

UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA MEJORAR
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE MONITOREO
ELECTRÓNICO EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA

T E S I S

PRESENTADA POR

BLANCA MELISSA DE LA RE IÑIGUEZ

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestra en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS
DR. JAIME ALFONSO LEÓN DUARTE

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

AGOSTO 2019

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Resumen

En cualquier industria es importante mejorar día a día para lograr permanecer en el mercado, sobre todo ante la alta competitividad entre empresas. Específicamente, la industria manufacturera representa un gran sector a nivel mundial, por lo que la constante innovación es indispensable para conservar un lugar en el mercado. La industria manufacturera está en constante cambio y entregar productos de calidad al consumidor es una prioridad, sin embargo, encontrar las causas de los defectos de un producto en su paso a través de la cadena de suministro puede volverse complicado. El incurrir constantemente en defectos genera grandes pérdidas monetarias para cualquier empresa, e incluso provoca sanciones o la finalización de un contrato con un cliente.

Los sistemas de trazabilidad en la producción permiten identificar un producto en su paso por la cadena de suministro, de forma completa, desde que las materias primas se encuentran con el proveedor hasta que llega al consumidor final, o de forma interna, desde que empieza su proceso de producción hasta que sale de la empresa. Por lo tanto, un sistema de trazabilidad representa una ventaja competitiva para cualquier organización, además de ser un valor agregado para el cliente.

En una empresa manufacturera de arneses ubicada en el noroeste de México, se implementó un sistema de trazabilidad por código de barras en un proceso de inyección de espuma, con la finalidad de conocer a detalle los motivos por los cuales se presentaban los defectos en el área.

Se llevó a cabo un análisis diagnóstico del área y se recopilaron datos durante siete meses, con los cuales se creó una nueva clasificación de defectos; se desarrolló un programa de trazabilidad interna y se realizaron pruebas para corroborar su funcionamiento; se instaló el equipo y el programa dentro del área de inyección de espuma y se capacitó a todo el personal para el uso del nuevo programa; por último, se monitorearon los defectos encontrados, con la información proporcionada por el sistema, se tomaron acciones específicas para corregir las fallas en el proceso.

Se encontraron los principales defectos del área, y se buscaron sus causas raíz, se determinó que en la mayoría de las ocasiones los defectos ocurrían por un mal manejo del proceso por parte del operador, además, en el segundo turno generaba más defectos; por lo tanto, fue necesaria una nueva capacitación para el manejo de materiales y el método de trabajo para la realización del proceso, además de implementar medidas disciplinarias en caso de reincidencias. En el segundo turno fue necesario incrementar la supervisión, aunado a medidas disciplinarias, debido a que el nuevo sistema permite conocer quien trabajó con cada pieza.

Abstract

In any industry it is important to improve every day to keep a place in the market, especially with the high competitiveness between companies. Specifically, the manufacturing industry represents a large sector worldwide, so constant innovation is essential to this companies.

Manufacturing industry is constantly changing, and delivering quality products to the consumer is a priority, however, finding the causes of product defects in its passage through the supply chain can become a complicated task. Constant defects generate large monetary losses for any company, and even causes sanctions or the termination of a contract with a client. Traceability systems in manufacturing allow to identify a product in its passage throughout the supply chain, since the raw materials meet the supplier until finished products reach the final consumer, or internally since production process beginning until it leaves the company. Therefore, a traceability system represents a competitive advantage for any organization, as well as being an added value for the client. In a harness manufacturing company, located in northwestern Mexico, a barcode traceability system was implemented in a foam injection process, in order to know in detail the reasons why the defects were present in the area.

A diagnostic analysis of the area was carried out and data were collected during 7 months, with which a new classification of defects was created; an internal traceability program was developed and tests were carried out to corroborate its operation; the equipment and the program were installed within the foam injection area and all personnel were trained to use the new program; finally, the defects found were monitored, and with the information provided by the system, specific actions were taken to correct the failures in the process. The main defects of the area were found, and their root causes, it was determined that in most of the cases the defects occurred due to a bad handling of the process by the operator, also, the second shift generated more defects than the first one; therefore, a new training was needed to handle materials and to carry out the process, as well as to implement

disciplinary measures in case of recurrence. In the second shift it was necessary to increase supervision, coupled with disciplinary measures with workers who committed more defects.

DEDICATORIA

A mi familia, mis padres Blanca y Carlos, mis hermanos Carlos Alberto y María Ana, mi abuela Blanca, mis tías Elvia y María Antonieta que me apoyaron a lo largo de este proceso, siempre creyendo en mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por llenarme de bendiciones, de vida, salud y familia, por poner en mi camino los medios necesarios para la culminación de este proyecto, así como a personas maravillosas que me apoyaron en este camino. A mi Madre María por estar siempre conmigo, por guiarme y sostenerme durante toda mi vida.

A mis padres Blanca y Carlos, por todo el amor y apoyo que me han dado durante toda mi vida, y por apoyarme desde la decisión de entrar a este posgrado hasta la terminación de esta etapa.

A mis hermanos Carlos Alberto y María Ana, por estar siempre conmigo, y haber hecho estos dos años más ligeros con las experiencias que compartimos.

A mi abuela, mi nana Blanca, por siempre ver por mí, por inculcarme valores y amor a Dios y Nuestra Madre María, por estar siempre presente, a pesar de la distancia.

A mis tías Elvia y María Antonieta, por estar siempre con nosotros, por su cariño incondicional.

A mis compañeros de maestría, que en dos años se convirtieron en una nueva familia, por compartir esta maravillosa experiencia conmigo.

A mi director de tesis, Dr. Jaime León, por ayudarme en este camino, por todo su apoyo en este proyecto, por darme consejos y buscar conmigo siempre la mejor solución para cualquier situación.

A mi coordinador, el Dr. Alonso Pérez Soltero, por confiar en mí al ingresar a este posgrado, y por su gran apoyo durante estos dos años.

A las maravillosas personas que me apoyaron en el desarrollo de mi proyecto dentro de la empresa, al Ing. Francisco Benítez por abrirme las puertas de la empresa; a mi amiga, la Ing. Abril Noriega, por brindarme un espacio y las facilidades para realizar mi proyecto, así como horas y horas de compañía; a la Ing. Aimee Sandoval,

por ser mi compañera y amiga en la realización de este proyecto, por su apoyo incondicional y sus enseñanzas, a los Ing. Martín Gradias, Rubén Zepeda y Edgar Beltrán por su apoyo y paciencia durante este proyecto.

A mis amigos, gracias porque a pesar del tiempo y la distancia seguimos unidos, por sus palabras, su apoyo y su amistad a lo largo de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por su apoyo económico brindado en mi estudio de posgrado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivo general	3
1.4. Objetivos específicos	4
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Alcances y delimitaciones	4
1.6. Justificación.....	5
2. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1 Manufactura Esbelta	6
2.1.1 5S	7
2.1.2 Estandarización de trabajo	7
2.1.3 Mapeo de la Cadena de Valor	8
2.1.4 KPI (Key Performance Indicators)	8
2.1.5 Kanban	9
2.1.6 Gestión visual / fábrica visual	9
2.1.7 PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar)	9
2.1.8 JAT (Justo a Tiempo).....	10
2.1.9 Análisis de causa raíz	10
2.1.10 Diagrama causa efecto	11
2.1.11 5 porque´s.....	11

2.1.12 TPM (Total Productive Maintenance).....	11
2.1.13 SMED (Single Minute Exchange of Die)	12
2.1.14 Mejora continua	12
2.2. Desperdicios.....	13
2.3. Procesos de producción	15
2.3.1 Proceso continuo	16
2.3.2 Líneas de ensamble.....	16
2.3.3 Celda de manufactura.....	16
2.3.4 Centro de trabajo	17
2.3.5 Por proyecto	17
2.4. Procesos de inyección.....	17
2.5. Sistemas de trazabilidad	18
2.5.1 Código de Barras	22
2.5.2 Tecnología RFID.....	23
2.6. Estudios relacionados	26
3. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Diagnóstico del área	30
3.2. Desarrollo del programa.....	31
3.3. Implementación del sistema.....	32
3.4. Evaluación del sistema y resultados	32
4. IMPLEMENTACIÓN	33
4.1. Diagnóstico del área	33
4.2. Desarrollo del programa.....	40
4.3. Implementación del sistema.....	42
4.4. Evaluación del sistema y resultados	44
5. CONCLUSIONES.....	55
5.1. Conclusiones.....	55
5.2. Recomendaciones.....	56
5.3. Trabajos futuros	56

6. REFERENCIAS.....	57
7. ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Aplicaciones de los sistemas de trazabilidad.	22
Tabla 2.2. Comparación de las tecnologías de Código de Barras y RFID. (Li, 2012; Hozak y Collier, 2008)	26
Tabla 4.1. Clasificación de defectos	35
Tabla 4.2. Causas y posibles soluciones por defecto.	36
Tabla 4.3. Defectos atribuibles a otras áreas.....	37
Tabla 4.4. Descripción de las variables a monitorear.	40
Tabla 4.5. Puntos para la capacitación.	43
Tabla 4.6. Porcentaje de defectos registrados divididos por estación.	46
Tabla 4.7. Porcentaje de defectos registrados divididos por turno y estación.	48
Tabla 4.8. Porcentaje de defectos registrados divididos por estación, después de implementar acciones correctivas.	51
Tabla 4.9. Porcentaje de defectos registrados divididos por turno y estación, después de implementar acciones correctivas.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ciclo PDCA (Adaptación Liker y Meier, 2006).....	10
Figura 2.2. Matriz de procesos y productos, (Chase et al., 2009).	15
Figura 2.3. Componentes de un sistema de código de barras (Li et al., 2003)	23
Figura 2.4. Componentes de un sistema RFID (Chen et al., 2007)	24
Figura 2.5. Beneficios del RFID a través de la cadena de suministro (Tajima 2007).....	25
Figura 3.1. Metodología propuesta.....	29
Figura 3.2. Metodología para implementar un sistema RFID (Fachri et al., 2018).	30
Figura 4.1. Total de defectos en el periodo Enero – Septiembre.....	37
Figura 4.2. Relación de defectos dividido por cliente.	38
Figura 4.3. Porcentaje del scrap total dividido por cliente.	39
Figura 4.4. Porcentaje del re-trabajo total dividido por cliente.....	39
Figura 4.5. Primera revisión del programa.	41
Figura 4.6. Segunda revisión del programa.....	41
Figura 4.7. Tercera revisión del programa.....	42
Figura 4.8. Pantalla del programa dentro del área.	44
Figura 4.9. Defectos registrados en las primeras 5 semanas de pruebas.....	45
Figura 4.10. Porcentaje de defectos registrados divididos por estación.....	46
Figura 4.11. Porcentaje de defectos dividido por turno.	47
Figura 4.12. Porcentaje de defectos registrados divididos por turno.	48
Figura 4.13. Defectos registrados después de implementar acciones correctivas.	50
Figura 4.14 Porcentaje de defectos divididos por estación, después de implementar mejoras.....	51
Figura 4.15. Porcentaje de defectos dividido por turno, después de implementar acciones correctivas.....	52

Figura 4.16. Porcentaje de defectos divididos por turno, después de implementar mejoras..... 54

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo los productos plásticos tienen cada vez mayor presencia en la sociedad (Agazzi et al., 2014), sus aplicaciones van desde juguetes, componentes electrónicos hasta partes de aviones y automóviles; el plástico es un material que presenta múltiples ventajas como alta durabilidad, baja densidad y resistencia química, además de funcionar como aislantes y son económicos para producir en masa (Yang et al., 2016).

El moldeo por inyección es uno de los procesos más utilizados para la elaboración de los productos plásticos, siendo aproximadamente el 50% de la producción mundial fabricada por este medio (Wang et al., 2015). Debido a las propiedades del material y a la tasa tan elevada de producción, este proceso presenta defectos constantemente, los cuales son ocasionados por múltiples factores como la maquinaria, el método empleado, mano de obra, entre otros, que en ocasiones no es posible identificar estas causas, por lo que para contribuir con el flujo de la información de los productos en la cadena de suministro, se propone la implementación de un sistema de identificación de productos y captura de datos, es decir, un sistema de trazabilidad electrónica mediante código de barras.

Además de proporcionar información acerca de los causales de los defectos encontrados en los productos, estos sistemas son de gran importancia en las distintas empresas debido a la gran cantidad de transacciones que se realizan diariamente, obteniendo información para la planeación y control de las operaciones de todos los involucrados en el proceso, incluyendo proveedores, transportistas, distribuidores y clientes, por lo que un sistema de trazabilidad se ofrece como un valor agregado, incluso para algunas empresas es un requerimiento legal (Correa, Álvarez y Gómez, 2009; Dassatti, 2015; Sepúlveda Peña et al., 2009; Hockenberger, 2014).

A continuación, se exponen los antecedentes del problema en cuestión, se establecen objetivos y delimitaciones, así como la justificación del proyecto.

1.1. Presentación

El proyecto se llevó a cabo en una empresa manufacturera de arneses localizada al noroeste de México. La cual es proveedor de arneses para el sector automotriz con clientes alrededor del mundo, como fabricantes de motocicletas, automóviles de lujo, y especialmente, de maquinaria pesada. En Hermosillo, Sonora, la empresa cuenta con dos instalaciones de manufactura, sin embargo el proyecto se realizó en una de ellas.

Un arnés electrónico es un conjunto de uno o más circuitos eléctricos, al que se le pueden ensamblar adicionalmente conectores, clips, terminales, cintas, espumas, abrazaderas y otros productos (Monge, 2013).

A grandes rasgos, el proceso para la fabricación del arnés es el siguiente: el cable es cortado en máquinas especializadas, después se agregan terminales, sellos, remaches, entre otros componentes; continúa el proceso en el área de ensamble final, en donde los cables forman el arnés, el cual se recubre con cinta aislante o de tela, así como de malla si así lo requiere el cliente. En el caso de algunos números de parte, se requiere de recubrimiento especial de espuma debido a las funciones que el arnés debe cumplir dentro del automóvil. Es en esta última área en donde se llevó a cabo el proyecto.

Se encontraban múltiples problemas dentro del área de inyección de espuma, entre algunos de los que se presentaban eran la subutilización de mano de obra y maquinaria, falta de capacidad para procesar las piezas que envía ensamble final; además de falta de organización dentro del área. Cabe mencionar que aun cuando se tenía un control de los números de parte procesados, la cantidad de defectos y la eficiencia que tiene el proceso de inyección de espuma, existían gran cantidad de parámetros que no se conocían puntualmente, o en ocasiones, los datos no

coincidían con la realidad del proceso. Además, se desconocía cuándo y dónde ocurrió cada defecto, así como el responsable de este.

El proceso de inyección de espuma consiste en: 1) preparar un molde rociándolo con cera para que la pieza salga con facilidad al terminar el ciclo; 2) colocar la pieza en el molde e inyectar la mezcla; 3) esperar a que la mezcla se solidifique; 4) remover la pieza y retirar excesos de espuma. El proceso se describe a detalle en el Anexo 1.

Del desperdicio total de la empresa, el área de inyección de espuma representaba el 18%. Una de las principales fuentes de desperdicio en el área son los defectos, de los cuales solo el 24% son re trabajables. Además, el límite de defectos permitidos era superado constantemente, ya que el nivel máximo aceptable a la semana es de 4000 PPM's (partes por millón), y en los primeros tres meses del año se habían registrado 9000 PPM's en promedio. Las no conformidades más comunes son: cable dañado, recubrimiento de espuma incompleto, dimensiones incorrectas, burbujas en la superficie del material, entre otros.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente se desecha una gran cantidad de material, lo que se traduce en pérdidas monetarias importantes. En el transcurso del año, diariamente se ha gastado en promedio el 77% de la suma presupuestada para defectos; sin embargo, se observa una tendencia a que este porcentaje se incremente, por lo que el área de ingeniería ha proyectado que en los próximos meses se supere el límite establecido.

1.3. Objetivo general

Desarrollar una metodología de mejora para un proceso de producción mediante la implementación de un sistema de monitoreo electrónico que permita obtener la trazabilidad de los productos procesados e identificar el origen de los problemas de calidad, validando la funcionalidad del sistema con un cliente específico.

1.4. Objetivos específicos

- Analizar el área para conocer los principales problemas del proceso de inyección de espuma.
- Desarrollar una metodología de uso y evaluación del sistema de monitoreo electrónico, así como de los beneficios que se esperan obtener de él.
- Implementar el sistema de monitoreo electrónico dentro del área de inyección de espuma.
- Validar y evaluar los resultados del sistema de monitoreo electrónico en un caso específico.

1.4. Hipótesis

El desarrollo de una metodología de mejora para un proceso de producción mediante monitoreo electrónico permitirá obtener la trazabilidad del producto y la eficiencia del área en tiempo real, lo que facilitará la toma de decisiones.

1.5. Alcances y delimitaciones

El proyecto se llevará a cabo en una empresa manufacturera de arneses, específicamente en el área de inyección de espuma. Deberá ser un proyecto realizable en un periodo de 12 meses, por lo que se plantea una meta alcanzable para ese tiempo. Por lo tanto, el sistema de trazabilidad de la producción deberá estar implementado en 4 o 5 meses, con el fin de monitorear las mejoras obtenidas y realizar modificaciones en caso de ser necesarias.

El sistema de trazabilidad será implementado en toda el área de inyección de espuma, sin embargo, para la validación del correcto desempeño de este, se evaluarán las mejoras realizadas en los arneses de un solo cliente, DAF.

1.6. Justificación

Mediante un sistema de trazabilidad de producción, se tendrá control de esta en tiempo real, lo que permitirá conocer los productos que entran y salen del área, la eficiencia por molde y los defectos por estación, entre otros beneficios. Con la información obtenida, se podrán tomar acciones específicas según operador, estación, molde o inclusive por la hora del día, ya que el sistema de trazabilidad brindará datos precisos acerca de los defectos que ocurren en el proceso. En resumen, la utilización de un sistema de monitoreo electrónico se traducirá en un mediano plazo en reducción de defectos y aumento de la eficiencia general del área.

2. MARCO DE REFERENCIA

Con la finalidad de comprender cada una de las secciones de este documento, es importante conocer los conceptos y herramientas relacionadas con la manufactura esbelta, así como las generalidades de los sistemas de trazabilidad y sus distintas aplicaciones, explorando algunos estudios relacionados que se han aplicado en diferentes partes del mundo. Por lo tanto, en este capítulo se presenta una recopilación de la información requerida para la completa comprensión de los temas relacionados a esta investigación.

2.1 Manufactura Esbelta

El término de manufactura esbelta (o lean manufacturing) presenta numerosas definiciones, dependiendo del autor o de la industria en cuestión. Hernández y Vizán (2013) definen lean manufacturing como una filosofía de trabajo, siempre basada en los trabajadores, definiendo una forma de mejorar y optimizar un sistema de producción mediante la identificación y posterior eliminación de todo tipo de desperdicios. Esta filosofía, promueve un ambiente de mejora continua, procurando siempre la satisfacción del cliente (Monge, 2013).

Con el creciente nivel competitivo entre las distintas empresas la búsqueda por una mayor eficiencia aumenta, por lo tanto, la manufactura esbelta ha ganado popularidad entre industrias manufactureras, empresas de servicios y áreas comerciales; es importante señalar que la implementación de un sistema lean conlleva un enfoque sistemático de varios principios y prácticas de gestión (Tortorella, Lupi y Pereira, 2017), los cuales no funcionarán de la misma forma para todas las empresas. Cada proceso es diferente, y una herramienta utilizada por otra compañía puede no tener sentido en un mercado distinto, lo cual lleva a pensar que la aplicación del sistema lean simplemente “no funciona aquí” (Liker y Meier, 2006). Para evitar este pensamiento es necesario tener conocimiento de algunas de las herramientas de la manufactura esbelta, con la finalidad de elegir la adecuada para el problema que se presente.

Algunas de las técnicas y herramientas de manufactura esbelta más utilizadas son: 5S, trabajo estandarizado, VSM, KPIs, kanban, fábrica visual, PHVA, JAT, análisis de causa raíz, diagrama de causa efecto, 5 porque´s, TPM, SMED, mejora continua, entre otros. A continuación, se hace una breve descripción de las herramientas.

2.1.1 5S

Las 5S, son un grupo de principios y prácticas de origen japonés que permiten mejorar el ambiente del lugar de trabajo y la calidad de la vida laboral (Manotas y Rivera, 2007). Santiago (2017), menciona que las 5S representan las cinco acciones clave para conseguir un entorno de trabajo limpio, ordenado y seguro: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener disciplina. Entre los beneficios adicionales que brindan estos principios se encuentran:

- Espacio recuperado.
- Material innecesario desechado o con posibilidad de venderse.
- Material en buenas condiciones que se creía perdido.
- Ahorro de tiempo al tener material, herramental y documentos ordenados.
- Reducción de costos de no calidad, al evitar defectos.

2.1.2 Estandarización de trabajo

Es una descripción precisa de cada actividad de trabajo, incluyendo la información más relevante para el desarrollo del mismo (Hernández y Vizán, 2013); con esto se formaliza la forma en la que el trabajo es realizado, mejorando la consistencia y repetitividad (Manotas y Rivera, 2007). Con la estandarización del trabajo se busca eliminar la variación y desperdicio, llevando a cabo las operaciones de manera más sencilla, ágil y con menor costo, procurando la seguridad y la satisfacción del cliente, haciendo las actividades siempre de la misma forma (Gonzalez, 2007).

2.1.3 Mapeo de la Cadena de Valor

Al hablar sobre la cadena de valor, nos referimos a todas las acciones por las que pasa un producto desde el almacén de materia prima, hasta llegar al cliente. Mediante la utilización de la herramienta de mapeo de la cadena de valor, se toma en cuenta todos los procesos a los que es sometido determinado producto, de manera que se pueda mejorar todo y no sólo partes aisladas. El mapeo de la cadena de valor, puede realizarse incluso antes de la extracción de la materia prima, procurando mejorar cada detalle de la creación del producto hasta llegar al cliente final, sin embargo para las empresas, lo importante consiste en realizar el mapeo de cadena de valor de “puerta a puerta”, es decir, sólo lo que sucede dentro de la planta en cuestión (Rother y Shook, 1999).

2.1.4 KPI (Key Performance Indicators)

Los indicadores clave de comportamiento son instrumentos de medida, que dan seguimiento a los procesos en una organización, evaluando sus progresos (Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013). Existen KPIs de distintos niveles para monitorear diferentes objetivos; un KPI de alto nivel se enfoca en el desarrollo general de la empresa, mientras que un KPI de bajo nivel se enfocará en procesos específicos por departamento. Para identificar apropiadamente las características de estos indicadores, distintos autores utilizan el acrónimo “SMART” que significa (Pîrlog y Balint, 2016.; Kuhfahl et al., 2018):

S = Specific (específico): que sea claro, enfocado a un objetivo específico.

M = Measurable (medible): que sea expresado de forma cuantitativa.

A = Attainable (alcanzable): que los objetivos sean razonables y alcanzables.

R = Realistic or relevant (realista o relevante): que sea necesario para el trabajo.

T = Time-Based (con base en tiempo): que se establezca un periodo para la obtención de objetivos.

2.1.5 Kanban

Es un sistema que física o electrónicamente transmite información al proceso anterior sobre la necesidad de reabastecer material (Manotas y Rivera, 2007). Este método de control de producción permite tener el producto correcto, en el momento indicado y en las cantidades requeridas (Xavier y Murta, 2015). Las tarjetas kanban permiten identificar problemas en el flujo de la producción, mantener la sincronización de inventario y el flujo de material entre las celdas de producción (Álvarez et al., 2009). Existen tres tipos de kanban: de retiro, de producción y de señal, que permiten al trabajador saber cuánto material debe retirar, cuanto es necesario producir y cuando es necesario reabastecer determinado material (Cox y Ulmer, 2015).

2.1.6 Gestión visual / fábrica visual

La gestión visual es una herramienta que hace evidente las desviaciones o irregularidades en un área o proceso mediante ayudas visuales (Manotas y Rivera, 2007), como paneles, gráficos, esquemas o instrucciones (Hernández y Vizán, 2013). La gestión visual provee de grandes beneficios para la comunicación y la estandarización, al compartir información estratégica con todos los involucrados al proceso (Bititci, Cocca y Ates, 2016), estimulando la mejora continua e incrementando la eficiencia del proceso (Jaca et al., 2014). En el sector productivo, la gestión visual proporciona soluciones a los distintos problemas o situaciones que se pueden presentar en el proceso, mantiene un ambiente seguro, previene fallas de operación y permite compartir información (Murata y Katayama, 2016).

2.1.7 PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar)

El ciclo PHVA (PDCA por sus siglas en inglés), o ciclo de Deming consta de cuatro pasos que son la base del mejoramiento continuo: planear, desarrollar, comprobar y actuar (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009), más que tareas específicas representa trabajo en proceso (Pérez-Vergara et al., 2016); es un ciclo que permite evaluar y mejorar las soluciones implementadas o que se quieran implementar, además crea

un mentalidad en el personal de constantemente verificar que tan efectivos son los métodos utilizados en el proceso (Brassard et al., 2002). Este ciclo debe guiar todos los procesos de mejora continua, desde pequeñas mejoras hasta las más radicales (Hernández y Vizán, 2013).

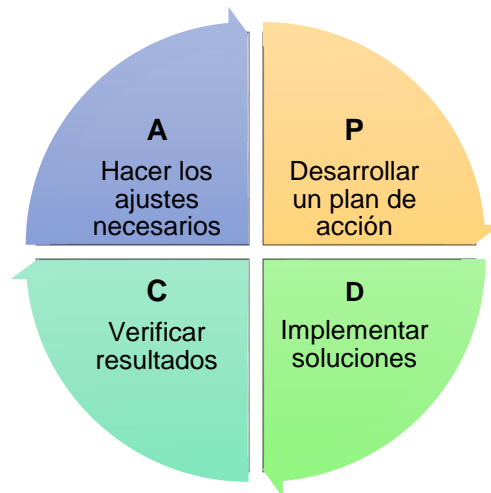


Figura 2.1. Ciclo PDCA (Adaptación Liker y Meier, 2006).

2.1.8 JAT (Justo a Tiempo)

El Sistema justo a tiempo consiste en producir la pieza correcta, en la cantidad necesaria, en el momento preciso (Jasti y Kodali, 2015; Hernández y Vizán, 2013); el material innecesario deberá ser retirado de producción debido a que se considera un desperdicio. Este sistema es ideal para la manufactura repetitiva, con artículos iguales o similares, sin requerir de altos volúmenes (Chase et al., 2009). En la producción “justo a tiempo”, los materiales deben ser jalados por los centros de trabajo subsiguientes, ya que no deberán ser enviados si no son requeridos por los “clientes internos” (Schroeder, Meyer y Rungtusanatham, 2011).

2.1.9 Análisis de causa raíz

Es una herramienta para identificar qué, cómo y porqué sucedió un hecho. Es importante encontrar la verdadera causa de un problema y no sólo los síntomas perceptibles a simple vista, ya que de esta forma será posible atacar el verdadero

problema. El proceso del análisis de causa raíz consta de cuatro pasos (Monge, 2013): recopilación de datos, graficar las causas, identificar la causa raíz y generar recomendaciones e implementarlas. El análisis de causa raíz emplea simples herramientas para encontrar la solución a los problemas: 5 porque´s, diagrama de causa – efecto, entre otros (Manotas y Rivera, 2007).

2.1.10 Diagrama causa efecto

Con la finalidad de identificar, explorar, y mostrar gráficamente, con gran detalle las posibles causas de un problema, el diagrama de causa – efecto ayuda a un equipo integral a buscar las causas de un problema, para enfocarse en lo que realmente lo provoca, no solo en los “síntomas” (Brassard et al., 2002). Es importante señalar que para la correcta realización de este diagrama se requiere de un conocimiento profundo de la organización o proceso, así como de los problemas que se presentan (Monge, 2013). También se conoce como diagrama de Ishikawa, en honor a su creador Kaoru Ishikawa (Hernández y Vizán, 2013).

2.1.11 5 porque´s

El método de preguntarnos 5 veces “¿Por qué?” es una herramienta de análisis que busca encontrar la causa raíz de un problema (Hernández y Vizán, 2013); mediante este procedimiento evitamos aceptar la causa superficial, la cual raramente es la que ocasiona el problema, sin embargo, en múltiples ocasiones se trata de forzar a preguntar exactamente 5 veces “¿por qué?” (Liker y Meier, 2006), sin tomar en cuenta que la verdadera causa puede ser encontrada en la tercer o cuarta pregunta, y que seguir buscando llevará a una solución fuera del alcance del problema real; una forma de saber cuándo dejar de preguntarse “¿por qué?” es conocer el alcance de la autoridad de la persona que investiga el problema (Brassard et al., 2002).

2.1.12 TPM (Total Productive Maintenance)

El mantenimiento productivo total consta de un conjunto de técnicas y herramientas que buscan cambiar la forma en la que se lleva a cabo el mantenimiento, ya que en

vez de realizarse cuando hay problemas, este debería ser una parte normal en el proceso (Manotas y Rivera, 2007).

El objetivo del TPM es la máxima efectividad de los equipos, involucrando a todo el personal de todos los departamentos y niveles; entre sus actividades incluye: sistema de mantenimiento, educación en orden y limpieza, habilidades de solución de problemas y acciones para lograr cero paros en producción y tener un lugar de trabajo seguro (Hernández y Vizán, 2013); cada elemento del sistema busca la perfección en las operaciones mediante acciones ordenadas, siguiendo una metodología específica (Gonzalez, 2007).

2.1.13 SMED (Single Minute Exchange of Die)

El método SMED (cambio rápido de herramental) es una forma sistemática de mejora para analizar y disminuir los tiempos de preparación o set ups (Manotas y Rivera, 2007; Hernández y Vizán, 2013). Es un proceso que busca mejorar la eficiencia y exactitud al realizar trabajo de cambios con procedimientos bien documentados, buscando aumentar la flexibilidad, reducir los tiempos de cambio, incrementar el tiempo de operación de máquina, mantener el alto desempeño después de realizar los cambios y reducir inventarios (Gonzalez, 2007). Este método se puede aplicar a cualquier equipo que deba cambiar, lo que incluye cambio de herramienta, material o cambiar a una configuración de producto distinta (Liker y Meier, 2006).

2.1.14 Mejora continua

La mejora continua, o kaizen (en japonés), busca mejorar de forma constante los recursos de una organización, así como la forma de utilizarlos, aplicando ideas o sugerencias de los propios miembros de la compañía (Chase et al., 2009); es la suma de los esfuerzos de mejora que nunca terminan, así como la consistencia para mantener la disciplina de seguir mejorando, como lo menciona el eslogan de Toyota Lexus, “La búsqueda apasionada de la perfección” (Manotas y Rivera, 2007). Además de ver por los beneficios económicos, la mejora continua también deberá

tomar en cuenta el factor humano, velando por la influencia que puede tener en la calidad de vida de los trabajadores (Ramírez y Álvaro, 2017).

2.2. Desperdicios

Los desperdicios dentro de una empresa no sólo se traducen en productos defectuosos, o servicios que no cumplan con las satisfacciones del cliente.

Toyota ha identificado 7 tipos de desperdicios, como lo mencionan Liker y Meier (2006):

1. Sobreproducción
2. Espera
3. Transporte
4. Sobre procesamiento
5. Exceso de inventario
6. Movimientos innecesarios
7. Defectos

Con la finalidad de una mayor comprensión de cada uno de los desperdicios, estos serán detallados a continuación:

La sobreproducción, considerada como la “madre de los desperdicios” debido a que es la que provoca los demás (Monge, 2013). Consiste en fabricar y almacenar más material y producto del necesario, más de lo requerido por el cliente (George, 2010). Es el desperdicio más serio ya que se refleja en exceso de inventario y usualmente se utiliza para disfrazar otros problemas en el sistema (Hill, 2018).

El desperdicio por espera, se caracteriza por personas esperando a máquinas automáticas, por material, o por fallas de equipo (Liker y Meier, 2006); también existe la espera de un producto en proceso que no muestra avance para ser

completado, lo cual no agrega valor (Hill, 2018); comúnmente este desperdicio es causado por una mala programación del tiempo muerto de los equipos, falta de materia prima, mal balanceo entre la capacidad de trabajo y la maquinaria, entre otros, (Minardi, 2017).

El transporte es necesario en todo proceso, sin embargo, constantemente se busca disminuirlo en mayor medida. Se entiende por transporte todas las entradas, salidas y movimientos intermedios de material dentro de un proceso (George, 2010). El transporte no es un desperdicio, pero el transporte no eficiente, que no agrega valor al producto, es al que llamamos desperdicio (Monge, 2013). Los factores que contribuyen al transporte ineficiente son los grandes espacios entre equipos, una mala distribución de planta, e inclusive trabajadores realizando movimiento de material que podría ser automatizado (Minardi, 2017).

Al realizar más actividades de las necesarias para cumplir con los requerimientos del cliente, que no agregan valor al producto (Minardi, 2017), encontramos un desperdicio difícil de identificar y de eliminar, el sobre procesamiento (Hill, 2018). Las tareas extras realizadas van desde simple papeleo que puede ser sustituido por tecnología (Monge, 2013), hasta procesar varias ocasiones un producto debido a un mal diseño del mismo o de la herramienta, lo cual conlleva a movimientos innecesarios y defectos (Liker y Meier, 2006).

El exceso de inventario, ya sea de materia prima, producto en proceso o producto terminado, se debe a una mala sincronización en la cadena de suministro (George, 2010), el inventario utiliza espacio de trabajo valioso y dificulta encontrar el material (Minardi, 2017), también provoca tiempos de entrega mayores, obsolescencia, daño de producto, costos de transporte, almacenamiento y retrasos; además, este desperdicio esconde distintos problemas, entre los cuales se encuentran un mal balanceo de producción, atrasos en las entregas de proveedores, defectos y tiempos muertos del equipo (Liker y Meier, 2006).

El movimiento innecesario, se define como cualquier movimiento que las personas realizan durante el trabajo que no agrega valor al producto (Hill, 2018), como buscar,

acomodar material, herramienta, e inclusive caminar (Liker y Meier, 2006). Esto puede deberse a un mal diseño de las estaciones de trabajo, no tener las herramientas disponibles y una distribución desorganizada con gran espacio entre estaciones de trabajo (Minardi, 2017).

Por último, los defectos son los productos que no cumplen con las especificaciones del cliente (Minardi, 2017), también se pueden identificar como la producción que requiere de re-trabajo o debe desecharse (Hill, 2018), incluyendo los productos devueltos por el cliente (Monge, 2013). El incurrir en defectos significa un desperdicio en manejo de materiales, de tiempo y esfuerzo (Liker y Meier, 2006).

2.3. Procesos de producción

Para la adecuada realización de los procesos de producción, existen cinco tipos de flujos de producto o estructuras básicas, según el volumen de producción y la flexibilidad de la misma, los cuales son proceso continuo, línea de ensamble, celda de manufactura, centro de trabajo, y proyecto (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

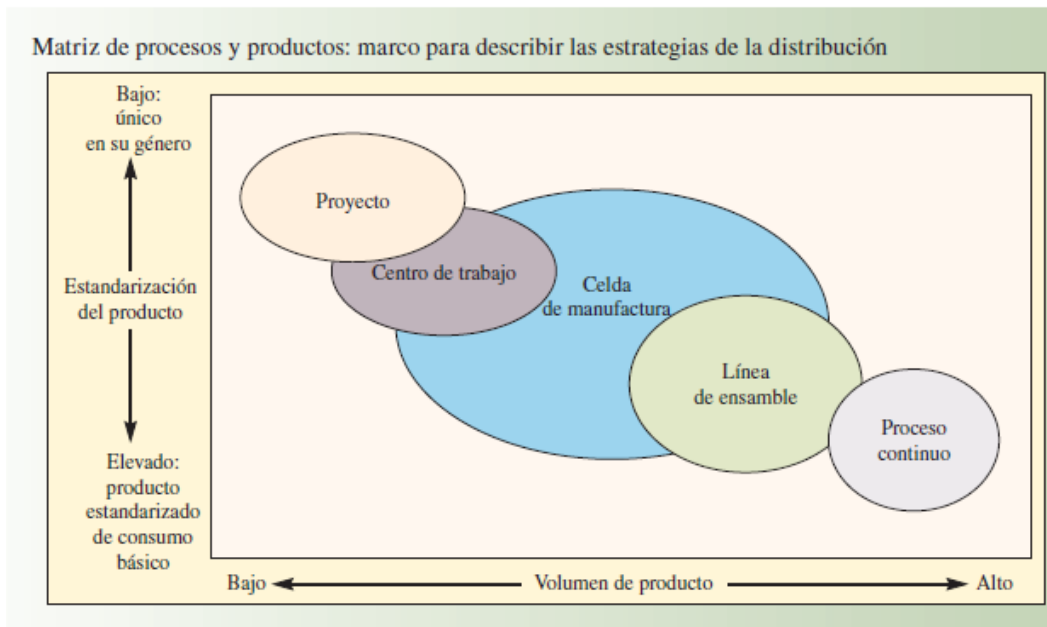


Figura 2.2. Matriz de procesos y productos, (Chase et al., 2009).

2.3.1 Proceso continuo

La producción se lleva a cabo de forma continua, cuenta con estructuras altamente automatizadas, las cuales pueden funcionar las 24 horas del día, siendo muy costoso apagarlas y encenderlas de nuevo (Chase et al., 2009); los productos obtenidos mediante este proceso suelen ser líquidos o semisólidos que pueden bombearse o fluir de una operación a otra. Algunas de sus ventajas son el poder operar a toda su capacidad, minimizando inventarios y costos de distribución, por lo que el costo final del producto es muy bajo, sin embargo, la flexibilidad del sistema es muy limitada (Schroeder et al., 2011).

2.3.2 Líneas de ensamble

Los procesos de trabajo están ordenados según los pasos que sigue la producción de determinado producto manteniendo un ritmo controlado como en el caso de ensamble de juguetes, aparatos electrónicos y automóviles (Chase et al., 2009). El proceso utiliza una distribución física del producto ya que las máquinas y mano de obra son dispuestas según el flujo del mismo, ideal para fabricación en masa, con alto volumen y productos estandarizados; es un proceso muy eficiente, pero también muy inflexible (Schroeder et al., 2011). Esta forma de producción es utilizada por todas las grandes empresas automotrices y sus proveedores, debido a la alta demanda, la competencia y el constante requerimiento de innovación y optimización del proceso (He et al., 2017).

2.3.3 Celda de manufactura

Consta de un área dedicada a la fabricación de productos con procesos similares, tomando en cuenta que una empresa puede contar con varias celdas de manufactura en su área de producción (Chase et al., 2009). El proceso utiliza una distribución física del proceso debido a que las máquinas y mano de obra se disponen en centros de trabajo; la producción se realiza en lotes, por lo que el flujo es discontinuo e intermitente lo que conlleva a altos inventarios debido al producto en espera de procesamiento. Este sistema aporta mayor flexibilidad que las líneas

de ensamble, pero el volumen de producción es bajo, con lotes de tamaño muy variable (Schroeder et al., 2011).

2.3.4 Centro de trabajo

Un lugar para agrupar equipos similares en áreas particulares, de modo que una pieza pasa de un centro de trabajo a otro para completar su proceso; también se conoce como taller de trabajo (Chase et al., 2009). El producto se fabrica en lotes pequeños según las especificaciones del cliente, cuenta con alta flexibilidad pero los costos son mayores debido al bajo volumen y estandarización (Schroeder et al., 2011). Los productos procesados en centros de trabajo presentan ciclos de vida muy cortos e incertidumbre en los incrementos de la demanda (Yuan y Graves, 2016).

2.3.5 Por proyecto

En la producción por proyecto el producto requiere de un lugar fijo, de forma que el equipo de producción debe moverse hacia el mismo (Chase et al., 2009). Por lo general esta producción se aplica para productos únicos o creativos, como conciertos, edificios, puentes, o aviones; el costo de producción es elevado, cada proyecto tiene características únicas, con múltiples detalles y en ocasiones se requiere de innovación durante el proceso de producción (Schroeder et al., 2011).

2.4. Procesos de inyección

El proceso de inyección por moldeo es el más utilizado en la industria, sin embargo, debido a las propiedades del material, se presentan defectos constantemente (Agazzi et al., 2014). La demanda de productos fabricados por inyección sigue en aumento, y las piezas a fabricar son cada vez más complejas, por lo que es necesario producir a un ritmo más elevado (Raz, Zahalka y Polak, 2016), lo que provoca que se presente una mayor cantidad de defectos si el proceso no se estabiliza de forma adecuada. Como lo mencionan Cuahuizo y Martínez (2007), durante los últimos años en Estados Unidos, la industria de plásticos ha crecido a una tasa de 12% anual, siendo el moldeo por inyección, el principal proceso

utilizado, fabricando desde juguetes como los bloques LEGO o juguetes Playmobil, hasta componentes de automóviles, aviones y naves espaciales.

La inyección por moldeo es uno de los procesos más importantes en la manufactura de partes plásticas, debido a la facilidad de productos de alta calidad; además, posee distintas ventajas, entre las que se encuentran una alta estabilidad dimensional, ciclos cortos de producción, superficies finas y limpias, moldeo fácil de formas complicadas y bajos costos de producción (Ortiz, 2014).

Los diseños actuales de las máquinas de inyección de plástico son debido a la demanda de productos con distintas características geométricas y diferentes tipos de polímeros. Su diseño ha cambiado para que las piezas fabricadas tengan un menor costo, por lo que es necesaria realizar el proceso con rapidez y con un ciclo de inyección corto y preciso (Cuahuizo y Martínez, 2007).

Este proceso requiere de temperaturas y presiones más elevadas que las otras técnicas de transformación, pero produce piezas de mayor precisión; sin embargo, en ocasiones las piezas deben ser refinadas para eliminar la rebaba. El proceso consiste en inyectar un polímero fundido dentro de un molde cerrado y frío para solidificar el producto y después extraerlo (McBrayer, 1998).

A pesar de las múltiples opciones de productos que se pueden fabricar por medio del moldeo por inyección, se reconoce que estos procesos son también complicados en su operación por la cantidad de variables que es necesario controlar, lo cual incide en la cantidad de desperdicios, que se definen como las actividades que no proporcionan valor agregado desde la perspectiva del consumidor y no es necesaria por razones financieras, legales o de cualquier otra índole (George et al., 2005).

2.5. Sistemas de trazabilidad

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) han crecido rápidamente, lo cual incrementa las oportunidades de las empresas para integrarlas a su cadena de suministro. Las TIC brindan a las organizaciones la posibilidad de mejorar su competitividad, así como la capacidad de respuesta mediante la adaptación de sus

estrategias de operaciones, métodos y tecnologías a datos en casi tiempo real (Musa y Dabo, 2016).

Para contribuir con el flujo de información en la cadena de suministro, de una forma ágil y eficiente, se emplean sistemas de identificación de productos y captura de datos, como las tecnologías de código de barras y radiofrecuencia. Para las distintas empresas, identificar sus productos a través de la cadena de suministro resulta de gran importancia debido a la gran cantidad de transacciones que se realizan diariamente, ya que se requiere información para la planeación y control de las operaciones de los involucrados en la cadena de suministro, como proveedores, productores, transportistas, distribuidores y clientes. Gracias a lo anterior, se ofrece la trazabilidad de los productos como valor agregado y como medio para satisfacer normas y requerimientos legales (Correa et al., 2009).

El término trazabilidad se define como la habilidad para dar seguimiento y localizar productos, lotes o componentes a lo largo de la cadena de suministro desde su primera etapa hasta que este llega al consumidor (Hockenberger, 2014). López (2006) sintetiza el término de trazabilidad como el conjunto de procesos preestablecidos, los cuales permiten conocer la ubicación y la trayectoria de un producto a lo largo de la cadena de suministro, lo que permitirá conocer las materias primas con las que un producto fue fabricado y los procesos por los que estas pasaron, así como conocer los destinos a los que se han enviado los productos.

Comúnmente se emplean los sistemas de trazabilidad para dar seguimiento a un producto dentro de un proceso, sin embargo se manejan muchas definiciones dependiendo del sector en que se aplique, en el caso de la agricultura, por ejemplo, autores como Sepúlveda et al. (2009) proponen 6 tipos de trazabilidad: de producto, de proceso, de las entradas, de afecciones, genética y de las mediciones.

Algunas de las ventajas que presentan los sistemas de trazabilidad es el incremento de la eficiencia operacional, ya que el registro de la información será más rápido y certero, así como el procesamiento de datos; permite seguir el producto de forma más eficiente permitiendo responder rápidamente a cualquier situación que pueda

ocurrir; además, estos sistemas ayudan a disminuir el tiempo de trabajo de los empleados, y permiten identificar problemas específicos buscando en el sistema, sin necesidad de traer a todo el personal involucrado (Rădulescu y Popescu, 2014).

Los sistemas de trazabilidad tienen múltiples aplicaciones en distintos sectores, como se muestra en la tabla 2.1:

Sector	Resumen	Tecnología	Referencia
Agricultura	Propuesta de trazabilidad para productos agrícolas, para seguridad del consumidor.	Infraestructura de clave pública	Sepúlveda et al., 2009
Agricultura	Modelo de un Sistema de trazabilidad usando Big Data e Internet de las cosas para agricultura y seguridad de los alimentos.	Tecnologías Big Data	Giagnocavo et al., 2017
Alimenticio	Ley en Estados Unidos que obliga al productor a tener trazabilidad de los alimentos, para seguridad del consumidor.	Código de Barras	Rickard, 2011
Alimenticio	Sistema con código QR para monitorear las etapas que recorren productos marinos, asegurando que se encuentren a temperaturas adecuadas.	QR	Xiao et al., 2017
Almacenes	Sistema de trazabilidad de pallets dentro de un almacén	RFID	Ángeles, 2005
Almacenes	Implementación de código de barras en un almacén para trazabilidad de tarimas.	Código de Barras	Bond, 2015
Almacenes	Implementación de código de barras para mejorar el servicio en una biblioteca universitaria.	Código de Barras	Rădulescu y Popescu, 2014, Vasishta y Dhanda, 2010
Almacenes	Implementación de un sistema de código de barras para reducir costos y pérdida de cartas y paquetes en una oficina escolar de correos.	Código de Barras	Asher-Schapiro, 2014
Almacenes	Optimización de la gestión de un almacén en la industria acerera con sistema RFID	RFID	Xu et al., 2013

Almacenes	Mejora en la gestión y rediseño de un almacén utilizando VSM y un sistema RFID.	RFID	Chen et al., 2013
Almacenes	Implementación de un sistema RFID para simplificar los procesos de selección e incrementar la productividad en un almacén.	RFID	Fachri, Maulana y Rahmad, 2018
Almacenes	Implementación de un sistema RFID para mejorar la gestión de inventario y operaciones en un almacén.	RFID	Wang, Chen y Xie, 2010
Farmacéutica	Importancia de la trazabilidad de medicamentos, desde su lote de producción, hasta el punto de venta.	RFID	Hockenberger, 2014
Farmacéutica	Implementación de Sistema de código de barras en la farmacia de un hospital, para el correcto abastecimiento de los medicamentos.	Código de Barras	Louden et al., 2017
Ganadería	Sistema de código de barras, nacional, para conocer las etapas de transformación del ganado desde el nacimiento hasta el punto de venta.	Código de Barras	Dassatti, 2015
Hospitalario	Sistema de trazabilidad por código de barras para ayudar en la medicación, reduciendo errores y tiempo de espera, así como dar mayor seguridad al paciente.	Código de Barras	Casado et al., 2015, Miller et al., 2013, Seibert et al., 2014, Wild, Szczepura y Nelson, 2011, Wang, Brummond y Stevenson, 2016.
Manufactura	Modelo de simulación para comparar la eficiencia de sistemas de trazabilidad en un proceso de manufactura.	RFID, Código de Barras	Hozak y Collier, 2008
Manufactura	Implementación de un Sistema RFID en una empresa manufacturera de persianas.	RFID	Ramírez, 2013

Manufactura	Interfase para cambiar de código de barras a RFID en logística automotriz	RFID	Schmidt, Thoroe y Schumann, 2013
-------------	---	------	----------------------------------

Tabla 2.1. Aplicaciones de los sistemas de trazabilidad.

2.5.1 Código de Barras

La tecnología de códigos de barras, es una de las más utilizadas gracias a su rápido escaneo en comparación con otros sistemas de código, y por la gran velocidad de captura de información en comparación con la captura manual de datos (Wasule y Metkar, 2017), puede ser utilizado en cualquier tipo de sociedad, en industrias o mercados (Rădulescu y Popescu, 2014).

Correa et al. (2010) definen este sistema como una tecnología de codificación que permite capturar información de identificación de artículos, de forma automática e inequívoca.

En junio de 1974, el código de barras hizo su primera aparición en ventas, en donde un paquete de goma de mascar fue el primer producto escaneado con código (Hayat, 2012). Este sistema es una representación de datos digitales en código, compuesto de líneas y espacios, lo que permite capturar información para identificar productos, siendo escaneados por sistemas laser o con cámara. Se utiliza para identificar números de productos, números de serie y números de lote. Los códigos de barras juegan un papel importante ya que permiten a las empresas rastrear automáticamente los productos a través de la cadena de suministro (GS1, 2018).

Barry (2011) señala los siguientes beneficios de los sistemas de código de barras:

- Captura de datos más rápida y precisa, reduciendo papeleo, errores y costos.
- Información actualizada.
- Medición de la productividad.
- Reducción en el tiempo de entrenamiento.
- Mejora la toma de decisiones. Entre otros

Sin embargo, Hayat (2012) resume sus beneficios en tres principales categorías:

- Reducir los errores al ingresar datos. Una persona cometerá un error cada 300 veces que teclee información, y los códigos de barra, se estiman un error cada millón de capturas.
- Reducir el tiempo de inspección. Es más rápido encontrar un componente específico identificado con código de barras, en vez de buscarlo visualmente, ya que tardará más tiempo y es posible confundir el componente.
- Incrementar la trazabilidad. Incluye la información del operador, máquina, número de lote, vendedor, entre otros datos.

En la figura 2.3, Li, Chen y Wong, (2003) señalan los componentes de un sistema de código de barras, el cual está compuesto por un escáner, las etiquetas con el código, un sistema de cómputo y un software para procesar la información obtenida.



Figura 2.3. Componentes de un sistema de código de barras (Li et al., 2003)

2.5.2 Tecnología RFID

La tecnología por radiofrecuencia, o RFID (por sus siglas en inglés) es definido por Correa, Gómez y Cano, (2010) como un sistema automático de identificación y adquisición de información, el cual permite recolectar y transferir datos de producción y negocios mediante ondas de radiofrecuencia.

Se compone de una etiqueta electrónica que cumple la función de un transmisor y de un receptor de señal apoyados en un sistema decodificador (middleware);

mediante la etiqueta, se almacenan datos de identificación los cuales son transferidos al receptor de señal mediante ondas de radiofrecuencia y el sistema procesa los datos recibidos con la finalidad de identificar y monitorear el producto en su paso por el proceso de manufactura, enviando los datos a un servidor el cual los manda a otros sistemas internos de información (Ramírez, 2013; Musa y Dabo, 2016; Hozak y Collier, 2008).

La tecnología RFID es capaz de identificar, clasificar y administrar el flujo de información y materiales de forma automática e inalámbrica a través de la cadena de suministro, sin la intervención humana, evitando errores (Chen et al., 2013; Wang et al., 2010).

Además, brinda trazabilidad en tiempo real de los objetos, como productos, camiones, empleados, entre otros elementos que se pueden identificar y seguir de forma automática (Xu et al., 2013). En la figura 2.4 se pueden identificar los elementos que conforman un sistema de RFID.

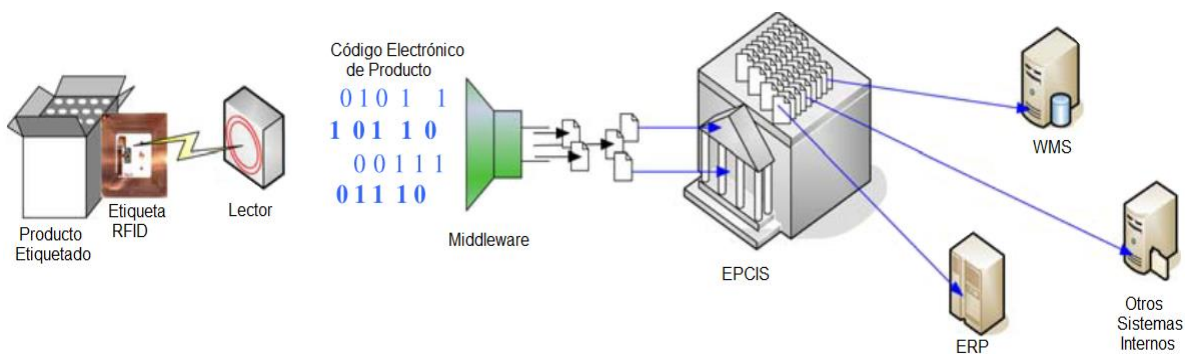


Figura 2.4. Componentes de un sistema RFID (Chen et al., 2007)

Tajima (2007) identifica 15 tipos de beneficios como se muestra en la figura 2.5, divididos en dos grupos principales: beneficios a través de la cadena de suministro, y beneficios para los participantes de la cadena de suministro

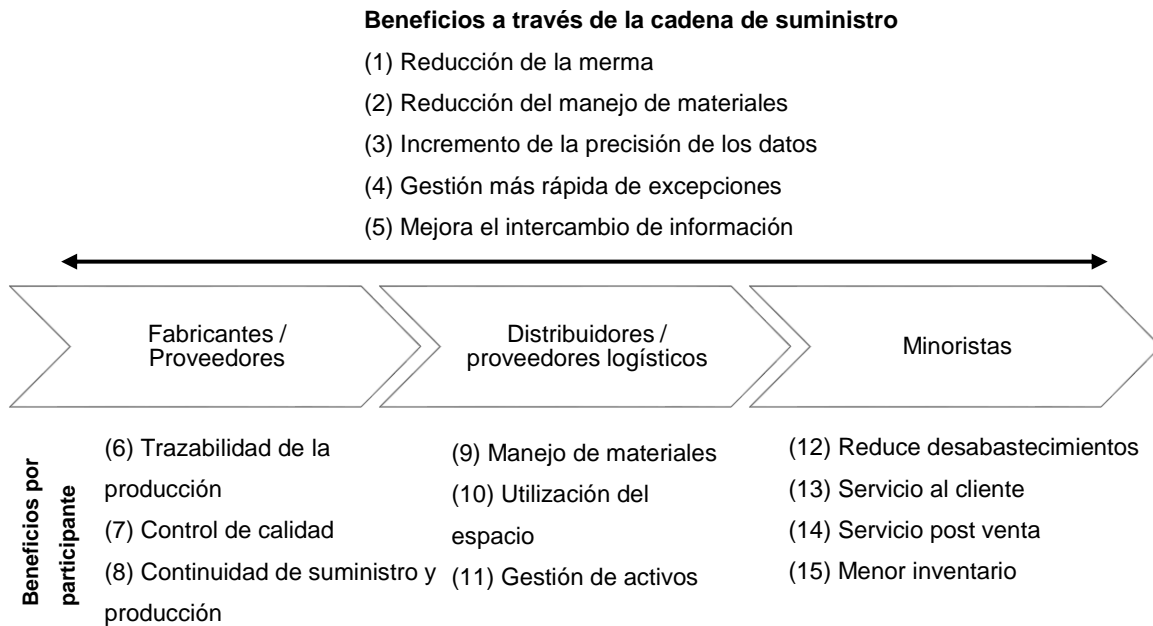


Figura 2.5. Beneficios del RFID a través de la cadena de suministro (Tajima 2007).

Las dos tecnologías descritas, código de barras y RFID, cumplen con el mismo propósito de brindar trazabilidad a un producto o proceso sin embargo la elección de una tecnología o la otra, depende de las necesidades de la empresa, Li (2012) y Hozak y Collier (2008) realizan una comparación entre ambas tecnologías, la cual se sintetiza en la tabla 2.2.

Atributo	Código de Barras	RFID
Tecnología	Tecnología de imagen óptica	Inalámbrica, de radiofrecuencia
Capacidad de datos	Hasta 24 caracteres en códigos lineales y hasta 2000 para bidimensionales	Miles de caracteres
Requerimientos de lectura	Se requiere una línea de visión	Requiere estar dentro del rango de detección
Durabilidad	Sujeta a daños, remoción y uso; no se puede leer si está sucia	Alta, puede estar sujeta a impacto ambiental.
Seguridad	Puede ser fácilmente reproducida la información	La información puede ser encriptada y borrada

Tasa de lectura	Lenta, una a la vez	Se leen varias etiquetas simultáneamente
Costos	La etiqueta cuesta menos de un centavo de dólar, y muchas compañías ya cuentan	Puede costar entre 10 centavos y 50 dólares cada una dependiendo de su capacidad

Tabla 2.2. Comparación de las tecnologías de Código de Barras y RFID. (Li, 2012; Hozak y Collier, 2008)

2.6. Estudios relacionados

Dar seguimiento a los productos y procesos es de gran relevancia en la mayoría de las organizaciones. Los sistemas de trazabilidad, como se mencionó antes, tienen aplicaciones en múltiples sectores, por lo que a continuación se analizan estudios en los que un sistema de trazabilidad fue implementado.

La trazabilidad en la industria cárnica se refiere a la historia del animal desde su nacimiento, fecha y lugar, sexo, raza, datos del propietario y del establecimiento ganadero, así como todos sus movimientos y traslados, hasta la faena y todos los procesos de transformación a diferentes productos para su comercialización. En Uruguay, un país con 13,000,000 de hectáreas destinadas a la producción de ganado vacuno y ovino, siendo la ganadería uno de los sectores más importantes para la economía de este país, resulta de suma importancia la trazabilidad de los productos que se producen, por lo que se realiza mediante el “Sistema Electrónico de Información de la Industria Cárnica” (SEIIC o “cajas negras”), el cual se encuentra instalado en todos los establecimientos de producción de carne. Este sistema cuenta con 7 puestos de captura y registro, cubriendo todas las etapas del proceso: desde la llegada del animal al establecimiento, la faena, las etapas de transformación, elaboración de cortes y despacho de productos (Dassatti, 2015).

En un estudio realizado en el Servicio de Farmacia y el Hospital de Día de Oncología y Hematología, se implementó un sistema de trazabilidad en el proceso fármaco-terapéutico oncológico mediante código de barras, con el fin de dar solución a los problemas por errores de medicación. Para este estudio, se abarcaron todos los procesos de la cadena fármaco-terapéutica oncológica, como lo son la prescripción

electrónica, validación farmacéutica, elaboración, dispensación y administración con verificación por código de barras, y un seguimiento multidisciplinar a los pacientes. Los resultados obtenidos reflejan pacientes con mayor seguridad en la cuestión de suministro de medicamentos, y enfermeros que han evitado múltiples errores de medicación, se generó seguridad y confianza en el proceso para el personal, se obtuvo una mayor coordinación entre el equipo que atiende al paciente y se incrementó la eficiencia del proceso (Casado et al., 2015).

En la biblioteca de la Universidad de Petróleo y Gas de Ploiesti, Rumania, se implementó un sistema de código de barras con la finalidad de ayudar a los estudiantes para facilitar el proceso de préstamo y a los encargados de la biblioteca a minimizar sus esfuerzos reduciendo su trabajo. El sistema contiene información de los libros, su localización, los libros prestados y en existencia, las multas por entregas tardías por alumno, así como la información general de cada estudiante. Este sistema favorece la colaboración entre biblioteca y alumno, reduce los tiempos y mano de obra necesarios para su operación, como en el caso de los inventarios, en donde antes se requería de 25 personas trabajando por una semana, pero con la implementación del sistema de códigos de barras, sólo son necesarias 4 personas trabajando entre 4 y 5 horas (Rădulescu y Popescu, 2014).

3. METODOLOGÍA

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que han de aplicarse para el estudio de determinado problema o situación, por lo que establecer el diseño de la investigación ayudará con el desarrollo de esta.

El enfoque presentado es cuantitativo, ya que es secuencial y probatorio, utiliza la recolección de datos para probar las hipótesis establecidas en base a la medición y análisis estadístico.

Las investigaciones con enfoque cuantitativo tienen distintos alcances, pero el utilizado en este estudio es el explicativo, que busca determinar las causas de los sucesos, ya que su objetivo se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se presenta o buscar el por qué se relacionan dos o más variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Por lo tanto, el diseño de esta investigación es de carácter cuantitativo explicativo.

Con la finalidad de implementar un sistema de código de barras, se propone la metodología ilustrada en la figura 3.1, dividida en 4 etapas, que serán descritas posteriormente de forma detallada para su comprensión.

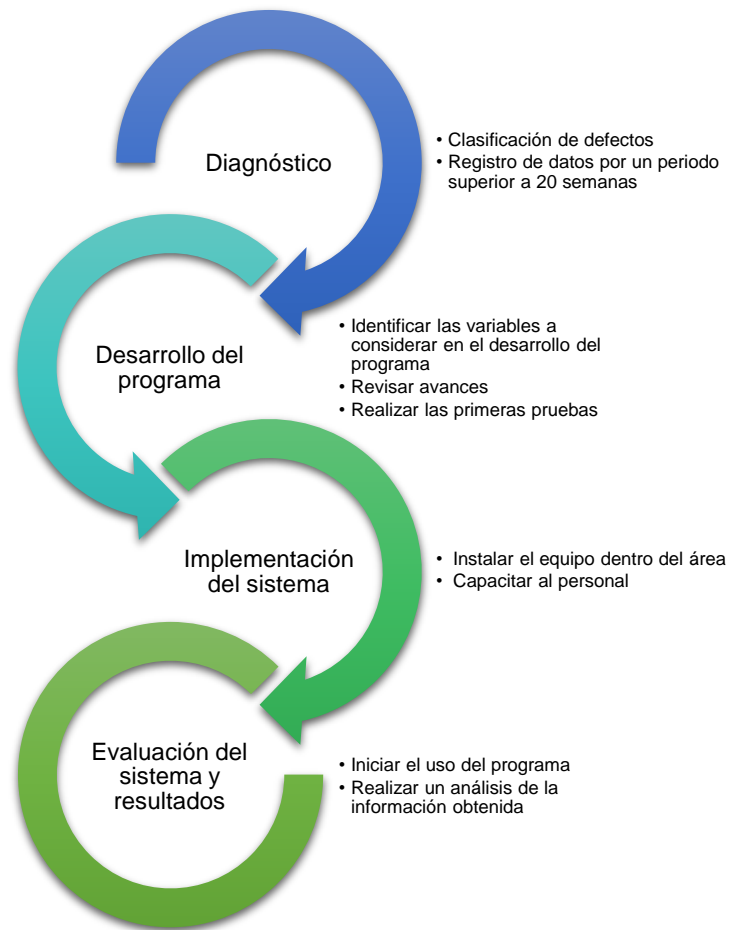


Figura 3.1. Metodología propuesta.

Los pasos por seguir en esta metodología se determinaron con base en los requerimientos que tiene el área para su correcto funcionamiento y la información solicitada por parte del departamento de sistemas para la adecuada programación del software. Para validar la metodología propuesta, se toma en cuenta el estudio realizado por Fachri, Maulana y Rahmad (2018), los cuales proponen en su investigación una metodología similar para implementación de un sistema RFID, como se muestra en la figura 3.2.

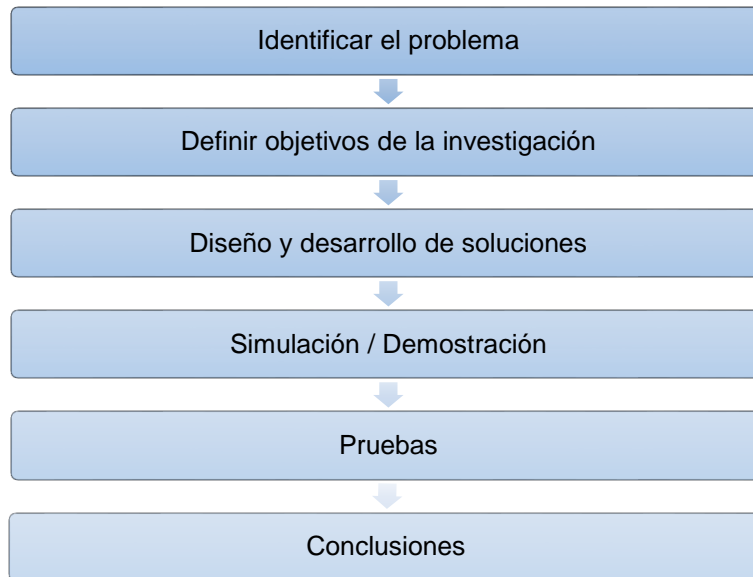


Figura 3.2. Metodología para implementar un sistema RFID (Fachri et al., 2018).

Se eligió la tecnología de código de barras sobre los sistemas RFID principalmente por que la empresa cuenta con la infraestructura similar debido a que actualmente utiliza estos códigos en otras áreas, sin embargo, en el proceso de inyección de espuma estos códigos no son aprovechados. Por tal motivo la inversión se reduce considerablemente, ya que no será necesaria la impresión de etiquetas, ni la adquisición de nuevas impresoras.

3.1. Diagnóstico del área

En esta etapa se debe llevar a cabo un análisis inicial del área, donde se deberán revisar los archivos relacionados a los defectos del área, para conocer cuáles son los principales motivos de ello.

a) Para comenzar con el análisis, es necesario consultar los archivos históricos de los defectos encontrados en el área y posteriormente agruparlos para tener un total de 10 defectos máximo, y generar un código por cada uno, esta nueva clasificación será utilizada en el sistema de trazabilidad.

b) Con la finalidad de conocer cuáles son los clientes en los que se reporta una mayor cantidad de defectos, y de arneses destinados a desperdicios (*scrap*¹), se deberán analizar las piezas desechadas, divididas por línea, o por cliente. Se recopilará información de acuerdo con la nueva clasificación de defectos propuesta durante un periodo superior a 20 semanas.

c) Para continuar con el análisis para conocer los principales defectos que ocurren en el proceso, se deberán identificar los principales clientes afectados los cuales serán los que generen mayores costos de scrap y re-trabajo. Posteriormente se realizarán histogramas para ilustrar gráficamente los resultados obtenidos.

3.2. Desarrollo del programa

En esta etapa se deberá desarrollar una aplicación para la trazabilidad de las piezas procesadas en el área, adecuada a sus necesidades, será importante tomar en cuenta los espacios, las facilidades, los trabajadores y el tiempo, para la eficiente elaboración del software.

a) Se deberá realizar un listado de las variables a considerar para la realización del software, con la descripción de cada una de ellas, el cual será entregado al personal encargado del desarrollo del programa.

b) Periódicamente se deberán llevar a cabo reuniones entre el departamento de sistemas y el personal del área de trabajo para evaluar los avances en el desarrollo del programa y requerir modificaciones en caso de ser necesarias.

c) Posteriormente se deberán realizar las primeras pruebas del programa, simulando las operaciones normales del proceso, escaneando la credencial de un trabajador, el código de un molde y el código de un arnés, de esta forma se visualizarán los avances en el programa y será posible detectar errores en el mismo, antes de implementarlo en el área. Posteriormente, se

¹ A falta de un término adecuado en español, específicamente se utilizará en este documento la palabra *scrap* para referirse a un producto (arnés) que no puede ser re-trabajado y debe ser desechado.

acordarán nuevas fechas para las modificaciones a este, en caso de ser necesarias.

3.3. Implementación del sistema

Esta etapa se realizará la de instalación de equipo y software, y se deberá capacitar al personal del área.

a) Concluidas las pruebas, se procederá a implementar el sistema dentro del área. Será necesario preparar el área con las facilidades requeridas, de electricidad, internet y espacio, así como de gabinetes especiales para proteger al equipo de cómputo de las condiciones ambientales en donde se encuentre.

b) Se deberá convocar a todo el personal del área: trabajadores, ingenieros y personal de mantenimiento, para que conozcan el software, su propósito y funcionalidad, y se realizará una simulación para comprender la forma de operar del sistema para que todo el personal sea capaz de manejarlo.

3.4. Evaluación del sistema y resultados

En esta etapa se pondrá a prueba la aplicación dentro del área, y se evaluarán los resultados del desempeño del sistema, así como los resultados obtenidos.

a) Se trabajará el proceso con normalidad, y se iniciará con el uso del programa.

b) Después de un periodo determinado, se realizará un análisis con la información obtenida, se documentará y podrá ser utilizada posteriormente para tomar acciones correctivas dentro en el proceso.

4. IMPLEMENTACIÓN

Después de haber definido y detallado una metodología, se procedió a la implementación de esta. Se muestran resultados para cada una de las etapas previamente descritas. A partir de este punto, se menciona como “foam” a la espuma inyectada en el área de estudio.

4.1. Diagnóstico del área

Para iniciar el análisis del área de inyección de espuma se registró un total de 1904 defectos en arneses, en un periodo de 30 semanas.

En un principio, los defectos no estaban clasificados de forma estándar, el ingeniero de calidad del área realizaba una captura de la información en Excel, con una clasificación distinta, y de forma manual como se observa en el Anexo 2. Una de las principales fallas que se encontraban en esa clasificación era la creación de categorías sin sentido, como se muestra en el diagrama de Pareto del Anexo 3 donde existen categorías duplicadas y otras con muy pocas incidencias, por lo que no son representativas para quien analiza el gráfico.

Para mejorar esta forma de captura y una codificación más eficaz fue necesario crear nuevas categorías para agruparlos. Esto fue realizado con el apoyo de los ingenieros del área, con la finalidad de que la nueva clasificación de los defectos facilitara su trabajo. En la tabla 4.1 se listan los defectos con sus respectivos códigos.

Además, se describe cada uno de los defectos de la nueva clasificación, para evitar confusiones con las agrupaciones.

1. Cable prensado: cuando algunos de los cables han sido aplastados, ya sea por el molde, o con las pinzas de trabajo.
2. Foam incompleto: cuando el recubrimiento de espuma no cubrió por completo las áreas indicadas en la hoja de proceso.

3. Dimensión incorrecta: cuando las longitudes de los ramales del arnés cubiertos y sin cubrir no cumplen las distancias especificadas en la hoja de proceso.
4. Mala mezcla: cuando la mezcla entre los dos componentes del foam no es la adecuada, además de un mal ajuste en las variables de temperatura y presión en las que se realizó la mezcla, el foam presenta un exceso de burbujas en su superficie, y al tocarlo deja manchas en las manos.
5. Foam quebrado: cuando el foam pierde flexibilidad (también es debido a una mala mezcla) y se quiebra.
6. Exceso de foam: cuando al cerrar el molde de forma incorrecta, o inyectar demasiada mezcla, el foam alcanza partes del arnés que no se deben cubrir, además, cuando el foam en exceso no sale del molde, se solidifica dejando la pieza muy rígida, también se clasifica exceso de foam cuando se encuentra foam dentro de los conectadores.
7. Componente faltante / dañado: cuando algunos de los componentes del arnés falta, o se daña por un golpe.
8. Ramal invertido: cuando el arnés está cubierto de foam, pero los ramales se posicionaron de forma incorrecta dentro del molde, por lo que ya no pueden regresar a su posición adecuada.
9. Cable dañado: cuando un cable fue rasgado, cortado o doblado en exceso, cuando se ve el filamento del cable.
10. Otros: cualquier otro defecto que no puede englobarse en los 9 anteriores.

En caso de presentarse más de un defecto en una sola pieza, se realizará el registro del defecto que implique más tiempo para su re-trabajo, aun cuando la pieza sea desechada.

Código	Defecto
1	Cable prensado
2	Foam incompleto
3	Dimensión incorrecta
4	Mala mezcla
5	Foam quebrado
6	Exceso de foam
7	Componente faltante/dañado
8	Ramal invertido
9	Cable dañado
10	Otros

Tabla 4.1. Clasificación de defectos

En la tabla 4.2 se puede apreciar las posibles causas de cada uno de los defectos, así como las posibles soluciones para cada uno de ellos.

Código	Defecto	Posibles causas	Posibles soluciones
1	Cable prensado	Este defecto suele presentarse debido a descuidos, prisas o mal manejo de la pieza por parte de los operadores, se presenta mayormente en operadores nuevos.	Una solución es la adecuada capacitación de los nuevos operadores, y no dejarlos trabajar solos una pieza hasta que no esté completo el entrenamiento.
2	Foam incompleto	Suele presentarse debido a una mala mezcla, o un mal acomodo de la pieza dentro del molde.	Verificar regularmente que la mezcla esté en condiciones adecuadas, hacer la limpieza del cabezal de inyección, y capacitar a los operadores en el manejo de las piezas.
3	Dimensión incorrecta	En ocasiones esto sucede fuera del área, debido la pieza fue hecha fuera de especificación, y dentro del área, debido a que se coloca incorrectamente la pieza en el molde y el ramal queda de tamaño incorrecto.	Verificar todas las piezas que se envían de ensamble final, así como inspeccionarlas antes de procesarlas, ya que se re-trabajó será más difícil si ya tienen foam; además capacitar correctamente al operador.
4	Mala mezcla	Se presenta debido a una mala combinación entre temperaturas y/o presiones de los dos componentes que forman el foam, también puede ser que el producto esté dañado, un problema con el funcionamiento de la maquinaria, o su limpieza.	Es posible controlar este problema con el monitoreo de la mezcla, se realizan al principio de cada turno pruebas de densidad, para comprobar que la mezcla sea la correcta, sin embargo, factores externos como la humedad también afectan y no es fácil de controlar.

5	Foam quebrado	Se presenta debido a una mala mezcla, o un mal manejo del material después de haber sido procesado, debido a que no se trata a las piezas con la delicadeza requerida.	El mal manejo de material después de proceso es parte de la capacitación inicial, en este caso, se recurre mayormente a las amonestaciones.
6	Exceso de foam	Se debe a mala mezcla y a no cerrar adecuadamente el molde debido a mal manejo de la pieza, o que la pieza no tiene las dimensiones correctas y se fuerza en el molde.	El no cerrar adecuadamente el molde se debe a prisas o desconocimiento de la operación, pero si las piezas vienen mal desde ensamble final, se deben regresar para su re-trabajo, y no arriesgar a dañar la pieza al forzarla con el molde.
7	Componente faltante/dañado	En el caso de componente dañado: el mal manejo de las piezas en su traslado, y mientras están esperando ser procesados o ser entregados para inspección final. En el caso de componente faltante, es debido a que no se agregó en ensamble final, o estaba mal colocado y se cayó por algún movimiento brusco.	Capacitaciones en el manejo de las piezas, y supervisión para que las piezas se realicen correctamente, además de amonestaciones a quienes no cuidan el material.
8	Ramal invertido	Puede estar invertido desde ensamble final, y no se puede reparar en el área, o, puede ser mal acomodado en el molde.	Capacitaciones para la correcta realización de la operación y ayudas visuales; en caso de que el problema sea de ensamble final, la pieza deberá ser regresada.
9	Cable dañado	Generalmente se presenta cuando al quitar la rebaba de foam, no se tiene el cuidado adecuado y se daña algunos de los cables, también puede ser por doblar la pieza de más para hacerla entrar al molde.	No brindar pinzas muy grandes a quienes no tienen la experiencia necesaria para el manejo de estas, y supervisar y capacitar la adecuada limpieza de las piezas. Amonestar en reincidencias.

Tabla 4.2. Causas y posibles soluciones por defecto.

Como se puede observar en la tabla 4.2, no todos los defectos que se pueden presentar son responsabilidad del área de foam, por lo que en la tabla 4.3 se pueden apreciar los defectos que se atribuyen a otras áreas.

Después de realizar la nueva clasificación de los defectos, se agruparon de esa forma en todo el periodo analizado, por lo que en la figura 4.1 se observa la cantidad de defectos encontrados en el área de foam, siendo el principal defecto el foam incompleto, seguido por el cable dañado y cable prensado.

Código	Defecto	Área responsable	Porque se puede atribuir a otra área
2	Foam incompleto	Ensamble final.	En caso de que a la pieza le falte algún ramal.
3	Dimensión incorrecta	a) Área de corte b) Ensamble final	a) Si el cable no tiene las dimensiones correctas por un mal corte. b) Los ramales tienen dimensiones incorrectas al jalar de más un cable de un extremo y queda corto del otro.
6	Exceso de foam	Ensamble final	En caso de que la pieza venga mal muy delgada y no llene las cavidades el foam quedará más duro; si la pieza es demasiado gruesa, el foam buscará expandirse.
7	Componente faltante/dañado	a) Preparación b) Ensamble final	a) Cable con terminales mal puestas, no sujetan correctamente los conectores. b) Mal manejo de la pieza antes de llevarla al área, inserciones de componentes no efectivas, o no existentes.
8	Ramal invertido	Ensamble final.	Los operadores dirigen los cables para el lado equivocado, y los ramales terminan invertidos.

Tabla 4.3. Defectos atribuibles a otras áreas.

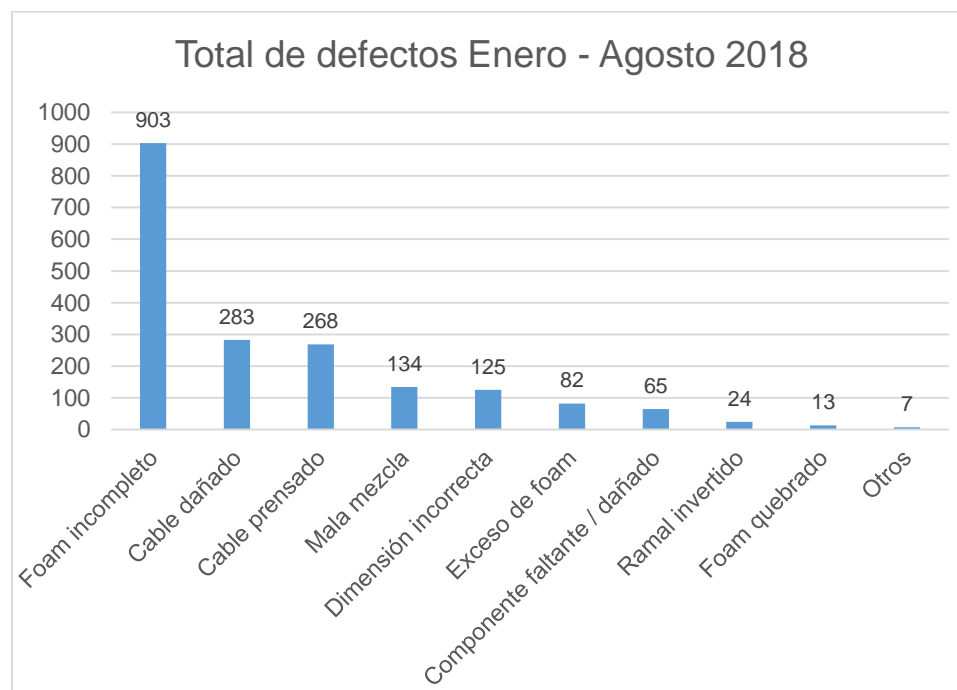


Figura 4.1. Total de defectos en el periodo Enero – Septiembre.

Los costos de scrap y re-trabajo se obtienen mediante la suma de todos los componentes necesarios para la producción de un arnés, como cables, conectores, adaptadores, clips, cinta y otros accesorios. No se incluye el costo de mano de obra.

En la figura 4.2 se observa la cantidad total de defectos registrados durante el periodo analizado, dividido por cliente. Como se observa, los arneses DAF son los que presentan mayor cantidad de defectos dentro del área, seguido por los arneses Caterpillar.

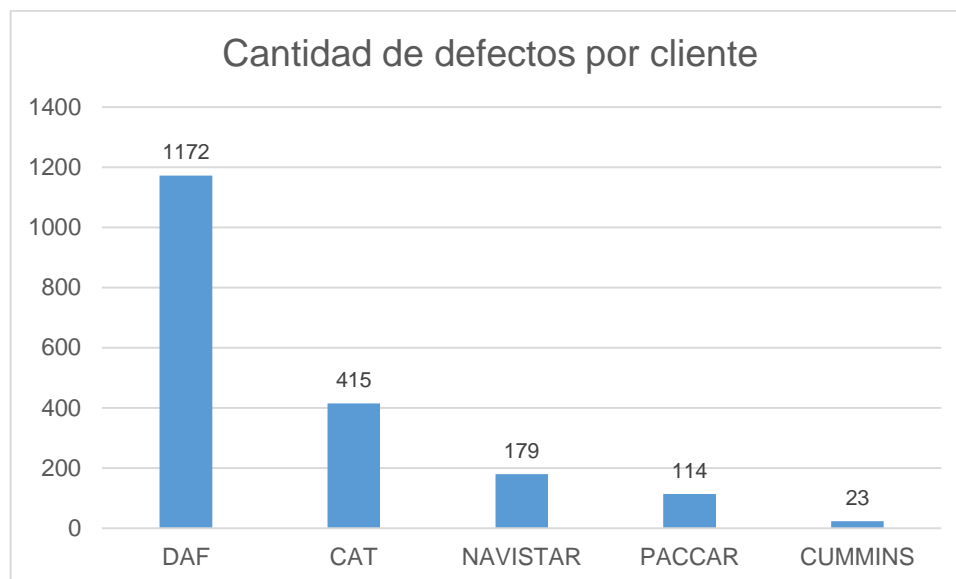


Figura 4.2. Relación de defectos dividido por cliente.

En la figura 4.3 se observa el porcentaje del costo total del scrap del área, dividido por cliente, contemplando la cantidad de arneses que terminan en scrap. Se identifica a Caterpillar como el cliente con el que se tiene mayor problema en cuanto a costos por scrap, seguido de los arneses DAF.

Sin embargo, en la figura 4.4 se observa el porcentaje del costo total por re-trabajos, dividido por cliente, en donde se aprecia que los arneses DAF son los que generan más costos en re-trabajos. La diferencia notable entre los costos de re-trabajo y scrap, en donde se invierten los principales clientes afectados, es debido a que los arneses DAF son más sencillos para re-trabajar y se logran reincorporar a producción, mientras que la mayoría de los arneses CAT, son complicados para re-

trabajar y se envían a scrap. Debido al alto porcentaje en costos de re-trabajo que presentan los arneses DAF, las primeras pruebas para el sistema de trazabilidad se realizarán en esos arneses.

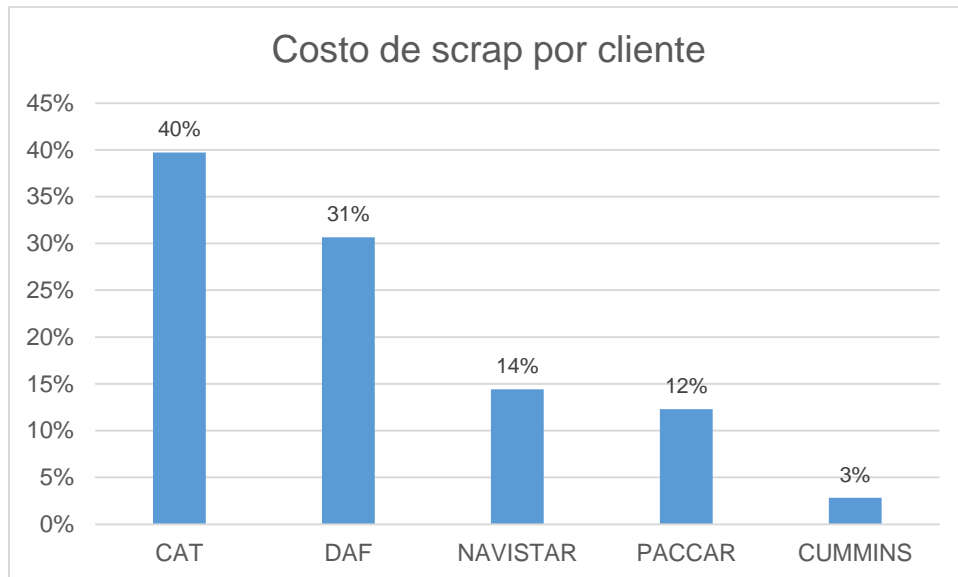


Figura 4.3. Porcentaje del scrap total dividido por cliente.

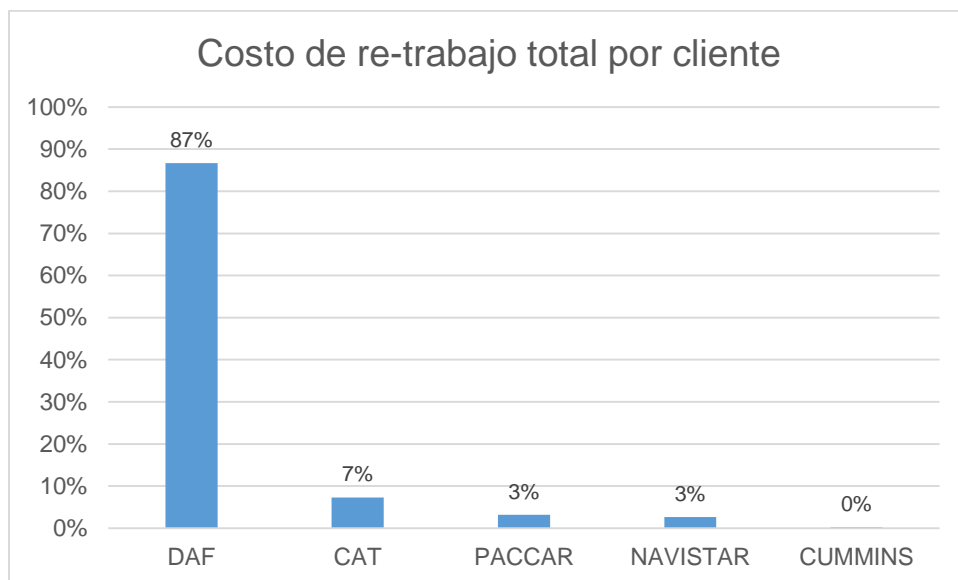


Figura 4.4. Porcentaje del re-trabajo total dividido por cliente.

4.2. Desarrollo del programa

Se realizó una reunión entre el personal del área de inyección de espuma y el departamento de sistemas, con el fin de plantear los requerimientos para el programa. Se llevó al personal de sistemas al área de inyección de espuma para que conocieran el proceso y entendieran de mejor forma lo que se necesita por parte de la aplicación a desarrollar. Se acordó que el programa llevara las variables a monitorear que se muestran en la tabla 4.4.

Variable	Descripción
Estación	Número de la estación en la cual se trabaja el arnés.
Fecha	Fecha y hora de inicio de proceso y hora en la que finalizó.
Número de identificación del arnés	Número único de identificación de cada arnés
Número de partes de arnés	Número de identificación de producto.
Molde	Número de molde en el cual se trabaja el arnés.
Número de empleado	Número de identificación personal
Re-trabajo	Se debe indicar si el arnés requiere re-trabajo o no.
Código de re-trabajo	Código de defecto por el cual el arnés fue enviado a re-trabajo.
Hora de scrap	Hora en la cual el arnés fue clasificado como scrap.
Código de scrap	Código de defecto por el cual el arnés fue enviado a scrap.
Espacio para comentarios	Espacio libre para comentarios, en caso de ser necesarios.

Tabla 4.4. Descripción de las variables a monitorear.

Se fijó una fecha para la primera revisión de los avances del desarrollo del programa, y se realizaron pruebas, como se observa en la figura 4.5. El programa en esta etapa indica la estación, la hora de entrada y salida del arnés, el número de parte e identificación del arnés, el molde trabajado y el número del empleado, también señala si el arnés fue re-trabajado, o enviado a scrap, indicando una hora y fecha para el momento en se envió a scrap el arnés.

Home > Pending Approval > iFoam Production

Start Date: 9/19/2018 End Date: 9/22/2018
 Start Time: 07:00 End Time: 16:59
 Station: All Show Scrap: Yes

1 of 1 100% Find | Next

iFoam Production

Station	Start Date	End Date	Cops ID	Part ID	Mold	Employee ID	Reworked	Reawork Failure	Scrap Date
2	9/20/2018 8:30:21 AM	9/20/2018 8:39:49 AM	1234		MOLDE-03	19240	N		
1	9/19/2018 8:10:00 AM	9/19/2018 10:00:00 AM	13239064	221401800	MOLDE-01	19240	N		
2	9/20/2018 9:00:00 AM	9/20/2018 11:00:00 AM	13239065	221401800	MOLDE-03	19240	N		9/21/2018 12:00:00 AM
3	9/22/2018 8:00:00 AM	9/22/2018 9:00:00 AM	13239066	221401800	MOLDE-02	19240	N		

Figura 4.5. Primera revisión del programa.

Para la siguiente revisión se espera que el programa sea capaz de señalar el código de defecto para los arneses que se envían a scrap, el cual podrá ser ingresado por el ingeniero de calidad del área.

En la figura 4.6 se observa que el programa muestra un código de defecto en el caso de que el arnés se envíe a scrap, sin embargo quedan pendientes las pruebas en los casos donde existe re-trabajo, debido a que el programa no tiene vinculados códigos para este tipo de casos, por lo que se solicitará se utilicen los códigos del “módulo de re-trabajo”, el cual es una aplicación actualmente usada en la empresa. Estos códigos serán distintos a los propuestos en la clasificación de la tabla 4.1, debido a que el código de defectos usado en el módulo de re-trabajo no se puede modificar ya que se trata de un estándar a nivel global, pero esos códigos se vincularán cada vez que se baje el reporte.

Home > Pending Approval > iFoam Production

Start Date: 9/19/2018 End Date: 9/24/2018
 Start Time: 07:00 End Time: 16:59
 Station: All Show Scrap: Yes

1 of 1 100% Find | Next

iFoam Production

Station	Start Date	End Date	Cops ID	Part ID	Mold	Employee ID	Reworked	Reawork Failure	Scrap Date	Scrap Code
2	9/20/2018 8:30:21 AM	9/20/2018 8:39:49 AM	1234		MOLDE-03	19240	N			
1	9/19/2018 8:10:00 AM	9/19/2018 10:00:00 AM	13239064	221401800	MOLDE-01	19240	N			
2	9/20/2018 9:00:00 AM	9/20/2018 11:00:00 AM	13239065	221401800	MOLDE-03	19240	N		9/21/2018 12:00:00 AM	2 - Incomplete Foam
3	9/22/2018 8:00:00 AM	9/22/2018 9:00:00 AM	13239066	221401800	MOLDE-02	19240	N			

Figura 4.6. Segunda revisión del programa.

Con la finalidad de dar seguimiento en el caso arneses para re-trabajo, se vincula el “módulo de re-trabajo” al programa en desarrollo. Se puede observar el nuevo reporte en la figura 4.7, en donde se muestra el código del módulo de re-trabajo, además se agregó un espacio para comentarios si el arnés se envía a scrap, para apoyo del ingeniero de calidad del área.

Station	Start Date	End Date	Cops ID	Part ID	Mold	Employee ID	Reworked	Rework Failure	Scrap Date	Scrap Code	Scrap Comments
2	9/20/2018 8:30:21 AM	9/20/2018 8:39:49 AM	1234		MOLDE-03	19240	N				
1	9/19/2018 8:10:00 AM	9/19/2018 10:00:00 AM	13289094	221401800	MOLDE-01	19240	N				
2	9/20/2018 9:00:00 AM	9/20/2018 11:00:00 AM	13289095	221401800	MOLDE-03	19240	N		9/21/2018 12:00:00 AM	2 - Incomplete Foam	prueba
1	9/25/2018 8:00:00 AM	9/25/2018 10:00:00 AM	11914203	221421004	MOLDE-01	19240	Y	502 - Foam incompleto			
3	9/22/2018 8:00:00 AM	9/22/2018 9:00:00 AM	13289096	221401800	MOLDE-02	19240	N				

Figura 4.7. Tercera revisión del programa.

Previo a la implementación del sistema dentro del área, se solicitó al personal de sistemas un cambio en la forma en que se escanean las piezas, esto con la finalidad de reducir el tiempo por escaneo, por lo que sólo se escaneará cada pieza trabajada y el número de estación; el número de empleado y el molde será introducido en el sistema por el personal de ingeniería al inicio de cada turno y en cada ocasión que se cambie de molde.

Las tres revisiones al programa que se observan en las figuras 4.5, 4.6 y 4.7 muestran el reporte generado por medio del internet, sin embargo para la manipulación de los datos por parte del usuario, este reporte debe ser exportado a Excel, como se puede observar en el Anexo 4.

4.3. Implementación del sistema

Para comenzar con el uso del programa dentro del área fue necesario realizar instalaciones para corriente e internet para los equipos, así como solicitar gabinetes para su adecuada conservación. Las computadoras utilizadas ya se encontraban en

el área, pero fue necesario realizar la compra de escáneres inalámbricos como los que se muestran en los Anexos 5 y 6.

A pesar de que el programa cumple con los requerimientos de la información incluida en sus reportes, se tienen dificultades para realizar las pruebas físicas dentro del área.

Se tuvieron problemas con la sincronización de los escáneres con la base receptora de información, además se detectaron detalles en el código del programa por lo que se tuvo que trabajar de nuevo, retrasando la implementación durante un par de semanas.

Después de verificar el funcionamiento del programa, se procedió a realizar una capacitación a todos los involucrados: trabajadores, ingenieros, personal de mantenimiento y jefes de área. Se realizó una simulación del funcionamiento del programa al escanear un producto y se vieron los puntos mencionados en la tabla 4.5.

Puntos a considerar	Descripción
Generalidades del programa	Breve explicación del funcionamiento del programa, así como su propósito dentro del área.
Reporte del programa	Se explicó cada punto que se considera dentro del reporte, así como la utilidad de cada uno de ellos.
Cuidado del equipo	Se comentaron los detalles para el cuidado de los escáneres, el tiempo de carga de la batería, así como la importancia de su sincronización al finalizar el turno. Por parte del equipo de cómputo se menciona la importancia de mantenerlo dentro de los gabinetes asignados para protegerlos de las condiciones ambientales del área.
Forma de escaneo	Se explicó la forma necesaria del escaneo de las piezas, la cual consiste en escanear la pieza y el molde al inicio de la operación

Tabla 4.5. Puntos para la capacitación.

4.4. Evaluación del sistema y resultados

Se inició con la implementación del programa dentro del área, en las estaciones 1, 2 y 3, correspondientes al cliente DAF. En la figura 4.8 se muestra la gráfica que se visualiza desde el área de producción, en la cual tanto los operadores como los ingenieros pueden observar las piezas procesadas en cada estación por hora y observar si existe alguna irregularidad con la producción.

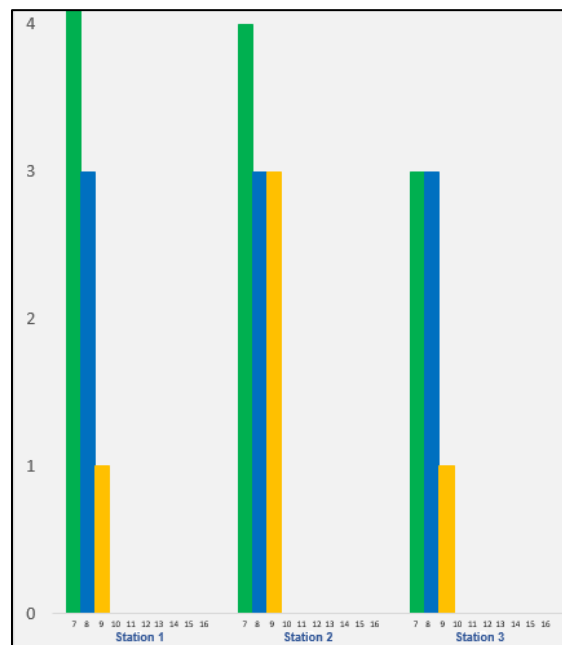


Figura 4.8. Pantalla del programa dentro del área.

En el primer periodo de pruebas, en total se registró el procesamiento de 2216 piezas, en las cuales se presentaron 187 defectos, siendo el defecto de foam incompleto el que se presentó en mayor número de ocasiones, representando un 45% del total de defectos como se muestra en la figura 4.9, seguido del defecto de exceso de foam, que representa el 20% del total.

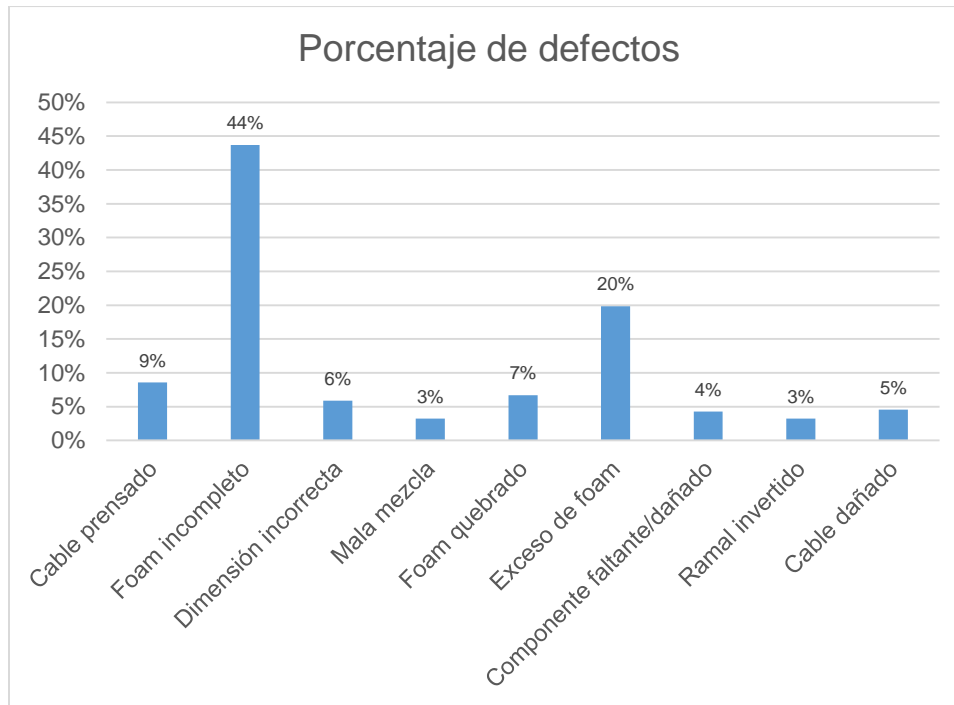


Figura 4.9. Defectos registrados en las primeras 5 semanas de pruebas.

Al seleccionar los defectos más recurrentes en el primer periodo de pruebas, se observa que los 4 principales son el cable prensado, foam incompleto, foam quebrado y exceso de foam, los cuales constituyen el 80% de los defectos totales. En la tabla 4.6 se observa el porcentaje de los 4 principales defectos divididos por estación, siendo la estación 2 la que generó la mayor parte de los defectos. En la figura 4.10 se observa el caso del foam incompleto, resulta evidente que es generado en mayor medida por la estación 2, con un 20% del total de defectos registrados, seguido del 14% de la estación 3. En el caso del defecto de foam quebrado, se observa que la estación 3 sólo genera el 1% del total.

	Cable prensado	Foam incompleto	Foam quebrado	Exceso de foam	Total por estación
Estación 1	5%	10%	4%	8%	27%
Estación 2	2%	20%	2%	8%	32%
Estación 3	2%	14%	1%	4%	21%
TOTAL	9%	44%	7%	20%	

Tabla 4.6. Porcentaje de defectos registrados divididos por estación.

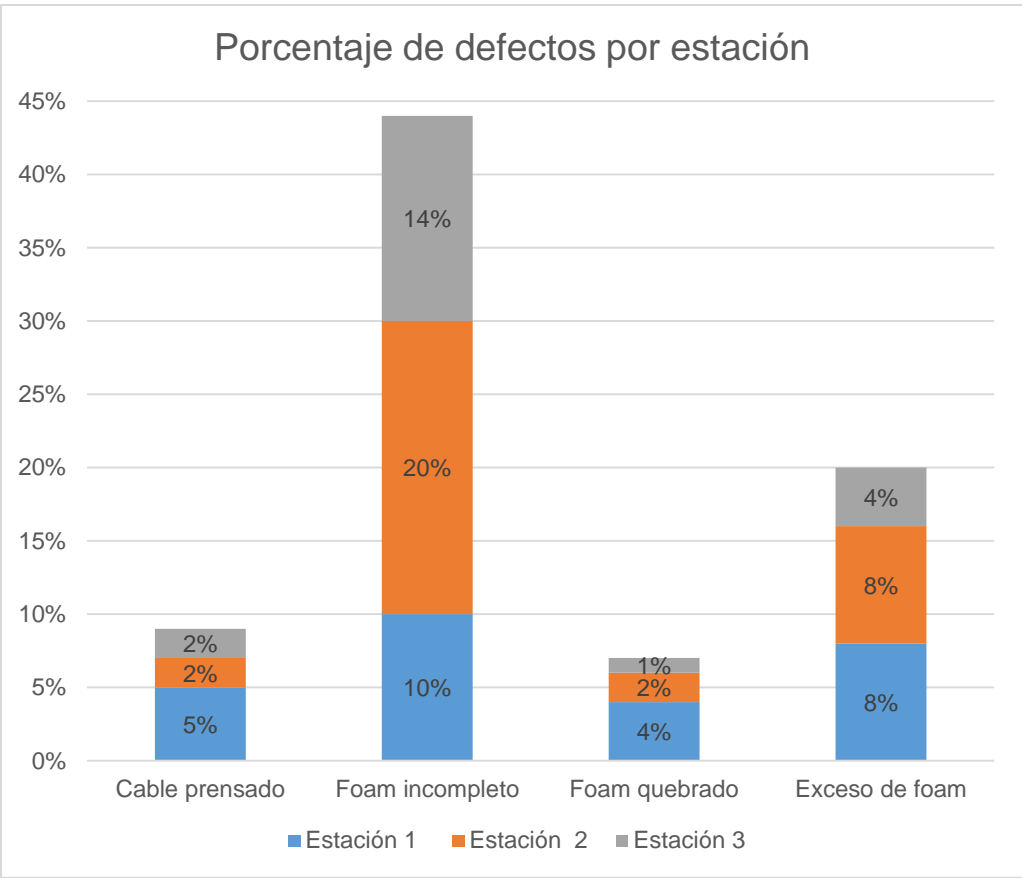


Figura 4.10. Porcentaje de defectos registrados divididos por estación.

Los defectos que se mostraron en el periodo analizado muestran que el 41% se presentaron en el primer turno, mientras que en el segundo turno se encuentra el 59% restante. Como se muestra en la figura 4.11, se divide el total del porcentaje de defectos encontrados según el turno, con la finalidad de detectar anomalías, como en el caso del defecto de exceso de foam, en el cual el segundo turno presenta más del doble de casos que el primer turno. En el caso del foam incompleto, el cual es el principal defecto encontrado, se encuentra un balance entre primer y segundo turno, con un 20% y 24% de defectos respectivamente.

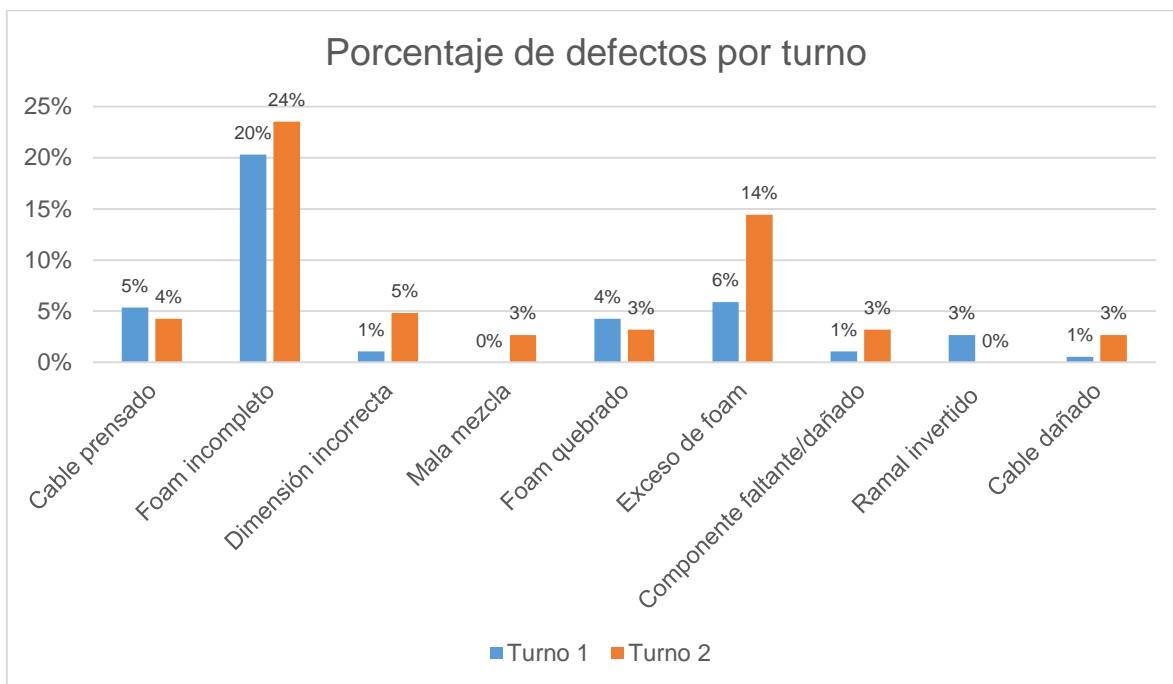


Figura 4.11. Porcentaje de defectos dividido por turno.

De nuevo se tomaron los 4 principales defectos, equivalentes al 80% para segmentarlos según el turno y estación en que se trabajó la pieza. Los resultados se muestran en la tabla 4.7 donde se observa el principal defecto, de foam incompleto, que se presenta la mayoría de las veces en la estación 2 como se analizó anteriormente, se encuentra balanceado entre el primer y segundo turno, sin embargo del 80% de los defectos que se consideran en la tabla 4.7 el 35% corresponde al primer turno y 45% al segundo. En la figura 4.12 se puede observar

con mayor claridad el porcentaje de defectos para ambos turnos destacando el defecto de foam incompleto, en donde el segundo turno genera 4% más de defectos respecto al primer turno, de igual forma resalta el defecto de exceso de foam, en donde el primer turno produce 6%, mientras que el segundo turno produce 14%.

	Cable prensado	Foam incompleto	Foam quebrado	Exceso de foam
Estación 1	5%	10%	4%	8%
Turno 1	2%	5%	3%	2%
Turno 2	3%	5%	1%	6%
Estación 2	2%	20%	2%	8%
Turno 1	1%	9%	1%	3%
Turno 2	1%	11%	1%	5%
Estación 3	2%	14%	1%	4%
Turno 1	2%	6%	0%	1%
Turno 2	0%	8%	1%	3%
TOTAL	9%	44%	7%	20%

Tabla 4.7. Porcentaje de defectos registrados divididos por turno y estación.

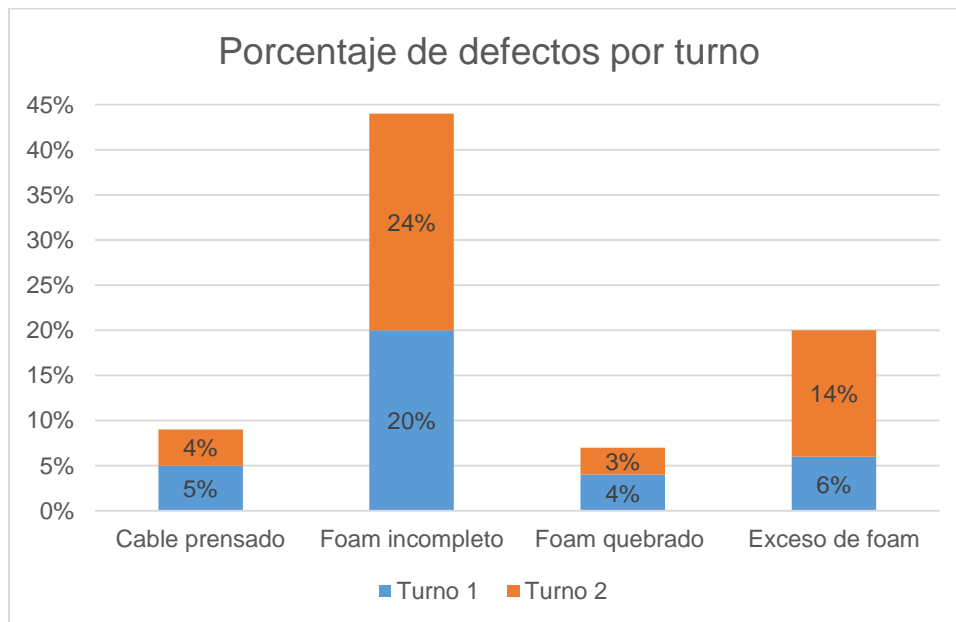


Figura 4.12. Porcentaje de defectos registrados divididos por turno.

Con la información previamente analizada se concluye que la mayor parte de los problemas se encuentran en el segundo turno, y el defecto principal, que requiere de mayores acciones para su solución, es el foam incompleto, por lo que las primeras tareas para reducir los defectos del área inician con los objetivos de reducir las fallas del segundo turno y del foam incompleto.

Siendo el foam incompleto el principal defecto, analizando la tabla 4.2 en donde se indica que este se suele presentar debido a mala mezcla o al mal acomodo de la pieza dentro del molde, se detectan dos posibles causas, sin embargo, la primera causa, debido a mala mezcla, es más difícil de controlar en un corto plazo, por lo que se tomaron acciones para corregir la segunda causa, el mal acomodo de la pieza en el molde.

El mal acomodo de una pieza se debe a que el operador hace la operación con prisa, por un descuido o porque no conoce la secuencia de acomodo adecuada, por lo que para corregir esta situación se citó a los operadores responsables de las estaciones que están siendo monitoreadas para una nueva capacitación y se explicó la secuencia para el acomodo adecuado de la pieza dentro del molde. Además, se implementaron estrategias disciplinarias, ya que en ocasiones el defecto de foam incompleto se debe a descuidos, por lo que se empezó a sancionar a los operadores que presentaran reincidencias.

El segundo turno, en las primeras 3 estaciones, presenta 10% más de defectos que el primer turno. Esto se debe principalmente por problemas disciplinarios, debido a que la supervisión es menor en el turno de la noche, y en caso de cometer un defecto se acostumbraba a acumular el material para re-trabajo en un área específica, de forma que antes no se sabía quién era el responsable. Con la implementación del sistema fue sencillo identificar a los operadores que incurrieron en mayor cantidad de defectos, por lo que se amonestó a las personas que presentaban reincidencias aún después de haber tomado nuevamente la capacitación.

Después de 5 semanas de poner en práctica estas medidas, se mostró una reducción en el porcentaje de defectos de foam incompleto, de 48% del total de defectos que se registraron en el sistema en las primeras 5 semanas de prueba, a 28% después de enfocarse en la reducción de este defecto. El registro de los defectos del segundo periodo de pruebas (5 semanas) puede observarse en la figura 4.13. Es importante mencionar que en la figura y en el análisis posterior a la misma se contemplan porcentajes, no cantidad de defectos, por tal motivo, al disminuir el porcentaje de defectos por foam incompleto, el porcentaje de los otros defectos se eleva, esto no significa que se presente una mayor cantidad de otros defectos.

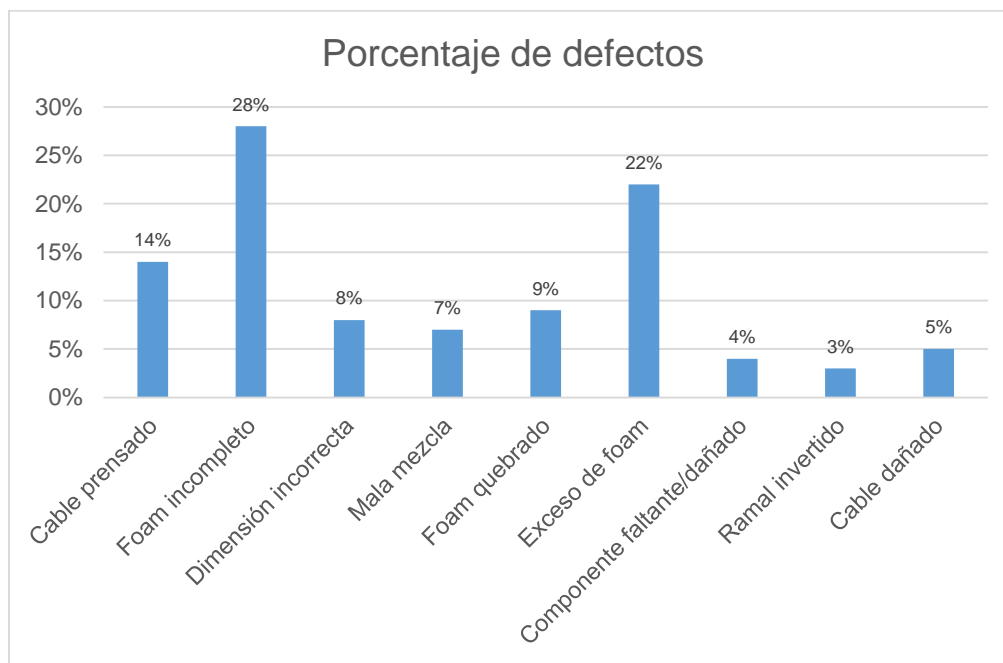


Figura 4.13. Defectos registrados después de implementar acciones correctivas.

De la misma forma que se seleccionaron los defectos más recurrentes en el primer periodo de pruebas, se seleccionan los principales defectos para su análisis. Considerando el 81% de los defectos registrados, se seleccionan los 5 principales, que son el cable prensado, foam incompleto, dimensión incorrecta, foam quebrado y exceso de foam. En la tabla 4.8 se observa el porcentaje de cada uno de los

principales defectos dividido por estación, siendo la estación 2 la generó la mayor parte de los defectos al igual que antes de tomar medidas correctivas, sin embargo, en la tabla 4.6 la estación 2 supera a la estación 1 por 5%, y en la tabla 4.8 sólo la supera por 1%. En la figura 4.14 se observa una de las diferencias más evidentes, ya que la estación 2 generaba el 20% del total de defectos sólo en foam incompleto, se redujo en 8% después de implementar las medidas correctivas.

	Cable prensado	Foam incompleto	Dimensión incorrecta	Foam quebrado	Exceso de foam	Total por estación
Estación 1	7%	9%	2%	4%	8%	30%
Estación 2	4%	12%	3%	3%	9%	31%
Estación 3	3%	7%	3%	2%	5%	20%
TOTAL	14%	28%	8%	9%	22%	

Tabla 4.8. Porcentaje de defectos registrados divididos por estación, después de implementar acciones correctivas.

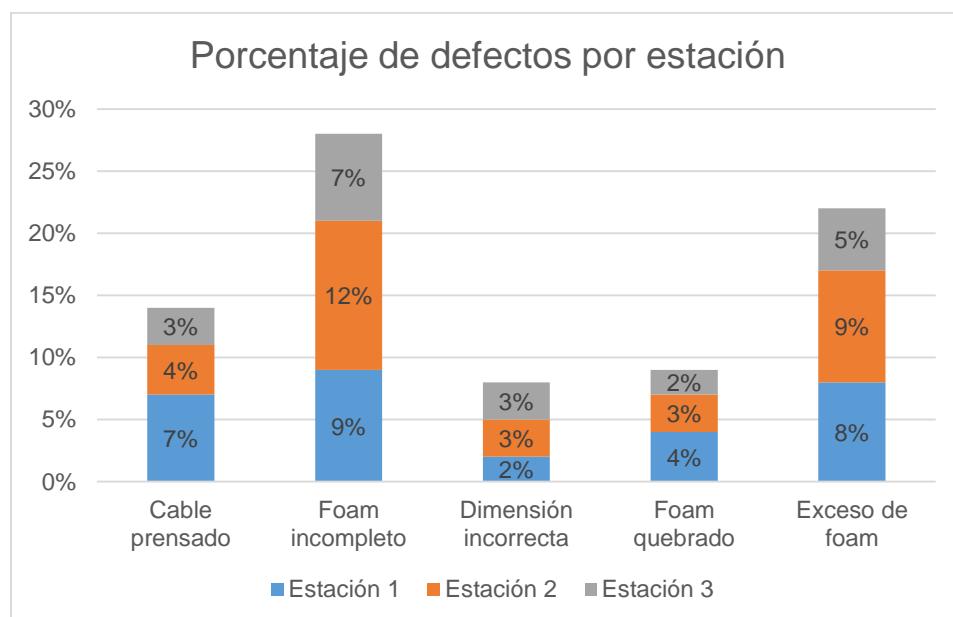


Figura 4.14 Porcentaje de defectos divididos por estación, después de implementar mejoras.

Después de tomar medidas específicamente para el segundo turno, se mostró una mejora en el porcentaje de los defectos del mismo. Se registró el 46% de los defectos en el primer turno y el 54% en el segundo. A pesar de que sigue presentando mayor porcentaje de defectos, sólo hay 8% de diferencia entre ambos turnos, mientras que al inicio de las pruebas el segundo turno superaba por 18% al primer turno.

Como se muestra en la figura 4.15, se divide el total del porcentaje de defectos según el turno, en donde se ve notablemente más balanceada la distribución entre ambos turnos a diferencia de la gráfica mostrada en la figura 4.11 en la cual se encontraban discrepancias en la distribución de defectos, por ejemplo del exceso de foam, en donde el segundo turno presentó más del doble de casos que el primer turno.

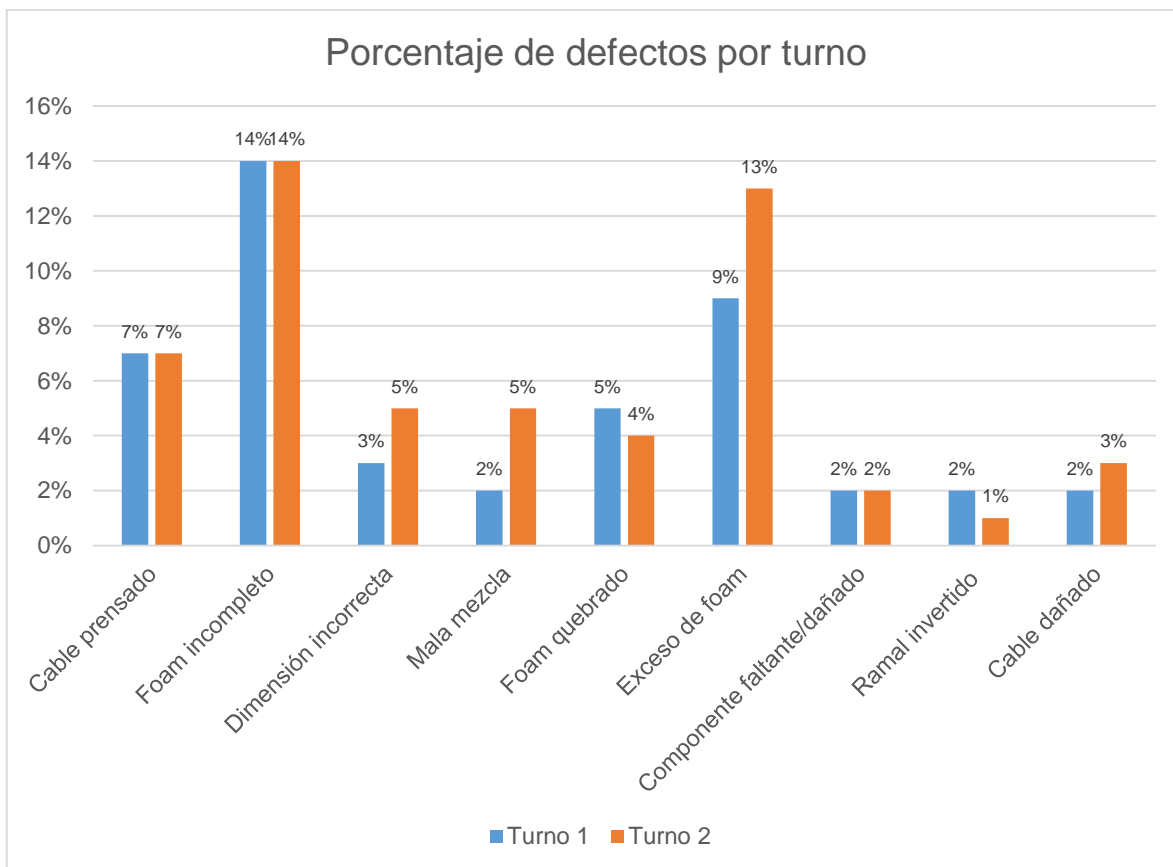


Figura 4.15. Porcentaje de defectos dividido por turno, después de implementar acciones correctivas.

Se consideran los 5 principales defectos, equivalentes al 81% para segmentarlos según turno y estación en que se trabajó la pieza. En la tabla 4.9 se sintetizan los resultados, y se observa el principal defecto, de foam incompleto, que se encuentra mejor distribuido entre ambos turnos y con una reducción considerable de porcentaje entre todos los defectos. Considerando los 5 principales defectos que se muestran en la tabla 4.9, se obtiene una distribución del 38% de los defectos para el primer turno y 43% para el segundo turno, lo que marca una diferencia de 5% entre ambos turnos, una considerable reducción comparando la información de la tabla 4.7, en donde había 10% de diferencia entre ambos turnos.

	Cable prensado	Foam incompleto	Dimensión incorrecta	Foam quebrado	Exceso de foam
Estación 1	7%	9%	2%	4%	8%
Turno 1	3%	5%	1%	2%	3%
Turno 2	4%	4%	1%	2%	5%
Estación 2	4%	12%	3%	3%	9%
Turno 1	2%	6%	1%	2%	4%
Turno 2	2%	6%	2%	1%	5%
Estación 3	3%	7%	3%	2%	5%
Turno 1	2%	3%	1%	1%	2%
Turno 2	1%	4%	2%	1%	3%
TOTAL	14%	28%	8%	9%	22%

Tabla 4.9. Porcentaje de defectos registrados divididos por turno y estación, después de implementar acciones correctivas.

En la figura 4.16 se observa una diferencia marcada con respecto a la figura 4.12, en donde el balance entre los defectos generados por el primer y segundo turno era muy grande, marcándose esta situación en mayor medida en los defectos de foam incompleto y exceso de foam. Después de implementar las acciones correctivas se puede apreciar que, en los principales defectos, se encuentra balanceado la generación de defectos entre turnos.

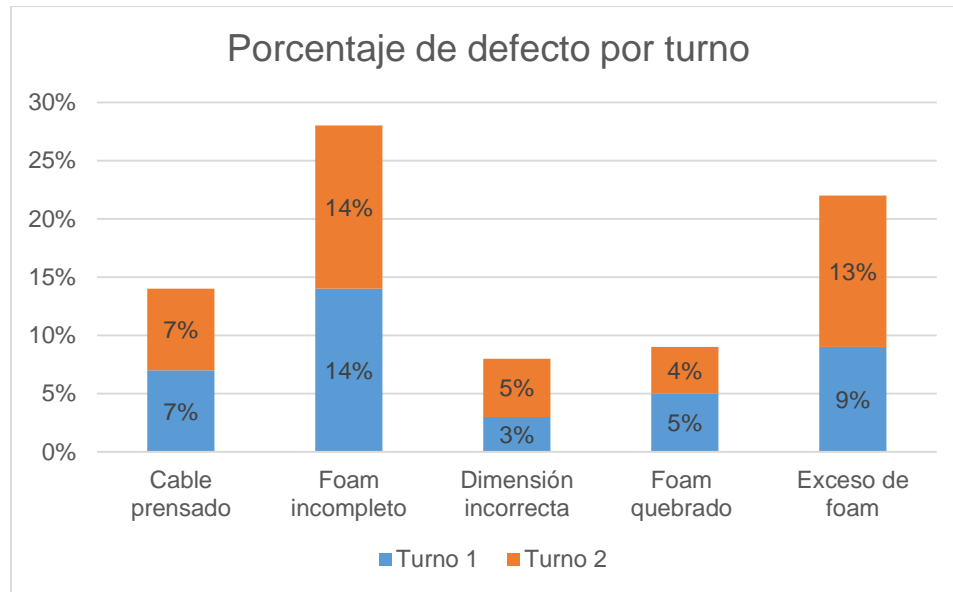


Figura 4.16. Porcentaje de defectos divididos por turno, después de implementar mejoras.

Los datos mostrados, de las estaciones 1, 2 y 3, pertenecen a un solo cliente, por lo que se busca extender la implementación del sistema al resto del área. Según las características de cada uno de los arneses, o de las familias de arneses, pueden presentar mayor dificultad al momento de trabajar con ellos, por lo que varía el defecto que predomina en cada uno de ellos. Por lo tanto, es recomendable se haga un análisis por cada cliente y se busque implementar medidas correctivas según las necesidades específicas de cada familia de arneses.

5. CONCLUSIONES

En este apartado se concentran las principales conclusiones de esta investigación, el cumplimiento de objetivos y la prueba de las hipótesis establecidas al inicio de este documento; además se señalan algunas recomendaciones para seguir mejorando este proyecto y se sugieren trabajos futuros para la empresa.

5.1. Conclusiones

Después de haber realizado la implementación y evaluación de un sistema de monitoreo electrónico en el área de inyección de espuma se comprueba una vez más el apoyo que la trazabilidad aporta a las organizaciones. El sistema por sí sólo no provee de ninguna mejora, para ello se debe utilizar la información que este proporciona y tomar decisiones de forma inteligente, buscando mejorar el proceso de producción. Se identificaron los principales defectos, así como sus causas, y se tomaron acciones correctivas de forma específica, se siguió monitoreando la producción y las mejoras que se estaban presentando.

Dentro de los objetivos iniciales de la investigación se buscaba identificar los principales problemas del proceso, los cuales fueron el foam incompleto y el exceso de foam; se desarrolló la metodología para la implementación de un sistema de trazabilidad y de acuerdo a las características del área se eligió el sistema de código de barras, se implementó el programa y se evaluaron los resultados del mismo, por lo que se tomaron acciones sobre los principales problemas y se mostró una reducción de los mismos.

El objetivo de esta investigación culminaba con la validación del sistema de trazabilidad con un cliente específico, por lo tanto, los resultados obtenidos son sólo de un sector del área de inyección de espuma. Se consiguió el monitoreo de la producción y la toma de decisiones fue apoyada por la información que el sistema proporcionaba.

5.2. Recomendaciones

Como se mencionó anteriormente, el alcance de la investigación se limitaba a la validación del sistema con un cliente, por lo que la recomendación principal es continuar con la implementación del sistema dentro de toda el área de inyección de espuma, y procurar disminuir los defectos uno a la vez, para concentrar las acciones y establecer metas claras y alcanzables. De ser posible, también es recomendable que se realicen mejoras al programa, para mostrar de forma más visual el cliente con el que se está trabajando en cada estación, así como el número de parte que se está produciendo, de manera que alguien pueda conocer todos los datos de lo que se trabaja en el área con sólo ver el monitor.

5.3. Trabajos futuros

Dentro del área de inyección de espuma y con apoyo del nuevo sistema de trazabilidad, se podría trabajar con la metodología Six Sigma para seguir buscando la reducción en la variación del proceso, de todos los defectos en general, pero sobre todo con el de mala mezcla. Además, al obtener la eficiencia de la producción del área, y la capacidad real que se puede manejar, es indispensable continuar con una planeación de la producción más eficiente, desde que se realiza una orden, hasta lo que produce cada área previa al proceso de inyección de espuma. Esto evitaría inventario en proceso y disminuiría los tiempos muertos en unos días, así como el exceso de tiempo extra en otros.

6. REFERENCIAS

Agazzi, A., Sobotka, V., LeGoff, R., Jarny, Y. 2014. Inverse method for the cooling system design in injection moulding – application to a “T-shaped” piece. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 22(5), pp.707–726.

Álvarez, R., Calvo, R., Peña, M. y Domingo, R., 2009. Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43, pp.949–958.

Ángeles, R., 2005. RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. *Information Systems Management*, 22(1), pp.51–65.

Asher-Schapiro, A., 2014. The Business of Mail Room Management. *District Administration*, (December), pp.81–83.

Barry, C., 2011. How to: leverage barcode technology. *Multichannel Merchant*, 7(3), pp.38–40.

Bititci, U., Cocca, P. y Ates, A., 2016. Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*, 54(6), pp.1571–1593.

Bond, J., 2015. Bar code scanning system adds traceability, subtracts manual data entry. *Modern Materials Handling*, p.48.

Brassard, M., Finn, L., Ginn, D. y Ritter, D., 2002. The Six Sigma Memory Jogger II.

Casado Abad, G., Moro Agud, M., Herrero Ambrosio, A. y Sanchez Martín, A., 2015. Trazabilidad en el proceso farmacoterapéutico oncológico. *El Farmacéutico Hospitales*, 205, pp.15–24.

Chase, R.B., Jacobs, F.R. y Aquilano, N.J., 2009. Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros 12th ed., México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

- Chen, J.C., Cheng, C., Huang, P., Wang, K., Huang, C. y Ting, T., 2013. Warehouse management with lean and RFID application: a case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69, pp.531–542.
- Chen, J.L., Chen, M. C., Chen, C.W. y Chang, Y.C., 2007. Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems. *Computer Communications*, 30(9), pp.2070–2086.
- Correa Espinal, A.A., Gómez Montoya, R.A. y Cano Arenas, J.A., 2010. Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Estudios Gerenciales*, 26(117), pp.145–171.
- Correa Espinal, A., Álvarez López, C.E. y Gómez Montoya, R.A., 2009. Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro. *Estudios gerenciales*, 26(116), pp.115–141.
- Cox, C.R. y Ulmer, J.M., 2015. Lean Manufacturing: An Analysis of Process Improvement Techniques. *Franklin Business & Law Journal*, 2015(2).
- Cuahuizo Lagunas, L.A. y Martínez González, A., 2007. Costos y Administración del Mantenimiento. Instituto Politécnico Nacional.
- Dassatti, G., 2015. Trazabilidad de la carne, bioseguridad y seguridad nacional. El sistema de cajas negras. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 23(5), pp.23–29.
- Fachri Pane, S., Maulana Awangga, R. y Rahmad Azhari, B., 2018. Qualitative Evaluation of RFID Implementation on Warehouse Management System. *TELKOMNIKA*, 16(3), pp.1303–1309.
- George, M., 2010. La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos, John Wiley & Sons Inc.
- George, M.L., Rowlands, D., Price, M., Maxey, J., Jaminet, P. Watson-Hemphill, K. y Cox, C., 2005. The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to

Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity, Mc Graw-Hill.

Giagnocavo, C., Bienvenido, F., Ming, L., YuRong, Z., Sanchez-Molina, J.A. y XinTing, Y., 2017. Agricultural cooperatives and the role of organisational models in new intelligent traceability systems and big data analysis. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(5), pp.115–125.

Gonzalez Correa, F., 2007. Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, 1(2), pp.85–112.

GS1, 2018. GS1 Barcodes. Available at: <https://www.gs1.org/barcodes>.

Hayat, K., 2012. Linking Barcode Technology To Quality Control. *Quality*, 51(7), pp.57–60.

He, S.H., Li, X.D., Wang, Y. y Zhu, H.H., 2017. An Optimization Model for Automobile Mixed Assembly Line Under Multiple Constrains. *International Journal of Simulation Modelling*, 16(4), pp.720–730.

Hernández Matías, J.C. y Vizán Idoipe, A., 2013. Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación, Madrid.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. del P., 2014. Metodología de la investigación 6ta Edición., México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Hill, K., 2018. Lean manufacturing: “The Seven Deadly Wastes.” *Plant Engineering*, (March), pp.10–11.

Hockenberger, S., 2014. Track and trace: Business Benefits Beyond Compliance. *Supply & Demand Chain Executive*, 507(7490), p.18-21.

Hozak, K. y Collier, D.A., 2008. RFID as an Enabler of Improved Manufacturing Performance. *Decision Sciences*, 39(4), pp.859–882.

- Jaca, C., Viles, E., Jurburg, D. y Tanco, M., 2014. Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research*, 52(6), pp.1755–1770.
- Jasti, N.V.K. y Kodali, R., 2015. Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), pp.867–885.
- Kuhfahl, R., Sehlke, C., Sones, J. y Howard, N., 2018. Key Performance Indicators: What Can They Do for You? *The Journal of the American Society of Military Comptrollers*, pp.37–41.
- Li, H., Chen, Z. y Wong, C.T.C., 2003. Barcode Technology for an Incentive Reward Program to Reduce Construction Wastes. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 18, pp.313–324.
- Li, Z., 2012. Characterization and Performance Analysis of UHF RFID Tag for Environment Sensing Applications. M.C. University of Waterloo.
- Liker, J.K. y Meier, D., 2006. *The Toyota Way Fieldbook*, Mc Graw-Hill.
- López Fernández, Rogelio, 2006. *Operaciones de Almacenaje*, Paraninfo.
- Louden, L., Mirtallo, J.M., Worley, M., Naseman, R., Hafford, A. y Brown, N.V., 2017. Efficiency analysis of a barcode-enabled and integrated medication-tracking system. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 74(23), pp.S84–S89.
- Manotas, D. y Rivera, L., 2007. Lean Manufacturing Measurement: The Relationship Between Lean Activities And Lean Metrics. *Estudios Gerenciales*, 23(105), pp.69–83.
- McBrayer, R.L., 1998. Chapter 12: Foam Processing. In *Tool and Manufacturing Engineers Handbook*.
- Miller, K., Akers, C., Magrin, G., Whitehead, S. y Davis, A. K., 2013. Piloting the use of 2D barcode and patient safety-software in an Australian tertiary hospital setting. *Vox Sanguinis*, 105(2), pp.159–166.

- Minardi, R., 2017. Muda: The 7 Deadly Wastes. *LabTalk*, (October), pp.16–21.
- Monge Pulido, G., 2013. Disminución de Desperdicios en el Proceso de Recubrimiento de Espuma en Empresa Manufacturera de Arnesees del Noroeste de México.
- Murata, K. y Katayama, H., 2016. Performance evaluation of a visual management system for effective case transfer. *International Journal of Production Research*, 54(10), pp.2907–2921.
- Musa, A. y Dabo, A.A.A., 2016. A Review of RFID in Supply Chain Management: 2000–2015. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 17(2), pp.189–228.
- Ortiz Espinoza, G.P., 2014. Análisis De Un Proceso De Moldeo Por Inyección En La Máquina Boy En Una Empresa Maquiladora De Arnesees De Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora.
- Pérez-Vergara, I.G., Marmolejo, N., Mejía, A.M., Caro, M. y Rojas, J.A., 2016. Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones. *Ingeniería Industrial*, XXXVII(1), pp.24–35.
- Pîrlog, R. y Balint, A.O., 2016. An Analyze Upon The Influence Of The Key Performance Indicators (KPI) On The Decision Process Within Small And Medium-Sized Enterprises (SME). *Hyperion International Journal of Econophysics & New Economy*, 9(1), pp.173–186.
- Rădulescu, G. y Popescu, C., 2014. About Barcode Technology Case study: Computerization of a Library. *Petroleum - Gas University of Ploiesti Bulletin*, 66(3), pp.7–14.
- Ramírez, K.A. y Álvaro, V.P., 2017. Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito : Un estudio exploratorio, 13(2), pp.479–497.

Ramírez Hernández, R.E., 2013. Diseño Y Validación De Un Sistema De Visibilidad Del Proceso De Producción Aplicando Tecnología RFID En Una Empresa De Manufactura De Persianas. Universidad de Sonora.

Raz, K., Zahalka, M. y Polak, R., 2016. Injection molding simulations of hardly producible parts from PBT. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 27, pp.501–506.

Rickard, D., 2011. Traceability Deep impact. *National Provisioner*, (July), pp.44–48.

Rother, M. y Shook, J., 1999. Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. Lean Enterprise Institute Brookline, p.122.

Santiago, S. 2017. Las 5S y sus beneficios cuantificados. Caletec, [en línea] 29 de septiembre de 2017. Disponible en: <<https://www.caletec.com/lean/las-5s-y-sus-beneficios-cuantificados/>> [Último acceso: 02 julio 2018].

Schmidt, M., Thoro, L. y Schumann, M., 2013. RFID and Barcode in Manufacturing Logistics: Interface Concept for Concurrent Operation. *Information Systems Management*, 30(2), pp.100–115.

Schroeder, R., Meyer Goldstein, S. y Rungtusanatham, M.J., 2011. Administración de Operaciones. Conceptos y casos contemporáneos. 5ta Edición., Mc Graw-Hill.

Seibert, H.H., Maddox, R.R., Flynn, E.A. y Williams, C.K., 2014. Effect of barcode technology with electronic medication administration record on medication accuracy rates. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 71(3), pp.209–218.

Sepúlveda Peña, J.C., Núñez Musa, Y., Sepúlveda Lima, R., Rosete Suárez, A., 2009. Propuesta de aplicación de un sistema de Infraestructura de Clave Pública (Public Key Infrastructure “PKI”) y los Certificados Digitales en la trazabilidad de productos agrícolas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4), pp.75–78.

Tajima, M., 2007. Strategic value of RFID in supply chain management. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 13, pp.261–273.

Tortorella, G., Garcia, L. y Pereira, E., 2017. Lean manufacturing implementation : an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices

adoption. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89, pp.3407–3418.

Vasishta, S. y Dhanda, M.K., 2010. Transforming a Traditional Library to Modern Library using Barcode Technology: An Experience of Central Library, PEC University of Technology, Chandigarh. *Journal of Library & Information Technology*, 30(1), pp.44–48.

Wang, B.N.T., Brummond, P. y Stevenson, J.G., 2016. Comparison of barcode scanning by pharmacy technicians and pharmacists' visual checks for final product verification. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 73(2), pp.69–75.

Wang, H., Chen, S. y Xie, Y., 2010. An RFID-based digital warehouse management system in the tobacco industry: a case study. *International Journal of Production Research*, 48(9), pp.2513–2548.

Wang, X., Gu, J., Shen, C. y Wang, X., 2015. Warpage optimization with dynamic injection molding technology and sequential optimization method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 781(1–4), pp.177–187.

Wasule, S. y Metkar, S., 2017. Improvement in two-dimensional barcode. *Sadhana*, 42(7), pp.1025–1035.

Wild, D. y Szczepura, A. y Nelson, S., 2011. New barcode checks help reduce drug round errors in care homes. *Nursing Management*, 18(5), pp.26–30.

Xavier Alves, J. y Murta Alves, J., 2015. Production management model integrating the principles of lean manufacturing and sustainability supported by the cultural transformation of a company. *International Journal of Production Research*, 53(17), pp.5320–5333.

Xiao, X., Fu, Z., Zhang, Y., Peng, Z. y Zhang, X., 2017. SMS-CQ: A Quality and Safety Traceability System for Aquatic Products in Cold-Chain Integrated WSN and QR Code. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1).

Xu, Z., Ming, X.G., Zhou, J., Song, W., He, L. y Li, M., 2013. Management optimisation based on dynamic SKU for RFID-enabled warehouse management in the steel supply chain. *International Journal of Production Research*, 51(10), pp.2981–2996.

Yang, Y., Chen, X., Lu, N. y Gao, F., 2016. Injection Molding Process Control, Monitoring, and Optimization, Munich: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Yuan, R. y Graves, S.C., 2016. Setting optimal production lot sizes and planned lead times in a job shop. *International Journal of Production Research*, 54(20), pp.6105–6120.

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja proceso estándar

IS OPERACIÓN SIGNIFICATIVA					
No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCION	AUTOINSPECCION	HERRAMIENTA	ILUSTRACION
1	Utilizar equipo de seguridad	1.- Asegurar que se cuente con todo el equipo de protección personal antes de entrar al área de foam.	1.- Verificar la portación de lentes, mascarilla con filtros para vapores orgánicos, guantes de nitrilo & guantes de propleno, zapatos de seguridad con suela antiderrapante y el uniforme (Figura 1).	Visual	
2	Identificar y verificar estación	1.- Identificar y inspeccionar la estación de trabajo y el molde que será utilizado para producción (Figura 2).	1.- Verificar que en el molde este disponible la pistola de aire y la pistola de cera (Figura 3).	Visual	
			2.- Verificar con el técnico de mantenimiento que el "paquete de dosificación" sea el correspondiente al volumen requerido por el molde.	Visual	
			3.- Verificar en la hoja PDEK que se haya realizado la liberación de material mediante la prueba de densidad (Figura 4).	Visual, PDEK	
3	Rutear arnés en molde	1.- Colocar cera en el interior de las cavidades del molde con la pistola de cera.	1.- Verificar que en todas las cavidades del molde se haya colocado cera, a manera que se forme una película de cera homogénea. De ser necesario usar la pistola de aire para remover excesos de cera en el molde (Figura 5).	Visual, Pistola de cera, pistola de aire.	
		2.- Colocar Bracket	1.- Si aplica, colocar los correspondientes brackets en el molde como lo señala la ayuda visual. Verificar que el bracket haya sido encajado con Demoulant 841 previamente (Figura 7).	Manual, Visual, Demoulant 841.	
		3.- Rutear arnés en molde.	1.- Verificar que los conectores se encuentren insertados en los holders del molde, esto para asegurar las correctas dimensiones y orientaciones de los ramales del arnés tal como se muestra en la ayuda visual del set up de molde (Figura 8).	Manual, Visual	
		4.- Cerrar tapas y clamps (Figura 9).	1. Cerrar las tapas del molde en la secuencia indicada en la ayuda visual, cuidando no dañen los ramales del arnés.	Manual, Visual	
SITUACION ANORMAL O CASOS ESPECIALES					
EN CASO DE FALLA DE EQUIPO, DEFECTO DE CALIDAD PARAR LINEA DE PRODUCCION Y AVISE DE INMEDIATO AL SUPERVISOR, TECNICO,					
12-Jul-10	Actualización de documento		Florencio Villeaas	1	
22-Oct-12	Actualización de documento		Emmanuel del Real	2	
9-Jan-18	Actualización de documento		Francisco Benitez	3	
FECHA	CAMBIO		APPROBO	REVISION	

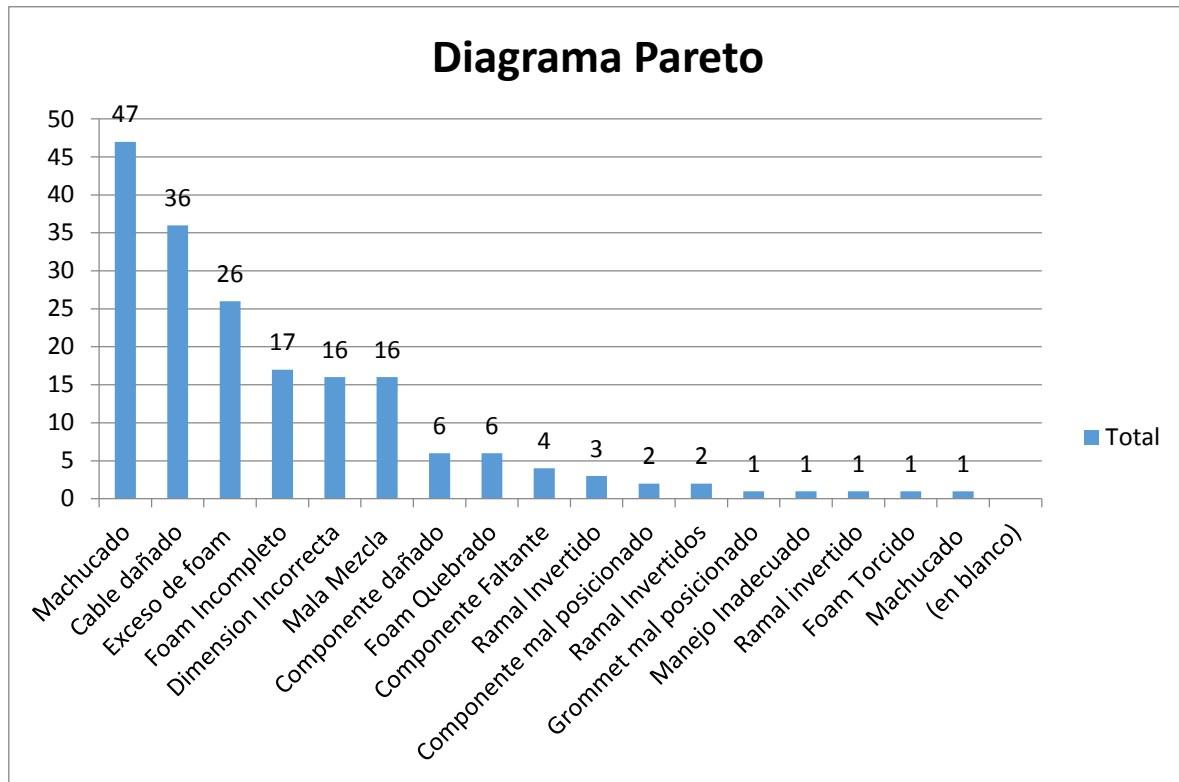
Anexo 1. Hoja de proceso estándar (continuación)

15 OPERACIÓN SIGNIFICATIVA					
No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	AUTOINSPECCIÓN	HERRAMIENTA	ILUSTRACION
4	Inyección de Foam	1.- Llamar al cabezal presionando boton 2 de control (Figura 10).	1.- Verificar en control que el boton para llamado de cabezal encienda y se encuentre parpadeante mientras el cabezal llega a la estación solotada (Figura 10).	Manual, Visual	
		2.- Bajar el cabezal presionando el boton 2 del control, también es posible bajar el cabezal presionando el boton blanco localizado en el cabezal (Figura 11).	1.- Presionar el boton hasta escuchar que el piston libere el cabezal.	Manual, Visual	
		3.- Asegurar que la boquilla del cabezal no se encuentre bloqueada o taponeada por foam reacionado (curado) antes de disparar el cabezal.	1.- Si aplica, remover el tapon de la boquilla del cabezal utilizando las pinzas de punta.	Manual (Pinzas de punta), Visual	
		4.- Posicionar boquilla del cabezal en el punto de inyección (Figura 13).	1.- Jalar el cabezal hacia el molde para asegurar la posición (Figura 12).	Manual, Visual	
		5.- Realizar disparo de material presionando el boton verde (Figura 11).	1.- Verificar que el boton indicador del temporizador encienda (Tiempo de curado 3 min.). (Figura 14).	Manual, Visual	
		6.- Finalizar el proceso de inyección con la limpieza de la boquilla del cabezal para retirar residuos de foam.	1.- Limpiar la boquilla del cabezal utilizando una servilleta azul (Figura 15).	Manual, Visual	
5	Retirar amés y remover flash	1.- Abrir tapas del molde para retirar el amés como se indica en las Instrucones de set up correspondiente al ensamble (Figura 16).	1.- Verificar que todas las tapas del molde hayan sido abiertas y los holders liberados.	Manual, Visual	
		2.- Retirar amés del molde y colocarlo en la mesa de trabajo (Figura 17).	1.- Verificar que el amés completo haya sido retirado del molde.	Manual, Visual	
		3.- Remover exceso de foam del amés "flash" con las manos y de ser necesario utilizar pinzas de corte diagonal y/o pinzas de punta (Figura 18).	1.- Verificar la completa limpieza del amés asegurando	Manual (Pinzas de corte diagonal, Pinzas de punta), Visual	
		4.- Retirar amés de mesa de trabajo y colgarlo en los soportes laterales de la estación de trabajo (Figura 19).	1.- Verificar que los ramales del amés no toquen el suelo.	Manual, Visual	
		5.- Finalizar el proceso de limpieza retirando el "flash" de la mesa de trabajo, vaciandolo por el orificio de la mesa hacia el bote de residuos (Figura 20).	1.- Verificar que no haya residuos de flash sobre la mesa de trabajo.	Manual, Visual	
SITUACION ANORMAL O CASOS ESPECIALES					
EN CASO DE FALLA DE EQUIPO, DEFECTO DE CALIDAD PARAR LINEA DE PRODUCCION Y AVISE DE INMEDIATO AL SUPERVISOR, TECNICO.					
	12-Jul-10	Actualización de documento	Florencio Villegas	1	
	22-Oct-12	Actualización de documento	Emmanuel del Real	2	
	9-Jan-18	Actualización de documento	Francisco Benitez	3	
FECHA	CAMBIO		APPROBO	REVISION	

Anexo 2. Forma de captura manual de información, previo al sistema Ifoam

# Parte	Retrabajable	Tipo de defecto	Modo de Falla en BCS	Cantidad	Fecha	Turno	Cliente
227237500	SI	Foam Incompleto	2	1	2-Jan	1	DAF
227237500	SI	Foam Incompleto	2	1	2-Jan	1	DAF
227237500	SI	Machucado	1	1	2-Jan	1	DAF
227237500	SI	Foam Incompleto	2	1	4-Jan	1	DAF
227237500	SI	Machucado	1	1	4-Jan	1	DAF
227237500	SI	Foam Incompleto	2	1	4-Jan	1	DAF
227204500	SI	Foam quebrado	5	5	7-Jan	1	DAF
224979100	NO	Cable da;ado	9	1	8-Jan	2	DAF
227204500	SI	Foam quebrado	5	6	8-Jan	2	DAF
227204500	NO	Machucado	1	1	11-Jan	2	DAF
224979100	NO	Cable da;ado	9	1	14-Jan	1	DAF
227204500	NO	Machucado	1	1	15-Jan	1	DAF
225353200	SI	Exesode foam	6	2	15-Jan	2	DAF
227204500	NO	Foam quebrado	5	1	17-Jan	1	DAF
227204500	NO	Cable da;ado	9	1	18-Jan	2	DAF
227204500	NO	Machucado	1	1	18-Jan	2	DAF
227204500	NO	Machucado	1	1	18-Jan	1	DAF
227237500	SI	Exeso de foam	6	2	21/01/2019	2	DAF
227237500	SI	Exeso de foam	6	3	22/01/2019	2	DAF
227204500	SI	Foam quebrado	5	2	29-Jan	1	DAF
224979100	SI	Foam incompleto	2	1	29-Jan	1	DAF
227204500	SI	Foam Incompleto	2	2	30-Jan	2	DAF
227237500	SI	Exeso de foam	2	1	30-Jan	2	DAF
227204500	NO	Machucado	9	1	31-Jan	2	DAF
227204500	SI	Foam Incompleto	2	8	31-Jan	2	DAF
227204500	SI	Foam Incompleto	2	6	1-Feb	1	DAF
227237500	SI	Foam Incompleto	2	2	6-Feb	1	DAF
227204500	SI	Foam Incompleto	2	8	6-Feb	1	DAF
227237500	SI	Foam Incompleto	2	5	8-Feb	2	DAF
225297600	SI	Foam Incompleto	2	4	8-Feb	2	DAF

Anexo 3. Pareto de los defectos del área, previo a la clasificación de 10 defectos.



Anexo 4. Reporte Sistema "IFoam"

Station	Start Date	End Date	Cops ID	Part ID	Mold	Employee ID	Reworked	Reawork Failure
1	1/31/2019 12:54:58 PM	1/31/2019 1:09:46 PM	23193683	227204500	MOLDE-01	28266	Y	700 - Cable quebrado
1	2/1/2019 7:52:34 AM	2/1/2019 8:08:37 AM	23207426	227204500	127	28266	Y	502 - Foam incompleto
1	2/1/2019 9:09:22 AM	2/1/2019 9:27:51 AM	23193687	227204500	127	28266	Y	502 - Foam incompleto
3	2/1/2019 12:46:34 PM	2/1/2019 12:49:19 PM	23209125	227204500	122	31753	Y	500 - Cable muy duro
3	2/2/2019 8:08:16 AM	2/2/2019 8:08:21 AM	23216472	227204500	122	31753	Y	508 - Alambres visibles
2	2/6/2019 10:10:58 AM	2/6/2019 10:26:09 AM	23235500	227204500	121	22141	Y	502 - Foam incompleto
3	2/7/2019 10:33:33 AM	2/7/2019 10:33:39 AM	23246139	227204500	122	31753	Y	502 - Foam incompleto
2	2/7/2019 12:07:20 PM	2/7/2019 12:07:23 PM	23248937	227204500	121	22141	Y	502 - Foam incompleto
3	2/8/2019 7:42:00 AM	2/8/2019 7:42:03 AM	23258771	227204500	122	31753	Y	702 - Componente faltante
1	2/8/2019 10:51:32 AM	2/8/2019 10:51:34 AM	23254316	227204500	127	28266	Y	502 - Foam incompleto
3	2/13/2019 9:11:10 AM	2/13/2019 9:11:14 AM	22922742	227204500	3	31753	Y	511 - Alambre dañado
1	2/13/2019 2:03:52 PM	2/13/2019 2:03:55 PM	23305089	227204500	MOLDE 1	28266	Y	607 - Pieza dañada
2	2/13/2019 2:20:55 PM	2/13/2019 2:21:00 PM	22939212	227204500	2	22141	Y	500 - Cable muy duro
2	2/13/2019 4:05:05 PM	2/13/2019 4:05:10 PM	23307937	227204500	2	22141	Y	502 - Foam incompleto
1	3/4/2019 7:14:36 AM	3/4/2019 7:14:41 AM	23485791	227204500	1	15231	Y	622 - Ramal corto
1	3/4/2019 7:40:07 AM	3/4/2019 7:40:10 AM	23485794	227204500	1	15231	Y	502 - Foam incompleto

Anexo 5. *Escáner utilizado en el área.*



ZEBRA LI4278

GENERADOR DE IMAGEN LINEAL INALÁMBRICO DE USO GENERAL

Anexo 6. Tabla de especificaciones del escáner.**TABLA DE ESPECIFICACIONES**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	
Dimensiones	9,8 cm (Al) x 7 cm (An) x 18,6 cm (Lo) 3,84 pulg. (Al) x 2,75 pulg. (An) x 7,34 pulg. (Lo)	Radio	Radio Bluetooth v2.1 Clase 2
Peso	224 gramos/7,9 onzas;	Frecuencia de datos	3,0 Mbit/s (2,1 Mbit/s) Bluetooth v2.1
Interfaz de base	RS232, RS485 (IBM), USB, Keyboard Wedge	Alcance de radio*	100 m/330 pies (línea de visión)
Color	Negro; blanco	* Empleando configuración de base de presentación	
Batería	Batería recargable y sustituible con 'sostenibilidad ecológica'	NORMATIVA	
CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO		Requisitos técnicos	EMC FCC Parte 15 Clase B, ICES 003 Clase B, IEC 60601-1-2 Medio ambiente Directiva RoHS 2002/95/CE Seguridad eléctrica C22.2 No. 60950-1, EN 60950-1, IEC 60950-1, UL 60950-1 LED Clase 1
Tolerancia al sesgo	±65°	Características ambientales	Cumple la norma RoHS
Tolerancia a la inclinación	±65°	UTILIDADES	
Tolerancia al balanceo	±45°	123Scan, Scanner Management Services (SMS), Zebra Scanner SDK	
Patrón de escaneado	Una única línea luminosa para apuntar	RANGOS DE DESCODIFICACIÓN (RANGOS DE FUNCIONAMIENTO TÍPICOS**)	
Ángulo de escaneado	Horizontal de 35°	3 mil	Resolución mínima
Velocidad de escaneado	547 escaneados por segundo	4 mil	10,2-25,4 cm/4-10 pulg.
Tolerancia al movimiento	63,5 cm/25 pulg. por segundo	5 mil	7,6-33 cm/3-13 pulg.
Fuente de luz	Dispositivo LED Clase 1 de 617 nm (ámbar)	7,5 mil	3,8-48,3 cm/1,5-19 pulg.
Contraste de	MRD del 15%	13 mil (100% UPC-A)	2,5-78,7 cm/1-31 pulg.
		20 mil	2,5-106,7 cm/1-42 pulg.
		26 mil (200% UPC-A)	7,6-140 cm/3-55 pulg.
		100 mil (papel)	>6 m/20 pies

Anexo 6. Tabla de especificaciones del escáner (Continuación).

Contraste de impresión mínimo	MRD del 15%	100 mil (papel)	>6 m/20 pies
Escaneados por carga	Hasta 57.000	** Los rangos se calculan para Code 39 a no ser que se indique lo contrario	
Horas de funcionamiento	Por carga completa: 72 horas	GARANTÍA	
ENTORNO DE USUARIO			
Inmunidad a la luz ambiental	108.000 lux máximo	Sujeto a los términos de la declaración de garantía de hardware de Zebra, el LI4278 está garantizado frente a defectos de fabricación y materiales durante un periodo de 36 meses desde la fecha de entrega. Para consultar la declaración completa de garantía del producto de hardware Zebra, visite: http://www.Zebra.com/warranty	
Temp. funcionamiento	De 0° C a 50° C / De 32° F a 122° F		
Temperatura de almacenamiento	De -40° C a 70° C / De -40° F a 158° F		
Humedad	Del 5% al 85% de HR sin condensación		
Especificación para caídas	Más de 100 caídas desde 1,5 m/5 pies a temperatura ambiente; soporta caídas desde 1,8 m/6 pies sobre hormigón		
Sellado medioambiental	Carcasa sellada mediante junta resistente al polvo; puede limpiarse con pulverizador		
Sistemas de símbolos de códigos de barras	UPC/EAN: UPC-A, UPC-E, UPC-E1, EAN-8/JAN 8, EAN-13/JAN 13, Bookland EAN, Bookland ISBN Format, UCC Coupon Extended Code, ISSN EAN Code 128 incluidos GS1-128, ISBT 128, ISBT Concatenation, Code 39 incluidos Trioptic Code 39, Convert Code 39 a Code 32 (Italian Pharmacy Code), Code 39 Full ASCII Conversion Code 93 Code 11 Matrix 2 of 5 Interleaved 2 of 5 (ITF) Discrete 2 of 5 (DTF) Codabar (NW - 7) MSI Chinese 2 of 5 IATA Inverse 1D (excepto todos los GS1 DataBars) GS1 DataBar incluidos GS1 DataBar-14, GS1 DataBar Limited, GS1 DataBar Expanded		