

**PROPUESTA DE MEJORAS DEL PROCESO  
PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR  
QUÍMICO BAJO EL ENFOQUE DE MANUFACTURA  
ESBELTA**





UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



**PROPUESTA DE MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR QUÍMICO BAJO EL ENFOQUE DE  
MANUFACTURA ESBELTA**

Tutor:  
Dr. Agustín Mejías

Autor:  
Ing. Sol V. Vásquez R.

Valencia, Abril de 2016





UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



**PROPUESTA DE MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA  
EMPRESA DEL SECTOR QUÍMICO BAJO EL ENFOQUE DE  
MANUFACTURA ESBELTA**

*Trabajo Especial de Grado presentado a la ilustre  
Universidad de Carabobo para optar al  
Título de Magister en Ingeniería Industrial*

Tutor:  
Dr. Agustín Mejías

Autor:  
Ing. Sol V. Vásquez R.

Valencia, Abril de 2016





## DEDICATORIA

Primeramente se la dedico a Dios, por haberme dado paciencia y perseverancia para a llegar cerrar este ciclo de mi vida.

En segundo lugar a mis padres, Mercedes Ruiz y Rafael Vásquez, por darme ese impulso para seguir luchando, en los momentos en los que he sentido que ya no me quedan fuerzas para seguir adelante.

A mis hermanos, Sol Desireé, Sol Inés y Rafael Eduardo, por ser mi motor y mi inspiración para ser cada día una mejor persona y profesional.

A mi novio, por recordarme siempre la importancia de cerrar los ciclos que se inician en la vida, poniendo como ejemplo siempre su vida propia.

*Sol Vásquez*



## AGRADECIMIENTOS

Te agradezco Dios, por ser mi compañía cada día, guiarme por el camino correcto y enviarme esos átomos mensajeros con las respuestas correctas, en el momento justo y en los lugares adecuados.

Mis padres, Rafael Vásquez y Mercedes Ruiz, por recordarme todos los días que tenía que terminar mi Maestría, por mí, por mi crecimiento.

A mis hermanos, Sol Desireé, Sol Inés y Rafael Eduardo, por entregarme todo su apoyo incondicional y siempre estar allí dispuestos a ayudarme. A Sol Desireé especialmente por su apoyo en todo momento y por el impulso que me dio cuando ella concluyó sus estudios de postgrado.

A mi querido Alcides José, por confiar siempre en mí, y ser mi pilar en los momentos en los que necesite dar una estructura a mi trabajo de grado.

Al prof Agustín Mejías, por haber aceptado ayudarme a realizar éste trabajo y brindarme todo su apoyo.

A C.A. Venezolana de pinturas, por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado en la organización, en especial a José Miguel por ser un mentor en el proceso de aprendizaje de la metodología y enseñarme que en cualquier espacio siempre se puede mejorar,

*Sol Vásquez*



## SUMARIO

El presente trabajo tiene como finalidad proponer mejoras en una empresa del sector químico bajo el enfoque de la Manufactura Esbelta a fin de reducir los desperdicios establecidos en esta filosofía: inventario, tiempos de espera, transporte, procesos innecesarios, defectos, movimientos innecesarios, sobreproducción y sub-utilización del personal. Para estructurar la investigación se empleó la metodología DMAIC, utilizando en cada una de las etapas herramientas de la Manufactura Esbelta, así como las 7 herramientas de la calidad.

Para el desarrollo del trabajo fue seleccionada la línea de productos de tercera calidad que fabrica una empresa del sector químico de Valencia, Estado Carabobo, Venezuela, ya que representaba el volumen pareto de fabricación y a su vez la línea con mayor porcentaje de lotes con requerimientos de ajustes fuera de fórmula para alcanzar las especificaciones de calidad.

Entre los resultados y conclusiones más importantes, se tiene que para reducir los desperdicios de la manufactura esbelta en la línea en estudio se requiere: a) Ajuste y estandarización de fórmulas; b) Redistribución de actividades y puestos de trabajos en proceso de liquidación de ordenes de trabajo; c) Estandarización y nivelación del flujo de la producción y d) Reubicación de zonas logísticas

Con la implementación de la propuesta de mejora se logró: a) Obtener un índice de lotes Buenos a la Primera Vez (BALPV-lotes sin necesidad de ajuste fuera de fórmula para alcanzar especificaciones de calidad) de 78% (meta 70%); b) Reducción de un 19% de tiempo de ciclo total del producto; c) Reducción en un 45% las esperas para realizar el flujo de una etapa productiva a otra y d) Reducción del 40% de distancia recorrida para entrega de suministros y de un 28% de la distancia recorrida para la entrega de producción al almacén de producto terminado.

Se recomienda replicar la metodología utilizada en el resto de las áreas productivas, estableciendo la construcción del mapeo de cadena de valor de forma semestral como herramienta base de diagnóstico para el establecimiento de las oportunidades de mejora.

**Palabras Claves:** desperdicios, esbelta, manufactura, mejoras, redistribución



## INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. Justificación.....	6
1.5. Alcance .....	8
1.5.1. Delimitación temática .....	8
1.5.2. Delimitación temporal.....	9
1.5.3. Delimitación espacial .....	9
2. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Pintura .....	12
2.2.2. Pintura emulsionada arquitectónica .....	12
2.2.3. Proceso de fabricación de una pintura emulsionada .....	12
2.2.4. Metodología DMAIC .....	14
2.2.5. Manufactura Esbelta.....	15
2.2.6. Estructura del sistema de Manufactura Esbelta.....	15
2.2.7. Principios de la Manufactura Esbelta.....	17
2.2.8. Desperdicios de la Manufactura Esbelta .....	21
2.2.9. Concepto de mejora continua y Kaizen .....	23
2.2.10. Uso de técnicas de la Manufactura Esbelta.....	24
2.2.11. Problemas en la implementación de la Manufactura Esbelta.....	24
2.2.12. Las 7 herramientas de la calidad .....	26
2.3. Marco Conceptual .....	27
3. MARCO METODOLÓGICO.....	28



3.1.	Nivel y diseño de la investigación .....	28
3.2.	Unidad de análisis .....	28
3.3.	Fuentes y técnicas para la recolección de la información .....	29
3.3.1.	Fuentes primarias.....	29
3.3.2.	Fuentes secundarias .....	30
3.4.	Diseño de instrumentos para la recolección de la información.....	30
3.5.	Técnicas de procesamiento y análisis de la información .....	31
3.6.	Fases de la investigación.....	31
3.7.	Operacionalización de los objetivos.....	33
4.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	36
4.1.	Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo .....	36
4.2.	Análisis de los procesos productivos para la identificación de oportunidades de mejora .....	44
4.2.1.	Falta de estandarización de fórmulas.....	44
4.2.2.	Flujo no lineal en el proceso de liquidación de órdenes de trabajo.....	48
4.2.3.	Falta de estandarización de la secuencia de procesos.....	51
4.2.4.	Fallas en la ubicación de zonas logísticas.....	54
4.3.	Planteamiento de mejoras en los procesos productivos .....	55
4.3.1.	Estandarización de fórmulas para incrementar el porcentaje de buenos a la primera vez (BALPV), mediante la reducción de aprobados con ajuste por viscosidad baja, matizado y espuma .....	55
4.3.2.	Re-distribución de actividades y puestos de trabajo para la reducción de tiempos y recorridos en el ciclo administrativo de la orden de trabajo.....	56
4.3.3.	Nivelación y estandarización de la producción en líneas de envasado de emulsionadas.....	57
4.3.4.	Reubicación de zonas logísticas para la reducción de distancias recorridas.....	58
4.4.	Impacto de las oportunidades de mejora planteadas .....	60



4.4.1.	Impacto de estandarización de fórmulas para incrementar el porcentaje de buenos a la primera vez (BALPV), mediante la reducción de aprobados con ajuste por viscosidad baja, matizado y espuma .....	60
4.4.2.	Impacto de la re-distribución de actividades y puestos de trabajo para la reducción de tiempos y recorridos en el ciclo administrativo de la orden de trabajo .....	61
4.4.3.	Impacto de nivelación y estandarización de la producción en líneas de envasado de emulsionadas.....	62
4.4.4.	Impacto de reubicación de zonas logísticas para reducción de distancias recorridas .....	63
5.	CONCLUSIONES .....	64
6.	RECOMENDACIONES .....	66
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
8.	ANEXOS.....	69



## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de técnicas relacionadas con la Manufactura Esbelta .....	24
Tabla 3.1 Operacionalización de objetivos .....	34
Tabla 4.1 Listado de desperdicios detectados .....	42
Tabla 4.2 Agrupación de desperdicios en el proceso de fabricación de pinturas líquidas en función de la de causa raíz que los origina .....	43
Tabla 4.3. Propuestas de mejora planteadas por cada fuente de generación de desperdicios .....	55
Tabla 4.4. Mejoras obtenidas con la implementación del Kaizen ciclo administrativos de órdenes de trabajo .....	62
Tabla 4.5. Inventario en proceso de suministros .....	62
Tabla 4.6 Impacto de re-distribución de zonas logísticas .....	63



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Desempeño de %Buenos a la primera vez en el año 2013-2014 .....	3
Figura 1.2 Buenos A La Primera Vez (BALPV) por línea de productos .....	4
Figura 1.3 Distribución volumen y frecuencia en líneas de emulsiones .....	5
Figura 2.1 Proceso de fabricación de Pinturas Líquidas .....	13
Figura 2.2 Casa del sistema de producción Toyota .....	16
Figura 2.3 Símbolos para la elaboración del Mapeo de la Cadena de Valor.....	18
Figura 2.4 Pasos para la elaboración del Mapeo de Cadena de Valor Actual.....	20
Figura 2.5 Flujo simple, suave y sin desperdicio .....	21
Figura 2.6 Ciclo de Deming de mejora continua.....	24
Figura 3.1. Metodología a seguir para la ejecución de la investigación.....	32
Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso de fabricación de pinturas de tercera calidad.....	36
Figura 4.2 Pasos para la construcción de VSM de la investigación.....	39
Figura 4.3 Value Stream Mapping (VSM) en la ruta de 1 galón.....	40
Figura 4.4 Value Stream Mapping (VSM) en la ruta de cuñetes .....	41
Figura 4.5 Causa de aprobados con ajuste en pinturas de tercera calidad acumulado Enero- Junio de 2014 .....	45
Figura 4.6 Diagrama causa efecto problema de espuma .....	45
Figura 4.7. Grafica de efectos principales para la densidad inicial de la pintura ..	46
Figura 4.8 Matriz causa efecto para el defecto de viscosidad baja.....	47
Figura 4.9 Situación inicial flujo de la orden de trabajo .....	48
Figura 4.10 Segmentación de tiempo y distancia requerida para ejecución de actividades para cumplir el ciclo de la orden de trabajo.....	49
Figura 4.11. Diagrama de Pareto de distancias recorridas en actividades representan desperdicios en el ciclo de la orden de trabajo.....	50
Figura 4.12. Diagrama de Pareto de tiempos invertidos en actividades representan desperdicios en el ciclo de la orden de trabajo. ....	50
Figura 4.13 Flujo actual en el proceso de fabricación de galones.....	52
Figura 4.14. Representación de distribución actual de área de emulsiones .....	53



---

Figura 4.15 Recorridos por ubicación de zonas logísticas.....	54
Figura 4.16 Propuesta de re-distribución de puestos de trabajo para creación de flujo en la liquidación de la orden de trabajo.....	57
Figura 4.17 Reubicación de zonas logísticas .....	58
Figura 4.18. Propuesta de distribución área de emulsiones .....	59
Figura 4.19 Desempeño de aprobados Buenos a la Primera Vez (BALPV) para la línea de tercera calidad.....	60



---

## INDICE DE ANEXOS

Anexo A 1 Escala de evaluación para la matriz de selección del área a estudiar	.72
Anexo A 2 Matriz de ponderación de pesos para criterios de selección .....	74
Anexo A 3 Matriz de selección área productiva.....	75



## INTRODUCCIÓN

Aunque en la actualidad en muchas organizaciones se trabaja con mantenimientos preventivos y correctivos, en algunas no se encuentra un programa para la realización de mejoras de una forma integral, en el cual se tengan criterios establecidos para identificar cuáles son los lugares, procesos o departamentos que requieran dichas mejoras.

En el presente trabajo de grado se plantean la metodología a seguir para realización de mejoras en una empresa del sector químico, tomando como enfoque los lineamientos de la Manufactura Esbelta, filosofía que contempla una serie de herramientas que ayudan a eliminar las operaciones que no agregan valor al producto, servicio y procesos; basada en reducir desperdicios y mejorar operaciones de una forma sistemática.

Se presentará el planteamiento y formulación del problema, mostrando el objetivo general y los objetivos específicos que se persigue con la investigación. Posteriormente se indican las razones que justifican la investigación y el alcance de la misma. Como soporte a la investigación se muestran antecedentes de otros trabajos que permitirán tener una referencia a seguir y contribuirán para el desarrollo de las propuestas. Seguidamente se despliega el marco teórico, en el cual se contrasta la información más relevante aportada por autores reconocidos en la investigación y aplicación de las herramientas de la Manufactura Esbelta, sustentado este marco teórico con la conceptualización de términos relevantes relacionados con el tema.

En el marco metodológico se indica el tipo de investigación, unidad de análisis, fuentes y técnicas a utilizar en la investigación para la recolección de información, como se diseñarán los instrumentos de recolección de información y cuáles serán las técnicas a utilizar para el procesamiento de los datos. Luego se describen las fases de la investigación. Así mismo se encuentra la propuesta para la operacionalización de objetivos, donde se muestran indicadores, interrogantes para el logro de los objetivos, instrumentos y fuentes de recolección de la información.

Por último se muestra el desarrollo de los objetivos planteados de forma sistemática, mostrando las conclusiones más relevantes y las recomendaciones.



## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

C.A. Venezolana de Pinturas es una organización venezolana con más de 60 años de trayectoria en la industria de pinturas y recubrimientos. Produce una gran variedad de pinturas, acabados y recubrimientos, con el fin de satisfacer las necesidades de los diferentes mercados que abastece. Antes del desarrollo de la investigación en la empresa se realizaban mejoras focalizadas por áreas, sin contar una visión integral del impacto de los cambios implementados.

El continuo cambio y exigencia de los mercados ha obligado a las organizaciones a estar en constante trabajo para generar nuevas ventajas competitivas para responder a cada uno de los retos expuestos y así mantenerse en el tiempo; encontrando soluciones que generen una mayor productividad y eficiencia, pero sobre todo diferenciándose y respondiendo activamente a las exigencias diarias del mercado como son: entregas rápidas, alta calidad y precios competitivos, surgiendo así la necesidad de implementar en la organización en estudio una metodología basada en aprovechar al máximo los recursos disponibles y reducir los desperdicios, tal como lo es el pensamiento esbelto, concepto mediante el cual todo el personal de producción trabaja en conjunto con el fin de eliminar el desperdicio; el cual se define como cualquier gasto que no ayuda a producir valor, es denominado también muda (Meyers y Stephens, 2006).

La empresa en que se desarrolló la investigación está constituida por 5 áreas productivas: planta de emulsiones, planta de esmaltes, planta de mantenimiento industrial, planta de autos e industriales y planta de pintura en polvo. La selección del área de fabricación para iniciar el proceso de implantación de la metodología está orientada a la zona de mayores oportunidades de mejora con respecto a la reducción de desperdicios de la manufactura esbelta, siendo el área de emulsiones seleccionada de acuerdo a los criterios indicados en el Anexo A.1 y posteriormente valorados en el Anexo A.2.

Al cierre del año 2013 el índice de calidad (productos aprobados) en la planta de emulsiones fue de 98 %, es decir el 2% de la producción en volumen fue

defectuosa, cumpliendo la meta de calidad establecida para este año (Volumen defectuoso  $\leq 2\%$ ). Sin embargo, para medir la eficiencia del proceso en la fabricación de pinturas líquidas en la planta de emulsiones, se tiene indicador adicional denominado Buenos A La Primera Vez (BALPV) que representa el porcentaje de lotes obtenidos dentro de especificación sin requerir ajustes en proceso, con una meta de un 70% como mínimo, cerrando en el 2013 en 51,6% para la planta de emulsiones, es decir no se cumplió la meta. En la Figura 1.1 se muestra el desempeño de indicador de BALVP en el año 2013 y parte de 2014.

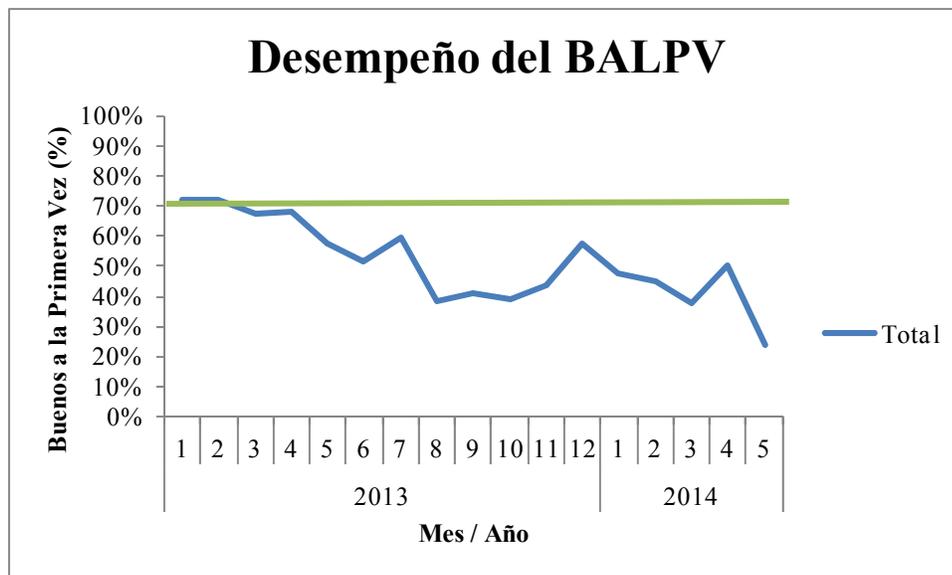


Figura 1.1 Desempeño de %Buenos a la primera vez en el año 2013-2014

Fuente: Departamento Ingeniería de Procesos y Proyectos, 2014

Se observa que a partir del mes de marzo de 2013 el indicador tomó valores inferiores a la meta, situación que puede generar problemas a futuro, ya que productos con ajustes comprometen la calidad de los lotes fabricados representando potenciales defectuosos. Para el año 2014 se mantiene la tendencia de finales de 2013, tomando un valor más crítico en mayo de 2014, en el cual se establecieron criterios más rigurosos en la medición del indicador. Mostrando que se tiene

aproximadamente 15 meses sin dar cumplimiento a la meta establecida para el BALPV.

En la Figura 1.2 se indica el porcentaje de Buenos A La Primera Vez, tanto en volumen como en frecuencia para las diferentes líneas de productos fabricadas en emulsiones. Este indicador fue el punto de partida fundamental ya que representa a groso modo un gran porcentaje de los desperdicios de la manufactura esbelta, como lo son: reprocesos, movimientos, transportes y defectos de calidad.

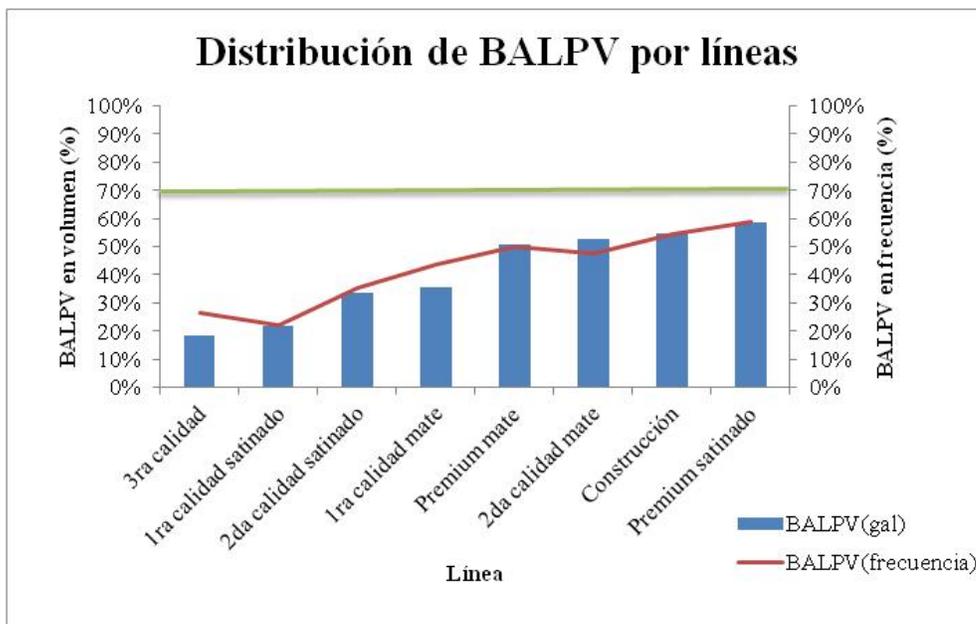


Figura 1.2 Buenos A La Primera Vez (BALPV) por línea de productos

Fuente: Departamento Ingeniería de Procesos y Proyectos, 2014.

La línea de 3ra calidad es la que presenta menor porcentaje de BALPV en el área de emulsiones y de acuerdo a lo observado en la Figura 1.3 esta línea constituye el 60% volumen de fabricación de emulsiones, por consiguiente esta línea será el foco del presente trabajo a fin de reducir desperdicios en la línea que proporcione mayor impacto al negocio.

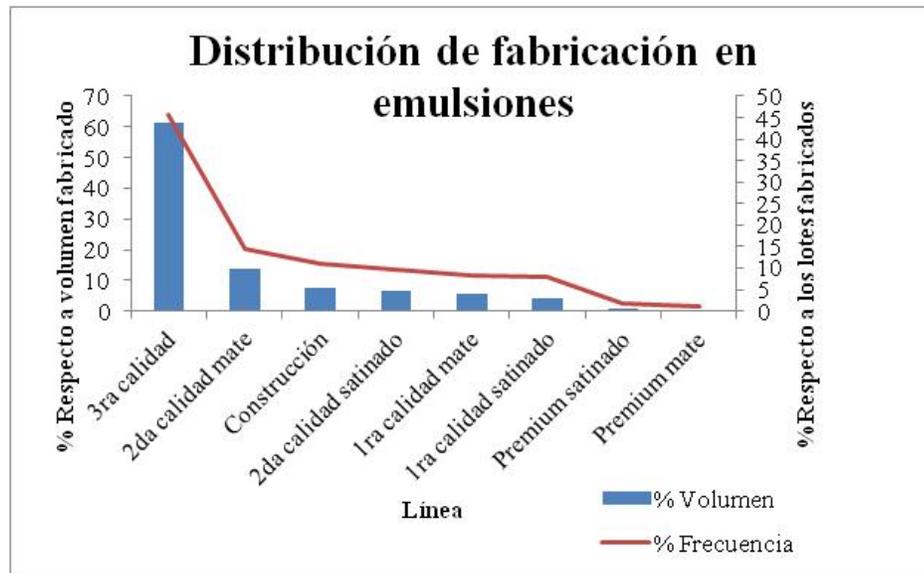


Figura 1.3 Distribución volumen y frecuencia en líneas de emulsiones

Fuente: Departamento Ingeniería de Procesos y Proyectos, 2014.

## 1.2. Formulación del problema

En función al problema descrito se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las propuestas de mejora en el proceso productivo de una empresa del sector químico bajo el enfoque de la Manufactura Esbelta?

Desglosándose las siguientes sub-preguntas:

¿Cuál es la situación actual del proceso productivo en la línea seleccionada?

¿Qué oportunidades de mejora pueden detectarse?

¿Cuáles son las propuestas de mejora en función a las oportunidades de mejora detectadas?

¿Cuál es el impacto de la implementación de las propuestas de mejora planteadas?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Proponer mejoras en una empresa del sector químico bajo el enfoque de la Manufactura Esbelta a fin de reducir desperdicios.



### 1.3.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual del proceso productivo
2. Analizar el proceso productivo para identificar oportunidades de mejora
3. Plantear propuestas de mejora en el proceso productivo utilizando herramientas de la Manufactura Esbelta
4. Evaluar el impacto de la implementación de las propuestas de mejora planteadas.

### 1.4. Justificación

Después de la Segunda Guerra Mundial, el sistema estadounidense de manufactura en masa era la envidia del mundo. La producción en masa (elaboración de productos discretos y estandarizados por medio de tecnologías repetitivas de manufactura) era la norma. Los materiales se producían en lotes grandes y las maquinas estaban acondicionadas para operar más rápido a efecto de reducir los costos (Schoreder et al, 2011).

En la década de 1960, el milagro japonés se produjo en la compañía manufacturera Toyota. Después de visitar las manufactureras de Estados Unidos, Toyota determinó que no podía copiar el sistema estadounidense de producción en masa. En aquella época, la demanda de automóviles de Toyota no sólo era baja, sino que había una severa falta de recursos. Debido a dicha carencia Toyota desarrollo una fuerte aversión hacia el desperdicio. Los residuos y los reprocesamientos se consideraban un desecho, lo mismo que aquellos inventarios que usaban espacio de almacenamiento y recursos valiosos. Toyota se percató que necesitaba producir automóviles de lotes mucho más pequeños, con un inventario más bajo, empleando procesos sencillos, aunque de alta calidad y haciendo participar a los trabajadores tanto como fuera posible. Esta comprensión se convirtió en el fundamento de lo que hoy se conoce como el sistema de producción de Toyota (TPS, Toyota production system) y la Manufactura Justo a Tiempo (JIT, Just In Time). En 1990, Womack y Jones estudiaron la manufactura de automóviles justo a tiempo en Japón, Estados



Unidos y Europa y popularizaron el término producción esbelta. Se definió la Manufactura Esbelta como la que elimina sistemáticamente el desperdicio en todos los procesos de producción al proporcionar exactamente lo que el cliente requiere y nada más (Schoreder et al, 2011).

En la actualidad, los conceptos y técnicas que dan fundamento a la producción esbelta han sido y están siendo implantados a través de un amplio espectro de empresas globales. En Estados Unidos, 3M, Bendix, Black y Decker, Briggs y Stratton, Deere y Company, Eaton, Ford, General Electric, Hewlett Packard, Honeywell, IBM, Wells Fargo, Wipro, Delta Airlines y United Health Care son solo algunos ejemplos de corporaciones con prestigio que persiguen la filosofía de producción esbelta (Schoreder et al, 2011).

Como orientación para el planteamiento de propuestas de mejora se pretende seguir la cultura de la Manufactura Esbelta, ya que la misma es considerada una estrategia administrativa que permite la generación de valor mientras se reducen los desperdicios (Womack y Jones, 2003). Estas técnicas de trabajo han adquirido cada vez mayor importancia entre los directivos de empresas para el desarrollo, aplicación y logro de operaciones de clase mundial en sus compañías para asegurar su competitividad en un mercado cada vez más globalizado (Collins et al, 1996).

En Venezuela, en la mayoría de los casos, la exposición de los profesionales y las empresas a la Manufactura Esbelta ha estado limitada a las transnacionales. La mayoría de las empresas locales: grandes, medianas y pequeñas; no han adoptado la Manufactura Esbelta y por ende no han visualizado sus bondades y beneficios. Y aún cuando las transnacionales impulsan dentro de sus áreas la Manufactura Esbelta, en ocasiones lo hacen con “recetas” importadas, sin tomar en cuenta la realidad e idiosincrasia del país, llegando así a tener sistemas inestables y que no logran arraigo en la cultura y forma de pensar del venezolano (Pabon, 2010).

Esta realidad nacional, sin embargo, no indica que en el país no exista la necesidad de nivelar los sistemas de manufactura con aquellos de clase mundial. Aun si la competencia en determinado mercado no amenace inmediatamente a alguna empresa en particular, las dificultades locales serán más soportables y llevaderas con



sistemas de Manufactura Esbelta. A la larga, si adoptan la forma de pensar “esbelta”, las empresas estarán mejor preparadas para enfrentar los retos y dificultades de ahora y de aquellos que surjan en el futuro; y estarán creando la base del crecimiento empresarial moderno (Pabon, 2010).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la presente investigación permite aportar información sobre la utilización de las herramientas de Manufactura Esbelta en una organización Venezolana, teniendo como objetivo que las mejoras planteadas beneficie al proceso en líneas generales, ya que las tareas pueden realizarse de una forma más eficiente y precisa cuando se trabaja el producto desde la materia prima hasta el producto acabado, al concentrarse en el producto y sus necesidades, en lugar de la organización o las máquinas, logrando así que todas las actividades para diseñar, solicitar y proporcionar un producto sucedan en flujo continuo ( Womack y Jones, 2003).

Así mismo, la mejora de procesos es esencial para los negocios en un clima de competencia y una economía global. La identificación de los procesos que pueden ser mejorados ayudara a la empresa a crecer y expandirse. La utilización de herramientas de Manufactura Esbelta para búsquedas de mejoras durante el desarrollo de la investigación servirá para establecer una línea base de la metodología a seguir en la organización para la detección de oportunidades de mejora, constituyendo una referencia para el resto de las empresas del sector químico en Venezuela.

Por otra parte permitirá a la Universidad de Carabobo contar con un ejemplo práctico de lo que respecta al planteamiento de oportunidades de mejora bajo los principios Lean Manufacturing en una empresa Venezolana en la situación política y económica actual.

## **1.5. Alcance**

### **1.5.1. Delimitación temática**

El trabajo de investigación se focalizará en el establecimiento de propuestas de mejora bajo en enfoque de la Manufactura Esbelta en la línea de tercera calidad manufacturada en la planta de emulsiones de la



empresa C.A. Venezolana de Pinturas, perteneciente al sector químico de las industrias de Venezuela.

### **1.5.2. Delimitación temporal**

Para la recolección de data histórica se utilizará un lapso de 1 año. La recopilación de la información y ejecución del trabajo puede extenderse hasta un año desde su inicio.

### **1.5.3. Delimitación espacial**

El trabajo se realizará en la planta de emulsiones de C.A. Venezolana de Pinturas ubicada en la carretera vieja vía Los Guayos, Estado Carabobo.



## 2. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

En esta sección se recopilan los antecedentes y la información teórica necesaria para el logro de los objetivos a desarrollar en el trabajo especial de grado.

### 2.1. Antecedentes

Pérez (2011), publicó un artículo denominado “El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la Manufactura Esbelta” con elementos prácticos que permitan incorporar principios constructivistas, de aprendizaje colaborativo, lúdico y basado en problemas, en los procesos de enseñanza-aprendizaje de: 7 mudas, 5’S y gerencia visual. Esta herramienta es expuesta partiendo de un marco teórico sobre Manufactura Esbelta y de algunas teorías de aprendizaje; luego, es ofrecida a nivel de: caso de estudio, materiales, distribución, roles, gama de proceso y corridas de producción con su respectiva caracterización en términos de tiempos de ciclo y takt time. Desde el punto de vista académico se llena un vacío en el ámbito específico para el que fue desarrollada, y además, a nivel general se proporciona información útil para docentes, estudiantes, investigadores y consultores, que dada su esencia, es viable también utilizarla para otros temas de la misma área, como: balanceo de línea, kanban, justo a tiempo, distribución en planta y control de calidad. Igualmente, sirve como base para que, por medio de su adaptación, pueda utilizarse en otros saberes. A nivel práctico, dado su diseño, simplicidad y accesibilidad a los materiales que se requieren, este trabajo puede ser empleado tal cual en procesos de introducción a la Manufactura Esbelta de cualquier entidad. Este trabajo sirve de aporte para la investigación en las situaciones en las que se requiera dar un entrenamiento previo sobre la Manufactura Esbelta al personal de piso, ya que es muy sencilla la comprensión de la herramienta cuando se utilizan técnicas como las descritas en el artículo.

Bednarek y Niño (2010), presentaron un artículo denominado “Metodología para implantar el sistema de Manufactura Esbelta en PyMES industriales mexicanas”, en el cual se presenta una innovación a los procesos productivos, proponiendo una



metodología para implantar el Sistema de Manufactura Esbelta adaptado a las condiciones y forma de trabajo en pequeñas y medianas empresas (PyMES) industriales mexicanas. La metodología es una innovación aplicada a procesos y sistemas de producción; así como a sus elementos, evaluados bajo un punto de vista integral, basada en aportes de modelos teóricos, elementos de modelos particulares de empresas Mexicanas y sus características. Dicha metodología se conforma de 5 grandes bloques técnicos, diagnóstico, preparación, lanzamiento, estabilidad y estandarización. Para la investigación constituye una gran contribución, ya que la distribución de la metodología de implantación conformándola en 5 bloques constituye una plataforma para fijar las estrategias de mejora continua en la organización en estudio de una forma sistemática.

Pedraza (2010), realizó un trabajo titulado “Mejoramiento productivo aplicando herramientas de Manufactura Esbelta”. En el cual se indica que la Manufactura Esbelta (lean Manufacturing) es una forma de gestión de procesos que permite a las empresas adaptarse fácilmente a las condiciones cambiantes del mundo globalizado. Su aplicación es diferente en cada empresa, y depende de las condiciones propias, por ello no hay una receta que se siga al pie de la letra para adaptar esta metodología que ayuda a eliminar desperdicios mediante el uso eficiente de varias herramientas. El artículo presenta una propuesta de implementación de Manufactura Esbelta en la línea de producción de platinas y barras calibradas de cobre. La metodología utilizada se enfoca en un diagnóstico en una de las líneas de producción por medio del desarrollo de un mapeo de la cadena de valor, de esta manera se analiza la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta que ayuden a eliminar o disminuir desperdicios existentes en toda la línea, reducir los tiempos de entrega, mejorar el nivel de calidad, y por ende, reducir los costos. En el trabajo se realizó un mapa de flujo actual y luego uno futuro. Se desarrollo un kaizen en el proceso de extrusión en el cual mediante la implementación de SMED se redujo los tiempos de cambios y se disminuyó los costos al prolongar la vida útil de la herramienta utilizada. Se agruparon algunos procesos para alinear los tiempos con el



takt time, generando celdas de manufactura y nivelando la producción. Las herramientas de la Manufactura Esbelta utilizadas en el trabajo mencionado y la forma de su aplicación servirán de guía y soporte para el desarrollo de la investigación, ya que el mapeo de la cadena de valor es uno de las herramientas con las que se estima realizar el diagnóstico de la situación actual y proyectar la situación deseada.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Pintura

Es una dispersión generalmente líquida, que al aplicarse adquiere consistencia por evaporación o por reacción con el oxígeno del aire o con los reticulantes. Los componentes básicos de la pintura son el vehículo, formado por el disolvente o diluyente, y el aglutinante que polimeriza o reacciona formando una capa sólida y retiene los pigmentos y las cargas cuando se seca la pintura (Molera, 1999).

### 2.2.2. Pintura emulsionada arquitectónica

Es un sistema de dos fases formado por dos líquidos no miscibles, uno de los cuales (fase discontinua) es dispersado en el otro (fase continua) en forma de glóbulos. Corrientemente se llaman pinturas emulsionadas a un grupo de pinturas diluibles con agua que se emplean en la industria de la construcción (Molera, 1999).

### 2.2.3. Proceso de fabricación de una pintura emulsionada

A continuación se presentan las etapas necesarias para la fabricación de una pintura. En la Figura 2.1 se muestra un esquema gráfico que ejemplifica dichas etapas.

- ✓ **Recepción de materia prima:** La materia prima llega al lugar de fabricación del producto, después de verificar que cumple con las especificaciones de

calidad es recibida y llevada a los almacenes para posteriormente utilizarla (Molera, 1999).

- ✓ **Pre mezcla:** Es la etapa de incorporación de aditivos, en ella se adiciona el humectante, antiespumante, dispersante, suavizador de agua y biocidas (Molera, 1999).

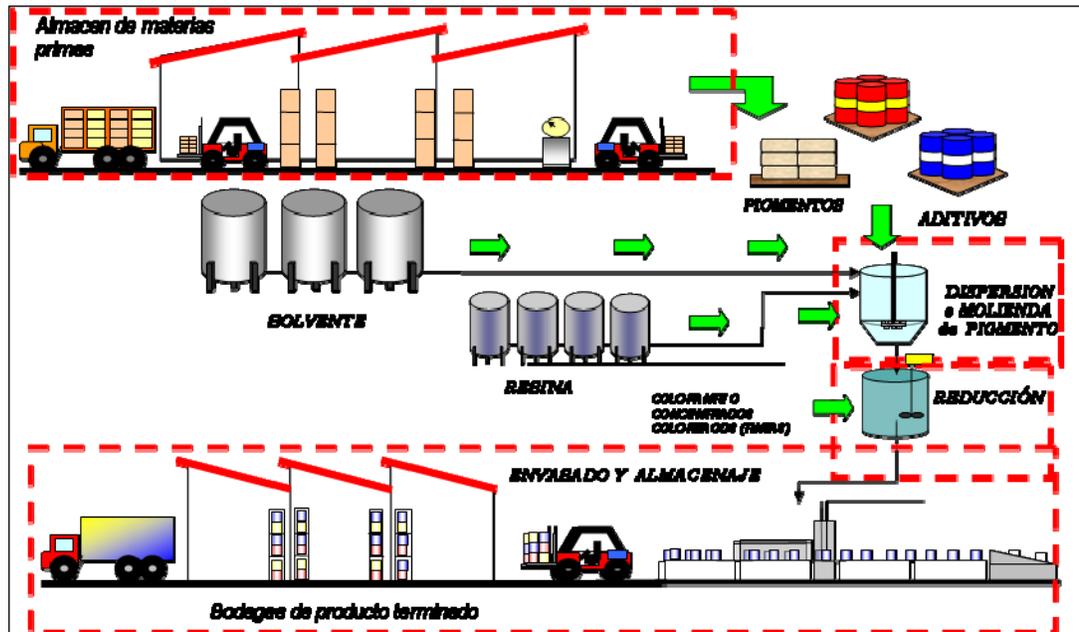


Figura 2.1 Proceso de fabricación de Pinturas Líquidas

- ✓ **Dispersión:** Es la distribución homogénea de las partículas sólidas en un medio líquido en el grado granulométrico más pequeño posible. Las partículas por la acción de diversas fuerzas, tienden a agruparse y a formar aglomerados, los cuales son separados mediante fuerzas de cizallamiento. Además estas partículas tienen que ser mojadas en toda su superficie por el medio que las rodea (Molera, 1999).



- ✓ **Reducción:** Es el proceso mediante el cual a una pasta ya dispersada se le agregan los materiales líquidos faltantes para llevarla a las características finales.
- ✓ **Matizado:** Es el proceso mediante el cual se ajusta el color de la pintura hacia una determinada tonalidad mediante el agregado de una o más bases pigmentadas.
- ✓ **Envasado:** es la operación de vaciar los productos fabricados y aprobados en diferentes tipos de presentación para luego ser comercializado (Molera, 1999).

#### 2.2.4. Metodología DMAIC

Existen 5 fases, comúnmente llamados pasos, en la metodología DMAIC. El acrónimo DMAIC consta de 5 pasos definidos, donde:

- ✓ Definir (Define): el proceso se selecciona con fines de mejoramiento y se especifican los estatutos de proyecto. Se definen los objetivos del proyecto y los requerimientos críticos para el cliente. Se documenta el proceso (Crea un mapeo del mismo) y se construye al equipo efectivo.
- ✓ Medir (Measure): se miden las variables valoradas por el cliente. Se mide el desempeño actual del proceso. Se determina el ¿Qué? Voy a medir y se desarrolla y valida el sistema de medición.
- ✓ Analizar (analyze): se analiza y determina la causa raíz de los problemas y o defectos, se entiende la razón para la variación e identifica las causas potenciales, se identifican las oportunidades de mejora en el proceso.
- ✓ Mejorar (improve): se cambia el proceso y se verifica el propósito del mejoramiento. Se desarrollan y cuantifican las soluciones potenciales.
- ✓ Control (control): se implementa la solución. Se garantiza que la mejora es mantenida (Schoreder et al, 2011).

En la estrategia seis sigma, se requiere finalizar completamente una fase o etapa para pasar a la siguiente, pero la metodología Lean Six Sigma es un poco más flexible (Vanzant, 2011).

### **2.2.5. Manufactura Esbelta**

Las herramientas la Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing, tienen por objetivo la eliminación del despilfarro en un entorno de mejora continua, calidad total y aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor, contando con la participación de todos.

Lean es una palabra que se puede traducir como “sin grasa, escaso, esbelto”, pero aplicada a un sistema productivo significa “ágil, flexible”, es decir capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Este término lo había utilizado por primera vez un miembro del MIT, John Krafcik, tratando de explicar que la “producción ajustada” es lean porque utiliza menos recursos que la producción en masa. Un sistema lean trata de eliminar el desperdicio y lo que no añade valor y por ello el termino lean fue rápidamente aceptado (Carreras y Sánchez, 2011).

La expresión de Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta quedó acuñada definitivamente en 1990 en el libro *The Machine that Changed de World*, donde Womack, Jones y Roose expusieron de forma amena y didáctica el nuevo paradigma de producción de las empresas automovilísticas japonesas (Madariaga, 2013).

### **2.2.6. Estructura del sistema de Manufactura Esbelta**

La manufactura esbelta es un sistema con muchas dimensiones, que índice especialmente en la eliminación de desperdicios mediante la aplicación de una serie de técnicas. Supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía, por ellos es difícil realizar un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas, y métodos que la contemplan. De forma

tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del sistema de Producción Toyota” mostrado en la Figura 2.2 para visualizar rápidamente la filosofía que encierra la manufactura esbelta y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque es un sistema estructural que es fuerte siempre y cuando los cimientos y las columnas lo sean.

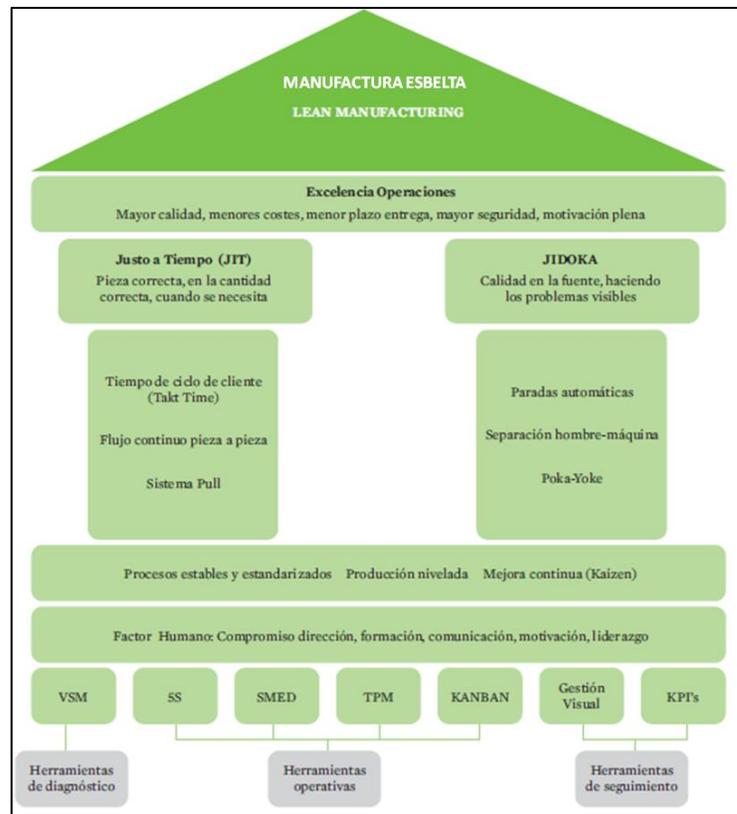


Figura 2.2 Casa del sistema de producción Toyota

Fuente: Hernández y Vizán (2013)

El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas. Sujetando el techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema, JIT (just in time-justo a tiempo) y Jidoka. El JIT significa producir en el tiempo requerido y la cantidad exacta, y el Jidoka consiste en dar a la maquina y los operadores la habilidad para determinar cuando se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso, detectando y

corrigiendo los problemas de raíz y evitando que el defecto pase a las estaciones siguientes.

La base de la casa consiste en la estandarización y la estabilidad de los procesos: la nivelación de la producción y la aplicación sistemática de mejora continua. A estos cimientos tradicionales se ha añadido al factor humano como clave en el proceso de implementación de lean, manifestado mediante el compromiso de la dirección, formación de equipo dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa. Todos estos elementos de la casa se construyen a través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento (Hernández y Vizán, 2013)

#### **2.2.7. Principios de la Manufactura Esbelta**

La filosofía de la Manufactura Esbelta es una forma de concebir los procesos de trabajo y los de casa. Se edifica en torno a cinco principios. El primer principio es especificar precisamente que es aquello acerca de un producto o servicio que crea valor desde la perspectiva del cliente (Schoreder et al, 2011). El segundo principio es identificar, estudiar y mejorar la corriente del valor del proceso para cada producto o servicio, con el objetivo de eliminar los pasos y las tareas de procesamiento que no conllevan a un valor agregado. Una técnica que apoya este principio es el mapeo de la cadena de valor (Value Stream Mapping, VSM en sus siglas en ingles).

El concepto de mapeo de la cadena de valor se reconoce haber sido concebido por Taiichi Ohno con su maestro Shigeo Shingo en la década de los 80's y haberlo llevado a su nivel de perfeccionamiento en Toyota. Ellos intuyeron la idea de representar completo, en un diagrama simple de flujo de materiales e información a través de un sistema de manufactura complejo, incluyendo el factor clave: tiempo.

El mapeo de la cadena de valor requiere de la observación directa del trabajo y del flujo de un trabajo dentro de un proceso. Los japoneses refieren a las observaciones directas tomadas en el punto donde se ejecuta el trabajo, el sitio que donde se agregar el valor que realmente satisface a los clientes, conocidos por los Japoneses como el Gemba (Restrepo, 2005). El objetivo es desarrollar un mapeo de la cadena de valor actual y proponer un estado futuro. Para la elaboración del mapeo de cadena de valor existe una simbología planteada en la Figura 2.3.

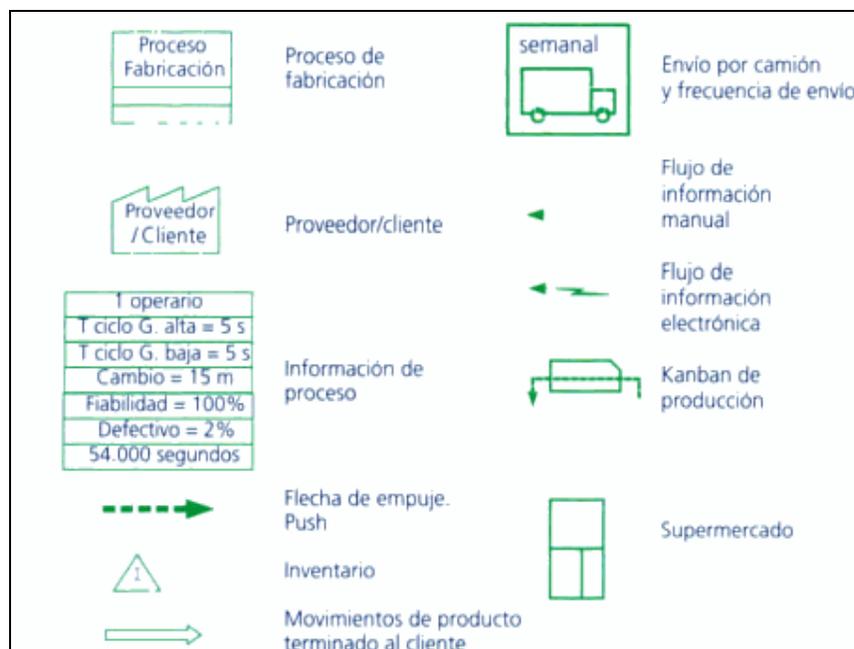


Figura 2.3 Símbolos para la elaboración del Mapeo de la Cadena de Valor

Fuente: Ruiz (2007)

Para el desarrollo del mapeo de cadena de valor actual se deben seguir los pasos plasmados en la Figura 2.4. Posteriormente para el desarrollo del Mapeo de Flujo de valor futuro, en el cual se debe considerar el Takt time para determinar el tiempo necesario para la fabricación de una pieza, posteriormente identificar los cuello de botella y se plantean las oportunidades



de mejora, se ejecutan y luego se los nuevos datos obtenidos en la aplicación de la mejora para visualizar el impacto de las mejoras (Flores, 2005).

El tercer principio de la Manufactura Esbelta consiste en asegurarse que el flujo de un proceso sea simple, uniforme y libre de errores, evitando con ello el desperdicio. Para comprender este principio se visualiza la Figura 2.5, donde la producción se representa como un sistema convergente de corrientes y el nivel del agua como el inventario de materias prima, de producción en proceso y de productos terminados. En la parte inferior de cada corriente están las rocas, los cuales representan los problemas relacionados con la calidad, los proveedores, las entregas, las descomposturas de las máquinas y así sucesivamente (Schoreder, 2011)

El enfoque tradicional reside en mantener el inventario a un nivel lo suficientemente alto para cubrir las rocas y, por ende, conservar fluyendo la corriente,- La filosofía de Manufactura Esbelta requiere lo opuesto: disminuir el nivel de agua para que salga a la superficie la parte superior de las rocas. Cuando estas se han pulverizado, el agua vuelve a bajar permitiendo que salgan más rocas a la superficie. Esta secuencia se repite hasta que todas las rocas se conviertan en pequeñas piedras y la corriente fluyen en forma sencilla y uniforme a un nivel bajo.

El cuarto principio en la Manufactura Esbelta es producir solo lo que el cliente requiere, lo que implica que para su cumplimiento, se reemplace la mentalidad de productos propuestos por la empresa (push) en la producción tradicional en masa por la de productos demandados por el cliente (pull) en la producción esbelta (Schoreder, 2011).

El quinto principio de la filosofía de Manufactura Esbelta es esforzarse en la perfección, lo que implica un mejoramiento continuo de todos los procesos, así como un cambio radical cuando ello es necesario (Schoreder et al, 2011).

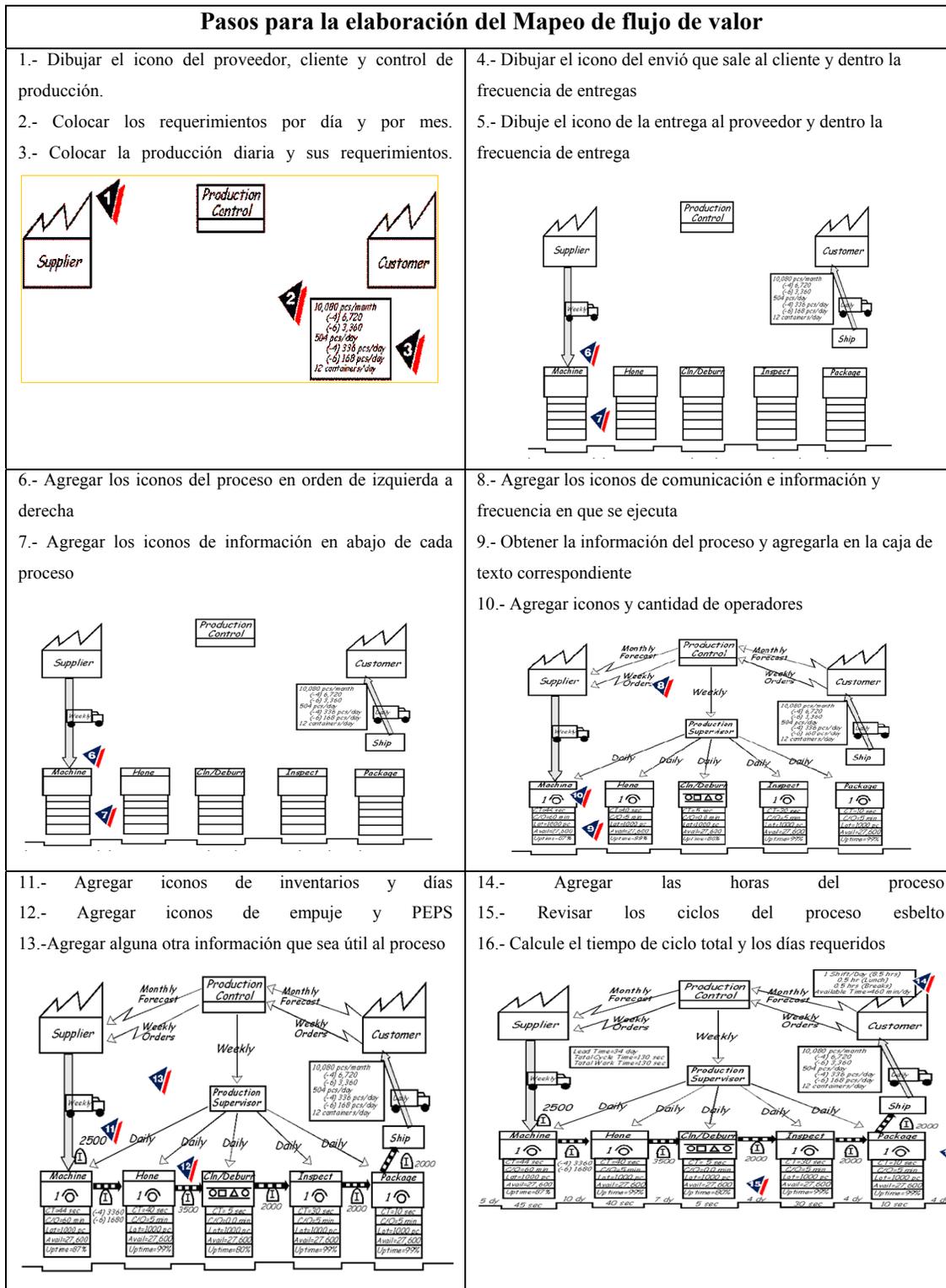


Figura 2.4 Pasos para la elaboración del Mapeo de Cadena de Valor Actual

Fuente: Flores (2005)

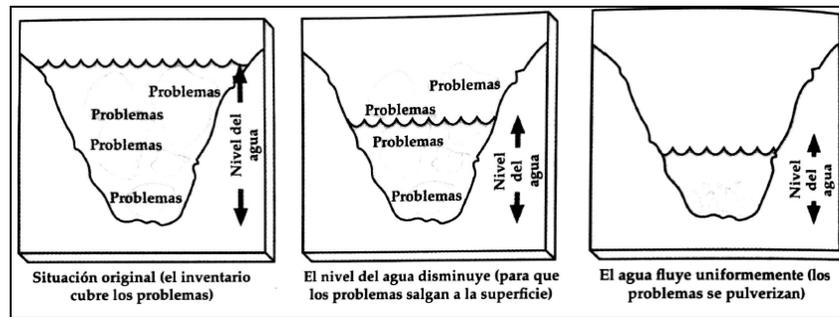


Figura 2.5 Flujo simple, suave y sin desperdicio

Fuente: Schoreder (2011)

### 2.2.8. Desperdicios de la Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta propone un cambio cultural radical, que consiste en analizar y medir la eficiencia y la productividad de todos los procesos en términos de valor añadido y desperdicios. El valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que el cliente esté dispuesto a comprar. Por su parte el desperdicio es todo aquello que no añade valor al producto o que no es necesario para fabricarlo (Hernández y Vizán, 2013).

El valor de la Manufactura Esbelta es eliminar todos los desperdicios, eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, servicio o procesos. La medición del valor agregado se hace en función de las necesidades percibidas por el cliente y no en función de un concepto teórico (Belohlavek, 2006). De acuerdo a lo descrito por Ohno (1988) los desperdicios o mudas de la Manufactura Esbelta se clasifican en:

1. *Inventario*: la existencia de inventario, si bien en casos es necesaria como medio de protección ante situaciones fortuitas de demanda, su sostenimiento prologando y excesivo genera situaciones no deseadas para la organización. Esta muda se divide en: materia prima, producto en proceso y terminado. Genera costos de almacenaje y de



- manipulación, propicia obsolescencia, defectos, sensación de poca capacidad en espacios, medios y talento humano.
2. *Tiempos de Espera*: tiempo en que los recursos se encuentran sin ser utilizados. Por ejemplo: un centro de trabajo arrojó un producto y luego tuvo que esperar antes de comenzar con el otro, conlleva a sobrecostos y puede posibilitar pereza en la persona ociosa y bajo rendimiento. Esta muda se debe a carente nivelación de cargas, fallas en programación, en equipos o demás eventos que exijan paro en algún elemento del proceso.
  3. *Transporte*: desplazamiento de elementos, bien sea materiales, herramientas, producto en proceso o terminado. Durante ese lapso la organización no está modificando ninguna característica de forma o fondo del producto, por la que el cliente esté dispuesto a pagar.
  4. *Procesos innecesarios*: comprende actividades que solo existen por el diseño de procesos poco robustos e ineficientes, o por presencia de defectos. Suponga el evento de retrabajar una pieza, ante control deficiente a la calidad del proveedor.
  5. *Defectos*: se refiere a aceptar, producir o enviar productos que no cumplen con las especificaciones del cliente interno o externo. Genera a su vez procesos innecesarios. Está asociada a los costos de no calidad, haciendo perder tiempo valioso, afectando no solo la parte productiva o la económica, sino la misma satisfacción del cliente.
  6. *Movimientos innecesarios*: a veces son tan poco efectivos los diseños de puestos de trabajo que obligan al colaborador a efectuar movimientos que fuerzan los desplazamientos normales de las, llevándolo a agacharse para recoger insumo o herramienta, inclinarse, estirarse forzosamente, o realizar varias manipulaciones entre otras, colocando en riesgo su salud y generando un entorno poco productivo.
  7. *Sobreproducción*: madre de las mudas, es peligrosa y depende en su mayoría de las decisiones estratégicas y tácticas. Se refiere a

programar la utilización de recursos en momentos y/o en cantidades que realmente no se requieren para satisfacer el consumidor.

Womack y Jones (2003) introdujeron una octava forma de desperdicio: la subutilización de los trabajadores, ésta resulta al no reconocer, desarrollar ni sacar provecho de las capacidades mentales, creativas y físicas de los empleados.

### **2.2.9. Concepto de mejora continua y Kaizen**

El concepto de mejora continua es la clave dentro de los conceptos de Lean Manufacturing. La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido a denominar espíritu Kaizen, el cual significa “Cambio para mejorar”, deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Kaizen es el cambio de la actitud de las personas (Hernández y Vizán, 2013).

Kaizen fomenta el pensamiento orientado a procesos, ya que los procesos deben perfeccionarse para que mejoren los resultados. El hecho de no lograr los resultados planeados indica una falla en el proceso. La gerencia debe detectar y corregir tales errores debidos al proceso.

El primer paso en el proceso kaizen establece el ciclo planear – hacer-verificar – actuar (PHVA) como un vehículo que garantiza la continuidad del kaizen en el seguimiento de una política de mantener y mejorar estándares.

El círculo PHVA fue desarrollado por Walter Shewart y popularizado posteriormente por Deming. Se encuentra representado en la Figura 2.6.

Planear se refiere establecer un objetivo para el mejoramiento, hacer es la implementación del planta, verificar consiste en determinar si la implementación sigue en curso y si ha originado el mejoramiento planeado, y actuar es ejecutar y estandarizar los nuevos procedimientos para prevenir la recurrencia del problema original o para fijar metas para los nuevos mejoramientos. El ciclo PHVA gira continuamente (Imai, 1998).

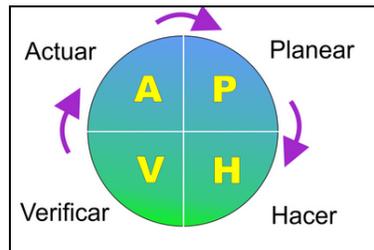


Figura 2.6 Ciclo de Deming de mejora continua

Fuente: Imai, 1998

### 2.2.10. Uso de técnicas de la Manufactura Esbelta

Existen una serie de técnicas relacionadas con la Manufactura Esbelta. Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Una forma sencilla de tener una visión simplificada, ordenada y coherente de las técnicas es agruparlas. En la Tabla 2.1 se presenta una clasificación de estas técnicas en tres grupos.

Más allá del poder de estas técnicas las acciones para su implementación deben centrarse en el compromiso de la empresa en invertir en su personal y promover la cultura de la mejora continua (Hernández y Vizán, 2013).

### 2.2.11. Problemas en la implementación de la Manufactura Esbelta

De acuerdo a Bednarek y Niño (2010), los problemas más importantes y que se presentan más frecuentemente en la implementación de Manufactura Esbelta son:

1. Falta de un plan integral de implantación de herramientas de mejora
2. Implantar sólo herramientas aisladas sin verlas como parte del sistema
3. Enfoque en objetivos particulares y no en objetivos globales de la planta
4. Falta de compromiso de la alta dirección para el proyecto de implantación
5. Falta de participación de todos los empleados.

Tabla 2.1 Clasificación de técnicas relacionadas con la Manufactura Esbelta

Descripción de grupo	Técnica	Breve definición
Cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier empresa / producto /sector	5'S	Es una técnica para la mejora de las condiciones de trabajo a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo
	SMED	Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación
	Estandarización	Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método de hacer las cosas.
	TPM	Conjunto de acciones múltiples del mantenimiento productivo total que persigue eliminar las pérdidas por tiempos excesivos de parada de las máquinas
	Control visual	Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.
Aunque aplicable a cualquier situación, exige un mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas, tanto directivo mandos intermedios y operarios	Jidoka	Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las maquinas la capacidad de detectar que se están produciendo errores.
	Técnicas de calidad	Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos
	Sistemas de participación de personal (SPP)	Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal que canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema Lean
Técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar, y controlar los medios de producción y cadena logística.	Heijunka	Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de los clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.
	Kanban	Sistema de producción y control de la producción basado en tarjetas

Fuente: Hernández y Vizán (2013)



### 2.2.12. Las 7 herramientas de la calidad

Kaoru Ishikawa fue la persona que definió las siete herramientas de la calidad. Indicó que son herramientas muy sencillas que puede utilizar todo el mundo y aportan mucha información de la situación actual de la empresa y las posibles acciones de mejora a realizar. Son las siguientes:

- ✓ **Mapa de proceso / Flujograma:** es la representación gráfica de las distintas actividades o tareas que se realizan en un proceso. Ayuda a identificar duplicidades o tareas innecesarias.
- ✓ **Diagrama de Pareto:** también conocido como “análisis ABC” o “regla de 80/20”. Su objetivo es encontrar las causas de los problemas. Se basa en la premisa que el 80% de los problemas son originados por el 20% de las causas-
- ✓ **Diagrama causa-efecto:** también denominado “diagrama de pez”. Su nombre se debe a que su representación gráfica es similar al esqueleto de un pez. La espina central representa el problema objeto de análisis y las espinas que salen de él son las posibles causas del mismo. Su objetivo es conocer la causa raíz que se esconde tras un determinado problema.
- ✓ **Histograma:** es la representación de determinada información mediante un gráfico de barras.
- ✓ **Diagrama de dispersión y correlación:** ayuda a determinar si existe alguna relación entre dos variables y, si existe, de que tipo es (directa o inversa).
- ✓ **Gráfico de control:** este tipo de gráficos recogen, de forma esquemática, la información relativa a un determinado proceso o actividad. Es una herramienta de seguimiento.
- ✓ **Hoja de verificación:** su función es servir, como su nombre lo indica, de documento de seguimiento. Sus aplicaciones son múltiples. Puede utilizarse para determinar las causas de un problema, los responsables del mismo o analizar cuando ocurren (García et al; 2013).



### 2.3. Marco Conceptual

**Gemba:** palabra japonesa que significa lugar real, ahora adaptada en la terminología gerencial para referirse al lugar de trabajo, o aquel lugar donde se agrega valor. En manufactura por lo general se refiere a la zona de producción (Imai, 1998).

**Jidhoka (Autonomación):** mecanismo que detiene una máquina cada vez que genere un producto defectuoso (Hernández y Vizán, 2013)

**Kanban:** significa cartón de señales en japonés, se utiliza como un sistema de comunicación en el sistema justo a tiempo para la producción por lotes. Se agrega un Kanban a un determinado número de productos o de partes en la línea de producción, dando instrucciones de entrega de una determinada cantidad (Hernández y Vizán, 2013).

**Takt time:** relaciona la demanda de los clientes con la disponibilidad de tiempo productivo. Mide el ritmo al cual se debe producir para satisfacer la demanda del cliente en forma exacta, de modo que representa un umbral del ritmo de producción (Suñe et al, 2010).

**KPI (Key Performance Indicator):** indicador clave de comportamiento, son métricas que permite el seguimiento de los procesos de la mejora continua en la empresa (Hernández y Vizán, 2013).



### 3. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se presenta el tipo de investigación a desarrollarla, así como los pasos realizados para el logro de los objetivos planteados.

#### 3.1. Nivel y diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que buscó visualizar el comportamiento de la realidad con respecto a la teoría (Tamayo, 2007), tomando herramientas de la Manufactura Esbelta como base para el planteamiento de propuestas de mejora en una empresa del sector químico. Así mismo se tiene que este estudio es una investigación de tipo descriptiva, de acuerdo con lo planteado por Tamayo (2007), ya que comprendió el registro, análisis e interpretación de la situación inicial, tomando esta información como soporte para la generación de propuestas de mejora planteadas posteriormente

Para el desarrollo del trabajo se utilizó el método de observación, percibiendo ciertos rasgos existentes de la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base a ciertos propósitos definidos por una conjetura que se deseaba investigar (Méndez, 2001). Adicionalmente se empleó análisis y síntesis, iniciando con la identificación de cada una de las partes que caracterizaban la realidad, a fin de establecer la relación causa efecto entre los elementos que componían el método de investigación (Méndez, 2001).

#### 3.2. Unidad de análisis

El estudio se realizó en una empresa del sector químico, denominada C.A. Venezolana de Pinturas, la cual cuenta con 600 empleados. Dentro de la organización se trabajó desde el área de manufactura específicamente en la planta de emulsiones en la fabricación de referencias de la línea de tercera calidad, extendiendo el estudio hasta los departamentos requeridos para la ejecución del mapeo de la cadena de valor.

La población es el conjunto de individuos que tienen ciertas características o propiedades que son las que se desean estudiar. Cuando se conocen el número de individuos es una población finita y cuando no se conocen se hablan de población infinita (Fuentelsaz et al, 2006). En contraste con esta información, para la investigación se tenía una población finita de 50 empleados que comprende al personal involucrado con la manufactura del producto, así como miembros de departamentos auxiliares.

La selección de la muestra fue de tipo no probabilística, de acuerdo a lo descrito por Hernández et al (2010), ya que la elección no dependió de la probabilidad, si no de causas relacionadas con la característica de la investigación o de quien realizó la muestra. Por lo tanto el procedimiento no fué mecánico, si no que dependió del proceso de toma de decisiones de una persona o de un grupo de personas en función a los requerimientos.

### **3.3. Fuentes y técnicas para la recolección de la información**

#### **3.3.1. Fuentes primarias**

##### **3.3.1.1. Observación:**

La observación científica conoce la realidad y permite definir previamente los datos más importantes que deben recogerse por tener relación directa con el problema de investigación (Méndez, 2001).

Para este trabajo se realizó una observación directa, en la cual el investigador percibió y registró los datos por sí mismo. Adicionalmente en algunos casos la observación fue de tipo participante, ya que en algunos casos el investigador jugó un rol determinado dentro de la comunidad donde se realizó la investigación.

**3.3.1.2. Entrevistas:** es una relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos con el fin de obtener testimonios orales, pudiéndose realizar de



forma individual o colectiva y des acuerdo a su estructura puede ser libre o dirigida (Tamayo, 2007). En esta investigación la entrevista permitió recolectar la información relacionada con el producto en la etapa de medición de los procesos, donde fue requerido realizar preguntas libres a los miembros de los departamentos.

### 3.3.2. Fuentes secundarias

**3.3.2.1. Textos:** para la investigación se utilizó como soporte la utilización de libros en los cuales se encuentra información relacionada con la Manufactura Esbelta. Entre los autores de mayor relevancia a consultar se encuentran: Ohno (1988); Womack y Jones (2003); Meyers y Stephen (2006); Schoreder et al (2011).

**3.3.2.2. Documentos:** comprendió investigaciones anteriores entre las que se incluye trabajos especiales de grado y artículos en revistas científicas.

### 3.4. Diseño de instrumentos para la recolección de la información

Un instrumento de medición es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. Un instrumento de medición es adecuado cuando registra datos observables que representa verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente (Hernández et al, 2010).

Para la recolección de información relacionada con el mapeo de la cadena de valor, diagramas de flujo, diagramas relacionales de espacio existen instrumentos en la literatura los cuales fueron adaptados a las necesidades de la investigación.

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información**

Entre las técnicas a utilizadas para el procesamiento y análisis de información se encuentra la distribución de frecuencias, que se define como un conjunto de puntuaciones ordenadas en su respectiva categoría (Hernández et al, 2010). Así como las 7 herramientas de la calidad descritas en la sección 2.2.12. Para la presentación de las herramientas de análisis se empleó herramientas de office, como por ejemplo Excel o Power Point y paquetes estadísticos como el caso de Minitab.

### **3.6. Fases de la investigación**

La investigación se desarrolló en 4 fases, en las cuales se encontró inmersa la metodología DMAIC descrita en la sección 2.2.4, relacionando cada fase con las herramientas de Lean Manufacturing mostradas en la Figura 2.2., así como las 7 herramientas de la calidad descritas en la sección 2.2.12. A continuación se encuentra un resumen de las etapas en qué consiste cada fase de la investigación. Así mismo en la Figura 3.1 se muestran las actividades relacionadas a cada paso de la metodología DMAIC, indicado cual es la fase la investigación y cuáles son las herramientas de soporte utilizadas.

#### **Fase I. Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo.**

Se continuó el proceso de definición de la investigación iniciado en la sección de planteamiento del problema. Posteriormente se realizó el diagrama del bloques del proceso seleccionado, seguido del mapeo de la cadena de valor en el área seleccionada, a fin tener una visión del flujo del proceso.

#### **Fase II. Análisis de los procesos productivos para la identificación de oportunidades de mejora**

A partir de la información recolectada en el diagnóstico de la situación actual se identificó cuellos de botellas en el proceso y desperdicios de la manufactura

esbelta presentes en el proceso, adicionalmente se interpretó las razones por la cual ocurrieron las desviaciones observadas.

	Pasos	Actividades relacionadas	Herramientas de Soporte
Planteamiento del problema	<i>Definir</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitar área de trabajo</li> <li>• Delimitar alcance del proyecto</li> <li>• Establecer diagrama de proceso</li> <li>• Definir familia de productos</li> <li>• Definir requerimientos del cliente</li> <li>• Construcción de equipo de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación en definiciones básicas y cultura Lean</li> <li>• Diagramas de Pareto</li> <li>• Diagramas de bloques</li> <li>• Definir Takt Time del cliente</li> </ul>
FASE I	<i>Medir</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir el tiempo de ciclo de cada etapa</li> <li>• Identificar desperdicios en las diferentes etapas del proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de VSM (mapeo de la cadena de valor)</li> <li>• Definición de desperdicios de la manufactura esbelta</li> </ul>
FASE II	<i>Analizar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar diferencias entre tiempos de ciclos por etapa y takt time del cliente</li> <li>• Estimar causas de desperdicios de la manufactura esbelta</li> <li>• Identificar oportunidades de mejora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VSM</li> <li>• Diagramas causa efecto</li> <li>• Diagramas de Pareto</li> <li>• Diagramas de dispersión</li> <li>• Diagramas de espagueti</li> </ul>
FASE III	<i>Mejorar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de soluciones que ataquen la causa raíz</li> <li>• Plan de implementación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de Plan Kaizen</li> <li>• Definición de KPI's</li> </ul>
FASE IV	<i>Controlar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados de implementación</li> <li>• Plan de monitoreo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablero de KPI's</li> <li>• Control visual</li> </ul>

Figura 3.1. Metodología a seguir para la ejecución de la investigación

Fuente: propia

### Fase III. Planteamiento de estrategias de mejora en los procesos productivos utilizando herramientas de la Manufactura Esbelta

En esta fase se plantearon propuestas de mejora que permitieron reducir los desperdicios y eliminar los cuellos de botella identificados en la fase II. Los planes de acción se realizaron con la participación de los miembros de los departamentos involucrados, empleando herramientas como tormentas de ideas y dinámicas en equipo, considerando como foco para el planteamiento de las



estrategias técnicas de la manufactura esbelta y estableciendo indicadores de desempeño en cada caso.

#### **Fase IV. Evaluación del impacto de las estrategias de mejora planteadas**

Se evaluó el impacto en el proceso productivo posterior la implementación de las propuestas de mejora planteadas en la Fase III.

### **3.7. Operacionalización de los objetivos**

En la Tabla 3.1 se encuentra la operacionalización para cada uno de los objetivos específicos planteados para la investigación, plasmando la categoría, los indicadores con los cuales se medirán las actividades y requisitos en cada objetivo, las preguntas que se deben responder para alcanzar el logro de los objetivos, el instrumento para la recolección de información y la fuente que proporcionará la información.

Tabla 3.1 Operacionalización de objetivos

Objetivos específicos	Categoría	Indicadores	Preguntas	Instrumento	Fuente
1. Diagnosticar la situación actual del proceso productivo	-Calidad -Tiempos de proceso -Etapas de proceso	-Cantidad de galones y lotes producidos -%Lotes BALPV -%Lotes aprobados con ajuste -%Defectuosos -%Tiempos improductivos -N° de etapas -Tiempo invertido por etapa	-¿Cuál es el porcentaje de lotes BALPV? ¿Cuál es el porcentaje de lotes aprobados con ajuste? -¿Cuál es el porcentaje de defectuosos? -¿Cuál es el porcentaje de tiempos improductivos? -¿Cuál es el flujo del proceso productivo? -¿Cuáles son las etapas que integran el proceso de manufactura de una pintura? -¿Cuánto es el tiempo de cada etapa del proceso de manufactura?	-Reportes de producción -Reportes de sistema de información -Entrevista a operadores del área -Mapeo de cadena de valor	-Jefatura de planta -Departamento de Ingeniería de Procesos y Proyectos -Medición directa al proceso
2. Analizar los procesos productivos para identificar oportunidades de mejora	-Requerimientos del cliente -Esperas	-Galones requeridos por el cliente -Tiempo takt -Tiempos de espera	-¿Cuál es el valor del tiempo takt en el sistema en estudio? -¿Qué actividades o situaciones representa un desperdicio de la manufactura? -¿Qué oportunidad de mejora apunta a disminuir los desperdicios de la manufactura identificados?	-Diagramas causa-efecto -Diagramas Pareto	-Mapeo de cadena de valor



Tabla 3.1 Operacionalización de objetivos

Objetivos específicos	Categoría	Indicadores	Preguntas	Instrumento	Fuente
3. Plantear propuestas de mejora en los procesos productivos utilizando herramientas de la Manufactura Esbelta	-Oportunidades Mejoras -Estrategia de mejora	-N° de estrategias de mejora planteadas	-¿Cuáles son las estrategias a seguir para reducir los desperdicios identificados?	-Dinámicas en equipo -Tormentas de ideas -Técnicas de Manufactura Esbelta	-Investigador -Personal que labora en departamentos involucrados en el proyecto
4. Evaluar el impacto de la implementación de las propuestas de mejoras planteadas	-Desperdicios	-%Reducción de desperdicios	-¿Cuál es el porcentaje de reducción de desperdicios?	-Reportes de producción -Reportes de sistema de información -Entrevistas	-Jefatura de planta -Departamento de Ingeniería de Procesos y Proyectos -Medición directa

#### 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1. Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo

En el planteamiento del problema se definió la línea de pinturas emulsionadas de tercera calidad como la familia de productos en el cual se desarrolló la investigación, debido a que presentaba un menor porcentaje de lotes Buenos a la Primera Vez (BALPV), y adicionalmente es el volumen pareto de fabricación (ver Figura 1.3).

Para iniciar el trabajo se construyó un equipo multidisciplinario con personal del área de Calidad, Producción, Investigación y Desarrollo, Logística, Planificación e Ingeniería de Procesos. Con este equipo se elaboró el diagrama de bloques del proceso, representado en la Figura 4.1.

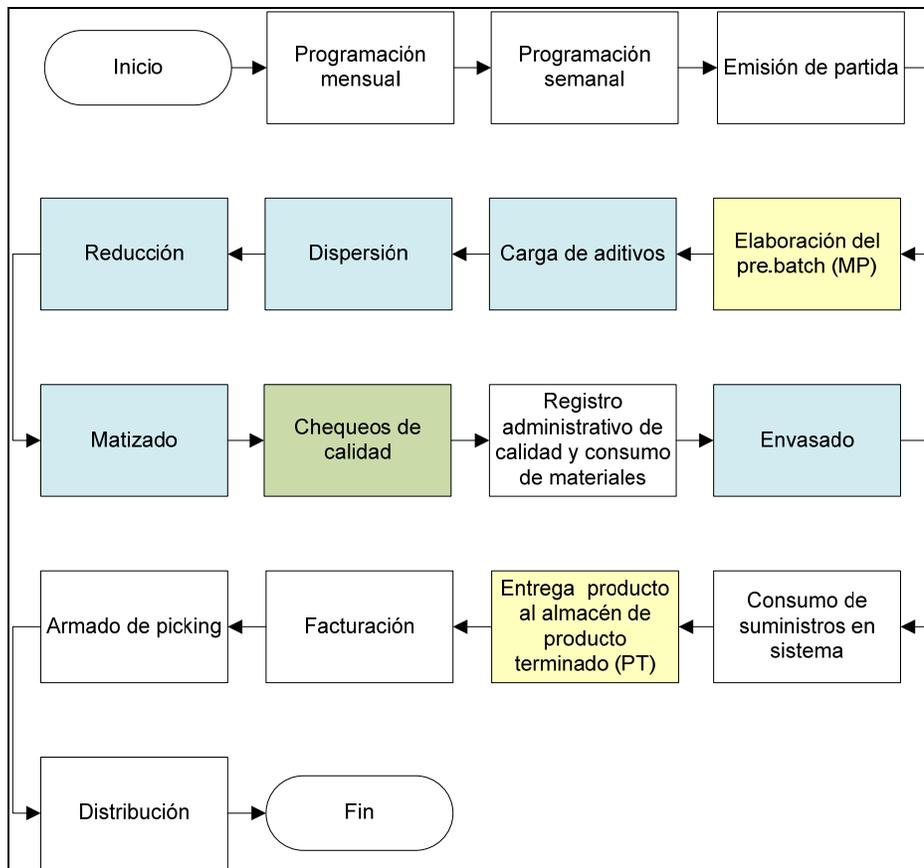


Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso de fabricación de pinturas de tercera calidad



En el diagrama de bloques se resaltó en azul las actividades en las que realmente se realiza la transformación del producto, en amarillo actividades logísticas auxiliares, y en verde las actividades que no agregan valor pero son necesarias. El resto de los bloques son procesos operativos y administrativos que no agregan valor al producto final.

El envasado del producto se realizar tanto en presentación de 1 galón, como de cuñete (2, 4 y 5 galones). Para ejecutar esta etapa se requiere realizar *etiquetado* de los envases (solo en presentación de galón, para cuñete no aplica), posteriormente *llenar* los envases, luego *empacar* los envases (solo en presentación de galón) y por ultimo realizar el *paletizado* de los envases. Aunque las 4 actividades en conjunto corresponden a la etapa de envasado fue importante considerar la segmentación de estas etapas ya que existen equipos de proceso asociados a cada una.

Para conocer la situación actual del área de emulsiones en la fabricación de pinturas de tercera calidad se utilizó como herramienta el mapeo de la cadena de valor también conocido como Value Stream Mapping (VSM). Éste es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en un papel, de una manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso. El VSM facilitó, de forma visual, la identificación de las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el fin de eliminarlas y ganar en eficiencia. Es una herramienta sencilla que permitió una visión panorámica de toda la cadena de valor (Hernández y Vizán, 2013)

Para la construcción del VSM el primer paso fue la definición de los requerimientos del cliente o Takt Time, el cual indica el “ritmo” o “paso” al que se debe producir para estar en sincronía con la demanda del producto. Es el resultado de dividir el tiempo disponible para producción entre la demanda del cliente en ese período de tiempo Para la construcción del VSM se consideró el periodo de tiempo de un mes de fabricación. Es importante destacar que aunque las mediciones se enfocan en productos de tercera calidad, al momento de definir los requerimientos del cliente



## CAPITULO IV. Presentación y análisis de resultados

se consideró el requerimiento total mes ya que existen etapas del proceso en la que se cuenta con recursos compartidos independientemente de la clase de producto a fabricar.

En la Figura 4.2 se muestra paso a paso las actividades realizadas para la construcción del VSM, tomando como base el esquema definido en la Figura 2.4. En las Figuras 4.3 y 4.4 se presenta el esquema obtenido al realizar el mapeo de cadena de valor para los productos de tercera calidad tanto para la presentación en galón como para la de cuñete.

El tiempo de Ciclo (TC) es el tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final de una operación. En otras palabras, es el tiempo necesario para completar las operaciones sobre un producto en cada estación de trabajo (Hernández y Vizán, 2013). El tiempo de ciclo de cada proceso debe ser inferior al tiempo takt, con el objetivo que se pueda cumplir con los requerimientos del cliente en el tiempo disponible, de lo contrario la única forma de cumplir es teniendo inventarios de proceso.

Para la ruta de galón los TC superiores al tiempo takt se encuentran en la etapa de matizado y calidad, lo que indica que estas etapas de proceso representaban un cuello de botella en la cadena. En la etapa de envasado se observó que todos los procesos cumplen con el tiempo de ciclo requerido en alta demanda, a excepción de las etapas empacado por termoencogible y paletizado manual. Para la ruta de cuñetes las principales desviaciones entre el tiempo de ciclo y el tiempo takt se encuentra en la etapa de entrega de producto terminado, las causas asociadas a este tiempo son producto a factores externos los cuales no están al alcance de esta investigación.

Las oportunidades Kaizen evidentes se plasmaron en el VSM dentro de estrellas color amarillo. Durante la realización del mapeo de la cadena de valor (VSM) se detectaron desperdicios de la manufactura esbelta, listándose Tabla 4.1 y clasificándose según el tipo de desperdicios. La reducción de estos desperdicios y los planes de acción sobre las oportunidades Kaizen evidentes es el punto de partida para definir el plan de acción para la mejora de la situación actual.

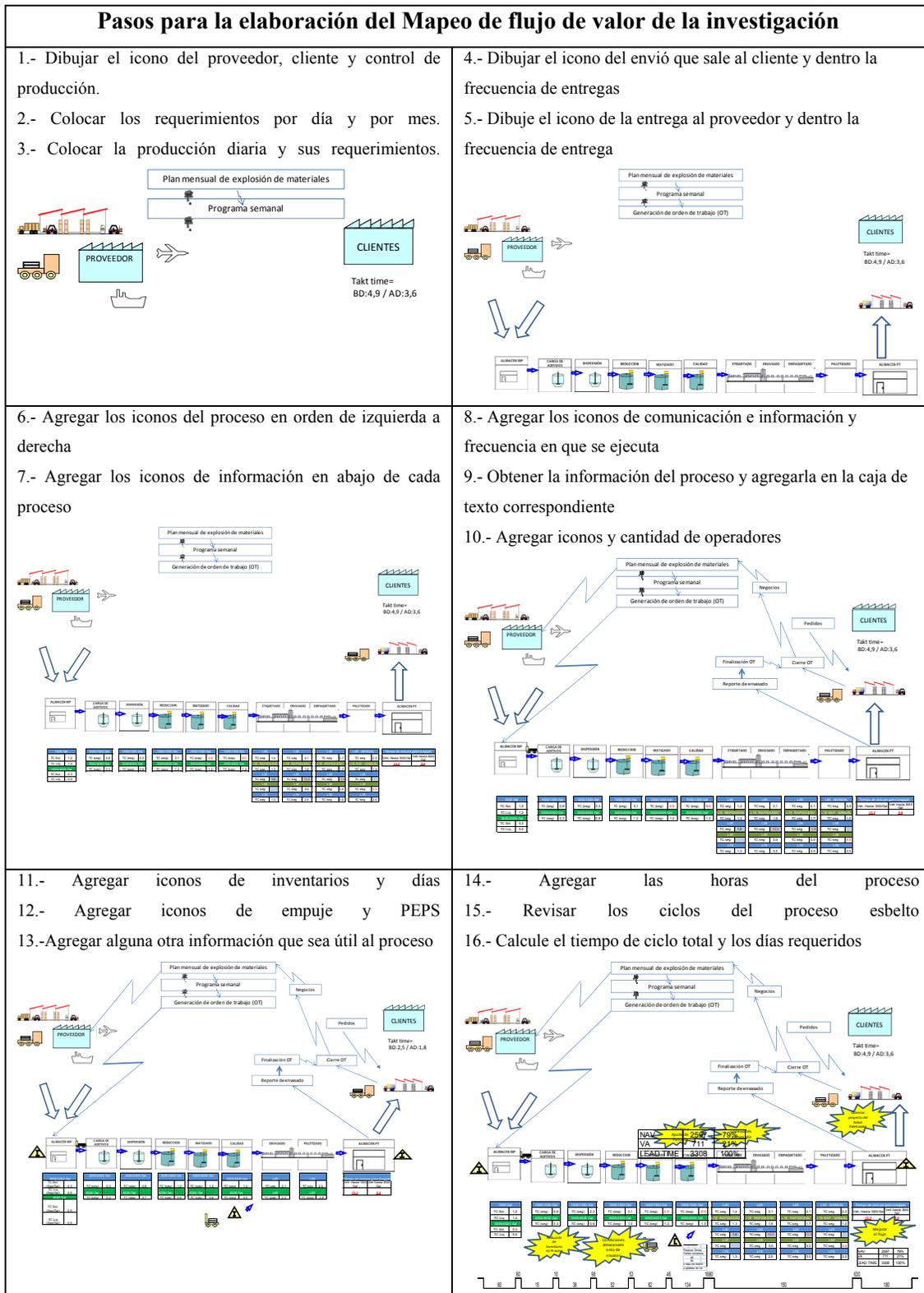


Figura 4.2 Pasos para la construcción de VSM de la investigación

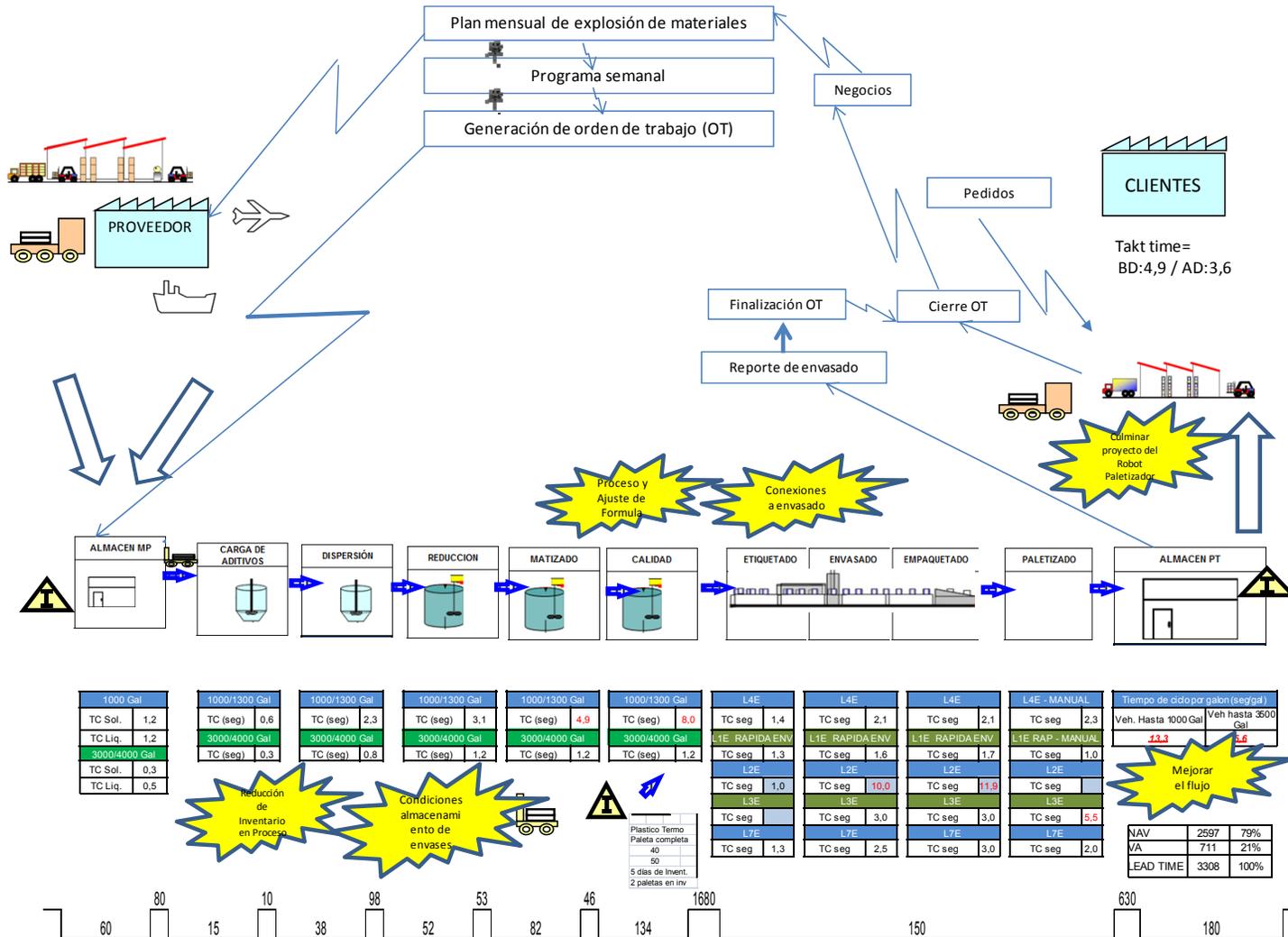


Figura 4.3 Value Stream Mapping (VSM) en la ruta de 1 galón

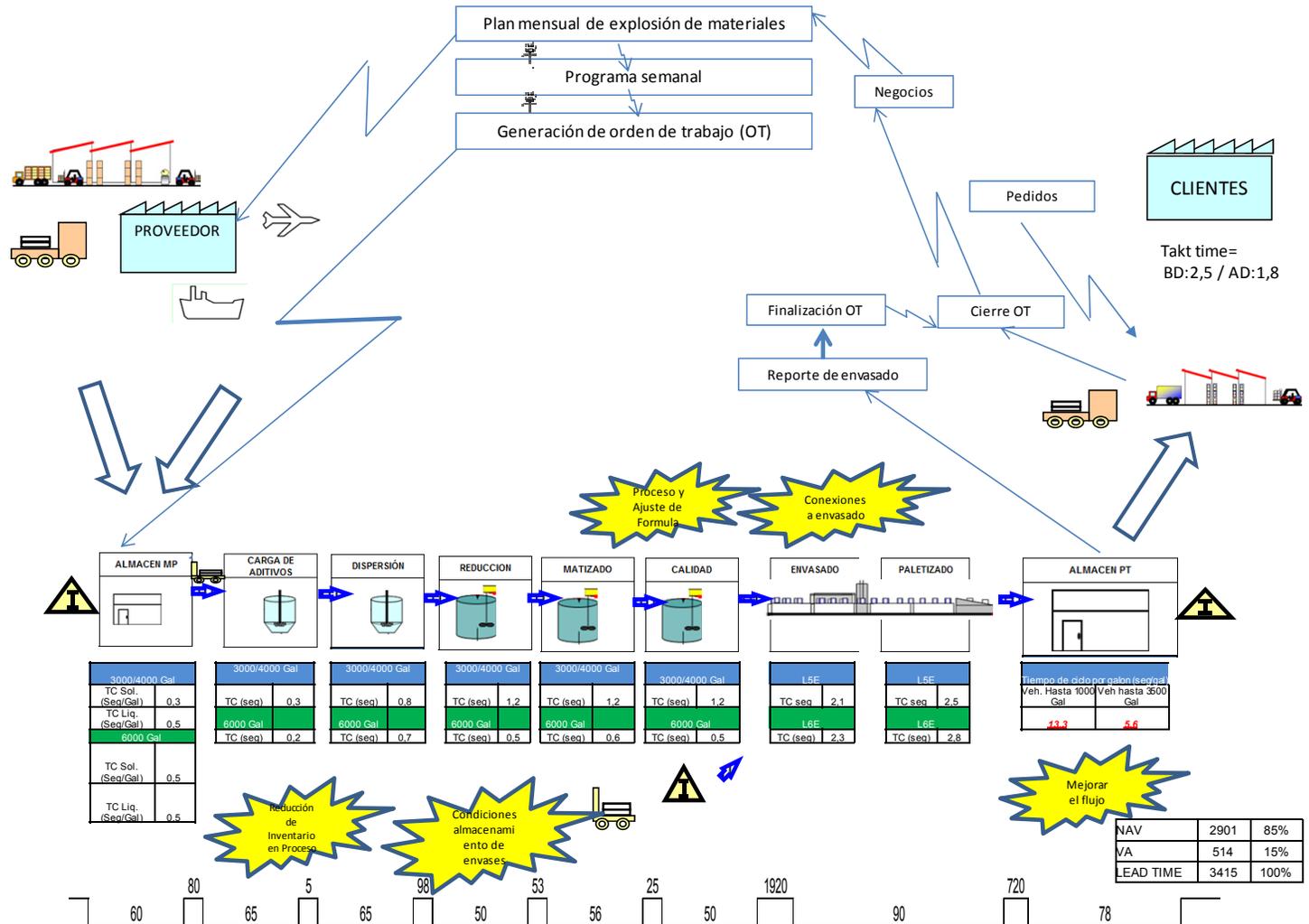


Figura 4.4 Value Stream Mapping (VSM) en la ruta de cufnetes

Tabla 4.1 Listado de desperdicios detectados

Tipo de desperdicio	Evidencia de desperdicio
Sobre-producción	-Fabricación de dispersiones que no pueden ser transferidas por tener tanques reductores llenos
Exceso de inventario	-Inventario de suministros en los pasillos de las líneas de envasado. Para el plástico de la termoencogible se evidenció 5 días de inventario, y para los flejes 45 días de inventario
Sobre-procesamiento	-Limpieza de envases antes de surtir a las líneas de envasado -Fabricación de dos pastas de dispersión para un mismo lote en los casos en que la capacidad del equipo dispersor es inferior a lo requerido.
Transporte	-Traslados de bombas portátiles de envasado para realizar conexiones -Traslado de envases desde almacén de suministros hasta cada línea -Largos recorridos para el traslado de cuñetes paletizados hasta el almacén de producto terminado
Esperas	-Esperas para procesamiento de partida de producción -Espera para arranque de líneas por aprobación de productos -Esperas de transferencia de dispersión a tanques reductores por disponibilidad de equipos -Esperas para iniciar dispersiones por entrega de pre-batch líquido -Espera de aprobación de productos en reposo para desalajo de espuma
Movimiento	-Traslados de personas para transportar partida de producción para ser procesada -Traslado de operadores en búsqueda de materiales para realizar ajustes de proceso
Defectos de Calidad	-Problemas de espuma y viscosidad baja -Aprobados con ajuste por tintas fuera de fórmula

A su vez, estos desperdicios se agruparon en la Tabla 4.2 en función del origen en común, definido en conjunto con el equipo multidisciplinario constituido.

Tabla 4.2 Agrupación de desperdicios en el proceso de fabricación de pinturas líquidas en función de la de causa raíz que los origina.

N°	Origen	Desperdicio
1	Falta de estandarización de fórmulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aprobados con ajuste por viscosidad baja</li> <li>-Aprobados con ajuste por tintas fuera de fórmula</li> <li>-Aprobados con ajuste por espuma</li> <li>-Traslado de operadores en búsqueda de materiales para realizar ajustes de proceso</li> <li>-Espera de aprobación de productos en reposo para desalojo de espuma</li> <li>-Espera para arranque de líneas por aprobación de productos</li> </ul>
2	Flujo no lineal en el proceso de liquidación de ordenes de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Esperas para procesamiento de partida de producción</li> <li>-Traslados de personas para transportar partida de producción para ser procesada</li> </ul>
3	Falta de estandarización en la secuencia de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fabricación de dos pastas de dispersión para un mismo lote en los casos en que la capacidad del equipo dispersor es inferior a lo requerido.</li> <li>-Esperas de transferencia de dispersión a tanques reductores por disponibilidad de equipos.</li> <li>-Esperas para iniciar dispersiones por entrega de pre-batch líquido.</li> <li>-Traslados de bombas portátiles de envasado para realizar conexiones.</li> <li>-Inventario de suministros en los pasillos de las líneas de envasado. Para el plástico de la termoencogible se evidenció 5 días de inventario, y para los flejes 45 días de inventario.</li> </ul>
4	Fallas en la ubicación de zonas logísticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Largos recorridos para el traslado de cuñetes paletizados hasta el almacén de producto terminado</li> <li>-Traslado de envases desde almacén de suministros hasta cada línea</li> </ul>



## **4.2. Análisis de los procesos productivos para la identificación de oportunidades de mejora**

De acuerdo al diagnóstico inicial para el envasado en presentación de galón, los procesos cuyos tiempos de ciclo eran superiores al tiempo takt fueron el matizado y calidad, originados por los desperdicios de ajustes fuera de fórmula. Para el caso de una de las líneas de envasado, al visualizar los tiempos por equipo se detectó cuello de botella en el llenado y empaquetado, sin embargo como los 4 procesos que contemplan el envasado son continuos y el análisis inicial contempla el flujo de una unidad, al monitorear el proceso como un bloque se alcanzaron los tiempos requeridos por el cliente. El flujo de despacho en el almacén de PT no se encontraba dentro del alcance del proyecto ya que en las causas de desviación del tiempo influyen factores externos. Tal como se indicó anteriormente se analizaron los 4 orígenes de los desperdicios a fin de identificar las mejoras.

### **4.2.1. Falta de estandarización de fórmulas**

Para el mes de Junio de 2014 se tenía un porcentaje de BALPV acumulado de 20,6%, por lo tanto el 79,4% de los lotes restante fabricados eran aprobados con ajuste (productos que requieren ajustes fuera de fórmula para alcanzar las especificaciones), sin productos defectuosos a la fecha. En la Figura 4.5 se muestran las causas de aprobados con ajuste (APCA), observándose que tanto en frecuencia como en volumen el 87% de las causas de de APCA están relacionadas a los defectos de espuma, viscosidad baja y utilización de tintas fuera de fórmula para el matizado, lo que corresponde con los desperdicios detectados en el VSM. Para cada defecto se determinó su causa raíz a fin de proponer mejoras en pro a la reducción de aprobados con ajuste.



Figura 4.5 Causa de aprobados con ajuste en pinturas de tercera calidad acumulado Enero- Junio de 2014

Para el caso de la espuma, se realizó matriz causa efecto plasmada en la Figura 4.6 con el fin de visualizar las posibles causas del problema.

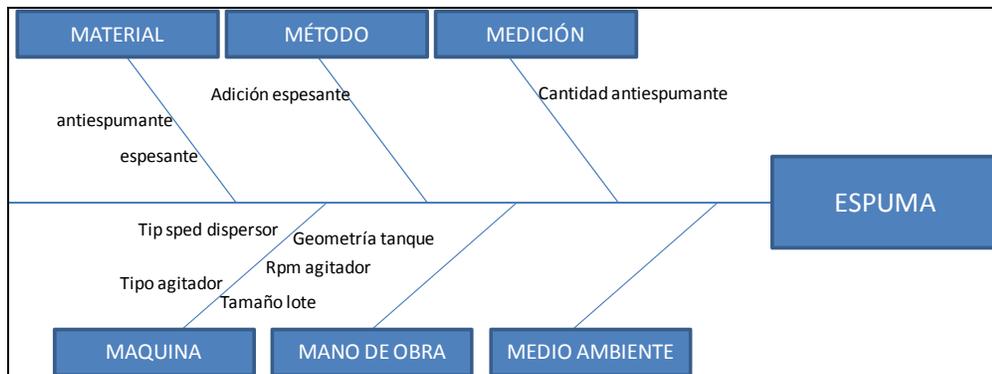


Figura 4.6 Diagrama causa efecto problema de espuma

Para determinar cuál de las posibles causas proporciona mayor incidencia en la formación de espuma, se construyó una base de datos con el histórico de fabricaciones en planta, tomando como variable de salida la densidad inicial del producto, ya que a mayor cantidad de aire ocluido en la pintura la densidad del producto será más baja puesto que el aire ocuparía un volumen. La única variable que

no pudo ser incluida inicialmente en el análisis, fue el tipo de antiespumante utilizado, ya que no se contaba con disponibilidad de un material alternativo. En la Figura 4.7 se muestra el análisis de efectos principales que influyen en el proceso de formación de espuma durante la fabricación de la pintura de tercera calidad.

Los efectos estudiados fueron: el tamaño del lote, la geometría del tanque reductor (cuerpo cilíndrico o cuadrado), la velocidad periférica o tip speed (parámetro para definir velocidad de dispersión debe estar el 18 y 28 m/s), el tipo de agitador utilizado en la etapa de dispersión, las revoluciones por minuto (RPM) de los agitadores de los tanques reductores y el tipo de modificador reológico utilizado (asociativo puro, asociativo mezclado con celulósico o celulósico puro).

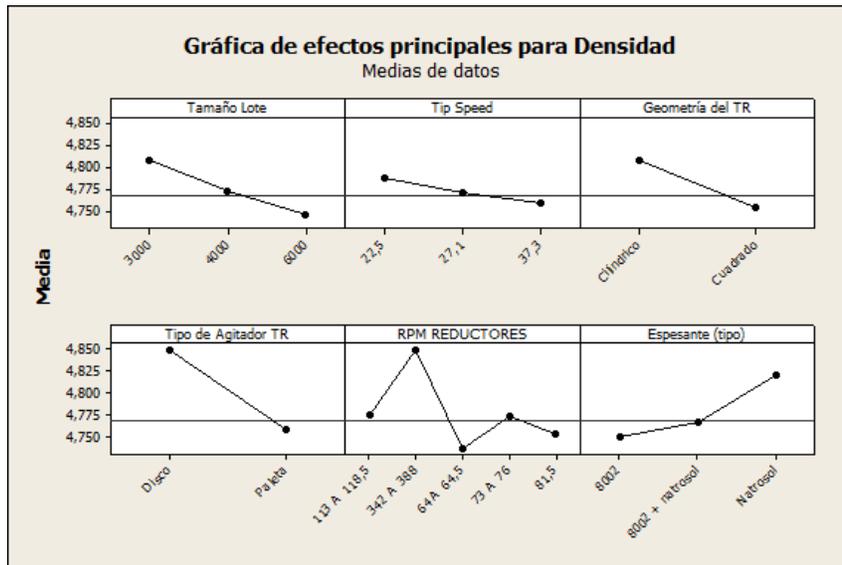


Figura 4.7. Grafica de efectos principales para la densidad inicial de la pintura

Del análisis de los efectos principales en la densidad inicial del producto se concluyó que:

La densidad promedio es mayor (menos espuma), en las siguientes condiciones:

- A medida que el tamaño de lote disminuye
- Cuando la velocidad periférica en la etapa de dispersión es menor.

- Al emplear los tanques reductores cilindricos en lugar de los tanques reductores cuadrados.
- Al utilizar tanques reductores con agitador tipo disco en lugar de agitadores de paleta
- Cuando se presenta mayores revoluciones por minuto (RPM) en la etapa de reducción.
- Al utilizar 100% espesante celulósico como aditivo reológico, seguido de mezcla de espesante celulósico con asociativo

Con respecto al defecto de viscosidad baja, se realizó matriz causa efecto para establecer posibles causas de la desviación, la cual se encuentra representada en la Figura 4.8.

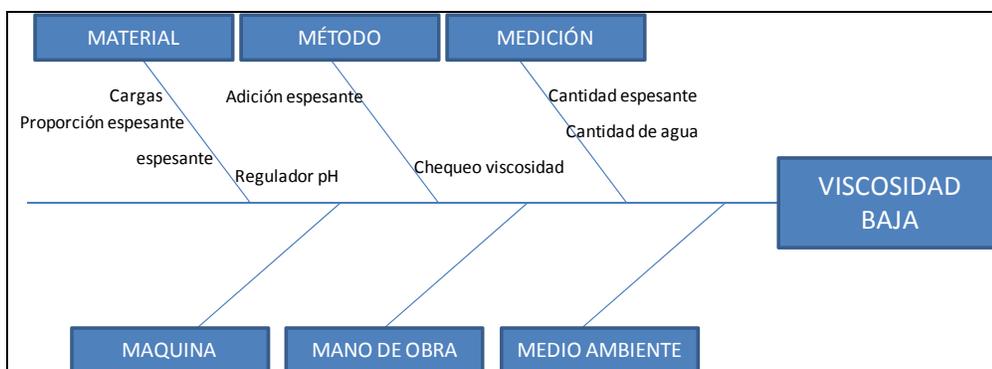


Figura 4.8 Matriz causa efecto para el defecto de viscosidad baja

En primera instancia se realizó la reproducción de la fórmula en laboratorio, detectándose que la viscosidad obtenida era inferior a la especificación, por lo tanto se descartaron los factores asociados al proceso de fabricación y medición. Al realizar un histórico de espesante empleado fuera de fórmula, se determinó que existía un promedio constante de adición lo que indica que la cantidad establecida en fórmula es inferior a la requerida.

Los casos de aprobados con ajuste por matizado están asociados a las referencias para las cuales se añadió más tinta o concentrado que la establecida en fórmula en la etapa de matizado o igualación de color.

#### 4.2.2. Flujo no lineal en el proceso de liquidación de órdenes de trabajo

A fin de determinar los puntos de mejora relacionados con el proceso administrativo de la liquidación de la orden de trabajo se realizó una reunión con el equipo multidisciplinario involucrado en todo el proceso. El estado inicial del flujo de la orden de trabajo se encuentra representado gráficamente en la Figura 4.9 sobre el plano de planta. Las líneas segmentadas representan flujo de información, bien sea por correo electrónico o el sistema de información de la empresa. Las líneas continuas son movimientos del documento mediante el traslado físico de personas. Para algunos se visualizó flujo de información en ambas direcciones, lo que indica re-procesos y espera de respuestas. Se observan 12 actividades para completar el ciclo administrativo de la orden de trabajo a la que se suman 11 pasos adicionales entre esperas y traslados, que contabilizan un total de 23 actividades para poder cerrar la orden de trabajo. De estas 23 actividades se realizó una clasificación para identificar que actividades eran necesarias para cumplir el ciclo de la orden, y cuales representaban un desperdicio, determinándose que de las 23 actividades o pasos un 35% eran requeridas y el 65% restante constituían un desperdicio.

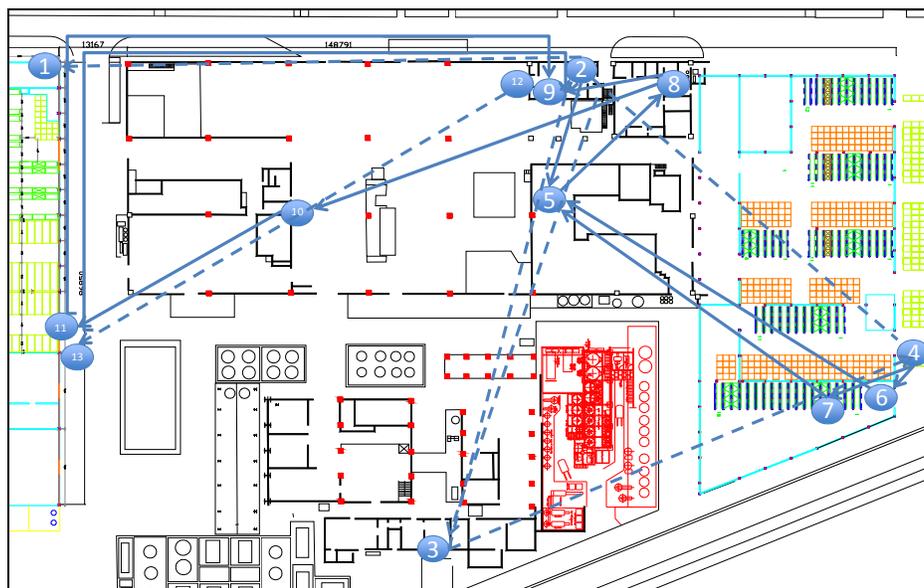


Figura 4.9 Situación inicial flujo de la orden de trabajo

En la Figura 4.10, se indica la segmentación en tiempo y distancia de las actividades que eran requeridas. Se observa que para cumplir las actividades requeridas no era necesario recorrer distancias, ya que se realiza directamente en el sistema de información. Con respecto al tiempo invertido para realizar el ciclo de la orden de trabajo, se observa que el 96% del tiempo invertido es en actividades tipo desperdicio, mientras que el 4% restante se utilizó en las actividades requeridas.

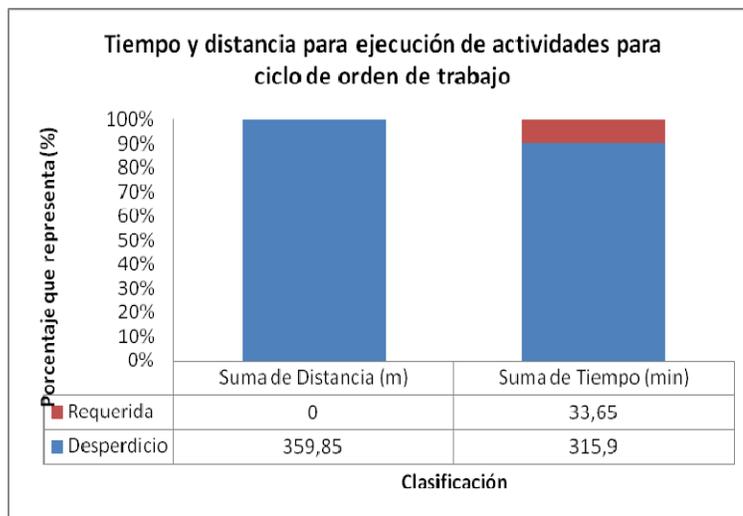


Figura 4.10 Segmentación de tiempo y distancia requerida para ejecución de actividades para cumplir el ciclo de la orden de trabajo.

En la Figura 4.11 y 4.12 se representa el diagrama de pareto de distancias recorridas y tiempos invertidos en actividades que son desperdicios en el ciclo de la orden de trabajo. En su mayoría los desperdicios corresponden a traslados de la partida y esperas. La mayor distancia recorrida se realizó en traslados de las partidas de un departamento a otro, como se observó visualmente en la Figura 4.9. Los mayores tiempos de retrasos estaban originados por retrasos en carga de resultados de calidad y en consumo de materiales.

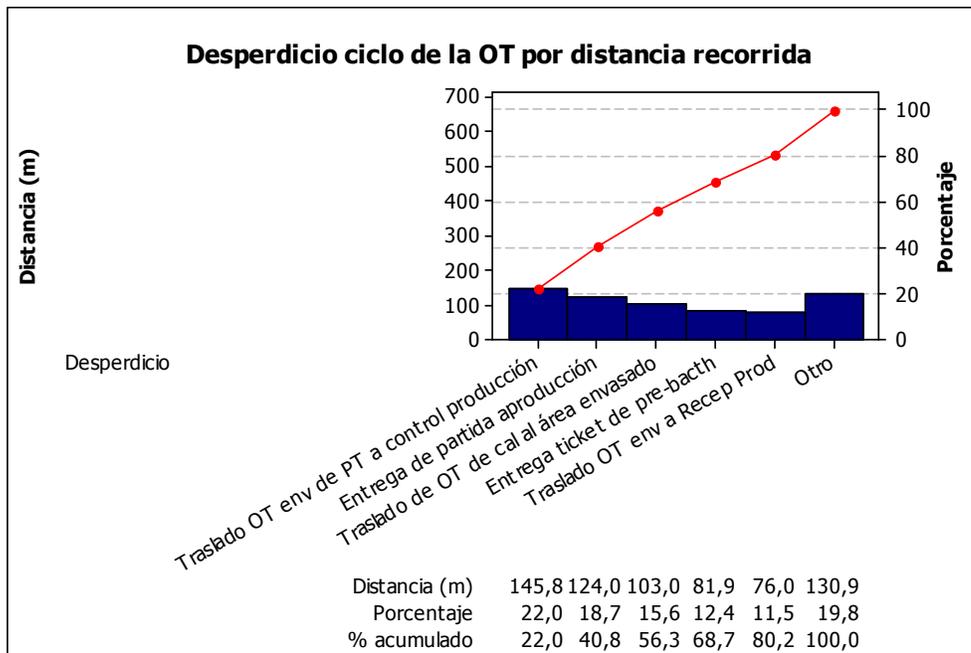


Figura 4.11. Diagrama de Pareto de distancias recorridas en actividades representan desperdicios en el ciclo de la orden de trabajo.

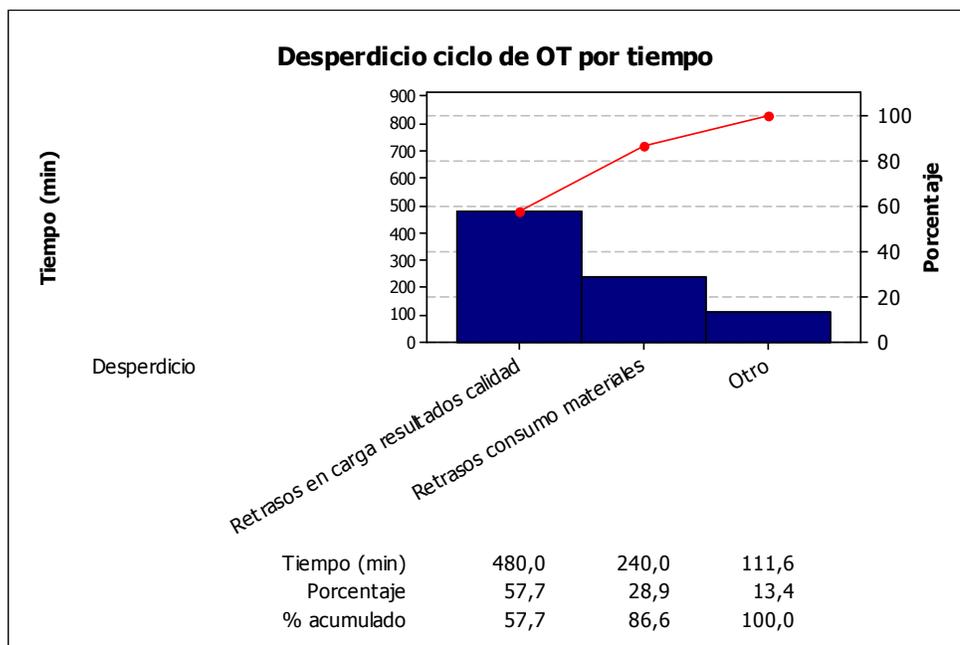


Figura 4.12. Diagrama de Pareto de tiempos invertidos en actividades representan desperdicios en el ciclo de la orden de trabajo.

### **4.2.3. Falta de estandarización de la secuencia de procesos**

En la Figura 4.13 se presenta el flujo inicial de proceso para la fabricación de pinturas emulsionadas, tanto en presentación de galón como en presentación de cuñetes. Se visualiza que no existía secuencia definida de equipos, es decir el flujo de la producción se realizaba según la disponibilidad de equipos al día a día, donde la fabricación se realiza en forma de empuje bajo la premisa “tanque vacío debe llenarse” y planificación del envasado se realizaba a diario de acuerdo a los productos aprobados. Para los tanques de 4000 gal no se utilizaba la capacidad completa, solo un 75%, es decir se fabrican lotes de 3000 gal.

Es importante destacar que existen tanques reductores de diferentes tipos de geometría (cilíndricos y cuadrados), e incluso para tanques de la misma geometría se utilizan agitadores diferentes (disco y peltas).

En la Figura 4.14 se muestra una vista de planta de la distribución inicial, observándose que adicional a lo anteriormente expuesto se situaban líneas de envasado de esmaltes en la misma zona de emulsiones, lo que genera paralización de las líneas de esmaltes el día que se realiza la sanitización de tuberías de emulsiones.

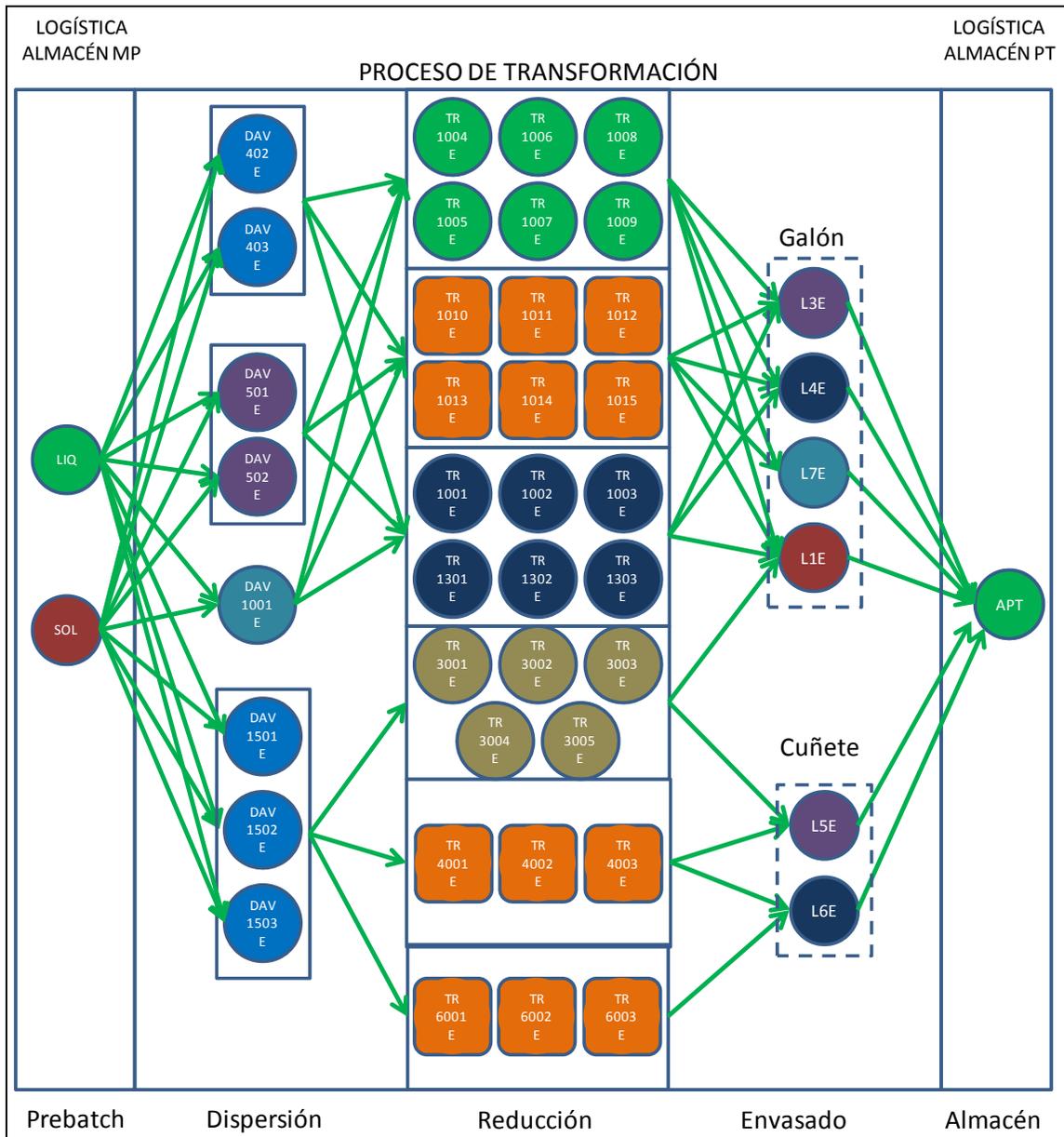


Figura 4.13 Flujo actual en el proceso de fabricación de galones

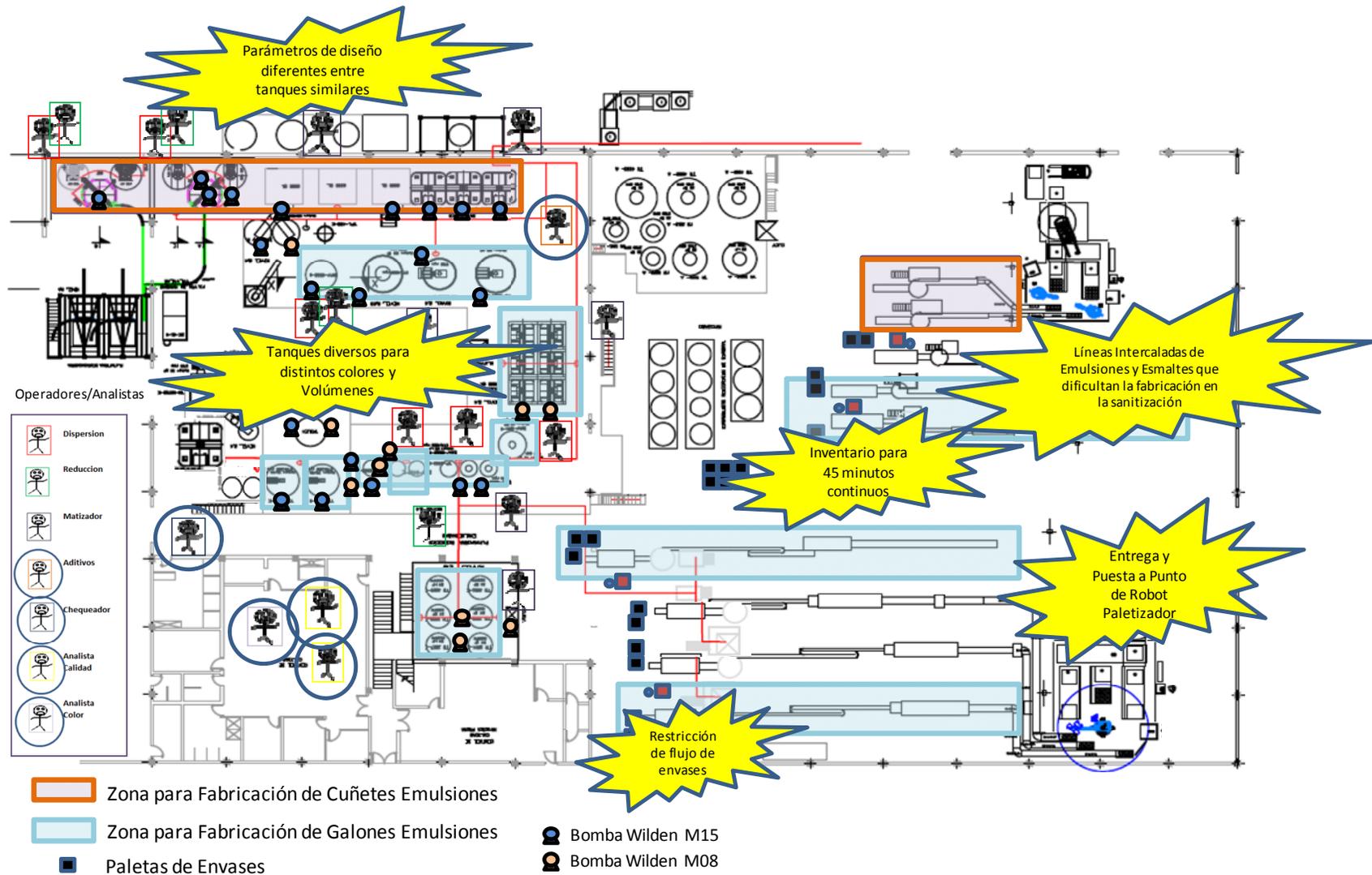


Figura 4.14. Representación de distribución actual de área de emulsiones

#### 4.2.4. Fallas en la ubicación de zonas logísticas

En la Figura 4.15 se muestra con vista de planta las distancias recorridas para el traslado los envases desde el almacén de suministros hasta el área de envasado, y luego el traslado de los cuñetes llenos hasta el almacén de productos terminados.

Se recorrían 35 m para la entrega de 82 paletas de suministros de cuñetes a diario, lo que implica que se recorrían 2870 m a diario. Luego de llenado de envasado el producto, se recorrían 18 m para entregar cada paleta de cuñetes al almacén de productos terminados, a diario se entregan 110 paletas de producto terminado, lo que indica que en total se recorrían 1980 m para realizar la entrega de toda la producción, luego de envasada.

Adicional a la distancia, es importante destacar que la vía para la entrega de los suministros, era la misma vía que se utiliza para realizar la entrada de materias primas.

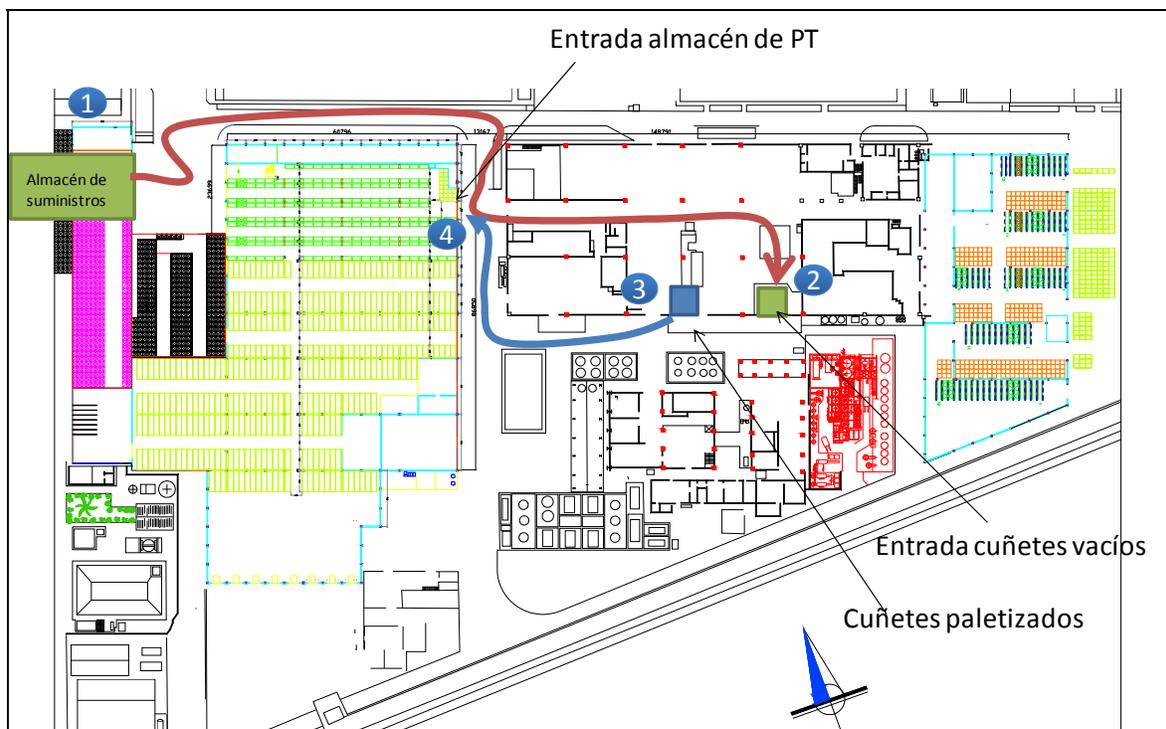


Figura 4.15 Recorridos por ubicación de zonas logísticas

### 4.3. Planteamiento de mejoras en los procesos productivos

En función al análisis en la sección anterior, se plantearon mejoras orientadas a atacar la fuente de generación de los desperdicios, tal como se observa en la Tabla 4.3. Seguidamente se detallan las acciones a realizar en cada propuesta de mejora realizada.

Tabla 4.3. Propuestas de mejora planteadas por cada fuente de generación de desperdicios

Nº	Origen	Mejora Planteada
1	Falta de estandarización de fórmulas	Estandarización de fórmulas para incrementar el porcentaje de buenos a la primera vez (BALPV), mediante la reducción de aprobados con ajuste por viscosidad baja, matizado y espuma
2	Flujo no lineal en el proceso de liquidación de ordenes de trabajo	Re-distribución de actividades y puestos de trabajo para la reducción de tiempos y recorridos en el ciclo administrativo de la orden de trabajo
3	Falta de estandarización en la secuencia de procesos	Nivelación y estandarización de la producción en líneas de envasado de emulsionadas
4	Fallas en la ubicación de zonas logísticas	Reubicación de zonas logísticas para la reducción de distancias recorridas.

#### 4.3.1. Estandarización de fórmulas para incrementar el porcentaje de buenos a la primera vez (BALPV), mediante la reducción de aprobados con ajuste por viscosidad baja, matizado y espuma

Para reducir los defectos de espuma, viscosidad baja y matizado se planteó:

##### Espuma:

- Usar de espesante asociativo en combinación con celulósico, para obtener una densidad promedio del muestro



## CAPITULO IV. Presentación y análisis de resultados

- Ajustar los rpm de tanque reductor a valores mayores a 110 rpm, en los casos que sea posible, a fin de aumentar de la densidad en la medida que se incrementa la velocidad de agitación
- Incorporar a la fórmula antiespumante de mayor efectividad

### Viscosidad baja:

Realizar un barrido de cantidad de espesante para determinar la cantidad requerida, considerando la mezcla de tipos de espesantes (celulósico y asociativo) para disminuir los problemas de espuma, posteriormente incorporar en fórmula la cantidad resultante.

### Matizado:

Realizar un levantamiento histórico de las cantidades de tintas empleadas para realizar el ajuste del color (matizado) para cada referencia e incorpora dichas cantidades a la fórmula.

### **4.3.2. Re-distribución de actividades y puestos de trabajo para la reducción de tiempos y recorridos en el ciclo administrativo de la orden de trabajo**

De acuerdo al análisis realizado en la sección 4.2, las mejoras se basaron en la reducción de tiempos y distancias en las actividades que correspondían a un desperdicio, por lo cual se diseñó una propuesta representada en la Figura 4.15, que consistió en realizar una re-distribución física de forma estratégica de los puestos de trabajo para crear equipos con comunicación inmediata, reducir distancias recorridas y tiempos de espera. Los recuadros resaltados en azul, indican los puestos de trabajos a fusionados físicamente.

Adicionalmente, se redistribuyó la responsabilidad de emisión e impresión de partida. Las emisiones de la partida se realizarán por el programador de piso, mientras que la impresión de las mismas por el área de logística, permitiendo así que la partida sea entregada a producción directamente con el pre-batch del producto a fabricar. Se

eliminó el traslado de la orden de trabajo desde el área de almacén de Producto terminado a control de la producción, la cual representaba la distancia pareto. Con la fusión del área de calidad y parte de control de la producción se redujo los tiempos de espera para carga de resultados de calidad por acumulación de partidas al ser procesadas.

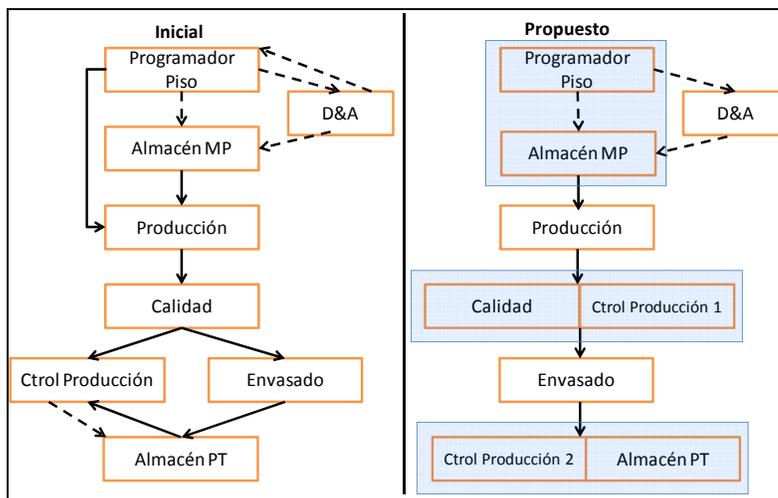


Figura 4.16 Propuesta de re-distribución de puestos de trabajo para creación de flujo en la liquidación de la orden de trabajo

### 4.3.3. Nivelación y estandarización de la producción en líneas de envasado de emulsionadas

Se planteó una estandarización de secuencias de fabricación, representada en la Figura 4.16 considerando:

- Alineación de equipos de proceso con líneas de envasado en función a la capacidad de envasado de cada línea, lo que se denominará ruta de proceso integral.
- Establecimiento de programa de producción por equipos, considerando la ruta de proceso integral.
- Segmentación de zonas de envasado de emulsiones y esmaltes.

- Establecimiento en inventario mínimo de galones requeridos por cada línea de envasado y ubicación de almacén transitorio.
- Establecimiento de inventario en proceso de plástico de termoencogible, flejes, y pega blanca

#### 4.3.4. Reubicación de zonas logísticas para la reducción de distancias recorridas.

Se realizó un análisis de la ubicación de los espacios logísticos disponibles y su capacidad de almacenamiento, visualizándose la utilización un segmento disponible del almacén de productos terminados como zona de almacén de suministros, lo que permitió disminuir la distancia recorrida para el traslado de los envases. Adicionalmente, se habilitó una nueva entrada al almacén de productos terminados, tal como se muestra en la Figura 4.18. El punto 1 la nueva ubicación del almacén de suministros y el punto 4 la nueva entrada al almacén de materias primas.

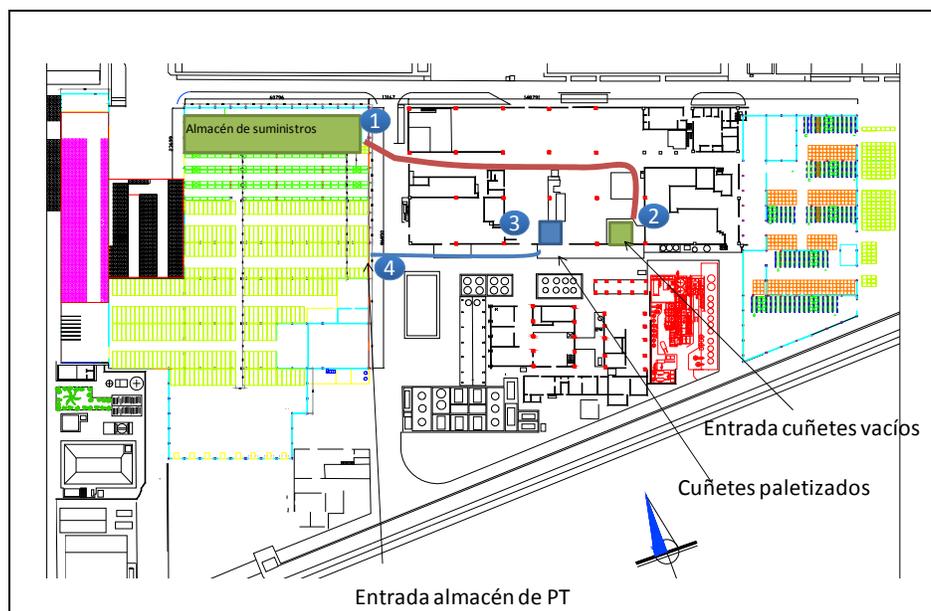


Figura 4.17 Reubicación de zonas logísticas

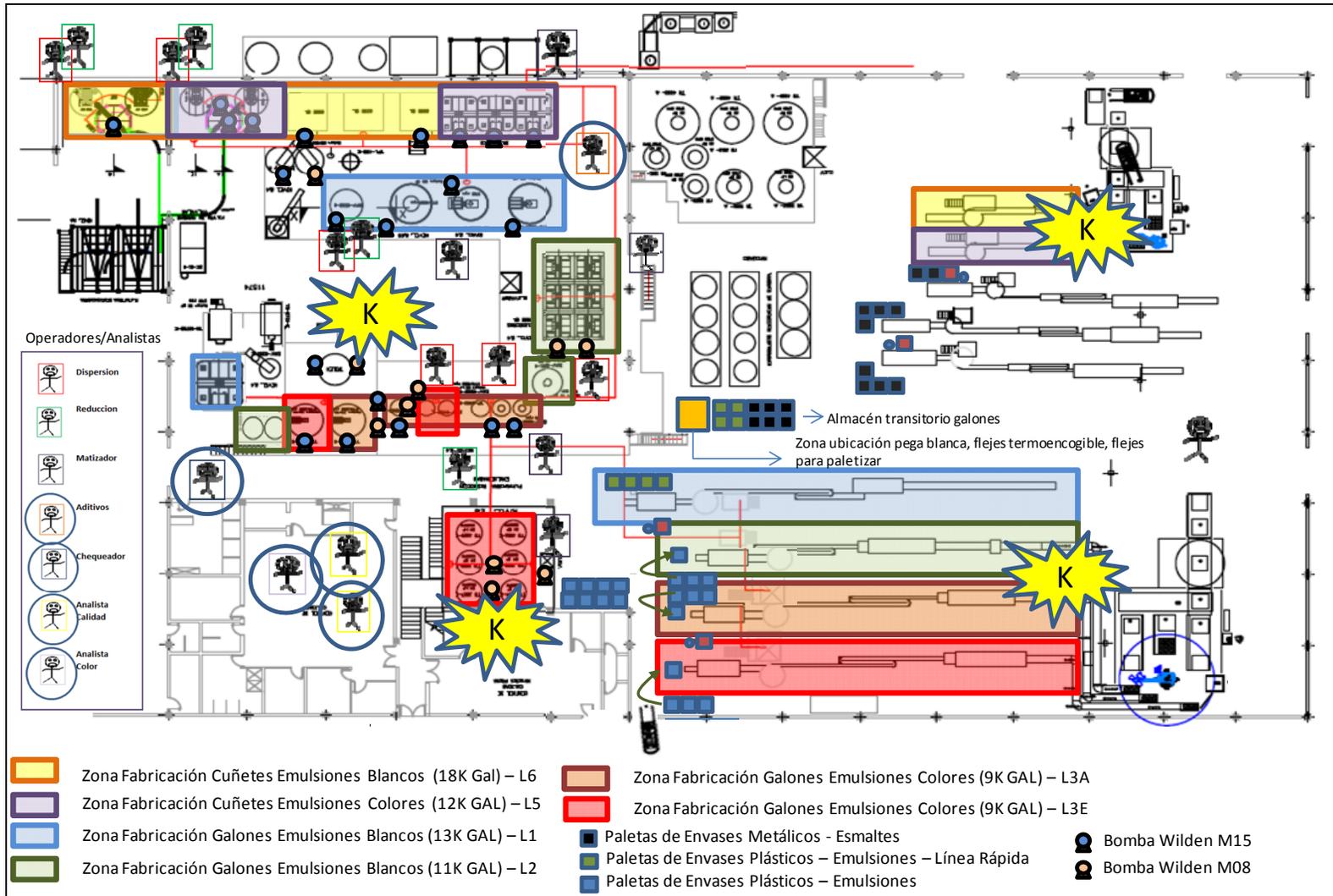


Figura 4.18. Propuesta de distribución área de emulsiones

#### 4.4. Impacto de las oportunidades de mejora planteadas

##### 4.4.1. Impacto de estandarización de fórmulas para incrementar el porcentaje de buenos a la primera vez (BALPV), mediante la reducción de aprobados con ajuste por viscosidad baja, matizado y espuma

Con la implementación de las mejoras planteadas en la propuesta 4.3.1, le logró obtener un valor de Buenos a la Primera Vez (BALPV) de 78% para Febrero de 2015, lográndose cumplir la meta de 70%. Para el año 2014 el promedio de BALPV era 32%. En la Figura 4.18 se muestra el impacto de las acciones planteadas en cada mes de implementación.

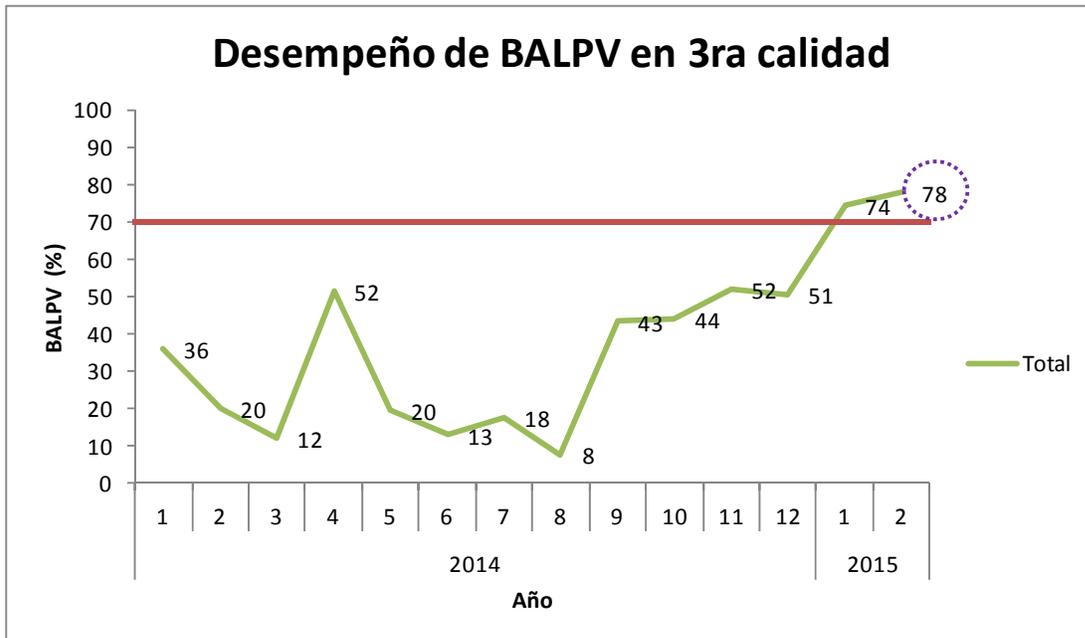


Figura 4.19 Desempeño de aprobados Buenos a la Primera Vez (BALPV) para la línea de tercera calidad

El resumen de cambios se realizó en el siguiente orden:

- **Mayo 2014:** cambios de criterios de APCA (más estrictos).
- **Junio 2014:** inicio uso de espesante asociativo en combinación con espesante celulósico como modificador reológico



- **Septiembre 2014:** incorporación de tintas en fórmula, y colocación de espesantes combinados en fórmula
- **Noviembre 2015:** cambio rpm dispersores
- **Diciembre 2015:** colores de la línea empleando antiespumante de mayor efectividad
- **Enero 2015:** toda la línea empleando antiespumante de mayor efectividad.

Se observa que los cambios de mayor influencia fueron: ajuste de proporciones y tipo de espesante, inclusión de tintas en fórmula, utilización de antiespumante de mayor efectividad.

#### **4.4.2. Impacto de la re-distribución de actividades y puestos de trabajo para la reducción de tiempos y recorridos en el ciclo administrativo de la orden de trabajo**

Con la implementación de la propuesta de mejora, se redujo en un 21% el número de actividades realizadas, de 23 a 18 actividades.

Las actividades o pasos eliminados fueron:

- Entrega de partida a supervisores de producción
- Espera para el traslado de partidas de calidad a control de la producción
- Traslado de partida de calidad a control de la producción
- Traslado de partida desde almacén de PT a control de la producción
- Espera para cierre de partida

Con la redistribución de los puestos de trabajo, se disminuyó el porcentaje de esperas para trasladar las partidas de un sitio a otro. Ya que la comunicación es directa disminuyó el tiempo requerido para solventar problemas asociados a la carga de resultados de calidad en el sistema. En la Tabla 4.3 se encuentra un resumen de las mejoras obtenidas

Tabla 4.4. Mejoras obtenidas con la implementación del Kaizen ciclo administrativos de órdenes de trabajo

Descripción	Antes	Después	% Impacto
Actividades realizadas en el ciclo de la orden de trabajo	23	18	21% de reducción
Distancia recorrida en el ciclo de la orden de trabajo	661,65 m	359,85 m	45,61 % de reducción
Tiempo total en el ciclo del producto	29 h	23,5 h	19 % de reducción

#### 4.4.3. Impacto de nivelación y estandarización de la producción en líneas de envasado de emulsionadas

En la Tabla 4.4 se muestran los resultados de la implementación de la estrategia de nivelación y estandarización de las líneas de producción, desde el punto de vista de reducción de tiempos de espera y exceso de inventario a nivel de proceso. Adicionalmente se logró un incremento de un 5% de la capacidad mensual de envasado de esmaltes, ya que con la estandarización de zonas de emulsiones y esmaltes se logra continuar el envasado de esmaltes en el día en que se realiza la sanitización de las líneas de emulsiones.

Tabla 4.5. Inventario en proceso de suministros

Descripción	Antes	Después	% Impacto
Espera para reducir por disponibilidad de tanque reductor respecto al tiempo total de proceso	20%	11%	45% de reducción
Inventario en proceso plástico termoencogible	5 días	2 días	60% reducción
Inventario en proceso flejes	45 días	2 días	95% reducción
Inventario en proceso pega blanca	35 días	7 días	80% reducción



#### 4.4.4. Impacto de reubicación de zonas logísticas para reducción de distancias recorridas

En la Tabla 4.4 se encuentra en impacto de las mejoras planteadas al realizar la re-distribución. Lográndose entre 28 y 40% de reducción de las distancias diarias recorridas. Lo que se traduce en mejoras del servicio de entrega suministros y reducción de tiempos de esperas para continuar el proceso de envasado de cuñetes.

Tabla 4.6 Impacto de re-distribución de zonas logísticas

Descripción	Antes	Después	% Impacto
Recorrido diario entrega de suministros	2870 m	1720 m	40% reducción
Recorrido diario entrega de producto terminado en cuñetes	1920 m	1380 m	28% reducción

### 5. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de la investigación se evidenció que la calidad es absolutamente indispensable en un sistema de producción esbelta, ya que los bienes y servicios que se producen y se entregan a los clientes presumen calidad, por lo que un bien o servicio defectuoso conduce a clientes insatisfechos (Schoreder, 2011). Con la implantación de un sistema de producción esbelta se mejoró la calidad de producto ofrecido, ya que los errores y defectos fueron expuestos para ser corregidos en lugar de ser cubiertos con inventarios.
- Para el desarrollo de la investigación fue seleccionada la línea de productos de tercera, la cual representaba el pareto de fabricación y a su vez la línea con mayor porcentaje de lotes con requerimientos de ajustes fuera de fórmula para alcanzar las especificaciones de calidad. La fabricación de la línea de producto seleccionada consta de las siguientes etapas: a) Preparación del pre-batch en el almacén de materia primas; b) Fabricación del producto (carga aditivos, dispersión, reducción, matizado, calidad); c) .Envasado del producto (etiquetado, llenado, empaçado, paletizado) y d) Entrega del producto final en almacén de producto terminado, las cuales fueron el foco para la construcción del mapeo de la cadena de valor (VSM), en el cual se detectó que los desperdicios de la manufactura esbelta eran consecuencia de falta de estandarización de fórmulas, flujo no lineal en el proceso de liquidación de ordenes de trabajo, falta de estandarización en la secuencia de procesos y fallas en la ubicación de zonas logísticas
- Durante el proceso de análisis de la situación inicial, partiendo del mapeo de la cadena de valor y las fuentes de desperdicios identificadas, se determinó que: a) El 87% de las causas de los lotes aprobados con ajuste en la línea de tercera calidad tanto en frecuencia como en volumen están relacionadas a los defectos de espuma, viscosidad baja y utilización de tintas fuera de fórmula para el matizado; b) Para el proceso de liquidación



de los ordenes de trabajo se realizan un total de 23 actividades o pasos, de los cuales un 35% son requeridos y el 65% restante constituyen un desperdicio; c) Para la fabricación de productos de tercera calidad no existía secuencia definida de equipos, es decir el flujo de la producción se realizaba según la disponibilidad de equipos al día a día; d) Para la entrega de los envases desde el almacén de suministros al área productiva se recorrían 2870 m a diario y para la entrega de cuñetes llenos al almacén de producto terminado se recorren 1980 m a diario.

- Las propuestas de mejoras planteadas fueron: a) Ajuste y estandarización de fórmulas; b) Redistribución de actividades y puestos de trabajos en proceso de liquidación de ordenes de trabajo; c) Estandarización y nivelación del flujo de la producción y d) Reubicación de zonas logísticas
- Con la implementación de las propuesta de mejora se logró: a) Obtener un índice de Buenos a la Primera Vez (BALPV) de 78% para Febrero de 2015 (meta 70%); b) Reducir un 19% de reducción de tiempo de ciclo total del producto; c) Reducir en un 45% las esperas para pasar de una etapa a otra durante el proceso productivo d) Reducir el 40% de distancia recorrida para entrega de suministros y un 28% de la distancia recorrida para la entrega de producto al almacén de producto terminado.



## 6. RECOMENDACIONES

- Establecer un estándar de geometría y tipo de agitador para futuras instalaciones de equipos reductores.
- Establecer la construcción del mapeo de cadena de valor de forma semestral como herramienta base de diagnóstico para el establecimiento de las oportunidades de mejora.
- Replicar la metodología utilizada en el resto de las áreas productivas.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bednarek M. y L. Niño (2010). Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES industriales mexicanas. *Ide@s CONSYTEG* 5(65), 1284-1307.
- Belohlavek, P. (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. Buenos Aires : Editorial Blue Eagle Group.
- Carreras, M. y Sánchez, J. (2011). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Collins, R., Cordon, C., y Julien, D. (1996). Lessons from “Made in Switzerland Study” What makes a World Class Manufacturer. *European Management Journal*, 14(6), 576-589.
- Flores, J. (2005). Manual de Mapeo de Cadena de Valor. *Gestiopolis*. Recuperado el 11 de Mayo de 2014, de <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/mapeoca.htm>
- Fuentelsaz, C., Icart, M., y Pulpón, A. (2006). *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina*. España: Editorial Universitat Barcelona.
- Hernández, R., Fernandez, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill
- García, A., García, G, Pérez, M., Sánchez, L. y Serrano, A. (2013). *Manual de Dirección de Operaciones. Decisiones Estratégicas*. España: Editorial de la Universidad de Cantabria
- Hernández, J. y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI
- Imai, M (1998). *Como implementar el kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. Colombia: Editorial Mc Graw Hill
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing*. Madrid: Editorial Bubok publishing S.L.
- Méndez, C. (2001). *Diseño y desarrollo del proceso de investigación*. Borgota: Editorial Mc Graw-Hill.
- Meyers, F. y Stephen, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Mexico: Editorial Pearson



- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyon large-scale production*. Portland: Editorial Productivty Press
- Restrepo, L. (2005). *Gestión del Mejoramiento bajo ambiente TQM*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario
- Ruiz, P. (2007). *La gestión de costes en Lean Manufacturing: cómo evaluar las mejoras en costes en un sistema Lean*. España: Editorial Netbiblo
- Schoreder, R., Meyer, S. y Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. New York: Editorial Mc Graw Hill.
- Suñé, A., Gil, F. y Arcusa, I. (2010). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Pabon, J. (2010). La excelencia en la manufactura. [Web log post]. Recuperado el 11 de Mayo de 2014, de <http://manufacturaesbelta.blog.com/>.
- Pedraza, L. (2010). Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta. *Soluciones de Postgrado EIA*. (5), 175-190.
- Pérez, J. (2011). El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza aprendizaje práctico de la manufactura esbelta. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (58), 173-182.
- Tamayo, M. (2007). *El proceso de la investigación científica*. México D.F.: Editorial Limusa.
- Vanzant, T. (2011). *Lean Six Sigma: Practical Bodies of Knowledge*. Editorial Fultus Corporation
- Villanueva, A. (2008). *Análisis y propuesta de mejora en una empresa de metalmecánica utilizando manufactura esbelta* (Tesis de Maestria). Universidad Nacional Autonoma de Mexico, México D.F., Mexico
- Womack, J y Jones, D (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create a Wealth in your Corporation*. New York: Gestion



## 8. ANEXOS





Para la selección del producto se consideraron una serie de variables importantes por los expertos en el tema, a continuación se presentan las mismas, describiendo su significado en el contexto de la selección.

- **Volumen fabricación:** volumen de producto fabricado expresado en unidades de galón
- Frecuencia de fabricación:** numero de lotes de producto fabricado
- **Volumen de ventas:** volumen de producto vendido expresado en unidades de galón
- **Ventas:** cantidad de dinero obtenido por productos vendidos
- **Productos BALPV en volumen:** volumen de productos fabricados Buenos A la Primera Vez (BALPV), es decir sin requerir ajustes fuera de fórmula
- **Productos BALPV en frecuencia:** numero de lotes de productos fabricados Buenos A la Primera Vez (BALPV), es decir sin requerir ajustes fuera de fórmula
- **Productos defectuosos en volumen:** volumen de productos fabricados fuera de especificaciones de calidad
- **Productos defectuosos en frecuencia:** numero de lotes de productos fabricados fuera de especificaciones de calidad
- **Frecuencia de improductivos:** número de veces que ocurren paradas que ocasionan retrasos en la producción
- **Horas improductivas:** cantidad de horas perdidas en paradas que ocasionan retrasos en la producción

En el Anexo A.1 se realiza la descripción de la escala para valorizar dichas variables. Para la construcción de la matriz de selección, en primera instancia se realiza una matriz de ponderación, con el fin de determinar el peso de cada variable descrita en el Anexo A.1. El peso de cada variable se obtiene al comparar cada variable contra todas las demás. Para ello se ubican todas las variables en la primera fila, y en la primera columna, tal como se muestra en el Anexo A.2 al fin de realizar un cruce entre todas las variables y compararlas, otorgando un valor de 1, si la variable de la horizontal es más importante que la ubicada en la vertical, el valor de 0 si ocurre lo contrario, y el valor de 0,5 si son igual de importantes.

Seguidamente se realiza la sumatoria horizontal del puntaje obtenido para cada variable, reflejando ese valor en la casilla correspondiente a puntaje total. Luego se realiza la sumatoria del puntaje total por variable colocando en la casilla de sumatoria total. Posteriormente se determina

la ponderación de peso de cada variable, dividiendo el total por variable entre la sumatoria total, y multiplicándolo por 100, para obtener el valor en porcentaje. La sumatoria total de la ponderación de pesos debe ser 100 %.

Anexo A 1 Escala de evaluación para la matriz de selección del área a estudiar

Variable	Puntaje en la escala	
	1	5
Volumen fabricación	Área con menor volumen de fabricación anual	Área con mayor volumen de fabricación anual
Frecuencia de fabricación	Área con menor número de lotes anuales	Área con mayor número de lotes anuales
Volumen de ventas	Área con menor volumen de ventas anual	Área con mayor volumen de ventas anual
Ventas	Área con menor retorno monetario anual	Área con mayor retorno monetario anual
Productos BALPV en volumen	Área con mayor % de volumen de productos con ajustes fuera de fórmula anual	Área con menor % de volumen de productos con ajustes fuera de fórmula anual
Productos BALPV en frecuencia	Área con mayor % de lotes de productos con ajustes fuera de fórmula anual	Área con menor % de lotes de productos con ajustes fuera de fórmula anual
Productos defectuosos en volumen	Área con menor % de volumen de productos fuera de especificación anual	Área con mayor % de volumen de productos fuera de especificación anual
Productos defectuosos en frecuencia	Área con menor % de lote de productos fuera de especificación anual	Área con mayor % de lotes de productos fuera de especificación anual
Frecuencia de improductivos	Área con menor frecuencia de lotes con improductivos anual	Área con mayor frecuencia de lotes improductivos anual
Horas improductivas	Área con menor cantidad de horas improductivas anual	Área con mayor cantidad de horas improductivas anual

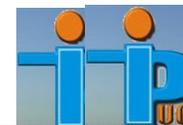
De acuerdo a lo observado en la Tabla A.2 la variable que obtuvo mayor peso fue las ventas de los productos del área expresado en términos de retorno monetario, seguido del



volumen o cantidad de producto vendido por área y el porcentaje de productos defectuosos obtenidos en cada área.

Después de obtener la ponderación de cada variable, se confrontan los distintos productos fabricados en la empresa, asignando un valor de 1 al 5 en orden creciente para indicar la evaluación del producto en esa variable, siguiendo la escala establecida en el Anexo A.1. Luego se multiplica el puntaje de cada variable por el peso ponderado de la misma, obtenido en la matriz de ponderación de pesos. Se realiza la sumatoria del ponderado por variable obtenido para cada área productiva, y se registra en la casilla de sumatoria total del Anexo A.3. El área que obtenga el mayor puntaje en la sumatoria total es el empleado para realizar la investigación, que para este caso fue el área de emulsiones con 404 puntos, visualizándose que las variables determinantes para la selección de esta área fue el volumen de ventas de los productos y el porcentaje de productos APCA (aprobados con ajustes), es decir porcentaje de lotes que requirieron ajustes fuera de fórmula para alcanzar las especificaciones de calidad





## Anexo A 3 Matriz de selección área productiva

Criterio	% ponderación	Emulsiones		Esmaltes		Autos e Industriales		Mantenimiento Industrial		Pintura en polvo	
		Puntaje	Ponderado	Puntaje	Ponderado	Puntaje	Ponderado	Puntaje	Ponderado	Puntaje	Ponderado
Volumen de fabricación	12,00	5	60,00	4	48,00	3	36,00	2	24,00	1	12,00
Frecuencia de fabricación	3,00	5	15,00	2	6,00	4	12,00	3	9,00	1	3,00
Volumen de ventas	16,00	5	80,00	4	64,00	3	48,00	2	32,00	1	16,00
Ventas (Bs)	19,00	3	57,00	2	38,00	4	76,00	5	95,00	1	19,00
Productos BALPV volumen	3,00	5	15,00	3	9,00	2	6,00	4	12,00	1	3,00
Productos BALPV frecuencia	5,00	5	25,00	3	15,00	2	10,00	4	20,00	1	5,00
Productos defectuosos en volumen	15,00	4	60,00	1	15,00	1	15,00	5	75,00	1	15,00
Productos defectuosos en frecuencia	11,00	4	44,00	1	11,00	1	11,00	5	55,00	1	11,00
Frecuencia de improductivos	8,00	4	32,00	2	16,00	3	24,00	5	40,00	1	8,00
Horas improductivas	8,00	2	16,00	4	32,00	3	24,00	5	40,00	1	8,00
Sumatoria total	100,00		<b>404,00</b>		<b>254,00</b>		<b>262,00</b>		<b>402,00</b>		<b>100,00</b>