter.php)

[5] «Lean Six Sigma, Glosarios, Seis Sigma: Conceptos básicos». [En línea]. Disponible en: <http://www.iecslearning.com.mx/mod/glossary/view.php?id=3&mode=cat&hook=2&sortkey=&sortorder=asc&fullsearch=0&page=-1>

[6] C. Caballero, «Conceptos de Six Sigma: Herramientas: Diagrama de Pareto», *Conceptos de Six Sigma*, 27-sep-2010.

[7] Curso de capacitación DMAIC, dictado por la MSc. Sofía López Iglesias.

[8] Anjoulli Ayala, Roberto Castillo «Modelo De Planificación Y Control De Personal De Enfermería En El Corto Plazo En El Hospital León Becerra De La Ciudad De Guayaquil». [En Línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/>

[9] Detchko Pavlov « Lead acid batteries battery science and technology » *Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands, 2011: 1-656*



# APÉNDICES

Resumen del OEE del área de carga en los primeros meses del año.

Año	2017				
Month	Bat/Month	Days	Average/days	Average/turn	%OEE
1	11,524.00	5.00	2,304.80	768.27	40.0%
2	18,459.00	6.00	3,076.50	1,025.50	53.4%
3	17,725.00	6.00	2,954.17	984.72	51.3%
4	17,427.00	5.67	3,075.35	1,025.12	53.4%
5	18,047.00	5.83	3,093.77	1,031.26	53.7%
6	18,670.00	5.83	3,200.57	1,066.86	55.6%
7	16,609.00	5.67	2,931.00	977.00	50.9%
8	17,133.00	5.67	3,023.47	1,007.82	52.5%
9	14,922.00	5.00	2,984.40	994.80	51.8%
10	14,801.00	5.67	2,611.94	870.65	45.3%
11	17,905.00	6.00	2,984.17	994.72	51.8%
12	17,730.00	5.67	3,128.82	1,042.94	54.3%
13	17,351.00	5.67	3,061.94	1,020.65	53.2%
14	15,198.00	5.67	2,682.00	894.00	46.6%
<b>Total general</b>	<b>233,501.00</b>	<b>79.33</b>	<b>2,936.64</b>	<b>978.88</b>	<b>51.0%</b>

## Datos para la recolección de datos en la etapa de medición

Tipo de batería	Tipo de cargador	Tipo de placa positiva	Tipo de placa negativa	Densidad inicial	Total de horas de carga	Densidad de liberación	Formación de placa	Capacidad de reserva	C20	Arranque en frío	Vibración
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.15	23	1.201	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.202	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.147	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.148	23	1.205	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	0	0	0	0	1
34	Sovema	M50	M30	1.15	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.148	23	1.205	0	0	0	0	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.15	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	0	1	1	0
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	0	0	0	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	0	0	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	0	0	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.15	23	1.201	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.202	1	0	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.2	1	0	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.147	23	1.2	1	0	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.148	23	1.205	0	0	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	0	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	0	0	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.148	23	1.205	1	1	0	0	1
42	Firing	L50	L30	1.145	23	1.205	0	0	0	0	1
34	Sovema	M50	M30	1.15	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Sovema	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.205	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
34	Firing	M50	M30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	0	0	0	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	0	0	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	0	0	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Firing	L50	L30	1.151	23	1.203	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.151	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.15	23	1.201	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.202	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1
42	Sovema	L50	L30	1.145	23	1.2	1	1	1	1	1

# Resultados de la combinación 2 del diseño de experimento

# de prueba	Battery type	C20	Current		Time		Current		Time		Current		Time		Current		Time		Current		Time		Plates formation conforming	Capacity of reserve conforming	Total hours	Total AH	Variable parameters		Final charging
			Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Formation 1	Formation 2								
1	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
2	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
3	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
4	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
5	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
6	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
7	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
8	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	0	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
9	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
10	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
11	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
12	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	0	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
13	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
14	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
15	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
16	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
17	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
18	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
19	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	0	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
20	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
21	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
22	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
23	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
24	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
25	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
26	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
27	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	0	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
28	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
29	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	0	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
30	42	45	0.5	1	4.5	2	4.2	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1	20	174.375	94.5	11.25	174.375	
		<b>Results</b>																											

# Resultados de la combinación 6 del diseño de experimento

# test	Battery type	C20	Current		Time		Current		Time		Current		Time		Current		Time		Current		Time		Fixed parameters		Variable parameters								
			Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Current	Time	Start charging1	Start charging2	Formation1	Formation2	Final charging	Total AH	Total hours	Capacity of reserve conforming	Plates formation conforming	
1	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
2	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
3	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
4	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	0	0		
5	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
6	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
7	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
8	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
9	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
10	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
11	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
12	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
13	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
14	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
15	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
16	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	0	0		
17	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
18	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
19	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
20	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
21	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
22	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
23	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
24	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
25	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
26	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
27	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
28	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
29	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
30	42	45	0.5	1	4.5	2	5.5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	5	6	7	1	5	1.125	20.25	61.875	94.5	11.25	189	20	1	1		
		<b>Results</b>																															