



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE MEJORAS EN LOS PROCESOS DE FUNDICIÓN A GRAVEDAD Y EMPASTADO, EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE ACUMULADORES ELÉCTRICOS, PARA EL AÑO 2018.”**

**TRABAJO DE GRADO**

Presentado ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**Ingeniero Industrial**

**REALIZADO POR:** Br. López, Andreina

Br. Rodríguez, Andrés

**TUTOR ACADÉMICO:** Ing. Guevara, José

**TUTOR EMPRESARIAL:** Ing. Blanco, Simón

**FECHA:** OCTUBRE 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE MEJORAS EN LOS PROCESOS DE FUNDICIÓN A GRAVEDAD Y EMPASTADO, EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE ACUMULADORES ELÉCTRICOS, PARA EL AÑO 2018.”**

**Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:.....**

Firma: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

**REALIZADO POR:** Br. López, Andreina

Br. Rodríguez, Andrés

**TUTOR ACADÉMICO:** Ing. Guevara, José

**TUTOR EMPRESARIAL:** Ing. Blanco, Simón

**FECHA:** OCTUBRE 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE MEJORAS EN LOS PROCESOS DE FUNDICIÓN A GRAVEDAD Y EMPASTADO, EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE ACUMULADORES ELÉCTRICOS, PARA EL AÑO 2018.”**

**Autores:** López Andreina

Rodríguez Andrés

**Tutor Académico:** Ing. Guevara, José

Fecha: Octubre de 2018

**Resumen**

El presente trabajo de investigación fue desarrollado para diseñar mejoras en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado, en una empresa fabricante de acumuladores eléctricos, ubicada en la ciudad de Guarenas, Edo. Miranda. Se caracterizaron y estudiaron los productos y el proceso de Fundición a Gravedad y Empastado, para así facilitar la explicación de las causas encontradas, las cuales fueron las variaciones existentes en las paletas de los productos semi-terminados de ambos procesos y los desperdicios relacionados con el proceso de Empastado, las cuales están influyendo en que el inventario físico no coincide con lo establecido en el sistema SAP. Para ello se plantearon tres diseños para solventar estos problemas, el primer diseño plantea un cambio en la cantidad promedio de los productos semi-terminado de los procesos mencionados, la segunda es la instalación de un sistema de conteo compatible con la máquina fundidora, para así tener un conteo más preciso de las rejillas que se producen en este área y por último la Capacitación del personal a través del proceso del cambio Pro-activo o planeado.

**Palabras claves:** Acumulador eléctrico, producto semi-terminado, diferencia de inventario, desperdicio, paleta, Fundición a Gravedad, Empastado, Prueba de hipótesis y diagrama causa- efecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
1 CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Alcances.....	5
1.5 Limitaciones.....	5
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1 Acumuladores Eléctricos .....	6
2.2.2 Componentes de una batería plomo-acido.....	8
2.2.3 Definiciones .....	10
3 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	13
3.1 Tipo de investigación.....	13
3.2 Diseño de la investigación .....	13
3.3 Enfoque de la investigación.....	14
3.4 Unidades de análisis.....	14
3.5 Técnicas y herramientas.....	16
4 CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	18

4.1	Caracterizar los productos semi-terminados en función de sus dimensiones, materiales y apariencia. ....	18
4.1.1	Dimensiones de las rejillas y placas.....	18
4.1.2	Apariencia de rejillas y placas .....	21
4.1.3	Materiales utilizados para la fabricación de las rejillas y placas .....	23
4.1.4	Análisis de la aleación plomo .....	24
4.2	Analizar los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado en función a las cantidades producidas por unidad de tiempo, desperdicio generado, registro de información y la calidad del producto. ....	28
4.2.1	Fundición a Gravedad .....	30
4.2.2	Cantidades producidas por unidad de tiempo en el proceso de Fundición a Gravedad. 31	
4.2.3	Desperdicios del proceso de Fundición a Gravedad. ....	31
4.2.4	Análisis de Calidad del proceso de Fundición a Gravedad.....	33
4.2.5	Proceso de Empastado .....	36
4.2.6	Cantidades producidas por unidad de tiempo en el proceso de Empastado. 38	
4.2.7	Desperdicios del Proceso de Empastado.....	39
4.2.8	Calidad del producto semi terminado del proceso de Empastado .....	41
4.2.9	Ingreso de información al sistema SAP .....	42
4.3	Explicar las causas por las cuales existen variaciones en las paletas de producto semi- terminado de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado. ....	43
5	CAPÍTULO V: DISEÑO DE MEJORAS.....	54
5.1	Propuesta 1: Cambio de las cantidades nominales de los productos semi terminados en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.....	54
5.1.1	Tamaño de muestra .....	54

5.1.2	Determinar la cantidad promedio de rejillas y placas en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.....	56
5.2	Propuesta 2: Instalación de un sistema de conteo para garantizar que las cantidades en los paquetes sean las correctas.....	65
5.3	Propuesta 3: Capacitación del personal a través del proceso del cambio Proactivo o planeado.....	68
5.4	Valorar la relación costo-beneficio de las estrategias propuestas.....	70
6	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
6.1	Conclusiones.....	74
6.2	Recomendaciones.....	77
7	Bibliografía.....	79
	ANEXOS.....	80
	Anexos A: Producto semi-terminado de los procesos de Fundación a Gravedad y Empastado.....	80
	A1: Modelo de Rejillas.....	80
	A2: Modelos de placas positivas.....	81
	A3: Modelos de placas negativas.....	83
	Anexo B: Descripción del proceso de fabricación de una batería.....	86
	Anexos C: Máquinas de los procesos de Fundición a gravedad y Empastado.....	93
	C1: Máquina fundidora.....	93
	Anexo C2: Máquina de Empastado.....	96
	Anexos D: Matriz de Jerarquización de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.....	97
	D1: Matriz de jerarquización de Fundición a Gravedad.....	97
	D2: Matriz de jerarquización de empastado.....	101
	Anexos E: Análisis de Cluster y Diagramas de caja y bigote.....	105

E1: Análisis de cluster y diagrama de caja y bigote para el modelo de rejilla 47 ScCa11 .....	105
E2: Análisis de cluster y diagrama de caja y bigote para el modelo de rejilla 50 NcCa11 .....	107
E3: Análisis de cluster y diagrama de caja y bigote para el modelo de rejilla 47 McCa11 .....	109
Anexos F: Especificaciones técnicas del sistema de conteo.....	111
E1: Especificaciones técnicas del sensor de proximidad inductivo.....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Antecedentes de investigación .....	6
Tabla 2: Tipos de baterías.....	7
Tabla 3: Unidad de análisis.....	15
Tabla 4: Técnicas y herramientas. ....	16
Tabla 5: Concentraciones de las aleaciones utilizadas en la planta.....	23
Tabla 6: Cantidad estandarizadas de paquetes y rejillas por paleta.....	30
Tabla 7: Cantidad de rejillas por unidad de tiempo.....	31
Tabla 8: Herramientas de medición del proceso de Fundición a Gravedad. ....	34
Tabla 9: Porcentaje Defectos .....	34
Tabla 10: Prueba de hipótesis de proporción de rejillas defectuosas .....	35
Tabla 11: Decisión de la prueba de hipótesis .....	35
Tabla 12: Cantidad estandarizada de paquetes y placas positivas por paleta en el proceso de Empastado. ....	36
Tabla 13: Cantidad estandarizada de paquetes y placas negativas por paleta en el proceso de Empastado. ....	37
Tabla 14: Cantidad de placas positivas por unidad de tiempo.....	38
Tabla 15: Cantidad de placas negativas por unidad de tiempo.....	38
Tabla 16: Desperdicios .....	40
Tabla 17: Herramientas de medición del proceso de Empastado. ....	41
Tabla 18: Matriz de Jerarquización de Fundición .....	45
Tabla 19: Número de casos en cada Cluster. ....	46
Tabla 20: Matriz de Jerarquización de Empastado.....	50
Tabla 21: Fallas recurrentes.....	52
Tabla 22: Tamaño de muestra de rejillas .....	55
Tabla 23: Tamaño de muestra de placas positivas.....	55
Tabla 24: Tamaño de muestra de placas negativas.....	56
Tabla 25: Prueba de hipótesis para las rejillas .....	57
Tabla 26: Prueba de hipótesis para las placas positivas.....	58
Tabla 27: Prueba de hipótesis para las placas negativas.....	59
Tabla 28: Cantidad de rejillas obtenidas.....	61

Tabla 29: Cantidad de rejillas por paletas y diferencia existentes con los resultados obtenidos.....	62
Tabla 30: Diferencias generadas en una semana .....	62
Tabla 31: Cuadro Resumen de placas positivas. ....	64
Tabla 32: Cantidad de placas negativas.....	64
Tabla 33: Especificaciones del sensor de proximidad inductivo.....	66
Tabla 34: Especificaciones del contador .....	67
Tabla 35: Especificaciones Técnicas del conector .....	67
Tabla 36: Impacto en la estructura de costos.....	71
Tabla 37: Matriz de Jerarquización de Fundición .....	97
Tabla 38: Nivel de significación.....	97
Tabla 39: Matriz de criterio F1 de Fundición.....	98
Tabla 40: Matriz de criterios F2 de Fundición .....	99
Tabla 41: Matriz de criterios F3 de Fundición .....	100
Tabla 42: Matriz de jerarquización de Empastado .....	101
Tabla 43: Matriz de criterio F1 de Empastado .....	102
Tabla 44: Matriz de criterio F2 de Empastado .....	103
Tabla 45: Matriz de criterios F3 de Empastado.....	104
Tabla 46: Análisis de cluster para el modelo de rejilla 47 ScCa11 .....	105
Tabla 47: Análisis de cluster para el modelo de rejilla 50 NcCa11.....	107
Tabla 48: Análisis de clustes para el modelo de rejillas 47 McCa11 .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de una batería .....	10
Figura 2: Dimensiones del producto semi-terminado en el proceso de fundición a gravedad (Rejillas).....	18
Figura 3: Especificaciones de producto en el proceso de Empastado. ....	19
Figura 4: Especificaciones de producto en el proceso de Empastado±.....	20
Figura 5: Apariencia y defectos del producto semi terminado del proceso de Fundición a Gravedad.....	21
Figura 6: Apariencia de Placas .....	22
Figura 7: Materiales .....	23
Figura 8: Refinamiento de grano a medida que aumenta el contenido de Ca en aleaciones Pb-Ca.....	24
Figura 9: Diagrama de fase plomo calcio .....	25
Figura 10: Efecto del Aluminio en pérdida de Calcio en la fundición de rejillas.....	26
Figura 11: Rejilla 47 VcCa11 .....	27
Figura 12: Placa 60VcCa11 .....	27
Figura 13: Diagrama de proceso de una batería automotriz .....	29
Figura 14: Banda transportadora de desperdicios.....	32
Figura 15: Ciclo de desperdicios del proceso de Fundición a Gravedad.....	33
Figura 16: Identificación de los desperdicios en el proceso .....	39
Figura 17: Diagrama de actividades para el ingreso de información a la plataforma SAP.....	42
Figura 18: Diagrama Ishikawa del procedo de Fundición a Gravedad.....	44
Figura 19: Grafico de caja y bigote de la cantidad de paquetes .....	46
Figura 20: Grafico de caja y bigote del espesor promedio en un paquete .....	47
Figura 21: Grafico de caja y bigote del peso promedio en un paquete.....	47
Figura 22: Diagrama Ishikawa del proceso de Empastado.....	49
Figura 23: Diagrama de Pareto de las fallas de la maquina empastadora .....	51
Figura 24: Fuerzas de cambio externas. ....	69
Figura 25: Fuerzas de cambios internas.....	69

Figura 26: Diagrama de cambio tecnológico.....	70
Figura 27: Diagrama de cambio de estructura.....	70
Figura 28: Modelo de rejilla 47ScCa11 .....	80
Figura 29: Modelo de rejillas 47 McCa11 .....	80
Figura 30: Modelo de Rejilla 50 NcCa11 .....	81
Figura 31: Modelo de Placa 55 ScCa11 .....	81
Figura 32: Modelo de Placa 80 ScCa11 .....	82
Figura 33: Modelo de Placa 62 NcCa11 .....	82
Figura 34: Modelo de placa 50 NcCa02 .....	83
Figura 35: Modelo de placa 50 ScCa02.....	83
Figura 36: Modelo de placa 54 VcCa02 .....	84
Figura 37: Modelo de placa 60 ScCa02.....	84
Figura 38: Paletas de rejillas estandarizada .....	85
Figura 39: Paleta de placas Estandarizada.....	85
Figura 40: Diagrama de procesos de una batería automotriz .....	86
Figura 41: Molde de rejilla .....	93
Figura 42: Línea de producción de rejillas .....	93
Figura 43: Galga .....	94
Figura 44: Galga .....	94
Figura 45: Maquina de Fundición a Gravedad .....	95
Figura 46: Maquina Empastadora.....	96
Figura 47: Alimentador de la empastadora.....	96
Figura 48: Diagrama de caja y bigote de la cantidad de paquetes de 47 ScCa11 vs cluster .....	105
Figura 49: Diagrama de caja y bigote del espesor promedio del modelo de rejilla 47 ScCa11 vs cluster .....	106
Figura 50: Diagrama de caja y bigote del peso promedio del modelo de rejilla 47 ScCa11 vs cluster .....	106
Figura 51: Diagrama caja y bigote de la cantidad de paquetes 50 NcCa11 vs cluster .....	107

Figura 52: Diagrama caja y bigote del espesor promedio del modelo de rejilla 50 NcCa11 vs cluster.....	108
Figura 53: Diagrama caja y bigote del peso promedio del modelo de rejilla 50 NcCa11 vs peso .....	108
Figura 54: Diagrama caja y bigote de la cantidad de paquetes 47 McCa11 vs cluster .....	109
Figura 55: Diagrama caja y bigote del espesor promedio de las rejillas 4 McCa11vs cluster .....	110
Figura 56: Diagrama caja y bigote del peso promedio de las rejillas 4 McCa11vs cluster .....	110
Figura 57: Especificaciones técnicas .....	111
Figura 58: Especificaciones del conector .....	112

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Prueba de Proporción.....	34
Ecuación 2: Tamaño de muestra.....	54
Ecuación 3: Prueba de la t de student .....	57
Ecuación 4: Intervalo de confianza.....	60

## INTRODUCCIÓN

A través de los años, los procesos productivos para la fabricación de un acumulador eléctrico se han innovado para así dar un producto de mejor calidad y durabilidad. La implementación de nuevas tecnologías y nuevos sistemas de control de inventario han ayudado a mejorar la planificación de la producción en distintas industrias fabricantes de acumuladores eléctricos.

De esta forma, Acumuladores Duncan ha podido agilizar sus servicios de producción, distribución y comercialización de baterías. Con la implementación de la plataforma SAP, la empresa ha podido tener un mejor seguimiento de la producción en cada uno de los procesos, generando mayor precisión en el control de inventario y facilitar la detección de cualquier desajuste o diferencia de los productos procedentes de cada uno de los procesos.

A pesar de esto, se pueden generar perturbaciones en el sistema asociados a fenómenos tales como un mal manejo de la información, desajuste de la máquinas, la generación de los desperdicios, diferencias de inventarios entre otros, los cuales son factores que pueden influir negativamente en el desempeño contable de la empresa, que por lo tanto se debe prestar atención sobre dichos factores, para disminuir las mermas y ser más eficaces y eficientes en los resultados de la empresa.

El presente trabajo de grado se refiere a un caso de estudio en la empresa Acumuladores Duncan, en donde se están presentando fenómenos de este estilo y se pretende indagar las causas de estos problemas para ofrecer soluciones factibles de las mismas.

Este trabajo está compuesto de seis capítulos los cuales se explican brevemente a continuación:

**Capítulo I:** *El Problema*, se muestra el planteamiento del problema del cual se trata la investigación, el objetivo general, los objetivos específicos, así como también los alcances y limitaciones.

**Capítulo II:** *Marco Teórico*, incluye los antecedentes para el presente trabajo de grado, así como las bases teóricas necesarias para el lector.

**Capítulo III:** *Marco Metodológico*, indica cómo se va a realizar el trabajo de grado, mostrando así el tipo, diseño y enfoque que va a tomar la investigación y a su vez, muestra las técnicas y herramientas a utilizar para la recolección y análisis de los datos.

**Capítulo IV:** *Presentación y Análisis de Resultados*, muestra el desarrollo de los objetivos específicos establecidos.

**Capítulo V:** *Diseño de Mejoras*, engloba las estrategias correctivas y/o correctoras empleadas para mitigar las consecuencias de los problemas encontrados, como también se incide la relación costo beneficio de cada una de las propuestas,

**Capítulo VI:** *Conclusiones y Recomendaciones*, contiene las conclusiones finales del trabajo de grado y las recomendaciones para la empresa.

## **1 CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

En el presente capítulo se encuentra el planteamiento del problema del caso de investigación, los objetivos plantados, así como también los alcances y limitaciones que presenta dicha investigación.

### **1.1 Planteamiento del problema**

A lo largo de los años, la industria de acumuladores eléctricos se ha encargado de satisfacer las necesidades de la sociedad venezolana. Esta industria ha utilizado diferentes métodos para la fabricación de baterías, los cuales, con el tiempo han ido mejorando para proporcionar un mayor rendimiento y durabilidad a las mismas.

En la actualidad Acumuladores Duncan, C.A es la única empresa en el país encargada de la producción de baterías automotrices a lo largo y ancho de todo el territorio nacional. Cuenta con tres plantas, de las cuales dos son las encargadas de la producción, una ubicada en la ciudad de Guarenas, Edo. Miranda, otra situada en la ciudad de Cagua, Edo. Aragua y una planta encargada del reciclaje, la cual se encuentra en la ciudad de Turmero, Edo. Aragua.

En el caso de la planta ubicada en Guarenas el proceso de fabricación de acumuladores presenta las siguientes etapas: Fundición, Empastado, Curado, Armado de grupo, Ensamblaje y Acabado final.

En el año 2012, Duncan actualizó sus sistemas de planificación de recursos a la plataforma marca SAP para agilizar el registro de datos de la producción, logística, inventario, contabilidad entre otros, ya que en el pasado todos los departamentos de la empresa administraban la información en el sistema antiguo el cual estaba basado en hojas de cálculo, y no transmitía la información de forma instantánea a todos los departamentos de la empresa.

Para los Departamentos de Producción de ambas plantas, la implementación del sistema SAP, proporciona un seguimiento más preciso y continuo de los inventarios de materia prima, productos semi-terminados y producto terminado (baterías), ya que, en el pasado el control de los inventarios se realizaba por un conteo manual y diario de rejillas y placas, y no por sumatoria de entradas y salidas de producto a los almacenes.

El departamento de producción de la planta de Guarenas empezó a detectar diferencias entre el conteo manual y el valor esperado en el sistema, de los productos generados en los procesos de fundición a Gravedad y Empastado, que oscilan alrededor del 5%, trayendo como consecuencias, desconfianza en el sistema, re-trabajo a la hora de realizar los conteos manuales e ineficacia a la hora de cumplir con la planificación de la producción establecida.

Estas diferencias pueden deberse a: Error humano en el conteo y registro de piezas, información obsoleta registrada en SAP, método de medición del desperdicio (placas principalmente) y variaciones en la cantidad de rejillas y placas empaquetadas que salen de los procesos de fundición y empastado respectivamente.

Es importante destacar que el proceso de Fundición a Gravedad y Empastado son secuenciales, es decir, todos los errores y variaciones que provengan de fundición afectan directamente a la cantidad de placas producidas en el proceso de empastado.

Considerando todo lo anteriormente expuesto se plantean las siguientes interrogantes: ¿Cómo está influyendo la generación de desperdicios en el proceso de empastado?, ¿Cómo está influyendo los métodos actuales de conteo de materiales y de productos semi-terminados en los procesos de Fundición y Empastado?, ¿Qué tan fidedigna es la información registrada en SAP? Y ¿Cómo se pudieran solventar las causas del problema y mitigar sus efectos?

## **1.2 Objetivo General**

Diseñar mejoras en los procesos de fundición a Gravedad y Empastado, en una empresa fabricantes de acumuladores eléctricos para el año 2018.

## **1.3 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar los productos semi-terminados en función de sus dimensiones, materiales y apariencia.
2. Analizar los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado en función a las cantidades producidas por unidad de tiempo, desperdicio generado, registro de información y la calidad del producto.
3. Explicar las causas por las cuales existen variaciones en las paletas de producto semi- terminado de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.

4. Determinar acciones que mitiguen las consecuencias de los problemas encontrados.
5. Valorar la relación costo-beneficio de las estrategias propuestas.

#### **1.4 Alcances**

1. Se utilizarán fichas de control para caracterizar las dimensiones, materiales y apariencia de producto semi -terminado.
2. Se utilizará un diagrama de procesos para conocer a fondo los procesos de fundición a gravedad y empastado, en la planta ubicada en la ciudad de Guarenas, durante un tiempo de 6 meses, mediante la utilización del programa Bizagi.
3. Se realizará un diagrama causa- efecto para determinar los síntomas principales por los cuales se generan diferencias en las paletas de producto semi-terminado de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.
4. Se realizará un muestreo aleatorio, pruebas de hipótesis y análisis de cluster para validar si las cantidades en las paletas de producto terminado de los procesos de fundición a Gravedad y Empastado son las esperadas en el sistema SAP, para esto se tomarán muestras de las paletas durante 3 meses en los 2 turnos de operación.
5. Se utilizarán herramientas de valoración, como la relación costo beneficio, tomando en cuenta parámetros cuantitativos y cualitativos.

#### **1.5 Limitaciones**

1. Debido a la falta de personal en el turno de la tarde no se podrá realizar el conteo correspondiente en el área de empastado, por ende, las mediciones se realizarán solo en el turno de la mañana.
2. En esta investigación queda restringido la información del área de finanzas y logística por cuestiones de confidencialidad de los datos.
3. En esta investigación no se tratarán todos los modelos de producto semi-terminado de los procesos de fundición a gravedad y empastado debido a su bajo nivel de producción.

## 2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan los antecedentes y bases teóricas que sustentan la presente investigación, así como los conceptos y herramientas necesarias para desarrollar el caso a estudiar.

### 2.1 Antecedentes

En la Tabla 1 se muestra los antecedentes de la presente investigación

Tabla 1: Antecedentes de investigación  
Fuente: Elaboración Propia

Título de trabajo	Autores	Universidad	Año de presentación	Aportes
Diseño de un sistema para medir los desperdicios en el proceso de empastado de rejillas en la empresa Acumuladores Duncan C.A	Ingeniería industrial <b>Autor:</b> Migdelys Cordovez <b>Tutor:</b> Ing. Ronald Pérez	UNEXPO	2017	Tabla de estudio de tiempos de la producción de placas en el proceso de empastado.
Diseño de mejoras para los procesos operativos y Logísticos relacionados con las actividades de mantenimiento Técnico de las líneas de producción en una empresa de Soluciones intravenosas, ubicada en la región capital para el Año 2017	Ingeniería industrial <b>Autores:</b> Armandier González y Fabiola Rodríguez <b>Tutor:</b> De Gouveia, João b.	UCAB	2017	Material de apoyo para desarrollar la estructura del trabajo de grado

### 2.2 Bases teóricas

#### 2.2.1 Acumuladores Eléctricos

Una batería también conocida como acumulador eléctrico es el conjunto de elementos y dispositivos que permite el almacenamiento de energía eléctrica, mediante la transformación reversible de energía química en energía eléctrica.

El funcionamiento de un acumulador eléctrico se basa principalmente en un proceso reversible, en otras palabras, es un proceso donde sus componentes no se consumen ni se

pierden, sino que se transforme en otro, que a su vez puedan retornar al estado inicial en las condiciones adecuadas. (Acumuladores Duncan , 2018)

Existen muchos tipos de acumuladores eléctricos y pueden clasificarse por los materiales que los constituyen. Dentro de estos tipos, se encuentran las baterías plomo-acido, son aquellos acumuladores cuyos materiales activos están constituidos principalmente por plomo y cuyo electrolito es una solución acuosa de ácido sulfúrico. Actualmente son las más utilizadas en el mundo para la fabricación de baterías automotrices, gracias a sus propiedades físicas y químicas que resultan en un producto eficiente y duradero, además de ser económico y reciclable.

Existen varios tipos de acumuladores:

Tabla 2: Tipos de baterías

Tipo de Acumuladores	Descripción
<b>Baterías Alcalinas</b>	Son desechables y utilizan hidróxido de potasio como electrolito, así como una reacción química entre el zinc y el dióxido de magnesio para generar la corriente eléctrica. Usada en la mayoría de los juguetes para niños, las linternas convencionales o los mandos a distancias.
<b>Batería Plomo Acido</b>	Son los acumuladores más comunes hasta ahora utilizados en: carros, motos, barcos. Estas baterías son formadas por dos electrodos de plomo, durante el proceso de carga el sulfato de plomo del interior pierde electrones y se reduce así en plomo puro en el electrodo negativo, mientras que en el polo positiva se forma el óxido de plomo. La principal ventaja de este tipo de baterías es su bajo costo, así como una sencilla fabricación en serie.
<b>Batería de Níquel</b>	La mayoría de estas baterías son utilizadas en la industria y para grandes máquinas. Destacan por su bajo costo, pero a su vez por su bajo rendimiento.
<b>Baterías de Litio</b>	Los acumuladores de litio son conocidos actualmente como los de mayor rendimiento. Son utilizados en el mundo de la electrónica de gran consumo como tabletas y móviles inteligentes, por sus pequeñas dimensiones, reducido peso y excelente rendimiento,

Fuente: (Baterías de grafeno, 2018)

Las baterías automotrices tienen como función utilizar la energía eléctrica para arrancar el motor y una vez que el vehículo está funcionando, el sistema de carga repone la energía utilizada en el arranque. Los accesorios eléctricos (luces, radio, aire acondicionado, etc.), también consumen energía y si el sistema de carga funciona adecuadamente, los accesorios recibirán la energía que requieren y la batería se mantendrá cargada, lista para el próximo arranque. (Acumuladores Duncan , 2018)

### 2.2.2 Componentes de una batería plomo-acido.

A continuación, se describen los componentes que conforman un acumulador eléctrico plomo-ácido:

- Rejilla: Es aquella armazón metálica que formando parte de la placa, conduce la corriente y soporta al material activo. Las rejillas son fabricadas en forma de malla, donde tiene tres (3) partes básicas: oreja, costillas y marcos. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Material Activo (MA): Es una mezcla o pasta la cual es la encargada de darle vida a la batería, esta es agregada a la rejilla. Esta mezcla reacciona con el electrolito para producir energía eléctrica durante la descarga. Está compuesta por: óxido de plomo, ácido sulfúrico y agua destilada, además de se le agregan otros aditivos, como la fibra para ayudar a cohesionar la mezcla, expansor en el caso del MA negativo y otros químicos para aplicaciones especiales. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Expansor: Agente de adición en la pasta negativa cuya función es evitar que el material activo negativo (MAN) se contraiga y así prolongar la vida útil de la placa negativa. El expansor está compuesto por: lignosulfato de sodio, sulfato de bario y negro de humo el cual le da el color a la placa negativa. (Orsino, 1989, pág. 124)
- Placa: Es el conjunto de material activo y su rejilla que, sumergida en el electrolito, constituye el electrodo del acumulador o parte de él. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Placa positiva: Es aquella placa donde fluye la corriente hacia el circuito exterior cuando se descarga el acumulador. Esta placa una vez cargada el material activo pasa a estar compuesta por Dióxido de plomo. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Placa negativa: Es aquella placa a la cual se considera llega la corriente desde el circuito exterior cuando se descarga el acumulador. Esta placa tiene un color gris

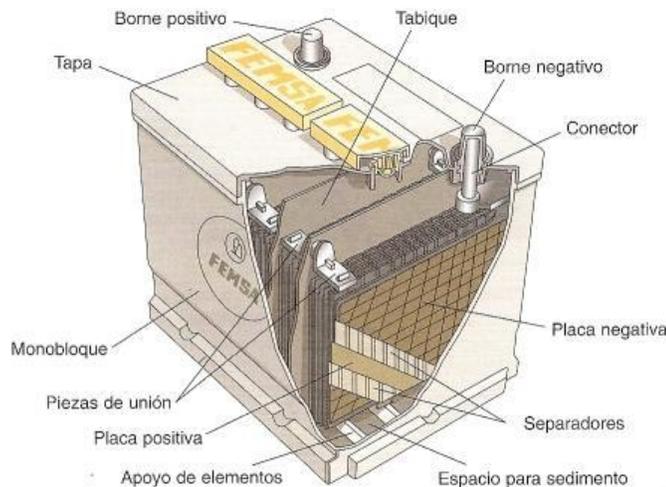
para poder diferenciarla de la placa positiva, y esto es gracias a la adición de un expansor. Esta placa una vez cargada el material activo pasa de sulfato de plomo a plomo puro. (NORMAS COVENIN 833, 1995)

- Grupo: Es un conjunto formado por placas tanto positivas como negativas intercaladas y separadas por un separador. (Battery, 2018)
- Separadores: Son hojas de material micro poroso fabricado de polietileno o fibra vidriosa, colocado entre las placas de polaridad opuesta, con el fin evitar cortocircuitos internos y a su vez, permite el paso del electrolito entre las placas. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Caja: Es el recipiente que contiene a los electrodos y al electrolito de un elemento o elementos acumuladores y son fabricadas generalmente de polipropileno. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Tapa: Es una pieza que cubre las celdas de la caja pudiendo ser única o múltiple, el material que se utiliza para las tapas es el mismo de la caja (polipropileno). (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Celda: Es cada una de las secciones en que está dividida la caja y en la cual se encuentra alojado un elemento acumulador. Cada celda proporciona aproximadamente 2,1 voltios. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Elemento acumulador: Es un acumulador eléctrico constituido por un electrodo positivo y uno negativo, sus separadores y un electrolito común. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Electrodo: Es la placa o conjunto de ellas que poseen la misma polaridad en un acumulador eléctrico y que están conectadas estrictamente entre sí. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Borne terminal: Es el polo mediante el cual se hace la conexión eléctrica del acumulador al circuito externo. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- Tapones: Es una pieza la cual se introduce en los orificios de la tapa por donde es llenada la batería con el electrolito, estos pueden ser de rosco o a presión. (Battery, 2018)
- Electrolito: Es una sustancia que contiene aniones y cationes las cuales les permite transmitir energía eléctrica. En el caso de las baterías plomo-acido el electrolito es

utilizado a base de una solución de ácido sulfúrico y agua desmineralizada, la cual tiene como función servir como medio conductor de energía entre los componentes internos de la batería. (NORMAS COVENIN 833, 1995)

- **Banda conectora:** Es un elemento que está hecho de plomo antimonio, cuya función es conectar los grupos y celdas entre sí, creando un circuito en serie para garantizar el flujo de electrones a través de este. (Battery, 2018)
- **Acumular eléctrico de carga seca (Batería Cruda):** Es aquel acumulador eléctrico de plomo-ácido que no contiene electrolito en su celda. (NORMAS COVENIN 833, 1995)
- **Grupos soldados en caja:** Un grupo en el cual se ha realizado la conexión en serie de sus orejas a través del conector o banda y que se encuentra depositado dentro de las celdas de una caja. (Blanco, 2018)

Figura 1: Componentes de una batería



### 2.2.3 Definiciones

A continuación, se muestran una serie de definiciones necesarias para comprender la presente investigación:

- **Prueba de hipótesis**

Una prueba de hipótesis es una regla que especifica si se puede aceptar o rechazar una afirmación acerca de una población dependiendo de la evidencia proporcionada por una muestra de datos.

Una prueba de hipótesis examina dos hipótesis opuestas sobre una población: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula es el enunciado que se probará. Por lo general, la hipótesis nula es un enunciado de que "no hay efecto" o "no hay diferencia". La hipótesis alternativa es el enunciado que se desea poder concluir que es verdadero de acuerdo con la evidencia proporcionada por los datos de la muestra.

Con base en los datos de muestra, la prueba determina si se puede rechazar la hipótesis nula. Se utiliza el valor p para tomar esa decisión. Si el valor p es menor que el nivel de significancia (denotado como  $\alpha$  o alfa), entonces puede rechazar la hipótesis nula. (Minitab, 2017)

- **Sistema SAP**

El Sistema SAP o “Systems, Applications, Products in Data Processing”, es un Sistema informático que le permite a las empresas administrar sus recursos humanos, financieros-contables, productivos, logísticos y más, las principales empresas del mundo utilizan SAP para gestionar de una manera exitosa todas las fases de sus modelos de negocios.

Las herramientas ofrecidas por SAP tienen la función de ayudar al usuario con todas las tareas administrativas de su empresa y, a través del funcionamiento interno, crear un entorno integrado que permita aumentar la eficiencia de sus usuarios. (Soto, 2017)

- **Proceso Productivo**

Serie de operaciones que se llevan a cabo y que son ampliamente necesarias para concretar la producción de un bien o de un servicio. Cabe destacarse entonces que las mencionadas operaciones, acciones, suceden de una manera, dinámica, planeada y consecutiva y por supuesto producen una transformación sustancial en las sustancias o materias primas utilizadas, es decir, los insumos que entran en juego para producir un producto sufrirán una modificación para formar ese producto y para luego colocarlo en el mercado que corresponda para ser comercializado. (DefiniciónABC, 2017)

- **Lean Manufacturing** (Manufactura Esbelta)

Lean manufacture es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizado en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de lo necesario. Identifica varios tipos de desperdicios que se pueden

observar en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. (Hernández & Vizán, 2013, pág. 10)

- **Inventario**

Se define como inventario la acumulación de materiales (materia prima, productos en proceso, productos terminados, etc.) que posteriormente serán usados para satisfacer una demanda futura. (Moya, pág. 18).

- **Camada**

Conjunto de objetos o producto extendido horizontalmente de modo que puedan colocarse otras sobre ellas, ejemplo: camada de ladrillos. (El pequeño Larousse, 2004, pág. 128)

### 3 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta los lineamientos a seguir, tales como el tipo, diseño y enfoque de la investigación bajo los cuales se desarrolló el presente trabajo de grado, así como también se establecen las herramientas, técnicas y acciones utilizadas para la recolección, procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

#### 3.1 Tipo de investigación

La presente investigación puede clasificarse como un proyecto factible, ya que consiste “en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales ” (Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales, 2006), y cuyo objetivo para el presente trabajo de grado es mejorar el desempeño de los procesos de fabricación de productos semi-terminados, vinculados al proceso productivo de un acumulador eléctrico y al departamento de producción de la empresa.

#### 3.2 Diseño de la investigación

Son aquellas estrategias utilizadas para responder al problema que se plantea en el trabajo de grado. En este caso, es un diseño de investigación de campo ya que consiste en “la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar la variable alguna”. (Arias, 2012, pág. 21). Sin embargo, ese tipo de diseño permite la admisión de datos externos los cuales pueden ser necesarios para delimitar aspectos sobre cómo debe ser la recolección.

A lo largo de todo el estudio se puede evidenciar la utilización de este tipo de diseño de investigación, ya que la recolección de los datos se realizó dentro de las instalaciones de la planta, en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado. Así como también se realizaron entrevistas no estructuradas para la obtención de la información, la cual puede ser relevante sobre los aspectos relacionados en el trabajo de investigación.

### 3.3 Enfoque de la investigación

Cualquier investigación se puede clasificar por el tipo de enfoque. Existen dos tipos de enfoque el cualitativo y el cuantitativo. El enfoque que presenta esta investigación abarca características del enfoque cuantitativo el cual “Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 4)

Se considera un enfoque cuantitativo, ya que la recolección de los datos que se obtuvieron tales como el peso, espesor y unidades de rejillas y placas de los paquetes en las paletas de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado, están asociados a cantidades y magnitudes las cuales se pueden estudiar a través del análisis estadístico y la ingeniería de métodos.

### 3.4 Unidades de análisis

“Las unidades de análisis son aquellas unidades de observación que, seleccionadas de antemano, y reconocida por los observadores en el campo y durante el tiempo de observación, se constituyen o de la categorización en los registros construidos a tal efecto”. (Gaitan M & Piñuel R, 1998).

- **Población**

Es un conjunto total de objetos que son de interés para un problema dado. Los objetos pueden ser personas, animales, productos fabricados, etc. Cada una de ellas recibe el nombre de elemento o individuo. (Rojas y Solano, 2017, pág. 6)

- **Muestra**

Se denomina muestra a un subconjunto de unidades estadísticas extraído de la población del cual se quiere conocer ciertas características. Es a partir de los resultados observados sobre la muestra que se va a extrapolar para producir estimaciones sobre dicha población. (Análisis de datos estadístico en cooperación para el desarrollo., pág. 2)

En esta investigación la unidad de análisis contempla las rejillas y placas de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado. Por otro lado, es imposible evaluar la totalidad de los productos, razón por la cual se decidió realizar un muestreo aleatorio. A continuación, se muestran los productos considerados en este trabajo de grado.

Tabla 3: Unidad de análisis  
Fuente: Elaboración Propia

Unidad de análisis	Variable	Población	Muestra		Periodo
			Tipo	N°	
Producto semi terminado de Fundición a Gravedad (Rejillas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Espesor</li> <li>• Cantidades</li> </ul>	47 Vc Ca11	Muestreo Aleatorio	120	Marzo a Junio de 2018
		47 Sc Ca11		140	
		47 Mc Ca11		120	
		50 Nc Ca11		85	
Producto semi terminado de Empastado (Placas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Espesor</li> <li>• Cantidades</li> </ul>	60 Vc Ca11	Muestreo Aleatorio	140	Marzo a Junio de 2018
		55 Sc Ca11		85	
		80 Sc Ca11/ 62 NcCa11		80	
		50 NcCa02		190	
		50 ScCa02		100	
		54 VcCa02		60	
		60 ScCa02		100	

### 3.5 Técnicas y herramientas

Para la realización del trabajo de grado se utilizaron diversas técnicas y herramientas las cuales se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4: Técnicas y herramientas.

Fuente: Elaboración Propia.

Objetivos	Fenómeno de estudio	Dimensiones del fenómeno	Herramientas
<b>Caracterizar los productos semi-terminados en función de sus dimensiones, materiales y apariencia.</b>	Productos semi-terminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones</li> <li>• Materiales</li> <li>• Apariencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de control de calidad y producción. .</li> <li>• Observación directa</li> <li>• Entrevistas no estructuradas</li> </ul>
<b>Analizar los procesos de fundición a gravedad y empastado en función a las cantidades producidas por unidad de tiempo, desperdicio generado, registro de información y la calidad del producto.</b>	Procesos de Fundición a gravedad y Empastado	Analizar los procesos por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de tiempo</li> <li>• Desperdicios generados</li> <li>• Registro de información</li> <li>• Calidad del producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de procesos</li> <li>• Modelador Bizagi</li> <li>• Entrevista no estructurada</li> </ul>
<b>Explicar las causas por las cuales existen variaciones en las paletas de producto semi-terminado de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.</b>	Paletas de producto semi-terminado de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variaciones en la cantidad de producto semi-terminado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama causa-efecto</li> <li>• Diagrama de Pareto</li> <li>• Pruebas de hipótesis</li> <li>• Análisis de Cluster</li> <li>• Graficas de caja y bigote</li> <li>• Matriz de jerarquización</li> <li>• Minitab 2018</li> <li>• SPSS</li> </ul>

<p><b>Determinar acciones que mitiguen las consecuencias de los problemas encontrados.</b></p>	<p>Estrategias correctivas o correctoras</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigación de las consecuencias de los problemas encontrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo Aleatorio</li> <li>• Pruebas de hipótesis (t-student)</li> <li>• Estimación por intervalos</li> <li>• Microsoft Excel</li> </ul>
<p><b>Valorar la relación costo-beneficio de las estrategias propuestas.</b></p>	<p>Estrategias propuestas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del tiempo de conteo</li> <li>• Costo asociado a la implementación de las propuestas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación del tiempo de conteo.</li> <li>• Campo de fuerza</li> <li>• Evaluación de costo asociado a la implementación de las propuestas.</li> </ul>

## 4 CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

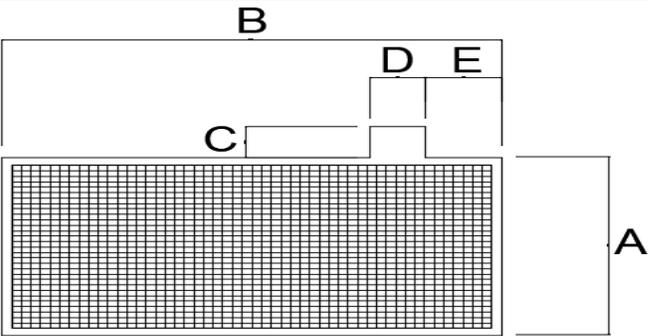
En el presente capítulo se muestra la documentación de los procesos pertinentes, para determinar los factores que influyen en estos, con la finalidad de realizar un estudio que permita identificar las causas de dichos factores.

### 4.1 Caracterizar los productos semi-terminados en función de sus dimensiones, materiales y apariencia.

Los productos semi-terminados de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado presentan una serie de características las cuales serán presentadas en fichas de control, tomando en cuenta las dimensiones, materiales y apariencia, para así facilitar el estudio y comprensión de dichos productos

#### 4.1.1 Dimensiones de las rejillas y placas

Figura 2: Dimensiones del producto semi-terminado en el proceso de fundición a gravedad (Rejillas)

Especificaciones de producto en proceso (Fundición a Gravedad)					
Tipos de rejillas	Espesor Nominal (EN)		Peso Nominal (PN)		
	EN $\pm$ 0,05 (mm)	EN $\pm$ 2 (mpulg)	PN -4 / +5 (g)		
47 VC Ca 11	1,19	47	94		
47 SC Ca 11	1,19	47	110		
47 MC Ca 11	1,19	47	104		
50 NC Ca 11	1,27	50	108		
65 MC Ca 11	1,65	65	120		
67 SC Ca 11	1,70	67	140		
Dimensiones Nominales					
Identificación	Marco y Trama (mm)		Oreja		
	A	B	C	D	E
SC	120,7	142,90	17,46	15,87	38,10
NC	133,4	117,47	17,46	15,87	25,40
VC	100,1	42,90	19,44	15,87	38,10
MC	108	142,90	19,44	15,87	38,10
Leyenda					
Sc: Standar Central					
Nc:Narrow Central					
Vc:Volkswagen Central					
Mc:Middle Central					

Fuente: Elaboración propia, con datos extraídos del departamento de producción de la empresa

Observando la Figura 2, se pueden apreciar los espesores, pesos y dimensiones nominales de cada uno de los diferentes modelos de rejilla que se producen. Estas especificaciones son vitales para el control de calidad del área, donde se guían de estas para decidir si el producto se está fabricando correctamente o si se tiene que proceder a realizar ajustes a la máquina para corregir cualquier especificación fuera del rango.

Figura 3: Especificaciones de producto en el proceso de Empastado.

Especificaciones de producto en proceso (Empastado-Placa Positiva)			
Placas Continuas			
Tipo de Rejilla	Tipo de Placa	Peso (gr) $\pm 6$	Espesor (mpulg) $\pm 5$
47 VcCa11	60 VcCa11	120	60
47 ScCa11	55 ScCa11	133	55
65 McCa11	75 McCa11	163	75
47 McCa11	65 McCa11	130	65
50 NcCa11	62 NcCa11	135	62
67 ScCa11	72 ScCa11	175	72
	80 ScCa11	180	80
Nomenclatura por aleación			
Ca11: Calcio			
Porcentaje de humedad placas positivas: $9,5 \pm 0,5 \%$			

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del departamento de producción de la empresa

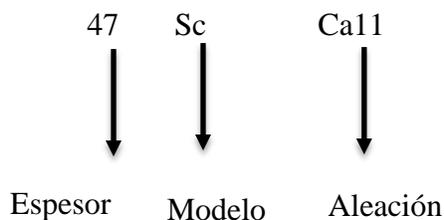
Figura 4: Especificaciones de producto en el proceso de Empastado±.

Especificaciones de producto en proceso (Empastado-Placa Negativa)			
Placas Continuas			
Tipo de Rejilla	Tipo de Placa	Peso ± 4 (gr)	Espesor ± 3( mpulg)
40 ScCa02	54 ScCa02	128	54
	60 ScCa02	140	60
40 VcCa02	54 VcCa02	102	54
40 NhCa02	57 NhCa02	110	57
40 NcCa02	50 NcCa02	114	50
40 McCa02	54 McCa02	123	54
Dimensiones			
Modelo		Longitud (mm)	
54 ScCa02		143 +1,5	
60 ScCa02		143 +1,5	
54 VcCa02		143 +1,5	
57 NhCa02		104 +1,5	
50 NcCa02		117 + 1,5	
Nomenclatura por aleación			
Ca02: Calcio			
Porcentaje de humedad placas negativas: 8,3 ± 0,5			

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del departamento de producción de la empresa

En las Figura 3 y Figura 4 se presentan el peso y espesor con el que deben salir las placas junto con el modelo de rejilla del cual proviene, así como, el porcentaje de humedad que deben presentar y sus respectivos límites de tolerancia aceptados por el proceso.

A continuación, se muestra un ejemplo de la nomenclatura que se utiliza para diferenciar cada modelo de rejilla y placas.

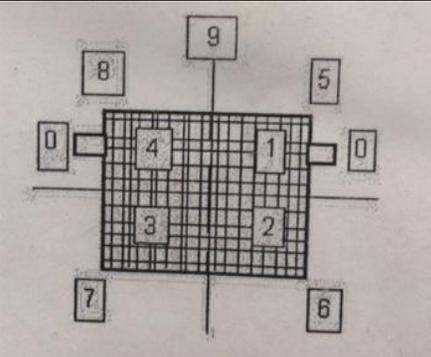


4.1.2 Apariencia de rejillas y placas

Figura 5: Apariencia y defectos del producto semi terminado del proceso de Fundición a Gravedad.

## Apariencia de Rejillas

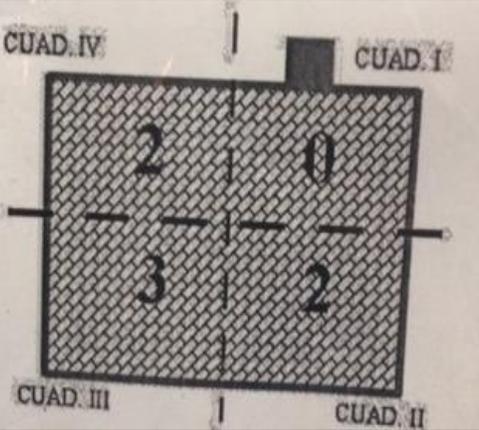
Codigo de Defectos	Defectos	Ubicación	
0	Toda la rejilla	0	Orejas
1	Fragilidad		
2	Deformación		
3	Material Faltante		
4	Rebaba	1-4	Costillas
5	Mal Corte		
6	Grietas		
7	Dureza	5-8	Marcos
8	Debilidad		



Numero Maximo de alambres faltane por rejilla:

- 1) No debe haber mas de cinco (5) alambres faltantes por toda la rejilla simple.
- 2) El criterio de rechazo de producto (panel de rejilla doble) y el respectivo ajuste de la maquina es el mismo criterio de rechazo para una rejilla simple.
- 3) Los huecos producidos por falta de alambres no deben ser consecutivos tanto horizontal como verticalmente. Esto quiere decir que no deben haber dos huecos consecutivos ni vertical ni horizontal a lo largo de las costillas de la rejilla.
- 4) Numero maximo de huecos permitidos por cuadrantes.

Cuadrante I:	0 Huecos
Cuadrante II:	2 Huecos
Cuadrante III:	3 Huecos
Cuadrante IV:	2 Huecos



**Aceptación de Rebabas:**

- 1) Rebabas internas no deben aceptarse mas de 5 huecos consecutivos ni mas de 10 en la toda la rejilla simple.
- 2) Rebabas externas no aceptadas en ninguna de las zonas de la rejilla, en caso de presentarse este defecto debe eliminarse con cualquier herramienta de corte.

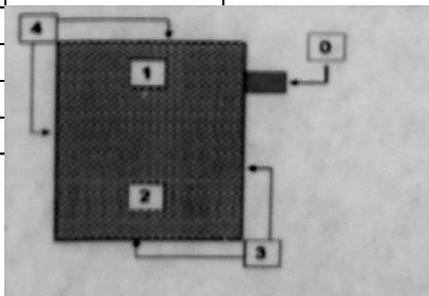
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del departamento de producción de la empresa

En la Figura 5, se pueden observar los diferentes tipos de defectos con su respectivo código de identificación, por la cual una rejilla puede ser rechazada o aceptada a la hora de su fabricación. Estos defectos son evaluados por el departamento de calidad y producción para así minimizar los mismos.

En la misma figura se puede observar que la rejilla está separa en cuadrantes, en los cuales se permite una cierta cantidad de huecos o grietas, las cuales representan la ruptura de los hilos que conforman una celda o pastilla de la rejilla.

Figura 6: Apariencia de Placas

<h1>Apariencia de Placas</h1>				
Defectos	Clasificación	Posibles causas	Acciones correctivas sobre el producto	Acciones correctivas sobre el proceso
Orejas Sucias	Mayor	Tornillo desajustado	Limpiar Orejas	Ajustar tornillo
Placas con residuo	Mayor	Pasta blanda	Eliminar residuo	Secar la pasta
Agujeros( más de 5 consecutivos o mas de 10 en toda la placa)	Critico	Pasta blanda, y Tolva corrida	Rechazar unidades defectuosas	Secar la pasta y ajustar la tolva
Sobre empastado	Mayor	Tolva desajustada, pasta seca o muy dura y tolva muy apretada	Usar mezclado o en diseño de baterías de menor número de placas	Ajustar la tolva
Placas partidas	Critico	Mal ajuste en máquina empastado	rechazar lote de rejillas	chequear fundición de rejillas
Corte asimétrico	Critico	Mal ajuste en máquina de empastado y oreja doblada	Rechazar unidades defectuosas	chequear fundición de rejillas
Codigo de Defectos		Ubicación		
0	Sobreempastado	0 Oreja		
1	Deformación	1 - 2 Costillas		
2	Material Faltante	3 - 4 Marco		
3	Suciedad	5 Toda la placa		
4	Pasta Desperdida			
5	Rotura			
6	Otros			



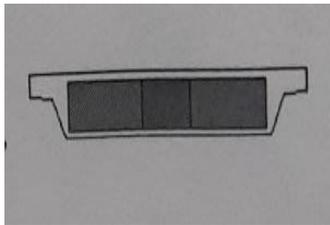
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del departamento de producción de la empresa

En la Figura 6 , se pueden visualizar los defectos de las placas junto con su respectivo código. También se muestran las posibles causas de dichos defectos y las acciones correctivas que se deben tomar ante cada causa.

4.1.3 Materiales utilizados para la fabricación de las rejillas y placas

Figura 7: Materiales

<b>MATERIALES</b>			
<b>Aleaciones de plomo refinado</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Uso</b>	<b>Colores de Identificación</b>
Pb-PURO	Pb-01	Elaboración de oxido de plomo	Anaranjado
PbCa	Ca-11	Elaboración de rejillas a gravedad	Anaranjado/Blanco
PbCa 1% (Calcio Madre)	Ca-04	Para aumentar la concentración de calcio en el crisol	Verde/Blanco



<b>MATERIALES DE EMPASTADO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Uso</b>
Material Activo	Empastar las rejillas
Rejillas a Gravedad	Estructura que soporta el materia activo

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del departamento de producción de la empresa

En la Figura 7, se puede apreciar los diferentes materiales que se utilizan para la fabricación de los productos semi-terminados de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado. Para la fabricación de las rejillas se utiliza plomo aleado con calcio, aluminio y estaño.

También se emplea una aleación de calcio con una mayor concentración conocida en la planta como “Calcio Madre”, ésta se utiliza con el fin de nivelar la concentración de calcio en los crisoles que se encuentran en el área de fundición, debido a que los niveles de calcio tienden a disminuir en el tiempo.

En el caso de las placas se utilizan las rejillas formadas en el proceso de Fundición y el material activo en forma de pasta, producto del proceso de mezclado.

Tabla 5: Concentraciones de las aleaciones utilizadas en la planta.  
Fuente: Elaboración Propia datos extraídos del Departamento de producción

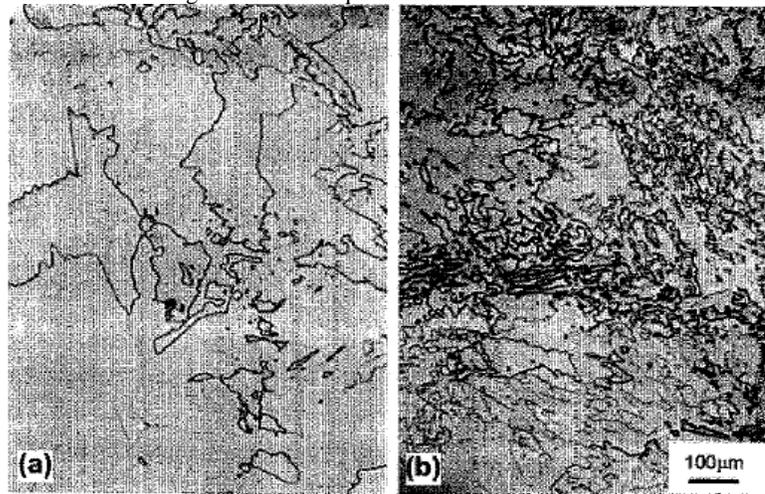
Elemento	Concentración
<b>Calcio</b>	0.06- 0.08 %
<b>Aluminio</b>	0.01-0.02 %
<b>Estaño</b>	0.1-0.2 %

#### 4.1.4 Análisis de la aleación plomo

El calcio, aporta varios beneficios al plomo y por lo tanto a la rejilla, ya que le proporciona dureza, disminuye la auto-descarga de la batería y la gasificación del electrolito. Sin embargo, un exceso de calcio puede traer consecuencias negativas al funcionamiento y calidad de la batería. Esto ocurre cuando el porcentaje de calcio es superior al 0,082% ya que en ese punto, se empiezan a formar  $\alpha Pb + Pb_3Ca$ , dicho compuesto reacciona con el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y forma óxido de plomo ( $PbO$ ), dióxido de plomo ( $PbO_2$ ) y sulfuro de plomo ( $PbS$ ). Estos compuestos son menos densos que el plomo, por ende, producen el crecimiento de la rejilla.

Otro impacto negativo del exceso de calcio se muestra en la Figura 8, donde se observa en (a) una aleación plomo-calcio con un 0,06% y en (b) la misma aleación solo que con una concentración de calcio de 0,09%. En esta figura se puede apreciar como a medida que se eleva el porcentaje de calcio, mayor es la cantidad de granos que se forman, lo cual aumenta la superficie de reacción, en la rejilla, aumentando así la corrosión.

Figura 8: Refinamiento de grano a medida que aumenta el contenido de Ca en aleaciones Pb-Ca.

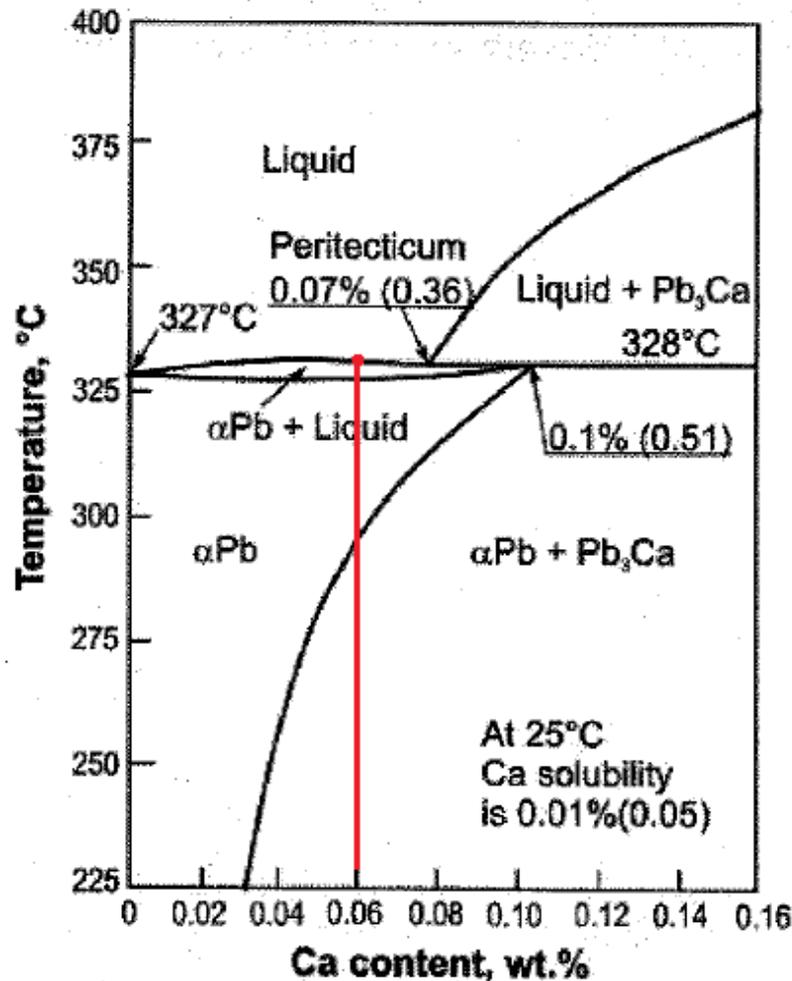


Fuente: Datos suministrada por el departamento de producción

Se sabe que la concentración de calcio que es utilizada por la empresa es de 0,06%, donde en el diagrama de fase el cual se muestra en la Figura 9, se observa que tiene su punto de fusión alrededor de los 325°C y 327°C. Cabe destacar que el crisol donde se

funden los lingotes de la aleación en estudio tiene una temperatura de 450°C, permitiendo mantener en estado líquido el plomo.

Figura 9: Diagrama de fase plomo calcio

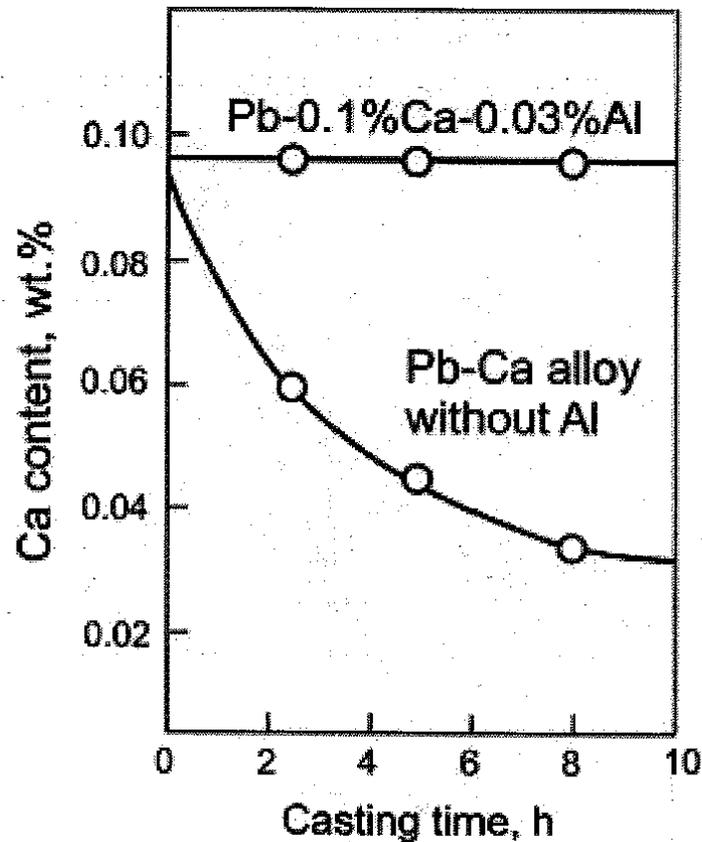


Fuente: Datos suministrada por el departamento de producción de la empresa

Por otro lado, los niveles de calcio disminuyen debido a que el óxido no se puede reducir más y esto, es acelerado por las altas temperaturas y por el contacto con el oxígeno del aire, lo que hace que éste se desprenda del plomo y forme la escoria. Por ello, para evitar que éste disminuya sus niveles se le agregó aluminio, el cual ayuda a mantener estable los niveles de calcio por un periodo de tiempo mayor lo cual se puede observar en la Figura 10, en donde los niveles del calcio al agregar el aluminio se mantienen por un periodo de tiempo mayor, en comparación con la aleación de plomo calcio sin aluminio. Además de esto el aluminio no es afín con el plomo, por ende, se desprende con mayor

facilidad formando la escoria la cual crea una capa protectora en el plomo líquido y previene la pérdida de calcio.

Figura 10: Efecto del Aluminio en pérdida de Calcio en la fundición de rejillas



Fuente: Datos suministrada por el departamento de producción la empresa

Por otro lado, esta aleación también presenta un porcentaje de estaño, el cual está entre 0,1 % y 0.2 %. Este porcentaje de estaño le proporciona una mayor fluidez al plomo, lo cual es necesario ya que al producir a gran escala se requiere que el proceso sea lo más fluido posible, además ayuda al moldeo de rejillas delgadas y reduce la tendencia de las placas positivas a resistir la recarga cuando se encuentran muy descargadas.

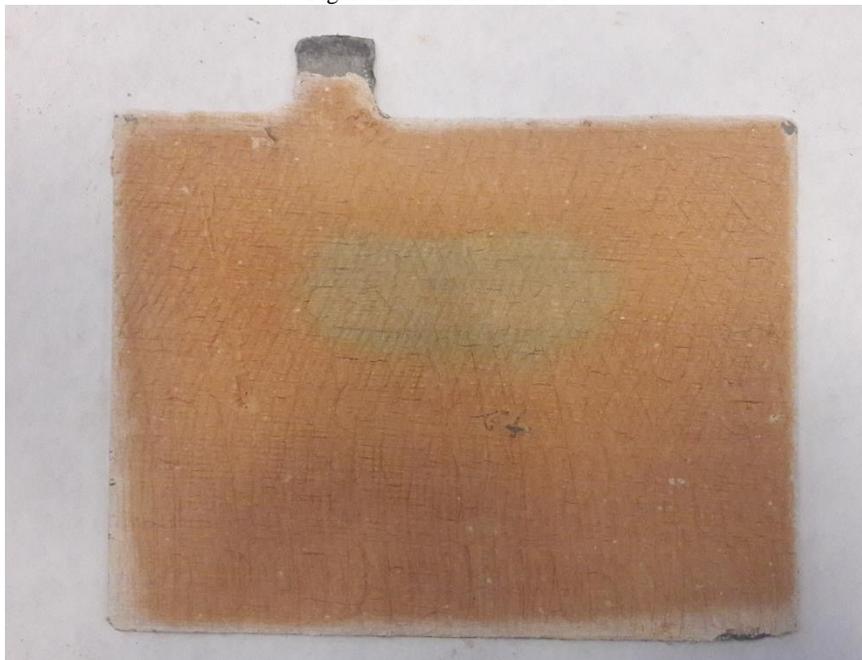
La Figura 11 se observa la rejilla 47 VcCa11 la cual está en perfecto estado, ya que no presenta ningún tipo de defectos mencionadas anteriormente, de igual forma en la Figura 12 se muestra la placa 60 VcCa11 con las mismas condiciones. Los demás modelos de rejillas y placas se pueden apreciar en los Anexos A.

Figura 11: Rejilla 47 VcCa11



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12: Placa 60VcCa11



Fuente: Elaboración Propia

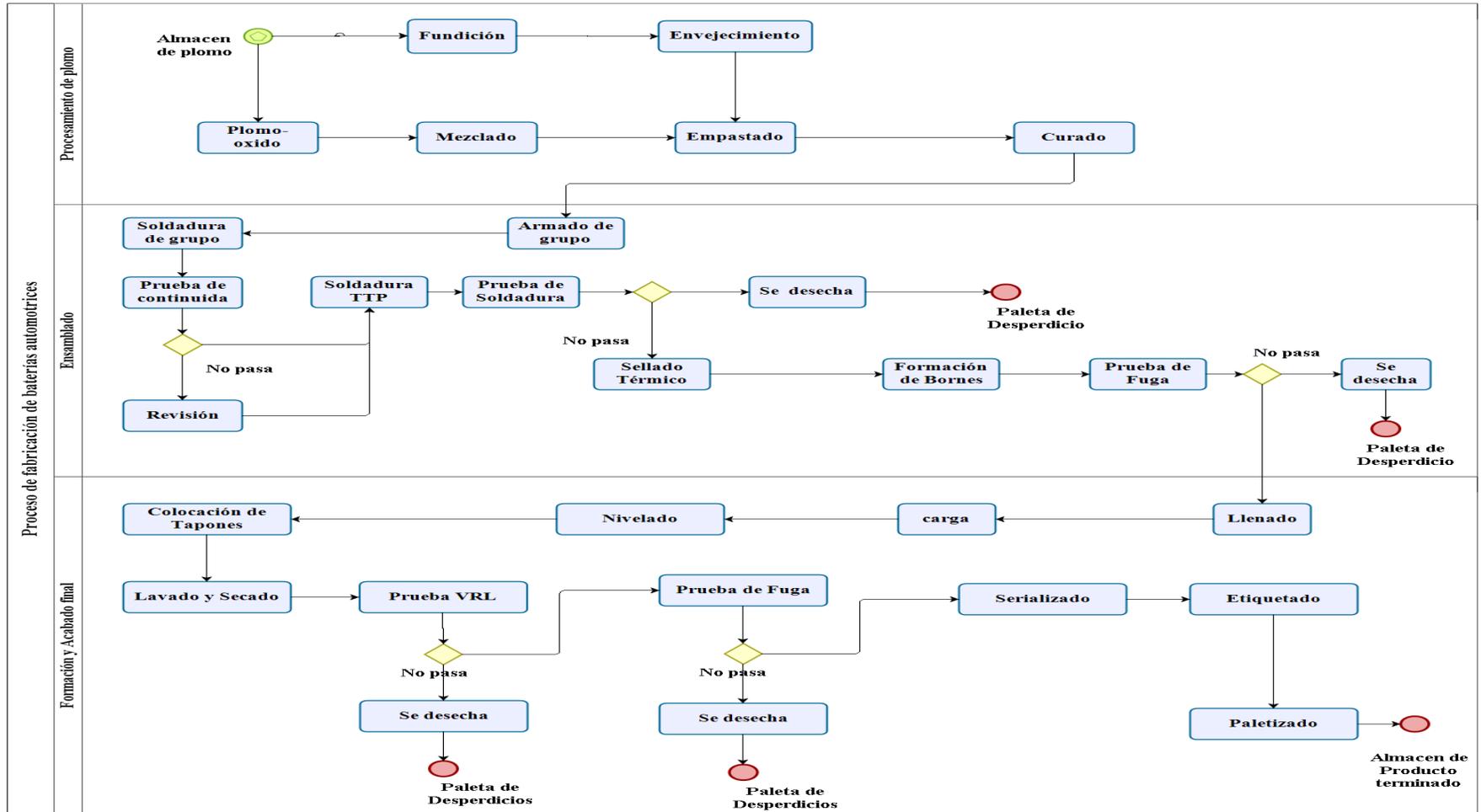
#### **4.2 Analizar los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado en función a las cantidades producidas por unidad de tiempo, desperdicio generado, registro de información y la calidad del producto.**

Para facilitar el análisis de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado, primero se estudió el proceso de producción de una batería automotriz, para luego profundizar en los procesos anteriormente mencionados.

Se realizó un diagrama de procesos el cual se muestra en la Figura 13. Para documentarlo se realizaron entrevistas no estructuradas al personal obrero y a los supervisores de cada una de las áreas de la planta, así como por observación directa por un periodo de cuatro meses.

En este diagrama también se tomaron en cuenta aspectos de calidad, ya que cada una de las áreas presenta una estación de control de procesos, en la que se determina si el producto es aceptado o rechazado. En alguna de estas etapas se puede reutilizar el producto, pero en otras se llevan al almacén para luego ser enviada a la planta de reciclaje para volver a ser utilizado.

Figura 13: Diagrama de proceso de una batería automotriz



Fuente: Elaboración Propia

Una vez que ya se sabe cómo es el proceso productivo el cual está explicado en el Anexo B, se va a enfocar el estudio en los dos primeros procesos los cuales se presentan a continuación.

#### 4.2.1 Fundición a Gravedad

El proceso de Fundición es la primera etapa para iniciar la fabricación de una batería automotriz. Dicho proceso presenta dos vertientes: Fundición a Gravedad y Fundición Continua. Esta investigación se enfoca en el proceso de Fundición a Gravedad, en el cual se producen las rejillas positivas. Debido a las limitaciones de esta investigación, se estudiaron solo cuatro de los distintos modelos fabricados de rejillas, los cuales son: 47 VcCa11, 47 ScCa11, 50NcCa11 y 47 McCa11.

Una vez que se fabrican las rejillas, estas son almacenadas en paletas de forma estandarizada para facilitar el conteo de las mismas. A continuación, se muestran las cantidades nominales de paquetes y rejillas que se encuentran en una paleta en el proceso de Fundición a Gravedad. Para visualizar la máquina de fundición los moldes y paletas visualizar Anexos C.

Tabla 6: Cantidad estandarizadas de paquetes y rejillas por paleta.  
Fuente: Elaboración Propia.

Modelo de rejilla	Camadas por paletas	Cantidad de paquetes por camada	Cantidad de paquetes por paleta	Cantidad de rejillas por paquete	Cantidad de rejillas por paleta
47 VcCa11	4	28	112	196	21.952
47 ScCa11	4	28	112	194	21.728
47 McCa11	4	28	112	196	21.952
50 NcCa11	4	30	120	187	22.440

Las cantidades nominales que se muestran en la Tabla 6, como ya se mencionó anteriormente, están estandarizadas para así facilitar el conteo y a su vez el cálculo de la producción al final de cada turno, el operario ingresa en la hoja de producción la cantidad de paquetes y rejillas fabricadas. Para el proceso de Fundición a Gravedad se cuenta con dos (2) turnos de producción, el primer turno de 6:30 a.m. hasta las 2:25 p.m. y el segundo turno desde las 2:30 p.m. hasta las 9:45 p.m.

Este proceso cuenta con 15 máquinas fundidoras, separadas en cinco conjuntos de tres máquinas cada uno. Cada conjunto cuenta con un operario que se encarga de la producción durante su turno y con un control de calidad para los cinco conjuntos.

#### 4.2.2 *Cantidades producidas por unidad de tiempo en el proceso de Fundición a Gravedad.*

En la Tabla 7 se muestra la cantidad de rejillas producidas por unidad de tiempo en el proceso de Fundición a Gravedad. Los datos fueron recolectados a través de la observación directa del proceso en los dos turnos de producción y así poder cronometrar el tiempo de producción para calcular el desempeño.

Tabla 7: Cantidad de rejillas por unidad de tiempo  
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de rejilla	Tiempo de producción de rejillas por minutos	Tiempo de producción de un paquete en minutos	Tiempo de producción de una paleta en minutos	Tiempo de producción de una paleta en hora	Cantidades de rejillas producidas por hora
47 VcCA11	28	7	784	13,06	1680
47 ScCa11	28	6,92	775,04	12,91	1680
47 McCa11	28	7	784	13,06	1680
50 NcCa11	28	6,67	747,04	12,45	1680

#### 4.2.3 *Desperdicios del proceso de Fundición a Gravedad.*

Este proceso posee un sistema de reutilización del plomo, el cual consiste en unas bandas transportadoras que se encuentran debajo de las máquinas fundidoras, donde el inspector de calidad y el mismo operario pueden disponer de las rejillas en mal estado, para así ser llevadas a través de la banda hacia el crisol donde el plomo de las rejillas es fundido nuevamente.

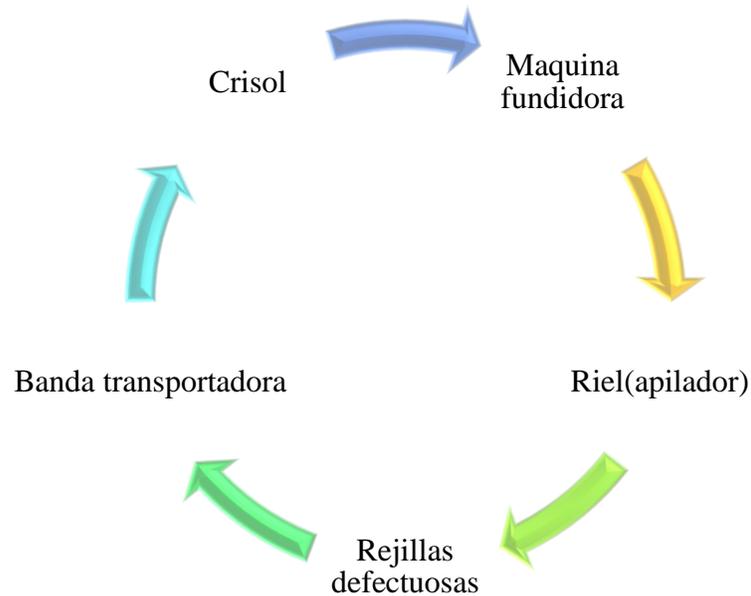
Figura 14: Banda transportadora de desperdicios



Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, el otro tipo de desperdicio que se genera en esta área es la escoria que, la cual es extraída a través de unos extractores que se encuentran conectados directamente a los crisoles y son depositados en contenedores destinados para este tipo de desperdicio.

Figura 15: Ciclo de desperdicios del proceso de Fundición a Gravedad



Fuente: Elaboración Propia

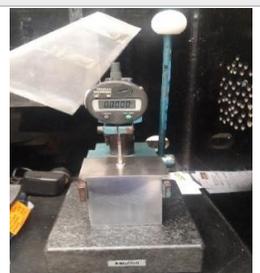
#### 4.2.4 Análisis de Calidad del proceso de Fundición a Gravedad

El control de calidad que se realiza en esta área consiste en la medición del peso y espesor de los productos semi-terminados, el inspector toma de forma aleatoria dos paneles de cada máquina fundidora para luego, ser llevadas a la sección de control de calidad, en donde se encuentran los instrumentos necesarios para realizar la medición.

El procedimiento para medir el espesor consiste en tomar la medida en las cuatro esquinas del panel y seleccionar la que tenga mayor espesor, de esta forma se puede verificar si las rejillas que se están fabricando están dentro de los parámetros de calidad.

De igual forma el inspector coloca el panel en la balanza para corroborar si el peso está dentro del rango de las especificaciones anteriormente mostradas.

Tabla 8: Herramientas de medición del proceso de Fundición a Gravedad.  
Fuente: Elaboración Propia

Especificación	Herramienta	Unidades	Foto
Peso	Balanza digital	Gramos	
Espesor	Tornillo micrométrico	Mili pulgada	

A su vez, el control de calidad junto con los operarios, son los encargados de desechar las rejillas que presenten defectos los cuales se muestran en la Figura 5, a pesar de ellos estos defectos no afectan a la producción, ni al flujo del proceso.

Para demostrar esto, se realizó una prueba de hipótesis en función de la proporción de defectuosos, en donde se tomó una muestra de 70 paquetes (13.414 rejillas) en un periodo de tres días en el área de fundición. En la Tabla 9 se muestra la cantidad de rejillas defectuosas encontradas y el porcentaje defectuosas. Es importante aclarar que las rejillas que presentaban más de un defecto, se tomó en cuenta el defecto más notable.

Tabla 9: Porcentaje Defectos  
Fuente: Elaboración Propia

Número de Paquetes	Número de Rejillas	Número de Defectuosas	% Defectuosas
70	13414	400	2.982%

Con los datos obtenidos se pasó a realizar la prueba de hipótesis correspondiendo en el cual se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 1: Prueba de Proporción

$$Z = \frac{p - P}{\sqrt{\frac{P * \gamma}{n}}}$$

Dónde:

$P$  = Proporción de rejillas defectuosas en el lote

$p$  = Proporción de rejillas defectuosas de la muestra

$\gamma$  = Nivel de confianza de la muestra

$n$  = tamaño de la muestra

Una producción de rejillas es defectuosa si más del 3 % de las rejillas producidas sale defectuosas, para ello se declaró la siguiente hipótesis:

$H_0$ : La producción de rejillas no es defectuosa

$H_1$ : La producción de rejillas es defectuosa

Tabla 10: Prueba de hipótesis de proporción de rejillas defectuosas  
Fuente: Elaboración Propia

Tipo de prueba	Prueba de hipótesis
Proporción	$H_0: P \leq 0.03$ $H_1: P > 0.03$

Se determinó el P- Valor de la prueba para evaluar si la producción de rejillas es defectuosa o no, comparándolo con la proporción de defectuosos utilizados por la empresa.

Cálculo:

$$P - valor = Z > \left( \frac{0.0298 - 0.03}{\sqrt{\frac{0.03 * 0.97}{13414}}} \right) = -0.1357$$

$$P - valor = Prob(Z > -0.1357) = 0.55$$

Al ser el P- valor mayor que el nivel de significación (0.05) se llega a la siguiente conclusión:

Tabla 11: Decisión de la prueba de hipótesis  
Fuente: Elaboración Propia

Decisión	Conclusión
No se rechaza la hipótesis nula.	No existen evidencias suficientes para demostrar que la producción es defectuosa.

Con este resultado se puede evidenciar que, a pesar de existir defectos en las rejillas, estas no influyen en la producción final de las mismas y por ende no interfiere con el flujo del proceso debido al sistema de reutilización del plomo, el cual se mencionó anteriormente.

#### 4.2.5 Proceso de Empastado

Luego de haber analizado el proceso de Fundición, pasamos al proceso de Empastado en el que se producen las placas positivas y negativas, las cuales son las encargadas de darle vida a una batería. Este proceso cuenta con dos máquinas empastadoras, una a gravedad y la otro continúa, cuyos nombres vienen dados por el proceso de fabricación utilizado para las rejillas que empastan.

Para este trabajo se tomó en cuenta los modelos 60 VcCa11, 55 Sc Ca11, 80 Sc Ca11 y 62 NcCa11, para las placas positivas, mientras que para las placas negativas se estudiaron los modelos 50 NcCa02, 50 ScCa02, 54 VcCa02 y 60 ScCa02. Para visualizar la máquina de Empastado ir Anexos C.

Este proceso depende tanto de Fundición como de Mezclado, ya que sin las rejillas y el material activo no se puede fabricar las placas. Por otro lado, dependiendo del tipo de placa que se vaya a producir (positiva o negativa) se va a tener un tipo de pasta específico.

En las Tabla 12 y Tabla 13 se muestra la cantidad nominal de paquetes y placas que se encuentran en una paleta en el proceso de Empastado.

Tabla 12: Cantidad estandarizada de paquetes y placas positivas por paleta en el proceso de Empastado.  
Fuente: Elaboración Propia.

Modelo de Placas Positivas	Camadas por paletas	Cantidad de paquetes por camada	Cantidad de paquetes por paleta	Cantidad de placas por paquete	Cantidad de placas paleta
60 VcCa11	2	144	288	35	10.080
55 ScCa11	2	126	252	35	8.820
80 ScCa11	2	126	210	35	7.350
		84			
62 NcCa11	2	126	252	35	8.820

Tabla 13: Cantidad estandarizada de paquetes y placas negativas por paleta en el proceso de Empastado.  
Fuente: Elaboración Propia.

Modelo de Placas Negativas	Camadas por paletas	Cantidad de paquetes por camada	Cantidad de paquetes por paleta	Cantidad de placas por paquete	Cantidad de placas paleta
50 NcCa02	2	144	288	41	11.808
50 ScCa02	2	126	252	41	10.332
54 VcCa02	2	144	288	41	11.808
60 ScCa02	2	126	252	41	10.332

Al igual que en el proceso de Fundición a Gravedad, el proceso de Empastado cuenta con dos turnos de producción, donde el operario una vez finalizada una paleta registra la cantidad producida y al final de cada turno, debe ingresar en la hoja de producción lo fabricado en su turno correspondiente. Las paletas de placas al igual que las de rejillas están estandarizadas para facilitar el conteo y el cálculo de la producción.

Además de esto, las cantidades en las paletas tanto de las placas positivas como las negativas varían, esto se debe a que dichas paletas deben poseer una altura determinada para poder entrar en las cámaras de curado, por este motivo las placas que presentan un mayor espesor tienen menor cantidad de paquetes.

Para la empastadora a gravedad se requiere cuatro operarios, dos al inicio del proceso para la colocación de rejillas en el alimentador de la máquina y otro para recolección de residuos de pasta que caen en un depósito que se encuentra bajo la máquina, mientras que los dos restantes se encuentran al final del proceso para ajustar, ordenar y colocar los paquetes de forma estandarizada en la paleta.

La empastadora continua para las placas negativas requiere tres operarios, uno al inicio del proceso para conectar la bobina a la empastadora, ajustar la cuchilla de corte y la tolva, así el mecanismo de la maquina pueda desbobinar las rejillas de forma mecánica y continua, mientras que los otros operarios se encuentran al final del proceso ajustando, ordenando y colocando los paquetes en la paleta de forma estandarizada.

4.2.6 *Cantidades producidas por unidad de tiempo en el proceso de Empastado.*

En el caso de la placas positivas y negativas el estudio de tiempo de estas se realizó de manera distinta, ya que esta puede variar dependiendo de la velocidad del proceso que se esté manejando al momento de la producción. La velocidad dependerá de la experticia de los operarios y el funcionamiento de la máquina.

Tabla 14: Cantidad de placas positivas por unidad de tiempo  
Fuente: Elaboración Propia con datos extraídos del T.G de Cordovez, M.

Modelo de placas positivas	Velocidad del proceso	Paquetes por minuto	Placas por minuto	Tiempo de producción de una paleta en minuto	Cantidad de placas por hora
60 VcCa11	Baja	-	-	-	-
	Media	12,39	434	23,23	26.035
	Alta	-	-	-	-
55 ScCa11	Baja	10,27	360	28,06	18.860
	Media	12,76	447	22,56	23.457
	Alta	13,86	485	21,17	24.998
62 NcCa11	Baja	7,41	259	39,31	13.462
	Media	12,24	428	23,52	22.500
	Alta	16,7	585	17,28	30.625

Tabla 15: Cantidad de placas negativas por unidad de tiempo  
Fuente: Elaboración Propia con datos extraídos del T.G de Cordovez, M.

Modelo de placas negativas	Velocidad del proceso	Paquetes por minuto	Placas por minuto	Tiempo de producción de una paleta en minuto	Cantidad de placas por hora
50 NcCa02	Baja	4,91	201	68,71	10.311
	Media	6,23	255	54,16	13.081
	Alta	7	287	48,19	14.702
50 ScCa02	Baja	-	-	-	-
	Media	8,81	361	33,54	18.483
	Alta	-	-	-	-
54 VcCa02	Baja	-	-	-	-
	Media	8,21	336	41,09	17.242
	Alta	-	-	-	-

Como se puede apreciar en las Tabla 14 y Tabla 15 los tiempos de producción de las paletas varían dependiendo de cómo este trabajando la máquina, a mayor velocidad menor tiempo de producción de una paleta, mientras que a menor velocidad el tiempo de producción es mayor y por lo tanto el proceso es más lento.

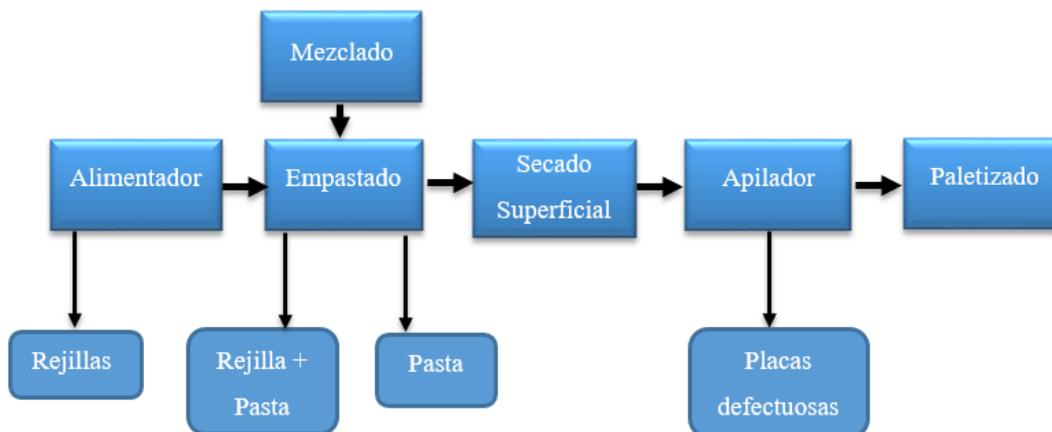
#### 4.2.7 Desperdicios del Proceso de Empastado.

A diferencia del proceso de Fundición a Gravedad, en el proceso de Empastado se generan desperdicios tanto al inicio como al final del proceso. Al inicio del proceso los desperdicios que se producen son de rejillas, rejillas con pasta y la pasta, cada uno de ellos son depositados en distintos contenedores. En el caso de las rejillas estas son llevadas nuevamente al proceso de fundición para ser reutilizados. Es importante mencionar que esta cantidad de rejillas que salen defectuosas no son tomadas en cuenta a la hora de realizar el registro de los desperdicios.

Por otro lado, las rejillas con pasta, en algunas ocasiones son depositadas en el contenedor de la pasta, en vez del contenedor de las placas defectuosas.

Al final del proceso hay otro contenedor en el cual se depositan las placas que salen defectuosas, ya sea por mal corte, por falta de material activo o que las placas queden pegadas unas de otras. Estos contenedores son pesados para determinar la cantidad de desperdicios que producen diariamente, este valor es tomado como referencia, pero no se toma en cuenta a la hora de realizar los reportes de producción ya que no se puede determinar con precisión la cantidad de pasta y rejillas que se encuentran en estos contenedores, ya que están ligados y es difícil establecer una equivalencia exacta.

Figura 16: Identificación de los desperdicios en el proceso



Fuente: Elaboración Propia con datos extraídos del T.G de Cordovez, M

Una vez identificado los puntos en los cuales se genera desperdicios, se pasó a cuantificar los mismos a través de la diferencia de entrada y salida de producto semi-terminado. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 16: Desperdicios  
Fuente: Elaboración Propia

# DE PALETAS	# DE PAQUETES	# DE REJILLAS NOMINAL	# DE PAQUETES DE PLACAS	# DE PLACAS	DIFERENCIA NOMINAL	% de impacto con respecto a las rejillas
Saldo 67 SC	23	3,266	62	2,170	1,096	33.56%
Saldo 67 SC	15	2,130	87	3,045	-915	-42.96%
Saldo 67 SC	70	9,940	274	9,590	350	3.52%
Saldo 47 SC	66	12,804	341	11,935	869	6.79%
Saldo 47 SC	15	2,910	52	1,820	1,090	37.46%
Saldo 47 SC	69	13,386	398	13,930	-544	-4.06%
Saldo 47 SC	5	970	21	735	235	24.23%
<b>Total</b>	<b>263</b>	<b>45,406</b>	<b>1,235</b>	<b>43,225</b>	<b>2,181</b>	<b>4.80%</b>
1 paleta 47 Vc	112	21,952	626	21,910	42	0.19%
1 paleta 47 Vc	112	21,952	622	21,770	182	0.83%
1 paleta 47 Vc	57	11,172	281	9,835	1,337	11.97%
1 paleta 47 Vc	112	21,952	574	20,090	1,862	8.48%
1 paleta 47 Vc	64	12,544	345	12,075	469	3.74%
<b>Total</b>	<b>457</b>	<b>89,572</b>	<b>2,448</b>	<b>85,680</b>	<b>3,892</b>	<b>4.35%</b>
1 paleta 47 Vc	55	10,780	347	12,145	-1,365	-12.66%
1 paleta 47 Vc	112	21,952	593	20,755	1,197	5.45%
1 paleta 47 Vc	112	21,952	588	20,580	1,372	6.25%
1 paleta 47 Vc	100	19,600	537	18,795	805	4.11%
<b>Total</b>	<b>379.00</b>	<b>74,284</b>	<b>2,065</b>	<b>72,275</b>	<b>2,009</b>	<b>2.70%</b>

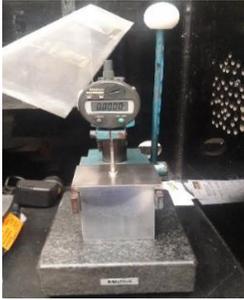
En la Tabla 16 se puede observar que existen diferencias con respecto a la cantidad de rejillas que entran vs la cantidad de placas que se producen. Estas diferencias se consideran que son los desperdicios que se generan en el proceso de empastado. Como se puede observar el porcentaje de rejillas varía considerablemente, ya que ésta depende de cómo esté funcionando la máquina, como por ejemplo se pueden perder rejillas al inicio del proceso, por no ajustar bien la máquina.

Los resultados negativos obtenidos se deben a un error en el conteo de los paquetes de placas, en donde se muestra que se produjeron más placas que rejillas entrantes. Este error se produjo ya por la velocidad de la máquina que no se pudo identificar cual fue la última placa correspondiente a la última rejilla de la paleta empastada, además de esto el operario sigue colocando paquetes de rejillas en el alimentador lo cual también contribuye con no poder identificar cual fue la última rejilla colocada de la paleta anterior.

4.2.8 Calidad del producto semi terminado del proceso de Empastado

Para el proceso de control de calidad de Empastado, el inspector del área toma una placa a la salida del horno de secado superficial, tanto para las placas positivas como las negativas, para así dirigirse a la zona de calidad en donde se encuentran los instrumentos mostrados en la Tabla 17 y se realizan las siguientes pruebas: medición del el peso, el espesor de la placa, que es este caso se toma una única medición en el centro de la misma y determina el porcentaje de humedad presente en la placa lo cuales debe estar en  $9.5 \pm 5 \%$  para la placa positiva, mientras que para la negativa es de  $8,3 \pm 0,5\%$  de humedad y también se mide los porcentajes de plomo libre. Este procedimiento consiste en golpear suavemente la placa con una espátula y recolectar el material activo en un vidrio de reloj para luego llevarlo a la balanza, una vez obtenido el resultado, las placas son desechas.

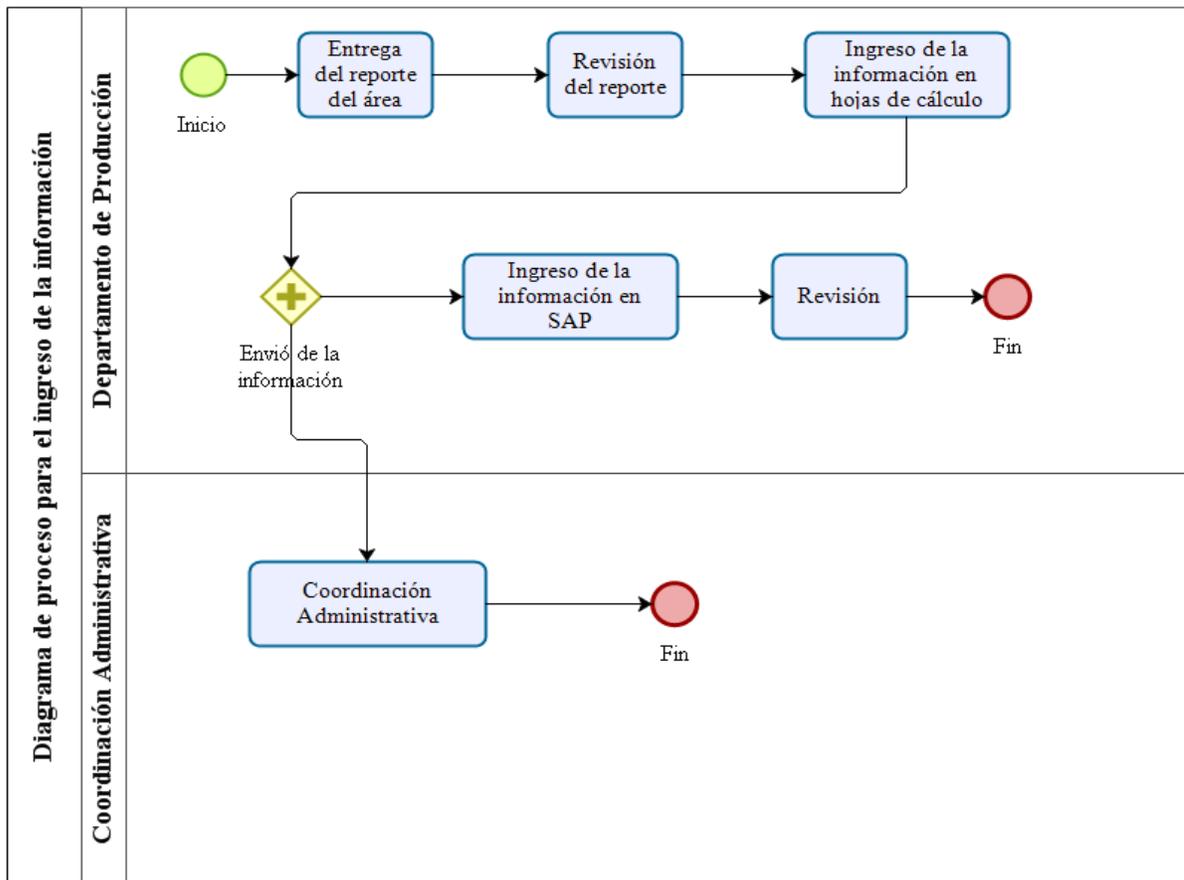
Tabla 17: Herramientas de medición del proceso de Empastado.  
Fuente: Elaboración Propia

Especificación	Herramienta	Unidades	Foto
Peso	Balanza digital	Gramos	
Espesor	Tornillo micrométrico	Mili pulgada	
Humedad	Balanza	Porcentaje	

#### 4.2.9 Ingreso de información al sistema SAP

Para ingresar la producción diaria a la plataforma SAP los operarios, personal administrativo y gerentes, deben realizar ciertas actividades previas para que la información sea verídica y se registre con éxito en el sistema. Dichas actividades se muestran en el siguiente diagrama.

Figura 17: Diagrama de actividades para el ingreso de información a la plataforma SAP.



En la Figura 17 se observan las actividades que se realizan para ingresar las cantidades de producción a la plataforma SAP. En primer lugar, el operario debe llenar la ficha de producción de su área respectiva, poniendo su código, turno, cantidades producidas y fecha, para luego ser recolectadas al final de turno por el supervisor del área. Este debe

revisarla y verificar que las cantidades hayan sido las indicadas ya que pueden surgir errores de transcripción. Luego se le entrega todos los reportes verificados al Gerente de Producción, quien es el encargado de introducir la información de las cantidades producidas al archivo digital en formato Excel, conocido como Resumen de Producción.

Al terminar dicha hoja, ésta es enviada por correo electrónico a la Coordinación Administrativa y a la secretaria de la Gerencia de planta. El personal administrativo usa la información para calcular los bonos de producción dependiendo de las cantidades producidas por cada uno de los operarios, mientras que la Secretaria de la Gerencia de planta se encarga de ingresar la información del Resumen de Producción a la Plataforma SAP.

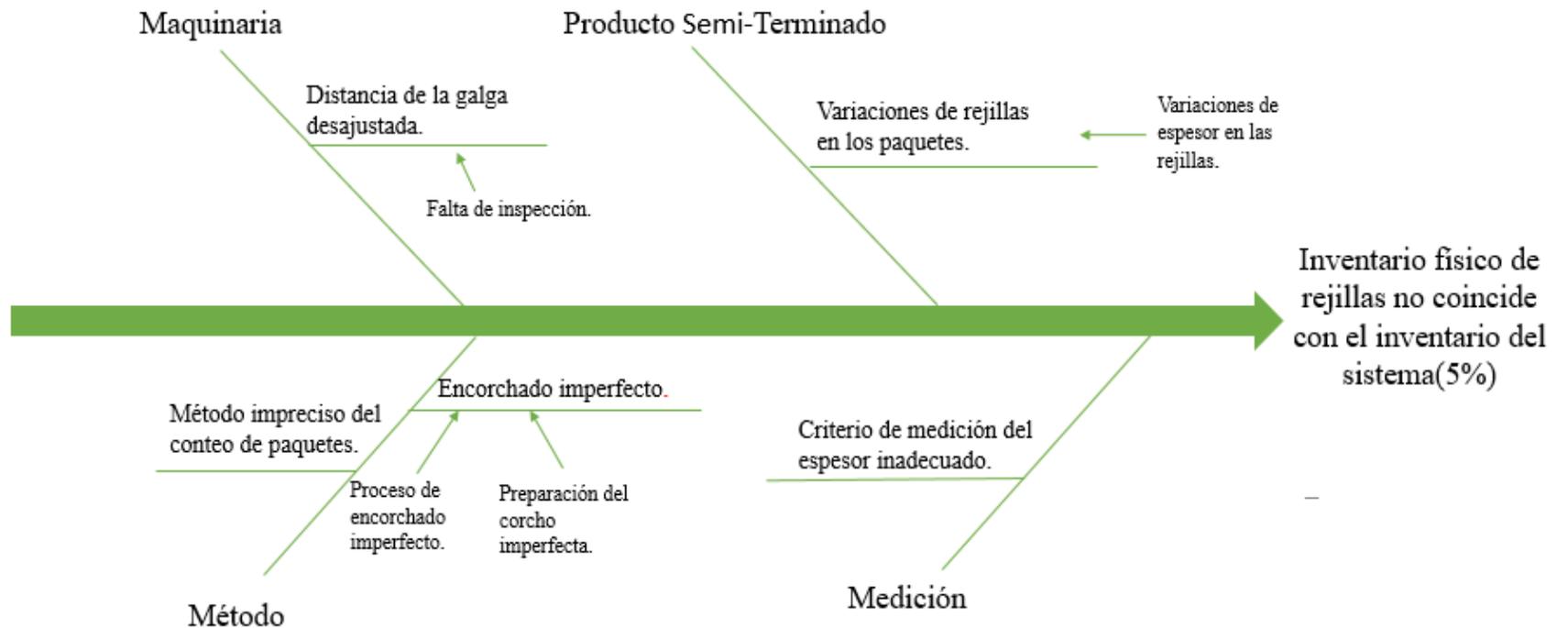
Finalmente, se imprimen las hojas digitales de resumen de cada área, junto con los inventarios que indica el sistema SAP. Con estas hojas impresas, el Gerente de Producción, coteja que la información del resumen coincida con los inventarios resultantes.

### **4.3 Explicar las causas por las cuales existen variaciones en las paletas de producto semi- terminado de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.**

Para determinar las causas que influyen en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado se hace uso de un diagrama de Ishikawa (causa-efecto), análisis de Cluster, pruebas de hipótesis, y diagrama de Pareto, buscando identificar las principales razones que generan los problema, como también proporcionar una visión más amplia de la situación actual.

Los diagramas Ishikawa que se presentan en las Figura 18 y Figura 22, muestra las principales causas por las cuales se está generando las diferencias de inventario físico de rejillas y placas con respecto al inventario ingresado al sistema en los procesos anteriormente mencionados.

Figura 18: Diagrama Ishikawa del proceso de Fundición a Gravedad



Fuente: Elaboración Propia

Para ponderar las causas se realizó una matriz de jerarquización, en la cual se tomaron tres criterios: impacto en el inventario, impacto en el ahorro del tiempo y los costos asociados a ellos, para así determinar cuáles son las causas que generan mayor impacto.

Se realizó una encuesta entre el personal del área de fundición, para ponderar cada causa y así determinar cuáles se van a atacar.

Tabla 18: Matriz de Jerarquización de Fundición  
Fuente: Elaboración propia

	<b>Impacto en el inventario</b>	<b>Impacto en el ahorro del tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Totales de fila (% Total)</b>
<b>Distancia de la galga desajustada</b>	0.13	0.07	0.01	0.21
<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	0.19	0.07	0.02	0.29
<b>Encorchado imperfecto</b>	0.07	0.05	0.01	0.14
<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	0.23	0.09	0.02	0.33
<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	0.02	0.01	0.00	0.03
<b>% Total global</b>	0.64	0.30	0.06	1.00

En la Tabla 18 se muestran las causas con mayor puntaje las cuales son: Variaciones de rejillas en los paquetes, método impreciso de conteo y distancia desajustada de la galga.

Además de la matriz de jerarquización se realizó un análisis de Clúster o método de aglomeramiento para evaluar que variable representa mayor criticidad en las diferencias del inventario. Para ello se tomó en cuenta tres variables, que son: la cantidad de rejillas en un paquete, el espesor y peso promedio de las rejillas en un paquete.

Primero se determinó el número de Clúster, para este estudio se decidió usar cuatro grupos para cada modelo de rejilla, para luego realizar el análisis mediante un gráfico de caja y bigote. A continuación, se muestra la cantidad de Cluster para el modelo 47 VcCa11 y como están distribuidas las variables.

Para visualizar los diagramas de caja y bigote de los modelos 47 ScCa11, 47 McCa11 y 50 NcCa11 diríjase a los Anexos E.

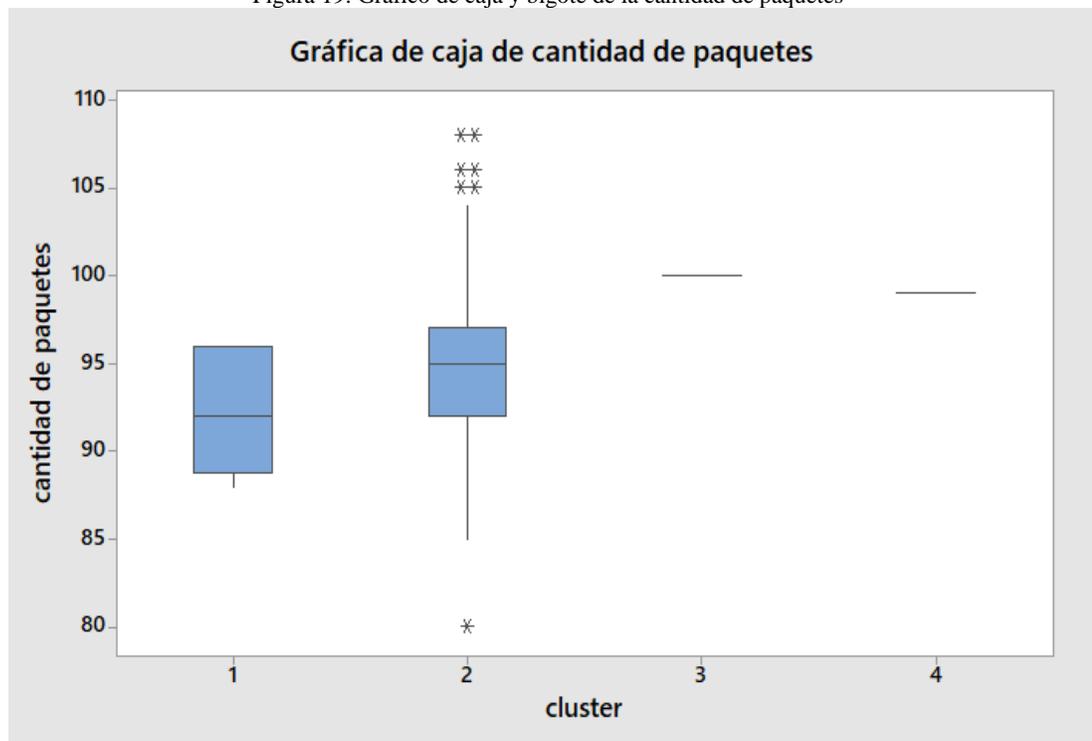
Tabla 19: Número de casos en cada Cluster.  
Fuente: Elaboración propia, datos extraído del Programa estadístico SPSS

Número de casos en cada Cluster		
Cluster	1	6,000
	2	174,000
	3	1,000
	4	1,000
Individuos		182,000
Valores perdidos		0,000

Como se puede ver en Tabla 19, el grupo que tiene mayor número de individuos es el Cluster 2, con una cantidad de 174, donde este representa un 95,60% del total, esto significa que los individuos son muy parecidos entre ellos, es decir, que son homogéneos, por otra lodo, los individuos que quedaron solos en los Cluster 3 y 4 reflejan valores atípicos.

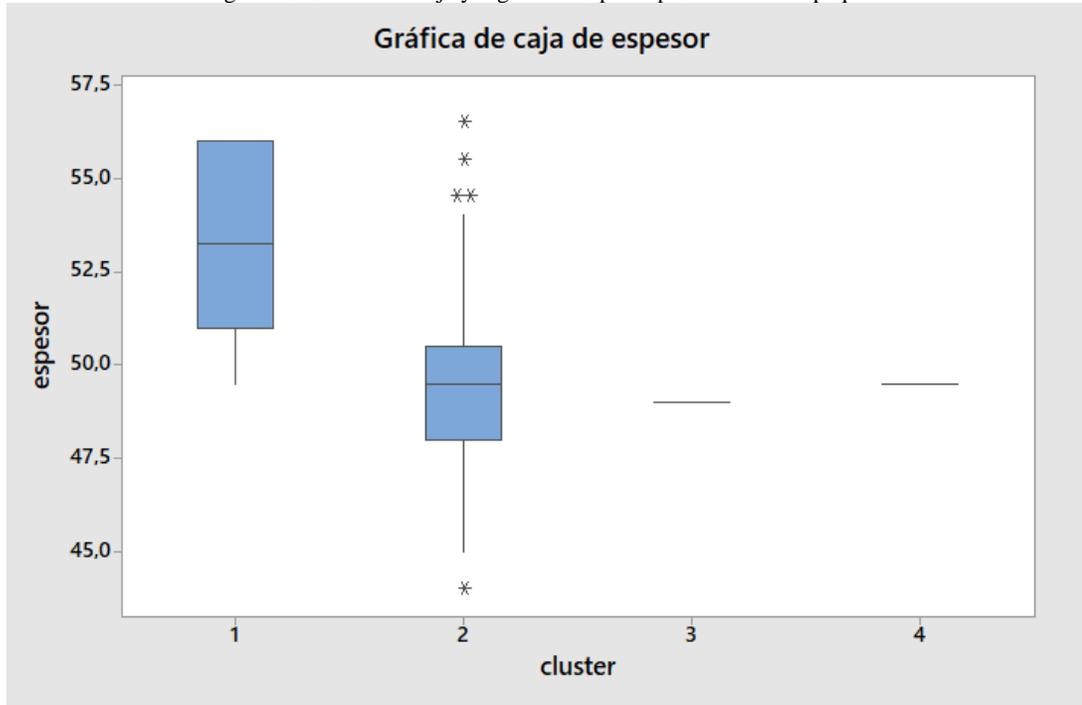
Se realizaron Gráfico Caja y Bigote de cada una de las variables estudiadas: Cantidad de rejillas en paquetes, Espesor y Peso vs Cluster, para determinar cuál de ellas presentan mayor criticidad.

Figura 19: Grafico de caja y bigote de la cantidad de paquetes



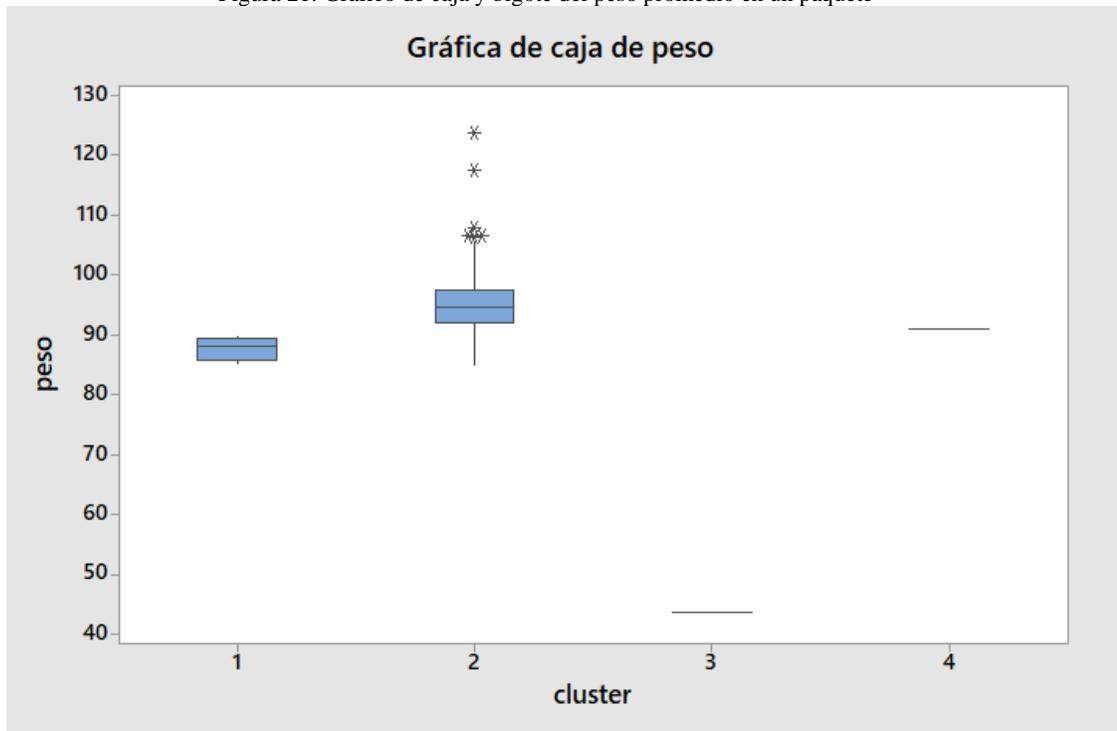
Fuente: Elaboración Propia

Figura 20: Grafico de caja y bigote del espesor promedio en un paquete



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21: Grafico de caja y bigote del peso promedio en un paquete



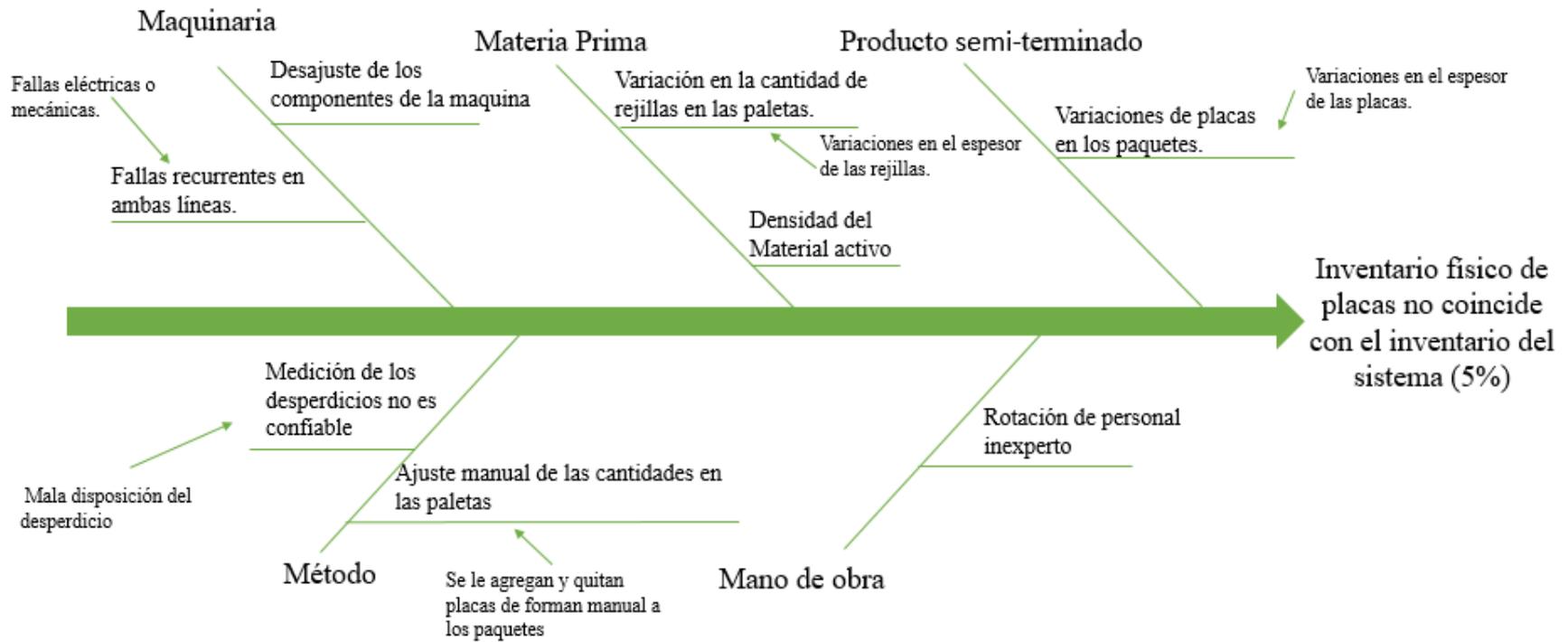
Fuente: Elaboración Propia

Una vez finalizado el análisis de todos los modelos de rejillas en estudio, se llegó que la variable que presenta mayor criticidad es el espesor promedio de los paquetes, esta variable presenta una mayor desviación de la media con respecto a las demás variables en estudio. También podemos observar que existen valores atípicos dentro de la muestra, los cuales se pueden considerar que son errores a la hora de tomar los datos.

Es importante evidenciar que el espesor está relacionado con las variaciones de las rejillas en los paquetes, debido a que a mayor espesor menor cantidad de rejillas presenta un paquete y viceversa.

A continuación, en la Figura 22 se muestra el diagrama ishikawa del proceso de Empastado, en donde se pueden visualizar las diferentes causas, por las cuales el inventario físico de placas no coincide con el inventario del sistema.

Figura 22: Diagrama Ishikawa del proceso de Empastado



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la matriz de jerarquización para ponderar cuál de las causas del proceso de empastado genera más impacto.

Tabla 20: Matriz de Jerarquización de Empastado  
Fuente: Elaboración Propia

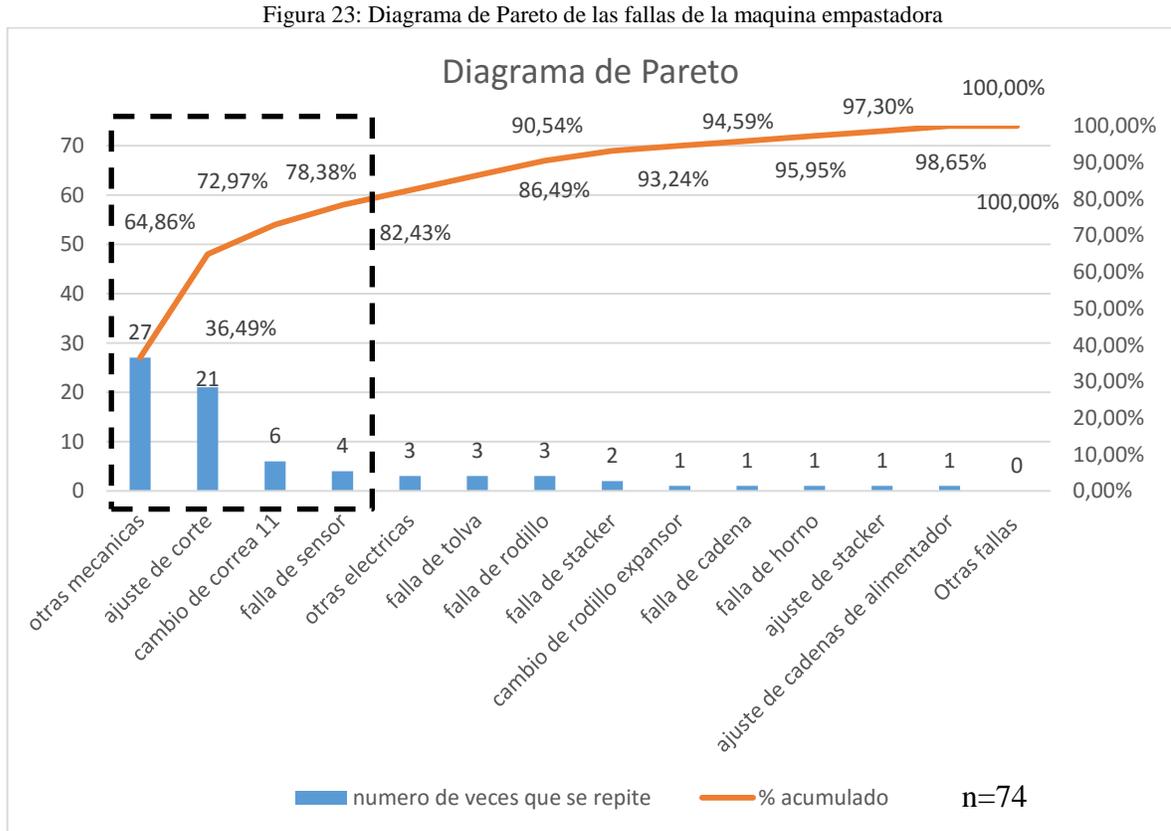
	<b>Impacto en el inventario</b>	<b>Impacto en el ahorro del tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Totales de fila (% Total)</b>
<b>Fallas recurrentes en ambas líneas</b>	0.07	0.04	0.01	0.11
<b>Desajuste de los componentes de la maquina</b>	0.03	0.03	0.01	0.07
<b>Medición de los desperdicios no es confiable</b>	0.16	0.07	0.01	0.24
<b>Ajuste manual de las cantidades en las paletas</b>	0.06	0.02	0.00	0.09
<b>Variación en la cantidad de rejillas en las paletas</b>	0.13	0.06	0.01	0.21
<b>Densidad del material activo</b>	0.01	0.01	0.00	0.02
<b>Variaciones de placas en los paquetes</b>	0.12	0.06	0.01	0.19
<b>Rotación de personal inexperto</b>	0.06	0.01	0.01	0.08
<b>% Total Global</b>	0.64	0.30	0.06	1.00

La matriz de jerarquización que se muestra en la Tabla 20 se muestran que las causas que generan más impacto son: medición de los desperdicios no es confiable, variación en la cantidad de rejillas en las paletas y variación de placas en los paquetes.

Los pasos que se siguieron para realizar dichas matrices se muestran en los Anexos

D

Se realizó un diagrama de Pareto el cual se muestra en la Figura 23 para observar cuales son las causas principales de las paradas por fallas mecánicas o eléctricas, de la maquina empastadora. Para ello se utilizaron los datos de los Indicadores de Disponibilidad de Máquinas, de los últimos cinco meses (marzo-julio) del departamento de mantenimiento.



Fuente: Elaboración Propia datos extraídos del departamento de mantenimiento de la empresa

Como se puede observar las fallas que más se presentan en la máquina son: Otras mecánicas, ajuste de corte, cambio de la correa y fallas en el sensor. Estas fallas representan el 78.38 % de las causas por las cuales se generan las paradas de la máquina empastadora. Se tomó este porcentaje ya que la causa que le sigue se produce con menor frecuencia. También se muestra que entre la primera y la segunda causa la distancia entre ellas es corta, por lo cual no se puede apreciar con exactitud cuál de ellas es la falla más frecuente.

Para determinar si las fallas de otras mecánicas y ajustes de corte son iguales o no, se procedió a realizar un intervalo de confianza mediante el modelo multinomial, en el que

se considera que las fallas presentadas son independientes, para ellos se consideró que si las fallas ocurrían de forma simultánea se registraba la falla de mayor importancia.

En la tabla siguiente se muestran las proporciones las cuales se van a utilizar para realizar los cálculos, para ello se tomó un coeficiente de confianza del 95 % y un percentil de 1.96

Tabla 21: Fallas recurrentes  
Fuente: Elaboración Propia

Fallas	número de veces que se repite	frecuencia de ocurrencia
Otras mecánicas	27	36.49%
Ajuste de corte	21	28.38%

Para ello se calculó la varianza de  $p1-p2$  para luego determinar el error y obtener el intervalo, esto se realizó a través de las siguientes formulas

$$IC((p1 - p2) \pm e)$$

$$Var(p1 - p2) = Varp1 + Varp2 - 2Covar(p1, p2)$$

$$Var(p1 - p2) = \frac{p1 * (1 - p1) + p2 * (1 - p2) + 2 * (p1 * p2)}{n}$$

$$e = k * \sqrt{Var(p1 - p2)}$$

Donde

P1: proporción de fallas debido a la primera causa

P2: proporción de fallas debido a la segunda causa

p1: proporción de fallas en la muestra de la primera falla

p2: proporción de fallas de la muestra en la segunda falla

N: tamaño de la muestra

Aplicando las fórmulas anteriores se obtuvo lo siguiente:

$$p1 - p2 = 0.3649 - 0.2838 = 0.0811$$

$$\begin{aligned} & \text{Var}(p1 - p2) \\ &= \frac{0.3649 * (1 - 0.3649) + 0.2838 * (1 - 0.2838) + 2 * (0.3649 * 0.2838)}{74} = 0.0086 \end{aligned}$$

$$e = 1,96 * \sqrt{0.0086} = 0.18$$

$$IC: (0.08 \pm 0.18)$$

$$IC: (-0.10; 0.26)$$

Como se puede observar el cero está contenido en el intervalo de confianza, por tanto, se concluye que no existen evidencias muestrales que permitan concluir que existes diferencias entra las fallas (otras mecánicas y ajuste de corte), por ende, se tomarán acciones para ambas por igual.

## 5 CAPÍTULO V: DISEÑO DE MEJORAS

En el presente capítulo se exponen las estrategias correctivas o correctoras que mitiguen las consecuencias de los problemas encontrados en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.

### 5.1 Propuesta 1: Cambio de las cantidades nominales de los productos semi-terminados en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.

- **Objetivo de la Propuesta**

Una vez determinadas las causas por las cuales se están generando las diferencias en el inventario de producto semi-terminado en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado, se propone cambiar el valor nominal promedio de los productos semi-terminados en los paquetes de los procesos anteriormente mencionados.

Esta propuesta está orientada a disminuir las variaciones de rejillas y placas en los paquetes de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado.

- **Descripción**

Para determinar los valores a los cuales se deben ajustar los paquetes de rejillas y placas, se realizó un estudio estadístico para corroborar que las cantidades estipuladas eran erróneas. Para ello se realizó lo siguiente:

#### 5.1.1 Tamaño de muestra

Para el tamaño de muestra se empleó la Ecuación 2, la cual se utiliza para estimar la media poblacional ( $\mu$ ), se escogió un nivel de confianza de 98% y un error relativo del 1%. Para la realización de este estudio se tomaron los paquetes de rejillas y placas producidos en un periodo comprendido entre los meses de marzo a junio de 2018.

Ecuación 2: Tamaño de muestra

$$N = \frac{K^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Dónde:

N=Tamaño de la muestra

$\sigma^2$ = Varianza

e=Error absoluto

K=Percentil

Nivel de confianza= 98%

Error relativo = 1%

Tabla 22: Tamaño de muestra de rejillas  
Fuente: Elaboración Propia

Estrato	Definición	Tipo de muestreo	Clase de muestreo	Muestra piloto	Tamaño de muestra N
<b>I</b>	Formado por todos los paquetes que contienen rejillas modelo 47 VcCa11	Probabilístico	Aleatorio simple	80 paquetes	120 paquetes
<b>II</b>	Formado por todos los paquetes que contienen rejillas modelo 47 ScCa11			80 paquetes	140 paquetes
<b>III</b>	Formado por todos los paquetes que contienen rejillas modelo 47 McCa11			80 paquetes	120 paquetes
<b>IV</b>	Formado por todos los paquetes que contienen rejillas modelo 50NcCa11			80 paquetes	85 paquetes

Tabla 23: Tamaño de muestra de placas positivas  
Fuente: Elaboración Propia

Estrato	Definición	Tipo de muestreo	Clase de muestreo	Muestra piloto	Tamaño de muestra N
<b>I</b>	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 55 Sc Ca11	Probabilístico	Aleatorio simple	80 paquetes	85 paquetes
<b>II</b>	Formado por todos los paquetes que contienen placa modelo 60 VcCa11			80 paquetes	140 paquetes
<b>III</b>	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 62 NcCa11			80 paquetes	80 paquetes
<b>IV</b>	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 80 ScCa11			80 paquetes	80 paquetes

Tabla 24: Tamaño de muestra de placas negativas  
Fuente: elaboración Propia

Estrato	Definición	Tipo de muestreo	Clase de muestreo	Muestra piloto	Tamaño de muestra N
I	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 50 NcCa02	Probabilístico	Aleatorio simple	80 paquetes	190 Paquetes
II	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 50 ScCa02			80 paquetes	100 paquetes
III	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 54 VcCa02			80 paquetes	60 paquetes
IV	Formado por todos los paquetes que contienen placas modelo 60 ScCa02			80 paquetes	100 paquetes

Como se puede apreciar en las Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24 se calculó el tamaño de muestra el cual representa una parte del universo a estudiar para así proporcionar mayor precisión al estudio que se va a realizar. Se dividió la población en cuatro estratos (4) identificados con un modelo de rejilla o placa respectivamente, posteriormente se estableció una muestra piloto por igual de 80 paquetes para cada estrato, para luego aplicar la Ecuación 2 y así determinar los diferentes tamaños de muestra para cada estrato. En el caso de las placas modelo 62 NcCa11 y 80 ScCa11 se tomó un muestreo intencional, en el cual se tomaron 80 paquetes de cada modelo, esto debido a la baja producción y rotación de las mismas.

### 5.1.2 Determinar la cantidad promedio de rejillas y placas en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado

Para determinar las cantidades promedios de los paquetes en los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado, primero se realizó una prueba de hipótesis para validar si las cantidades ya establecidas eran las correctas. Se utilizó la prueba de la distribución “t” student<sup>1</sup> para estimar la media desconociendo la desviación (Walpole, Myers, Myers, &

<sup>1</sup> T de student: para un tamaño de muestra mayor o igual a 30 y estimando con desviación desconocida

Sharon, 2012, pág. 274). Las pruebas de hipótesis se realizaron para cada modelo de rejillas y placas, para ello se aplicó la siguiente formula:

Ecuación 3: Prueba de la t de student

$$P - Valor = 2 P \left[ t_{n-1} > \left| \frac{X - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \right| \right]$$

Donde

- $t_{n-1}$ : t de student de n grados de libertad
- X: Media muestral
- $\mu_0$ : Media poblacional
- S: cuasi varianza
- n: Tamaño de la muestra

Se tomó un nivel de significación del 0.05, con un nivel de confianza del 95 % es importante tener en cuenta si el P-valor de la prueba es menor que le nivel de significación se rechaza la hipótesis nula en caso contrario se acepta. Para esta prueba se plantea lo siguiente:

$H_0$ = la cantidad promedio de rejillas en los paquetes de cada modelo es correcto

$H_1$ : la cantidad promedio de rejillas en los paquetes de cada modelo no es correcta

$H_0$ = la cantidad promedio de placas en los paquetes de cada modelo es correcto

$H_1$ = la cantidad promedio de placas en los paquetes de cada modelo no es correcto

En las Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27 se muestra los resultados de las pruebas de hipótesis realizadas

Tabla 25: Prueba de hipótesis para las rejillas  
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de rejilla	Tipo de prueba	Prueba de hipótesis	Decisión	Conclusión
47 VcCa11	t- student	$H_0:\mu=98$ $H_1:\mu\neq98$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de paneles en los paquetes no es igual al promedio establecido de 98 paneles
47 ScCa11	t- student	$H_0:\mu=97$ $H_1:\mu\neq97$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de paneles en los paquetes no es igual al promedio establecido de 97

				paneles
47 McCa11	t- student	Ho: $\mu=98$ H1: $\mu \neq 98$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de paneles en los paquetes no es igual al promedio establecido de 98 paneles
50 NcCa11	t- student	Ho: $\mu=93.5$ H1: $\mu \neq 93.5$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de paneles en los paquetes no es igual al promedio establecido de 93.5 paneles

Tabla 26: Prueba de hipótesis para las placas positivas  
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de placas positivas	Tipo de prueba	Prueba de hipótesis	Decisión	Conclusión
60 VcCa11	t- student	Ho: $\mu=35$ H1: $\mu \neq 35$	No se rechaza la hipótesis nula	No existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 35 placas
55 ScCa11	t- student	Ho: $\mu=35$ H1: $\mu \neq 35$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 35 placas
80 ScCa11	t- student	Ho: $\mu=35$ H1: $\mu \neq 35$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 35 placas
62 NcCa11	t- student	Ho: $\mu=35$ H1: $\mu \neq 35$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 35 placas

Tabla 27: Prueba de hipótesis para las placas negativas  
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de placas negativas	Tipo de prueba	Prueba de hipótesis	Decisión	Conclusión
50 NcCa02	t- student	$H_0:\mu=41$ $H_1:\mu\neq 41$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 41 placas
50 ScCa02	t- student	$H_0:\mu=41$ $H_1:\mu\neq 41$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 41 placas
54 VcCa02	t- student	$H_0:\mu=41$ $H_1:\mu\neq 41$	No se rechaza la hipótesis nula	No existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 41 placas
60 ScCa02	t- student	$H_0:\mu=41$ $H_1:\mu\neq 41$	Se rechaza la hipótesis nula	Existen evidencias muestrales para afirmar que la cantidad de placas en los paquetes no es igual al promedio establecido de 41 placas

Como se puede apreciar en las tablas anteriores, las pruebas realizadas en los cuatro modelos de rejillas que se están estudiando arrojó que las cantidades de rejillas presentes en los paquetes no es igual al promedio establecido anteriormente. Por otro parte, en el caso de las placas positivas arrojó que las cantidades de placas en los paquetes no es igual al promedio, excepto el modelo de placa 60 VcCa11 la cual dio como resultado que la cantidad es igual al promedio establecido. Finalmente, para las placas negativas, el modelo de placa 54 VcCa02 arrojó como resultado que la cantidad de placas en los paquetes es igual al establecido, mientras que para los tres modelos restantes dio que las cantidades no son iguales al promedio establecido.

Una vez confirmado esto se pasó a determinar los valores que debería presentar los paquetes para así disminuir la brecha existente en el inventario, esto se realizó a través de la estimación por intervalos de la media, cuando desconoce la desviación se tomó como referencia al teorema central del limite el cual indica que al tener un tamaño de muestra grande se considera que los datos tienden a ser normal.

Para determinar el intervalo de confianza se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 4: Intervalo de confianza

$$\bar{X} \pm t_{n-1; \frac{1+\gamma}{2}} * \frac{Sc}{\sqrt{n}} \qquad Sc^2 = \frac{1}{n-1} \sum (X_i$$

Donde:

$\bar{X}$  =Media muestral

$T_{n-1}$ = t studen de n-1 grados de libertad

Sc= cuasidesviación muestral

n= tamaño de la muestra

Una vez definidos los intervalos de confianza se tomó el valor central debido a que no existía una diferencia significativa entre los límites inferior y superior. A continuación se muestra los valores promedios establecidos para los paquetes de rejillas y placas.

Tabla 28: Cantidad de rejillas obtenidas  
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de rejillas	Cantidad de paneles en galga a 120 mm	Desviación	Cantidad Nominal de Paneles (Actual)	Cantidad Nominal de Rejillas	Cantidad de Paneles Estimada (Propuesta)	Cantidad de rejillas Estimada (Propuesta)	Diferencias Cantidades Nominal vs estimada (Paneles)	Diferencia entre galga y las cantidades nominales (paneles)
47 VcCa11	101	4	98	196	95	190	3	3
47 ScCa11	101	5	97	194	96	192	1	4
47 McCa11	101	5	98	196	95	190	3	3
50 NcCa11	94	4	93.5	187	95	190	-1.5	0.5

En la Tabla 28 se puede evidenciar que existen diferencias entre las cantidades nominales con respecto a las cantidades estimadas a través del intervalo de confianza. Además de esto, se muestra la cantidad de paneles que pueden entrar en 120 mm, la cual es la distancia que debería presentar la galga.

La diferencia que existe entre la cantidad nominal vs lo estimado de los modelos 47 VcCa11 y 47 McCa11 es de tres paneles, lo cual equivale a seis rejillas. En el caso de la 47 ScCa11 la diferencia es de un panel, es decir dos rejillas, mientras que para el modelo de rejilla 50 NcCa11 esta diferencia es negativa, esto se debe a que el valor nominal presenta un número decimal, lo cual es incorrecto ya que no se puede fabricar medio panel.

Además de esto, se puede evidenciar que la cantidad promedio establecido no coincide con la cantidad de paneles que pueden entrar en la galga si esta estuviera a 120 mm, para la 47 VcCa11 y 47 McCa11 se presenta una diferencia de tres paneles (6 rejillas), para la 47 ScCa11 la diferencia es de cuatro paneles (8 rejillas), mientras que para la 50 NcCa11 la diferencia es de medio panel (1 rejilla), como ya se mencionó anteriormente, este modelo presenta un valor decimal, lo cual es incorrecto.

Por otro lado, la cantidad de rejillas que está presente en un paquete está relacionado con el espesor de la misma, es decir que a mayor espesor menor número de rejillas y viceversa.

Tabla 29: Cantidad de rejillas por paletas y diferencia existentes con los resultados obtenidos  
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro de Cantidad de Rejillas en una Paleta con los valores de cada método	47 VcCa11	47 ScCa11	47 McCa11	50 NcCa11
Cantidad Nominal de Rejillas	21.952	21.728	21.952	22.440
Cantidad de Rejillas Estimadas (TCDL)	21.280	21.504	21.280	22.800
<b>Diferencias en Cantidad de Rejillas en las Paletas</b>				
Diferencias Nominal vs Estimadas	672	224	672	-360

Tabla 30: Diferencias generadas en una semana  
Fuente: Elaboración Propia

Modelo de rejillas	Diferencia de rejillas por paleta	Cantidad de paletas producidas en la semana	Diferencias de rejillas en una semana	Porcentaje de diferencia
47 VcCa11	672	19	12.768	3.04 %
47 ScCa11	224	3 ½	784	1.03 %
47 McCa11	672	3 ½	2.352	3.36 %
50 NcCa11	-360	3	-1.080	1.54 %

En la Tabla 29 encontraremos la cantidad de rejillas que existe en una paleta, así como la diferencia entre lo ya establecido vs lo estimado. Para el caso de las rejillas 47 VcCa11 con paquetes de 98 paneles (196 rejillas), el cual es el valor nominal, se están registrando 21.952 rejillas por paleta, mientras que lo estimado es de 95 paneles (190 rejillas) con lo cual se deberían registrar 21.280 rejillas por paleta y esto trae consigo una diferencia con respecto al valor nominal de 672 rejillas.

Para el modelo de rejillas de 47 ScCa11 actualmente se están registrando por paleta 21.728 rejillas, al determinar la cantidad de paneles que deberían tener los paquetes se comprobó que la cantidad de rejillas por paletas que se debe registrar es de 21.504 rejillas según lo estimado, esto conlleva a una diferencia de 224 rejillas.

Para el modelo 47 McCa11 se está registrando en el sistema 21.952 rejillas por paleta, al determinarse las cantidades por los métodos mencionados anteriormente se denota que la cantidad de rejillas por paleta es de 21.280, dando así una diferencia de 672 rejillas.

En el caso del modelo 50 NcCa11 se registran 22.440 rejillas por paleta, pero con las cantidades estimadas se refleja que el registro debería ser de 22.800 rejillas, dejando una diferencia negativa de 360 rejillas.

Así mismo, en la Tabla 30 se puede apreciar las diferencias que se pueden generar a lo largo de una semana de producción, en el caso del modelo 47 VcCa11 que es el modelo de que más se produce, en una semana se puede obtener una diferencia de hasta 12.768 rejillas, lo cual equivale a un 3.04 %, para el modelo 47 ScCa11 se produce una diferencia de 784 rejillas, que representa 1.03 %, en el modelo 47 McCa11 la diferencia que se genera es de 2.352 rejillas generando un 3.36 %, mientras que para la 50 NcCa11 se producen diferencias negativas de 1.080 rejillas, la cual equivale a 1.54 %.

A pesar de que las diferencias en la cantidad de rejillas en una paleta parezcan imperceptibles, estas se van acumulando, formando con el pasar del tiempo, grandes diferencias las cuales representan un impacto monetario con respecto a materia prima, es importante mencionar que estas diferencias no van a desaparecer ya que por variaciones naturales del proceso siempre va a existir estas diferencias pero en menor escala al realizar el cambio.

Tabla 31: Cuadro Resumen de placas positivas.  
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro resumen placas positivas	Desviación	Cantidad Nominal de Placas (Actual)	Cantidad de Placas estimadas (Propuesto)	Diferencias de Cantidades Nominal vs Estimadas
55 ScCa11	2	35	35	0
60 VcCa11	2	35	35	0
62 NcCa11	3	35	35	0
80 ScCa11	1	35	34	1

En la Tabla 31 se ve reflejada la cantidad de placas positivas nominales, la cantidad estimada y las diferencias que se generaron entre ellas con respecto a la cantidad nominal. El valor nominal de las placas positivas es de 35 unidades de placas por paquete para todos los modelos de placas.

Para el modelo 55 ScCa11 la cantidad estimada coincide con el valor nominal de 35 placas por paquete, esto mismo ocurre para los modelos 60 VcCa11 y la 62 NcCa11, mientras que en el caso del modelo 80 ScCa11 el valor estimado de placas en un paquete es de 34, dando una diferencia de una placa con respecto a lo establecido.

Tabla 32: Cantidad de placas negativas  
Fuente: Elaboración propia

Cuadro resumen placas Negativa	Desviación	Cantidad Nominal de Placas (Actual)	Cantidad de Placas estimadas (Propuesto)	Diferencias de Cantidades Nominal vs Estimadas
50 NcCa02	2	41	41	0
50 ScCa02	2	41	40	1
54 VcCa02	2	41	40	1
60 ScCa02	2	41	41	0

Finalmente, en la Tabla 32 se refleja la cantidad de placas negativas que contiene un paquete de 41 unidades, este valor representa la cantidad nominal de las placas. Para los modelos 50 NcCa02 y 60 ScCa02 el valor estimado coinciden con la cantidad ya establecida, mientras que los modelos 50ScCa11, y 54 VcCa11, presentan diferencias con el valor nominal de una placa, es decir que para esto modelos la cantidad de placas en las paquetes es de 40.

Por todo lo antes señalado se aconseja la revisión y cambio de las cantidades promedios de los paquetes en los procesos estudiados.

## **5.2 Propuesta 2: Instalación de un sistema de conteo para garantizar que las cantidades en los paquetes sean las correctas.**

- **Objetivo de la propuesta**

Diseñar un sistema compatible con la máquina de Fundición a Gravedad, la cual se encargue de contar la cantidad de rejillas que se producen en el proceso, con el fin de proporcionar un conteo exacto de las rejillas en los paquetes.

Esta propuesta está orientada al problema del método impreciso del conteo de paquetes.

- **Descripción**

Instalar un sistema con un interruptor de más menos, en donde se configure para contar el número de paneles establecido, el cual puede variar dependiendo del tipo del modelo de rejillas que se esté fabricando. Por ejemplo, en caso de que una rejilla esté defectuosa y tenga que ser rechazada, se presiona el interruptor más menos, con el fin de disminuir el número de rejillas que se está registrado por el contador.

Para esto se debe entrenar al personal involucrado en el proceso para que cada vez que se vaya a desechar una rejilla defectuosa presione el interruptor y disminuir la cuanta, ya que si esto no se hace se va a incurrir en errores de conteo. Es importante mencionar que dicho sensor no va a afectar el funcionamiento y el flujo continuo del proceso.

Para esto se va a emplear un sensor de proximidad inductivo, el cual puede detectar objetos metálicos que se acercan al sensor, sin tener contacto físico con los mismos. Este tipo de sensores presente una serie de ventajas como: Carencia de desgaste mecánico por fricción o golpes, ausencia de ruido al no haber contacto entre el elemento móvil y el sensor, mayor vida eléctrica y mecánica (El sensor inductivo tiene salida electrónica: no hay “chispa”) y presenta un tamaño más pequeño y de más fácil fijación.

Se seleccionó un sensor de la marca TURCK modelo NI8U-M12-AP6X-H1141, el cual se muestra a continuación junto con sus especificaciones técnicas.

Tabla 33: Especificaciones del sensor de proximidad inductivo  
Fuente: (TURCK, 2018)

Especificaciones	Imagen	Precio
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>M12 × 1 barril roscado</b></li> <li>- <b>Latón cromado</b></li> <li>- <b>Factor 1 para todos los metales</b></li> <li>- <b>Grado de protección IP68</b></li> <li>- <b>Resistente a campos magnéticos</b></li> <li>- <b>Mayor rango de temperatura</b></li> <li>- <b>Alta frecuencia de conmutación</b></li> <li>- <b>DC de 3 hilos, 10 ... 30 VDC</b></li> <li>- <b>Contacto de cierre, salida PNP</b></li> <li>- <b>Conector M12 x 1</b></li> </ul>		<p style="text-align: center;">129, 81 \$ 7.788,6 BsS (Tasa DICOM)</p>

Además del sensor, se seleccionó un contador el cual se encargara de contar la cantidad de paneles que va a tener un paquete, para ello se escogió el contador de la marca RED LION modelo PAX LITE (PAXLC800), ya que es ideal para máquinas básicas y control de procesos simples, asimismo, tiene incorporado unos botones los cuales serán los encargados de restar la cantidad de paneles que se retiren de los paquetes.

Este contador se instalará en el panel de control de la máquina fundidora, para que así, los operarios se les haga más fácil el manejo del mismo. A continuación, se muestra el contador seleccionado junto que sus especificaciones

Tabla 34: Especificaciones del contador  
Fuente: (Red Lion, 2018)

Especificaciones	Imagen	Precio
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Contador de 8 dígitos</b></li> <li>- <b>1/8 DIN (50 mm x 97 mm)</b></li> <li>- <b>Pantalla LED roja de 8 dígitos, 0.4 "(10.1 mm)</b></li> <li>- <b>Acepta tasas de conteo de entrada de hasta 25 KHz</b></li> <li>- <b>Conteo bidireccional</b></li> <li>- <b>Capacidad de reinicio remoto</b></li> <li>- <b>Tienda de exhibición</b></li> <li>- <b>Inhibición de conteo</b></li> <li>- <b>Factor de escala programable</b></li> <li>- <b>Bisel frontal sellado NEMA 4X / IP65</b></li> </ul>		<p>176 \$ 10.560 BsS (Tasa DICOM)</p>

Finalmente se seleccionó un cable conector de la marca TURCK modelo RK 4T-5-PSG 3M, el cual va a ser el encargado de unir al sensor con el contador.

Tabla 35: Especificaciones Técnicas del conector  
Fuente: (TURCK, 2018)

Especificaciones	Imagen	Precio
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Conexión M12, M8</b></li> <li>- <b>longitud del cable 5 m</b></li> <li>- <b>Tipo de accesorio: Conector aéreo</b></li> <li>- <b>Genaro de la conexión: Hembra y macho</b></li> </ul>		<p>33.88 \$ 2.032 Bs S (Tasa DICOM)</p>

Este circuito estará ubicado en la parte baja de la máquina fundidora, justo en frente de la bandeja apiladora, he ira contado cada vez una oreja del panel, y se ira registrando en la pantalla del contador, la cantidad de panes producidas. Los operarios registraran están

información de la manera convencional, la cual es anotar en las fichas de producción las cantidades registradas por el contador, para así tener un mayor control. Para observar las especificaciones tanto del sensor como en conector ir a los Anexos F.

La empresa TURCK la cual se encarga de suministrar el sensor de proximidad y el conector, presenta una sucursal en la ciudad de Valencia Edo. Carabobo, lo cual minimizar los costos debido a que no se tiene que pagar por él envío del mismo. Por otro lado, la empresa RED LION tiene sucursales en Estados Unidos, Europa y Asia, por ende, se recomienda adquirir el equipo de la sucursal más barata la cual es la que está ubicada en el estado de Nueva York, EEUU.

### **5.3 Propuesta 3: Capacitación del personal a través del proceso del cambio Pro-activo o planeado.**

- **Objetivo de la propuesta**

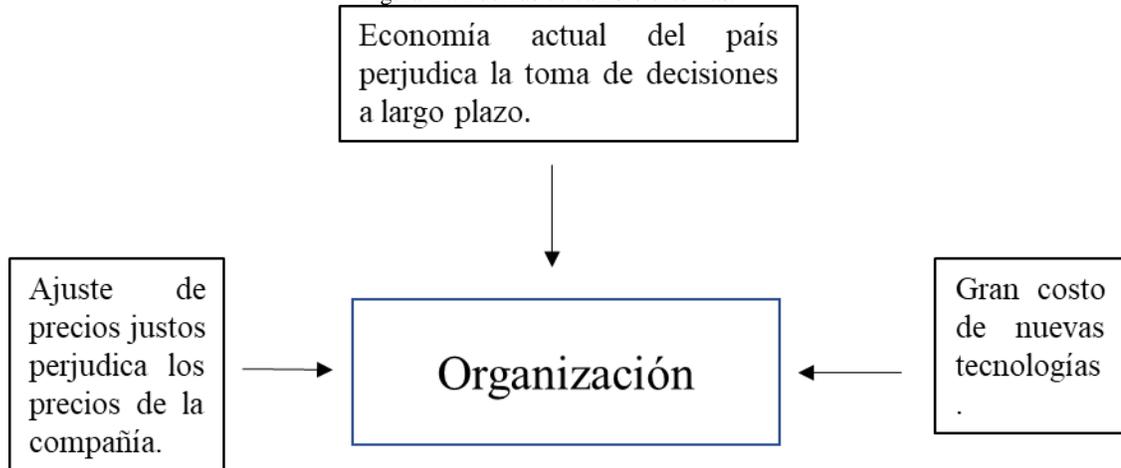
Capacitar a los operarios del área de Fundición de Gravedad, de modo que al momento del cambio de cantidades de rejillas los paquetes y la instalación del contador, estén preparados y capaces de realizar sus tareas de la forma más efectiva, ante los cambios anteriormente mencionados.

- **Descripción**

Se realizarán programas de capacitación de mantenimiento y funcionamiento del contador, así como reuniones con el personal del área con el fin que entienden las razones que originaron los cambios, de esta forma poder anticipar y tomar en cuenta las fuerzas de los ambientes externos como las de los ambientes internos y encontrar formas compatibles e integradas de hacer frente a los ambientes pronosticados. De esta manera, se optó por el cambio organizacional planeado.

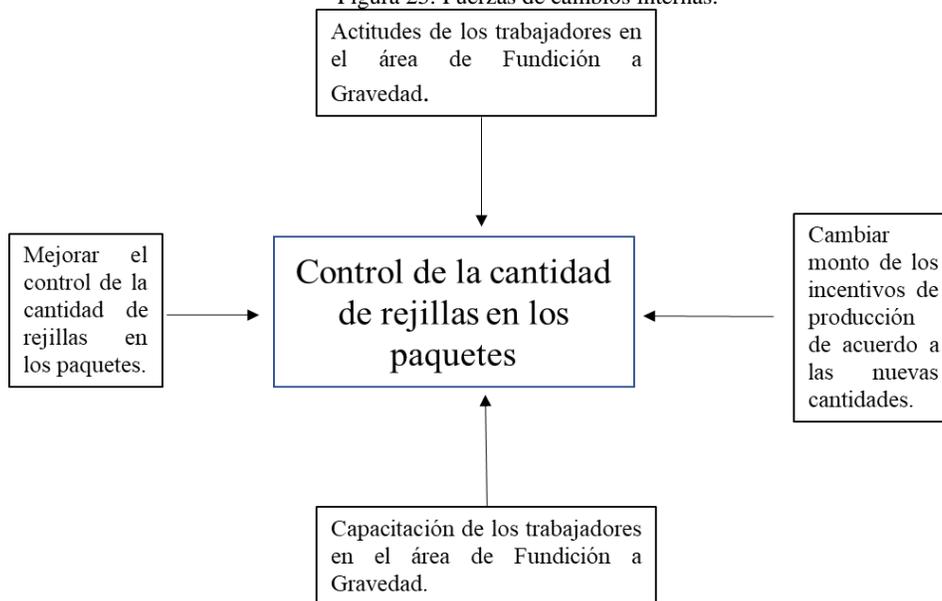
A continuación, se muestran las fuerzas de cambio externas e internas.

Figura 24: Fuerzas de cambio externas.



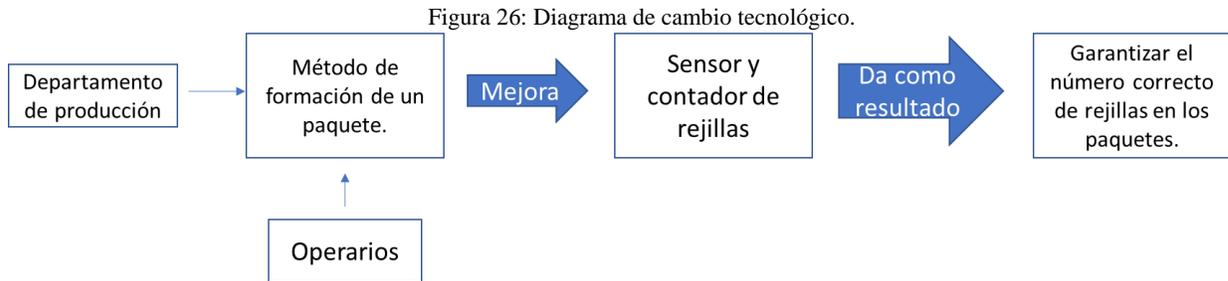
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: Fuerzas de cambios internas.

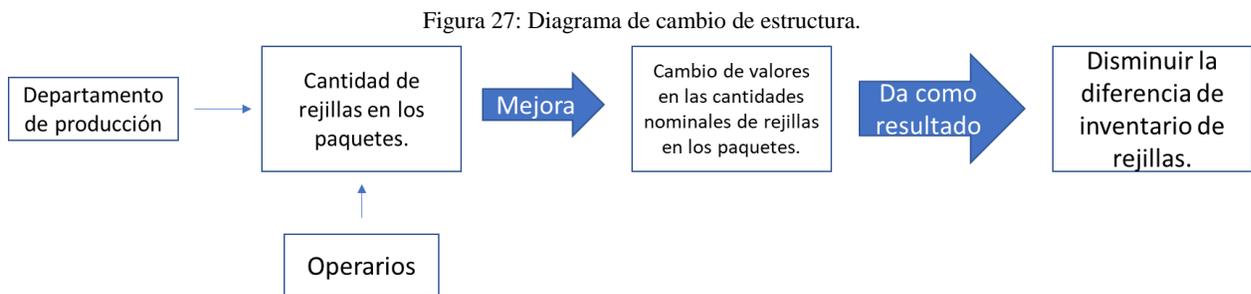


Fuente: Elaboración propia.

Para la planeación del cambio, la empresa debe cambiar las cosas que impiden el logro de una mayor eficacia empresarial. Para obtener una mayor eficacia, se deben ver cuáles son los cambios que se desean hacer, la mejora y el resultado obtenido. Para ello, se realizaron los siguientes diagramas:



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia.

El resultado deseado de ambos diagramas es un comportamiento mejorado por parte de la realización de actividades que darán como resultado un mejoramiento en el desempeño y a su vez ayudan a mitigar las diferencias de inventario físico con respecto al inventario del sistema.

#### 5.4 Valorar la relación costo-beneficio de las estrategias propuestas

Para la valoración de las propuestas se realizará una comparación donde se reflejan los costos, el tiempo y los diferentes beneficios que pueden generar las propuestas planteadas.

Para la primera propuesta la cual es el cambio de las cantidades nominales de los paquetes el costo asociado a esto, sería una disminución en los costos de materia prima de plomo y un ahorro de tiempo de conteo por parte del personal.

Como ya se ha mencionado, el plomo es un elemento fundamental para la fabricación de un acumulador eléctrico. Por lo tanto, el ahorro de éste es necesario para disminuir los costos de producción de producto.

Actualmente se están registrando en el sistema más rejillas de las que se están produciendo para los modelos 47 VcCa11, 47 ScCa11 y 47 McCa11. Esto quiere decir, que se está invirtiendo y gastando más plomo de lo que se debería, teniendo como consecuencia un gran impacto en el costo de producción.

En la Tabla 36, se observará el impacto que tendrá dichos cambios en las cantidades nominales de cada modelo anteriormente mencionado en la estructura de costos de la producción. Sabiendo que el gramo de plomo la empresa lo compra a dos dólares el kilo.

Tabla 36: Impacto en la estructura de costos.

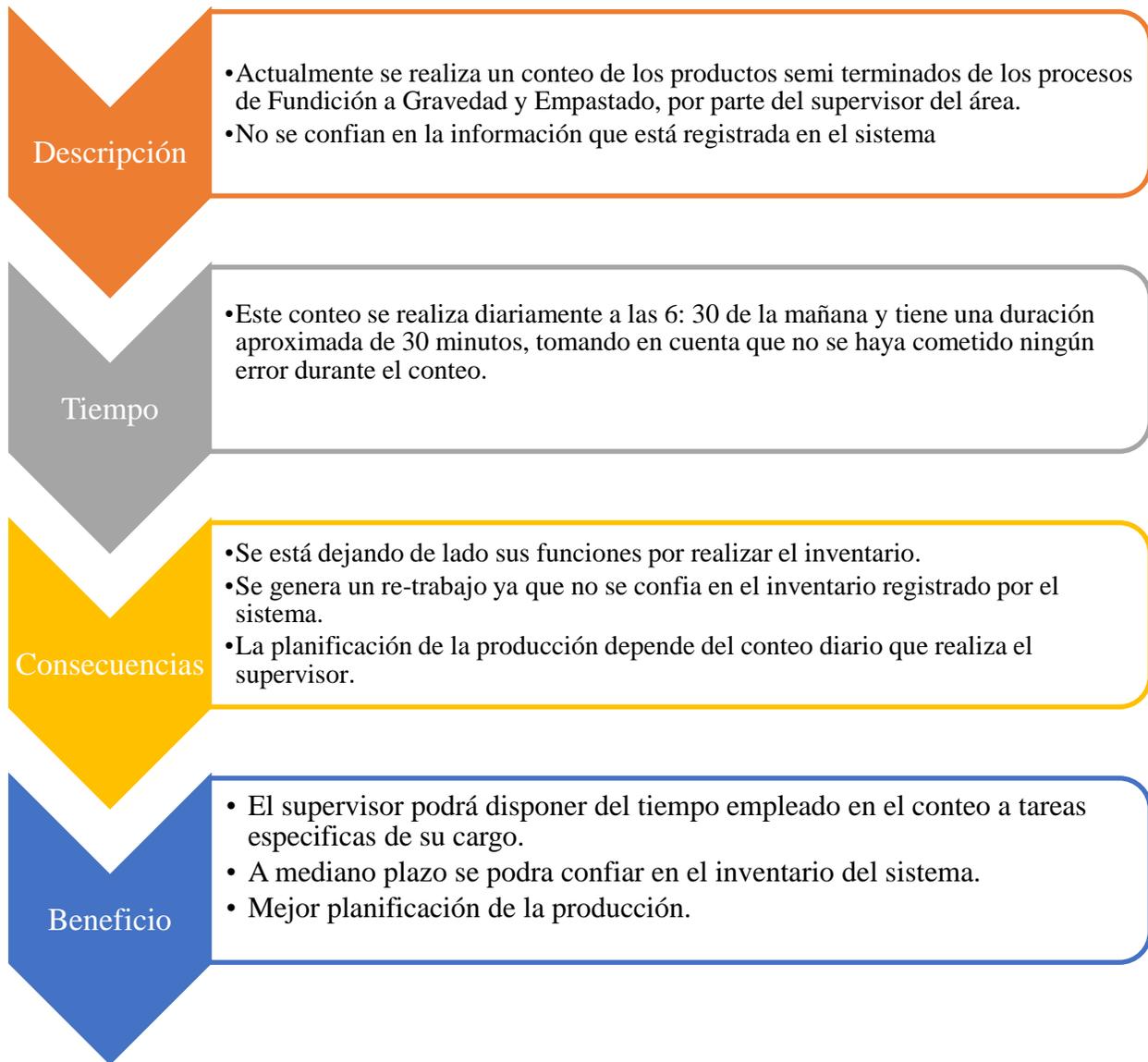
Fuente: Elaboración propia

Modelo	Diferencia de rejillas por paleta	Producción de un día	Producción de paletas por año	Peso (Kgr)	Peso (Tom)	Ahorro (\$)	Ahorro BsS (DiCom)
47 VcCa11	672	21.840	1440	45.480	45,48	90.400	5.628.304,00
47 ScCa11	224	21.840	244	3.006	3,00	6.000	373.560,00
47 McCa11	672	21.840	239	8.351	8,35	16.700	1.039.742,00
Total							7.041.606,00

Al apreciar la Tabla 36, se puede observar que el ahorro de 7.041.606 BsS, es un monto significativo, en donde la empresa pudiera invertir en otras áreas o mejoras en el proceso y su vez, ayudaría a disminuir el precio del costo de la producción de una batería automotriz.

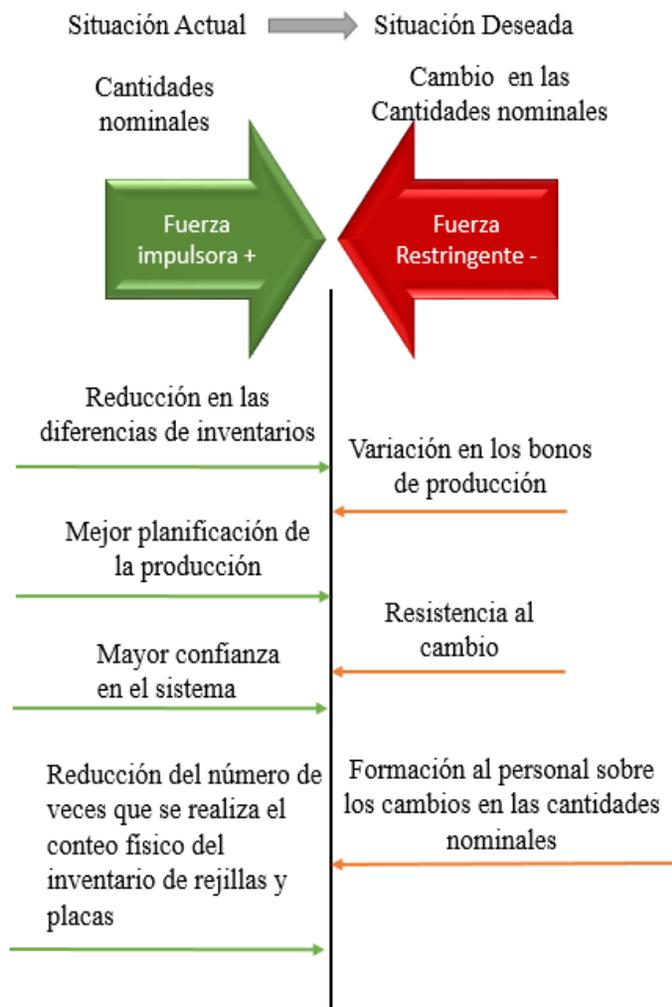
Para el cálculo de la tasa Dicom, se usó el valor de 62,26BsS que se ajusta a la fecha del cuatro (4) de octubre del año 2018.

En adición, se realizó un esquema desagradado del impacto que generaría en el ahorro del tiempo de conteo.



Por otra parte, se realizó un análisis de campo de fuerzas de las propuestas uno y dos, la cual es una herramienta que es utilizada para ayudar a facilitar el cambio. El análisis del campo de fuerzas ve el cambio como fuerzas diferentes que compiten entre sí. Donde las Fuerzas Impulsoras, son las que facilitan el cambio y las Fuerzas Restringentes, son las cuales pueden conllevar a que los cambios no se realicen. Para la propuesta número dos se puede generar una resistencia debido a la inversión la cual se debe hacer para su implementación.

Para facilitar el cambio, se realizó la propuesta tres, en la que proporciona un plan de acción realizado por la empresa, para disminuir cualquier resistencia al cambio por parte de los trabajadores.



## 6 CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones para la presente investigación.

### 6.1 Conclusiones

- En la caracterización de los productos semi-terminados de los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado, se mostraron las fichas de control con respecto a las dimensiones, apariencias y materiales del producto. Al observar y analizar las fichas de todas las especificaciones de rejillas a gravedad se pudo determinar que los defectos de apariencia no influyen sobre la cantidad de paneles que existen en un paquete de producto semi-terminado, por otro lado, las especificaciones de la aleación y el peso tampoco influyen sobre las cantidades, mientras que el espesor sí está directamente relacionado con las variaciones de los paquetes, esto es debido al método utilizado para definir un paquete (galga).
- Los procesos de Fundición a Gravedad y Empastado se analizaron en función de la cantidad producida por unidad de tiempo, los desperdicios generados en cada proceso, el ingreso de la información y la calidad de los productos fabricados en dichos procesos, para así evaluar su comportamiento. En el proceso de Fundición a Gravedad al realizar el estudio de los desperdicios se llegó a que estos generan un impacto mínimo sobre la productividad, pero no sobre las variaciones en la cantidad de los paquetes.
- En el proceso de Empastado se genera una cantidad de desperdicios, los cuales están influyendo en las variaciones que presentan los inventarios de placas que se registran en el sistema, ya que no se ha podido determinar con exactitud la cantidad de pasta y rejillas que están presentes en los contenedores. A su vez, estas diferencias se generan debido al método de ingreso de la información, ya que no se toma en cuenta la cantidad de rejillas desperdiciadas, dado que no se tiene un método preciso para cuantificar los desperdicios, por ende, el inventario se ve afectado y debe ser ajustado constantemente.
- Las principales causas encontradas para el proceso de Fundición a Gravedad que impactan en las diferencias de inventario son: Distancia de la galga desajustada,

método impreciso en el conteo de paquetes y variaciones de rejillas en los paquetes. En el caso del proceso de Empastado las causas que se detectaron fueron las siguientes: Medición de los desperdicios no es confiable, variación en la cantidad de rejillas en las paletas y variación de placas en los paquetes.

- Una vez que se estableció que las cantidades no eran las correctas, se determinó que a lo largo de una semana se puede llegar a una diferencia de alrededor del 3 % en la producción de una semana, es importan mencionar que, debido a las variaciones naturales del proceso, al ajustar las cantidades estas no desaparecerán debido al método que se utiliza para definir un paquete.
- Al ajustar las cantidades en los paquetes de rejillas 47ScCa11, 47 VcCa11 y 47 McCa1, se obtendrá un ahorro de la materia prima(plomo) de 113.110 dólares al año , que equivale a 7.041.606 BsS al año, con esta cantidad se puede invertir en otras área.
- En el caso de las placas positivas sé obtuvo que para los modelos de placas 60 VcCa11, 55 ScCa11 y 62 NcCa11 la cantidad promedio de placas en los paquetes coincide con lo establecido por la empresa, mientras que el modelo 80 ScCa11 dio una diferencia de una placa, sin embargo la muestra para dicho modelo no fue representativa, además la diferencia no es significativa para realizar un ajuste en las cantidades, con esto podemos decir que las diferencias que se presentan en el proceso de empastado vienen principalmente por la falta de un método exacto de la cuantificación de los desperdicios. Para el caso de las placas negativas la diferencia que se presenta lo estimado con respecto al valor nominal de los modelos 50 ScCa02 y 54 VcCa02 es de una placa, esta diferencia no es representativa para decidir hacer un ajuste en las cantidades, por otra parte para los modelos 50 NcCa02 y 60 ScCa02 lo estimado coincide con lo establecido.
- La implementación de un sistema de conteo el cual sea compatible con la máquina fundidora, trae consigo un mayor control en las cantidades producidas y por tanto una reducción de las diferencias que se presentan en el inventario. Para esta instalación la empresa deberá invertir un total de 20.380,6 Bs S, este costo está sujeto a la tasa DICOM la cual es de 60 Bs S a los veintitrés días del mes de septiembre de 2018.

- La capacitación del personal y el proceso de cambio proactivo, ayudara a la empresa y a los trabajadores de esta, a anticipar las fuerzas tanto internas como externas y encontrar formas compatibles e integradas de hacer frente a los ambientes pronosticados. Teniendo como resultado, una mayor eficacia de sus procesos y a su vez los trabajadores se sentirán en un ambiente más cómodos a la hora de realizar sus actividades laborales
- El cambio de los valores nominales en las rejillas del proceso de Fundición a Gravedad trae consigo una serie de beneficios como lo es: reducción del tiempo en el que se realiza el inventario físico el cual se realiza todas las mañanas, el departamento de producción podrá planificar la producción con mayor eficiencia. En adición, a mediano plazo la empresa podrá confiar en el sistema.

## 6.2 Recomendaciones

- Los modelos 47 Vc Ca11, 47 Sc Ca11 y 47 Mc Ca11 poseen el mismo espesor, sin embargo, en la actualidad la cantidad de rejillas en los paquetes es diferente, observando la Tabla 6 se aprecia que la 47 ScCa11 presenta dos paneles menos que los otros modelos mencionados. Esto crea una incongruencia ya que, al tener el mismo espesor, todas deberían tener la misma cantidad de rejillas por paquete. Se recomienda establecer la misma cantidad de rejillas por paquete para los tres modelos nombrados, de tal forma haya una coherencia entre cantidad y espesor, se recomienda actualizar los valores nominales con los valores obtenidos de la estimación por intervalos.
- En el proceso de Fundición a Gravedad, la metodología de la medición espesor realizado por el inspector de calidad del área, consiste en registrar el valor de mayor magnitud obtenido de las mediciones de las cuatro esquinas del panel. A través de este método se puede observar que parte del molde debe ser atacada cuando una de las esquinas esta por fuera de las especificaciones o si ya hay que encorchar todo el molde. Sin embargo, cuando se registra el mayor valor del espesor, se está ingresando que todo el panel tiene ese espesor lo cual es falso. Por ende, es recomendable cambiar el valor registrado al promedio de las cuatro esquinas, ya que de esta forma se está contemplando todo el panel y así se tiene un valor con mayor significancia. De igual forma, es importante que el inspector del área mantenga aparte el valor del espesor mayor ya que así puede evidenciar cuando hay que realizar un correctivo al molde.
- Debido a que actualmente el sistema del inventario está siendo controlado por medio del conteo de las cantidades producidas. Se recomienda un sistema de pasaje para el balance de masa de todos los productos de rejillas, para que el sistema SAP pueda descontar con precisión la materia prima. Por otro lado, el conteo físico no se puede dejar de hacer ya que para realizar la planificación de la producción se necesita saber las cantidades exactas que hay en los almacenes.
- Los procesos de fabricación de una batería automotriz deben tener un cuidado estricto, ya que cuando una maquina está en mal estado, puede perjudicar el flujo del proceso, sino se arregla con rapidez. Actualmente, la empresa no cuenta con un

plan de mantenimiento adecuado, Se recomienda una reestructuración del plan de mantenimiento de la empresa, para que de esta forma las máquinas tengan un tiempo de parada establecidas, para ajustes, calibración y cambio de piezas si es necesario. Lo cual traería una disminución de las paradas y del desperdicio, creando un flujo del proceso más continuo, y un aumento en la productividad.

- Debido a que no se tiene una cuantificación del desperdicio confiable se recomienda utilizar una carta de control, la cual se utilizará para observar el comportamiento del proceso de empastado, y así determinar que variables están influyendo en la generación de los desperdicios.

## 7 Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de <https://www.significados.com/sistema-sap/>
- Acumuladores Duncan . (4 de julio de 2018). *Acumuladores Duncan* . Obtenido de [http://www.duncan.com.ve/co\\_bateria.php](http://www.duncan.com.ve/co_bateria.php)
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación, introducción a la metodología científica* . Obtenido de <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- Battery, F. (9 de Mayo de 2018). *FQS Battery* . Obtenido de <https://fqsbattery.com/es/partes-de-las-baterias/>
- Blanco, S. (21 de Agosto de 2018). Definiciones . (A. López, Entrevistador)
- DefiniciónABC. (5 de Junio de 2017). Obtenido de DefiniciónABC: <https://www.definicionabc.com/economia/proceso-productivo.php>
- Díaz, F. (2009). *La manufactura esbelta*. México.
- El pequeño Larousse*. (2004). Barcelona: Larousse.
- Gaitan M, J., & Piñuel R, J. (1998). *Técnicas de investigación en comunicación social* . Madrid : síntesis.
- grafeno, B. d. (3 de agosto de 2018). *Baterías de grafeno*. Obtenido de Tipo de baterías: <http://bateriasdegrafenopara.com/tipos-de-baterias/>
- Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implementación* . Madrid .
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Educación.
- Inferencia, Estimación y contraste de Hipótesis*. (12 de Junio de 2018). Obtenido de <http://www.ugr.es/~eues/webgrupo/Docencia/MonteroAlonso/estadisticaII/tema4.pdf>
- J. Gibergans, M. y. (s.f.). Analisis de datos estadístico en cooperación para el desarrollo. Barcelona - España: Universidad Politecnica de Catalunya.
- Libertador, U. P. (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales*. Caracas: FEDUPEL.
- López, C. P. (2005). *Muestreo Estadístico* . Madrid : Pearson, Prentice Hall .

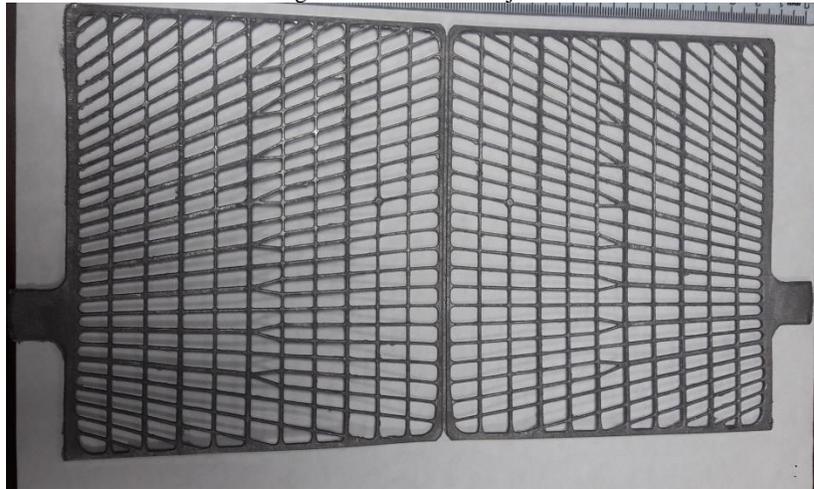
- Minitab, I. (2017). *Soporte de Minitab*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-hypothesis-test/>
- Moya. (s.f.). *Control de Inventarios Investigación de operaciones 4* .
- NORMAS COVENIN 833, 9. (1995). *automotriz, acumuladores electricos de plomo-acido* . Caracas: Fondonorma .
- Orsino, D. J. (1989). *Manual de fabricación de un Acumulador* . IBMA.
- Pelella, S., & Martins, F. (2010). *Tipos de diseños de investigación*.
- Piñeres, Y. (s.f.). *Enfoque Cuantitativos y Cualitativos de la investigación*.
- Red Lion. (15 de septiembre de 2018). *Red Lion Connect, Monitor, Control* . Obtenido de <http://www.redlion.net/products/industrial-automation/hmis-and-panel-meters/panel-meters/pax-lite-panel-meters>
- Rojas y Solano, C. y. (2017). *Estadística Descriptiva y distribuciones de probabilidad*. Barranquilla - Colombia: Universidad del Norte.
- Soto, D. (27 de Marzo de 2017). *Nextech Educacion Center* . Obtenido de <https://nextech.pe/que-es-sap-y-para-que-sirve-sap/>
- TURCK . (15 de Septiembre de 2018). Obtenido de <https://pdb2.turck.de/us/DE/products/00000000000071340002003a>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, & Sharon. (2012). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias Novena edición*. Mexico : Pearson .
- Camisón, C, Cruz, S & González, T (2006) *Gestión de la Calidad Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*. Madrid: Pearson.
- Mosley, Megginson & Pietri (2005) *Supervisión*. México: Thomsom

## ANEXOS

### Anexos A: Producto semi-terminado de los procesos de Fundación a Gravedad y Empastado

#### A1: Modelo de Rejillas

Figura 28: Modelo de rejilla 47ScCa11



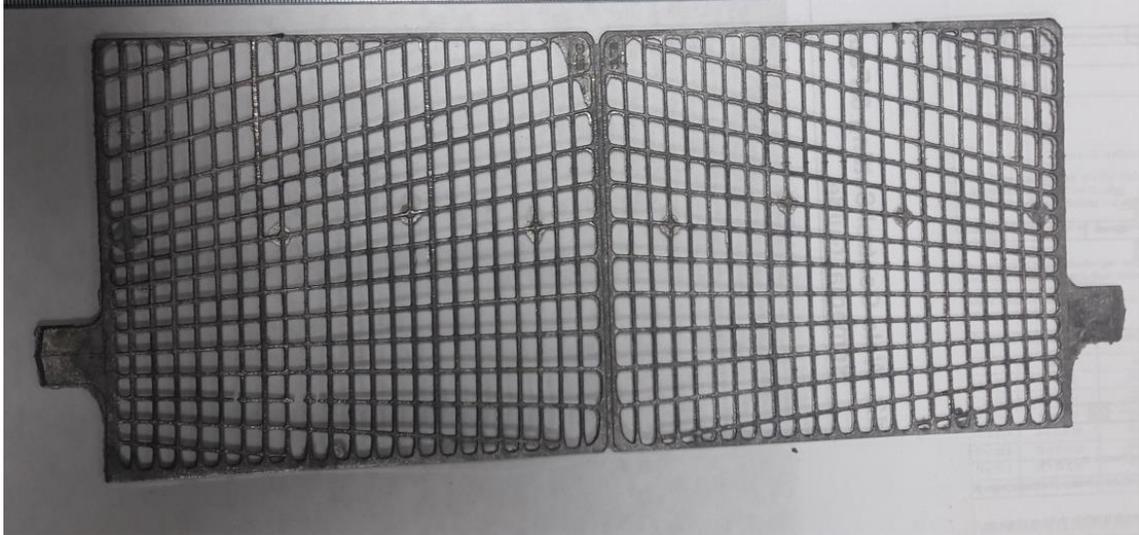
Fuente: elaboración Propia

Figura 29: Modelo de rejillas 47 McCa11



Fuente: Elaboración Propia

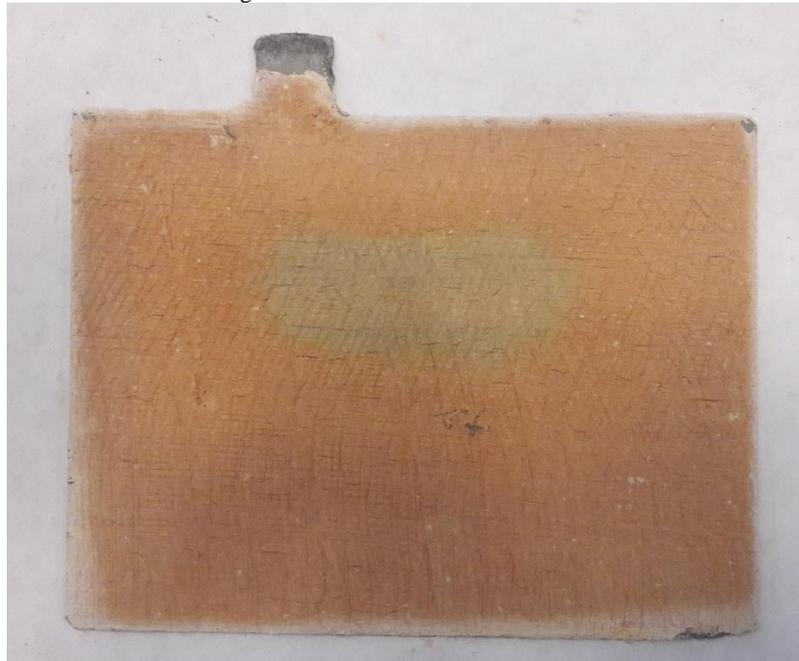
Figura 30: Modelo de Rejilla 50 NcCa11



Fuente: Elaboración Propia

## A2: Modelos de placas positivas

Figura 31: Modelo de Placa 55 ScCa11



Fuente: Elaboración Propia

Figura 32: Modelo de Placa 80 ScCa11



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33: Modelo de Placa 62 NcCa11



Fuente: Elaboración Propia

### A3: Modelos de placas negativas

Figura 34: Modelo de placa 50 NcCa02



Fuente: Elaboración Propia

Figura 35: Modelo de placa 50 ScCa02



Fuente: Elaboración Propia

Figura 36: Modelo de placa 54 VcCa02



Fuente: Elaboración Propia

Figura 37: Modelo de placa 60 ScCa02



Fuente: Elaboración Propia

Figura 38: Paletas de rejillas estandarizada



Fuente: Elaboración Propia

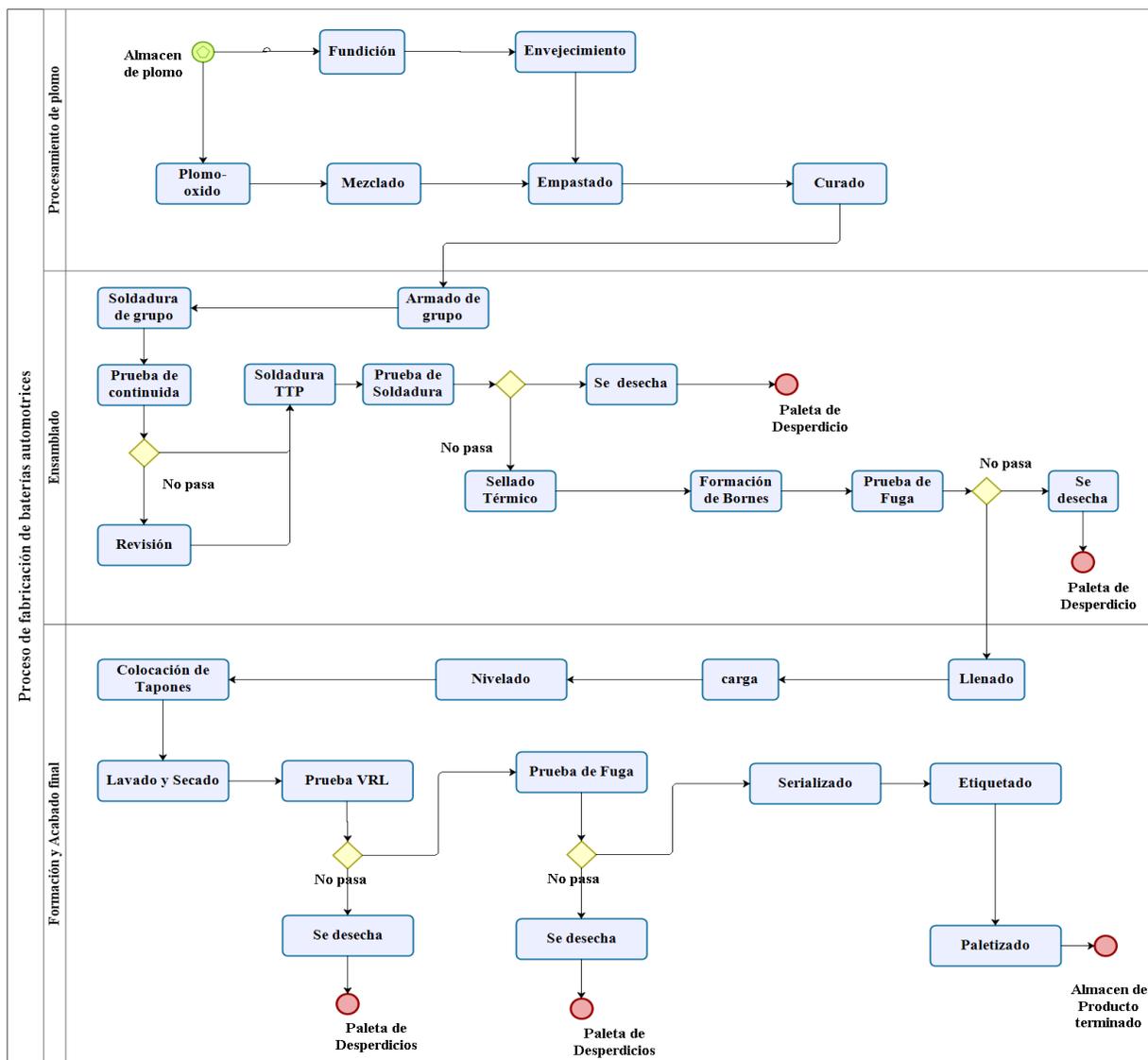
Figura 39: Paleta de placas Estandarizada



Fuente: Elaboración Propia

## Anexo B: Descripción del proceso de fabricación de una batería

Figura 40: Diagrama de procesos de una batería automotriz



Fuente: Elaboración Propia

- **Fundición**

Para iniciar el proceso de producción de una batería automotriz primero se deben fabricar las rejillas. Existen dos tipos de rejillas, las positivas las cuales son fabricadas a través de un proceso de fundición a gravedad, mientras que las rejillas negativas se producen por medio de un proceso de fundición continua. En esta empresa utilizan aleaciones plomo-calcio para ambos procesos.

Fundición a gravedad: Los lingotes de plomo son llevados a un crisol en donde son fundidos a una temperatura de 450°C. Este crisol alimenta a una tubería, que a su vez está conectada a tres máquinas fundidoras.

El plomo cae a la válvula surtidora, la cual contiene la cantidad de plomo que se debe agregar en el cucharón para luego ser vertido en el molde y así obtener la rejilla. El molde que se utiliza en este proceso presenta una cara fija y una cara móvil. En ambas caras se encuentran conectadas una serie de mangueras y resistencias, las cuales son las encargadas de mantener la temperatura del molde. En caso que el molde este muy caliente se activan las mangueras con agua para disminuir la temperatura y en caso contrario si esta frio, las termocuplas mandan una señal al sistema, activando así las resistencias para poder aumentar la temperatura del molde y garantizar que las rejillas salgan en las condiciones adecuadas.

Una vez que el panel<sup>2</sup> está formado, este es expulsado por unos clavos expulsores y cae por el tobogán, para luego pasar por la guillotina la cual, constantemente está siendo lubricada con taladrina para disminuir la temperatura y facilitar el corte del panel. Luego de ser cortadas, son apiladas y separadas por paquetes.

Finalmente el operador es el encargado de colocar los paquetes de rejillas en las paletas, la disposición de dichas plateas estas estandarizada para facilitar el conteo de las mismas. La cantidad de rejillas que hay en los paquetes varía dependiendo del modelo de rejilla que se esté fabricando.

En la planta de Guarenas existen diferentes tipos de moldes debido a los cinco(5) modelos de rejillas: SC (Standar Central), VC (Volkswagen Central), NC (Narrow Central), MC (Middle Central), NH (Narrow High).

En condiciones normales cada máquina puede realizar 14 golpes por minuto. Donde en un día laboral con dos turnos de ocho (8) horas el primero y de siete (7) horas el segundo se pueden producir hasta 23.000 rejillas por máquina. Con las nueve (9) máquinas de fundición de este proceso, trabajando correctamente y sin parar se puede llegar a producir más de 200.000 rejillas diarias.

- **Encorchado**

---

<sup>2</sup> Panel: Equivale a dos (2) rejillas

El corcho es una mezcla que está hecho a base de madera molida, agua y silicato de sodio, cuya función es actuar como un aislante térmico el cual protege al molde de las altas temperaturas del plomo y a su vez influye en el espesor y le proporciona una textura corrugada a las rejillas. El proceso de encorchado se debe realizar con el molde caliente para que este se adhiera bien. Para realizar el encorchado el operador primero debe raspar todo el corcho viejo que se tiene en el molde, luego con un spray se rocía el corcho cuatros (4) veces de manera vertical y horizontal, Posteriormente se raspan las orejas, la franja, la vena, y las patas en cada cara del molde y se vuelve a rociar cuatro (4) veces de forma vertical y horizontal, para finalizar se vuelven a marcar las orejas, las patas, la franjas y la vena, se le agrega el Kleen Kote<sup>3</sup> a la compuerta del molde para así proteger el corcho de la alta temperatura con la que se vierte el plomo.

Fundición Continua: Para la fabricación de las rejillas negativas se utiliza un molde circular, el cual gira continuamente y a su vez se le va inyectando plomo a través de una válvula dispensadora, para así obtener una franja de rejillas las cuales son almacenadas en bobinas, para luego ser utilizadas en el siguiente proceso. Las bobinas en donde son almacenadas tienen una capacidad de 12.000 rejillas por hora, por ende, en un día laboral se pueden producir 180.000 rejillas negativas.

- **Envejecimiento**

Las rejillas pasan por un proceso de envejecimiento, en donde las paletas de rejillas se dejan al ambiente por veinticuatro (24) horas como mínimo y así obtener la dureza necesaria para su manipulación en los siguientes procesos.

- **Plomo-Oxido**

Para la producción del óxido de plomo se utilizan los lingotes de plomo de puro, los cuales son llevados a un crisol para ser fundidos, dicho crisol está conectado a través de un canal con un reactor, el cual es alimentado con plomo, en donde es mezclado con aire produciendo la oxidación del plomo, este es almacenado en tres (3) silos, donde cada una de ella tiene una capacidad de 30.000 kg.

- **Mezclado**

---

<sup>3</sup> Kleen Kote. Aislante térmico que se utiliza para proteger la compuerta del molde de la alta temperatura con la que viene el plomo.

En este proceso se produce el material activo o pasta para cada tipo de rejilla, tanto para la positiva como para la negativa. Los componentes de la pasta son: agua desmineralizada, ácido sulfúrico, óxido de plomo y fibra de vidrio. Adicionalmente, a la pasta negativa se le coloca un expansor. La pasta positiva tiene un color marrón claro, mientras que la pasta negativa tiene un color gris claro que viene dada por el expansor.

La producción de la pasta consiste en dos mezcladoras una para la positiva y otra para la negativa. Dichas mezcladoras tienen unas paletas giratorias las cuales producen la mezcla de los ingredientes, donde son surtidos de manera automática de acuerdo a las recetas preestablecidas para los diferentes tipos de pasta. La preparación de la pasta positiva tiene una duración de 40 minutos, mientras que la negativa es de 35 minutos.

- **Empastado**

Luego de que la pasta se haya preparado correctamente y las rejillas estén con la dureza apropiada, son llevadas al proceso de empastado, donde se cuenta dos máquinas empastadoras, una para las rejillas de gravedad y otra para las rejillas continuas.

Empastado para rejillas a gravedad: Para la fabricación de las placas positivas, primero se alimenta la maquina con las rejillas, estas pasan por una guillotina para separarlas. Posteriormente pasan por una tolva la cual es la encargada de verter a través de un dispensador el material activo sobre ella, luego pasan por un rodillo el cual está conectado a unas mangueras que le proporciona agua y cuya función es adherir la pasta a la rejilla y limpiar las orejas del exceso de pasta. Paso seguido las placas son llevadas a través de una banda transportadora a un horno de secado superficial, el cual elimina la humedad superficial y evita que las placas se peguen unas a otras. Finalmente estas pasan por un apilador en donde son apiladas en paquetes de 35 unidades, para luego ser colocadas por un operador de forma estandariza en las paletas y así facilitar su conteo. La capacidad de producción en un turno es de aproximadamente de 120.000 placas, es decir que es un día de producción y en condiciones normales se puede producir 240.000 placas.

Empastado de rejillas continuas: Para la fabricación de las placas negativas, primero se desbobinan las rejillas para así ubicarlas en la banda transportadora de la máquina, en donde se le coloca en la cara inferior un papel micro poroso, posteriormente se agrega el material activo a la rejilla través de la tolva, una vez que se agrega la pasta, a la cara superior se le pone el papel micro poroso, cuya función es soportar el M.A y evitar que este

se pegue en la banda transportadora. Finalmente las placas son cortadas y entran en el horno de secado superficial, con el fin de eliminar el exceso de humedad superficial, para luego ser apiladas en paquetes de 41 unidades. La capacidad de producción en un turno es de aproximadamente de 130.000 placas, es decir que es un día de producción y en condiciones normales se puede producir 250.000 placas.

- **Curado**

Una vez que las placas salen del proceso de empastado, son llevadas en paletas a los hornos de curado, en donde son sometidas al proceso de curado o hidrofijación. Este proceso consiste en llevar a las placas a las condiciones de humedad y temperatura establecidas, además de esto permite que las placas estén lo suficiente rígidas para ser manipuladas en los procesos subsiguientes. En este proceso las placas adquieren una microestructura tetra básica, la cual le permite un mejor rendimiento en el arranque.

Las placas positivas son llevadas a un horno de curado por 22 horas, mientras que las negativas realiza su proceso de curado al ambiente, para ello se le colocan bolsas plásticas y presentan un tiempo de curado es de ocho (8) horas. Se cuentan con seis (6) hornos de curado cuya capacidad es de seis (6) paletas por horno.

- **Armado de grupo**

Este proceso se encarga de elaborar el armado de grupos que conforman las celdas. Estas están formadas por las placas positivas y negativas, las cuales están alternadas entre si y además separada por un separador el cual envuelve a la placa negativa. El proceso de ensobrado se realiza en la misma máquina. La cantidad de placas de los grupos depende del modelo de batería que se va fabricar. Para este proceso se cuenta con tres (3) máquinas donde en condiciones normales se pueden fabricar aproximadamente 800 grupos.

- **Soldadura de grupo**

En esta etapa del proceso las orejas de los grupos son soldadas a una banda, y a su vez se forman los conectores y los postes. Las orejas positivas se encuentran en un extremo mientras que las negativas en el otro, con el fin de formar los polos positivos y negativos respectivamente. Luego de esto los grupos son introducidos en las celdas de las cajas. En este proceso se cuenta con tres máquinas soldadoras con una capacidad de 1000 grupos soldados en caja

- **Línea de Ensamblado**

Posteriormente las cajas formadas pasan a las líneas automáticas en donde se realizan los siguientes procesos:

- Prueba de continuidad: En esta primera etapa del ensamblaje se realiza la prueba de continuidad, la cual consiste en detectar algún corto circuito en los grupos que conforman las distintas celdas de las baterías.
- Soldadura TTP: Esta segunda etapa se realiza para conectar los grupos en serie dentro de la batería. Este proceso se efectúa al soldar los conectores a través de los tabiques de las cajas y así formar un circuito en serie dentro de la batería.
- Prueba de soldadura: Luego de realizar la soldadura TTP, se pasa por la prueba de cizallamiento la cual consiste en ejercer una presión sobre los tabiques con el fin de verificar que la soldadura esta correcta.
- Sellado térmico (caja-tapa): La siguiente etapa consiste en un proceso de termo sellado entre la caja y la tapa para evitar cualquier tipo de fuga. La parte superior de la caja y la parte inferior de la tapa son calentadas a través de una plancha hasta una temperatura adecuada, permitiendo así la unión de ambas partes para luego ejercer presión el tiempo suficiente para garantizar el sellado.
- Formación de bornes: Una vez sellada la batería, esta pasa por la maquina formadora de bornes la cual posee unos sopletes encargados de fundir los postes y los bujes para formar los bornes de la batería.
- Prueba de fuga: En esta última etapa se realiza la prueba de fuga la cual consiste en inyectar aire a presión en la batería, con el fin de detectar fugas en el sellado de la caja y tapa. Al final de la línea las baterías crudas son almacenadas en paletas para luego ser llevadas al área de llenado y carga.

Se cuenta con tres líneas automáticas las cuales producen aproximadamente 1.000 baterías crudas diarias.

- **Llenado:**

En este proceso las baterías crudas son llenadas con una solución electrolítica a través de unos orificios que se encuentran en la tapa, mediante una maquina llenadora que proporciona a la batería la cantidad de ácido requerida.

- **Carga**

Luego del llenado las baterías pasan a la zona de carga en donde son conectadas en serie a unos cargadores, que les proporciona corriente por un tiempo de 22 horas aproximadamente.

- **Nivelado**

En el proceso de carga se pierde parte del electrolito por la evaporación del mismo. En esta etapa se vuelve a inyectar electrolito para completar la cantidad de ácido faltante en la batería.

- **Acabado final**

Una vez que la batería fue nivelada, se entra en la última etapa del proceso de fabricación de una batería, en la cual se le colocan los tapones para luego ser introducidos a presión con un martillo en los orificios por donde se le inyecta ácido, luego son lavadas con agua y secadas con aire a presión para eliminar algún resto del ácido en la superficie de la batería, seguidamente se realiza la prueba de VLR (Variable Resistance Load), la cual se encarga de medir el amperaje de la batería a través de una descarga controlada de voltaje, donde este debe estar dentro de los parámetros establecidos, después de esto se pasa a la prueba de fuga, la cual consiste en verificar que no haya ningún tipo de orificio por donde se pueda escapar el ácido a través de una descarga eléctrica a la batería . Superada estas pruebas la batería pasa por una maquina serializadora, la cual le proporciona el número de garantía a la batería y finalmente pasan al área de etiquetado donde se les coloca las etiquetas correspondientes al modelo de batería para luego ser colocadas en paletas de producto terminado. Aproximadamente se fabrican 3.000 baterías diarias.

## Anexos C: Máquinas de los procesos de Fundición a gravedad y Empastado

### C1: Máquina fundidora

Figura 41: Molde de rejilla



Fuente: Elaboración Propia

Figura 42: Línea de producción de rejillas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 43: Galga



Fuente: Elaboración Propia

Figura 44: Galga



Fuente: Elaboración Propia

Figura 45: Maquina de Fundición a Gravedad



Fuente: Elaboración Propia

## Anexo C2: Máquina de Empastado

Figura 46: Máquina Empastadora



Fuente: Elaboración Propia

Figura 47: Alimentador de la empastadora



Fuente: Elaboración Propia

## Anexos D: Matriz de Jerarquización de los procesos de Fundición a Gravead y Empastado

### D1: Matriz de jerarquización de Fundición a Gravedad

- 1) Reducir las diferencias de inventario físico con el inventario del sistema
- 2) Criterios
  - Impacto en el inventario
  - Impacto en el tiempo (ahorro del tiempo)
  - Costos asociados
- 3) Juzgar importancia relativa de cada criterio en comparación con los otros criterios

Tabla 37: Matriz de Jerarquización de Fundición  
Fuente: Elaboración Propia

	<b>Impacto en el inventario</b>	<b>Impacto en el tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Total fila</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Impacto en el inventario</b>		4	3	7	0.64
<b>Impacto en el tiempo</b>	0.25		3	3.25	0.30
<b>Costos</b>	0.33	0.33		0.67	0.06
<b>Total columna</b>	0.58	4.33	6	10.92	<b>1.00</b>

Tabla 38: Nivel de significación  
Fuente: Elaboración Propia

<b>4</b>	<b>Significativamente más importante</b>
<b>3</b>	<b>Mas importante</b>
<b>2</b>	<b>Menos importante</b>
<b>1</b>	<b>Significativamente menos importante</b>

Tabla 39: Matriz de criterio F1 de Fundación  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Criterio 1: Impacto en el inventario.</b>							
<b>Criterio 1</b>	<b>Distancia de la galga desajustada</b>	<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	<b>Encorchado imperfecto</b>	<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	<b>Total fila</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Distancia de la galga desajustada</b>		0.33	3	0.33	3	6.67	0.20
<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	3		3	0.33	4	10.33	0.30
<b>Encorchado imperfecto</b>	0.33	0.25		0.33	3	3.92	0.11
<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	3	3	3		3	12	0.35
<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	0.33	0.25	0.33	0.33		1.25	0.04
<b>Total columna</b>	6.67	3.83	9.33	1.33	13.00	<b>34.17</b>	<b>1.00</b>

Tabla 40: Matriz de criterios F2 de Fundación  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Criterio 2: Impacto en el tiempo (ahorro de tiempo)</b>							
<b>Criterio 2</b>	<b>Distancia de la galga desajustada</b>	<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	<b>Encorchado imperfecto</b>	<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	<b>Total fila</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Distancia de la galga desajustada</b>		0.33	3	4	3	10.33	0.24
<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	3		4	0.33	3	10.33	0.24
<b>Encorchado imperfecto</b>	0.33	0.25		3	4	7.58	0.18
<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	3	3	3		4	13.00	0.31
<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	0.33	0.33	0.25	0.25		1.17	0.03
<b>Total columna</b>	6.67	3.92	10.25	7.58	14.00	<b>42.42</b>	<b>1.00</b>

Tabla 41: Matriz de criterios F3 de Fundición  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Criterio 3: Costos</b>							
<b>Criterio 3</b>	<b>Distancia de la galga desajustada</b>	<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	<b>Encorchado imperfecto</b>	<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	<b>Total fila</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Distancia de la galga desajustada</b>		0.33	3	0.33	3	6.67	0.19
<b>Método impreciso del conteo de paquetes</b>	3		4	3	3	13.00	0.37
<b>Encorchado imperfecto</b>	0.33	0.25		0.33	4	4.92	0.14
<b>Variaciones de rejillas en los paquetes</b>	3	0.33	3		3	9.33	0.27
<b>Criterio de medición del espesor inadecuado</b>	0.33	0.33	0.25	0.33		1.25	0.04
<b>Total columna</b>	6.67	1.25	10.25	4.00	13.00	<b>35.17</b>	<b>1.00</b>

## D2: Matriz de jerarquización de empastado

Tabla 42: Matriz de jerarquización de Empastado  
Fuente: Elaboración Propia

	<b>Impacto en el inventario</b>	<b>Impacto en el tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Total fila (% Total Global)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Impacto en el inventario</b>		4	3	7	0.64
<b>Impacto en el tiempo</b>	0.25		3	3.25	0.30
<b>Costos</b>	0.33	0.33		0.66	0.06
<b>Total columna</b>	0.58	4.5	5	10.91	<b>1.00</b>

Tabla 43: Matriz de criterio F1 de Empastado

Fuente: Elaboración

Criterio 1: Impacto en el inventario.										
Criterio 1	Fallas recurrentes en ambas líneas	Desajuste de los componentes de la maquina	Medición de los desperdicios no es confiable	Ajuste manual de las cantidades en las paletas	Variación en la cantidad de rejillas en las paletas	Densidad del material activo	Variaciones de placas en los paquetes	Rotación de personal inexperto	Totales de fila (% Global)	Porcentaje (%)
Fallas recurrentes en ambas líneas		3	0,25	2	0,25	3	0,25	3	11,75	0,11
Desajuste de los componentes de la maquina	0,33		0,25	0,33	0,25	3	0,25	0,33	4,75	0,04
Medición de los desperdicios no es confiable	4	4		4	3	4	3	4	26,00	0,24
Ajuste manual de las cantidades en las paletas	3	3	0,25		0,33	3	0,33	0,33	10,25	0,10
Variación en la cantidad de rejillas en las paletas	4	4	0,33	3		4	3	4	22,33	0,21
Densidad del material activo	0,33	0,33	0,25	0,33	0,25		0,25	0,33	2,08	0,02
Variaciones de placas en los paquetes	4	4	0,33	3	0,33	4		4	19,67	0,18
Rotación de personal inexperto	0,33	3	0,25	3	0,25	3	0,25		10,08	0,09
<b>Total columna</b>	16,00	21,33	1,92	15,67	4,67	24,00	7,33	16,00	<b>106,92</b>	<b>1,00</b>

Tabla 44: Matriz de criterio F2 de Empastado

Fuente: Elaboración Propia

Criterio 2: Impacto en el tiempo (ahorro de tiempo)										
Criterio 2	Fallas recurrentes en ambas líneas	Desajuste de los componentes de la maquina	Medición de los desperdicios no es confiable	Ajuste manual de las cantidades en las paletas	Variación en la cantidad de rejillas en las paletas	Densidad del material activo	Variaciones de placas en los paquetes	Rotación de personal inexperto	Totales de fila (% Global)	Porcentaje (%)
Fallas recurrentes en ambas líneas		3	0,25	3	0,25	3	0,25	3	12,75	0,12
Desajuste de los componentes de la maquina	0,33		0,25	3	0,25	3	0,25	3	10,08	0,10
Medición de los desperdicios no es confiable	4	4		4	3	4	3	4	26,00	0,25
Ajuste manual de las cantidades en las paletas	0,33	0,33	0,25		0,33	3	0,33	3	7,58	0,07
Variación en la cantidad de rejillas en las paletas	4	4	0,33	3		4	3	4	22,33	0,21
Densidad del material activo	0,33	0,33	0,25	0,33	0,25		0,25	0,33	2,08	0,02
Variaciones de placas en los paquetes	4	4	0,33	3	0,33	4		4	19,67	0,19
Rotación de personal inexperto	0,33	0,33	0,25	0,33	0,25	3	0,25		4,75	0,05
<b>Total columna</b>	13,33	16	1,92	16,67	4,67	24	7,33	21,33	<b>105,25</b>	<b>1,00</b>

Tabla 45: Matriz de criterios F3 de Empastado

Fuente: Elaboración Propia

Criterio 3: Costos.										
Criterio 3	Fallas recurrentes en ambas líneas	Desajuste de los componentes de la maquina	Medición de los desperdicios no es confiable	Ajuste manual de las cantidades en las paletas	Variación en la cantidad de rejillas en las paletas	Densidad del material activo	Variaciones de placas en los paquetes	Rotación de personal inexperto	Totales de fila (% Global)	Porcentaje (%)
Fallas recurrentes en ambas líneas		0,33	0,33	3	0,33	4	0,33	3	11,33	0,11
Desajuste de los componentes de la maquina	3		0,33	3	0,33	4	0,33	3	14	0,13
Medición de los desperdicios no es confiable	3	3		3	0,33	4	0,33	4	17,67	0,17
Ajuste manual de las cantidades en las paletas	0,33	0,33	0,33		0,25	3	0,25	0,33	4,83	0,05
Variación en la cantidad de rejillas en las	3	3	3	4		4	3	3	23	0,22
Densidad del material activo	0,25	0,25	0,25	0,33	0,25		0,25	0,25	1,83	0,02
Variaciones de placas en los paquetes	3	3	3	4	3	4		3	23	0,22
Rotación de personal inexperto	0,33	0,33	0,25	3	0,33	4	0,33		8,58	0,08
<b>Total columna</b>	12,92	10,25	7,50	20,33	4,83	27	4,83	16,58	<b>104,25</b>	<b>1,00</b>

## Anexos E: Análisis de Cluster y Diagramas de caja y bigote

### E1: Análisis de cluster y diagrama de caja y bigote para el modelo de rejilla 47 ScCa11

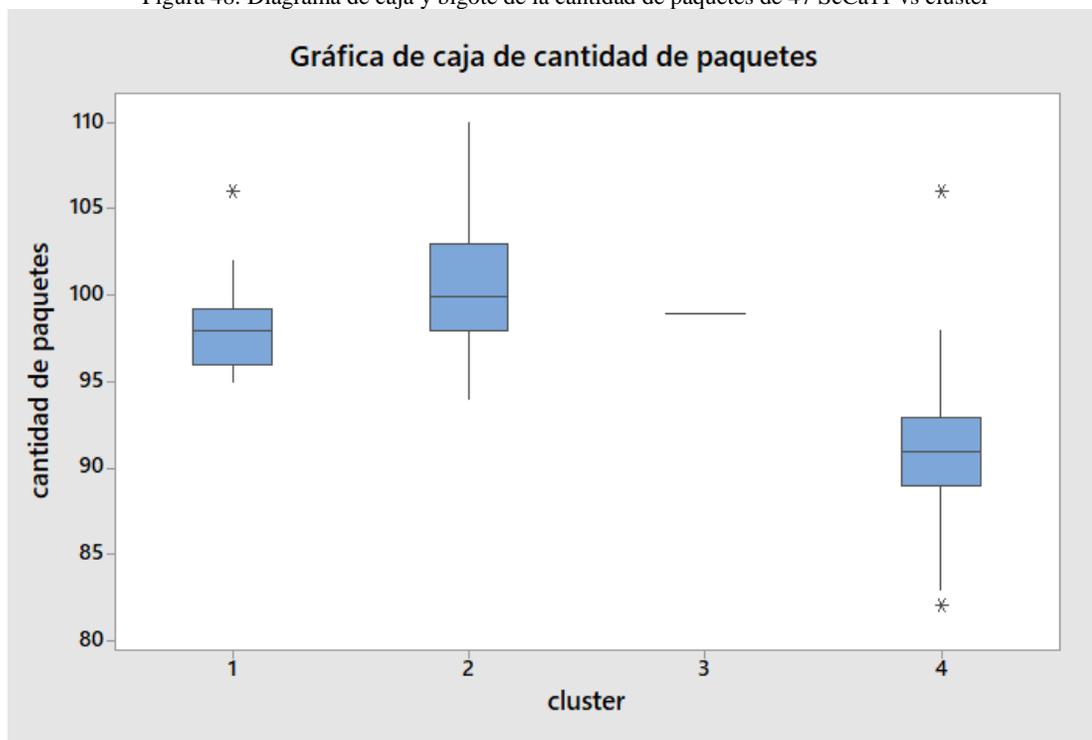
Tabla 46: Análisis de cluster para el modelo de rejilla 47 ScCa11

Fuente: Elaboración Propia

**Number of Cases in each Cluster**

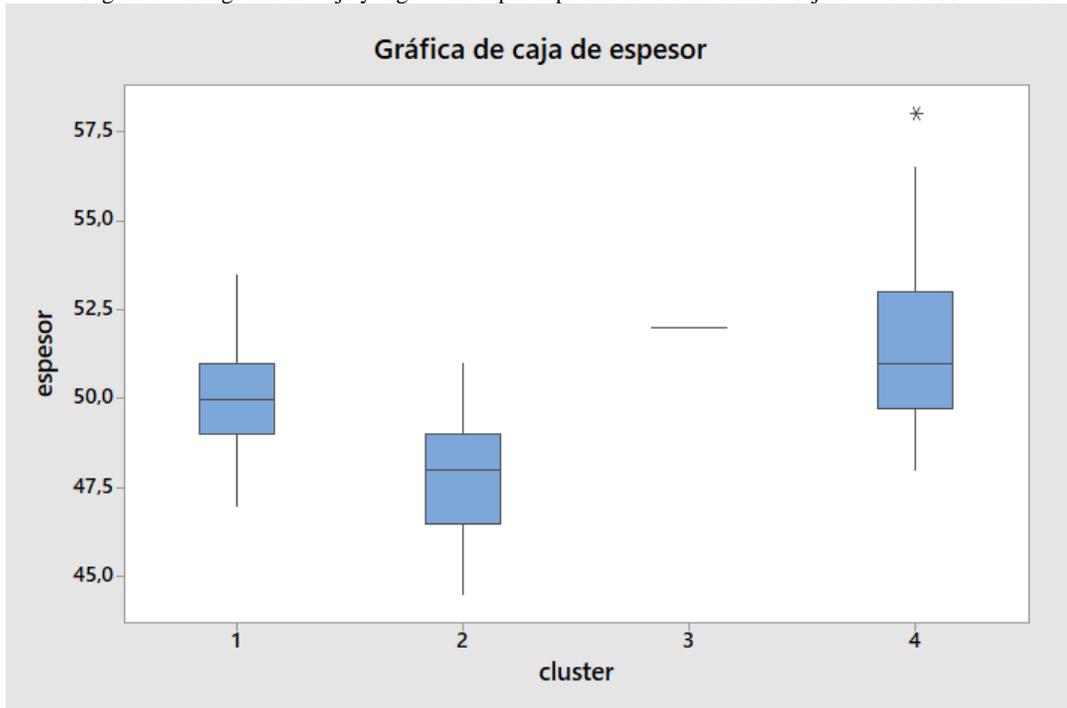
Cluster	1	61,000
	2	1,000
	3	1,000
	4	78,000
Valid		141,000
Missing		41,000

Figura 48: Diagrama de caja y bigote de la cantidad de paquetes de 47 ScCa11 vs cluster



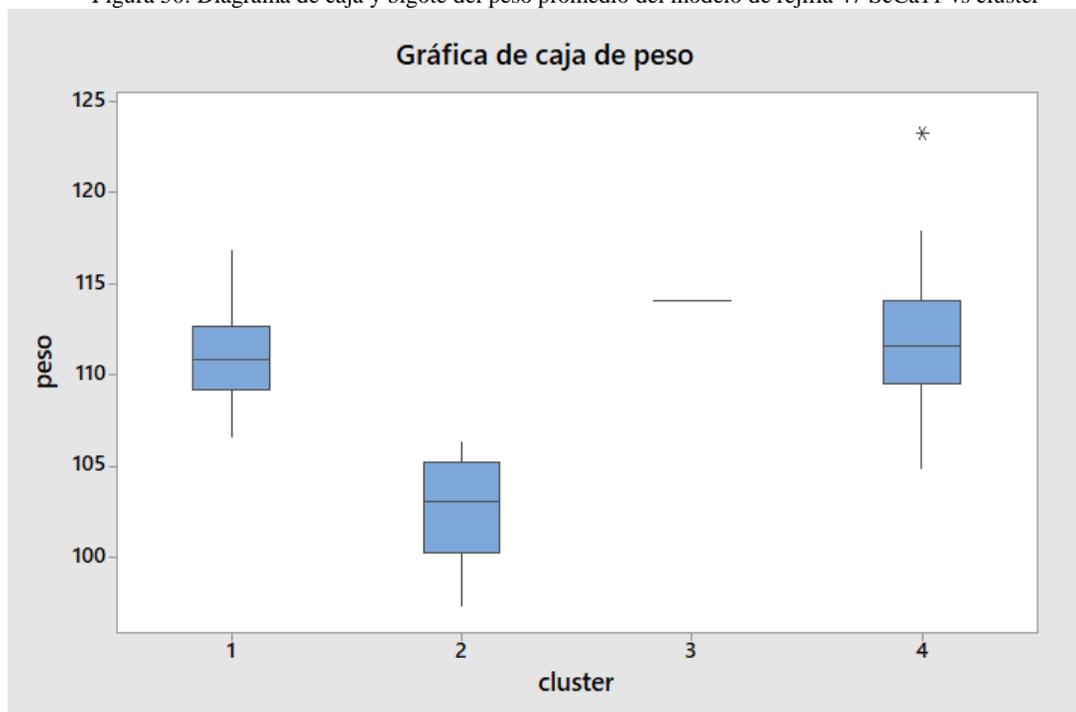
Fuente: Elaboración Propia

Figura 49: Diagrama de caja y bigote del espesor promedio del modelo de rejilla 47 ScCa11 vs cluster



Fuente: Elaboración propia

Figura 50: Diagrama de caja y bigote del peso promedio del modelo de rejilla 47 ScCa11 vs cluster



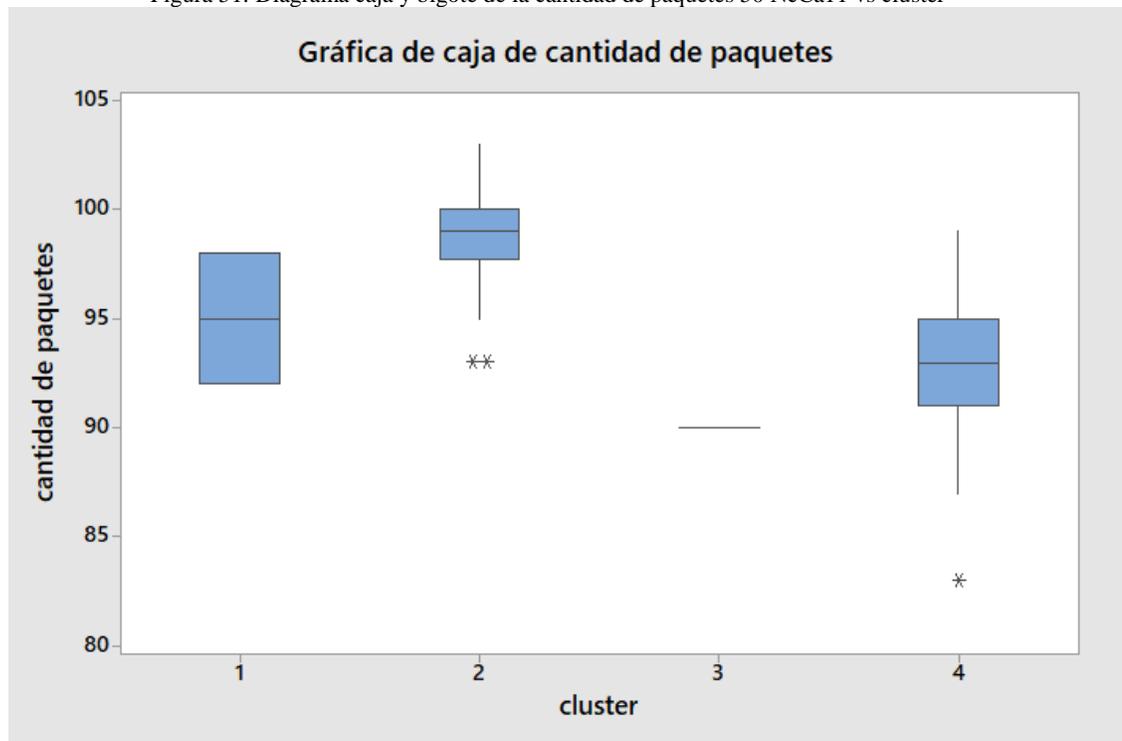
Fuente: Elaboración Propia

## E2: Análisis de cluster y diagrama de caja y bigote para el modelo de rejilla 50 NcCa11

Tabla 47: Análisis de cluster para el modelo de rejilla 50 NcCa11  
Fuente: Elaboración Propia

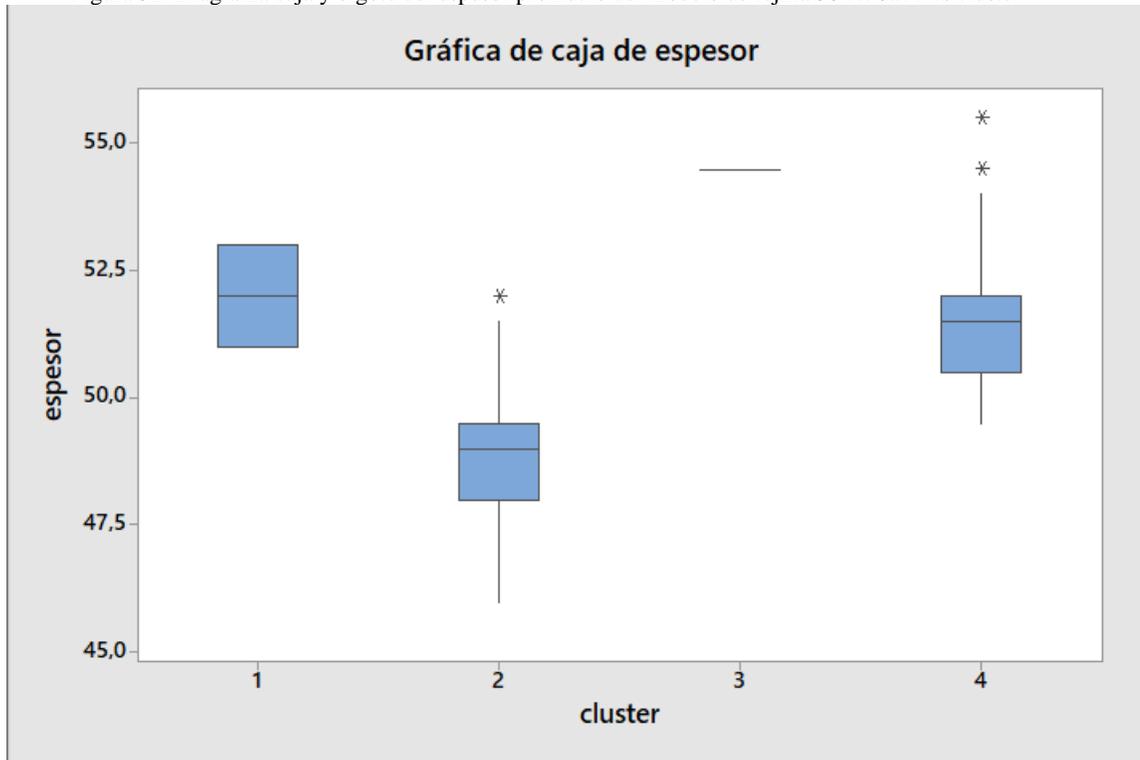
Number of Cases in each Cluster	
Cluster	1
	2,000
	2
	42,000
	3
	1,000
	4
	76,000
Valid	121,000
	0
Missing	61,000

Figura 51: Diagrama caja y bigote de la cantidad de paquetes 50 NcCa11 vs cluster



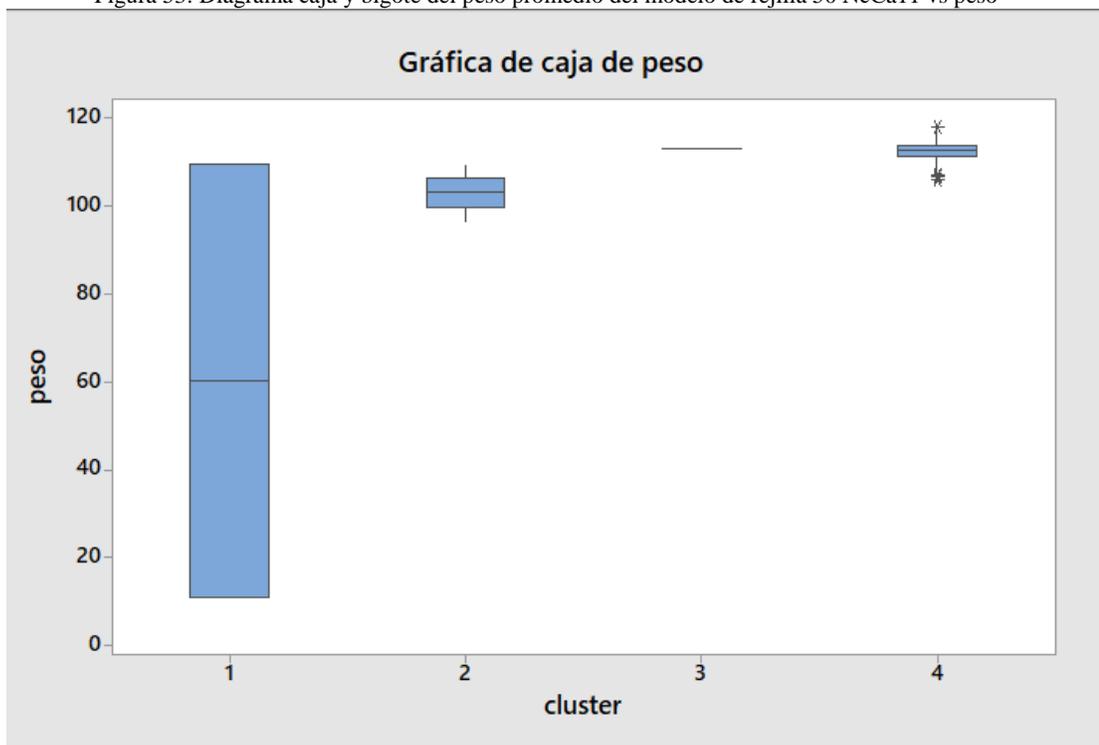
Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Diagrama caja y bigote del espesor promedio del modelo de rejilla 50 NcCa11 vs cluster



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Diagrama caja y bigote del peso promedio del modelo de rejilla 50 NcCa11 vs peso



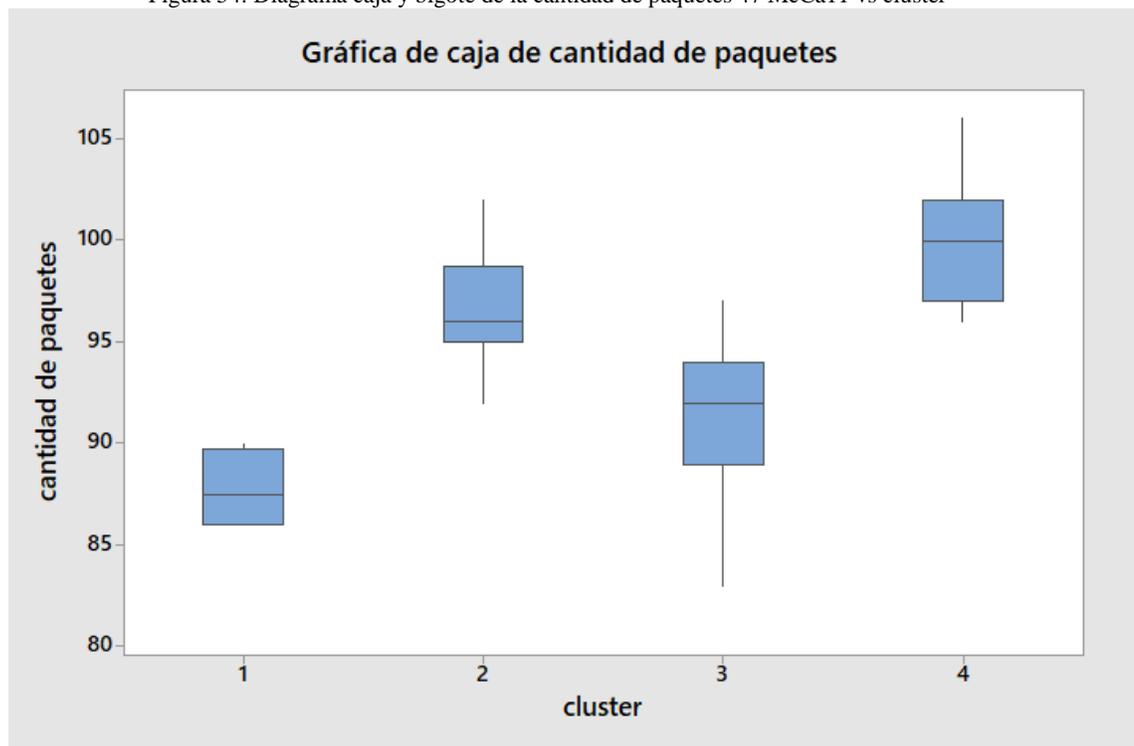
Fuente: Elaboración Propia

### E3: Análisis de cluster y diagrama de caja y bigote para el modelo de rejilla 47 McCa11

Tabla 48: Análisis de clustes para el modelo de rejillas 47 McCa11  
Fuente: Elaboración Propia

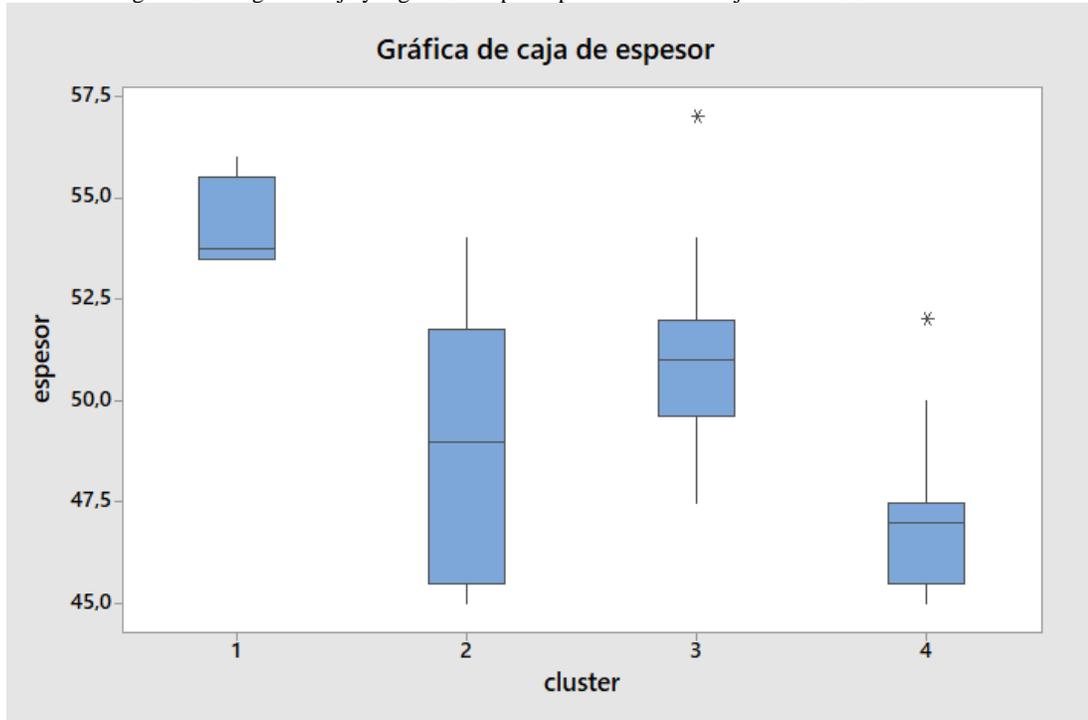
Number of Cases in each Cluster		
Cluster	1	4,000
	2	20,000
	3	52,000
	4	44,000
Valid		120,000
Missing		0,000

Figura 54: Diagrama caja y bigote de la cantidad de paquetes 47 McCa11 vs cluster



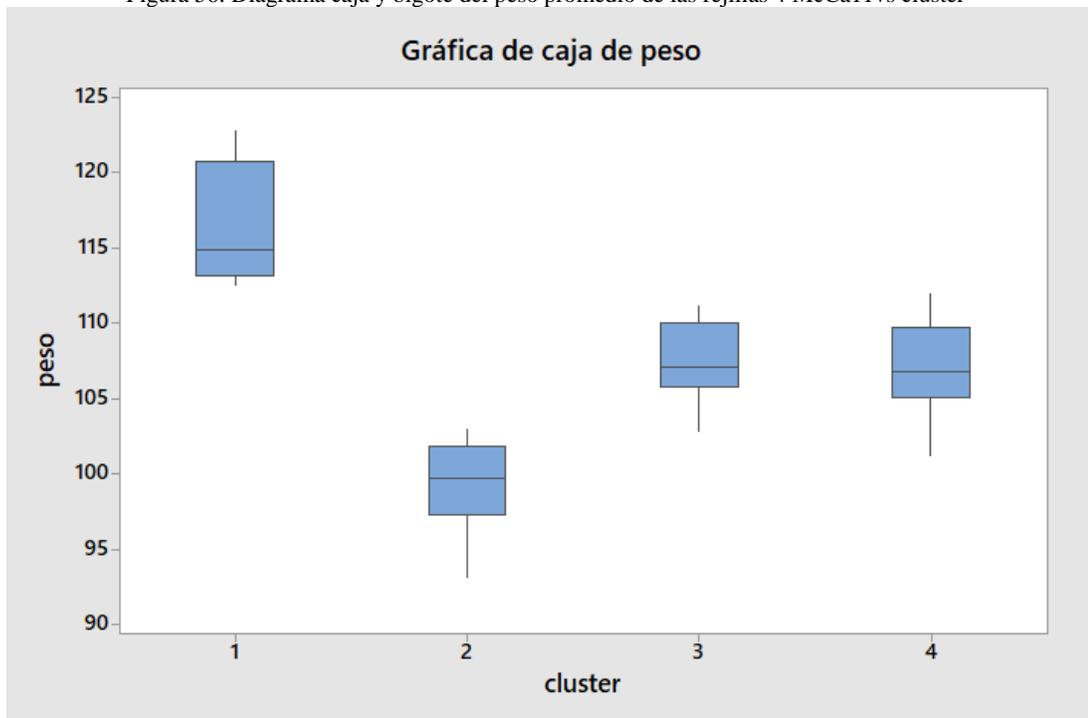
Fuente: Elaboración Propia

Figura 55: Diagrama caja y bigote del espesor promedio de las rejillas 4 McCa11 vs cluster



Fuente: Elaboración Propia

Figura 56: Diagrama caja y bigote del peso promedio de las rejillas 4 McCa11 vs cluster

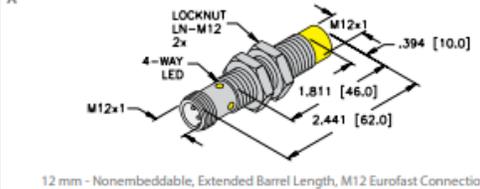
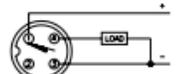
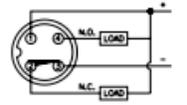
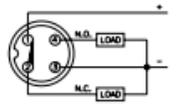


Fuente: Elaboración Propia

## Anexos F: Especificaciones técnicas del sistema de conteo

### E1: Especificaciones técnicas del sensor de proximidad inductivo

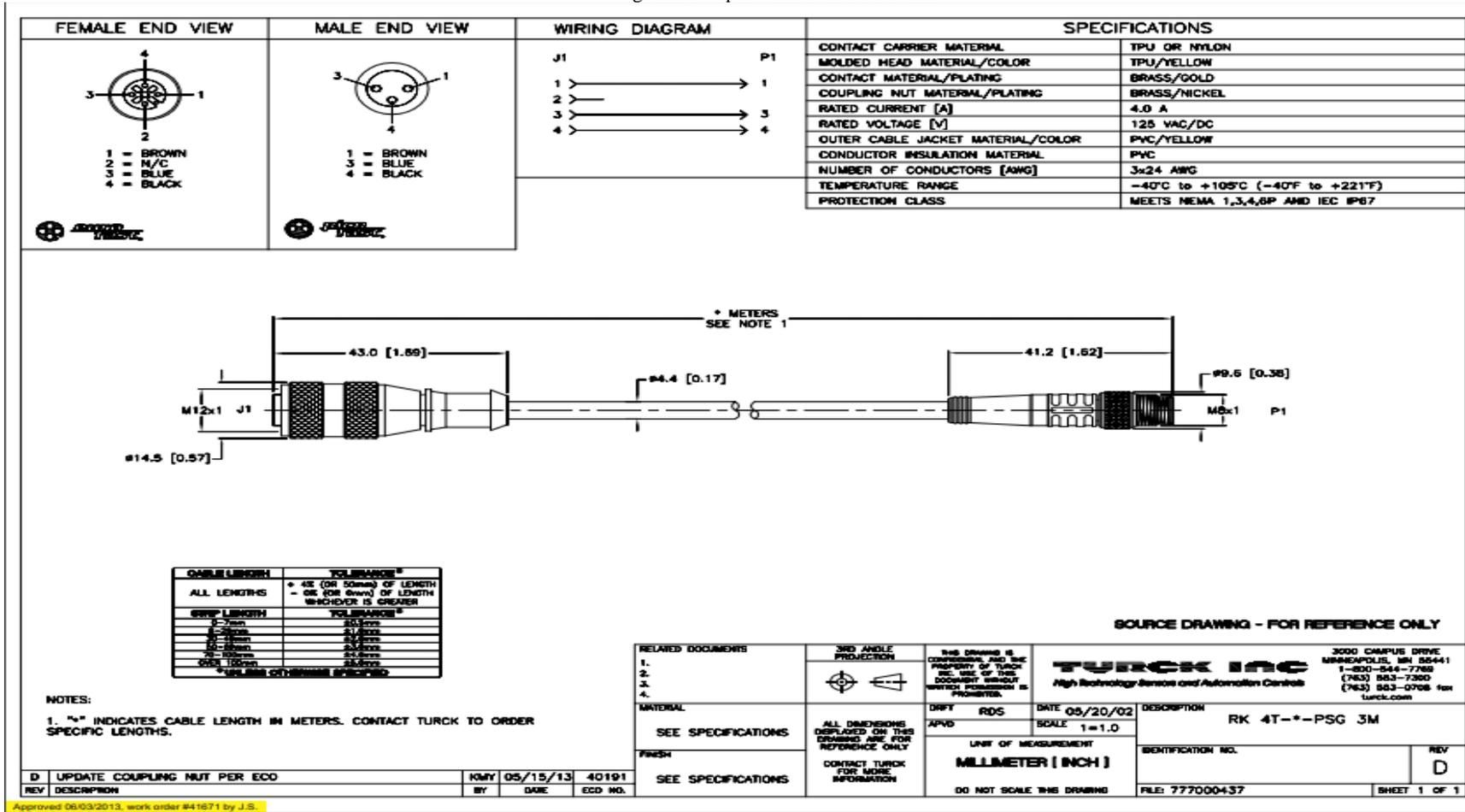
Figura 57: Especificaciones técnicas

Housing Style		Dimension Drawings		
				
Wiring Diagrams/Mating Cordsets				
1	 <p>Mating Cordset: RK 4.23T-*</p>	2	 <p>Mating Cordset: RK 4T-*, RKC 4T-*/S1587</p>	
3	 <p>Mating Cordset: RK 4T-*, RKC 4T-*/S1587</p>			
4	 <p>Mating Cordset: RK 4.4T-*</p>		5	 <p>Mating Cordset: RK 4.4T-*, RKV 4.4T-*</p>
A2		2-wire DC - (AD, RD, AG)		
Ripple: $\leq 10\%$ Differential Travel (Hysteresis): 3-15% (5% typical) Voltage Drop Across Conducting Sensor: Non-polarized (AD) $< 5.0$ V Polarized (AG) $\leq 4.2$ V Trigger Current for Short Circuit Protection: $\geq 120$ mA Minimum Load Current: $\geq 3.0$ mA		Off-State (Leakage) Current: $\leq 0.8$ mA Power-On Effect: Per IEC 947-5-2 Transient Protection: Per EN 60947-5-2 Shock: 30 g, 11 ms Vibration: 55 Hz, 1 mm Amplitude in all 3 Planes Repeatability: $\leq 2\%$ of Rated Operating Distance		
A4		3 and 4-wire DC - (AN, RN, AP, RP, VN, VP)		
Ripple: $\leq 10\%$ Differential Travel (Hysteresis): 3-15% (5% typical) Voltage Drop Across Conducting Sensor: $\leq 1.8$ V Trigger Current for Short Circuit Protection: $\geq 220$ mA on 200 mA Load Current $\geq 170$ mA on 150 mA Load Current $\geq 120$ mA on 100 mA Load Current Off-State (Leakage) Current: $\leq 0.1$ mA No-Load Current: $\leq 15$ mA (Ferrite, Uprox) $\leq 20$ mA (Uprox+, Uprox3)		Time Delay Before Availability: $\leq 8$ ms Power-On Effect: Per IEC 947-5-2 Reverse Polarity Protection: Incorporated Wire-Break Protection: Incorporated Transient Protection: Per EN 60947-5-2 Temperature Drift: $\leq \pm 10\%$ Shock: 30 g, 11 ms Vibration: 55 Hz, 1 mm Amplitude in all 3 Planes Repeatability: $\leq 2\%$ of Rated Operating Distance		

We reserve the right to make technical alterations without prior notice.

Fuente : (TURCK , 2018)

Figura 58: Especificaciones del conector



Fuente: (TURCK , 2018)

