

UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

AUMENTO DE CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA EN
DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE UNA
EMPRESA PRODUCTORA DE ARNESES

T E S I S

PRESENTADA POR

JESÚS EDUARDO FIGUEROA CAMPA

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

DIRECTORA DE TESIS
DRA. MARÍA ELENA ANAYA PÉREZ

CODIRECTOR
DR. LUIS FELIPE ROMERO DESSENS

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

FEBRERO 2021

Universidad de Sonora

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



Hermosillo, Sonora a 6 de noviembre de 2020

JESÚS EDUARDO FIGUEROA CAMPA

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, otorgamos a usted nuestra aprobación de la fase escrita del examen de grado, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería: Ingeniería en Sistemas y Tecnología.

Por tal motivo este jurado extiende su autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **AUMENTO DE CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA EN DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ARNESES** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

Dra. María Elena Anaya Pérez
Directora de tesis y Presidente del jurado

Dr. Luis Felipe Romero Dessens
Codirector y Vocal del Jurado

Dr. Jesús Horacio Pacheco Ramírez
Secretario del Jurado

Dr. Gerardo Sánchez Schmitz
Vocal del Jurado

Hermosillo, Sonora, México, a 3 de julio de 2020

JESÚS EDUARDO FIGUEROA CAMPA

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado de la Universidad de Sonora, otorgo a usted mi aprobación de la fase escrita del examen profesional, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería: Ingeniería en Sistemas y Tecnología.

Por tal motivo, como sinodal externo y vocal del jurado, extiendo mi autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **AUMENTO DE CONFIABILIDAD Y EFICIENCIA EN DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ARNESES** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

MBA. ALEJANDRA ISABEL SEPÚLVEDA GARCÍA
LEONI WIRING SYSTEMS
Sinodal Externo y Vocal del Jurado

Leoni Wiring Systems Mexicana, S.A. DE C.V.

RESUMEN

El presente proyecto, se desarrolla en las instalaciones de una empresa alemana proveedora mundial de arneses, fibra óptica, cables y servicios para el sector automotriz, concretamente dentro del departamento de diseño de producción, encargado de procesar las especificaciones de arneses solicitadas por los clientes, para la obtención de planos en dos dimensiones, estimación de costos, lista de materiales, entre otras salidas.

Para realizar estas operaciones es necesario el uso de un software especializado que integra las propiedades de los componentes a utilizar, dichas propiedades son verificadas y capturadas por la unidad de negocio llamada el equipo de base de datos. Sin embargo, este equipo carece de una estructura definida en su proceso (procedimientos, estándares e instrucciones de trabajo), por lo que algunas actividades están sujetas al criterio del operador, causando una acumulación en la carga del trabajo, que retrasa los plazos de entrega y consecuentemente expone el proceso a fallos y errores humanos con el potencial de impactar en las actividades de todo el departamento. Con intención de solucionar dicha situación, el proyecto se dirige a la resolución de dos objetivos principales, el primero es agilizar el proceso, explotando las áreas de oportunidad dentro del mismo. Mientras que el segundo radica en asegurar la confiabilidad y eficiencia del proceso, es decir, detectar aquellas actividades expuestas a errores o fallos y garantizar su control.

Bajo el enfoque de mejora continua, el presente proyecto integra las herramientas VSM y la FMEA, cada una encargada de solucionar uno de los objetivos, ejecutadas de manera conjunta en una metodología que permite que se complementen y faciliten la obtención de sus resultados, mismos que son representados en la concepción de una estructura definida del proceso, que conlleva la reducción de actividades innecesarias, así como una reducción de los indicadores de riesgo en la confiabilidad de sus operaciones, resumiéndose finalmente en un aumento de confiabilidad y eficiencia para el departamento.

ABSTRACT

This project is developed in the facilities of a German company worldwide provider of harnesses, fiber optics, cables and services for the automotive sector, specifically within its production design department, in charge of processing the harness specifications requested by customers, to obtain plans in two dimensions, cost estimation, bill of materials, among other outputs.

To carry out these operations, it is necessary the use of a specialized software that integrates the properties of the components needed. These properties are verified and captured by the business unit called the database team. However, this team lacks a defined structure in its process (procedures, standards, and work instructions), making some activities subject to the operator's criteria, causing an accumulation in the workload, which delays delivery times. and consequently, exposes the process to human failures and errors with the potential to impact the activities of the entire department. With the intention of solving this situation, the project is aimed at solving two main objectives, the first is to speed up the process, identifying the areas of opportunity within it. While the second is to ensure the reliability and efficiency of the process, that is, detect those activities exposed to errors or failures and guarantee their control.

Under the continuous improvement approach, this project integrates the VSM and FMEA tools, each responsible for solving one of the objectives, executed together in a methodology that allows them to complement and facilitate the obtaining of their results, which are represented in the conception of a defined structure of the process, which entails the reduction of unnecessary activities, as well as a reduction of risk indicators in the reliability of its operations, ultimately being summarized in an increase in reliability and efficiency for the department.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mi familia: mi madre, María Magdalena Campa, mi padre, Jesús Amado Figueroa y mi hermano, Andrés Figueroa Campa, quienes han estado a mi lado, apoyándome a lo largo de un proceso académico, siendo ellos la razón para haber iniciado y la motivación para culminarlo.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, la doctora María Elena Anaya Pérez, por su completa disposición y paciencia para guiarme, orientarme y apoyarme en el proceso de culminación de la presente tesis, así como su ayuda en encontrar la empresa adecuada para el proyecto.

Al coordinador del posgrado, el doctor Alonso Pérez Soltero, por su dedicación y profesionalismo como coordinador del posgrado, así como su completa disposición en la resolución de los problemas y dudas presentes durante el proceso.

A los profesores del posgrado por la disposición de aportar y transmitir su conocimiento académico y experiencia profesional.

A todos mis compañeros de maestría, quienes aportaron el aspecto humano en el proceso, sus experiencias y su apoyo académico.

Al ingeniero Alejandro Cid Fierro Brambila, por abrirme las puertas del departamento del que es encargado y darme la oportunidad de formar parte de este proyecto.

Al ingeniero Adrián Alfredo Aello Gutiérrez, por la completa disposición durante el desarrollo de mi investigación, así como su asesoría y la gestión administrativa necesaria para integrarme a su equipo de trabajo.

A todas aquellas personas que directa e indirectamente me impulsaron a comenzar mis estudios de posgrado.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente me apoyaron de cualquier forma durante estos años de formación académica.

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	ii
ABSTRACT	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivo general	2
1.4. Objetivos específicos	2
1.5. Hipótesis	3
1.6. Alcances y delimitaciones	3
1.7. Justificación.....	3
2. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Productividad	4
2.2. Cadena de valor.....	4
2.3. La mejora continua.....	5
2.4. Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)	6
2.4.1. Las siete mudas	6
2.5. Herramientas de Lean Manufacturing	8
2.5.1. JIT (Justo a tiempo)	10
2.5.2. Kaizen	10
2.5.3. VSM (Mapeo del flujo de valor)	11
2.5.4. Cinco S's	13
2.5.5. SMED.....	15

2.5.6. TPM	15
2.5.7. Five Why's (cinco porqués).....	15
2.6. FMEA (Análisis de modos y efectos de falla)	16
2.6.1. Características de FMEA	17
2.6.2. Objetivos de FMEA	18
2.6.3. Beneficios de FMEA.....	19
2.7. Estudios previos.....	19
3. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Estructura metodológica (FMEA estructurado como VSM).....	25
3.2. Organización - Etapa 1: Estado del arte	27
3.2.1. Paso 1: Estudio del área y procesos.....	27
3.2.2. Paso 2: Inducción y capacitación	27
3.3. Organización - Etapa 2: Equipo de trabajo	28
3.3.1. Paso 1: Definir integrantes del equipo de trabajo.....	28
3.3.2. Paso 2: Definir roles y objetivos del equipo de trabajo.....	28
3.4. Diagnóstico - Etapa 3: Mapeo de proceso (presente)	28
3.4.1. Paso 1: Delimitar el proceso	29
3.4.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso actual.....	29
3.4.3. Paso 3: Designar estándares e instrucciones de trabajo	29
3.5. Diagnóstico - Etapa 4: Áreas de oportunidad.....	30
3.5.1. Paso 1: Identificar áreas de oportunidad.....	30
3.5.2. Paso 2: Detectar fallas potenciales	31
3.5.3. Paso 3: Detectar efectos del fallo.....	31
3.5.4. Paso 4: Evaluar nivel de severidad	31
3.5.5. Paso 5: Detectar causas de fallos.....	32
3.5.6. Paso 6: Evaluar ocurrencia	32
3.6. Solución - Etapa 5: Proponer mejoras	33
3.6.1. Paso 1: Determinar índice de detención	33
3.6.2. Paso 2: Establecer prioridad de riesgo	34
3.6.3. Paso 3: Proponer alternativas y acciones correctivas.....	35

3.7. Solución - Etapa 6: Mapeo de proceso (futuro).....	35
3.7.1. Paso 1: Reevaluar indicadores tras propuestas.....	35
3.7.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso tras propuestas	35
3.8. Resultados - Etapa 7: Evaluación final.....	36
3.8.1. Paso 1: Evaluar rendimiento y realizar ajustes	36
3.8.2. Paso 2: Comparación de resultados	36
3.8.3. Paso 3: Mantener seguimiento.....	37
4. IMPLEMENTACIÓN	38
4.1. Organización - Etapa 1: Estado del arte	38
4.1.1. Paso 1: Estudio del área y procesos.....	38
4.1.2. Paso 2: Inducción y Capacitación	40
4.2. Organización - Etapa 2: Equipo de trabajo	42
4.2.1. Paso 1: Definir integrantes del equipo de trabajo.....	43
4.2.2. Paso 2: Definir roles y objetivos del equipo de trabajo.....	43
4.3. Diagnóstico - Etapa 3: Mapeo de procesos (presente)	45
4.3.1. Paso 1: Delimitar el proceso	45
4.3.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso actual.....	48
4.3.3. Paso 3: Designar estándares e instrucciones de trabajo	50
4.4. Diagnóstico - Etapa 4: Áreas de oportunidad.....	52
4.4.1. Paso 1: Identificar áreas de oportunidad.....	52
4.4.2. Paso 2: Detectar fallas potenciales	53
4.4.3. Paso 3: Detectar efectos del fallo.....	54
4.4.4. Paso 4: Evaluar nivel de severidad.....	55
4.4.5. Paso 5: Detectar causas de fallos.....	55
4.4.6. Paso 6: Evaluar ocurrencia	56
4.5. Solución - Etapa 5: Proponer mejoras	56
4.5.1. Paso 1: Determinar índice de detención	56
4.5.2. Paso 2: Establecer prioridad de riesgo	57
4.5.3. Paso 3: Proponer alternativas y acciones correctivas.....	57
4.6. Solución - Etapa 6: Mapeo de proceso (futuro).....	60

4.6.1. Paso 1: Reevaluar indicadores tras propuestas.....	60
4.6.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso tras propuestas	61
4.7. Resultados - Etapa 7: Evaluación final.....	62
4.7.1. Paso 1: Evaluar rendimiento y realizar ajustes	62
4.7.2. Paso 2: Comparación de resultados	62
4.7.3. Paso 3: Mantener seguimiento.....	65
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1 Conclusiones.....	67
5.2. Recomendaciones	68
5.3. Trabajos futuros	69
6. REFERENCIAS.....	72
7. ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Herramientas Toyota.....	9
Figura 2.2. Seis fases para el desarrollo del método VSM.....	20
Figura 3.1. Las siete etapas para el desarrollo del método FMEA estructurado como VSM.....	25
Figura 4.1. Unidades de negocio del departamento de diseño / share service hub Hermosillo.....	39
Figura 4.2. Fases del proceso del equipo de base de datos.....	45
Figura 4.3. Mapeo del proceso del equipo de base de datos.....	48
Figura 4.4. Ejemplo de instrucciones de trabajo dentro del mapeo de proceso.....	49
Figura 4.5. Ejemplo de FMEA en el modo de falla potencial.....	52
Figura 4.6. Ejemplo de FMEA en el efecto de falla potencial.....	53
Figura 4.7. Ejemplo de FMEA en la severidad de las operaciones.....	53
Figura 4.8. Ejemplo de FMEA en la causa potencial de falla.....	54
Figura 4.9. Ejemplo de FMEA en la ocurrencia de fallo.....	54
Figura 4.10. Ejemplo de FMEA en las acciones preventivas, correctivas, detención y RPN.....	55
Figura 4.11. Mapeo del proceso del equipo de base de datos tras mejoras.....	59
Figura 4.12. Documento FMEA tras mejoras.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Las siete Mudas.....	7
Tabla 2.2. Objetivos de las cinco S's.....	14
Tabla 3.1. Agrupación de los pasos para desarrollar FMEA y VSM.....	25
Tabla 3.2. Criterio de evaluación de severidad.....	31
Tabla 3.3. Criterio de evaluación de ocurrencia.....	32
Tabla 3.4. Criterio de evaluación de detención.....	33
Tabla 4.1. Alcance y expectativas del proyecto por parte de la empresa.....	43
Tabla 4.2. Tiempo de las operaciones del proceso del equipo de base de datos.....	50
Tabla 4.3. Propuesta de mejoras para las áreas de oportunidad en el proceso.....	56
Tabla 4.4. Tiempo de las operaciones del proceso del equipo de base de datos después de realizar cambios en el proceso.....	59
Tabla 4.5. Comparación de tiempo por operación antes y después de mejoras - resultados.....	61
Tabla 4.6. Comparación de RPN antes y después de mejoras - resultados.....	62

1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo contiene la descripción del problema, su entorno y consecuencias. Así como el enfoque de su solución, objetivos, hipótesis, justificación y los beneficios que conlleva.

1.1. Presentación

El presente proyecto se desarrolla dentro de una empresa de origen alemán proveedora de arneses, fibra óptica, cables y otros servicios dedicados al sector automotriz, en concreto dentro del departamento de diseño de producción.

Siendo las entradas de este departamento, las especificaciones de arneses solicitadas por los clientes, donde con ayuda de Capital Harness (software especializado de Mentor® Graphics), se obtienen planos en dos dimensiones, estimación de costos, lista de materiales, ayudas visuales, tableros para enrutamiento, balanceo de líneas y programas para pruebas eléctricas, como las principales salidas.

El departamento de Diseño de Producción divide sus operaciones en siete equipos de trabajo o unidades de negocio, siendo: 1ro. Equipo de diseño de arneses, 2do. Equipo de base de datos, 3ro. Equipo de estimación de costos, 4to. Equipo de tableros de enrutamiento, 5to. Equipo de gestión de repuestos, 6to. Equipo de análisis de valor y 7mo. Equipo de gestión de proyectos.

El primero de estos equipos es el encargado de suministrar el diseño general del arnés para el posterior trabajo del resto de los equipos, sin embargo, también depende de que los componentes que utilizará en dicho diseño se encuentren integrados en el software Capital Harness. Debido a esto, se estableció al equipo de base de datos (el segundo equipo), como el encargado de analizar y corroborar las características de los componentes, para después capturar o actualizar dicha información en las diferentes bibliotecas de datos utilizadas por dicho software.

Razón por la que las operaciones de este equipo se consideran un punto crítico en la confiabilidad de la información utilizada por todo departamento.

Sin embargo, no todas las operaciones son realizadas de manera sistémica, es decir, algunas actividades están sujetas al criterio del operador, por lo que se encuentran expuestas a fallos o errores humanos, así mismo el equipo carece de una estructura definida en su proceso (procedimiento, estándares e instrucciones de trabajo) y algunas actividades aún no han sido integradas o adaptadas al software, por lo que su tiempo de trabajo sobrepasa el tiempo deseado, causando una acumulación en la carga del trabajo, que retrasa los plazos de entrega y a su vez contribuye a las fallos o errores antes mencionados.

1.2. Planteamiento del problema

El equipo de base de datos del departamento de diseño de producción carece de una estructura definida en su proceso, por lo que algunas actividades están sujetas al criterio del operador, causando una acumulación en la carga del trabajo, que retrasa los plazos de entrega y consecuentemente expone el proceso a fallos y errores humanos con el potencial de impactar en las actividades de todo el departamento.

1.3. Objetivo general

Mejorar el proceso de trabajo actual del equipo de base de datos del departamento de diseño de producción, desarrollando e implementando método, herramientas y técnicas enfocados a la eficiencia y agilización de sus actividades, así la reducción de riesgos en sus operaciones, con el objetivo de disminuir los plazos de entrega a clientes internos y garantizar la confiabilidad de sus entregas.

1.4. Objetivos específicos

- Definir y establecer estándares, procedimientos e instrucciones de trabajo para el proceso del equipo de base de datos.
- Identificar y definir las áreas de oportunidad y riesgos a sistematizar en el proceso del equipo de base de datos.

- Desarrollar herramientas y técnicas enfocados a confiabilidad y eficiencia del proceso del equipo de base de datos.
- Analizar los resultados y verificar el cumplimiento de los objetivos deseados.

1.5. Hipótesis

La implementación de mejoras en el proceso del equipo de base de datos, basadas en el desarrollo de métodos, herramientas y técnicas enfocadas a asegurar un aumento en la confiabilidad y eficiencia de sus operaciones, permitirá una reducción del plazo de entrega a los clientes internos del departamento y una reducción en el riesgo de errores en sus entregas.

1.6. Alcances y delimitaciones

El proyecto se limita a realizarse en Shared Service hub (departamento de diseño de producción de arneses), enfocado al proceso y operaciones de la unidad de negocio llamada equipo de base de datos.

1.7. Justificación

El proyecto se desarrollará debido a que los procesos actuales en el equipo de base de datos presentan áreas de oportunidad a mejorar, donde la falta de sistematización en las operaciones y la falta de un método de detección de errores en la información capturada en las distintas bibliotecas, afectan los plazos de entrega y expone los procesos a fallas humanas, que pueden impactar negativamente tanto las operaciones de otras unidades de negocio como a los clientes de todo el departamento.

2. MARCO DE REFERENCIA

El presente capítulo aborda antecedentes teóricos, técnicas, herramientas y métodos pertinentes al proyecto, los cuales son extraídos de una recopilación bibliográfica con el propósito de fundamentar conceptos básicos, necesarios para el desarrollo y resolución del proyecto.

Adicionalmente, expone resultados comprobados de investigaciones similares, que servirán de guía y permitirá justificar la metodología desarrollada y utilizada en el proyecto.

2.1. Productividad

En términos organizacionales, la productividad es entendida como la relación existente de entregables, sean estos tangibles o intangibles, frente a la cantidad y calidad de los insumos utilizados en el proceso productivo en un tiempo determinado (Tamayo, Del Río y García, 2014).

McNessee (1997) define productividad como aquella contribución obtenida a partir de los recursos invertidos o consumidos por una organización. Por lo tanto, esta podrá medirse en aquellos factores cuantitativos y cualitativos de una organización, como la consecución de objetivos y el tiempo y forma del trabajo realizado. A mayor productividad, mayor rendimiento dentro de la organización (Sun, 2001).

Robbins (2001), propuso que las evaluaciones de productividad se utilicen para especificar la urgencia de la capacitación y el desarrollo, evaluar los efectos del plan de desarrollo y reclutamiento de los empleados y promulgar normas de incentivos, ayudar a las decisiones del personal tales como transferencia, promoción o despido, y proporcionar retroalimentación a los empleados para que comprendan cómo se evalúan los desempeños.

2.2. Cadena de valor

La cadena de valor se refiere a todas las actividades o etapas, necesarias para crear y poner en disposición del cliente un producto o servicio (Rother y Shook, 1999). Esto

generalmente abarca desde la recepción de la orden del cliente hasta el envío del producto o el servicio brindado (Chaneski, 2014). Por ejemplo, la fuente de materia prima, cada uno de los proveedores de una empresa y aquellas partes involucradas en la logística del producto (Shank y Govindarajan, 1993).

Es importante destacar que cuando se busca mejorar la cadena de valor, es necesario evaluar cada uno de los elementos o eslabones de la cadena, teniendo en consideración aquellos eslabones de los que depende y los que dependen de este, es decir, mejorar cada elemento sin perder de vista el sistema completo. (Sihn y Pfeffer, 2013).

2.3. La mejora continua

En la actualidad, las empresas buscan alcanzar una posición competitiva en el mercado, lo que las lleva a incentivar cambios organizacionales, orientados al aumento de la productividad y la eficiencia, desde un enfoque de mejora continua (Emiliani, 2005). En este sentido, dicha mejora involucra la participación de todos los aspectos del proceso (Imai, 1997), donde la práctica consiste en establecer un estándar, mantenerlo y mejorarlo (Wittenberg, 1994).

La mejora continua tiende a orientarse al personal, a los procesos y a la satisfacción del cliente (Oropesa et al. 2016) para la obtención de beneficios de calidad, beneficios económicos y beneficios humanos, que se verán reflejados en el rendimiento de los procesos, el ahorro de costos, reducción de plazos de entrega, una mayor calidad y una reducción en los accidentes laborales (García, 2010).

Debido a que cualquier actividad es objeto de mejora, múltiples métodos han sido desarrollados en función a la mejora de los procesos de la empresa. (Tolosa, 2017). Tal es el caso de Lean Manufacturing presentado a continuación.

2.4. Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)

Concebida en Japón a finales del siglo XX por Taiichi Ohno, director y consultor de la empresa Toyota (Ohno, 1991). Lean Manufacturing o LM (traducida al español como manufactura esbelta), es una metodología centrada en la mejora de la productividad y eficiencia de los procesos de manufactura. De la cual destaca su versatilidad, ya que tiene la capacidad de adoptar las características y adaptarse a los diferentes escenarios del sector industrial (Ohno, 1991).

Esto se debe a que LM se desarrolla a través de una variedad de principios y herramientas de gestión de la producción, orientadas a la mejora continua, cuyo principal objetivo es el aumento de productividad y eficiencia por medio de la reducción de desperdicios, es decir, toda actividad que no agrega valor al producto o al proceso productivo (Pérez Rave et al, 2011).

La capacidad de proporcionar productos de alta calidad considerando el menor costo posible es necesaria para que las organizaciones o empresas dedicadas a los bienes y servicios puedan sobrevivir en un entorno competitivo. Dicha facultad puede alcanzarse implementando LM, ya que eliminar desperdicios, deberá reflejarse en una reducción de costos que paralelamente beneficiará el desempeño general de la empresa (Ismail et al, 2018).

2.4.1. Las siete mudas

Según Ohno (1991) existen siete tipos de desperdicios en los cuales LM debe enfocarse, conocidos como las siete mudas.

La palabra japonesa muda significa despilfarro y se refiere en específico, a cualquier actividad humana o de proceso que consume recursos, pero no crea valor al producto. Estas Mudas son, transporte, inventario, movimiento, espera, sobre producción, sobre procesamiento y los defectos. Los cuales son definidos y presentados en la siguiente tabla:

Transporte:	<p>El transporte no agrega valor al producto, ya que no es una transformación por la cual el consumidor está dispuesto a pagar.</p> <p>Así mismo, cada vez que un producto se mueve innecesariamente, existe el riesgo de que pueda dañarse, perderse o retrasarse, por lo que representa un costo sin valor agregado</p>
Inventario:	<p>Ya sea en forma de materias primas, trabajo en progreso o productos terminados, el mantener un inventario, representa un costo, debido a los recursos que esta actividad conlleva, que a su vez evita que estos productos se traduzcan en capital para la empresa.</p> <p>Por lo que cuanto más tiempo permanezca un producto almacenado, más contribuirá al desperdicio.</p>
Movimientos innecesarios:	<p>A diferencia del transporte, que se refiere al movimiento del producto, el movimiento innecesario se refiere al movimiento por parte del personal o el proceso que no agrega valor.</p> <p>Esto puede incluir el desgaste del equipo, lesiones por esfuerzo repetitivo o tiempo de inactividad.</p>
Tiempo de espera:	<p>Cada vez que el producto no está siendo transportado o procesado, este se encuentra detenido o en espera (generalmente en una cola). Lo cual incurre en un desperdicio de tiempo y recursos.</p>
Sobre producción:	<p>Producir más de lo requerido da como resultado varias formas de desperdicio, ya que las necesidades del cliente a menudo cambian con el tiempo que lleva producir un lote más grande.</p> <p>La sobreproducción ha sido descrita como el peor tipo de desperdicio y en algunos casos como la raíz de otros desperdicios.</p>
Sobre procesamiento:	<p>Hacer más por un producto de lo que desea el cliente final, hace que demore y aumente su costo de producción. Esto también incluye el uso de componentes o herramientas que son más precisos, complejos, caros o de mayor calidad de la requerida.</p>
Defectos:	<p>Tener que descartar o reprocesar un producto debido a trabajos o componentes ineficientes o defectuosos, se traducirá costos y demoras</p>

Tabla 2.1. Las siete Mudas (Ohno, 1991). *Elaboración propia.*

Adicionalmente a las siete Mudas, diferentes autores han coincidido en un octavo desperdicio a las habilidades no utilizadas, las organizaciones a menudo subutilizan las habilidades que tienen sus trabajadores o les permiten operar en silos para que el conocimiento no se comparta. Esto se agregó a las siete formas originales de desperdicio, ya que resolver este desperdicio es un facilitador clave para resolver los otros.

Así mismo Womack (2018) añade la confusión e incertidumbre general sobre lo que se debe hacer, o ausencia de procedimientos documentados y declaraciones operativas.

2.5. Herramientas de Lean Manufacturing

Este sistema se considera responsable del éxito y por lo tanto de convertir a la compañía Toyota en lo que es hoy, la compañía reconocida como líder en la producción y fabricación en la industria automotriz aun que la idea de este no proviene de la misma. La inspiración de Sakichi Toyoda provino de los conceptos observados en el funcionamiento de los supermercados estadounidenses de manera que el cliente obtiene solo lo que requiere y el establecimiento solo reabastece lo que se espera vender. De la misma manera en las estaciones de trabajo se busca producir y abastecer únicamente lo requerido para la producción basado en las necesidades del cliente o la siguiente estación de trabajo.

Esta particular forma de trabajar tiene como resultado el manejo de inventarios reducidos lo que conlleva la eliminación de desperdicios y una mayor eficiencia en cuestión al tiempo de producción.

Al observar los cambios hechos en las fábricas de Toyota varias empresas occidentales se dispusieron a reducir sus altos niveles de inventario con el fin de mantenerse competitivos, pero sin el conocimiento del cómo y el porqué del sistema estos intentos en varias ocasiones solo llevaron al fracaso de estos proyectos.

Dicho esto, lo que se mencionara a continuación una serie de conceptos que ayudaran a la comprensión e implementación adecuada de las herramientas ya mencionadas, los cuales se representan en la siguiente figura:

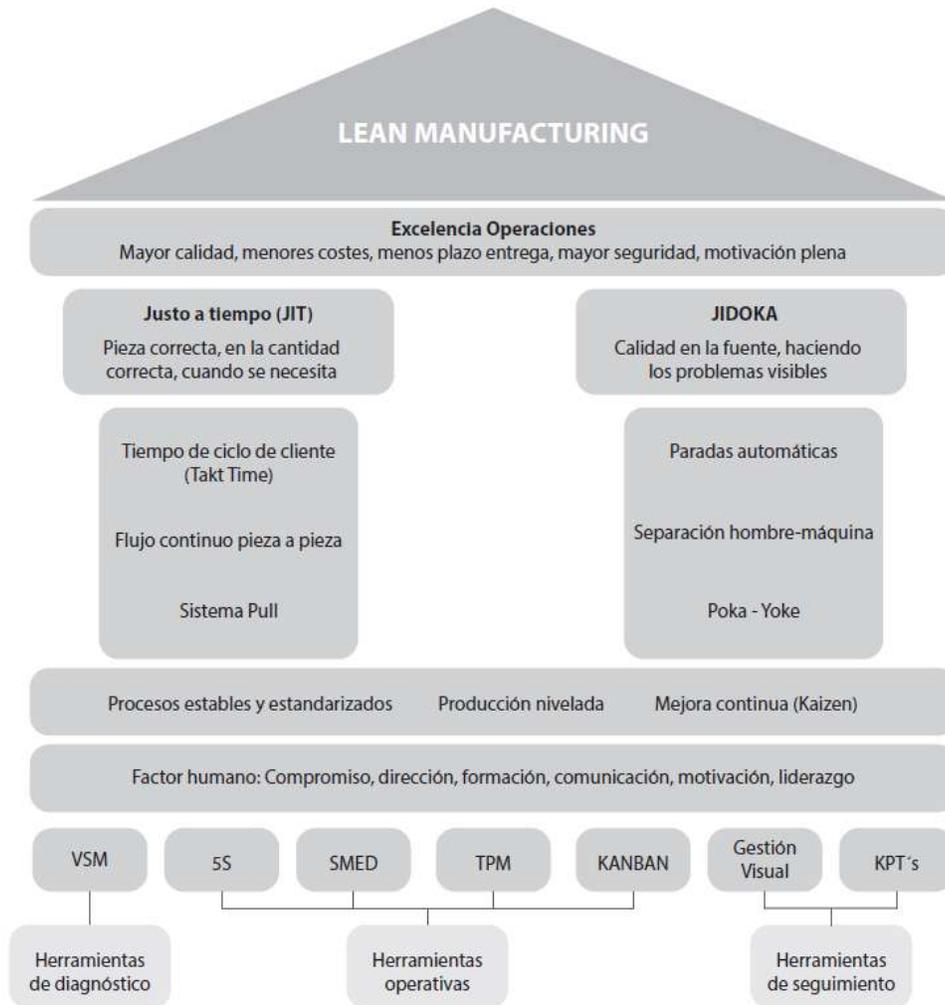


Figura 2.1. Herramientas Toyota (Fuente. Hernández y Vizán 2013).

La definición de estas herramientas es presentada a continuación:

2.5.1. JIT (Justo a tiempo)

Justo a tiempo es una filosofía de trabajo cuyo objetivo es la optimización de los sistemas de producción para lograr idealmente un producto de alta calidad el cual se entrega en tiempo y forma al cliente o en su defecto a la siguiente estación de trabajo para su inmediata utilización en el proceso de fabricación (Vázquez, 2013).

El sistema justo a tiempo tiene como base cuatro objetivos esenciales, estos son: 1. Atacar los problemas fundamentales, 2. Eliminar desperdicios y excesos, 3. Buscar la simplicidad y 4. Diseñar sistemas para identificar problemas, lo que da lugar a un nivel de productividad y mejoramiento de la calidad (Schonberger, 1999).

2.5.2. Kaizen

Introducido por primera vez por Masaaki Imai en el siglo XX en su libro titulado: "Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa" (Imai, 1986). El término Kaizen se refiere a una cultura o filosofía de mejora que involucra a todo el personal de una empresa, abarcando desde la alta gerencia hasta el personal operativo y tiene el objetivo de aumentar la productividad del sistema de producción y los servicios, así como contribuir a la calidad, la eficiencia y la seguridad, de estos (Titu, Oprean y Grecu, 2010).

La palabra Kaizen proviene de dos palabras japonesas "kai" que significa cambio y "zen" que significa bueno. Así Kaizen puede traducirse como un mejor cambio o un cambio para mejor (Palmer, 2001). Así mismo, Rieger (2011) establece que cuando una empresa utiliza alguna de estas herramientas para mejorar la productividad, esta debe mantenerse y mejorar a través del tiempo. En ese sentido el término Kaizen es un sinónimo de la mejora continua.

Un evento de Kaizen, se refiere a la integración de un equipo interdisciplinario que se encargará de organizar, dirigir y estructurar, un plan de mejora, dentro de las diferentes unidades de la empresa. Definiendo objetivos y alternativas realizando una tormenta de ideas (Glover et al, 2011). Su implementación es realizada mediante el

desarrollo de una variedad de técnicas, herramientas y métodos orientados a las necesidades y características del sistema que se desea mejorar (Rieger, 2011).

Este enfoque de mejora conlleva un cambio cultural, el cual debe fomentar el desarrollo de las habilidades y la creatividad del personal. Así como, encontrar las causas raíz de los problemas y poder solucionarlos (Villaseñor Contreras y Galindo Cota, 2008).

2.5.3. VSM (Mapeo del flujo de valor)

Para Toyota, el mapeo del flujo de valor es una herramienta que tiene como fin la reducción de desperdicios en el flujo de materiales, incluyendo productos y personas, identificando los desperdicios y puntos de ventaja para así incrementar la productividad mediante ajustes y programación logrando un incremento en la productividad de aproximadamente 20 a 40% (Cabrera s. f.).

El mapeo del flujo de valor consiste en visualizar el estado actual de los procesos para su análisis con el objetivo de identificar de una manera más sencilla las áreas de oportunidad y localizar las áreas con mayor desperdicio con el fin de idear un estado futuro más favorable para los procesos que se llevan a cabo (Socconini, 2008).

La herramienta Mapeo del Flujo de Valor o VSM (Value Stream Mapping), se trata de un método el cual tiene como principal función la creación de un mapa (una representación visual) del flujo de valor de una empresa, en el que se señalen tanto las actividades que agregan valor como las que no agregan valor, necesarias para la producción de un producto o servicio, abarcando desde la etapa de diseño, hasta la entrega con el consumidor final.

Con el objetivo de identificar aquellas actividades que pueden mejorar y aquellas que deben eliminarse (Pérez-Beteta, 2006). Una vez establecido dicho mapa, el método VSM incluirá una visualización de los flujos de trabajo del proceso en el que es aplicado, un listado de los recursos necesarios (personal, materiales, tiempo) y por

último una reestructuración de los flujos de trabajo ya evaluados, presentados como una versión mejorada o la representación del sistema deseado, enfocado en las necesidades del sistema evaluado (Jimmerson C. 2010).

En esencia, el VSM pretende reducir o eliminar aquellas operaciones innecesarias u obsoletas del proceso. Las cuales, vistos desde la perspectiva de flujo de valor, son consideradas como actividades que no agregan valor al proceso (Jimmerson, 2010). Simultáneamente, en algunos casos, el objetivo del VSM se enfocará en aquellas actividades u operaciones que sí agregan valor al proceso, donde en lugar de una reducción o eliminación de estas, pretenderá lo contrario, es decir un aumento en las operaciones y el tiempo del proceso que se enfocan en mejorar la calidad del proceso (Mazzocato et al, 2012). Esto solo será considerado para los casos donde es importante el aumento de la calidad, o visto de otra manera en aquellos casos donde el cliente está dispuesto a pagar (Waldhausen, Avansino y Libby, 2009) y obtienen el nombre de valor agregado (Jimmerson, 2010).

La herramienta del VSM puede ser extremadamente efectiva para mejorar los negocios (Patel et al., 2015) y ha emergido como la herramienta preferida para implementar la ME (Grewal, 2008; Kumar, 2014), es utilizada con el fin ver y entender el flujo de materiales e información de un producto mientras este pasa por la cadena de valor (Rother y Shook, 1999; Steur et al, 2016). Consiste en revisar procesos específicos, donde el desempeño inicial de un proceso particular es comparado internamente, en el aspecto de qué tan bueno puede llegar a ser, es decir, contrasta las actividades realizadas actualmente, con la mejor versión de lo que el proceso podría ser si un porcentaje realista del desperdicio fuera removido (Hines et al, 1999; Abuthakeer et al, 2010).

Mediante la utilización del VSM es posible identificar los lugares en donde el inventario se acumula, calcular los tiempos de entrega de órdenes y revelar qué porcentaje del tiempo se utiliza para añadir valor al producto. Una vez que se

clarifican los flujos de materiales e información y se conoce el valor de las medidas de desempeño seleccionadas mediante la creación del VSM, se procede a emplear el mismo como una herramienta de comunicación en la solución de los problemas presentes, así también, como una guía en la implementación de mejoras. Este diagrama resulta, además, ventajoso para describir y visualizar el estado futuro deseado (Rohac y Januska, 2014).

El grado de mejora entre los estados presente y futuro del VSM puede conocerse objetivamente mediante los indicadores claves de desempeño, pues al emplearlos se evalúa qué tan bien funcionan los procesos de acuerdo con los objetivos establecidos por la empresa (Chioua et al, 2016; Peral, 2017).

2.5.4. Cinco S's

Desarrollado en Japón por Toyota para conseguir mejoras duraderas en el nivel de organización, orden y limpieza; además de aumentar la motivación del personal. Las cinco S's son una herramienta enfocada al trabajo con efectividad, organización y estandarización. Busca establecer un ambiente de trabajo agradable y alto rendimiento, en un clima de seguridad, orden, limpieza y constancia que permita el correcto desempeño de las operaciones diarias y lograr así el cumplimiento de estándares previstos y requeridos por los clientes (Vázquez, 2013).

Elizondo (2007), percibe logros como: mejoras en la calidad, mejoras en la salud ocupacional, la reducción de costos, reducción en pérdida de tiempo al buscar herramientas y la manutención de un equipo en óptimas condiciones con la aplicación de la herramienta de las cinco S's, además de hacer evidente el inicio hacia un cambio cultural a corto plazo conduciendo a la empresa a incrementar capacidad y niveles de productividad

La operatividad concreta de estos principios se instrumenta implantando una estrategia denominada y conocida internacionalmente como las cinco S's por provenir de los términos japoneses:

Nombre	Objetivos
Seiri (clasificar, subordinar, descartar):	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzca la pérdida de tiempo buscando un artículo reduciendo la cantidad de artículos. • Reduzca la posibilidad de distracción por elementos innecesarios. • Simplifica la inspección. • Aumente la cantidad de espacio útil disponible. • Aumente la seguridad eliminando obstáculos.
Seiton (sistematizar, ordenar):	<ul style="list-style-type: none"> • Organice las estaciones de trabajo de tal manera que todas las herramientas / equipos estén muy cerca, en un lugar de fácil acceso y en un orden lógico adaptado al trabajo realizado. Coloque los componentes de acuerdo con sus usos, con los componentes de uso frecuente más cerca del lugar de trabajo. • Organice todos los elementos necesarios para que puedan seleccionarse fácilmente para su uso. Facilite encontrar y recoger los artículos necesarios. • Asignar ubicaciones fijas para artículos. Utilice etiquetas, marcas o consejos claros para que los artículos sean fáciles de devolver a la ubicación correcta y para que sea fácil detectar los elementos que faltan.
Seiso (sanear y limpiar):	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la eficiencia y seguridad del proceso de producción, reduce el desperdicio, previene errores y defectos. • Mantenga el lugar de trabajo seguro y fácil de trabajar. • Mantenga el lugar de trabajo limpio y agradable para trabajar. • Cuando esté en su lugar, cualquier persona que no esté familiarizada con el medio ambiente debe ser capaz de detectar cualquier problema dentro de los 50 pies en 5 segundos.
Seiketsu (simplificar, estandarizar):	<ul style="list-style-type: none"> • Establezca procedimientos y cronogramas para garantizar la repetición de las primeras tres prácticas "S". • Implementación: Desarrolle una estructura de trabajo que respalde las nuevas prácticas y la haga parte de la rutina diaria. • Asegúrese de que todos conozcan sus responsabilidades de realizar la clasificación, organización y limpieza. • Use fotos y controles visuales para ayudar a mantener todo como debe ser. • Revise el estado de la implementación de 5S regularmente utilizando listas de verificación de auditoría.
Shitsuke (sostener el proceso,	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar sesiones de entrenamiento. • Realice auditorías periódicas para garantizar que todos los estándares definidos se implementen y sigan. • Implemente mejoras siempre que sea posible. Las aportaciones de los trabajadores pueden

disciplinar):	<p>ser muy valiosas para identificar mejoras.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando surjan problemas, identifique su causa e implemente los cambios necesarios para evitar la recurrencia.
---------------	---

Tabla 2.2. *Objetivos de las cinco S's. (Elaboración propia).*

2.5.5. SMED

Las siglas SMED (Single Minute Exchange of Die) significan cambio rápido de modelo. Vázquez (2013) define esta herramienta como una serie de pasos encargados de minimizar el tiempo requerido para el cambio de molde de las maquinas en el proceso productivo y toma en cuenta el tiempo transcurrido desde la fabricación e la última pieza del molde "A" hasta la fabricación de la primera pieza del molde "B" como medida de la transición (Hawkins, 2005).

2.5.6. TPM

TPM tiene como objetivo primordial la mejora de la empresa a través de la mejora de equipos y sistemas además de priorizar el mantenimiento autónomo de manera que genera beneficios considerables como: menores reclamaciones del cliente, índices de avería más bajos, reducción de costos, mayores índices de operación del equipo, stocks reducidos y productividad más elevada en general (Vinodh et al., 2012). Menores costos y stocks reducidos, (Suzuki, 1992).

De acuerdo con Galgano (2004), la implementación del TPM presenta una gran ventaja ya que aumenta la vida útil de las instalaciones además de aumentar la capacidad productiva y al reducir la necesidad de intervenciones por mantenimiento se logra un aumento en la productividad general de entre 50 y 60%.

2.5.7. Five Why's (cinco porqués)

Es una técnica que fue desarrollada por Sakichi Toyoda y se utilizó como un componente crítico en la capacitación para la resolución de problemas durante la evolución de las metodologías de fabricación de Toyota Motor Corporation. Taiichi Ohno (arquitecto del sistema de producción de Toyota) describió el método de los cinco porqués como la acción de repetir cinco veces la naturaleza del problema

volviendo su solución evidente. La herramienta ha tenido implementación más generalizada tales como su implementación en Kaizen Lean Manufacturing y Six Sigma además de variaciones en otras instancias.

Cinco porqués es una técnica utilizada para identificar la relación causa y efecto de un problema en particular. El objetivo es determinar la raíz del problema por lo que cada respuesta a un “por qué” forma parte de la siguiente pregunta.

Dado que no todos los problemas provienen de una sola raíz a la vez este método no se limita a reglas estrictas sobre su implementación por lo mismo su nombre se deriva de una observación anecdótica de cuantas iteraciones son necesarias para la resolución del problema, pero este método no está limitado a solo cinco preguntas. Si las raíces del problema son varias el método debe repetirse cuantas veces sea necesario utilizando preguntas distintas para llegar a las repuestas requeridas

Este método por su flexibilidad depende del conocimiento del usuario acerca del problema que se tiene a la mano y la persistencia de las personas involucradas.

2.6. FMEA (Análisis de modos y efectos de falla)

El análisis de modo de falla y efecto o FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) por sus siglas en inglés, es un método cuya función principal es la de identificar los posibles problemas de confiabilidad en las primeras horas del ciclo de un progreso (Montalban-Loyola et al., 2015), donde es más sencillo realizar acciones para resolverlos, mejorando así la consistencia a través del diseño del proceso mismo. (Lefayet S. y Jahirul H. 2011). El FMEA se puede aplicar para reconocer modos probables de falla, concluir su efecto en el proceso y clasificar acciones para disminuir las fallas o anticipar lo que podría salir mal con el producto (Bo-Bergman y Bengt-Klefsjö 2010).

En esencia, el FMEA, es un registro sistemático y disciplinado de observaciones, orientadas a la identificación y evaluación de fallas potenciales de un producto o

proceso y el efecto que estas conllevan (Montes-Luna 2015), con el fin de establecer las operaciones con prioridad a mejorar y desarrollar las acciones o ajustes en el proceso que permitan reducir las posibilidades de ocurrencia de estos fallos y de esta manera favorecer la confiabilidad del producto o proceso (Reyes 2017).

El análisis de modos y efectos de falla (FMEA), un método aplicado a los procesos de un sistema, el cual ayuda a mitigar los riesgos de estos procesos durante la fase de su diseño (antes de que ocurran), ayudando a predecir el costo de las posibles fallas, medir el riesgo, planificar el mantenimiento preventivo y en última instancia, mejorar el tiempo de la actividad o proceso al cual se aplica. (Seung & Kosuke, 2003).

Existen tres tipos de FMEA los cuales son presentados a continuación:

- PFMEA de diseño: aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción.
- FMEA de procesos: aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.
- FMEA de sistemas: El AMEF aplicado a sistemas sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño del software, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en su funcionamiento

2.6.1. Características de FMEA

Las siguientes características facilitarán la comprensión de la naturaleza de este método, presentadas a continuación (Álvarez-Campos, 2017).

Carácter Preventivo: Es el anticiparse a la ocurrencia del fallo en los procesos que permite actuar con carácter provisorio ante los posibles problemas, ayuda a que se mantengan la planificación en las etapas significativas en el diseño y los procesos productivos.

Sistematización: Se refiere al enfoque estructurado que se sigue para la realización de un FMEA asegura que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas. El estudio por partes y ordenado de los elementos, permite comprender a fondo el producto o el proceso, dando paso a la detección de errores coyunturales y no coyunturales que pueden ser analizados para su pronta solución.

Guía de priorización: La metodología del FMEA permite priorizar las acciones necesarias para anticipar los problemas dando criterio para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos. Además de anticiparse a los problemas nos facilita identificar los problemas puntuales, lo que induce a la aplicación de soluciones prioritariamente a estos problemas que pueden estar ya existentes.

Participación: La realización de un FMEA es un trabajo en equipo, que refiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas. Deben ser equipos multidisciplinarios para resolver los problemas desde cualquier perspectiva.

2.6.2. Objetivos de FMEA

Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales, las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto y consecuencias importantes respecto a criterios como disponibilidad, seguridad, confiabilidad y calidad. Así como, determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema. Identificar las acciones que podrán prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial y precisar que cada modo de fallo dispone de los medios de detección previos (inspecciones periódicas). Analizar la confiabilidad del sistema. Documentar el proceso y evidenciar los fallos de modo común.

Al conocer los objetivos del FMEA durante su aplicación, los usuarios se pueden enfocar hacia el logro de estos sin que haya desviaciones, de este modo concluir el análisis de una manera exitosa. (Álvarez-Campos, 2017).

2.6.3. Beneficios de FMEA

Se debe mencionar que la eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. A largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad, esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de estos (Álvarez-Campos 2017). A continuación, se presentan otros beneficios que supondría la contención de fallos utilizando el método FMEA.

- Refuerza la atención y satisfacción al cliente.
- Potencia la comunicación entre los departamentos, logrando una efectiva interacción y el trabajo en equipo.
- Facilita el análisis de los productos y los procesos.
- Mejora la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos, servicios, maquinarias y procesos.
- Reduce los costos operativos.
- Ayuda a cumplir con los requisitos ISO 9000, ya que comparte el objetivo y el espíritu de modo de prevención que impregna este estándar.
- Mejora la imagen y competitividad de la compañía.
- Documenta las acciones de seguimiento tomadas, para reducir los riesgos

2.7. Estudios previos

En la investigación de Nowak, Pfaff y Karbach. referente a la mejora de la calidad dentro de las instalaciones de salud y asistencia social con el uso de VSM, se examinó la eficacia del VSM en el proceso y la calidad de los resultados de un centro

de atención. Obteniendo como resultado que el VSM tiene efectos positivos en la dimensión temporal del proceso y la calidad de este. Donde logró reducir el tiempo de las actividades sin valor agregado (por ejemplo, el tiempo de espera de los pacientes). Concluyendo en que el VSM tiene el potencial de mejorar la calidad de la atención en la dimensión del tiempo (Nowak, Pfaff y Karbach, 2017).

Dicha Investigación conceptualiza y desarrolla al método VSM por medio de seis fases (Jimmerson, 2010), las cuales son mostradas en la figura 2.2. En la primera fase, se desarrolla un mapa de flujo de valor del estado actual de un proceso, éste incluirá una medición previa, como se mencionó anterior mente. La segunda fase consiste en la identificación en base a este mapa, de los desperdicios, actividades u operaciones innecesarios (aquellas que no agregan valor al proceso). En la tercera fase, se desarrollan enfoques de solución en función de mejorar el proceso. Cabe destacar que, en algunas versiones del método, esta fase puede ser apoyada por el desarrollo de otras técnicas, herramientas o métodos que requiera la operación, en función a los resultados deseados. Los cuales son presentados en un mapa de flujo de valor de estado futuro en la cuarta fase. Posteriormente, en la quinta fase, se lleva a cabo la implementación del nuevo proceso (integrando las mejorar preestablecidas). Para terminar de esta manera con la medición de los resultados y rendimiento de las mejoras (medición posterior) como la sexta y última fase. (Nowak, Pfaff y Karbach, 2017).



Figura 2.2. Seis fases para el desarrollo del método VSM (Nowak, Pfaff y Karbach, 2017).

Otro caso de estudio es el de Delgado-Álvarez, Covas-Varela & Martínez-Curbelo (2018). Utiliza el VSM enfocado a los procesos logísticos de las cadenas suministros agroalimentaria, con el objetivo de determinar y eliminar las actividades que no agregaban valor al cliente final y por consecuente, contribuir a su satisfacción. Generando de esta manera una propuesta en las rutas de transporte para la entrega de productos, que permite disminuir el gasto de combustible en un 2.53%, lo representa una disminución de los costos de traslado de un 56.66%. Concluyendo que VSM, resulta un método muy útil, ya que permite representar gráficamente la funcionalidad de un sistema, siendo posible eliminar las pérdidas en cada proceso. Además, permite proyectar las mejoras de la cadena de manera conjunta, representando una mejora para todo el sistema y no solo para un proceso específico.

A continuación, se presentan casos prácticos extraídos de una investigación literaria, que destacan el uso de los métodos descritos anteriormente, donde los resultados fueron favorables, con la finalidad de comprobar que el método es adecuado para la metodología propuesta en el presente artículo:

La investigación de Álvarez-Campos (2017). El cual consiste en el uso del método FMEA desarrollado para una empresa de transportes. Cuya finalidad era la de gestionar el mantenimiento de la flota y de esta forma conseguir, una mayor disponibilidad operativa, confiabilidad y mantenibilidad. Donde el uso del método FMEA contempla no solamente el estudio del equipo como tal sino de los subsistemas que lo conforman y la interacción con el entorno físico que lo rodea. Logrando la obtención de un ahorro de efectivo significativo y concluyendo en que el método FMEA una vez que logra evitar o prevenir fallos y sus posibles causas, los beneficios se extienden más allá de la confiabilidad y eficiencia operativa.

En esta investigación el método FMEA es fundamentado en el desarrollo de once etapas, presentadas en forma de pasos a seguir para la obtención de resultados: (Álvarez-Campos 2017).

Otro ejemplo práctico es el estudio de Montalbán-Loyola, Arenas-Bernal, Talavera-Ruiz y Magaña-Iglesias (2015), dirigido a una empresa en el estado de Querétaro, México, proveedora del sector automotriz, el cual describe la experiencia del uso del método FMEA en requerimientos de calidad con el objetivo de identificar y prevenir fallas potenciales y a su vez convertirlo en un documento vivo, en función de contemplar no sólo los aspectos técnicos, que las características y requerimientos propios del método sugieren, también adaptar las interfaces organizacionales que incluyen la designación del equipo de trabajo interdisciplinario para la realización del análisis, la integración de diferentes áreas relacionadas, en este caso, producción, calidad y capacitación, para finalmente adaptar las políticas globales y lineamientos de implementación de mejoras. El término documento vivo se refiere a la orientación de este, por un proceso de actualización constante, el cual permita aportar elementos de resolución y asimismo elementos de evolución, al ser accesible a las contribuciones de quienes lo utilizan o alimentan con información (Montes, 2016). El estudio concluye que este método, puede ser enfocado no sólo las operaciones supuestas, por parte de los agentes implicados; sino también aspectos organizacionales y de capacitación al área operativa. Sugiriendo la posibilidad de orientar el FMEA como un documento vivo en la línea, que además de prevenir posibles rechazos, también permita el desarrollo de alternativas hacia la mejora y la innovación del sistema en el que se desenvuelve. (Montalbán-Loyola et al. 2015). Supuesto que indica una posible compatibilidad en los métodos VSM y FMEA.

Si bien, en el análisis literario no se encontró un caso concreto que combine ambos métodos (debido a que generalmente la herramienta FMEA se utiliza al diseñar el proceso, mientras que el VSM implica la mejora de un proceso ya existente). Son las características del proceso, las que han hecho posible y conveniente desarrollar de manera conjunta ambas herramientas. En apoyo a este supuesto, las fases para el desarrollo del VSM propuestas por los autores mencionados en la segunda sección del presente artículo [12], manejan la posibilidad de integrar otra herramienta a una

de sus fases, permitiendo de esta manera el uso de ambos métodos bajo el desarrollo de una misma metodología que permita al proyecto aprovechar los principios fundamentales de ambas.

3. METODOLOGÍA

El capítulo uno presentó la descripción y el entorno del problema, el cual dirige el proyecto a dos objetivos principales, el primero es asegurar la confiabilidad y eficiencia del proceso, es decir, detectar aquellas actividades expuestas a errores o fallos en las operaciones del equipo de base de datos y garantizar el control de estas. Mientras que el segundo radica en agilizar dicho proceso, en otras palabras, identificar y mejorar áreas de oportunidad en función a reducir los plazos de entrega del equipo de base de datos.

Para alcanzar ambos objetivos, es preciso identificar técnicas o herramientas que faciliten y guíen al proyecto a través de pasos e instrucciones. El capítulo dos presentó una recopilación de herramientas cuya función se orienta al control y mejora de procesos, donde destaco la herramienta FMEA, como la indicada para abordar el primer objetivo, misma que se usa para inhibir las fallas o errores de un proceso, o lo que es lo mismo, asegurar su confiabilidad y eficiencia. Respecto al segundo objetivo, la herramienta VSM tiene la función de reducir o eliminar las actividades que no agregan valor en el proceso, resultando en una reducción de los plazos de entrega.

Si bien estas herramientas no son comúnmente asociadas, ya que por lo general los resultados de FMEA se presentan antes de comenzar a trabajar en el proceso, mientras que el VSM implica la mejora de éste y por lo tanto sus resultados se presentaran después de haber trabajado con el proceso. Son las características del proceso y las necesidades de la empresa, las que han hecho posible y conveniente desarrollar de manera paralela ambas herramientas, integrándolas en una sola metodología que permita al proyecto aprovechar los principios fundamentales de ambas.

Cabe mencionar que a pesar de que las actividades del equipo de base de datos se caracterizan por el uso de software, este se orienta más a un FMEA de proceso que al de sistemas o diseño, debido a que solo utilizan la interfaz como medio para

realizar sus actividades, sin embargo, las áreas de oportunidad de esta interfaz también deben tomarse en cuenta. Por otro lado, la herramienta VSM tendrá que ser adaptada al proceso lo que implicara una reducción de su alcance. Ya que por lo general esta herramienta se utilizaría para medir todo el departamento y no solo una de sus áreas.

Dicha situación y con motivos de incentivar la compatibilidad de estas herramientas, se ha optado por utilizar solo la estructura metodológica de VSM y en lugar de concentrarse en la cadena de valor, se desarrolló el FMEA dentro de dicha estructura, dado como resultado la metodología expuesta en el presente capítulo, que por fines prácticos utilizara el nombre de FMEA estructurado como VSM, la cual funge como estructura del proyecto a implementar en función de cumplir los objetivos y obtener los resultados deseados, misma que es presentada a continuación:

3.1. Estructura metodológica (FMEA estructurado como VSM)

La metodología FMEA estructurado como VSM, se trata del desarrollo de las dos herramientas que su nombre indica, de manera paralela y correlacionada. La cual, basada en las características del proceso al que se adapta, hace posible integrarlas de manera que cubra cada uno de los pasos necesarios para alcanzar los resultados de ambas herramientas, asociando los pasos iguales o similares de tal manera que puedan realizarse a la par y complementarse entre ambas herramientas

A continuación, en la Tabla 3.1 se presenta la asociación de las herramientas FMEA y VSM, como el origen de la metodología, donde fue posible agrupar los 14 pasos de FMEA planteados por Álvarez-Campos con los 7 pasos de VSM propuestos por Nowak, Pfaff y Karbach, tomando como estructura metodológica esta última, por lo que FMEA se mantiene dentro del límite de los pasos de VSM creando así, 7 grupos para ambas.

Herramienta	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
FMEA	Paso 1: Formar un equipo para evento Kaizen.	Paso 2: Establecer los límites del proceso. Paso 3: Definir funciones del proceso.	Paso 4: Detectar Fallas potenciales. Paso 5: Detectar los efectos del fallo. Paso 6: Evaluar el nivel de severidad. Paso 7: Detectar las Causas de fallos. Paso 8: Detectar Ocurrencia de fallos.	Paso 9: Definir sistemas de control. Paso 10: Desarrollar Índices de detención. Paso 11: Establecer prioridad de riesgo.	Paso 12: Desarrollar acciones correctivas.	Paso 13: Implementar acciones correctivas	Paso 14: Evaluar, ajustar y mantener seguimiento.
VSM	Paso 1: Crear equipo de multidisciplinario.	Paso 2: Dibujar el estado presente del VSM.	Paso 3: Identificar desperdicios.	Paso 4: Proponer alternativas y acciones de control.	Paso 5: Dibujar el estado futuro del VSM.	Paso 6: Implementar soluciones.	Paso 7: Medir resultados.

Tabla 3.1. Agrupación de los pasos para desarrollar FMEA y VSM (elaboración propia adaptado de los pasos de Nowak, Pfaff y Karbach, 2017; Álvarez-Campos 2017).

Basado en esta agrupación y realizando los ajustes acordes a las operaciones y las características del entorno donde se pretende implementar, fue posible definir la metodología FMEA estructurado como VSM en siete etapas, cada una desglosada en los pasos necesarios para su desarrollo, la cual es mostrada en la figura 3.1.

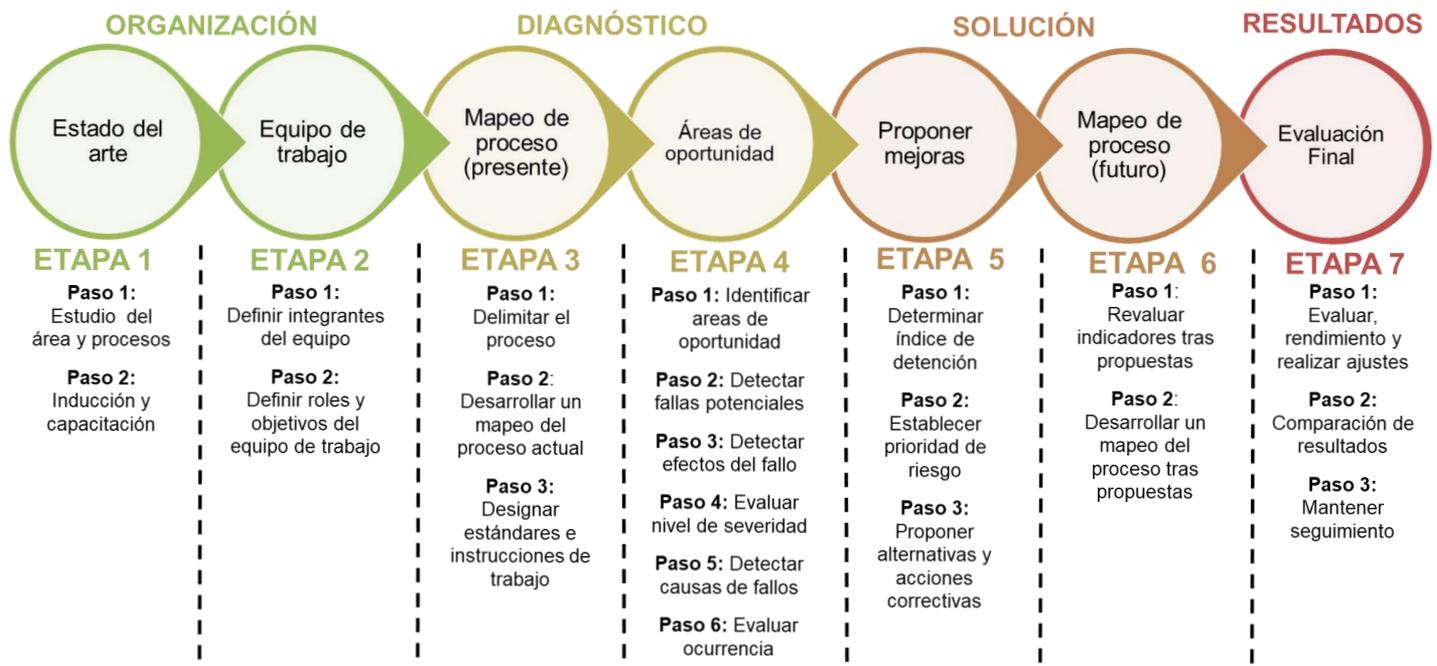


Figura 3.1. Las siete etapas para el desarrollo del método FMEA estructurado como VSM (elaboración propia).

A continuación, se presenta de manera detallada cada una de las siete etapas, así como los pasos o tareas que implica el desarrollo de estas, los cuales, al realizarse de manera correcta, permitirán la obtención de los resultados deseados por el proyecto.

3.2. Organización - Etapa 1: Estado del arte

Para poder definir los objetivos, es necesario primero adaptarse a la empresa, conocer el proceso y dimensionar el problema.

Se denomina estado del arte a la base teórica sobre la que se sustenta un proyecto y a su vez forma parte introductoria del mismo, en este caso particular, representara al conocimiento general del proceso, que a su vez requiere conocimiento general en el uso del software con el que trabaja el departamento de diseño y el cual alimenta el equipo de bases de datos. Para ello la metodología propone dos pasos clave:

3.2.1. Paso 1: Estudio del área y procesos

El parteaguas del proyecto debe comenzar por una revisión y estudio de los procedimientos del departamento, los estándares y normas que existen dentro, así como la interacción interna que existe entre las entradas y salidas de cada unidad de negocio, enfatizando las del equipo de base de datos, que es de donde se centra el proyecto.

3.2.2. Paso 2: Inducción y capacitación

Si bien el proyecto no incurre en los aspectos técnicos del software y se enfoca solo en la manera de utilizarlo, es necesario recibir capacitación del software de diseño de arneses Capital Harness.

Para esto será necesario establecer el objetivo de un conocimiento general en las operaciones de todo el departamento, es decir cada una de las unidades de negocio, pero sobre todo una capacitación minuciosa en las operaciones del equipo de base de datos.

3.3. Organización - Etapa 2: Equipo de trabajo

Ya que el proyecto será realizado por un agente externo, al departamento, es necesario la guía y capacitación por parte de otros miembros del departamento, sobre todo aquellos que desempeñan en el equipo de base de datos. Así mismo este equipo será encargado de la lluvia de ideas o Eventos Kaizen que sirva para identificar áreas de oportunidad y sus posibles soluciones. En apoyo a esto se sugiere el desarrollo de los siguientes pasos:

3.3.1. Paso 1: Definir integrantes del equipo de trabajo

Se recomienda conformar el equipo de trabajo siguiendo la estructura de proyectos Kaizen. Estos equipos se caracterizan por tener un responsable o líder con conocimientos en FMEA, quien se encarga de gestionar la metodología; además de este coordinador se requiere de 3 o 4 personas más, con habilidades y conocimientos del producto y el proceso, para conformar un grupo multidisciplinario.

3.3.2. Paso 2: Definir roles y objetivos del equipo de trabajo

Es importante establecer los roles y objetivos que tendrá cada integrante del proyecto, por ejemplo, el líder tiene la función de dirigir la metodología, coordinar las reuniones, facilitar el trabajo del equipo, sintetizar los avances y documentar los resultados. Mientras que los otros integrantes del equipo se encargarán de aportar su conocimiento y habilidades acerca del producto y del proceso.

3.4. Diagnóstico - Etapa 3: Mapeo de proceso (presente)

En esta etapa se debe analizar el estado actual del proceso en base a la información obtenida de las primeras etapas de la presente metodología, para después representarse de forma gráfica en un mapeo de procesos de estado presente, es decir la estructura y forma de operar en dicho proceso al inicio del proyecto. Para alcanzar este objetivo es necesario seguir los siguientes tres pasos:

3.4.1. Paso 1: Delimitar el proceso

El método FMEA requiere dentro de sus primeros pasos, establecer los límites del proceso y definir las funciones o actividades de cada operación del proceso, una manera muy práctica de lograr esto es con la ayuda de un mapeo de procesos.

Sin embargo, el tipo de diagrama puede ser acorde a la realidad del proceso o las características del problema, es por eso que este proyecto propone el uso de un mapeo del área que funcione como la estructura metodológica del VSM, ya que por las características de las operaciones, cada vez que se encuentre una solución de reducción de riesgo en el método FMEA está también puede traducirse en reducción de tiempo para la operación, por lo que el método VSM puede aprovechar estos resultados y traducirlos a cambios en el proceso que lo favorezcan.

3.4.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso actual

En esta etapa se debe dibujar el estado actual del proceso, siguiendo el propósito conceptual de la herramienta VSM, que tiene como función principal, comunicar el estado del proceso en el que se desarrolla y pretende mejorar, para detectar áreas de oportunidad y gestionar su mejora. Es importante incluir únicamente la información necesaria para la identificación de operaciones obsoletas, así mismo, es importante que se mantenga lo más apegado a la realidad y lo más actual posible.

3.4.3. Paso 3: Designar estándares e instrucciones de trabajo

Además de establecer el proceso y dimensionado en un mapa, será necesario medir su rendimiento actual y contrastarlo en base a un estándar. En este aspecto es importante tener un punto de referencia, ya que solo así se podrá definir que tanto debe y puede mejorar el proceso.

Este punto de referencia será a través de los estándares de producción de la empresa, como tiempos de cada proceso o las instrucciones o procedimientos de trabajo, si dichos estándares y procedimientos no se encuentran documentados de

manera adecuada será necesario, identificarlos y agregarlos al mapeo de proceso para su completa visualización.

3.5. Diagnóstico - Etapa 4: Áreas de oportunidad

Una vez dibujado el mapa del estado presente, será posible identificar apropiadamente todas aquellas actividades o procesos que se consideran obsoletos o que podrían mejorar, esto se refiere a todas las actividades donde se opera de manera ineficiente (ya sea manual o por el uso inapropiado de las interfases), así como toda operación o actividad que no agregue valor al proceso.

Al identificarlas se evaluará cuales deben integrarse a otras operaciones o deben realizarse de manera diferente y cuáles deben ser eliminadas por completo. Para llegar a esta conclusión, será necesario apoyarse del equipo de trabajo, así como de los principales indicadores que ofrece la herramienta FMEA, para lograrlo se deben seguir los siguientes pasos:

3.5.1. Paso 1: Identificar áreas de oportunidad

Este paso necesitara la completa participación del equipo de trabajo, donde por medio de una lluvia de ideas, se identificarán todas las áreas de oportunidad del proceso ya dimensionado en el mapa. Se deben detectar las operaciones obsoletas o repetitivas, así como alternativas a operaciones que podrían remplazar o mejorar estas y generar un cambio positivo al rendimiento del proceso.

Contrario al caso anterior donde el VSM ayuda al FMEA a dimensionar el proceso, en este caso son los pasos del FMEA los cuales ayudan a identificar las áreas de oportunidad que busca la estructura del VSM. Por lo que los principales indicadores y medibles de la herramienta FMEA serán necesarios para contrastar la lluvia de ideas, con datos cuantitativos. Dicho esto, los pasos del 2 al 6 de la presente etapa deberán también aprovecharse en este paso en específico.

3.5.2. Paso 2: Detectar fallas potenciales

Para cada uno de los pasos del proceso deben identificarse las fallas potenciales. En primer lugar, debe revisarse la información histórica y registrar las fallas que hayan ocurrido con anterioridad; en segundo lugar, deben identificarse con ayuda de los especialistas, todas las fallas que pudieran ocurrir en el paso del proceso. es un paso crítico para el desarrollo del FMEA y por ello se deben utilizar todos los datos disponibles, por ejemplo, los FMEA previos, realizados en procesos similares, estudios de fiabilidad del proceso, datos y análisis sobre inconformidades descubiertas tanto por clientes internos como externos y los conocimientos de los expertos mediante la realización de tormentas de ideas o procesos lógicos de deducción.

3.5.3. Paso 3: Detectar efectos del fallo

Un efecto puede considerarse como el impacto en el cliente o en el proceso siguiente, cuando el modo de falla se materializa. Para cada modo potencial de fallas de la etapa anterior se identificarán todas las posibles consecuencias que estos pueden implicar para el cliente. Cada modo de fallo puede tener varios efectos potenciales.

3.5.4. Paso 4: Evaluar nivel de severidad

Una vez se listan todas las fallas y los efectos, se procede a calificar la severidad (gravedad) de los efectos potenciales. Puede utilizarse la escala presentada en la tabla 3.2.3, como guía:

CRITERIO DE EVALUACION DE SEVERIDAD FMEA (Análisis del Modo y Efecto de la Falla)			
Efecto	Efecto en el Cliente	Efecto en la Manufactura	Rango
Peligroso sin advertencia	Riesgo excesivo de afectar la seguridad en la operación del vehículo y/o involucra incumplimiento con las regulaciones ambientales. La falla ocurrirá con advertencia.	Podría poner en peligro al operador o maquinaria	10
Peligroso con advertencia	Hay muy alto riesgo de afectar la seguridad en la operación del vehículo y/o involucra incumplimiento con las regulaciones ambientales. La falla ocurrirá con advertencia.	Podría poner en peligro al operador o maquinaria	9
Muy Alto	El vehículo/producto es inoperable (Pérdida de la función principal).	El 100% del producto podría ser desperdiciado, o la reparación del producto es mucho mayor a 1 hora.	8
Alto	El vehículo opera, pero a un nivel reducido de desempeño. Cliente muy insatisfecho.	El producto tendría que ser sorteado y una porción (menos del 100%) desechada, o la reparación de producto oscilaría de 1/2 a 1 hora.	7
Moderado	El vehículo opera, pero algunos controles de comodidad no operan, cliente insatisfecho.	Una porción (menos del 100%) del producto podría ser desechado sin ser sorteado, o la reparación del producto sería menos de 1/2 hora.	6
Bajo	El vehículo es operable, pero algunos controles de comodidad se ven reducidos.	El 100% del producto tendría que retrabajarse.	5
Muy Bajo	Ensamble y acabado/rechinido y artículo ruidoso no conforme. El defecto es detectado por la mayoría de los clientes.	El producto podría ser sorteado, y una porción (menos del 100%) sería retrabajada	4
Menor	Ensamble y acabado/rechinido y artículo ruidoso no conforme. El defecto es detectado por la mitad de los clientes.	Una porción (menos del 100%) del producto tendrá que ser retrabajada en la línea pero dentro de la estación.	3
Muy Menor	Ensamble y acabado/rechinido y artículo ruidoso no conforme. El defecto es detectado por muy pocos clientes.	Una porción del producto (menos del 100%) tendrá que ser retrabajada en la línea pero dentro de la estación.	2
Ninguno	No hay efecto.	Inconvenientes mínimos durante la operación. No existe efecto.	1

Tabla 3.2. Criterio de evaluación de severidad (Adaptación del estándar de la empresa).

3.5.5. Paso 5: Detectar causas de fallos

En este paso se deben relacionar las causas asociadas a cada falla identificada en el paso anterior. Estas se anexarán a la tabla describiendo los posibles orígenes que podría tener cada fallo.

3.5.6. Paso 6: Evaluar ocurrencia

Es necesario determinar los índices de ocurrencia para cada modo de fallo, donde se evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo para el cliente interno. La evaluación se realiza en un a escala del 1 al 10 en base a la tabla de criterio de evaluación de ocurrencia presentada en la tabla 3.3.,

esta tabla debe ser definida por el equipo de trabajo, acorde a sus políticas, estándares y características del proceso.

CRITERIO DE EVALUACION DE OCURRENCIA			
Probabilidad de Falla	Frecuencia de la Posible Falla	Ppk	Clasif.
Muy Alta: La falla es casi inevitable	≥ 100 por 1000 piezas	< 0.55	10
	50 por 1000 piezas	≥ 0.55	9
Alta: Procesos que fallan frecuentemente	20 por 1000 piezas	≥ 0.78	8
	10 por 1000 piezas	≥ 0.86	7
Moderada: Procesos que tienen fallas ocasionales	5 por 1000 piezas	≥ 0.94	6
	2 por 1000 piezas	≥ 1.00	5
	1 por 1000 piezas	≥ 1.10	4
Baja: Procesos que tienen fallas aisladas	.5 por 1000 piezas (1 por 20000)	≥ 1.20	3
	0.1 por 1000 piezas (1 por 10000)	≥ 1.30	2
Remota: La falla en el proceso es improbable	≤ 0.01 por 1000 piezas (1 por 100 000)	≥ 1.67	1

Tabla 3.3. Criterio de evaluación de ocurrencia (Adaptación del estándar de la empresa).

3.6. Solución - Etapa 5: Proponer mejoras

En esta etapa se analizarán las propuestas de solución a implementar para mejorar el proceso, para esto será necesario analizar todos los resultados de la etapa 4 y sus áreas de oportunidad para después base a una tormenta de ideas por parte del equipo de trabajo, proponer alternativas o soluciones al proceso y/o actividades en función de mejorar dichas áreas de oportunidad.

3.6.1. Paso 1: Determinar índice de detención

En este paso se debe describir el tipo de control que se tiene para detectar cada falla. Además, se debe evaluar, en una escala del 1 al 10, la capacidad de detección de esta; entre mayor sea la posibilidad de detectar la falla, menor será la calificación. Puede utilizarse la siguiente escala como guía:

CRITERIO DE EVALUACION DE DETECCION						
Detección	Criterio	TIPOS DE INSPECCION			Método Sugerido para el Rango de detección	Rango
		A	B	C		
Casi Imposible	No existen controles disponibles			X	No puede ser detectado. No fue checado	10
Muy Remoto	Es muy probable que los controles establecidos no lo detecten			X	Controles logrados solamente con inspecciones indirectas y/o aleatorias	9
Remoto	Controles con poca oportunidad de detección			X	Controles logrados solamente con inspección visual.	8
Muy Bajo	Controles con poca oportunidad de detección			X	Controles logrados solamente con doble inspección visual.	7
Bajo	Controles podrían detectarlos		X	X	Controles logrados con métodos gráficos, SPC (Ctrl. Estadístico de Proceso)	6
Moderado	Controles podrían detectarlos		X		Controles basados en la medición de variables una vez que las partes han dejado la estación, o medición de pasa o no pasa realizado en el 100% de las partes después de haber dejado la estación	5
Moderadamente Alto	Controles con buena oportunidad de detección	X	X		La detección del error en las estaciones subsecuentes, o medición desarrollada en el set up o 1ra. Pieza (solamente causados por set up).	4
Alto	Controles con buena oportunidad de detección	X	X		Detección del error en la estación, o en las operaciones subsecuentes por niveles múltiples de aceptación: proveer, seleccionar instalar, verificar. No se aceptan partes discrepantes.	3
Muy Alto	Controles casi siempre aciertan a detectarlo	X	X		Detección del error en la estación (medición automática con característica de paro automático). No pasan las partes discrepantes.	2
Muy Alto	Los controles siempre lo detectan	X			Las partes discrepantes no pueden ser hechas debido a que el dispositivo es a prueba de error por diseño de proceso/producto.	1

Tipos de Inspeccion
A = Prueba de errores.
B = Medicion automatizada.
C = Inspeccion visual/manual.

Tabla 3.4. Criterio de evaluación de detención (Adaptación del estándar de la empresa).

3.6.2. Paso 2: Establecer prioridad de riesgo

El número de prioridad de riesgo, también conocido como RPN, por sus siglas en inglés (Risk Priority Number), es el producto de multiplicar la severidad, la ocurrencia, y la detección o detectabilidad. El RPN es un número entre 1 y 1000 que nos indica la prioridad que se le debe dar a cada falla para eliminarla.

Cuando el RPN es superior a 100 es un claro indicador de que deben implementarse acciones de prevención o corrección para evitar la ocurrencia de las fallas, de forma prioritaria. Sin embargo, el objetivo general es el de tratar todas las fallas; muchos

expertos coinciden en que un RPN superior a 30 requiere de un despliegue enfocado en el tratamiento del modo de falla.

3.6.3. Paso 3: Proponer alternativas y acciones correctivas

Este paso consiste en realizar cambios o adecuaciones al proceso, en función de controlar o evitar los fallos identificados en las etapas anteriores.

3.7. Solución - Etapa 6: Mapeo de proceso (futuro)

Esta etapa es la representación gráfica de las propuestas de mejora, en un segundo mapeo de procesos, el cual simboliza al proceso privado de las operaciones obsoletas identificadas en las etapas anteriores y contendrá las alternativas establecidas por el FMEA donde deberán de volver a calcular los indicadores de la metodología (nivel de severidad, evaluación de ocurrencia e índice de detección), con las propuestas de mejora teóricamente implementadas, hasta obtener los resultados deseados. Para realizar esta etapa es necesario seguir los siguientes pasos:

3.7.1. Paso 1: Reevaluar indicadores tras propuestas

Antes de iniciar con el mapeo de procesos futuro, será necesario reevaluar el nivel de severidad, la ocurrencia e índice de detección de fallos en el proceso, así como volver a calcular los tiempos de procesamiento de cada operación tras las mejoras propuestas, haciendo los ajustes necesarios que garanticen un aumento considerable del rendimiento del proceso (dicho criterio será establecido por el equipo de trabajo).

3.7.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso tras propuestas

Una vez identificadas las operaciones que deben eliminarse o agregarse según sea la mejora propuesta, estos cambios deberán representarse gráficamente en forma de un segundo dibujo del mapeo de proceso, el cual representará un estado futuro, dicho de otra manera, el estado en el que se desea que opere el proceso.

Este debe permanecer dentro de las capacidades que tiene el departamento para implementarlo efectivamente en la realidad, a un corto plazo.

El propósito de este paso será visualizar el proceso deseado para de esta forma llevarlo a la realidad en la siguiente etapa.

3.8. Resultados - Etapa 7: Evaluación final

Esta etapa consiste en una evaluación general del proceso tras los cambios o mejoras implementadas. Al ser la última etapa, esta conlleva la conclusión del proyecto dentro del plano físico, por lo que presentará los resultados finales en función a los beneficios obtenidos dentro del proceso. Para realizar esta etapa es necesario seguir los siguientes pasos:

3.8.1. Paso 1: Evaluar rendimiento y realizar ajustes

El primer paso consiste, en una reevaluación de los indicadores utilizados en etapas anteriores, en función de verificar que los cambios o mejoras fueron implementados correctamente en el proceso, así como, identificar que estos cambios o mejoras se comportan como se visualizó teóricamente.

Este paso es crucial para la obtención del rendimiento deseado por el proceso. Ya que deberá repetirse un ciclo de evaluación y ajustes, hasta que los indicadores señalen que el proceso se comporta como se había definido en la etapa 6, lo que significará el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

3.8.2. Paso 2: Comparación de resultados

Este paso muestra los resultados obtenidos por el proyecto tras la implementación de las mejoras propuestas dentro del proceso, por lo que estará presentado en función a beneficios, de tal manera que exprese el cumplimiento de los objetivos del presente proyecto.

Para dicha demostración, es conveniente una comparación del rendimiento del proceso antes y después de la implementación de la presente metodología, en los

indicadores desarrollados por la misma. De esta manera, los resultados serán resumidos cuantitativamente según sea el aumento de dicho rendimiento.

3.8.3. Paso 3: Mantener seguimiento

Todo proceso se encuentra sujeto a constantes cambios, por lo que es necesario mantener actualizado los documentos obtenidos tras la implementación de la presente metodología (el mapeo de proceso, los indicadores de rendimiento, la toma de tiempos, etc.), de lo contrario cualquier beneficio obtenido, podría desaparecer al menor cambio en el proceso.

Misma razón, por la que la herramienta FMEA, consiste en un documento dinámico, con la característica de permitir múltiples revisiones o revaluaciones a medida que este lo requiera (sea en función de tiempo o cambios en el proceso). Lo que vuelve fundamental mantener un seguimiento de la presente metodología, donde no solo se mantendrá la constante actualización, sino que buscará continuar con el ritmo de mejora continua en el proceso, esto debido a que el tiempo permitirá encontrar nuevas alternativas para aumentar el rendimiento del proceso o expandir su alcance.

Adicionalmente el seguimiento del proyecto también representa el uso de los resultados obtenidos, ya que los documentos e información obtenida, representa una fuente invaluable de información relacionada con el proceso, que puede utilizarse tanto para la capacitación y formación del personal, como para realizar otros proyectos relacionados, dentro del mismo proceso o incluso fuera de este.

4. IMPLEMENTACIÓN

El capítulo anterior presentó la metodología a desarrollar en el proceso y operaciones del equipo de base de datos, encargado del análisis y captura de componentes y otras propiedades, dentro de la base de datos con la que opera el software utilizado por departamento de diseño de producción en Leoni Wiring Systems Mexicana.

A continuación, se presenta la implementación y resultados de las ocho etapas de dicha metodología, abordando cada uno de los pasos dentro de estas, para alcanzar los objetivos de aumento en la confiabilidad en las operaciones y la reducción de los plazos de entrega, traduciéndose finalmente en una mejora de la eficiencia del equipo de base de datos y todo el departamento.

4.1. Organización - Etapa 1: Estado del arte

Para poder iniciar el proyecto fue necesario conocer de antemano los aspectos teóricos de como se opera en el departamento, la manera en que se componen sus procesos, las unidades de negocio y cualquier actividad que tenga relación directa con el equipo de base de datos.

Así mismo, es importante un conocimiento básico de la herramienta de software Capital Harness utilizada por el departamento, sobre todo prestando principal atención en los elementos utilizados por el equipo de base de datos, para adquirir dicho conocimiento, se pusieron en práctica los dos pasos de la etapa 1, propuesta por la metodología:

4.1.1. Paso 1: Estudio del área y procesos

Se realizó un estudio básico de las operaciones del departamento y un estudio exhaustivo del equipo de base de datos, lo cual consistió en el uso de la documentación como instrucciones de trabajo y todos los procesos relacionados que impacten directamente en la unidad de negocio de la que va enfocado el presente proyecto (el equipo de base de datos) y se documentó lo más importante:

El equipo de diseño de arneses es responsable de suministrar el diseño general del arnés con el que trabajaran el resto de los equipos o unidades de negocio (equipo de estimación de costos, equipo de tableros de enrutamiento, equipo de gestión de

repuestos, equipo de análisis de valor y equipo de gestión de proyectos), sin embargo este depende completamente de que los componentes que utilizara se encuentren dentro del software Capital Harness y a su vez, sea la información correcta para comenzar a trabajar. Debido a esto, se estableció al equipo de base de datos, como el encargado de analizar toda la información de los componentes, sus características y propiedades dentro del proceso, así como corroborar dicha información, respecto a las especificaciones del fabricante para después capturar o actualizar dicha información en las diferentes bibliotecas o bases de datos utilizadas por el software.

Equipo de diseño - Costing/Product Engineer: es el cliente interno del equipo de base de datos, este solicita actualizaciones en las bases de datos de CapH, (número de parte del cliente y número de parte del proveedor) por medio de ETQ conteniendo las especificaciones del cliente (PVR, dibujo del cliente o un correo electrónico donde el cliente valida la referencia cruzada). Existe un equipo de diseño por cada cliente de Leoni.

Equipo de base de datos - Caphengineer/ Ingeniero CapH: el ingeniero CapH es el bibliotecario de las bases de datos y es responsable de validar las solicitudes de ingeniería y costos y actualizar la base de datos con códigos, componentes sus características y propiedades en el proceso con imitaciones precisas, complementos y rutas preparadas.

Estas operaciones requieren de una validación en su información ya que esta será con la que trabajen todas las otras unidades de negocio del departamento y el mínimo error se replicaría en cada etapa del departamento. La manera de validar dicha información consiste en una revisión exhaustiva de las especificaciones del proveedor y en algunos casos cálculos matemáticos y diseño en computadora.

ETQ: Es un software interno utilizado para administrar las requisiciones por parte del equipo de diseño, esta plataforma también sirve como bitácora o reporte de cada operación ejecutada por parte del equipo de base de datos, por lo que representa una actividad importante en sus operaciones.

A continuación, en la figura 4.1. Es posible apreciar la distribución de información en cada unidad de negocio, empezando por las operaciones del equipo de diseño, respaldado por el equipo de base de datos, el cual alimenta al resto de las unidades:

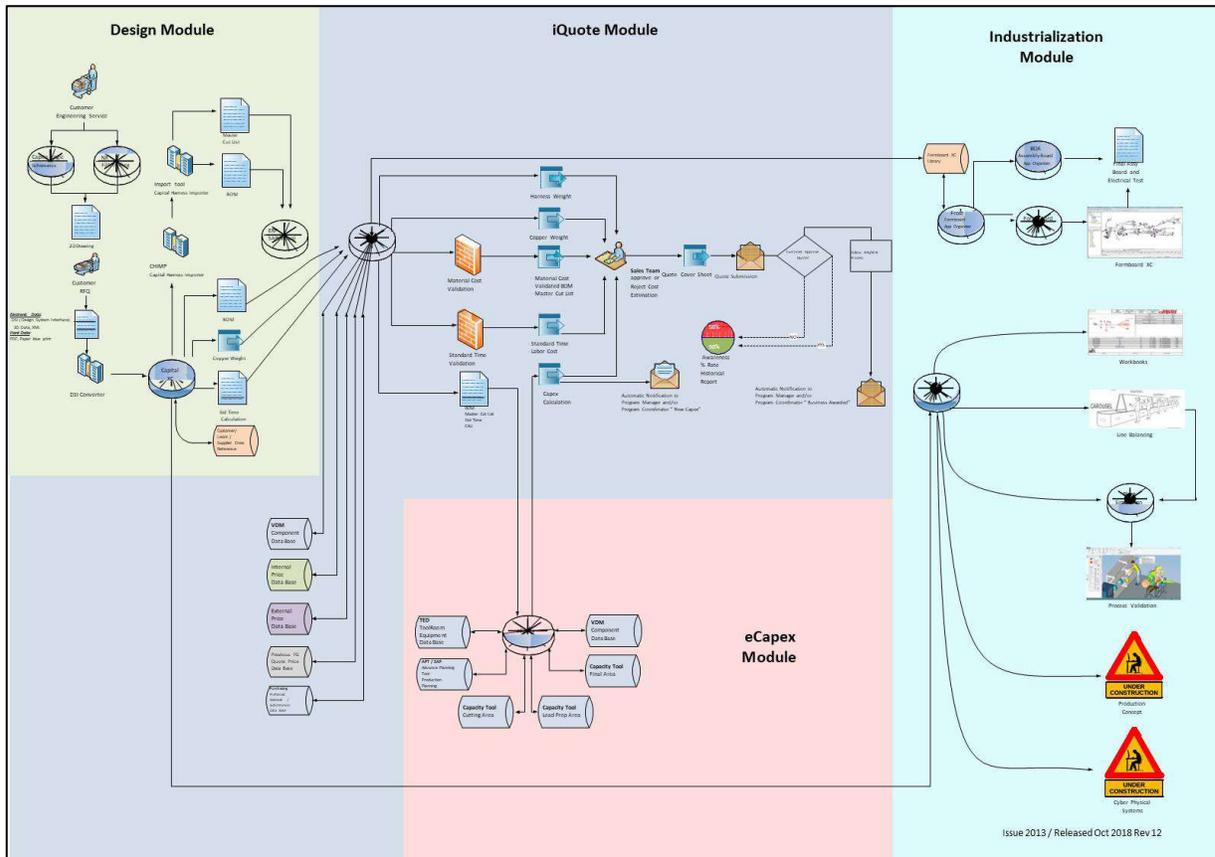


Figura 4.1. Unidades de negocio del departamento de diseño / share service hub Hermosillo (elaboración propia).

4.1.2. Paso 2: Inducción y Capacitación

Capital Harness o CapH un software especializado, desarrollado por Mentor Graphics®, es utilizado para dibujar y diseñar arneses de cableado, basado en un sistema CAD 2D tradicional, con la intención de acelerar los procesos ingeniería en el diseño de arneses, mediante la automatización.

CapH es utilizado en el departamento de diseño por diferentes unidades de negocio las cuales hacen uso de diferentes funciones de la herramienta, para diseñar arneses, obtener lista de materiales, tiempos de labor, costos de producción, entre otras salidas. Para poder utilizar dichas funciones cada unidad de negocio debe poder contar con los componentes, sus números de parte, así como sus propiedades

particulares dentro del proceso, disponibles en la base de datos de CapH. Existe al menos una base de datos para cada cliente del departamento. Por lo que, una unidad de negocio puede usar más de una base de datos.

El equipo de base de datos es el encargado de analizar la información y capturarla en las diferentes bases de datos utilizadas por CapH, para dar de alta componentes o propiedades del proceso, la práctica de análisis implica cálculos matemáticos e investigación acerca de las características y compatibilidad de los componentes de diferentes proveedores solicitados por el cliente.

La capacitación de esta interfaz consistió en un repaso básico de los procesos de cada una de las unidades de negocio del departamento, así como un conocimiento específico de las actividades y operaciones del equipo de base de datos, lo que finalmente permite definir algunos conceptos relevantes para el equipo de base de datos:

DSI: es el archivo que se obtiene del cliente y contiene toda la información válida de ensamblaje de arnés requerida para una interfaz gráfica 2D. el archivo DSI (design system interfaz) se puede importar a la interfaz de CapH para hacer un dibujo de arnés plano, este tipo de archivo es el modelo común por el que un cliente externo solicita el diseño y cotización de un arnés al departamento.

PVR: archivo de informe de versión de pieza que contiene información de documentación sobre el componente.

Símbolos de conector: es la imagen gráfica de cualquier conector en el plano que muestra la vista lateral y la vista de la cara de inserción. También muestra el número de parte externo y el número de parte interno (los cuales deben corresponder), así como el color del cuerpo del conector.

Nuevo número de parte: Las operaciones del equipo de base de datos se dividen en dos principales tipos, dar de alta un nuevo número de parte o actualizar y/o relacionar las propiedades existentes en la base de datos, el primero de estos se refiere a la creación de diferentes componentes en la base de datos (darlos de alta

en la base, con su respectivo número de parte y todas sus características y propiedades únicas).

Actualización y relación: El segundo tipo de operación, se refiere a actualizar algún número ya existente, cambiar sus características o propiedades dentro del proceso, sin embargo, estas propiedades no necesariamente tendrían que haber sido capturadas anteriormente, este aspecto es lo que se conoce como relacionar, esto implica nuevas combinaciones entre componentes ya existentes y su relación acorde a las propiedades y compatibilidad de estos.

Una vez establecidos los conceptos básicos de la interfaz, el conocimiento de las operaciones del departamento y equipo de base de datos es posible definir los objetivos tanto del proyecto como el de las operaciones del departamento los cuales se enlistan a continuación:

- Evitar las discrepancias de materiales entre la lista de materiales del cliente y la lista de materiales de fabricación (lista interna de Leoni).
- Simplificar las transferencias de producción.
- Obtener los mismos valores para las longitudes de cable y tubo.
- Obtener los mismos resultados de cálculo (combinados con la estandarización de costos).
- Evitar trabajar varias veces en la misma tarea, como la medición de complementos de conector o la creación de símbolos.

4.2. Organización - Etapa 2: Equipo de trabajo

Parte de la organización del proyecto requirió formar un equipo de trabajo multidisciplinario que ayude a coordinar el proyecto, guiarlo al cumplimiento de los objetivos y, sobre todo, guiar al encargado del proyecto en los aspectos que requieren mayor experiencia en los procesos del departamento.

Así mismo, debido a las características del proyecto fue de gran ayuda, realizar la dinámica propuesta por el Evento Kaizen, en función de identificar las áreas de oportunidad y sus posibles soluciones, considerando los integrantes de dicho equipo,

con un miembro en cada puesto involucrado en el proceso al que se aplica el presente proyecto. La metodología sugiere seguir los siguientes dos pasos:

4.2.1. Paso 1: Definir integrantes del equipo de trabajo

Siendo necesario por lo menos un miembro en cada uno de los diferentes puestos, involucrados en el procesos y operaciones del equipo de base de datos, el equipo de trabajo para el presente proyecto fue conformado por el gerente del departamento de diseño (share service hub head), el supervisor del equipo de base de datos (data base team lider) y dos de los integrantes de dicho equipo llamados caphengineers, en apoyo, capacitación y orientación al llamado líder del proyecto (quien es el encargado de desarrollar la metodología planteada en el capítulo tres, el líder es considerado como un elemento externo al departamento).

4.2.2. Paso 2: Definir roles y objetivos del equipo de trabajo

Los roles y objetivos para desempeñar por parte de este equipo de trabajo son presentados a continuación:

Líder del proyecto: el líder tiene la función de dirigir la metodología, coordinar las reuniones, facilitar el trabajo del equipo, sintetizar los avances y documentar los resultados.

Gerente del departamento: es el encargado de la revisión de avances del proyecto, coordinador de las reuniones y los objetivos que el proyecto tiene dentro de la empresa, como presentaciones al departamento.

Supervisor del equipo de base de datos: el encargado de gestionar, todos los recursos necesarios para realizar el proyecto, un ejemplo es conseguir los accesos de las diferentes herramientas electrónicas necesarias para desarrollar el proyecto, o conseguir y administrar las capacitaciones y entrenamientos de estas herramientas.

Caphengineers: aportar su conocimiento y habilidades acerca del proceso, aportar ideas en favor a las mejoras y brindar apoyo a la capacitación de líder.

El equipo debe estar comprometido a los objetivos propios, así como los objetivos del proyecto. Así mismo, es importante definir los criterios internos o estándares que serán utilizados dentro de la empresa.

Un ejemplo son los objetivos y alcance dentro del equipo de base de datos, del método FMEA (el cual representa la mayor parte del proyecto) definidos por medio de estándares de trabajo y adecuándolo a la unidad de negocio por medio de una tormenta de ideas por el equipo de trabajo, los cuales se presentan en la tabla 4.1:

Topico de desarrollo del AMEF	Recursos ó Experiencia Relevantes
Alcance	Administración de programas, clientes, individuo(s), responsable(s) de integraciones.
Funciones, requerimientos y expectativas	Clientes, Administración de Programas, Individuo(s), responsable(s) de integraciones, Operaciones de servicios, Seguridad, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales.
Modos de fallas potenciales la forma en que un proceso ó producto puede fallar	Clientes, Administración de Programas, Individuo(s), responsable(s) de integraciones, Operaciones de servicios, Seguridad, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad.
Efectos y consecuencias de las fallas tanto para los procesos de la organización, como en el flujo hasta los clientes	Clientes, Administración de Programas, Individuo(s), responsable(s) de integraciones, Operaciones de servicios, Seguridad, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad.
Causas de fallas potenciales	Clientes, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Confiabilidad, Análisis de ingeniería, fabricante de equipos, mantenimiento.
Frecuencia de ocurrencia de fallas potenciales	Clientes, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Confiabilidad, Análisis de ingeniería, Análisis estadístico, Fabricante de equipos, mantenimiento.
Aplicación de controles de prevención actuales	Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Fabricante de equipos, Mantenimiento.
Aplicación de controles de detección actuales	Clientes, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Mantenimiento.
Acciones recomendadas requeridas.	Clientes, Administración de programas, individuo(s), responsable(s) de integraciones, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Confiabilidad, Análisis de Ingeniería, Análisis estadístico, Fabricante de equipos, Mantenimiento.

Tabla 4.1. Alcance y expectativas del proyecto por parte de la empresa (elaboración propia).

4.3. Diagnóstico - Etapa 3: Mapeo de procesos (presente)

Para poder obtener un diagnóstico de todo el proceso junto con cada una de las operaciones del equipo de base de datos, fue necesario poder dimensionarlo, seguido de establecer el estado actual en el que trabaja, definir los estándares en los que debería trabajar para finalmente crear la comparación y obtener un diagnóstico del rendimiento actual de los procesos del equipo.

En esta etapa presenta un desglose completo de todas las posibles operaciones dentro del proceso, en forma de un mapeo de proceso, el cual incluye instrucciones de trabajo y áreas de oportunidad, para poder concretar dicho mapa, la metodología sugiere los siguientes pasos:

4.3.1. Paso 1: Delimitar el proceso

Fue importante establecer los límites del proceso del equipo de base de datos, incluyendo cada una de sus distintas operaciones, ya que de esta manera se lograron dimensionar las áreas de oportunidad, así como el enfoque y alcance de las propuestas de solución.

En este aspecto se define como límites, a la entrada de información recibida por los distintos equipos de diseño y a la salida de información del equipo de base de datos (elementos capturados en la base de datos), mientras que cualquier operación, tarea o paso, es considerado parte del proceso de trabajo para el equipo de base de datos, cada tipo de trabajo es llamado operación y está compuesto por diferentes pasos que implican una o más actividades, por otro lado las operaciones se componen por cuatro fases o estados por los que la información pasa, los cuales son, recibir requisición de captura, validar información, capturar en la base de datos, enviar reporte al solicitante.

A continuación, en la figura 4.2., se presenta un diagrama de flujo con las fases principales del proceso del equipo de base de datos. Seguido de una descripción de cada una de ellas:

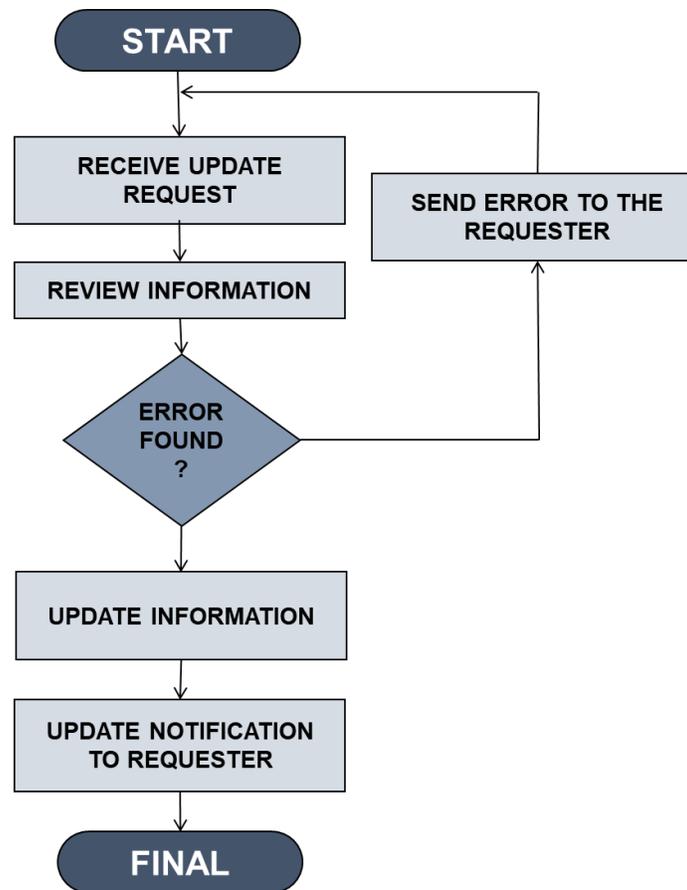


Figura 4.2. Fases del proceso del equipo de base de datos (Adaptación del estándar de la empresa).

Receive update request (recibir requisición de captura): La información para el nuevo componente que se actualizará en la base de datos debe recibirse por correo electrónico; si el solicitante solicita agregar un número de pieza del cliente, debe adjuntarse una referencia cruzada válida al correo electrónico. Si no, la solicitud será rechazada.

Una referencia cruzada válida debe ser un PVR que contenga el número de parte del cliente y del proveedor, en caso de que el PVR no muestre el número de parte del proveedor o no exista, se debe adjuntar una especificación de dibujo del cliente, y en caso de que el dibujo no existe, se debe adjuntar un correo electrónico del ingeniero del cliente que valida esta referencia cruzada.

Review information (validar información): La información enviada por el ingeniero de Costeo / Producto debe revisarse para asegurarse de que todo esté correcto antes de que los datos se capturen en la base de datos.

Hay algunos puntos a revisar para la validación:

- 1) La revisión de la documentación PVR, el dibujo del cliente y la validación del correo electrónico del cliente deben llamar a la misma información (número de pieza del cliente y del proveedor) que el componente que se solicita.
- 2) Relación entre componentes. Para agregar un componente en la definición de carcasa de otro componente, deben ser compatibles, el fabricante debe recomendar cualquier definición de carcasa, si el fabricante no recomienda una definición de carcasa solicitada o si los dibujos del fabricante no lo requieren, el bibliotecario debe rechazar la solicitud y solicitar la aprobación del cliente para utilizar dichos componentes.
- 3) Terminal - cable Si un terminal debe actualizarse con una nueva especificación de cable, el cable debe cumplir con las especificaciones del terminal.
- 4) cable de sellado - cable Si un cable de sellado debe actualizarse con una nueva especificación de cable, el cable debe cumplir con las especificaciones de sellado (diámetro exterior del cable).

Update information (capturar en base de datos): Una vez que se valida la información, el componente debe actualizarse en la base de datos. Los campos deben llenarse de acuerdo con la siguiente clasificación:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1) Conector | 6) Cable |
| 2) Terminal | 7) Cable multipolar |
| 3) Sello de la cavidad | 8) Cinta |
| 4) Tapón de la cavidad | 9) Tubo |
| 5) Manguito termocontraíble | 10) Otro |

Este formulario se utiliza para registrar nuevos números de piezas de componentes internos en el sistema. Antes de que se puedan asignar propiedades a un componente, primero debe tener un Número de parte de componente interno. Campos comunes que se deben completar para todos los componentes:

- *Int. Número de parte:* Número de parte interno (Leoni).
- *Cust. Número de parte:* Número de parte del cliente.
- *Supp. Número de pieza:* número de pieza del proveedor.

- *Cliente*: Nombre del cliente.
- *Proveedor*: Nombre del proveedor.
- *Nombre del grupo*: Clasificación de componentes.
- *ID de clase*: solo para componentes de prototipo (no utilizados).
- *Descripción*: Descripción del componente.
- *Código de tipo*: los códigos de tipo de componente se utilizan para subdividir un grupo de componentes con el fin de proporcionar más detalles. Por ejemplo, especificando si un terminal es macho, hembra o anilla.
- *Código de color*: color del componente (no cables).
- *Código de material*: Material componente.

Update notification to requester (enviar reporte al solicitante): La información enviada por el ingeniero de Costeo / Producto debe revisarse para asegurarse de que todo esté correcto antes de que los datos se capturen en la base de datos.

4.3.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso actual

Mientras que el proceso de trabajo del equipo de base de datos se compone por las cuatro fases vistas en el paso anterior, estas fases son solo descripción de los diferentes estados o fases en las que la información pasa dentro del proceso, por lo que cada fase requiere distintos pasos o actividades.

Es de suma utilidad poder definir el proceso lo más detallado posible y por lo tanto lo más apegado al procedimiento de trabajo. En este sentido se realizó un mapeo de todo el proceso, el cual desglosa las diferentes operaciones, así como los pasos o actividades que conlleva.

El mapa es presentado en la figura 4.3, donde por propósito de documentación, se encuentra resumido y alineado de manera distinta a la versión utilizada en el proyecto, la versión detallada es presentada adelante en la sección de anexos, referenciando dicha figura.

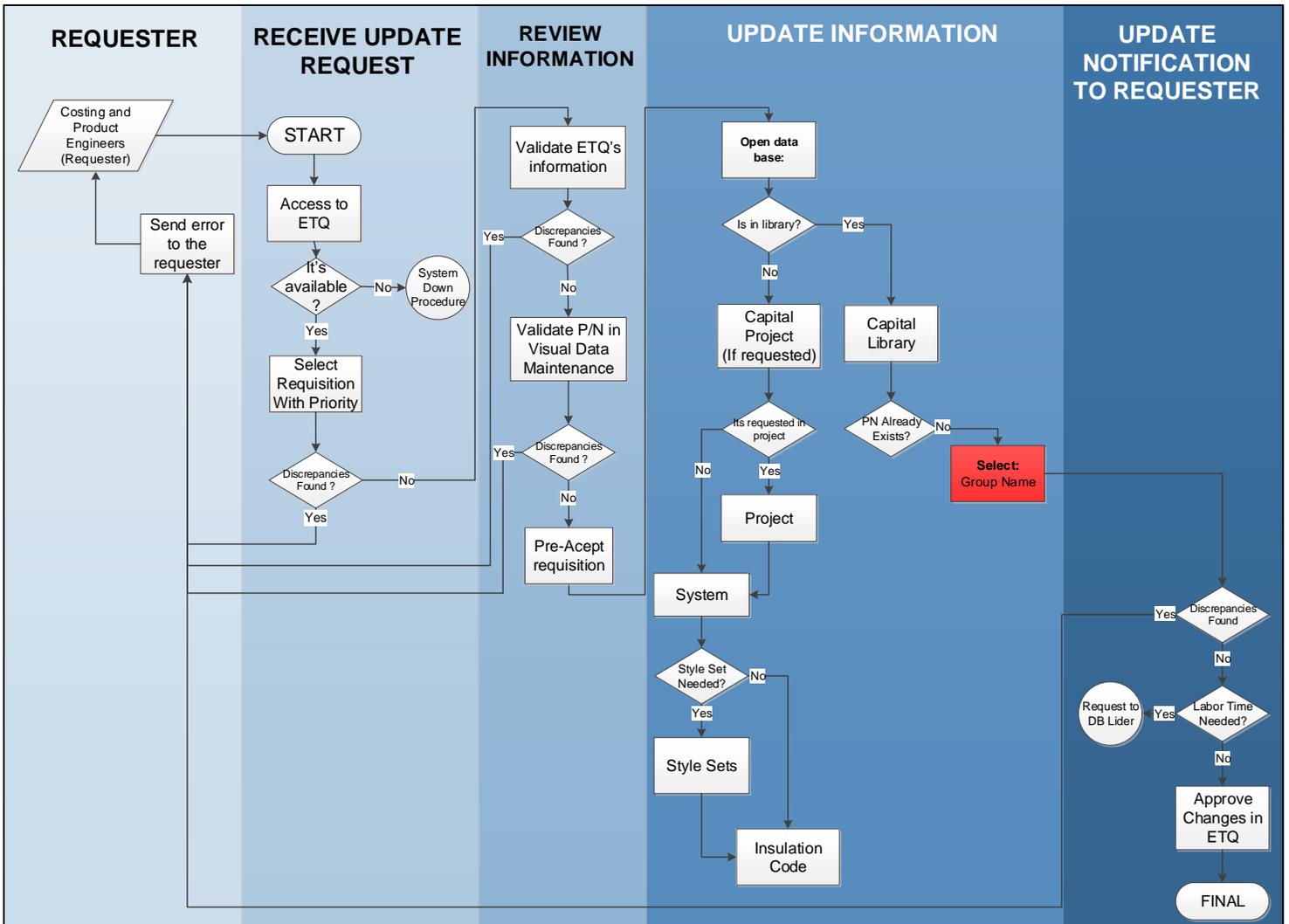


Figura 4.3. Mapeo del proceso del equipo de base de datos y sus posibles operaciones (elaboración propia).

El mapa, representa una visión general del proceso, identificando los pasos o actividades que deben realizarse en cada fase por la que pasa la información, en un orden sucesivo para completar el proceso del equipo de base de datos, sin embargo, no todos los pasos o actividades deben ser realizados, ya que en el proceso se encuentran diferentes alternativas dependiendo de la tarea a realizar, haciendo que el mapa también funcione como guía e instrucción de trabajo.

Cabe mencionar que, en el último paso, *select: group name* de la fase de *Update Information* (visto en la figura 4.3. resaltado del resto de los cuadros), representa la selección de una de 16 operaciones diferentes dentro de la interfaz.

4.3.3. Paso 3: Diseñar estándares e instrucciones de trabajo

Como se mencionó anterior mente existen 16 tiempos de operaciones, tras la selección de *group name* en la fase de *update information*, cada una de estas, tiene distintas características, estándares e instrucciones de trabajo, por lo que deben identificarse. Debido a esto el equipo de trabajo decido agregar estas instrucciones dentro del mapeo de proceso, el cual es presentado en la figura 4.3. sin embargo, por fines prácticos en la documentación, solo se ejemplifican 5 de las 16 operaciones:

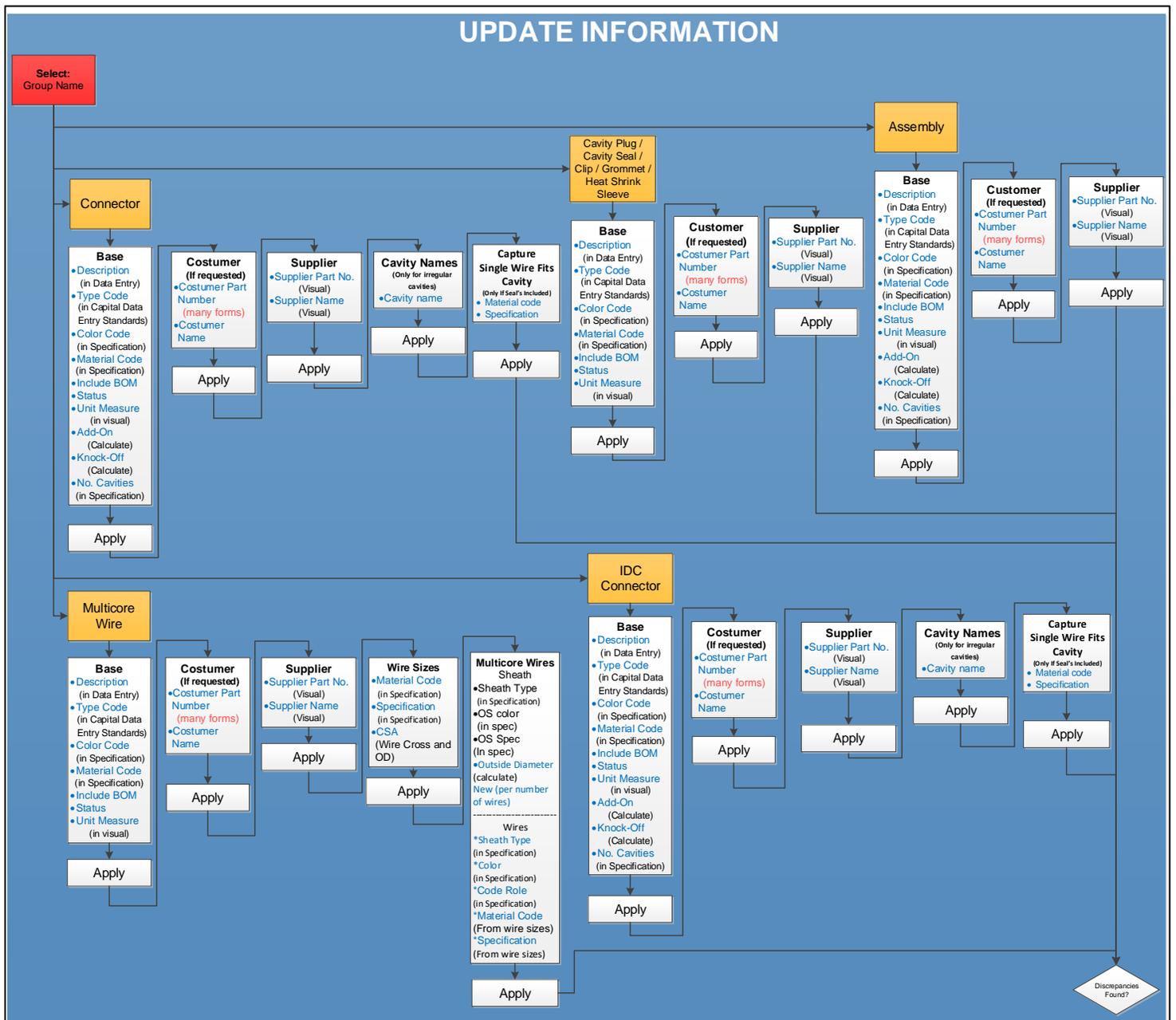


Figura 4.4. *Ejemplo de instrucciones de trabajo dentro del mapeo de proceso (elaboración propia).*

(en la sección de anexos, referenciando la figura 4.4. se encuentra la versión detallada de este mapa, es decir el mapa que fue utilizado por el proyecto, el cual incluye las 16 operaciones tras selección de group name).

La razón por la que se agregaron las instrucciones de trabajo es para poder establecer un promedio o estándar de tiempo para la realización de cada operación y de esta manera poder evaluar el rendimiento del proceso, en contraste a las mejoras que se implementaran en el futuro. Dicho de otra manera, para poder reducir los plazos de entrega del equipo de base de datos, es crucial conocer el plazo que toma actualmente cada operación.

Para lograrlo fue necesario un estudio de tiempos de cada una de las operaciones, donde se evaluó el tiempo acumulado de todas las operaciones del mismo tipo realizadas en los últimos tres meses y después se promedió por el número de operaciones, también fue necesario agregar el tiempo adicional que conlleva las operaciones realizadas en el portal ETQ (todos los pasos realizados en las distintas fases antes de comenzar con la operación), ya que constituye una cantidad importante de tiempo para cada operación dentro del proceso.

De esta manera fue posible obtener un tiempo estándar para las 16 operaciones, los cuales son presentados en la tabla 4.2. a continuación:

Group Name - Tipo de operación		Tiempo de adicional (ETQ)	Cantidad de Requisiciones evaluadas	Tiempo Total (Minutos)	Promedio (Minutos)	Estándar
New	Assembly	18	3	202	67.33	85
	Cavity Plug / Cavity Seal / Clip / Grommet	18	101	1554	15.39	33
	Coonector	18	101	3029	29.99	48
	IDC Connector	18	15	378	25.20	43
	Multicore Wire	18	150	2967	19.78	38
	Terminals	18	83	1684	20.29	38
	Tape	18	97	1879	19.37	37
	Tube	18	96	2857	29.76	48
	Cables / Terminales / Insulaciones	18	143	2105	14.72	33
	Other	18	100	2079	20.79	39
Update	Wire specification	18	423	6450	15.25	33
	Additional components (Housing Definition)	18	405	9095	22.46	40
	Cosutumer part numbers	18	39	481	12.33	30
	Connector routes	18	76	3597	47.33	65
	Symbols	18	8	321	40.12	58
	Linestyles / Insulation Codes	18	18	444	24.67	43

Tabla 4.2. Tiempo de las operaciones del proceso del equipo de base de datos (elaboración propia).

4.4. Diagnóstico - Etapa 4: Áreas de oportunidad

Continuando con el diagnóstico, lo siguiente fue identificar las áreas de oportunidad en las operaciones del proceso, tarea donde el equipo de trabajo es crucial, ya que algunos miembros tienen mayor experiencia con el proceso.

Por medio de la dinámica de evento kaizen, se identificaron todas las pasos o actividades que representaban desperdicios, es decir: sobre procesamiento, pasos innecesarios o actividades repetitivas. Seguido por implementar los primeros pasos del método FMEA, los cuales son considerados por parte del presente proyecto como parte importante del diagnóstico, la metodología establece la consecución de los siguientes seis pasos:

4.4.1. Paso 1: Identificar áreas de oportunidad

Una vez dimensionado el proceso completo con cada una de sus posibles actividades y después de haber establecido el promedio de tiempo bajo el que operan, es posible identificar las áreas de oportunidad, presentadas a continuación:

1. El equipo de base de datos trabaja en las requisiciones en orden de prioridad basado en el día de entrega, sin embargo, las actividades varían en tiempo, algunas veces se sacrifican más operaciones por realizar una que ocupa el mismo tiempo, en lugar de solo dejar esa operación pendiente.

2. La prioridad de las requisiciones es establecida por el cliente interno (el ingeniero de diseño), esto genera incertidumbre por parte del ingeniero de base de datos, ya que no sabe si esta prioridad es real.
3. Cada requisición implica el llenado de un reporte en el portal ETQ, sin embargo, muchas de las características del reporte podrían llenarse automáticamente.
4. Las operaciones son compartidas por todo el equipo y el portal ETQ.
5. Desarrollando el mapeo del área se presentó la ausencia de documentos de apoyo a las operaciones y actividades, o en su defecto instrucciones de trabajo que puedan ser ligados al mapeo.
6. No todas las herramientas o elementos que el software ofrece son utilizados por el equipo de base de datos.
7. Algunos componentes son relacionados como compatibles solo en una dirección, es decir se captura la compatibilidad del componente A al componente B, como es solicitado, pero no se aprovecha capturar la compatibilidad del componente B al A y evitar alguna futura requisición con esta solicitud.
8. Si un conjunto de componentes preensamblado es utilizado este se deberá capturar componente por componente en lugar de generar un nuevo número de parte para dicho preensamble.
9. Para algunas propiedades, es necesario el uso de cálculos matemáticos lo cual consume una considerable cantidad de tiempo.
10. Para el diseño de símbolos en CapH es necesario el uso de AutoCAD, para replicar las especificaciones del cliente y poder corroborar sus características.

4.4.2. Paso 2: Detectar fallas potenciales

Una vez dimensionado el proceso y detectadas algunas de las principales áreas de oportunidad, es posible comenzar con el FMEA, este consiste en una detección de las fallas potenciales como su primer paso, esto consiste en desglosar cada actividad en una tabla y en base a una tormenta de ideas, señalar todas las posibles fallas en las que podría incurrir dicha actividad, los resultados se resumen a continuación:

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falla Potencial
Receive update request		
1	Access to ETQ Select change management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Informacion incompleta.
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Informacion *Falsa prioridad *Insertidumbre del tipo de trabajo *Informacion incompleta.
Review information		
1	Validate ETQ's information	*Discrepancia en la Informacion *Informacion no disponible
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Informacion

Figura 4.5. Ejemplo de FMEA en el modo de falla potencial (elaboración propia).

4.4.3. Paso 3: Detectar efectos del fallo

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla
Receive update request			
1	Access to ETQ Select change management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Informacion incompleta.	*Tiempo muerto
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Informacion *Falsa prioridad *Insertidumbre del tipo de trabajo *Informacion incompleta.	*Capturar informacion incorrecta *Perder tiempo en operaciones no prioritarias *Sacrificar requisiciones por falta de tiempo *Perder tiempo corroborando o buscando informacion
Review information			
1	Validate ETQ's information	*Discrepancia en la Informacion *Informacion no disponible	*Tiempo muerto
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto
3	Pre-Acept requisition	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto *Espectativa por parte del equipo dise;o
Update information			
1	Open data base	*Software no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta
2	Internal Part No.	*Numero de parte no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta
3	Select Group Name:	*Discrepancia en la Informacion *Falta de estandarizacion de group name	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta

Figura 4.6. Ejemplo de FMEA en el efecto de falla potencial (elaboración propia).

4.4.4. Paso 4: Evaluar nivel de severidad

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla	Severidad	Clasific.
Receive update request					
1	Access to ETQ Select change management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Informacion incompleta.	*Tiempo muerto	10	5
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Informacion *Falsa prioridad *Inseritidumbre del tipo de trabajo *Informacion incompleta.	*Capturar informacion incorrecta *Perder tiempo en operaciones no prioritarias *Sacrificar requisiciones por falta de tiempo *Perder tiempo corroborando o buscando informacion	10	5
Review information					
1	Validate ETQ's information	*Discrepancia en la Informacion *Informacion no disponible	*Tiempo muerto	8	5
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto	8	4
3	Pre-Acept requisition	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto *Espectativa por parte del equipo dise;o	1	3
Update information					
1	Open data base	*Software no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2
2	Internal Part No.	*Numero de parte no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2
3	Select Group Name:	*Discrepancia en la Informacion *Falta de estandarizacion de group name	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2

Figura 4.7. Ejemplo de FMEA en la severidad de las operaciones (elaboración propia).

4.4.5. Paso 5: Detectar causas de fallos

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla	Severidad	Clasific.	Causa o mecanismo potencial de la falla
Receive update request						
1	Access to ETQ Select change management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Informacion incompleta.	*Tiempo muerto	10	5	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de dise;o
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Informacion *Falsa prioridad *Inseritidumbre del tipo de trabajo *Informacion incompleta.	*Capturar informacion incorrecta *Perder tiempo en operaciones no prioritarias *Sacrificar requisiciones por falta de tiempo *Perder tiempo corroborando o buscando informacion	10	5	*Equipo de dise;o no capacitado o instruido acerca de la importancia de la prioridad
Review information						
1	Validate ETQ's information	*Discrepancia en la Informacion *Informacion no disponible	*Tiempo muerto	8	5	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *P roveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto	8	4	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *P roveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones
3	Pre-Acept requisition	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto *E spectativa por parte del equipo dise;o	1	3	*Falta de transparencia con el equipo de dise;o
Update information						
1	Open data base	*Software no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de dise;o
2	Internal Part No.	*Numero de parte no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *P roveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones
3	Select Group Name:	*Discrepancia en la Informacion *Falta de estandarizacion de group name	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2	*Falta de estandares *Falta de procedimientos

Figura 4.8. Ejemplo de FMEA en la causa potencial de falla (elaboración propia).

4.4.6. Paso 6: Evaluar ocurrencia

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falta Potencial	Efecto Potencial de la Falta	Severidad	Clas. Fc.	Causa o mecanismo potencial de la falla	Ocurrencia
Receive update request							
1	Access to ETQ Select change management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Informacion incompleta.	*Tiempo muerto	10	5	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de dise;o	10
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Informacion *Falsa prioridad *Insentidumbre del tipo de trabajo *Informacion incompleta.	*Capturar informacion incorrecta *Perder tiempo en operaciones no prioritarias *Sacrificar requisiciones por falta de tiempo *Perder tiempo corroborando o buscando informacion	10	5	* Equipo de dise;o no capacitado o instruido acerca de la importancia de la prioridad	10
Review information							
1	Validate ETQ's information	*Discrepancia en la Informacion *Informacion no disponible	*Tiempo muerto	8	5	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	5
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto	8	4	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	6
3	Pre-Accept requisition	*Discrepancia en la Informacion	*Tiempo muerto *Espectativa por parte del equipo dise;o	1	3	*Falta de transparencia con el equipo de dise;o	1
Update information							
1	Open data base	*Software no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de dise;o	5
2	Internal Part No.	*Numero de parte no disponible *Discrepancia en la Informacion	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	6
3	Select Group Name:	*Discrepancia en la Informacion *Falta de estandarizacion de group name	*Perdida de tiempo en busqueda de validar informacion *Capturar informacion incorrecta	8	2	*Falta de estandares *Falta de procedimientos	6

Figura 4.9. Ejemplo de FMEA en la ocurrencia de fallo (elaboración propia).

Por fines prácticos a la documentación, solo se ejemplifican las primeras 8 filas de un total de 63 filas que integran el documento real presentado en la empresa, el resto es presentado en el apartado de anexos al final de este documento.

4.5. Solución - Etapa 5: Proponer mejoras

En la etapa anterior fue posible identificar las áreas de oportunidad en necesidad de mejora, continuando con lo establecido por la metodología, en la presente etapa se analizaron distintas propuestas de solución para las áreas de oportunidad o necesidades, para realizar esto, los primeros dos pasos de esta etapa corresponden a los pasos finales del documento FMEA.

4.5.1. Paso 1: Determinar índice de detención

Para el primer paso fue necesaria la participación del equipo de trabajo, ya que asignar el índice de detención implicó un criterio por parte del equipo respecto a la importancia de la tarea y el impacto que tiene en otras tareas, por lo tanto, que tan preciso es su inspección para la detención de algún fallo. A continuación, se presenta el resultado

4.5.2. Paso 2: Establecer prioridad de riesgo

La prioridad de riesgo o RPN se obtuvo tras la multiplicación de la severidad, ocurrencia y detención, en la siguiente figura se muestra un ejemplo del resultado:

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla	Severidad	Clasificación	Causa o mecanismo potencial de la falla	Ocurrencia	Controles de procesos actuales/Prevencion	Controles de procesos actuales/Deteccion	Detencion	RPN
Receive update request											
1	Access to ETQ Select charge management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Información incompleta.	*Tiempo muerto	10	5	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de diseño	10	Se necesita agregar una vista previa en la barra de tareas que indique el tipo de trabajo (update/new number y su group name), con el propósito de administrar el tiempo acorde a las operaciones y su prioridad.	Agregar un cuadro de texto en el formulario de ETQ donde se sume automáticamente el tiempo estimado que tomará resolver la requisición. En un Código se pueden determinar tiempos (valor numérico) a cada group name (variables) y cuando se agregue una sección de dicho group name se añadirá su tiempo al cuadro de texto.	2	200
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Información *Falsa prioridad *Inseridumbre del tipo de trabajo *Información incompleta.	*Capturar información incorrecta *Perder tiempo en operaciones no prioritarias *Sacrificar requisiciones por falta de tiempo *Perder tiempo corroborando o buscando información	10	5	* Equipo de diseño no capacitado o instruido acerca de la importancia de la prioridad	10	Se necesita encontrar la manera de validar la prioridad real de cada requisición, en función de administrar el tiempo en prioridades reales.	Agregar un botón para adjuntar documentos en el formulario, donde se requiera adjuntar el correo ó el documento del cliente que estipule la fecha real de entrega, opcionalmente el requisitor puede escribir un comentario donde plantee por qué se necesita antes de dicha fecha, necesita antes de dicha fecha.	5	500
Review information											
1	Validate ETQ's information	*Discrepancia en la Información *Información no disponible	*Tiempo muerto	8	5	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	5	Se necesita encontrar la manera de listar el reporte de producción en ETQ automáticamente.	Agregar un código al programa ETQ con un conjunto de variables string (texto) pre-programadas. Al aceptar o rechazar un componente dentro de la requisición el código copiará y pegará dichas variables dependiendo del componente en los cuadros correspondientes	6	240
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Información	*Tiempo muerto	8	4	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	6	Se encuentra en control por el mismo sistema	Se encuentra en control por el mismo sistema	1	48
3	Pre-Accept requisition	*Discrepancia en la Información	*Tiempo muerto *Especiativa por parte del equipo diseño	1	3	*Falta de transparencia con el equipo de diseño	1	Se necesita crear una opción en el sistema que te permita pre aceptar requisiciones, para evitar que dos ingenieros trabajen con la misma requisición.	Agregar una lista de los ingenieros de diseño donde se seleccione el Ingeniero que trabajara con dicha requisición, así todos los operadores involucrados podrán visualizar quien está trabajando con dicha requisición al entrar.	10	10
Update information											
1	Open data base	*Software no disponible *Discrepancia en la Información	*Pérdida de tiempo en búsqueda de validar información *Capturar información incorrecta	8	2	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de diseño	5	Se encuentra en control por el mismo sistema	Se encuentra en control por el mismo sistema	1	40
2	Internal Part No.	*Numero de parte no disponible *Discrepancia en la Información	*Pérdida de tiempo en búsqueda de validar información *Capturar información incorrecta	8	2	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	6	Se necesita aprovechar los componentes cruzados.	Los accesorios y conectores compatibles entre pueden relacionarse aunque no sea requerido por el cliente, si el ingeniero lo ve factible y tiene un tiempo de trabajo razonable, así el requisitor será el encargado de decidir cual relación está corre	6	288
3	Select Group Name:	*Discrepancia en la Información *Falta de estandarización de group name	*Pérdida de tiempo en búsqueda de validar información *Capturar información incorrecta	8	2	*Falta de estándares *Falta de procedimientos	6	Es necesario definir un estándar para los group name y otros elementos a utilizarse en el software.	Determinar que group names se están utilizando y cuales han sido o serán utilizados durante un determinado tiempo, si no se han utilizado en un tiempo eliminarlos de la base de datos, también revisar que los type codes estén asignados a su group name correspondiente en todas las bases de	6	288

Figura 4.10. Ejemplo de FMEA en las acciones preventivas, correctivas, detención y RPN (elaboración propia).

Por fines prácticos a la documentación, solo se ejemplifican las primeras 8 filas de un total de 63 filas que integran el documento real presentado en la empresa, el resto es presentado en el apartado de anexos al final de este documento.

4.5.3. Paso 3: Proponer alternativas y acciones correctivas.

En la etapa cuatro fue posible detectar 10 áreas de oportunidad de importancia, en este paso se les dio seguimiento, comenzando por convertir o resumir las áreas de oportunidad en necesidades presentadas en la tabla 4.3. para después comenzar con la lluvia de ideas por parte del equipo y obtener la mejor propuesta de solución para cada una de las 10 áreas de oportunidad.

AREAS DE OPORTUNIDAD	NECESIDADES
El equipo de base de datos trabaja en las requisiciones en orden de prioridad basado en el día de entrega, sin embargo, las actividades varían en tiempo, algunas veces se sacrifican más operaciones por realizar una que ocupa el mismo tiempo, en lugar de solo dejar esa operación pendiente.	Se necesita agregar una vista previa en la barra de tareas que indique el tipo de trabajo (update/new number y su group name), con el propósito de administrar el tiempo acorde a las operaciones y su prioridad.
La prioridad de las requisiciones es establecida por el cliente interno (el ingeniero de diseño), esto genera incertidumbre por parte del ingeniero de base de datos, ya que no sabe si esta prioridad es real.	Se necesita encontrar la manera de validar la prioridad real de cada requisición, en función de administrar el tiempo en prioridades reales.
Cada requisición implica el llenado de un reporte en el portal ETQ, sin embargo, muchas de las características del reporte podrían llenarse automáticamente.	Se necesita encontrar la manera de llenar el reporte de producción en ETQ automáticamente.
Las operaciones son compartidas por todo el equipo y el portal ETQ	Se necesita crear una opción en el sistema que permita pre aceptar requisiciones, para evitar que dos ingenieros trabajen con la misma requisición.
Desarrollando el mapeo del área se presentó la ausencia de documentos de apoyo a las operaciones y actividades, o en su defecto instrucciones de trabajo que puedan ser ligados al mapeo.	Se necesita instrucciones de trabajo para algunos pasos.
No todas las herramientas o elementos que el software ofrece son utilizados por el equipo de base de datos.	Es necesario definir un estándar para los group name y otros elementos a utilizarse en el software.
Algunos componentes son relacionados como compatibles solo en una dirección, es decir se captura la compatibilidad del componente A al componente B, como es solicitado, pero no se aprovecha capturar la compatibilidad del componente B al A y evitar alguna futura requisición con esta solicitud.	Se necesita aprovechar los componentes cruzados.
Si un conjunto de componentes preensamblado es utilizado este se deberá capturar componente por componente en lugar de generar un nuevo número de parte para dicho preensamblado.	Es necesario encontrar la manera de asignarle números de parte a un conjunto de componentes
Para algunas propiedades, es necesario el uso de cálculos matemáticos lo cual consume una considerable cantidad de tiempo.	Se necesita una forma sistémica para realizar dichos cálculos.
Para el diseño de símbolos en CapH es necesario el uso de AutoCAD, para replicar las especificaciones del cliente y poder corroborar sus características.	Se necesita una alternativa sistémica a los diseños de AutoCAD, ya que estas especificaciones podrían conseguirse de otro documento.

Tabla 4.3. Propuesta de mejoras para las áreas de oportunidad en el proceso (elaboración propia).

Se analizaron diferentes propuestas de solución y finalmente por decisión unánime del equipo de trabajo, se decidió por las siguientes 10 propuestas de solución, es decir una propuesta para cada una de las 10 áreas de oportunidad:

1. Agregar un cuadro de texto en el formulario de ETQ donde se sume automáticamente el tiempo estimado que tomará resolver la requisición. En un Código se pueden determinar tiempos (valor numérico) a cada group name (variables) y cuando se agregue una sección de dicho group name se añadirá su tiempo al cuadro de texto.
Si el tiempo estimado supera el tiempo restante en el horario laboral se notificará que no es posible resolver la requisición ese mismo día (el requisitor solo tendrá que aceptar el mensaje).
2. Agregar un botón para adjuntar documentos en el formulario, donde se requiera adjuntar el correo ó el documento del cliente que estipule la fecha real de entrega, opcionalmente el requisitor puede escribir un comentario donde plantee por qué se necesita antes de dicha fecha.
3. Agregar un código al programa ETQ con un conjunto de variables string (textos) pre-programadas. Al aceptar o rechazar un componente dentro de la requisición el código copiará y pegará dichas variables dependiendo del componente en los cuadros correspondientes (usualmente llenados manualmente) y pegará el número de parte del componente que se definió en su sección.
4. Agregar una lista de los ingenieros de diseño donde se seleccione el Ingeniero que trabajara con dicha requisición, así todos los operadores involucrados podrán visualizar quien está trabajando con dicha requisición al entrar.
5. Asignar a un ingeniero para que desarrolle las instrucciones de trabajo requeridas.
6. Determinar que group names se están utilizando y cuales han dejado de utilizarse durante un determinado tiempo, si no se han utilizado en un tiempo eliminarlos de la base de datos. también revisar que los type codes estén asignados a su group name correspondiente en todas las bases de datos.
7. Es común que una terminal o sellos sean utilizados de manera predeterminada en varios conectores, pues estas terminales cumplen un estándar, por lo que es difícil de relacionar en dichos casos. Los accesorios y conectores compatibles entre sí podrían relacionarse (de manera opcional) aun cuando no sea requerido por el cliente, si el ingeniero lo ve factible y tiene un tiempo de trabajo razonable,

así el requisitor será el encargado de decidir cual relación será correcta sin necesidad de requerirlo. Esto sería un tipo de relación preventiva.

8. Agregar un group name nuevo que identifique los componentes preensamblados y al que se le asigne tiempos personalizados, así dependiendo de los procesos de manufacturación se le dará el tiempo aproximado al ensamble (tiempo variable).
9. Utilizar el software designer para el add on y knock off, que representa un paso importante en ciertas tareas, es necesario escalar para obtener los valores por parte de los proveedores.
10. Instalar AutoCAD u otro software de CAD en las computadoras de los ingenieros de diseño; es necesario que dicho software admita las extensiones de archivos PDF(3D), IGES ó STEP

Es importante destacar que implementar en físico, estos cambios o mejoras, cada una tendrá un impacto de ahorro en el plazo de procesamiento de los procesos.

4.6. Solución - Etapa 6: Mapeo de proceso (futuro).

Esta etapa represento un modelo simulado de las propuestas de mejora, es decir plasmar las propuestas en forma de cambios al proceso que alterarán el mapeo del proceso y los indicadores propuestos por el método FMEA, reflejando los resultados positivos que se obtendrán al implementarlo en un plano físico, para realizarlo fue necesario seguir los siguientes 2 pasos:

4.6.1. Paso 1: Revaluar indicadores tras propuestas

Cada una de las propuestas de solución tiene un impacto en los plazos de procesamiento de las tareas, es importante realizar este paso antes que el mapeo de proceso porque solo así se podrá verificar que los cambios son pertinentes y pueden obtener los resultados deseados, y por lo tanto vale la pena llevarlo al plano físico del proceso. A continuación, en la tabla 4.4. se muestra los tiempos de cada operación tras los cambios propuestos:

Group Name - Tipo de operación		Tiempo de adicional (ETQ)	Cantidad de requisiciones evaluadas	Tiempo Total (Minutos)	Promedio (Minutos)	Ahorro tras mejoras (minutos)	Nuevo promedio (Minutos)	Nuevo estándar
New	Assembly	7	3	202	67.33	3	64.33	71
	Cavity Plug / Cavity Seal / Clip / Grommet	7	101	1554	15.39	3	12.39	19
	Coonector	7	101	3029	29.99	3	26.99	34
	IDC Connector	7	15	378	25.20	3	22.20	29
	Multicore Wire	7	150	2967	19.78	5	14.78	22
	Terminals	7	83	1684	20.29	5	15.29	22
	Tape	7	97	1879	19.37	3	16.37	23
	Tube	7	96	2857	29.76	3	26.76	34
	Cables / Terminales / Insulaciones	7	143	2105	14.72	5	9.72	17
	Other	7	100	2079	20.79	0	20.79	28
Update	Wire specification	7	423	6450	15.25	5	10.25	17
	Additional components (Housing Definition)	7	405	9095	22.46	10	12.46	19
	Cosutumer part numbers	7	39	481	12.33	5	7.33	14
	Connector routes	7	76	3597	47.33	3	44.33	51
	Symbols	7	8	321	40.12	10	30.12	37
	Linestyles / Insulation Codes	7	18	444	24.67	3	21.67	29

Tabla 4.4. Tiempo de las operaciones del proceso del equipo de base de datos después de realizar cambios en el proceso (elaboración propia).

4.6.2. Paso 2: Desarrollar un mapeo del proceso tras propuestas

El mapeo futuro es posible detectar una reducción de los pasos que deben realizarse en las primeras tres fases, las cuales son correspondientes de la plataforma ETQ, de la cuales se enfocaron mejoras correspondientes a automatizar acciones que eran realizadas manualmente.

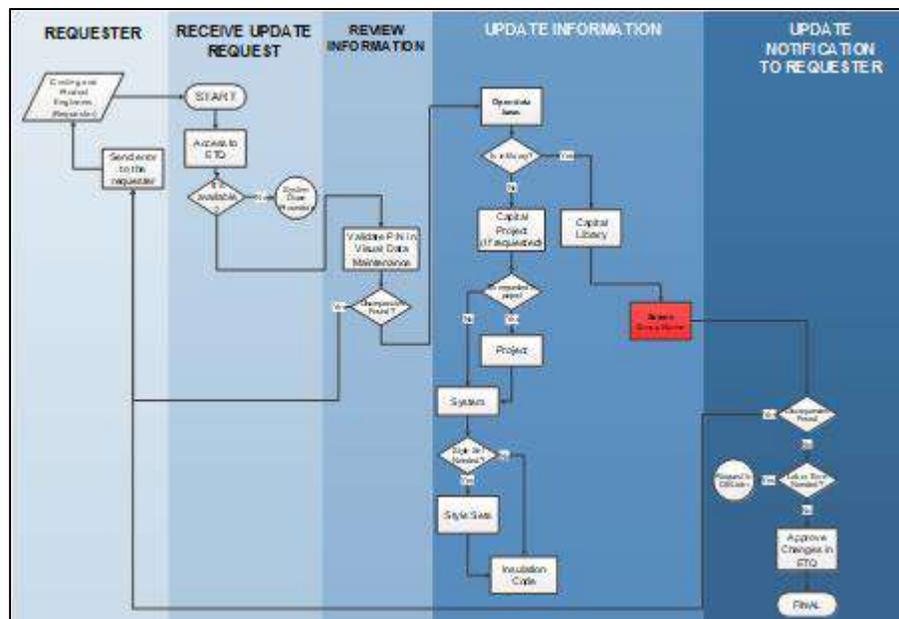


Figura 4.11. Mapeo del proceso del equipo de base de datos tras mejoras (elaboración propia).

4.7. Resultados - Etapa 7: Evaluación final

Esta etapa constituye en una evaluación general del proceso tras los cambios o mejoras implementados, en forma de resultados presentados tras una reevaluación de los parámetros del documento FMEA y los beneficios medibles en reducción de tiempo de procesamiento de los cambios o mejoras realizados en el proceso.

4.7.1. Paso 1: Evaluar rendimiento y realizar ajustes

Los cambios y mejoras del proceso deberán plasmarse, tanto en el mapeo de proceso e instrucciones de trabajo, como en el documento FMEA, a continuación, en la figura 7, se presenta el documento FMEA tras la implementación teoría de las mejoras:

TASK	Funcion del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla	Sensibilidad	Clasificación	Causa o mecanismo potencial de la falla	Comunicación	Controles de procesos actuales/ Prevencion	Controles de procesos actuales/ Deteccion	Deteccion	RPN
Receive update request											
1	Access to ETO Select change management Open CapH DB update folder	*Software no disponible. *Información incompleta.	*Tiempo muerto	10	5	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de diseño	3	Se necesita agregar una vista previa en la barra de tareas que indique el tipo de trabajo (update/new number and su group name), con el propósito de administrar el tiempo acorde a las operaciones y su prioridad.	Agregar un cuadro de texto en el formulario de ETO donde se sume automáticamente el tiempo estimado que tomará resolver la requisición. En un Código se pueden determinar tiempos (valor numérico) a cada group name (variables) y cuando se agregue una sección de dicho group name se añadirá su tiempo al cuadro de texto.	2	60
2	Select requisition with priority	*Discrepancia en la Información *Falsa prioridad *Interrupción del tipo de trabajo *Información incompleta.	*Capturar información incorrecta *Perder tiempo en operaciones no prioritarias *Clasificar requisiciones por falta de tiempo *Perder tiempo corroborando o buscando información	10	5	* Equipo de diseño no capacitado o instruido acerca de la importancia de la prioridad	3	Se necesita encontrar la manera de validar la prioridad real de cada requisición, en función de administrar el tiempo en prioridades reales.	Agregar un botón para adjuntar documentos en el formulario, donde se requiera adjuntar el correo ó el documento del cliente que espere la fecha real de entrega, opcionalmente el requisitor puede escribir un comentario donde plantee por qué se necesita antes de dicha fecha, necesita antes de dicha fecha.	3	90
Review information											
1	Validate ETO's information	*Discrepancia en la Información *Información no disponible	*Tiempo muerto	8	5	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	5	Se necesita encontrar la manera de llenar el reporte de producción en ETO automáticamente.	Agregar un código al programa ETO con un conjunto de variables string (textos) pre-programadas. Al aceptar o rechazar un componente dentro de la requisición el código copiará y pegará dichas variables dependiendo del componente en los cuadros correspondientes	2	80
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	*Discrepancia en la Información	*Tiempo muerto	8	4	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	6	Se encuentra en control por el mismo sistema	Se encuentra en control por el mismo sistema	1	48
3	Pre-Accept requisition	*Discrepancia en la Información	*Tiempo muerto *Especiativa por parte del equipo diseño	1	3	*Falta de transparencia con el equipo de diseño	1	Se necesita crear una opción en el sistema que le permita pre aceptar requisiciones, para evitar que dos ingenieros trabajen con la misma requisición.	Agregar una lista de los ingenieros de diseño donde se seleccione el Ingeniero que trabajara con dicha requisición, así todos los operadores involucrados podrán visualizar quien está trabajando con dicha requisición al entrar.	10	10
Update information											
1	Open data base	*Software no disponible *Discrepancia en la Información	*Pérdida de tiempo en búsqueda de validar información *Capturar información incorrecta	8	2	*Falta de cuentas en el servidor *Descuido y falta de transparencia por parte del equipo de diseño	5	Se encuentra en control por el mismo sistema	Se encuentra en control por el mismo sistema	1	40
2	Internal Part No.	*Número de parte no disponible *Discrepancia en la Información	*Pérdida de tiempo en búsqueda de validar información *Capturar información incorrecta	8	2	*Falta de controles precisos *Plataforma Leoparts incompleta *Proveedores sin transparencia en sus componentes y especificaciones	6	Se necesita aprovechar los componentes cruzados.	Los accesorios y conectores compatibles entre pueden relacionarse aunque no sea requerido por el cliente, si el ingeniero lo ve factible y tiene un tiempo de trabajo razonable, así el requisitor será el encargado de decidir cual relación será core.	2	96
3	Select Group Name:	*Discrepancia en la Información *Falta de estandarización de group name	*Pérdida de tiempo en búsqueda de validar información *Capturar información incorrecta	8	2	*Falta de estándares *Falta de procedimientos	6	Es necesario definir un estándar para los group name y otros elementos a utilizarse en el software.	Definir que group names se están utilizando y cuales han dejado de utilizarse durante un determinado tiempo, si no se han utilizado en un tiempo elimínalos de la base de datos, también revisar que los type codes estén asignados a su group name correspondiente en todas las bases de	1	48

Figura 4.12. Documento FMEA tras mejoras (elaboración propia).

Por fines prácticos a la documentación, solo se ejemplifican las primeras 8 filas de un total de 63 filas que integran el documento real presentado en la empresa, el resto es presentado en el apartado de anexos al final de este documento.

4.7.2. Paso 2: Comparación de resultados

Una vez implementados y evaluados (de forma teórica) los cambios y mejoras en cada una de las operaciones, es posible realizar una comparación de los medibles utilizados durante el desarrollo del presente proyecto, en forma de un antes o después que permita observar los resultados en función de beneficios acorde a los

objetivos del proyecto, mismos que serán representados en porcentajes de ahorro para cada operación y para el proceso en conjunto.

A continuación, en la tabla 4.5 se muestra la comparación de los plazos de entrega (en minutos) de las operaciones dentro del proceso, su comparación respecto a la reducción de las mejoras propuestas (antes y después) y el resumen de resultado expresado en porcentajes como el ahorro de plazo de entrega:

Group Name - Tipo de operación		Tiempo de adicional ETQ (Antes)	Tiempo de adicional ETQ (Después)	Plazo de operación (Antes)	Plazo de operación (Después)	Ahorro de plazo de entrega (Porcentaje)
New	Assembly	18	7	67.33	64.33	16.41%
	Cavity Plug / Cavity Seal / Clip / Grommet	18	7	15.39	12.39	41.93%
	Coonector	18	7	29.99	26.99	29.17%
	IDC Connector	18	7	25.20	22.20	32.41%
	Multicore Wire	18	7	19.78	14.78	42.35%
	Terminals	18	7	20.29	15.29	41.79%
	Tape	18	7	19.37	16.37	37.46%
	Tube	18	7	29.76	26.76	29.31%
	Cables / Terminales / Insulaciones	18	7	14.72	9.72	48.90%
	Other	18	7	20.79	20.79	28.36%
Update	Wire specification	18	7	15.25	10.25	48.12%
	Aditional components (Housing Definition)	18	7	22.46	12.46	51.91%
	Cosutumer part numbers	18	7	12.33	7.33	52.75%
	Connector routes	18	7	47.33	44.33	21.43%
	Symbols	18	7	40.12	30.12	36.13%
	Linestyles / Insulation Codes	18	7	24.67	21.67	32.81%
Proceso completo (suma de operaciones)		288	112	424.78	355.78	34.37%

Tabla 4.5. Comparación de tiempo por operación antes y después de mejoras - resultados (elaboración propia).

Tras la implementación teórica de las mejoras en el proceso, se puede observar una reducción considerable en cada uno de los plazos de entrega, destacando la reducción del tiempo adicional, es decir, el tiempo correspondiente a la plataforma ETQ el cual representa la interfaz de preparación antes de comenzar a trabajar con cada operación y de la cual se dirigieron cuatro de las diez propuestas de mejora, dicho ahorro impacta de manera individual en cada una de las operaciones donde la menor reducción consiste en un 16.41% y la mayor resulta en un 52.75% de ahorro.

Si bien estas operaciones son realizadas sin un orden específico, es decir según sea requerido por el solicitante, es posible evaluar el rendimiento de todo el proceso, integrando las operaciones como si fueran realizadas de manera consecutiva, obteniendo un resultado de ahorro en el proceso completo de 34.37%, razón por la que puede considerarse que, al implementar la metodología mostrada en el presente proyecto y las mejoras propuestas dentro de la misma, en el entorno físico del proceso, supone el cumplimiento del primero objetivo, que es agilizar el proceso en función a reducir los plazos de entrega al cliente directo.

Adicionalmente, el cambio en el documento FMEA (antes y después de los controles y mejoras propuestas), concretamente en la disminución del RPN en sus operaciones críticas, es presentado en la tabla 4.6., donde por fines prácticos a la documentación y con el objetivo de homogeneizar la información presentada del documento FMEA solo se ejemplifican las primeras 8 filas de un total de 63 filas que integran el documento real presentado en la empresa, el resto es presentado en el apartado de anexos al final de este documento:

task	Funcion del Proceso	RPN anterior	RPN Tras mejoras
Receive update request			
1	Access to ETQSelect change managementOpen CapH DB update folder	200	60
2	Select requisition with priority	500	90
Review information			
1	Validate ETQ's information	240	80
2	Validate P/N in Visual Data Maintenance	48	48
3	Pre-Accept requisition	10	10
Update information			
1	Open data base	40	40
2	Internal Part No.	288	96
3	Select Group Name:	288	48

Tabla 4.6. Comparación de RPN antes y después de mejoras - resultados (elaboración propia).

La tabla presenta la disminución del RPN tras las mejoras propuestas en cada una de las tareas en las que dicho indicador sobrepasa los límites aceptables para considerarse en control y fuera de riesgo a errores o fallos.

De esta manera las operaciones del proceso una vez mejoradas no solo son realizadas en menor tiempo, también se encuentran dentro de los límites de control definidos por el documento FEMA, siendo esto claro indicador del cumplimiento del segundo objetivo del proyecto, que se refiere a asegurar la confiabilidad y eficiencia

del proceso, es decir, detectar aquellas actividades expuestas a errores o fallos y garantizar su control.

4.7.3. Paso 3: Mantener seguimiento

Es de vital importancia, que el presente proyecto, promueva el mantener un seguimiento y realizar las adecuaciones a cualquier modificación del proceso, tanto en el mapeo de proceso, como el documento FMEA. Ya que solo de esta manera podrá asegurarse que los beneficios continúen a través del tiempo, las conclusiones y recomendaciones de este y otros aspectos son presentados en el siguiente capítulo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Todo proceso cuenta con importantes áreas de oportunidad, sobre todo aquellas que forman parte de las etapas productivas de una empresa. De acuerdo con lo expuesto en el capítulo cuatro, en el proceso de trabajo del equipo de base de datos, es posible mejorar en aspectos de tiempo de entrega y confiabilidad, radicando en un aumento general de su eficiencia.

Si bien los procesos de este equipo de trabajo, son realizados en su totalidad en una interfaz digital, sus actividades representan un elemento crucial para la manufactura del arnés, ya que, en esencia, este proceso determinará el uso de los materiales y dará pie a la etapa de diseño del arnés, diferenciándose de esta última, en que el equipo de base de datos se limita a capturar patrones ya establecidos, donde, si bien es necesario realizar cálculos e investigación para corroborar la información capturada, no propone elementos externos o ningún tipo de alternativas al diseño, concluyendo en que las actividades del proceso de base de datos, no son distintas a las actividades de un operador en la línea de producción que utilice equipo mecánico para realizar sus actividades, por ejemplo un tablero de control.

Siendo esta la razón por la que las metas de este equipo se orientan al cumplimiento en tiempo y forma de las requisiciones solicitadas por su cliente interno, es decir, su carga de trabajo diaria es concretar cada requisición lo antes posible, idealizando terminar con la carga el mismo día que fue solicitada. Por lo tanto, el presente proyecto se presta a la mejora continua, ya que siempre será posible aumentar la productividad para que la carga de trabajo sea realizada en menor tiempo y con un incremento de efectividad, abriendo la posibilidad de dar seguimiento o complementar los resultados obtenidos en el capítulo cuatro.

Dicho esto, el presente capítulo expone conclusiones derivadas de los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente proyecto, agrupándolas en los distintos puntos de interés. Adicionalmente presenta recomendaciones para el seguimiento y complemento de los resultados obtenidos, así como recomendaciones para adaptar

la metodología utilizada en condiciones iguales o similares a las expuestas y trabajos futuros que podrían beneficiarse de cualquier aspecto del proyecto.

5.1 Conclusiones

Al implementar la metodología planteada en el presente proyecto se obtuvieron mejoras en el proceso del equipo de base de datos del departamento de diseño de producción. Las cuales se midan en una reducción de los plazos de entrega a los clientes internos de dicha unidad de negocio. Así como una reducción considerable de los riesgos de fallos en las operaciones del proceso, garantizando la eficiencia y confiabilidad de las salidas del departamento, haciendo posible resumir los resultados en las siguientes conclusiones:

Sobre la aproximación del proyecto: Es importante destacar que la aproximación al presente proyecto fue asertiva. Ya que, al enfocar la problemática como una cuestión de producción, permitió el uso de herramientas de LM, las cuales condujeron al proyecto a alcanzar sus objetivos de reducción de tiempo de entrega y aumento de confiabilidad. Se concluye que es importante romper con los paradigmas que representan este tipo de modelos, donde al ser un trabajo que implica la captura de información en una interfaz digital, cualquier problemática podría limitarse a ser abordada desde una perspectiva de diseño o programación, dejando de lado metodologías de Ingeniería Industrial que podrían ser de utilidad.

Si bien las operaciones requieren ingenieros familiarizados y capacitados en el complejo proceso que esta interfaz implica, sus actividades son similares a las de alguna etapa dentro de la línea de producción. Por ejemplo el área de corte komax, la cual se encarga de medir y cortar la longitud exacta que cada uno de los diferentes cables dentro del arnés requiere, una actividad que debido al enorme número de cables distintos, se encuentra automatizada y donde el operador tras alimentar la maquina con materia prima (los diferentes cables), toma las mediciones y realizar los cortes con la ayuda de un tablero controlado por computadora, proceso que es considerado parte de la manufactura del arnés, por lo tanto, se utiliza un enfoque de LM a la hora de buscar solucionar problemas o encontrar mejoras. Sistema que

perfectamente puede trasladarse al equipo de base de datos. Por lo que es importante saber identificar aquellas actividades o procesos que, aunque sean desempeñados en una computadora, pueden ser beneficiados por técnicas y herramientas de LM u otras disciplinas de Ingeniería Industrial.

Considerando que la industria avanza hacia una dirección de uso tecnológico e interfaces digitales, para realizar sus operaciones productivas de manera más eficiente y económica. Esta evolución no debe dejar de lado a la Ingeniería Industrial, sino que debe adaptar sus herramientas y metodologías a los nuevos entornos, pues, aunque la forma de manufacturar y producir se encuentre en constante cambio sus objetivos siempre serán los mismos (la eficiencia, la confiabilidad, la calidad y la reducción de costos).

Sobre la metodología propuesta: Cabe destacar la flexibilidad del método VSM es la que permite integrar al FMEA de manera orgánica, sin la necesidad de crear un modelo muy complejo el cual se adapta a la perfección con el proceso del equipo de base de datos.

Al implementar la metodología planteada en el proyecto se obtuvieron mejoras en el proceso del equipo de base de datos. Las cuales se traducen en una reducción de los plazos de entrega a los clientes internos. Así como una reducción considerable de los riesgos de fallos en las operaciones del proceso, garantizando la confiabilidad de las salidas del equipo.

5.2. Recomendaciones

Al ser Leoni una empresa multinacional integrada por diferentes plantas es común que existan antecedentes de proyectos enfocados a los objetivos o al uso de herramientas que otra planta requiera, por lo tanto, se recomienda la transparencia y el uso de dichos proyectos en forma de estándar o guía, permitiendo no lo agilizar el desarrollo de futuros proyectos, sino también, complementar o actualizar los ya establecidos.

5.3. Trabajos futuros

En relación con los trabajos futuros, específicos en este proyecto, es importante asegurar su mejora continua, ya que el proceso al ser una interfaz digital se encuentra en constante cambio, los softwares se actualizan o se implementan nuevas alternativas que generan un cambio en el proceso, el cual podría revivir el problema explorado en este proyecto.

Trabajos futuros ajenos al departamento: Para poder desarrollar el presente proyecto fue necesario una capacitación del proceso productivo de la planta, donde fue posible identificar áreas de oportunidad que no eran específicas del equipo de base de datos, pero que deben tomarse en cuenta, para futuros proyectos en beneficio del sistema de producción. Las cuales son presentadas a continuación:

Área de corte (komax): Los operadores se encargan de capturar en la computadora la longitud del cable a cortar, de empacar el cable, separar el scrap y realizar los cambios de rollos de cable correspondientes. En esta área fue posible identificar dos áreas de oportunidad importantes:

- Exceso de scrap: Debido a las características de la operación, por lo general el marcado del cable es más extenso de lo que requiere el corte final, volviendo scrap a todo el excedente de cable marcado. Así mismo, con los cables poco comunes, donde no se cuenta con el rollo a disposición del operador, este tiene que solicitarlo, especificando la longitud requerida (considerando un margen extra), sin embargo, la longitud pocas veces es la solicitada y todo el excedente es considerado scrap, siendo esta la principal razón para el scrap del área.
- Falta de una estación de trabajo ergonómica: Al tener tres turnos trabajando durante el día, la estación de trabajo es utilizada por tres operadores diferentes, cada uno con diferente altura. La estación se encuentra distribuida para el operador más alto, esto obliga a la operadora más baja, a pararse en una caja, lo cual presenta un riesgo laboral, así mismo, algunas operadoras se quejan de molestias

en el cuello o hombros, debido a que la pantalla o la impresora, están fuera de su alcance.

Área de preparación de prototipos: se encargan de integrar los cables que formaran el arnés y realizar operaciones específicas a dichos cables, según el arnés lo requiera (Como realizar los splice, remaches, colocar empaques de silicón, etc.). Fue posible identificar cuatro áreas de oportunidad importantes:

- Falta de actualización de las ayudas visuales e instrucciones de trabajo: Las ayudas visuales e instrucciones de trabajo en las que las operadoras se basan, se encuentran desactualizadas, donde en algunos casos la última revisión tiene fecha de más de diez años e incluye actividades que ya no son necesarias o han sido remplazadas, así como la falta de otras medidas o componentes que comenzaron a utilizar después de la última revisión. Esto genera especial frustración por parte de las operadoras, ya que requieren recordar el procedimiento para poder llevarlo a cabo, también en algunos casos, el arnés es rechazado en la siguiente estación y devuelto para su retrabajo a falta de alguna especificación que la instrucción no incluía (algunos de estos retrabajos implican empezar desde cero, solo por un pequeño detalle).
- Falta de herramienta: La herramienta utilizada como las diferentes ponchadoras y remachadoras, se encuentran limitadas a una de cada una, por lo que las operadoras deben compartirla y retrasar sus operaciones en la espera de estas. También, en los casos donde la operación implica el uso de una máquina, esta se encuentra muy lejos de las estaciones de trabajo, así mismo, solo puede ser utilizada por una operadora a la vez.
- Estación de trabajo inadecuada: En este caso, el principal problema de la estación son sus mesas de trabajo, ya que estas son de plástico y no ofrece una superficie adecuada para lo que algunas actividades requieren, como consecuencia las mesas se encuentran con abolladuras y las operadoras se quejan de fatiga o dolor en las articulaciones de las manos.

- Falta de material: En algunos casos el material necesario para trabajar no se encuentra disponible, ya sea por la falta de producción de esté o porque ha sido cedido al área operativa debido a algún error de planeación que ocasiona la falta de dicho material, situación que frena el avance de algunos arneses, que de ser recurrente implica una acumulación de arneses en espera.

Estación de ruteo: en esta estación el operador se encarga de terminar el arnés, integrando todos sus elementos, recubrimientos y otros detalles finales. Fue posible identificar cuatro áreas de oportunidad:

- Falta de herramienta: Solo en algunos casos, las herramientas necesarias para realizar algunas actividades se comparten entre todas las operadoras de esta área por lo que existe un tiempo de espera de la herramienta (sin embargo, es posible que la operadora continúe con otras actividades en lo que espera por esta).
- Falta de especificaciones en el plotter: En el caso de la ayuda visual que es presentada en el plotter donde es montado el arenes terminado, algunas veces carece de algunas especificaciones y es necesario hacer uso de la experiencia del operador para identificarlo y resolverlo.
- Problemas con la etapa anterior: Se trata de la falta de especificación previamente mencionada en el área de preparación, ya que, si existe algún error por parte de la operadora o falta de especificación, este se identifica en el ruteo, pero las consecuencias de no detectarlo a tiempo pueden implicar un retrabajo de gran parte del arenes en el ruteo.
- Actividades riesgosas: Algunas actividades realizadas, pueden considerarse riesgosas, un ejemplo es el uso de cutter u otra herramienta de corte sin el uso de guantes de corte. Otro ejemplo es el uso de martillo para colocar los soportes en el plotter, donde ocasionalmente las operadoras se golpean algún dedo utilizándolo.

6. REFERENCIAS

Alvarez-Campos L.D. (2017) El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa EMTRAFESA SAC, Universidad nacional de Trujillo facultad de ingeniería.

Bo Bergman & Bengt Klefsjö, 2010, ISBN 978-91-44-05942-6, 3, [rev.] Ed., Quality: from customer needs to customer satisfaction, Lund: Student literature.

Emiliani, M.L. (2005). Using kaizen to improve graduate business school degree programs. *Quality Assurance in Education*, 37-52.

Delgado-Álvarez, N., Covas-Varela, D., Martínez-Curbelo, G., (2018). aplicación del mapa de flujo de valor (value stream map-vsm) a la gestión de cadenas de suministros de productos agrícolas: un caso de estudio. *Revista Semestral Identidad Boliviana*, 1-16.

García, C., Dueñas, R., Rainusso, M., Diez, E., & García, J. (2010). Sostenibilidad de los sistemas de mejora continua en la industria: Encuesta en la Comunidad Autónoma Vasca y Navarra. *Intangible Capital*, 51-77.

Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense Low-cost Approach to Management*. New York: McGraw-Hill.

Jimmerson C. *Value stream mapping for healthcare made easy*. Boca Raton: CRC Press; 2010.

Lacerda, A., Xambre, A. y Alvelos, H., 2016. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), pp. 1708-1720.

Lefayet, Sultan L. y Jahirul H. (2011) Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations. University of Borås International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol: 11 No: 05

Marina N., Holger P. y Ute K. (2017) Does Value Stream Mapping affect the structure, process, and outcome quality in care facilities? A systematic review, Nowak et al. Systematic Reviews 6:170 DOI 10.1186/s13643-017-0563

Mazzocato P, Holden RJ, Brommels M, Aronsson H, Bäckman U, Elg M, Thor J. How does lean work in emergency care? A case study of a lean-inspired intervention at the Astrid Lindgren Children's hospital, Stockholm, Sweden. BMC Health Serv Res. 2012; 12:28. 10.1186/1472-6963-12-28

Montalban-Loyola, E., Arenas-Bernal, E. J., Talavera-Ruz, M., Magaña-Iglesias, R. E. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz. Universidad Tecnológica de Querétaro.

Montes-Luna, M. (2015) "Documentos y registros". Clubs responsables de la calidad.

Oropesa Vento, M., Garcia Alcaraz, J.L., Maldonado M., Aidé A., & Martínez Loya, V., (2016). The impact of managerial commitment and Kaizen benefits on companies. Journal of Manufacturing Technology Management, 692-712.

Perez-Beteta, L., (2006) Revista del Departamento Académico de Ciencias Administrativas. Pontificia Universidad Católica del Perú, 41-44.

Reyes, P. (2007). "Análisis del Modo y Efecto de Falla". Recuperado de www.icicm.com/files/PFMEA.doc (25-08-16).

Seung J.R., Kosuke I., (2003). Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. Advanced Engineering Informatics, 179-188.

Siregar, I., Nasution, A. A., Prasetio, A. y Fadillah, K., 2017. Analysis of production flow process with lean manufacturing approach. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 237(1), pp. 1-7.

Sokovic, M., Pavletic, D. y Pipan, K. K., 2010. Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, 43(1), pp. 476-483.

Tolosa, L., (2017). Técnicas de mejora continua en el transporte. Málaga, España: Editorial Vértice.

Waldhausen JH, Avansino JR, Libby A, Sawin RS. Application of lean methods improves surgical clinic experience. *J Pediatr Surg.* 2010; 45:1420–5. 10.1016/j.jpedsurg.2009.10.049

Wittenberg, G. (1994). Kaizen—The many ways of getting better. *Assembly Automation*, 2-17.

Womack, J., *The Worst Form of Muda*, published 14 August 2008, accessed 3 February 2018

