



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

Carrera: Ingeniería En Sistemas Automotrices

T E S I S:

**“Integración del modelo Lean Manufacturing con la norma automotriz
IATF 16949:2016”**

Que para obtener el título de:

INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

Presenta:

MIGUEL ÁNGEL PÉREZ LIMA PONCE

Matrícula: 201545565

Asesores:

M.A. Ita-Yetzy Gutiérrez Ortiz

Dr. Roberto Carlos Ambrosio Lázaro

Heróica Puebla de Zaragoza, Septiembre 2021

DEDICATORIA

El trabajo plasmado en este documento está dedicado con todo mi corazón a mis padres, Ana Lilia y Miguel Ángel, por haberme forjado como la persona que soy. Mis logros son sus logros y se los debo a ellos. Gracias por motivarme siempre que me sentía derrotado y mostrarme el camino cuando parecía andar sin rumbo.

A mi hermana, Dinorah, porque el esfuerzo que le pone a sus estudios en los largos días y aún mas largas noches, me inspira a seguir creciendo como profesionista.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater Universitaria, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por haberme permitido formar el inicio de mi carrera profesional en ella, y darme a conocer a personas grandiosas que han sido partícipes de ese proceso.

A mis asesores, la Mtra. Ita Yetzy Gutierrez Ortiz y el Dr. Roberto Ambrosio Lázaro, por su apoyo incondicional en el proceso de investigación y desarrollo de esta tesis. Por haberme guiado con base en su experiencia y conocimientos para la culminación de este proyecto.

A mis profesores de carrera que incentivaron el desarrollo de mi conocimiento. Mis especiales agradecimientos al Dr. Luis Abraham Sánchez Gaspariano, al Dr. Pablo Sánchez Sánchez y a la Mtra. Ita-Yetzy Gutierrez Ortiz, porque me enseñaron todo lo que sé y más, en las distintas ramas de mi carrera.

A mis amigos de carrera con los que compartí grandes experiencias, alegrías, presiones y logros. Amigos que día a día se esfuerzan por ser buenos ingenieros y sobre todo buenas personas; agradezco principalmente a: Raúl Sosa, Dania Velazco, William Hernández, Antonio Sánchez, Daniel Acosta, Cecilia Romero, Rafael Uribe y Mafer Cárdenas.

A todas las personas que se toman el tiempo de leer este trabajo de investigación, mis agradecimientos infinitos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN.....	8
HIPÓTESIS.....	9
OBJETIVOS.....	9
ALCANCES Y LIMITACIONES	10
CAPÍTULO 1. MEJORA CONTINUA.....	11
1.1 Filosofía de Mejora Continua.....	11
1.2 Enfoque del Sistema de Gestión de la Calidad en la Industria Automotriz.....	13
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍAS DE MEJORA CONTINUA MÁS RECONOCIDAS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	16
2.1 Sistema de Gestión de la Calidad en base a la Norma IATF 16949:2016.....	16
2.1.1 Descripción general de los apartados de la Norma.....	17
2.1.2 Core Tools.....	19
2.1.3 Interrelación de las Core Tools como un sistema completo.....	32
2.2 El Sistema de Producción de Toyota y el Modelo Lean Manufacturing	33
2.2.1 Beneficios de implementación de Lean Manufacturing.....	35
2.2.1 Herramientas del modelo <i>Lean Manufacturing</i>	37
CAPÍTULO 3. INTEGRACIÓN DEL MODELO LEAN MANUFACTURING CON EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD CON BASE EN LA NORMA IATF 16949:2016, PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	59
3.1 Principios de la Integración.....	60
3.2 Matriz de integración de la Norma IATF 16949:2016 y el Modelo Lean Manufacturing	67
3.3 Matrices de integración de Lean Manufacturing con las Core Tools	72
3.4 Matriz de integración de Lean Manufacturing con APQP	72
3.5 Integración de Lean Manufacturing con el Plan de Control	75
3.6 Integración de Lean Manufacturing con AMEF.....	76
3.7 Integración de Lean Manufacturing con PPAP	77
3.8 Integración de Lean Manufacturing con MSA	78
3.9 Integración de Lean Manufacturing con SPC.....	79
3.10 Propuesta de aplicación de formatos para la integración	81
CAPÍTULO 4. ALTERNATIVA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE ACUERDO A LA NORMA AUTOMOTRIZ IATF 16949:2016 Y MODELO LEAN MANUFACTURING, PARA SELECCIÓN DE PROVEEDORES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.	83
4.1 Proceso de selección de proveedores de Volkswagen.....	83
4.1.1 Cuestionario de auditoría.....	84

4.1.2 Sistema de Semáforo para la clasificación de preguntas de auditoría y aceptación o rechazo de proveedores	84
4.1.3 Evaluación de las preguntas individuales.....	86
4.2 La integración de la norma IATF 16949:2016 y el modelo Lean Manufacturing para el cumplimiento de VDA 6.3	87
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
REFERENCIAS	92
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de la Mejora Continua de Deming	12
Figura 2: Fases del ciclo PHVA	13
Figura 3: Ciclo PHVA en la norma IATF 16949:2016.....	16
Figura 4: Estructura del APQP.....	21
Figura 5: Variación por causas comunes y especiales	30
Figura 6: Proceso de realización de un estudio de SPC	31
Figura 7: Diagrama de flujo de APQP y el uso de las Core Tools	32
Figura 8: Diagrama de la casa TPS	33
Figura 9: Los cinco principios de Lean Manufacturing.....	34
Figura 10: Proceso tradicional vs. Proceso Lean	37
Figura 11: Estructura del OGSM en una organización	41
Figura 12: Estructura de SIPOC	42
Figura 13: VSM de estado actual	43
Figura 14: VSM de estado futuro.....	44
Figura 15: Cambios de modelo de forma tradicional vs. Cambios de modelo con SMED.....	45
Figura 16: Diseño de Tarjeta Kanban de producción.....	47
Figura 17: Diagrama de Espaguetti.....	48
Figura 18: Sistema Andon	49
Figura 19: Sistema Poka Yoke, para la identificación de tipo de pistón.....	51
Figura 20: Gestión visual en una línea de producción	51
Figura 21: Recorridos Gemba en una fábrica	52
Figura 22: Antes y después de aplicar 5 S's en un área de trabajo.....	54
Figura 23: Charting del desempeño de un proceso	55
Figura 24: Diagrama de Ishikawa.....	57
Figura 25: Estructura del informe A3	57
Figura 26: Proceso para establecer la propuesta de integración de Lean Manufacturing y la IATF 16949:2016.....	65
Figura 27: Partes de la auditoría de proceso y estructura de las preguntas de auditoría.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Relación entre las Core Tools y los apartados de la norma IATF 16949:2016.....	19
Tabla 2: Lineamientos del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)	23
Tabla 3: Documentación entregada después de realizar el PPAP	27
Tabla 4: Matriz del PMS y sus áreas de aplicación	38
Tabla 5: Matriz de integración de los requerimientos de la Norma IATF 16949:2016 y Lean Manufacturing	68
Tabla 6: Matriz de integración de Lean Manufacturing y Core Tools basado en la estructura del APQP	73
Tabla 7: Matriz de integración de Lean Manufacturing y el Plan de Control	75
Tabla 8: Matriz de integración de Lean Manufacturing y el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).....	76
Tabla 9: Matriz de integración de Lean Manufacturing y las corridas de producción del PPAP	78
Tabla 10: Matriz de integración de Lean Manufacturing y el análisis del sistema de medición (MSA)	79
Tabla 11: Matriz de integración de Lean Manufacturing y el control estadístico de procesos (SPC).....	80
Tabla 12: Formatos de herramientas Lean Manufacturing propuestos para la integración con IATF 16949:2016.....	81
Tabla 13: Criterios de clasificación para preguntas individuales de auditoría de proceso	85
Tabla 14: Clasificación de candidatos a proveedores según la evaluación con las preguntas de auditoría	85
Tabla 15: Evaluación del cumplimiento de los requisitos por pregunta individual	86
Tabla 16: Elementos del proceso que se evalúan en la auditoría	86
Tabla 17: Clasificación de proveedor según el cumplimiento global (EG)	87
Tabla 18: Validación de propuesta de integración con parte P4 de las preguntas de Auditoría de Proceso de VDA 6.3.....	88

INTRODUCCIÓN

A mediados de la década de los 40's del siglo pasado, Japón se encontraba en una etapa de reconstrucción debido a los estragos de la Segunda Guerra Mundial. El Dr. Edwards Deming, de origen estadounidense, llegó para apoyar con la aplicación de censos en donde incluyó la estadística y probabilidad; además, implementó sus conocimientos en temas de control estadístico de la producción, administración gerencial orientada a la calidad, el ciclo de mejora continua (PHVA), entre otros temas, y al integrarlos con las aportaciones de japoneses expertos lograron el desarrollo industrial, técnico, tecnológico y económico del país en la siguiente década.

A partir de las aportaciones de todos estos expertos, reconocidos como gurús de la calidad, surgió el concepto de Mejora Continua; la cual dio origen a diferentes metodologías que demostraron su efectividad en la industria, identificándolas como Buenas Prácticas Internacionales.

Mucho de ese trabajo se desarrolló e implementó en la planta de producción de Toyota Motor Company, que logró ser una industria altamente competitiva entre las grandes empresas automotrices internacionales. Eiji Toyoda, director de la empresa, crea el Sistema de Producción de Toyota (TPS), considerando la reducción de pérdidas y desperdicio, y la creación de valor en actividades y operaciones, incluyendo diferentes herramientas de apoyo. En trabajo conjunto con Taiichi Ohno, Gerente de producción, crearon este nuevo sistema de producción que combinaba eficiencia, flexibilidad y calidad, dando origen al concepto de Lean Manufacturing; que ha logrado permearse en una variedad de empresas de manufactura y servicios.

La Organización Internacional de la Estandarización (ISO) retoma los conceptos de mejora continua y reducción de pérdidas y desperdicios, para crear una guía de implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad y lo documenta en la Norma ISO 9000, presentándola al mundo en el año 1992. Atendiendo las necesidades del área automotriz desarrolló, en conjunto con la International Automotive Task Force (IATF), la especificación técnica ISO/TS 16949 en el año 1999, que durante la última revisión se aprobó su conversión a IATF 16949:2016.

Actualmente, las empresas del sector automotriz de toda la cadena de proveeduría, requieren implementar un Sistema de Gestión de la Calidad y Lean Manufacturing; sin embargo, desconocen cómo integrar todos los requerimientos de cada metodología, aplicando recursos que faciliten y reduzcan los esfuerzos en la aplicación.

JUSTIFICACIÓN

El concepto de Mejora Continua es muy amplio, sin embargo, no es claro el logro de la implementación y continuidad; por ello, es necesario identificar cada metodología aplicable y que cada organización, como parte de su gestión estratégica, defina la importancia de la selección de aquellas metodologías que requiere implementar, a partir de identificar los recursos presentes y necesarios.

En el caso del sector proveedor automotriz (pequeñas, medianas y grandes empresas de manufactura), la toma de decisiones estratégicas se orienta al aumento de la productividad considerando el tema técnico, tecnológico y comercial con los proveedores; por lo que su selección, evaluación, aprobación y re-evaluación se convierte en un factor de competitividad internacional.

Cada planta armadora establece su proceso y requisitos de selección, evaluación, aprobación y re-evaluación de proveedores; considerando, principalmente, el Sistema de Gestión de la Calidad (de acuerdo a IATF 16949:2016) y el modelo *Lean Manufacturing*. Sin embargo, las empresas fracasan en el proceso de aprobación como proveedores al no cubrir satisfactoriamente estos requerimientos de las armadoras, debido a que los responsables de la implementación no cuentan con una guía adecuada para el cumplimiento de ambas metodologías. De ahí la importancia de identificar elementos en común y aprovechar esta ventaja para integrarlas y reducir los recursos necesarios para hacerlo.

Esta propuesta de tesis presenta el análisis de los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad de acuerdo a la Norma IATF 16949:2016 con el modelo *Lean Manufacturing* y una alternativa de integración, que sirva de guía para las empresas proveedoras que lo requieran; pero también, que sirva de caso de estudio para los estudiantes de la Licenciatura en Sistemas Automotrices que quieran evaluar alternativas de implementación efectivas y reales del concepto de Mejora Continua, con una visión de expansión comercial y permanencia de una organización.

HIPÓTESIS

La integración del modelo *Lean Manufacturing* y el Sistema de Gestión de la Calidad de acuerdo a la norma IATF 16949:2016, asegura la aprobación de una empresa como proveedor del área automotriz.

OBJETIVOS

General:

Proponer una forma de integración de *Lean Manufacturing* y el Sistema de Gestión de la Calidad automotriz de acuerdo a la norma IATF 16949:2016, para asegurar la aprobación de una empresa como proveedor automotriz.

Específicos:

1. Describir la filosofía de Mejora Continua y el enfoque del Sistema de Gestión de la Calidad.
2. Explicar las metodologías de Mejora Continua a implementar: la norma automotriz IATF 16949:2016 y el modelo de *Lean Manufacturing*.
3. Integrar las herramientas del modelo *Lean Manufacturing* y los requerimientos de la norma IATF 16949:2016 y la función de las *Core Tools* de calidad.
4. Presentar una forma de implementación de la integración en una empresa proveedora automotriz.

ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

- Este trabajo de tesis sólo presenta una propuesta de integración del modelo *Lean Manufacturing* y el Sistema de Gestión de la Calidad (de acuerdo a la norma IATF 16949:2016), para la orientación para empresas pequeñas y medianas que buscan convertirse en proveedores del área automotriz (sin importar el producto o servicio que ofrezcan).
- Esta propuesta sólo considera la integración del modelo *Lean Manufacturing* y el Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma IATF 16949:2016, para los procesos de manufactura de autopartes, sin incluir otros procesos de la empresa.
- La presentación de datos aplicados sólo se considera como ejemplo y no pertenece a una industria en específico.

LIMITACIONES

- Debido a la falta de una aprobación gerencial, a los tiempos de aplicación en una empresa del sector de proveeduría automotriz y a restricciones de sanidad mundial (pandemia Covid-19) no fue posible implementar esta propuesta en una organización dentro del periodo de realización de la tesis.
- No se consideran temas de seguridad laboral, salud ocupacional, ambiental y certificación; ya que estos pueden variar de acuerdo al tipo de empresa, tipo de producto, legislación vigente local, federal o internacional aplicable.

CAPÍTULO 1. MEJORA CONTINUA

El concepto de “Mejora Continua” se refiere a una concreta, pero profunda filosofía que involucra un cambio en la forma de pensar, actuar y hacer; que no es tan “lógico” como consideran quienes desconocen los fundamentos. Conocer el origen y los principios que rigen esta filosofía orientará a su comprensión, adecuación y aplicación en la cadena de proveeduría del sector automotriz local e internacional.

1.1 Filosofía de Mejora Continua

La Mejora Continua es un concepto que engloba una gran cantidad de actividades dentro de una organización. Según Harrington (1993) la mejora de cualquier proceso significa cambiarlo para que sea más efectivo y adaptable; estos cambios dependerán del enfoque específico de cada proceso.

La mejora continua se basa en el hecho de que nada está completamente terminado o mejorado, por lo que se está en constante búsqueda de la perfección en los procesos; asimismo, permite responder de manera eficaz al comportamiento cambiante de la industria, ya que los procesos se encuentran en constante actualización.

Ahora bien, la Mejora Continua es una filosofía que implica la planeación y ejecución de actividades enfocadas a la mejora de distintos factores dentro de la organización, tales como: calidad, productividad, tiempos de producción o de entrega, entre otros, de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos, expectativas y necesidades del cliente.

Las actividades que se desarrollan dentro de una organización deben gestionarse para lograr los objetivos definidos; los resultados obtenidos deben evaluarse periódicamente para determinar la alineación de la realidad con la misión y visión planteadas. Edward Deming (1988), reconocido por sus aportaciones a la administración gerencial, planteó que la Administración Total de la Calidad (TQM) requiere de un proceso constante llamado “Mejora Continua”; donde *“la perfección nunca se logra, pero siempre se busca”*. Este proceso lo representó en forma circular bidimensional, que considera la secuencia conocida como Planear-Hacer-Verificar-Actuar ó ciclo PHVA – también conocido como “Ciclo de Mejora Continua de Deming” - (figura 1). El concepto de este ciclo lo retoma de su creador y lo implementa en los procesos productivos de Japón, en actividades industriales, después de la Segunda Guerra Mundial.

Figura 1: Ciclo de la Mejora Continua de Deming



Fuente: Elaboración propia.

La interpretación de esta figura inicia por la fase *Planear (Plan)*, que considera que una organización debe definir la planeación de las acciones a realizar, teniendo en cuenta el *contexto de la organización*, su *alcance*, los *objetivos* que se quieren alcanzar, los *métodos y recursos* para alcanzarlos, así como definir los *indicadores* para monitorear el desempeño actual y los cambios a medida que se “*Mejora*”.

En la fase *Hacer (Do)* se debe ejecutar acciones de acuerdo a la planeación previa; considerando a las diferentes áreas o departamentos y demás involucrados.

La fase de *Verificar (Check)* se evalúa el grado de efectividad de las acciones realizadas de acuerdo a la planeación y el logro de objetivos.

Finalmente, en la fase de *Actuar (Act)* el Grupo Directivo de la organización realiza un ejercicio crítico sobre los resultados generales y particulares, de acuerdo a los requerimientos internos y externos; analizando, evaluando y considerando la necesidad de acciones correctivas y/o preventivas con la asignación de recursos correspondientes, que incluirá en la planeación del siguiente periodo. Lo anterior, se puede representar en forma de diagrama esquemático (figura 2).

Figura 2: Fases del ciclo PHVA



Fuente: Elaboración propia, adaptado de la norma ISO 9001:2015¹

1.2 Enfoque del Sistema de Gestión de la Calidad en la Industria Automotriz

Un Sistema de Gestión es un conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos². El Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) es lo que permite a una organización administrar sus recursos para lograr los resultados deseados. Permite que la alta dirección identifique las acciones necesarias para abordar situaciones previstas y no previstas en la producción, y sirve como guía para la administración total, el aseguramiento y control de calidad de los productos y servicios ofrecidos³. Por lo tanto, la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad es una “decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible”⁴.

La Norma ISO 9001:2015 establece los requisitos mínimos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad, para proporcionar regularmente productos y servicios que

¹ Organización Internacional para la Estandarización [ISO]. Norma ISO 9001:2015

² Organización Internacional para la Estandarización [ISO]. Norma ISO 19011:2018.

³ Organización Internacional para la Estandarización [ISO]. Norma ISO 9001:2015

⁴ Norma ISO 9001:2015_0.1 Generalidades

satisfagan los requisitos de los clientes. La “Mejora”⁵ se considera un principio de la gestión de la calidad, que se debe tratar en forma de “proceso” para aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema. Esta norma promueve la adopción, comprensión y gestión del enfoque de “proceso(s)” que se interrelacionan para mejorar el desempeño global que la organización ha previsto. La gestión del sistema y los procesos pueden lograrse utilizando el concepto del ciclo de Mejora Continua (PHVA), además de considerar un enfoque global de pensamiento basado en riesgos, para aprovechar las oportunidades y prevenir resultados no deseados.

Por otra parte, el concepto de Calidad ha evolucionado con el tiempo; diversos autores han planteado definiciones desde diferentes ámbitos. De acuerdo a la definición de Deming (1988), “la calidad es un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a un bajo costo”. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) a través de la norma ISO 9000:2015 la define como el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”⁶.

Desde la primera versión de la Norma ISO 9001 en 1994, se estableció que su aplicación se orientaba a cualquier tipo de empresa (independientemente de tamaño, producto, servicio, localidad, entre otros) que buscara potencializar los beneficios de la implementación de un sistema de gestión de la calidad, orientado a la reducción de desperdicio en la cadena de suministro, a la prevención, a la estandarización y a la mejora.

El sector automotriz retoma esta metodología y decide incorporar los lineamientos para la manufactura y servicio para los fabricantes de vehículos y la cadena de suministro o proveeduría; sin embargo, en un trabajo coordinado de los comités técnicos de ISO, la Comisión Electrotécnica Internacional (ISO/IEC) en coordinación con la International Automotive Task Force (IATF - Grupo de tarea internacional del sector del automóvil, formado por miembros⁷) presentan la Especificación Técnica ISO/TC 16949:1999; que retoma la base de la Norma ISO 9001 e incluye lineamientos específicos de acuerdo a normativas automotrices regionales, tales como: QS-9000 (de Estados Unidos), VDA 6.1 (de Alemania), EAQF (de Francia) y ASQ (de Italia), con la intención de sustituirla.

La Especificación Técnica ISO/TS 16949:2009 (tercera edición) presentó los requisitos para

⁵ Ver definición en Norma ISO 9000:2015_Sistema de Gestión de la Calidad_Conceptos y Vocabulario_2.9

⁶ Ver definición en Norma ISO 9000:2015_Sistema de Gestión de la Calidad_Conceptos y Vocabulario_3.1.1

⁷ Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche (ANFIA), International Automotive Oversight Bureau (IAOB), IATF-France (FIEV), Society of Motor Manufacturers and Traders Ltd. (SMMT Ltd.) y Verband der Automobilindustrie Qualitätsmanagement Center (VDA-QMC) y nueve miembros fabricantes de vehículos: Ford, GM, Chrysler, VW, BMW, Daimler, Renault, PSA Peugeot Citroën y Fiat.

el diseño, fabricación, instalación de cualquier producto del sector automotriz, pero no logró convertirse en una “Norma” debido a la falta de acuerdos entre los comités directivos de ISO/IEC participantes en la aprobación. Para el año 2016 se anuncia la publicación internacional de la “Norma IATF 16949:2016” (con vigencia a partir del 01 de enero de 2017), donde los propios fabricantes y expertos del sector automotor presentan procesos comunes en el Sistema de Gestión de la Calidad para que las empresas del sector puedan cumplir e incluso superar las exigencias⁸.

La Norma IATF 16949:2016 aplica a todos los fabricantes en el mundo, dentro de la cadena de suministro de automoción y “define los requisitos del sistema de gestión de la calidad para el diseño y desarrollo, la producción y, cuando sea pertinente, el ensamble, la instalación y el servicio posventa de los productos de la industria automotriz, incluidos los productos con software”⁹, considerando en el alcance “las funciones de apoyo, ubicadas en el sitio o fuera de él (tales como los centros de diseño, las oficinas cooperativas de la compañía y los centros de distribución)”¹⁰.

La certificación en la Norma IATF 16949:2016 se ha convertido, de forma convencional, en un “requisito” indispensable para todos los proveedores que suministran a las plantas armadoras (conocidas como la OEM – Original Equipment Manufacturer¹¹) y forma parte de los requisitos contractuales en la cadena de proveeduría, en los diferentes niveles (conocidos como primer nivel – Tier 1, segundo nivel - Tier 2 y tercer nivel - Tier 3).

Para cumplir con un SGC en una organización, se deben utilizar metodologías que permitan cubrir los requisitos establecidos en la norma automotriz. Una de ellas es la metodología *Lean Manufacturing*, que se enfoca en la reducción de los desperdicios en los procesos. Asimismo, tiene un enfoque a la mejora continua, por lo que, si se implementa adecuadamente en la organización, se puede cumplir con el SGC.

⁸ La IATF considera en la industria de automoción a vehículos comerciales ligeros, comerciales pesados, autobuses, motocicletas y de turismo; exenta a vehículos industriales, agrícolas, de minería, forestal y de construcción.

⁹ Norma IATF 16949:2016, 1.1 Objeto y campo de aplicación.

¹⁰ Norma IATF 16949:2016, 4.3.1 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad – Suplemento.

¹¹ Por ejemplo, GM (General Motors), VW (Volkswagen), Toyota, Ford, Nissan, Honda, Renault, Chrysler, Mazda, Hyundai, Mercedes Benz, BMW, entre otros

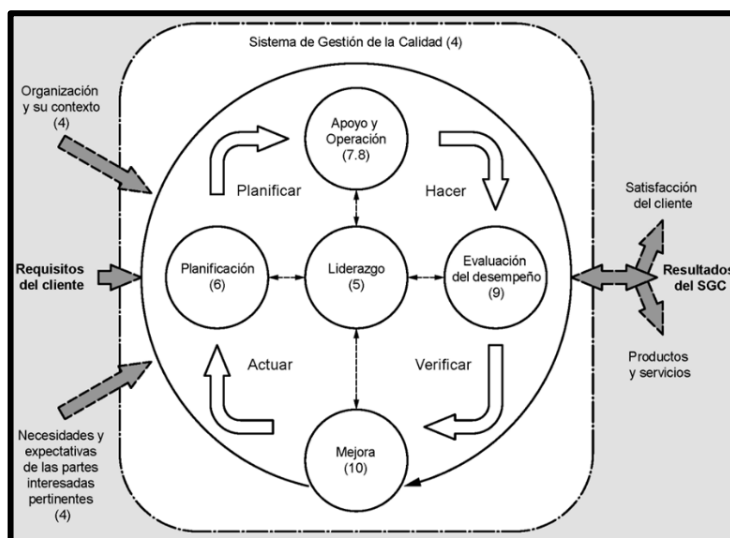
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍAS DE MEJORA CONTINUA MÁS RECONOCIDAS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

La Mejora Continua es una filosofía que implica la planeación y ejecución de actividades enfocadas a la mejora de distintos factores dentro de la organización, tales como: calidad, productividad, tiempo de producción o de entrega, entre otros, enfocado al cumplimiento de los requerimientos, expectativas y necesidades del cliente. En la industria automotriz existen distintas metodologías para lograr la Mejora Continua; la principal es la norma IATF 16949:2016 la cual es una guía para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad y que está basada en el ciclo PHVA. Asimismo, el modelo *Lean Manufacturing* tiene un fuerte reconocimiento, ya que se enfoca en la reducción de los desperdicios para la mejora de los procesos. El Sistema de Gestión de la Calidad en base a la Norma IATF 16949:2016 y el modelo *Lean Manufacturing*, cómo se ha documentado anteriormente, tienen una fuerte orientación a la Mejora Continua; por ello es importante presentar su fundamento, metodología y herramientas de forma individual.

2.1 Sistema de Gestión de la Calidad en base a la Norma IATF 16949:2016

La Norma IATF 16949:2016, contiene los lineamientos para establecer un Sistema de Gestión de la Calidad en las organizaciones de la cadena de proveeduría automotriz. Esta norma, creada por la International Automotive Task Force, se compone de 10 capítulos orientados a la implementación de la mejora continua en todos los procesos de la organización, tal como se plasma en la figura 3.

Figura 3: Ciclo PHVA en la norma IATF 16949:2016



Fuente: Norma IATF 16949:2016 – apartado 0.3.2, que refiere a la Norma ISO 9001:2015

2.1.1 Descripción general de los apartados de la Norma

En el apartado 4.0 se define el *contexto de la organización y los requisitos de las partes interesadas*, y llevando a cabo la *Planeación de los procesos* (apartado 6), la correcta organización de los *Recursos* (apartado 7), las realización y *Operación* (apartado 8) de los procesos de acuerdo con lo planeado, para posteriormente llevar a cabo la *Evaluación del desempeño* (apartado 9) y la *Mejora* (apartado 10) de los mismos, con el fin de suministrar los productos y servicios que cumplan con los objetivos de calidad basados en los requerimientos del cliente

2.1.1.1 Apartado 4: Contexto de la Organización

La norma automotriz establece los lineamientos que deben seguirse en cuanto a la determinación del alcance del SGC en la organización y la comunicación de los requerimientos de las partes interesadas. Por tanto, la organización debe asegurarse de implementar y mejorar continuamente un SGC, determinando las entradas y salidas de los procesos, los métodos para asegurar su control y determinar los recursos necesarios para realizarlo.¹²

Para cumplir con este fin, los requerimientos específicos del cliente se deben incluir en el alcance del SGC, y se debe evaluar el desempeño de los procesos y establecer las medidas necesarias para lograr su cumplimiento.¹³

2.1.1.2 Apartado 6: Planeación

La planeación tiene como objetivo asegurar que el SGC logre los objetivos de calidad para satisfacer a las partes interesadas y reducir o prevenir efectos no deseados como pérdidas por material no conforme, retrabajos, etc. Para esto, según la norma, la organización debe definir cuáles serán las acciones a realizar y establecer: “Qué se va a hacer”, “Qué recursos se necesitan para hacerlo”, “Quién o quiénes serán los responsables”, “Cuándo se finalizará” y “Cómo se evaluarán los resultados”.

Así mismo, la organización debe determinar los métodos, las acciones preventivas y los planes de contingencia que se llevarán a cabo para asegurar el cumplimiento de sus requerimientos, y los recursos necesarios para mantener las salidas de producción.¹⁴

¹² Norma ISO 9001:2015. Apartado 4 - Contexto de la organización

¹³ Norma IATF 16949:2016. Apartado 4.4.1.1

¹⁴ Norma IATF 16949:2016. Apartado 6.1.2

2.1.1.3 Apartado 7: Apoyo

El apoyo por parte de la alta dirección es de vital importancia para la implementación exitosa del SGC. La alta dirección debe asegurarse que estén definidos los objetivos de la calidad para cumplir los requisitos del cliente en los procesos, funciones y niveles pertinentes en toda la organización. Así mismo, debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del SGC.¹⁵

2.1.1.4 Apartado 8: Operación

Este capítulo hace referencia a las acciones que se deben tomar de acuerdo a lo planeado previamente. La norma establece que la organización debe implementar y controlar los procesos necesarios para cumplir los requisitos de los productos y servicios mediante la determinación de los requisitos para los productos y servicios, y estableciendo criterios para la aceptación de los productos y servicios. También debe determinar los recursos necesarios para lograr la conformidad con los requisitos de los productos y servicios e implementar controles de proceso.¹⁶

2.1.1.5 Apartado 9: Evaluación del desempeño

En la norma se establece que la organización debe determinar los indicadores que necesitan ser medidos y evaluados para monitorear el desempeño de los procesos, así como los métodos para hacerlo de manera efectiva. De igual forma, se debe verificar la habilidad del proceso y proporcionar entradas adicionales para el control del mismo.¹⁷

2.1.1.6 Apartado 10: Mejora

La mejora es el último capítulo de la norma. En este se establece que deben determinarse las oportunidades de mejora para cumplir con los requerimientos del cliente. Una vez evaluado el desempeño de los procesos, identificar las no conformidades y reaccionar para contrarrestarlas, eliminarlas y actualizar los procesos para evitar que estas no conformidades vuelvan a ocurrir.¹⁸ De igual forma, la organización debe contar con procesos documentados que sirvan para la solución de problemas, y establecer metodologías a prueba de error que eviten que el producto no conforme llegue al cliente.¹⁹

¹⁵ Norma IATF 16949:2016. Apartado 7.1.1

¹⁶ Norma IATF 16949:2016. Apartado 8

¹⁷ Norma IATF 16949:2016. Apartado 9.1.1.1

¹⁸ Norma ISO 9001:2015. Apartado 10.2

¹⁹ Norma IATF 16949:2016. Apartados 10.2.3 y 10.2.4

2.1.2 Core Tools

En 1982, en EE.UU., con el fin de generar soluciones para la industria automotriz, se crea la Automotive Industry Action Group (AIAG), un grupo formado por los principales fabricantes de vehículos en ese país, Chrysler, Ford y General Motors. En la década siguiente, entre 1990 y 1994, dicho grupo publica los Manuales de las *Core Tools*.²⁰

Las *Core Tools* son herramientas utilizadas en la industria automotriz, que tienen el objetivo de reducir la variación en toda la cadena de suministro y lograr la mejora continua a través de la prevención de errores y riesgos. Se trata de un conjunto de 6 herramientas, cada una enfocada en abarcar ciertos factores que, en conjunto, conducen a la mejora continua.

Estas herramientas se denominan: Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP), Plan de Control (CP), Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMEA), Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP), Análisis del Sistema de Medición (MSA) y Control Estadístico de Proceso (SPC).

A lo largo de la norma automotriz IATF 16949 se hace referencia a estas *Core Tools*, por lo que entender estas herramientas es vital para asegurar que una empresa obtenga la aprobación como proveedora del área automotriz. En la tabla 1 se plasman las referencias de estas *Core Tools* en los apartados de la norma automotriz, basado en el análisis de (Delgado, 2021).

Tabla 1: Relación entre las *Core Tools* y los apartados de la norma IATF 16949:2016

Core Tools	Apartados de la norma que hacen referencia			
APQP	<ul style="list-style-type: none"> • 4.4.1.2 • 7.1.3.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.1 • 8.2 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.3 • 9.1.1.2 	
CP	<ul style="list-style-type: none"> • 7.1.3.1 • 7.1.5.1.1 • 7.2.3 • 7.2.4 	<ul style="list-style-type: none"> • 7.5.3.2.2 • 8.3.4.3 • 8.3.5.2 • 8.5.1.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.5.6.1.1 • 8.6.1 • 8.7.1.4 • 8.7.1.5 	<ul style="list-style-type: none"> • 9.1.1.1 • 9.1.1.2 • 9.2.2.3 • 10.2.3
FMEA	<ul style="list-style-type: none"> • 4.4.1.2 • 7.2.3 • 7.2.4 • 7.5.3.2.2 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.3.2.1 • 8.3.3.3 • 8.3.5.1 • 8.5.1.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.5.6.1.1 • 8.7.1.4 • 8.7.1.5 • 9.1.1.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 9.1.1.2 • 9.2.2.3 • 9.3.2.1 • 10.2.4
PPAP	<ul style="list-style-type: none"> • 7.5.3.2.1 • 7.5.3.2.2 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.3.4.4 • 8.5.6.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 9.1.1.1 	
MSA	<ul style="list-style-type: none"> • 7.1.5.1.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 7.1.5.3.1 		

²⁰ SPC Consulting Group. Relación entre Core Tools e ISO/TS 16949. <https://spcgroup.com.mx/relacion-entre-core-tools-e-isots-16949/>

SPC	<ul style="list-style-type: none"> • 8.5.1.1 • 8.5.1.3 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.6.4 • 9.1.1.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 9.1.1.3 • 9.1.3 	<ul style="list-style-type: none"> • 10.3.1
-----	--	--	--	--

Fuente: Delgado, E., 2021.²¹

Explicado lo anterior, procederemos a describir cada una de las *Core Tools*, tomando en cuenta sus características, requisitos y lineamientos.

2.1.2.1 Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP)

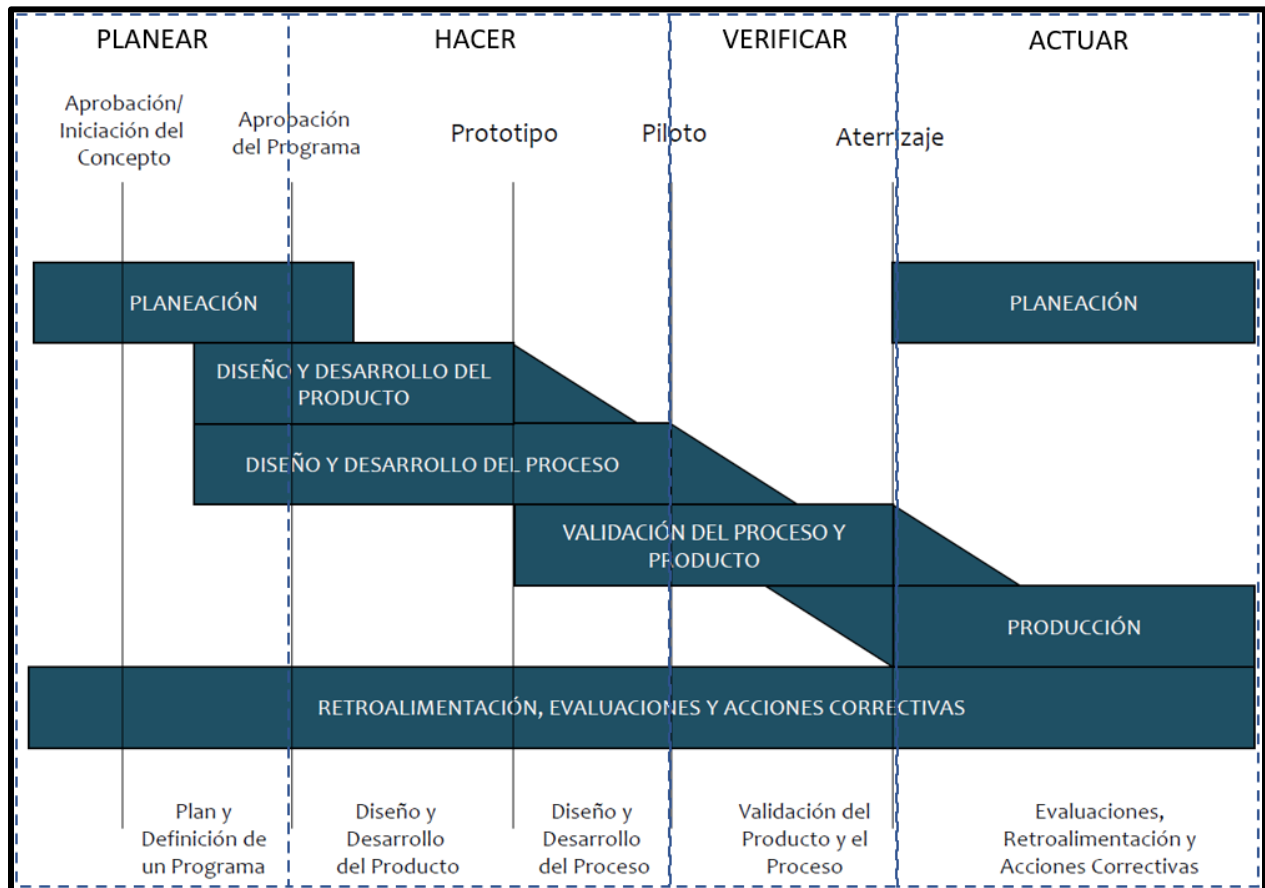
La planeación avanzada de la calidad del producto, APQP por sus siglas en inglés, es una herramienta utilizada para el lanzamiento un producto nuevo al mercado. Esta herramienta establece las fases necesarias para asegurar que el producto cumplirá con las expectativas del cliente. Así mismo, facilita la comunicación entre los integrantes del equipo de trabajo para asegurar que todos los pasos requeridos sean completados a tiempo. Las fases del APQP son:

- I. Planeación y definición: Fase en la que se establecen los objetivos que debe cumplir el producto.
- II. Diseño y desarrollo de producto: Se realiza el análisis de fallas del producto y se establecen los requerimientos de las entradas de proceso.
- III. Diseño y desarrollo de proceso: se define la secuencia del proceso para realizar el producto y se crea un plan de control para el mismo.
- IV. Validación del producto y del proceso: En esta fase se hacen corridas de producción significativas, se toman muestras y se analiza la habilidad del proceso, para determinar si se cumplen con los objetivos y requerimientos dados.
- V. Retroalimentación y acciones correctivas: Fase en la que se planean las mejoras para el proceso según los resultados medidos.

Los resultados obtenidos de una fase son la información de entrada de la fase siguiente, por lo que se debe asegurar que cada una se realice de manera efectiva y los resultados sean confiables. (Manual APQP, 2008). Para lograr esto, APQP se respalda de las demás *Core Tools* que permiten que el proceso tenga éxito. Al APQP se le considera la madre de estas herramientas, ya que de ella se derivan las demás. En la figura 4 se plasma la estructura del APQP.

²¹ <https://www.coretools.com.mx/blog/relacion-core-tools-requerimientos-iatf16949>

Figura 4: Estructura del APQP



Fuente: Adaptado del manual APQP de la AIAG²²

Se puede observar que, conforme el proceso de lanzamiento de un producto va avanzando, entra en cada una de las fases del ciclo PDCA.

2.1.2.2 Plan de Control (CP)

El plan de control es un documento que establece la secuencia de actividades a realizar en el proceso, incluyendo los controles, verificaciones, herramientas, métodos para realizar el control según las características especiales definidas para el producto y plan de reacción en caso de que el comportamiento del proceso sea estadísticamente inestable. De acuerdo con el manual de la AIAG, existen tres tipos de Plan de Control, de Prototipos, de Prelanzamiento y de Producción.

2.1.2.2.1 Prototipos

Los planes de control de prototipos son una descripción de las mediciones dimensionales

²² Manual APQP, 2008, p. 6

y de las pruebas de materiales y funcionalidad que ocurrirán durante la fabricación de un prototipo.²³

2.1.2.2.2 Prelanzamiento

El propósito del plan de control de prelanzamiento es la contención de no conformidades potenciales durante o previo a las corridas iniciales de producción. Son una descripción de las mediciones dimensionales y las pruebas de los materiales, así como la funcionalidad de los prototipos.²⁴

2.1.2.2.3 Producción

El plan de control de la producción es una descripción escrita de los sistemas para controlar las partes y procesos. La producción en masa ofrece al fabricante la oportunidad de evaluar los resultados, revisar el plan de control y hacer cambios adecuados para mejorar el proceso.²⁵

2.1.2.3 Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.²⁶

El AMEF se integra en las fases de desarrollo del producto y el proceso de APQP. Esta herramienta aborda las *fallas potenciales* del producto o proceso, analiza las *consecuencias* de estas fallas potenciales y ayuda a determinar las *causas potenciales* de modos de fallas.²⁷ Asimismo, es un apoyo para la realización y aplicación de planes de control con el fin de reducir los riesgos de que las fallas analizadas ocurran y no hacerlo después del suceso.²⁸

2.1.2.3.1 Tipos de AMEF

El manual de la AIAG aborda dos tipos de AMEF distintos; de Diseño (AMEFD) y de Proceso (AMEFP). El AMEFD, se usa durante el proceso de diseño con el fin de reducir los riesgos de fallas en los productos a fabricar, evaluando el diseño inicial para requerimientos de

²³ Manual APQP, 2008, p. 4

²⁴ Manual APQP, 2008, p. 5

²⁵ Manual APQP, 2008, p. 5

²⁶ Manual AMEF, 2005, p. 3

²⁷ Manual AMEF, 2005, p. 5

²⁸ Manual AMEF, 2005, p.2

manufactura, ensamble, etc.²⁹ Por otra parte, el AMEFP, se utiliza en el desarrollo del proceso de manufactura de las piezas, con el fin de reducir el riesgo de las fallas en el mismo.³⁰

2.1.2.3.2 Casos de aplicación y lineamientos para el desarrollo del AMEF

De acuerdo con el manual, un proceso de AMEF se debe aplicar cuando ocurra cualquiera de estos casos³¹:

- a) Cuando existan diseños, procesos o tecnología nuevos.
- b) Cuando haya alguna modificación a los diseños o procesos existentes.
- c) Cuando el diseño o el proceso ya exista, pero el ambiente, localización o aplicación o perfil de uso sea nuevo.

Asimismo, el manual de AMEF establece una serie de lineamientos que se deben seguir para implementar exitosamente la herramienta (ver tabla 2).

Tabla 2: *Lineamientos del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*

Lineamiento AMEF	Objetivo del lineamiento
Definición de alcances	Establece los límites del análisis del AMEF.
Identificar funciones y requerimientos	Clarificar la intención de diseño o propósito del proceso del ítem/artículo.
Identificar modos de falla potenciales	El modo de falla es la manera en la cual un producto o proceso podría fallar al cumplir con su finalidad de diseño o requerimientos de proceso.
Identificar efectos y consecuencias de las fallas	Los efectos potenciales de fallas son definidos como los efectos de los modos de fallas como los percibe el cliente.
Identificar causas de fallas potenciales y la frecuencia estas causas	Una causa potencial de una falla es definida como una indicación de cómo la falla podría ocurrir, descrita en términos de algo que podría ser corregido o controlado.
Identificar / aplicar controles de detección y prevención	Los controles son aquellas actividades que previenen o detectan las causas de las fallas o modos de fallas. En el desarrollo de controles es importante identificar lo que está mal, porque, y cómo prevenirlo o detectarlo.

²⁹ Manual AMEF, 2005, p. 16

³⁰ Manual AMEF, 2005, p. 68

³¹ Manual AMEF, 2005, p. 3

Identificación y evaluación de riesgos	Los riesgos son evaluados de tres formas: severidad, ocurrencia y detección. Los valores de estos parámetros se determinan con base en el manual AMEF
Acciones recomendadas requeridas	La intención de las acciones recomendadas es reducir el riesgo global y la probabilidad de que el modo de falla ocurra. Las acciones recomendadas abordan la reducción de la severidad, la ocurrencia y la detección.

Fuente: Manual de Análisis de Modos y Efectos de Fallas, AIAG. 2008.³²

Los criterios plasmados en la tabla 2 se describen a detalle en el Manual de AMEF. Es importante mencionar, que la realización de un AMEF es responsabilidad de un equipo multidisciplinario cuyos miembros abarcan los conocimientos del tema necesarios para desarrollar la herramienta de forma exitosa.

2.1.2.4 Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP)

El Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP) es una herramienta que define los requerimientos generales para la aprobación de partes para producción. El propósito de un PPAP es determinar si todos los requerimientos de especificaciones y registros de diseño del cliente son entendidos apropiadamente por la organización y que el proceso de manufactura tiene el potencial de fabricar productos que cumplan en forma consistente con estos requerimientos, durante corridas de producción actuales y en la proporción de producción cotizada (Manual PPAP, 2006). En otras palabras, esta herramienta proporciona evidencia necesaria para garantizar que la organización puede cumplir con la demanda del cliente, siguiendo los requerimientos y el tiempo especificado.

2.1.2.4.1 Corrida de producción significativa

Los productos que se van a analizar para realizar el PPAP deben tomarse de corridas de producción significativas, las cuales, según el manual, deben durar entre una y ocho horas, y se deben producir como mínimo 300 piezas de manera consecutiva (Manual PPAP, 2006). De igual forma se establece que las corridas de producción se deben llevar a cabo en el lugar donde se realizará la producción en caso de ser aprobada, y se debe utilizar la misma maquinaria, herramental y procesos. Es decir, no se puede adquirir equipo solamente para realizar y aprobar

³² Manual AMEF. 2008, p. 9

el PPAP de estas corridas significativas, sino que debe ser el mismo que se usará una vez aprobado.

2.1.2.4.2 Requerimientos para PPAP

La organización debe cumplir con una serie de requerimientos para PPAP's. Asimismo, las partes para producción deben cumplir con todas las especificaciones y registros de diseño de ingeniería del cliente, y si las especificaciones de alguna parte no pueden cumplirse, la organización debe documentar sus esfuerzos en la solución del problema y debe contactar al representante autorizado por el cliente para concordancia en la determinación de apropiadas acciones correctivas. Estos requerimientos son (Manual PPAP, 2006):

- I. Registros de Diseño: Si el cliente es responsable de este diseño es una copia del plano del cliente que se envía junto con la orden de compra (PO). Si el proveedor es responsable del diseño, es un dibujo publicado en el sistema de liberación del proveedor.
- II. Autorización de cambio de ingeniería: un documento que muestra la descripción detallada del cambio. Por lo general, este documento se denomina "Notificación de cambios de ingeniería".
- III. Aprobación de Ingeniería: esta aprobación es generalmente el juicio de ingeniería con piezas de producción realizadas en la planta del cliente.
- IV. DFMEA: una copia del DFMEA análisis y modo de falla de diseño, revisado y firmado por el proveedor y el cliente.
- V. Diagrama de Flujo de Proceso: una copia del flujo del proceso, indicando todos los pasos y la secuencia en el proceso de fabricación, incluyendo los componentes entrantes.
- VI. AMEF: una copia del AMEF análisis y modo de falla de producción, revisado y firmado por el proveedor y el cliente. El PFMEA sigue los pasos de flujo de proceso, e indicar "qué podría ir mal" durante la fabricación y el montaje de cada componente.
- VII. Plan de Control: una copia del Plan de Control, revisado y firmado por el proveedor y el cliente. El Plan de Control sigue los pasos PFMEA, y proporciona más detalles sobre cómo los "problemas potenciales" son verificados en el proceso de montaje de calidad de entrada, o en las inspecciones de productos terminados.
- VIII. Sistema de Análisis de Medición (MSA): contiene generalmente el estudio R&R de las características críticas, y una confirmación de que los indicadores utilizados para medir

estas características son calibrados.

- IX. Resultados Dimensionales: una lista de todas las dimensiones registradas en el dibujo. Esta lista muestra la característica de producto, la especificación, los resultados de la medición y la evaluación de la muestra si esta dimensión está “bien” o “mal”.
- X. Registros de Materiales / Pruebas: un resumen de cada prueba realizada en la parte. Este resumen es por lo general se encuentra en la forma DVP&R (Design Verification Plan and Report), que enumera cada prueba individual, cuando se llevó a cabo, la especificación, los resultados y la evaluación de la aptitud / fallo. Si hay una especificación de ingeniería, por lo general se observa en la impresión.
- XI. Estudios Iniciales del Proceso: por lo general, esta sección muestra todos los gráficos estadísticos de control de procesos que afectan a las características más importantes del producto.
- XII. Documentación del Laboratorio Calificado: copia de todas las certificaciones del laboratorio donde se realizan las pruebas reportadas en la sección 10.
- XIII. Reporte de Aprobación de Apariencia: una copia de la AAI (aprobación de la inspección de la apariencia), firmado por el cliente. Aplicable para los componentes que afectan a la apariencia únicamente.
- XIV. Piezas muestra: una muestra del lote de producción inicial.
- XV. Pieza Maestra: una muestra firmada por el cliente y el proveedor, que por lo general se utiliza para entrenar a los operadores de las inspecciones. Ayudas de Verificación: cuando hay herramientas especiales para verificar las piezas, esta sección muestra una imagen de los registros de la herramienta y la calibración, incluido el informe dimensional de la herramienta.
- XVI. Requisitos específicos del cliente: Cada cliente puede tener requisitos específicos que se incluyen en el paquete PPAP.
- XVII. Part Submission Warrant (PSW): Este es el formulario que resume todo el paquete PPAP. Este formulario muestra el motivo de la sumisión (cambio de diseño, revalidación anual, etc.) y el nivel de los documentos presentados al cliente. Si hay cualquier desviación el proveedor deberá anotarla en el PSW o informar que PPAP no se puede presentado.

Ahora bien, de acuerdo a estos requisitos que se deben cumplir, podemos retomar algunos documentos vitales que engloban los puntos más importantes, estos documentos se presentan en la siguiente tabla (ver tabla 3):

Tabla 3: Documentación entregada después de realizar el PPAP

Documento	Descripción
Análisis de modos y efectos de falla (AMEF):	Este informe aborda y áreas de oportunidad antes de que se produzcan las piezas.
Plan de control:	Documento que describe los pasos del proceso de producción de la pieza.
Diagrama de flujo del proceso:	Gráfico que muestra visualmente el plan de control.
Garantía de envío de piezas (PSW):	Documento que garantiza que lo que se envía al cliente cumple con los requisitos establecidos.

Fuente: Manual de Proceso de Aprobación de Partes para Producción, AIAG. 2006.

Profundizando en el último requisito de la tabla 4, al final de la realización del PPAP, se debe entregar al cliente un Certificado de Emisión de una Parte (PSW), el cuál es un documento que avala que se está entregando al cliente un producto que cumple con los requisitos establecidos. Este es un documento legal que debe ser entregado obligatoriamente. (Manual PPAP, 2006)

2.1.2.5 Análisis del Sistema de Medición (MSA)

El análisis del sistema de medición, MSA por sus siglas en inglés, tiene la finalidad de garantizar la calidad de las mediciones (Manual MSA, 2002), es decir, establece las actividades a realizar para estandarizar los métodos de medición y calibración utilizados en un proceso, para validar que los datos obtenidos de dichas mediciones son confiables. Este análisis se presenta en el APQP tanto en la etapa tres, cuando se planea el MSA, y en la etapa cuatro, cuando se ejecuta junto con las piezas de la corrida significativa.

2.1.2.5.1 Importancia

En ocasiones pasa que cuando se presentan datos que están alejados de los objetivos de la planeación, lo primero que se hace es recurrir a acciones correctivas en el proceso, sin antes haber verificado que estos datos fueron recolectados de manera correcta. El MSA sirve para asegurar que las mediciones son correctas. Antes de hacer modificaciones en el proceso,

se debe corroborar que los datos de las mediciones se obtuvieron de manera correcta, con el fin de evitar desechar material bueno, o enviar material malo y tomar decisiones adecuadas.

2.1.2.5.2 Errores de Medición

En todo proceso de medición existe un pequeño error, el cuál puede atribuirse a distintos elementos, conocidos como 6M: Máquinas, Materiales, Métodos, Medio ambiente, Mano de obra y Mediciones. Esto se puede entender como el error que se presenta en las mediciones, es causado debido a las condiciones bajo las que se realiza la medición, la persona que mide, las condiciones ambientales, por ejemplo, de temperatura, y las herramientas o máquinas que utilizan para medir. Existen estudios que ayudan a determinar y disminuir las variaciones en las mediciones, los cuales se conocen como estudios R&R, de Repetibilidad y Reproducibilidad.

2.1.2.5.3 Estudios R&R

Los estudios R&R sirven para determinar la fuente de variación en las mediciones. La *Repetibilidad* se refiere a la variación presentada cuando un operador mide la misma pieza, con el mismo equipo de medición, varias veces, por lo que se determina la variación producida por el equipo de medición. La *Reproducibilidad* se refiere a la variación presentada cuando distintos operadores utilizan el mismo dispositivo para medir la misma unidad, por lo que se determina la variación producida por la forma de medir de cada operador.

Por lo tanto, de acuerdo con (Gutiérrez & De la Vara, 2013) la combinación del estudio de ambos tipos de variaciones permite abarcar el 99% ($5,15 \sigma$) del intervalo de distribución de variación de las mediciones. Se calcula en forma de porcentaje, con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{R\&R}^2 = \sigma_{VE}^2 + \sigma_{VO}^2$$

Donde $\sigma_{R\&R}^2$ es la variación de la medición, σ_{VE}^2 es la variación por repetibilidad y σ_{VO}^2 es la variación por reproducibilidad. El criterio para determinar el resultado del análisis R&R es:

- Excelente, cuando hay de 0% a 10% de variación.
- Aceptable, cuando hay de 11% a 20% de variación.
- Riesgo, cuando hay de 21% a 30% de variación e
- Inaceptable, cuando hay de 31% en adelante de variación

2.1.2.5.3 Proceso para realizar un estudio R&R

De acuerdo con Gutiérrez & de la Vara, se debe realizar un estudio R&R para cada instrumento de medición que se desee evaluar, siguiendo el proceso descrito a continuación:

- 1) Se deben seleccionar dos o más operadores para realizar las mediciones.
- 2) Posteriormente, seleccionar de forma aleatoria un conjunto de 10 o más piezas que serán medidas por cada operador tres veces.
- 3) Se debe etiquetar cada parte para llevar un control de las mediciones.
- 4) El primer operador debe realizar la primera medición de todas las piezas seleccionadas y etiquetadas.
- 5) Aleatorizar el orden de las piezas y repetir el paso 4 para el segundo operador.
- 6) Repetir paso 5 hasta que todos los operadores hayan hecho la primera medición de las piezas.
- 7) Repetir pasos 4, 5 y 6 hasta medir todas las piezas.
- 8) Hacer un análisis estadístico de los datos para determinar la variación.

2.1.2.6 Control Estadístico de Proceso (SPC)

Según Hessing (2016), el control estadístico de procesos, SPC por sus siglas en inglés, es un método estadístico utilizado para medir y controlar un proceso. Este método utiliza gráficos de control, que permiten usar criterios objetivos para distinguir y eliminar variaciones y sus causas en un proceso. Estos gráficos tienen como finalidad identificar si un proceso es sostenible, reconocer anomalías en los procesos, y ayudar a hacer mejores predicciones de los mismos. En un proceso existen dos tipos de causas que generan las variaciones; causas comunes y especiales. Por lo tanto, el SPC ayuda a determinar qué tipo de causa es la que está generando la variación en el proceso, esto ayuda a determinar las acciones que se deben tomar para eliminarlas.

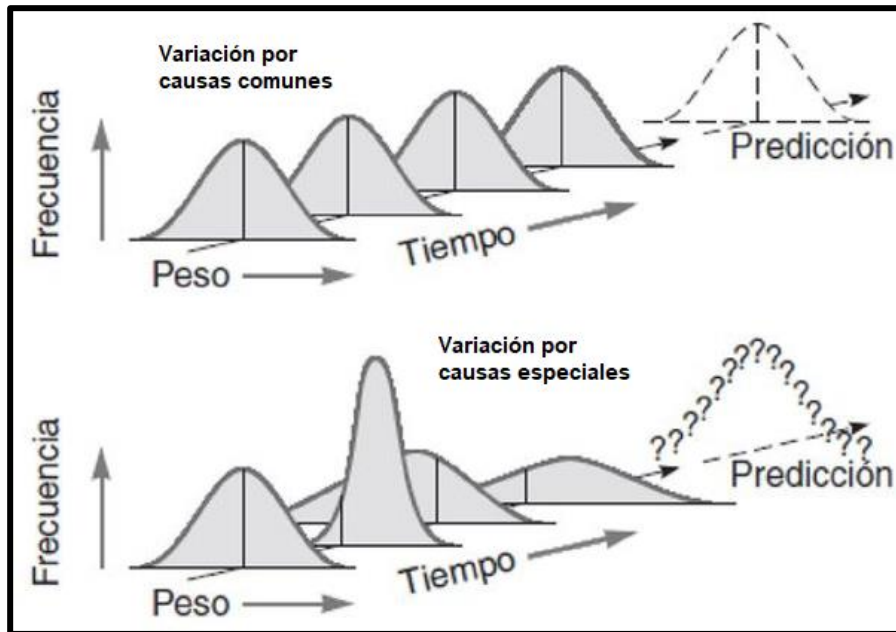
2.1.2.6.1 Variaciones del proceso

En todos los productos fabricados existirán siempre variaciones, las cuales son generadas por el mismo proceso de manufactura, pero deben mantenerse dentro de los límites de variación para asegurar que el proceso se encuentra bajo control. Las causas de estas variaciones que son inertes a los procesos se conocen como causas comunes, y son aquellas que se pueden predecir, representan una distribución estable y repetible, por lo que es posible controlarlas para que no generen variaciones que se salgan de los límites de control. La máquina del proceso, las herramientas, los operadores, el medio ambiente y el sistema de medición son algunos ejemplos de estas causas comunes.

Por otra parte, existen las causas asignables o especiales, que generan variaciones impredecibles y que no se deben al proceso mismo. Estas deben ser identificadas y eliminadas, para evitar que el proceso y la calidad de los productos se desestabilice. Ejemplos son el mal

funcionamiento de una máquina por falta de mantenimiento o el cambio de proveedores de materia prima, lo cual genera variaciones inesperadas. En la figura 5 se observa la diferencia entre las variaciones por causas comunes y las variaciones por causas especiales.

Figura 5: Variación por causas comunes y especiales



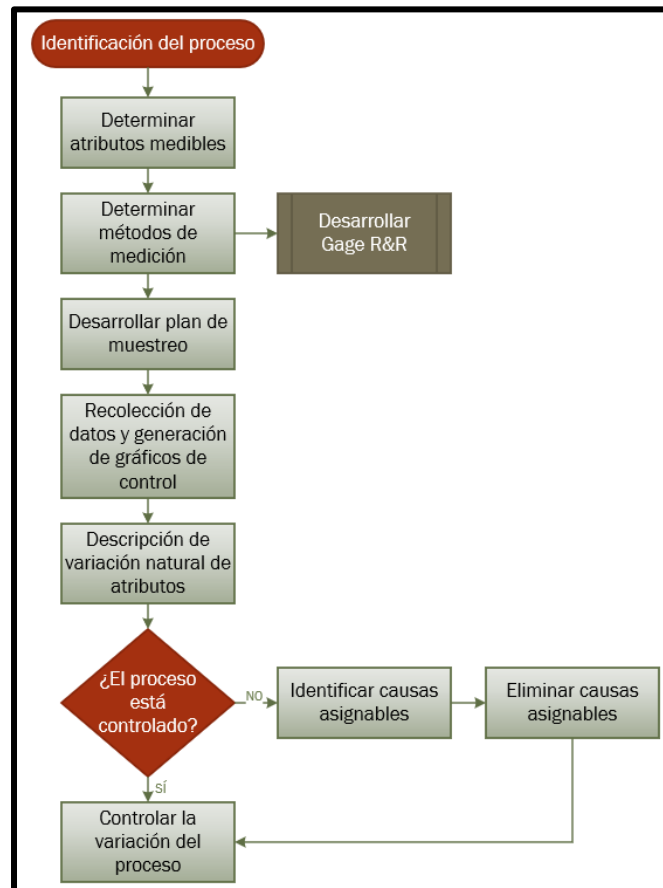
Fuente: Universitat Politècnica de València, 2016.³³

2.1.2.6.2 Proceso para realizar un análisis de Control Estadístico de Proceso

Para poder determinar si un proceso se encuentra bajo control e identificar causas de las variaciones, se debe seguir el siguiente proceso, presentado en la figura 6. Teniendo en cuenta como mínimo estos pasos, se puede controlar de manera efectiva el proceso

³³ <https://optimizacionheuristica.blogs.upv.es/tag/causas-asignables/>

Figura 6: *Proceso de realización de un estudio de SPC*



Fuente: Hessing, 2016.³⁴

Cada parte del proceso para realizar un análisis de SPC se describe a continuación;

Identificación del proceso: Identificar el proceso o procesos clave que influyen en el resultado del producto o el proceso que es muy crítico para el cliente.

Determinar atributos medibles: Identificar los atributos que deben medirse durante la producción. Generalmente son las características específicas de producto.

Determinar el método de medición: Este punto se relaciona con la herramienta MSA. Crear instrucciones de trabajo o procedimientos para el método de medición que incluya el instrumento de medición.

Desarrollar un plan de muestreo: Determinar el tamaño del subgrupo en función de la criticidad del producto y determinar el tamaño y la frecuencia del muestreo.

³⁴ <https://sixsigmastudyguide.com/statistical-process-control-spc/#page>.

Recolectar datos y generar gráficos de control: Recolectar los datos según el tamaño de la muestra y seleccionar el gráfico SPC apropiado basado en el tipo de datos, ya sea Continuo o Discreto, y el tamaño del subgrupo.

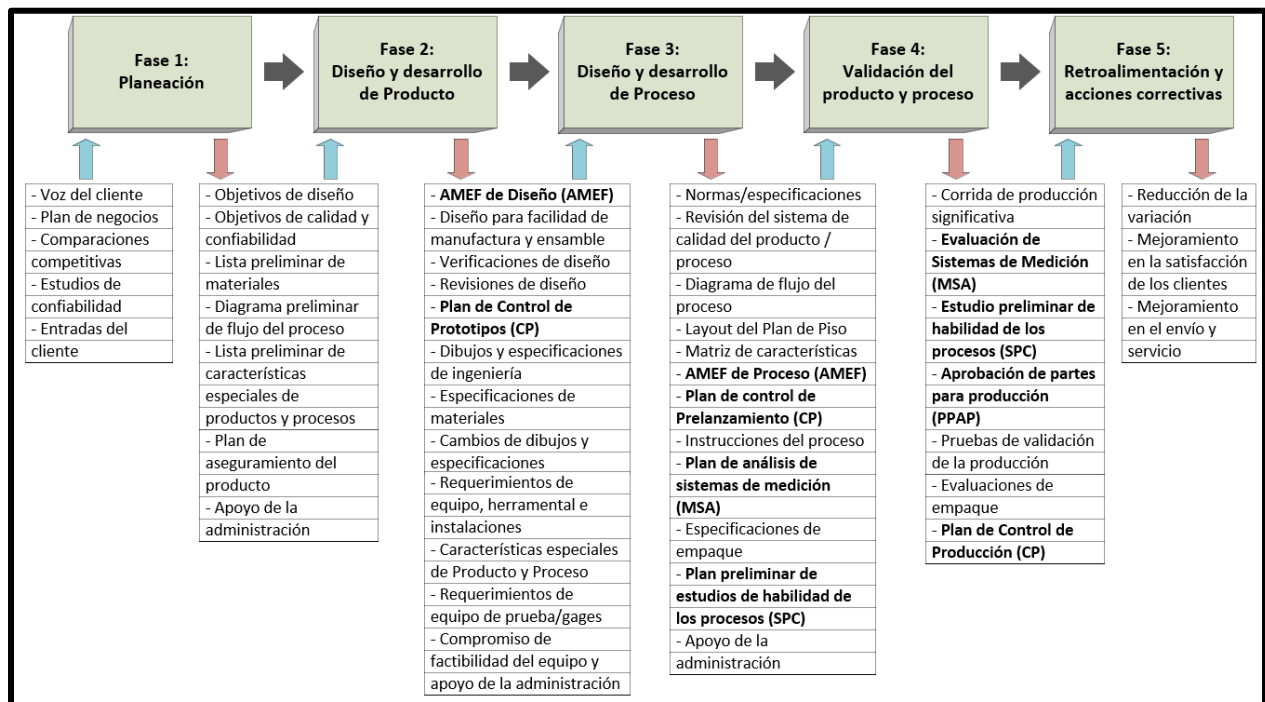
Descripción de la variación natural de los atributos: Calcular los límites de control y aplicarlo al gráfico SPC.

Controlar/monitorear la variación del proceso: Interpretar el gráfico de control y comprobar si algún punto está fuera de control y su patrón de comportamiento. Si el proceso no está controlado, se deben identificar las causas asignables y solucionar el problema.

2.1.3 Interrelación de las Core Tools como un sistema completo

Ahora que se ha explicado cómo funcionan las Core Tools, se plasma en la siguiente figura cómo es que interactúan, basadas en el APQP, para funcionar como un sistema completo, y como es que los resultados de cada fase de este sistema afectan a la siguiente (ver figura 7).

Figura 7: Diagrama de flujo de APQP y el uso de las Core Tools



Fuente: Kothandaraman, S. 2013. APQP Process Flow³⁵

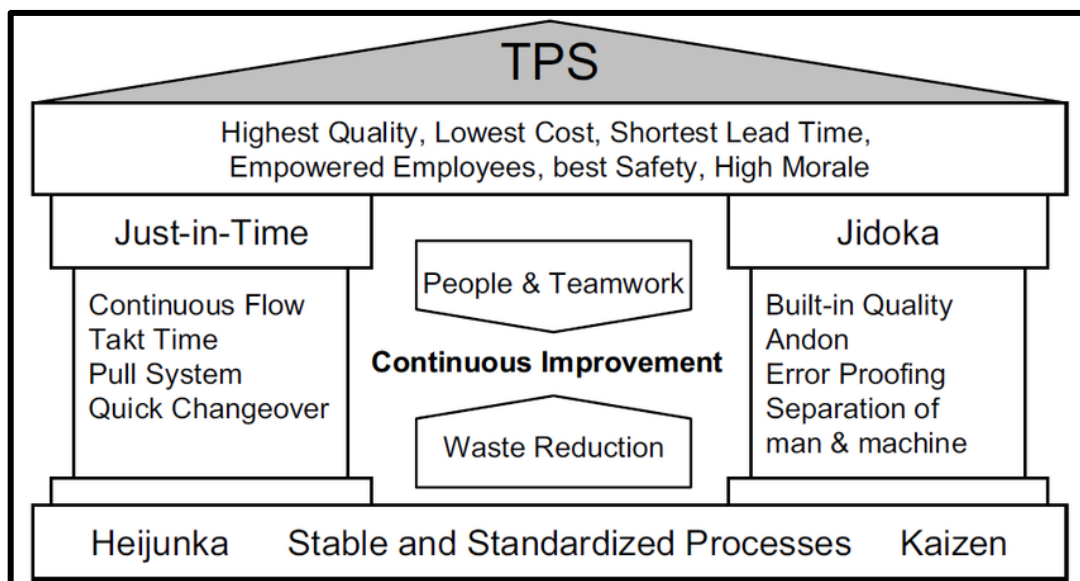
³⁵ <https://www.slideshare.net/SureshKothandaraman/apqp-process-flow>

Las flechas grises representan el flujo de un APQP, mientras que las azules y rojas representan información de entrada y salida para cada fase, respectivamente. Podemos observar que las *Core Tools* no funcionan de manera aislada, sino que trabajan en conjunto para lograr la Mejora Continua.

2.2 El Sistema de Producción de Toyota y el Modelo Lean Manufacturing

El modelo *Lean Manufacturing* tiene su origen en la industria automotriz japonesa, con la creación del Sistema de Producción de Toyota (referido desde ahora como TPS). Se enfoca en la satisfacción del cliente por medio de la reducción de costos y el trabajo en equipo para lograr la Mejora Continua. En la búsqueda de métodos más eficientes en la producción, el ingeniero Taiichi Ohno como parte de asignación del director de la empresa (Eiji Toyoda), implementó el método de “control de la calidad” de Edwards Deming, que sirvió como base para la creación del concepto de *Justo a tiempo* (JIT) y los principio de *Kaizen* (Mejora Continua) y *Jidoka* (automatización) con lo que identificó el sistema *Muda* (eliminación completa de todos los residuos)³⁶. Todos estos elementos forman en conjunto el TPS como un sistema estructural, enfocado en la satisfacción del cliente mediante la reducción de desperdicios y el trabajo en equipo para lograr la Mejora Continua, como se plasma en la figura 8.

Figura 8: Diagrama de la casa TPS



Fuente: Liker, J. *The Toyota Way*, (2004) p. 48.

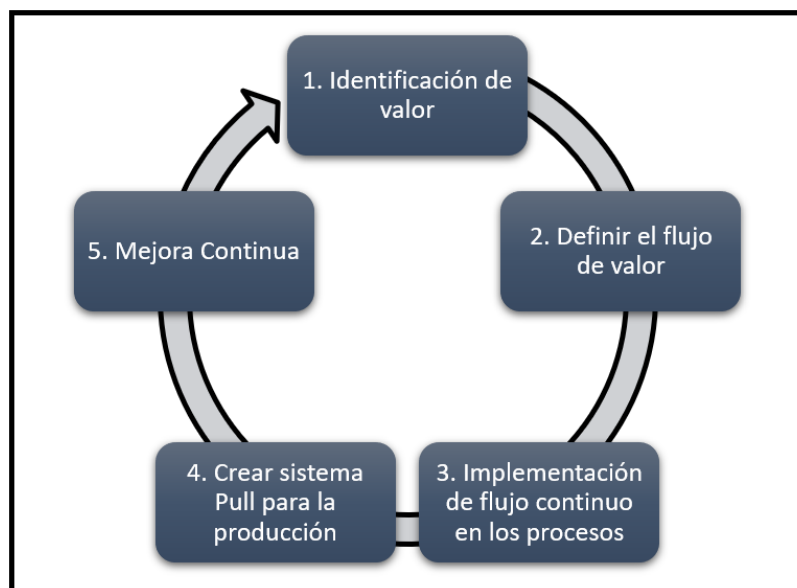
³⁶ Información de <https://www.toyota.mx/nota/sistema-de-produccion-toyota-la-filosofia-empresarial-mas-admirada>

La figura anterior se conoce como Diagrama de la casa TPS. Se puede observar que la base del sistema es la estandarización de los procesos junto con la nivelación de cargas de trabajo (*Heijunka*) y el *Kaizen*. Los pilares son el JIT y Jidoka.

Por otra parte, el modelo Lean Manufacturing se enfoca en realizar cambios dentro de la organización mediante aplicación de metodologías y prácticas orientadas a identificar las fuentes de generación de desperdicio(s) y la eliminación de actividades que no agregan valor a los procesos, además de optimizar los recursos como: tiempo, costos y movimientos de producción y atención al cliente, sin comprometer la calidad de los productos o servicios.

En 1991, se publicó el libro “The Machine that Changed the World” por Daniel T. Jones, D. Roos y James P. Womack, investigadores del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), que sistematizaron y extendieron el uso del término “Lean Manufacturing” o “Lean”; identificándolo como un modelo “magro”, que busca la perpetua reducción de desperdicios y que refiere a una producción que sigue un flujo “Pull” o una producción de “sólo lo que se necesita”, enfocado a la máxima calidad. Actualmente el modelo es reconocido en el sector automotriz, pero se ha extendido y adaptado progresivamente a otros sectores de actividad³⁷. El modelo *Lean Manufacturing* se basa en 5 Principios que definen su enfoque y sus objetivos (ver fig. 9)

Figura 9: Los cinco principios de Lean Manufacturing



Fuente: Cabrera, R. Manual de Lean Manufacturing, p. 6

³⁷ Ebook Introducción a Lean_Toyota - <https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/5368214/Ebook%20-%20Introducci%C3%B3n%20a%20Lean%20-%20Final.pdf>

- I. **Identificar y definir qué es lo que tiene valor**, desde la perspectiva del cliente.
- II. **Definir el flujo de valor de los procesos**, para identificar las actividades de no valor agregado.
- III. **Implementar el flujo continuo**, es decir, mejorar las actividades de valor agregado para evitar desperdicios que hagan que el proceso se detenga.
- IV. **Utilizar procesos Pull**, de esta manera se evita la sobreproducción, los inventarios y los movimientos no necesarios.
- V. **Mejora continua**, *Lean* busca la calidad a través de una mejora continua en los procesos, reduciendo tiempos y costes, sin comprometer la calidad.

2.2.1 Beneficios de implementación de Lean Manufacturing

El modelo Lean Manufacturing es un marco para la conservación de recursos mediante la eliminación de desperdicio. Fue tomando forma para hacerse mejor, más rápido, más barato y de manera más ágil, considerando:

1. Eliminar desperdicios, categorizados en tres formas: Muri, Muda y Mura.
2. Centrarse en satisfacer las necesidades del cliente.
3. Estabilizar la calidad de vida y la seguridad de sus trabajadores dentro de un enfoque cultural orientado a la valoración y respeto a las personas.³⁸

Un proceso productivo es una serie de actividades secuenciadas en las que participan personas para transformar o fabricar un producto (Quiroa, 2019). Estas actividades se dividen en dos tipos: de Valor Agregado y de No Valor Agregado.

Una actividad de valor agregado es aquella que incrementa el valor del producto o servicio, que es necesario para cumplir con los requerimientos del cliente. Por su parte, una actividad de No valor agregado es aquella que absorbe recursos y no agrega valor al producto o servicio. A las actividades de no valor agregado también se les conoce como desperdicios o “mudas”, por su término japonés. Todos los procesos productivos en cualquier organización tienen desperdicios, lo que hay que hacer es detectarlos y eliminarlos.

2.2.1.1 Los ocho (8) desperdicios

El modelo *Lean Manufacturing* se aplica para alcanzar la mejora de los procesos mediante la

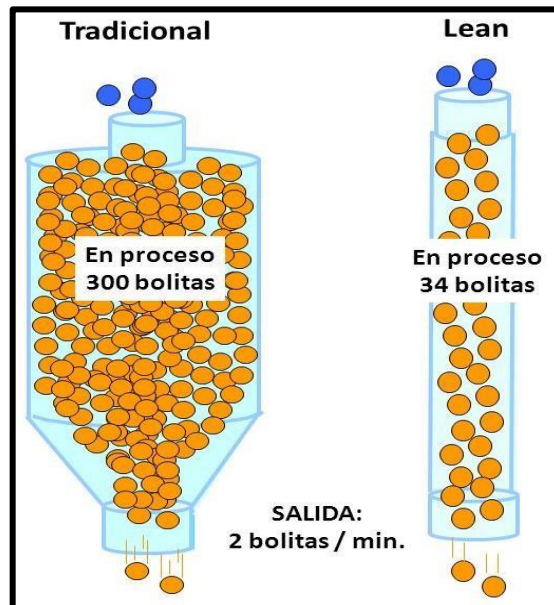
³⁸ Ebook Introducción a Lean_Toyota - <https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/5368214/Ebook%20-%20Introducci%C3%B3n%20a%20Lean%20-%20Final.pdf>

reducción de desperdicios. En japonés, a los desperdicios se les conoce como *Muda* y se identifican como las actividades que no agregan valor al proceso. *Lean Manufacturing* busca generar un flujo continuo en los procesos y, para lograrlo, se deben eliminar las *Mudas* que dificultan este fin, que son:

1. *Muda de Espera*: Tiempo muerto que se genera entre un proceso y otro debido a que la información, las piezas o la herramienta no ha llegado. También se genera por maquinariaparada por averías.
2. *Muda de Fallos y Defectos*: Retrabajo de un producto, servicio o información que no cumplió con los requerimientos del cliente.
3. *Muda de Movimiento*: Movimientos que no agregan valor al proceso.
4. *Muda de Transporte*: Movimiento excesivo de lo que fluye en el proceso.
5. *Muda de Sobreprocesamiento*: Se presenta cuando se realizan esfuerzos que no agregan valor al producto, servicio o información.
6. *Muda de Inventarios*: Producto terminado que no está en uso y se encuentra en inventario.
7. *Muda de Sobreproducción*: Al producir en mayor cantidad o más rápido de lo que el cliente requiere. Duplica esfuerzo, no agrega valor y no sigue la metodología JIT.
8. *Muda de talento humano*: El desaprovechamiento del talento y tiempo de las personas de la organización.

El modelo *Lean Manufacturing* permite detectar, eliminar y prevenir las mudas mediante el uso de distintas herramientas para optimizar los costos y tiempos de fabricación, dando como resultado un mejor desempeño de los procesos de la empresa. Para comprender los beneficios de la implementación del modelo *Lean Manufacturing*, se muestra en la figura 10 la diferencia entre un proceso tradicional (izquierda) y un proceso estandarizado con herramientas *Lean*.

Figura 10: *Proceso tradicional vs. Proceso Lean*



*Fuente: Imagen de internet*³⁹

Se puede observar que de ambas formas se obtiene el mismo resultado, pero los recursos utilizados son menores en el proceso *Lean*. El Modelo *Lean Manufacturing* se planteó para mejorar la calidad del producto o servicio, reducir tiempos de entrega y respuesta, reducir costos de mantenimientos no programados, reducir desecho o “scrap” por defectos, reducir tiempos muertos, entre otros.

Considera que las empresas deben contar con la disponibilidad de bienes de consumo y procesados para anticipar los picos de la demanda, considerando esta era de comercio electrónico y globalización. Lo anterior permitirá ajustar el ritmo de la producción de forma exacta y precisa, para evitar la sobreproducción, con un ajuste de las entregas de proveedores y evitando el almacenamiento que se reflejará en el flujo de caja de la organización, impactando en los resultados del negocio.

2.2.1 Herramientas del modelo *Lean Manufacturing*

El modelo *Lean Manufacturing* se compone de distintas herramientas cuyo objetivo es detectar desperdicios en cualquier proceso, así como establecer un estándar de trabajo a prueba de errores y detectar la causa raíz de los problemas que pudieran surgir. Estas herramientas pueden aplicarse para conocer el estado actual de los procesos y planear cambios en los

³⁹ Lean Six Sigma Institute (2016). <https://www.slideshare.net/Gego89/conferencia-sobre-beneficios-de-lss-uacj>

mismos, comunicar información de manera clara y concisa, reducir y prevenir defectos, minimizar inventarios, interpretar comportamientos de los procesos, determinar la causa raíz de los problemas y tomar acciones correctivas y preventivas.

Womack y Jones (2003), en su libro *Lean Thinking*, introducen el uso de distintas herramientas que, aplicadas en conjunto, cumplen con los 5 principios de *Lean Manufacturing*. Estas herramientas son⁴⁰:

- Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)
- Cambio de Herramienta en Un Solo Minuto (SMED)
- Diagrama de Espaguetti
- Sistemas Andon
- Tarjetas Kanban
- Dispositivos Poka Yoke
- Trabajo Estandarizado
- Gestión Visual

Por otra parte, Tovar y Mayagoitia (2020), en su libro “El Cubo de la Mejora Continua”, documentan parte del modelo llamado Productivity Management System (PMS), Este modelo propone una relación entre las herramientas del modelo *Lean Manufacturing* y el ciclo PHVA de la Mejora Continua, con el fin de brindar una guía de la implementación de dichas herramientas según el área de aplicación. El PMS es el modelo de gestión de productividad implementado en el año 2010 en la empresa Philip Morris International⁴¹. Asimismo, añaden más herramientas de calidad para complementar el modelo *Lean Manufacturing* y volverlo aún más eficiente. Esta relación se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Matriz del PMS y sus áreas de aplicación

Área de aplicación	Herramienta(s) Lean	Ciclo PHVA
Planeación y comunicación de información	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de KPI's • SIPOC 	<ul style="list-style-type: none"> • OGSM • VSM <p style="text-align: center;">Planear</p>
Ejecución de lo planeado, prevención de defectos y reducción de desperdicios	<ul style="list-style-type: none"> • SMED • Diagrama de Espaguetti • Andon 	<ul style="list-style-type: none"> • Recorridos Gemba • Kanban • 5S • Estándar de <p style="text-align: center;">Hacer</p>

⁴⁰ Womack, J., Jones, D. *Lean Thinking*. 2003

⁴¹ Tovar, J. Mayagoitia, S. *El Cubo de la Mejora Continua*. 2020.

	<ul style="list-style-type: none"> • Poka Yoke • Gestión visual 	trabajo
Evaluación del desempeño	<ul style="list-style-type: none"> • Tableros de charting 	Verificar
Solución de problemas, acciones correctivas y preventivas	<ul style="list-style-type: none"> • 5W2H • Diagrama de Ishikawa 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe A3 Actuar

Fuente: Adaptado de “El cubo de la mejora continua”

Se puede observar de la tabla anterior, que la columna izquierda enlista el área de aplicación de las herramientas *Lean Manufacturing* (listadas en la columna central), mientras que en la columna derecha se enlista la fase del ciclo PHVA en la que se aplican. Asimismo, se observa que el PMS añade las siguientes herramientas:

- Definición de indicadores de desempeño (KPI's)
- SIPOC
- OGSM
- Recorridos Gemba
- Tableros Charting
- Diagrama de Ishikawa
- Informe A3

Estas herramientas, aunque no son propiamente pertenecientes al modelo *Lean Manufacturing*, son ampliamente utilizadas en la industria automotriz. Con el fin de abarcar la mayor parte de requerimientos de la norma automotriz IATF 16949:2016, en la integración se tomarán en cuenta tanto las herramientas del modelo *Lean Manufacturing* como las complementarias que propone el PMS. A continuación, se describe el funcionamiento y uso de cada una de estas herramientas.

2.2.1.1 Herramientas para la planeación y comunicación de la información

La planeación es la función que se realiza para anticipar todos los factores que involucran el proceso de producción, tales como mano de obra, materia prima y equipo, con el fin de cumplir con la demanda del cliente en tiempo y forma. Además, esta planeación permitirá el análisis e identificación de puntos en donde es posible la presencia de algún desperdicio en el proceso. Según Vázquez (2013), “la planeación tiene por finalidad vigilar que se logre disponer de materias primas y demás elementos de fabricación, en el momento oportuno y en el lugar requerido; reducir en lo posible, los periodos muertos de la maquinaria y de los obreros y

asegurar que los obreros no trabajan en exceso, ni que estén inactivos”.

Para realizar una buena planeación se deben definir los indicadores (también conocidos en el ámbito gerencial como KPI's), que se monitorean a lo largo del proceso, para comprobar si las acciones tomadas tuvieron resultados satisfactorios y, en caso contrario, replantear las soluciones posibles a los problemas presentados. De igual forma, se debe facilitar la comunicación de los objetivos de calidad, lo cual se logra con las herramientas SIPOC y OGSM. Finalmente, para detectar posibles desperdicios en un proceso existente, la herramienta de Value Stream Map (VSM) proporciona un panorama amplio y detallado del proceso.

2.2.1.1.1 Definición de indicadores clave de desempeño (KPI's)

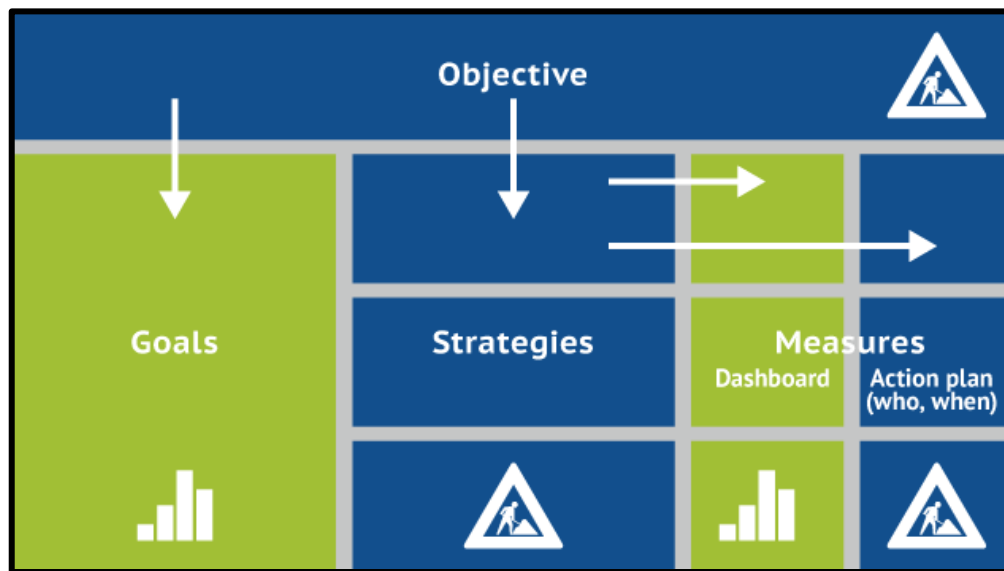
Los indicadores clave de desempeño, conocidos por sus siglas en inglés como KPI's, son datos cuantificables que permiten verificar el cumplimiento de un objetivo. La definición de KPI's es la parte más importante de la planeación y se debe seleccionar correctamente el indicador que se quiere verificar, ya que de este dependerá el éxito o fracaso de los procesos. Si no se define correctamente qué es lo que se quiere monitorear, los datos obtenidos no nos darán información precisa del desempeño del proceso. De acuerdo con Porras (2017) para que un KPI sea efectivo, este debe ser específico, cuantificable, realista, relevante y coherente. Algunos ejemplos de KPI pueden ser: Tiempo de ciclo de producción, Tasa de rechazos, Tasa de retrabajos, Satisfacción del cliente, etc.

2.2.1.1.2 Objetivos, Metas, Estrategias y Mediciones

En toda organización existe un organigrama encabezado por la Alta Dirección, seguido por los diferentes niveles organizacionales. En algunas ocasiones también se agregan a proveedores y clientes, cuando éstos tienen influencia sobre el diseño del producto o sobre la toma de decisiones directivas. La Alta Dirección tiene como principal función la definición de la Misión, Visión, objetivos y estrategias, que debe difundir a quienes corresponda (de acuerdo al organigrama) y proporcionar los recursos necesarios para la alineación a este planteamiento gerencial; a través de indicadores que monitoreen el desempeño.

OGSM es una herramienta basada en el organigrama de la empresa que transmite a manera de cascada los objetivos de la Alta Dirección, transformándolos en metas alcanzables para todos los niveles de la organización. Sus siglas significan: *Objectives* (Objetivos) - lo que se quiere lograr, *Goals* (Metas) - para determinar si el objetivo se ha logrado o no, *Strategies* (Estrategias) - lo que se hará para conseguir las metas establecidas y *Measures* (Mediciones) - para monitorear el desempeño de la estrategia. En la figura 11 se observa la estructura de un OGSM.

Figura 11: Estructura del OGSM en una organización



Fuente: Imagen de internet⁴²

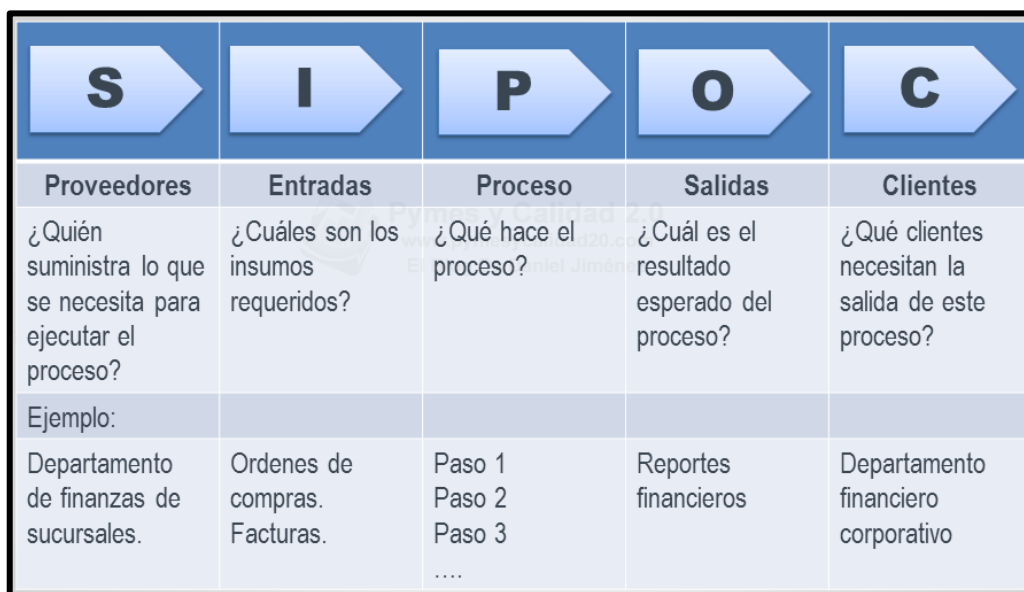
De acuerdo a la figura 4, la meta y las estrategias surgen del objetivo a cumplir. Por una parte, las metas son los peldaños que se deben subir para lograr el objetivo y las estrategias son los planes a seguir para alcanzar las metas. Los métricos nos indican si las estrategias que tomamos fueron las adecuadas para llegar a los objetivos.

2.2.1.1.3 Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Cliente (SIPOC)

SIPOC es una herramienta de requerimientos que brinda una perspectiva visual del proceso productivo. Esta herramienta sirve para establecer los requisitos de los proveedores y materia prima, con base en las características que debe cumplir un producto una vez procesado para que sea satisfactorio al cliente. Su nombre se debe a las siglas Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers. Además de los 5 puntos base del SIPOC se deben tomar en cuenta los requerimientos tanto de las entradas como de las salidas del proceso. Un esquema de SIPOC presenta la siguiente estructura general (ver figura 12).

⁴² Chaffey, D. Introducing the OGSM model framework. 2021. <https://www.smartinsights.com/marketing-planning/marketing-models/ogsm-model-framework/>

Figura 12: Estructura de SIPOC



Fuente: Imagen de internet.⁴³

Para realizar un SIPOC se deben considerar lo siguiente:

1. Definir el proceso y sus límites.
2. Identificar salidas del proceso – es decir, lo que el proceso provee al Cliente: Producto, documentación, información, etc.
3. Identificar clientes de salidas, ya sea clientes externos, internos o cliente final.
4. Escuchar al cliente para identificar los requerimientos de cada salida.
5. Identificar entradas del proceso, es decir, lo que el proceso necesita para generar las salidas (Mano de Obra, Material, Método, Medición, Máquina, Medio Ambiente).
6. Identificar Proveedores de Entradas del proceso Pueden ser internas o externas.
7. Identificar requerimientos del proceso para cada entrada.

2.2.1.1.4 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)

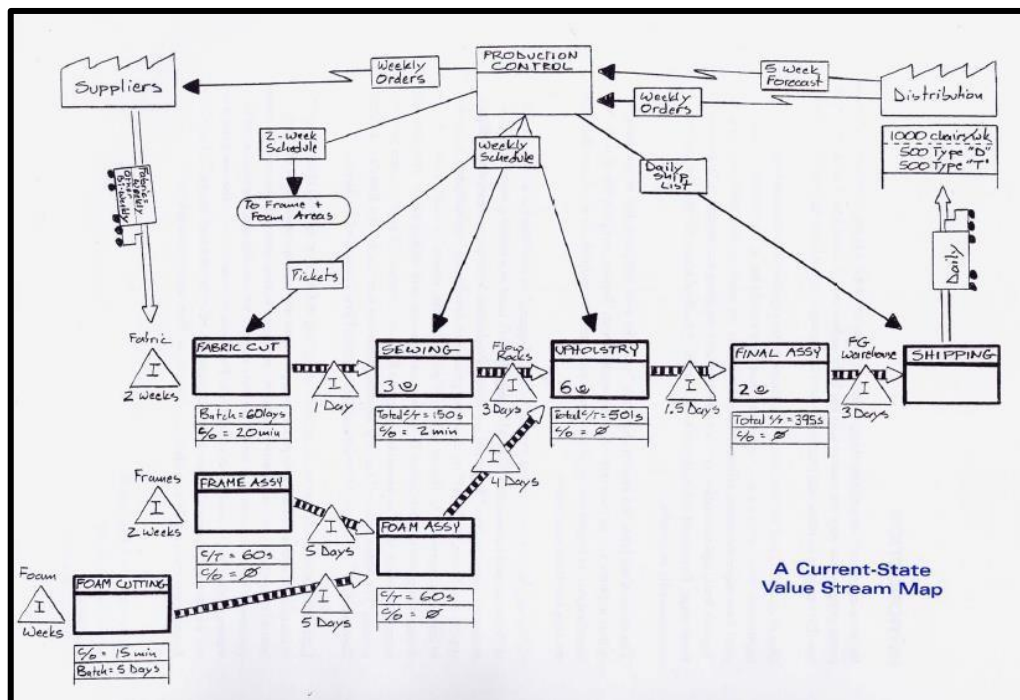
El Mapeo de la Cadena de Valor (VSM por sus siglas en inglés) es una herramienta que permite entender el flujo de un proceso de principio a fin, así como determinar en qué parte del proceso existen desperdicios. Al igual que el SIPOC, brinda una perspectiva visual de un

⁴³ Jimenez, D. SIPOC. 2012. <https://www.pymesycalidad20.com/sipoc-un-diagrama-de-lo-mas-util-para-mapeo-de-procesos.html>

proceso, pero a diferencia de este, el VSM detalla la información de tal manera que se puedan identificar oportunidades de mejora en el proceso.

Existen dos tipos de VSM: el primero es el VSM de estado actual (figura 13), en este se define el flujo de un proceso antes de implementar herramientas *Lean*, para identificar las actividades que agregan valor al proceso y las que no, como son los cuellos de botella, desperdicios, etc., y definir el nuevo proceso mejorado.

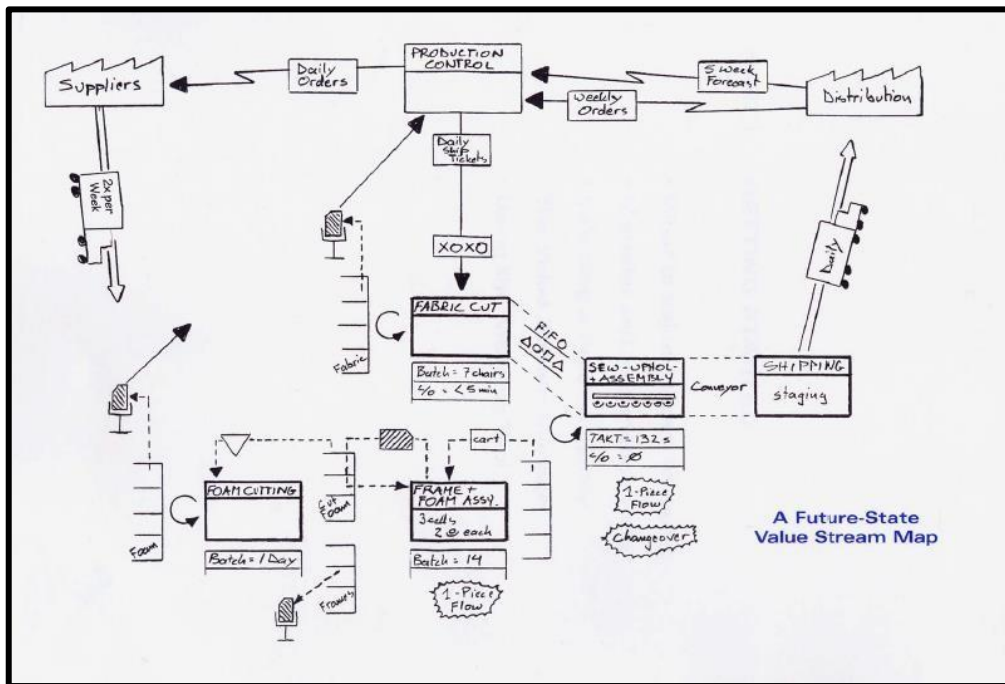
Figura 13: VSM de estado actual



Fuente: Imagen de Rother, M., 1999.

El segundo tipo es el VSM de estado futuro (ver figura 14); en este, se plasman las mejoras realizadas o planeadas para el proceso; se definen tiempos de procesamiento y herramientas para eliminar desperdicios encontrados.

Figura 14: VSM de estado futuro



Fuente: Imagen de Rother, M., 1999.

Como se observa en las figuras 13 y 14, para realizar un VSM se utilizan ciertos símbolos, los cuales están estandarizados y tienen un significado específico, por lo que al momento de realizar un VSM se debe basar en este estándar.

2.2.1.2 Herramientas para la ejecución, prevención de defectos y reducción de desperdicios

Después de realizada la planeación de la producción se deben llevar a cabo las acciones establecidas para prevenir la formación de posibles defectos en los productos, para así reducir desperdicios. *Lean* presenta herramientas para estas acciones.

El proceso de producción es en el que más herramientas *Lean* se aplican, tales como: “SMED”, que se usa cuando se requiere hacer cambios rápidos de equipo y maquinaria por cambio de producto, reduciendo tiempos muertos entre procesos; “Diagrama de Espaguetti”, que ayuda a analizar los tiempos y movimientos en las actividades y operaciones, identificando aquello que no aporta valor en el proceso y eliminarlo, entre muchas otras, las cuales fueron presentadas en la tabla X y a continuación se explica cada una de ellas.

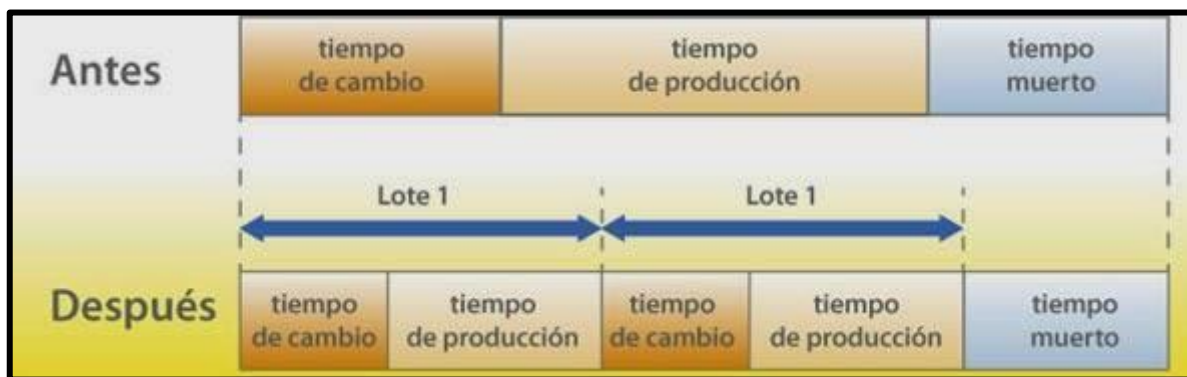
2.2.1.2.1 Single Minute Exchange of Die (SMED)

La traducción literal de inglés de esta metodología, es “Cambio de herramienta en un solo

minuto” y se creó como una alternativa hacia la flexibilidad total. Los tiempos de cambio o “set up” tienden a detener la producción y con ello el resto del proceso; esto reduce la posibilidad de manufacturar lotes más pequeños que cubra la demanda, con menor tiempo de respuesta y con reducción de costos de operación y comerciales⁴⁴.

SMED es una metodología que considera la planeación y ejecución de los tiempos de cambio en línea de producción, orientándose al cambio de equipos y/o herramienta por modelo. Esto proporciona ventajas competitivas, por el aumento de productividad, al fabricar una gran variedad de productos por lotes. Se basa en identificar actividades de valor agregado y de no valor agregado, con el objetivo de reducir y/o eliminar los tiempos muertos generados durante los cambios del modelo; permitiendo la producción de lotes más pequeños de distintos productos y reducción de tiempos de entrega e inventarios. En la figura 15 se representa el funcionamiento de esta herramienta.

Figura 15: Cambios de modelo de forma tradicional vs. Cambios de modelo con SMED



Fuente: Imagen de internet.⁴⁵

SMED propone que para reducir los tiempos de cambio se deben identificar las actividades para realizar el cambio, registrar los tiempos y separar las actividades internas de las externas.

- Internas: Aquellas actividades de valor agregado para el cambio, por ejemplo, apagar y abrir máquina, acoplar, desacoplar, cerrar máquina, etc.
- Externas: Aquellas actividades que no son de valor agregado para el cambio, por ejemplo, búsqueda de herramental, desplazamientos, limpieza, ajustes, etc.

Se considera una metodología ya que se establece un proceso, en el que la secuencia es

⁴⁴ Cruz, J. y M. H. Badii UANL (2004). SMED: El camino a la flexibilidad total. Cd. Universitaria, San Nicolás, N. L., México.

⁴⁵ <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>

importante y que se presenta a continuación:

- a) Observar y medir el tiempo de todas las actividades realizadas por el operador para hacer el cambio.
- b) Identificar qué actividades generan tiempos muertos en el cambio.
- c) Definir acciones para convertir estas actividades en Externas. Pueden utilizarse:
- d) Ayudas Visuales.
- e) Estándares de trabajo y limpieza.
- f) Implementación de poka yoke's para reducir los tiempos de ajustes, entre otros.

La flexibilidad de operación depende en gran medida de la capacidad que tiene el sistema de operación de poder producir de una manera ágil y económica, productos y servicios, en el menor tiempo de respuesta y SMED es una alternativa interesante a implementar.

La evaluación del costo total de producción considera la demanda, el costo de set up, el costo de mantener el inventario y los tiempos de ciclo (piezas/unidad de tiempo); con lo cual se puede determinar matemáticamente el punto de equilibrio económico de una corrida de producción y sus costos asociados. El costo de total de producción puede disminuir al reducir el tiempo de set up, impactando en la organización como un factor de competencia⁴⁶.

2.2.1.2.2 Kanban (Tarjetas)

Es un método que orienta la adaptación de las diferentes etapas de sus flujos logísticos a la demanda, a partir de organizar las líneas de producción. Los requisitos de fabricación y manipulación durante la producción se realiza por medio de un sistema de tarjetas que se adhieren a los contenedores o pallets que transporta el material en el proceso; permitiendo gestionar de manera efectiva la cantidad, operaciones y tiempo requeridos. Las tarjetas contienen información específica para cada proceso y actúan como testigo del proceso de producción⁴⁷.

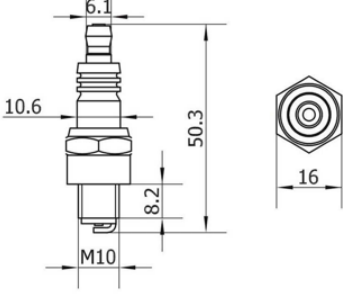

Existen distintos tipos de Kanban; ordinario, que se utiliza para dar una instrucción al proceso; y por lotes, que se utiliza como disparador para que el proceso de producción inicie con un nuevo lote de productos. Al contar con un sistema Kanban, el producto se produce en base en una demanda, generando un flujo de tipo Pull, con lo cual se reducen los inventarios, sobreproducción, etc. Kanban puede funcionar también como liberador de piezas si se diseña para dicho fin o como indicador de flujo para lotes de producto no conforme. (CiLi, 2020)

⁴⁶ Cruz, J. y M. H. Badii UANL (2004). SMED: El camino a la flexibilidad total. Cd. Universitaria, San Nicolás, N. L., México.

⁴⁷ Ebook_Introducción a Lean_Toyota - <https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/5368214/Ebook%20-20Introducci%C3%B3n%20a%20Lean%20-%20Final.pdf>

La tarjeta Kanban debe cumplir con ciertas características para comunicar los requerimientos de manera efectiva. La figura 16 presenta un ejemplo de esta tarjeta, orientada a la producción por lotes.

Figura 16: *Diseño de Tarjeta Kanban de producción*

KANBAN			
LOTE PIEZAS TIPO: A	No. KANBAN	1/6	
	Ayuda visual		Tamaño de lote
			Piezas por caja
			Cajas por lote
			Tiempo de Producción
			Loc. en tienda
			Loc. partes terminadas
	Código de parte para lote		
			

Fuente: Elaboración propia. Ejemplo de Tarjeta Kanban en la producción de bujías, con ayuda visual y código de barras para trazabilidad del lote.

No existe un formato único de tarjetas Kanban, depende de las necesidades y requerimientos del proceso, pero sobre todo de la dificultad técnica de producción y requerimientos de calidad de cada producto. En el ejemplo de la figura 16 se observa que la tarjeta Kanban contiene: el dibujo técnico del producto o pieza (en la ayuda visual), información de la cantidad de piezas que se deben fabricar en el lote, el número de Kanban (que se refiere la etapa del proceso y las que faltan), el tiempo de producción en esa operación y el código de barras para la trazabilidad del lote.

La ventaja del método es que en cada estación de trabajo el operador identifica qué operaciones se han ejecutado en el producto y cuáles le faltan, mejorando el manejo de materiales, los inventarios, las operaciones y la comunicación interna entre los operadores.

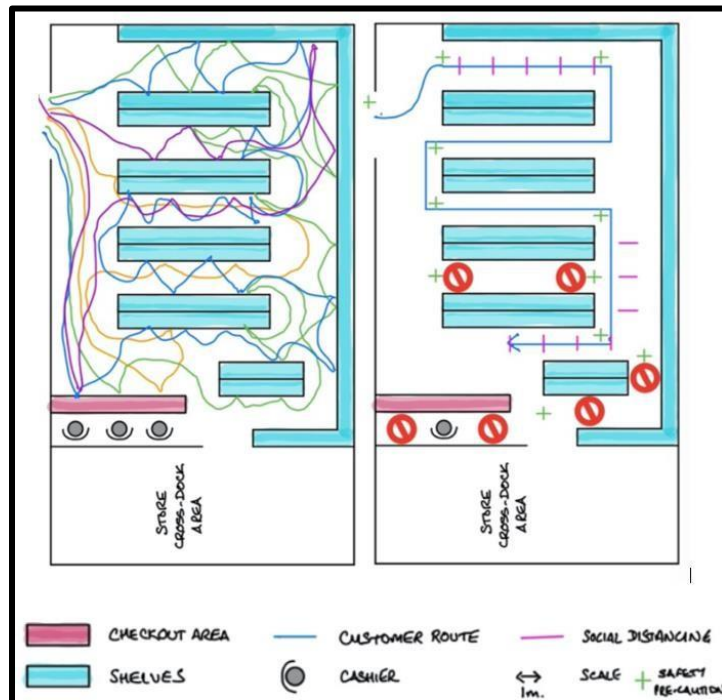
2.2.1.2.3 Diagrama de Espaguetti

Los tiempos y movimientos en un proceso son uno de los desperdicios ocultos con mayor oportunidad, que generan impacto económico considerable a los costos de producción. El Diagrama de Espaguetti es una representación gráfica del movimiento o desplazamientos físico de recursos, tales como personas, productos, documentos y materiales a través de un proceso para identificar y eliminar los desperdicios de tiempo y movimientos (Melgar, 2018). Esta

herramienta ayuda también a identificar ineficiencias y oportunidades en el acomodo de las máquinas en el área de trabajo.

En la figura 17 se muestra un ejemplo de un diagrama de Espagueti en estado actual y estado futuro para optimizar los movimientos de las personas dentro de una tienda, guardando una distancia determinada.

Figura 17: Diagrama de Espagueti



Fuente: Lean Institute Colombia (2020). Ejemplo de diagrama de espagueti para realizar un estudio de tiempos y movimientos.⁴⁸

Para realizar un diagrama de Espagueti se debe:

- Obtener un plano del área de trabajo, que incluya las máquinas, almacenes y demás partes que forman parte de la línea.
- Observar el movimiento que hace cada recurso y trazarlo en el plano.
- Calcular la distancia total viajada de los recursos.
- Analizar la situación para optimizar tiempos y movimientos, buscando largas, movimientos extras y tiempos de entrega elevados, etc.

Establecer cambios en el recorrido de los recursos para optimizar los movimientos. Si es

⁴⁸ Lean Institute Colombia. <https://institutolean.co/usando-el-diagrama-de-espagueti-en-la-norma-de-distancia-social-del-covid-19>

posible cambiar el acomodo de las máquinas, de tal manera que se reduzca la distancia recorrida por los recursos.

2.2.1.2.4 Sistema Visual y Auditivo ANDON

Es un sistema de alarma visual y auditiva que funciona a base de lámparas tipo semáforo. Este sistema avisa en caso de presentarse una condición anormal en el proceso; es decir, una situación donde se requiere alguna acción correctiva o preventiva. Este sistema agiliza la resolución de los problemas que se pudieran presentar en el proceso. (CiLi, 2020)

También se puede presentar como un panel que muestra, en tiempo real, la información de la producción; que funciona como un recordatorio del cumplimiento de objetivos y su progreso y atraso por anomalías. No sólo es un sistema de señal de emergencia; el panel es una herramienta de soporte y visualización de centro de problemas, que debe promover el análisis de la causa raíz de estos problemas y la propuesta de soluciones duraderas. Cuando se presentan anomalías complejas se deben formar equipos multidisciplinarios, que informan constantemente los avances del análisis y solución(es) de forma abierta⁴⁹.

La información general que puede presentar un panel de Andon es: objetivo diario, cumplimiento del objetivo real, estado de la producción en el momento, tiempo total de paradas, número de posiciones con problemas, alarmas encendidas en estaciones de trabajo, entre otros, dependiendo de cada tipo de empresa y proceso.

Existen distintos tipos de Andon: *de llamado* - para solicitar material, *de emergencia* - avisa al supervisor sobre situaciones anormales en la operación y *de operación* - que muestra el estatus actual del proceso. En la figura 18 se muestra el principio de funcionamiento de un sistema Andon.

Figura 18: Sistema Andon



⁴⁹ Ebook_Introducción a Lean_Toyota - <https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/5368214/Ebook%20-%20Introducci%C3%B3n%20a%20Lean%20-%20Final.pdf>

*Fuente: Lean Construction México, 2020. Andon – Control visual.*⁵⁰

Con este sistema implementado, en cuanto ocurra alguna anomalía, una lámpara se debe encender, ya sea por el operador o de manera automática, para que el responsable de la línea acuda a atender la situación presente.

Este sistema está muy relacionado con la disponibilidad del área de mantenimiento, quienes forman el primer nivel de respuesta cuando se enciende el semáforo. Las actividades de planeación de mantenimiento preventivo y predictivo, con el apoyo de la IoT (internet de las cosas), ayudan a anticipar las anomalías de las máquinas; reduciendo los tiempos de inactividad o muertos.

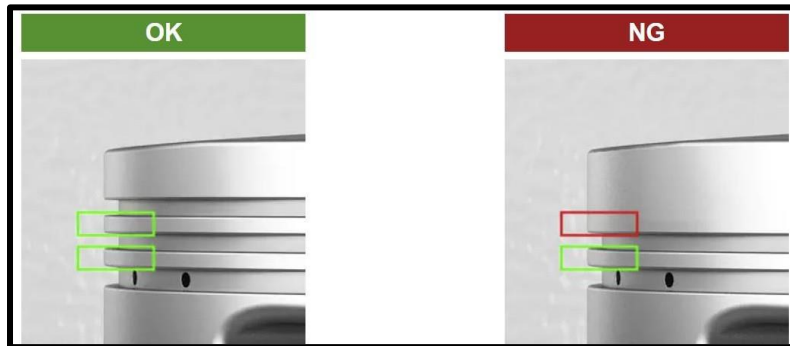
2.2.1.2.5 Dispositivos Poka Yoke

En un proceso se pueden presentar defectos de calidad; por lo que se deben incorporar metodologías robustas para reducir el riesgo de fabricar productos defectuosos, que impacte en la competitividad del negocio. Se le denomina Poka Yoke a cualquier técnica o dispositivos diseñado para evitar errores en la operación, de tal manera que en el proceso se permita sólo una forma de realizar la acción. (CiLi, 2020); es decir, el Poka-Yoke es un dispositivo sencillo, integrado en máquinas-herramienta, herramientas y equipos, que permite evitar errores de fabricación y cumplir con los objetivos de “cero defectos”. Se suelen distinguir dos tipos: *de prevención* - evita que el operador se equivoque y *de detección* - detecta el proceso o producto que ya contiene un defecto.

Los Poka Yoke no tienen un formato predefinido, por lo que se debe buscar el que más se adapte al proceso y los alcances del fabricante. Algunos ejemplos son: moldes, guías, sistemas electrónicos con sensores, entre otros. En la figura 19 se presenta un ejemplo de dispositivo Poka Yoke en la industria automotriz. Por medio de un sensor que detectan las ranuras de la una cabeza del pistón; si el sistema está programado para que el pistón tenga tres ranuras (imagen de la izquierda), el sensor mandará una señal de error cuando detecte que un pistón tiene menos ranuras (imagen de la derecha). Los sensores en este caso se utilizan para verificar que el programa de inspección y el tipo de producto coincidan mediante la detección del tipo de pistón, de acuerdo con el número de ranuras en el producto, lo que ayuda a eliminar errores.

⁵⁰ Lean construction México. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/andon-control-visual-que-son-y-que-tipos-y-ejemplos-de-aplicaciones>

Figura 19: Sistema Poka Yoke, para la identificación de tipo de pistón



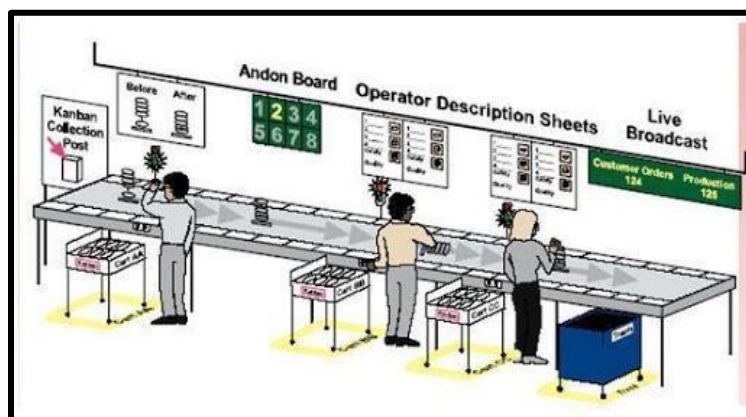
Fuente: Keyence (2020).⁵¹

Los dispositivos Poka Yoke eliminan la inspección operativa y determinación de tamaño de muestreo por lotes, ya que valida todos los productos; asegurando el cumplimiento de especificaciones del producto y mejorando la satisfacción/relación con el cliente.

2.2.1.2.6 Gestión Visual

Su finalidad es brindar ayuda visual para realizar un proceso o tarea de manera estandarizada. Utiliza imágenes o secuencia de imágenes, que refieren a una operación o actividad, que se entienden con facilidad para que el operador no invierta mucho tiempo analizándolas; asimismo, con la gestión visual se pretende la estandarización de las actividades, de tal forma que cualquier persona que visite el área entienda que se debe realizar (ver fig. 20).

Figura 20: Gestión visual en una línea de producción



Fuente: Imagen de internet⁵².

En la figura anterior se observan distintos tipos de ayudas visuales en un área de trabajo

⁵¹ <https://www.keyence.com.mx/ss/products/vision/iv-casestudy/example/automotive/piston.jsp>

⁵² <http://www.angelantonioromero.com/la-gestion-visual/>

2.2.1.2.7 Recorridos Gemba

Gemba Walk (o Gemba) son recorridos por el área productiva que sirven para identificar las variaciones contra estándares que pudieran existir, así como determinar la causa o causas raíz que generan algún problema. Al hacer un Gemba se debe observar que se sigan los estándares establecidos de mantenimiento de equipos, orden y limpieza (con base en 5 S's), flujo de materiales y cumplimiento de indicadores. (CiLi, 2020).

Antes de hacer un Gemba, es importante que se preparen preguntas específicas dirigidas al personal del área acerca de sus procesos. Estas preguntas ayudarán a identificar si los estándares antes mencionados se cumplen o si existe algún tipo de variación o desperdicio. La preparación es lo más importante, si se va a piso sin un fin en mente y estándar en mano de nada servirán los recorridos. En la figura 21 se presenta una imagen representativa de un recorrido Gemba; donde participa personal de diferentes áreas de la organización, que ya recibieron la capacitación correspondiente o que están en proceso de aprendizaje.

Figura 21: *Recorridos Gemba en una fábrica*



*Fuente: Imagen de internet*⁵³

Para realizar un recorrido Gemba se recomienda lo siguiente:

- a) **Preparar:** Debe definirse el área del recorrido, preparar preguntas y tener listos los estándares de trabajo que se han definido en el área para tomarlos como referencia.
- b) **Ejecutar:** Se debe ir al “campo de batalla” donde las cosas ocurren y donde los defectos tienen lugar. Se debe basar en los estándares de trabajo y utilizar las preguntas que se

⁵³ <https://www.academialeansigma.com/blog/gemba-walks-como-no-debes-hacerlos/>

prepararon previamente. Se deben tomar fotos o video como evidencia y registrar las observaciones o hallazgos. Siempre mostrando respeto. Preguntar, escuchar y aprender lo que el personal dice, ya que ellos son los que más tiempo pasan en el área de producción.

- c) **Mantener:** En caso de encontrar algo que necesite una acción correctiva o preventiva, definir qué acción será, delegar un responsable y agregarla al formato de Estándar de Trabajo para que se haga de manera frecuente. Esto para disminuir la ocurrencia del problema.

2.2.1.2.8 Metodología cinco S's (5S)

Es una metodología de estandarización orientada al orden y la limpieza, que pretende mejorar la productividad y desempeño en las áreas administrativas y de manufactura de una organización y que es base para implementar el modelo *Lean Manufacturing*. Su nombre se debe al acrónimo en japonés de cada uno de sus cinco etapas (CiLi, 2020), las cuales son:

- **Seiri:** Separar, diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios de uso diario en el lugar de trabajo.
- **Seiton:** Ordenar, Poner todos los elementos necesarios en orden.
- **Seiso:** Limpiar, Mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo.
- **Seiketsu:** Estandarizar, consiste en mantener lo que se ha logrado con las 3 primeras S. Si no existe un proceso para conservar lo que se ha conseguido en las etapas anteriores, posiblemente se vuelvan a acumular elementos innecesarios en el área de trabajo. Esta S se puede implementar con ayuda de gestión visual.
- **Shitsuke:** Mantener, la última S establece que se debe fomentar la cultura de la autodisciplina dentro de la empresa para que se logre mantener el orden logrado con las otras 4 S's.

Es una de las metodologías más importantes en la implementación de *Lean Manufacturing*, ya que construye el hábito de la estandarización (ver figura 22), además de que es el puente directo con la mejora continua.

Figura 22: Antes y después de aplicar 5 S's en un área de trabajo



Fuente: Imagen de internet⁵⁴

La figura anterior presenta el antes y el después de la aplicación de las 5 S's en una fábrica.

2.2.1.2.9 Estándar de Trabajo

Para que un proceso sea efectivo debe tener un estándar en el cual basarse. El estándar de trabajo es método el por el cual se elimina la variación, desperdicio y el desequilibrio en el proceso, realizando las operaciones con mayor facilidad y rapidez. Se trata de un documento que establece los pasos para realizar una actividad, mencionando herramientas, equipo, y en ocasiones, duración. Para realizar un estándar de trabajo, se necesita:

- a) Conocer el proceso y todas las actividades que se realizan en él
- b) Registrar el tiempo que toma realizar cada una de las actividades con los operadores, y establecer un promedio como tiempo estándar.
- c) Establecer la frecuencia de dicha actividad
- d) Establecer la herramienta y máquina o equipo con la cual se realiza dicha actividad
- e) Generar apoyos visuales para facilitar el trabajo en los operadores y reducir la variación en la actividad. (CiLi, 2020).

2.2.1.3 Herramienta para la evaluación del desempeño de procesos

Cuando se recolectan los datos de las mediciones, se necesita hacer un análisis para comprobar que su comportamiento es el esperado y, en caso contrario, tomar acciones para contrarrestar estas variaciones. Para lograr este fin, es posible llevar un control mediante un

⁵⁴ <http://www.webtecnosoft.es/category/tecnosoftpedia/lean-manufacturing-tecnosoftpedia/?i=1>

sistema de charting o gráficos, el cual permite monitorear en tiempo real las variaciones de los productos fabricados en este sistema, para así determinar si el sistema con el que se fabrican estos productos se comporta como se esperaba.

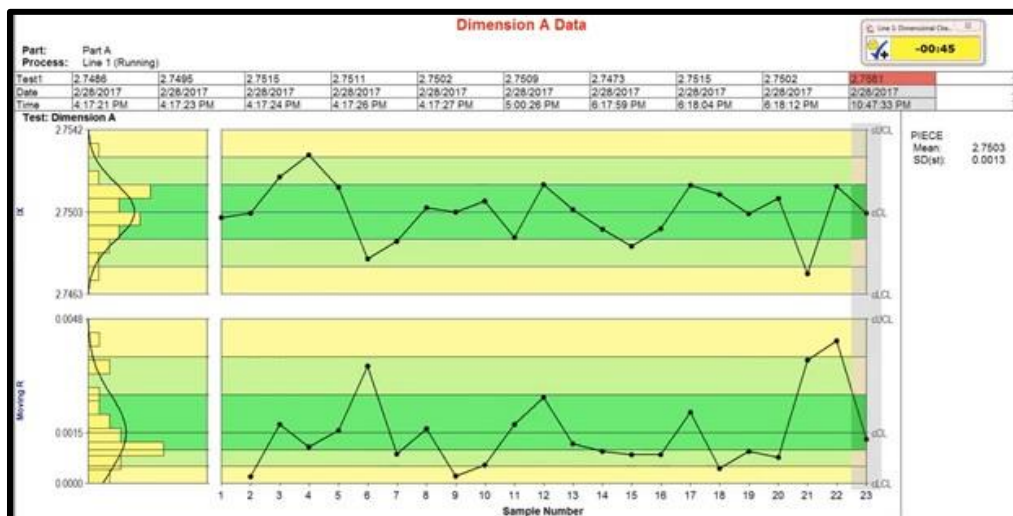
2.2.1.3.1 Charting

El charting (o cartas de control) es un conjunto de herramientas gráficas que permiten controlar el desempeño de un proceso. De acuerdo a lo explicado en la sección 2.1.1, al controlar una variable “X” de un proceso se obtiene una variable “Y” determinada. Entiéndase a las “Y” como indicadores de desempeño (KPI’s) y a las “X” como los factores que afectan a estos indicadores.

Estos gráficos muestran el comportamiento del proceso respecto a los indicadores KPI’s. Con el charting se pueden tomar decisiones acertadas prevenir problemas por la detección de las variaciones. (CiLi, 2020).

Para implementar un sistema de charting primero se debe conocer el valor esperado de los KPI’s, así como sus límites máximo y mínimo, lo cual se define en la parte de planeación. Posteriormente se debe elegir el gráfico adecuado para el monitoreo del proceso, asignar un responsable y definir la frecuencia de la toma de datos. Los gráficos más comúnmente usados para monitorear el proceso son los gráficos de líneas y los gráficos de dispersión, aunque no se limita a estos dos. En la figura 23 se muestra un ejemplo de Charting de proceso.

Figura 23: *Charting del desempeño de un proceso*



Fuente: Imagen de internet⁵⁵. Software InfinityQS para control estadístico.

⁵⁵ <https://www.infinityqs.lat/products/proficient/proficient-add-on-products/control-chart-dashboard>

En la figura anterior se observa la imagen de un charting, donde se puede monitorear el comportamiento del proceso, a través de plasmar los valores de variables medidas, a través del tiempo.

2.2.1.4 Herramientas para la solución de problemas y toma de acciones

Cuando se presenta un problema se debe realizar un ejercicio de análisis de causa raíz para identificar la(s) causa(s) que orienten a la toma de acciones correctivas, pero sobre todo preventivas, para eliminar la generación de producto no conforme.

Las herramientas 5W2H y diagrama de Ishikawa son las que más se aplican y han demostrado su efectividad bajo un trabajo multidisciplinario. Como resultado del análisis de la causa raíz del problema se debe considerar la toma de acciones preventivas, correctivas y de mejora, y documentarlo detalladamente para realizar dichas acciones. Esto último, se puede realizar con un informe A3.

2.2.1.4.1 Técnica de cinco “¿Por qué?” y dos “¿Cómo?” (5W2H)

Es una técnica utilizada para definir un problema de forma clara y concreta, mediante el uso de siete preguntas clave para facilitar la comprensión del mismo.

Es una herramienta muy simple y efectiva, ya que permite profundizar en el problema para identificar la causa raíz y proponer alternativas de solución. Recibe su nombre por las iniciales de cada pregunta en inglés; “What?”, “When?”, “Where?”, “Who?”, “Why?”, “How?”, “How much?”. Se recomienda utilizar esta herramienta para el análisis de causa raíz, como el diagrama de Ishikawa, ya que facilita el análisis.

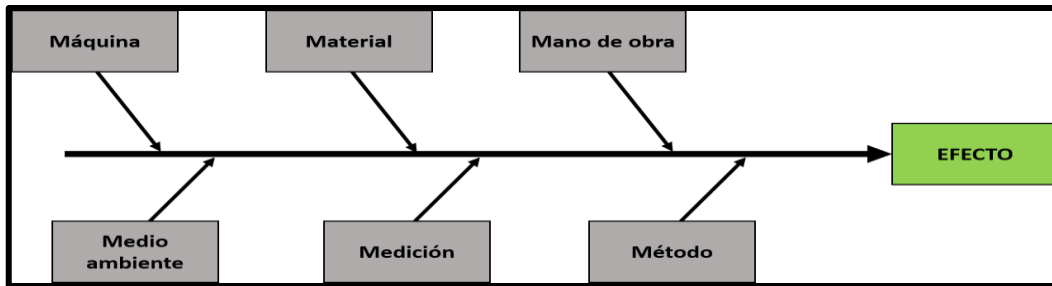
2.2.1.4.2 Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta gráfica que se obtiene de una lluvia de ideas (por portación de expertos o de quienes cuentan con experiencia), en la que se enlistan de una manera organizada todas las posibles causas de un determinado efecto; con lo cual resulta más fácil separar los problemas y las oportunidades de mejora.

Al diagrama de Ishikawa también se le conoce como “diagrama de espina de pescado”, ya que la distribución gráfica del análisis hace recordar esta figura. Para realizar un diagrama de Ishikawa se debe enunciar las posibles causas de un problema según la categoría que se esté analizando. Se consideran 6 categorías para realizar el análisis y son: Métodos, Mano de obra,

Material, Medición, Medio ambiente y Maquinaria (ver figura 24).

Figura 24: Diagrama de Ishikawa



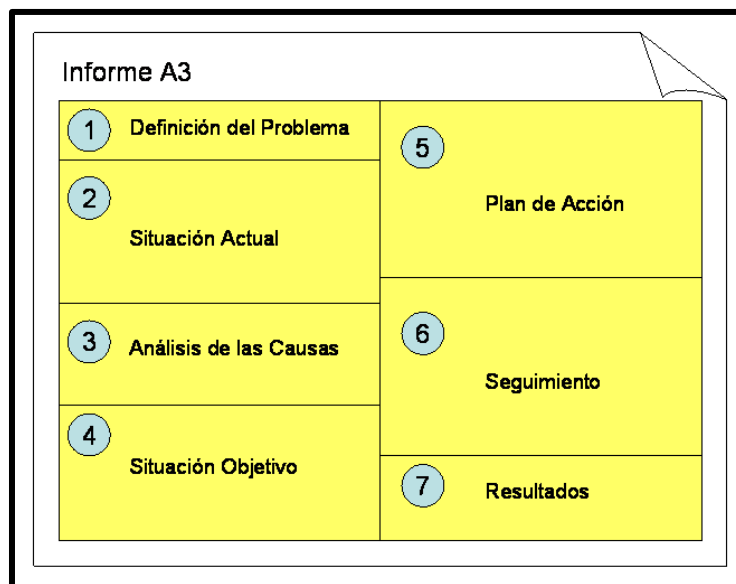
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra un diagrama de Ishikawa con las 6 categorías M

2.2.1.4.3 Informe A3

Es una técnica utilizada para gestionar, documentar y comunicar un plan de acción para la mejora de un proceso o la solución de un problema, en una hoja tamaño A3. Esta herramienta es adecuada para alinear los esfuerzos de la organización en la mejora continua y generar una cultura de solución de problemas para brindar mejoras sustentables, también para reducir el tiempo invertido en investigar y dar solución a un problema (CiLi, 2020). En la figura 25 se muestran los 7 pasos para realizar un informe A3 y cómo se documentan en una sola hoja.

Figura 25: Estructura del informe A3



Fuente: Imagen de internet⁵⁶

⁵⁶ <https://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/04/el-informe-a3-de-toyota/>

Como se observa en la figura anterior, para realizar un informe A3 se deben seguir 7 pasos, que son:

- 1) Antecedentes: Definición clara y concisa del problema, es proporcionar la información necesaria para contextualizar el problema.
- 2) Situación actual: Cuantificar el problema, representando datos reales, utilizando porcentajes, costos, tiempo, etc.
- 3) Análisis causa raíz: Utilizar técnicas para llegar a la causa raíz del problema.
- 4) Meta / objetivo: Mostrar la situación a la que se desea llegar con este proceso, incluyendo los indicadores a utilizar para verificar el desempeño.
- 5) Mejora propuesta/plan de acción: Describir qué medidas tomaremos para eliminar la causa raíz del problema. Son acciones concretas, con fechas, responsables (Diagrama de Gantt).
- 6) Seguimiento / control Define prácticas que garanticen la sustentabilidad de la mejora, validando beneficios.
- 7) Resultados: Qué se logró y de qué manera beneficia a la organización

CAPÍTULO 3. INTEGRACIÓN DEL MODELO LEAN MANUFACTURING CON EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD CON BASE EN LA NORMA IATF 16949:2016, PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Desde el primer capítulo se ha comentado que es una “estrategia gerencial” la implementación de metodologías orientadas a la Mejora Continua; por lo que la decisión de cuál seleccionar depende de dos factores principalmente: primero, la validez del análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la organización (desde una visión de negocio) y segundo, el cumplimiento de los requerimientos contractuales con los clientes (considerando la flexibilidad operativa y comercial) que le permitan a la organización una orientación a la competitividad y globalización.

La implementación de la filosofía de la Mejora Continua en una organización, es un proceso que requiere tiempo para validar la efectividad y eficacia de las acciones involucradas; además, como se presentó en el capítulo anterior, cada metodología define sus propios requerimientos. El dominio y la experiencia de quienes coordinan la implementación de estas metodologías son factores importantes para el logro del arraigo y permeación de la filosofía en toda la organización.

En el concepto de Administración Total de la Calidad (TQM), la organización debe identificar los procesos internos y externos necesarios para lograr la satisfacción del cliente por el producto o servicio que recibe. En los procesos internos se identifica la interrelación entre los departamentos o áreas y en los procesos externos se considera a las partes interesadas como: proveedores, entidades gubernamentales de cualquier orden, entidades de internacionales, entidades de certificación, consejo directivo, empleados, comunidad y hasta el mismo cliente.

El sector automotriz no es la excepción y menos es este entorno de aumento de ventas en línea (e-commerce), en el que se necesita personalizar automóviles en los tiempos definidos y con los requerimientos de “calidad” e “innovación” que el mercado demande; por ello, los fabricantes automotrices internacionales deben asegurar la participación y cumplimiento estricto de la cadena de proveeduría, la cual cada vez debe ser más especializada (técnica y tecnológicamente), flexible, rápida y de bajos costos, sin sacrificar calidad por precio.

La industria automotriz realiza un trabajo muy fuerte de selección, evaluación y re-evaluación de todos y cada uno de los proveedores, a quienes ha clasificado por el tipo de producto o servicio que entrega. Los acuerdos contractuales y comerciales con los proveedores incluyen certificaciones que demuestren su capacidad (en el sentido amplio) de cumplir, de forma

constante y permanente, con los requerimientos definidos; además, es necesario demostrar el las oportunidades de mejora detectadas e implementadas, así como los resultados e impacto para la sostenibilidad del negocio.

La implementación del Sistema de Gestión de la Calidad (en base a la Norma IATF 16949:2016) y el modelo *Lean Manufacturing* se han convertido en requisitos contractuales para los proveedores, que han realizado esfuerzos e invertido tiempo y dinero para el logro de la implementación de forma individual, por el nivel de complejidad que para cada quien ha representado.

La falta de experiencia en la implementación de la Mejora Continua y el aumento de recursos involucrados han detenido la iniciativa de los proveedores del sector automotriz (sobre todo la pequeña y mediana empresa) para participar activamente con las plantas armadoras automotrices internacionales; quienes han aumentado el grado de exigencia no sólo para la selección del proveedor sino para su permanencia a largo plazo.

Esta propuesta de integración del Sistema de Gestión de la Calidad (en base a la Norma IATF 16949:2016) y el modelo *Lean Manufacturing* está orientada no sólo a los beneficios propios en la organización; sino que, además, pretende ser de apoyo para quienes requieran demostrar la conformidad con los requisitos de selección y evaluación como proveedores en el sector automotriz.

3.1 Principios de la Integración

La implementación metodológica de la familia de normas ISO 9000 (en cualquier producto y empresa de cualquier tamaño), el análisis de las mejores prácticas y de las lecciones aprendidas internacionales, la detección de exceso de recursos, la necesidad de múltiples certificaciones, la aparición de nuevas metodologías orientadas a la Mejora Continua, el enfoque de procesos, la idea de la “aldea global”, entre otros, fueron causas por las que los comités técnicos y directivos de la *International Organization for Standardization* (ISO) visualizaron la necesidad y urgencia de integrar los sistemas de gestión, desde principios de este siglo⁵⁷.

La Norma ISO 9001:2015 incluye en su redacción, en la sección “0.4 Relación con otras normas del Sistema de Gestión” que “el enfoque a procesos en conjunto con el ciclo PHVA y el pensamiento basado en riesgos permiten la alineación o integración del Sistema de Gestión de la Calidad con otras normas”. Esto permitió el ejercicio de conocer y comprender las semejanzas

⁵⁷ La integración de sistemas de gestión, opción para la competitividad en las organizaciones
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6315/1/COL0082009-2013-1-GC.pdf>

y diferencias entre los temas que se pretenden relacionar; con ello apareció el término “Sistema de Gestión Integrado” que consideró como beneficio: evitar la duplicidad de esfuerzos y recursos que conlleva la gestión de sistemas, de manera independiente.

La ISO, en algún momento, consideró la creación de una norma que estableciera los requisitos para la integración de sistemas de gestión (principalmente de la Calidad⁵⁸, Ambiental⁵⁹, Seguridad y Salud Ocupacional⁶⁰); sin embargo, no ha presentado algún trabajo relacionado con ello por parte de sus comités técnicos y directivos. La integración de sistemas de gestión debe adecuarse a las necesidades, recursos y requerimientos de cada organización y entorno; pero se han presentado estándares de carácter nacional para normalizar este proceso; ejemplo de ello es: Noruega - NTS (1996)⁶¹, Australia y Nueva Zelanda - AS/NZS 4581:1999⁶², Reino Unido – HB 10190:2000⁶³ y PAS 99:2006⁶⁴, Dinamarca - DS 8001:2005⁶⁵, España – UNE 66177:2005⁶⁶.

Algunos aspectos integradores que se han identificado son: fundamentos de gestión comunes (orientación a la Mejora continua, el ciclo PHVA, enfoque de procesos, análisis de riesgos, prevención, estandarización, entre otros), normas de referencia con requisitos análogos y estructuras comunes, tendencia a Modelos de Calidad Total y Excelencia Empresarial.

Los primeros intentos de integración no fueron fáciles ya que se presentaron algunas dificultades, tales como: aumento en la burocracia institucional, manejo de grandes cantidades de documentos, trabajo adicional paralelo y similar, menor eficiencia de recursos, pérdida de la visión global, desmotivación laboral por el aumento de trabajo por el mismo salario.

La integración de sistemas de gestión considera una planeación que incluya la documentación de:

- a) Los beneficios esperados, con un enfoque costo/beneficio para la organización y considerar que puede conllevar cambios funcionales, consumo de nuevos recursos, nuevas estimaciones de tiempo, planteamiento de inversiones alternativas de gestión

⁵⁸ De acuerdo a la Norma ISO 9001:2015

⁵⁹ De acuerdo a la Norma ISO 14001:2015

⁶⁰ De acuerdo a la Norma ISO 45001:2018

⁶¹ Management Principles for Enhancing Quality of Products and Services, Occupational Health and Safety, and the Environment, Draft Norwegian Standard, Norwegian Technology Standards Institution, Oslo.

⁶² Management system integration – guidance to business, government and community organizations.

⁶³ IMS: The framework (Integrated Management Systems Series).

⁶⁴ Specification of common management system requirements as a Framework for integration

⁶⁵ Management Systems – Directives on developing an Integrated Management System.

⁶⁶ Integración de Sistemas de Gestión.

directivo, entre otros.

- b) Análisis del contexto, aplicando una evaluación diagnóstica del grado de implementación de lo existente, incluyendo un estudio del impacto de la integración; además hay que reconocer el tipo de cultura y estructura organizativa, su nivel de madurez o capacidad para la gestión por procesos (como experiencia y eficacia en el uso de los sistemas y herramientas de gestión), nivel de competencias del personal de la organización, nivel de complejidad de las necesidades y expectativas de clientes y otras partes interesadas actual y futura.
- c) Identificación de los procesos de la organización y sus interacciones, que permita evaluar el nivel de riesgo, debido a incumplimientos legales o contractuales en el proceso de integración.

Lo anterior orientará a la selección del método de integración:

- a) **Método Básico.** Es un método que requiere una inversión pequeña, a cambio produce resultados importantes en el corto plazo gracias a la simplificación documental y a la gestión integrada de algunos procesos; además es la más recomendable para aquellas empresas que no tienen experiencia en la gestión por procesos.
- b) **Método Avanzado.** Este método se alcanzará a medio plazo y exige de la organización cierta experiencia y madurez de la gestión por procesos, para la implementación eficaz.
- c) **Método Experto.** Supone extender la integración de sistemas de gestión por procesos existentes a otras áreas por estandarización, sin inversiones adicionales; pero requiere de organizaciones con una gran experiencia en la gestión por procesos.

Otros elementos a considerar son: **modelos de integración** (en base a un único estándar, en base a estándares y buenas prácticas internacionales o con un enfoque basado en procesos), **nivel de integración** (por alineación, combinación o integración total) y los **modos de integración** (por políticas, procesos, documental, cultural u operativa); que también dependen de la experiencia y madurez de la organización.

En la planeación de la implementación se debe documentar como un proyecto, anunciando la formación de un equipo de trabajo, que considere responsables de distintos departamentos o áreas, quienes den seguimiento a: el plan, la secuencia de las fases del proyecto, el cumplimiento de los objetivos definidos, las limitaciones presentes, las oportunidades o necesidades de cambios, entre otros.

Con la evolución de la gestión de la calidad se ha dejado de considerarle como un método para evitar las reclamaciones de clientes insatisfechos, cada vez más se identifica como un medio de mejora permanente en los procesos de toda la organización. Los consultores, expertos en el tema, identificaron la necesidad de reforzar el tema de la gestión de la calidad con otras metodologías que han surgido y que por los beneficios presentes se identifican como “Buenas Prácticas” internacionales, como: el despliegue de las funciones de calidad (QFD) que se aplica para el diseñan productos, diseño estadístico de experimentos (DEE) para modelar matemáticamente los cambios, análisis modo de falla y efectos (AMEF) para prevenir fallas en el diseño y desarrollo de procesos de manufactura, control estadístico de proceso (CEP), Jidoka y Poka Yoke para control de la producción, del entre otras; que están enfocadas a la competitividad internacional, respondiendo a cambios en el mercado y a fluctuaciones sociales, políticas, económicas y financieras soportadas en la innovación y en las tecnologías autogestivas⁶⁷.

Por otra parte, la International (IATF) presenta, en la página electrónica⁶⁸ oficial, los requisitos específicos de los clientes que se debe tener en cuenta por parte de la cadena de proveeduría. El análisis de estos requisitos orienta al cumplimiento de la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad en base a la norma IATF 16949:2016 y a herramientas del modelo *Lean Manufacturing*. La secuencia que se consideró para esta propuesta de integración se explica a continuación:

Primero, se hizo un análisis exhaustivo de la Norma IATF 16949:2016, con el fin de comprender la manera en que sus apartados interactúan con base en el ciclo PHVA, para establecer la Mejora Continua dentro de una organización. Asimismo, se analizó la participación de las Core Tools dentro de la norma, identificando los apartados en los que se hace referencia a ellas y de qué manera estas se orientan para cumplir con los lineamientos. Se determinó que las Core Tools, orientadas al cumplimiento de la norma IATF 16949:2016, no se aplican de manera aislada sino más bien en conjunto dentro de un ciclo de Mejora Continua, como se mostró en la figura 7.

Por otra parte, se realizó una profunda investigación sobre el modelo *Lean Manufacturing*; se explicó la manera en la que las herramientas de este modelo se pueden aplicar para establecer la Mejora Continua en los procesos de la organización, reduciendo recursos y eliminando desperdicios.

Tomando en cuenta que, tanto la Norma IATF 16949:2016 (incluyendo las Core Tools)

⁶⁷ Agudelo, L. F. (2012). “Evolución de la gestión por procesos. Bogotá”: Contacto Grafico Ltda. Colombia.

⁶⁸ <https://www.iatfglobaloversight.org/oem-requirements/customer-specific-requirements/>

como el modelo *Lean Manufacturing* se basan en un ciclo de Mejora Continua, y recordando que en la industria automotriz es requisito para los fabricantes de autopartes incluir ambas metodologías en su planeación estratégica para convertirse en proveedores, se puede pensar en la integración de una con la otra, con el fin de reducir los recursos necesarios para el cumplimiento de ambas.

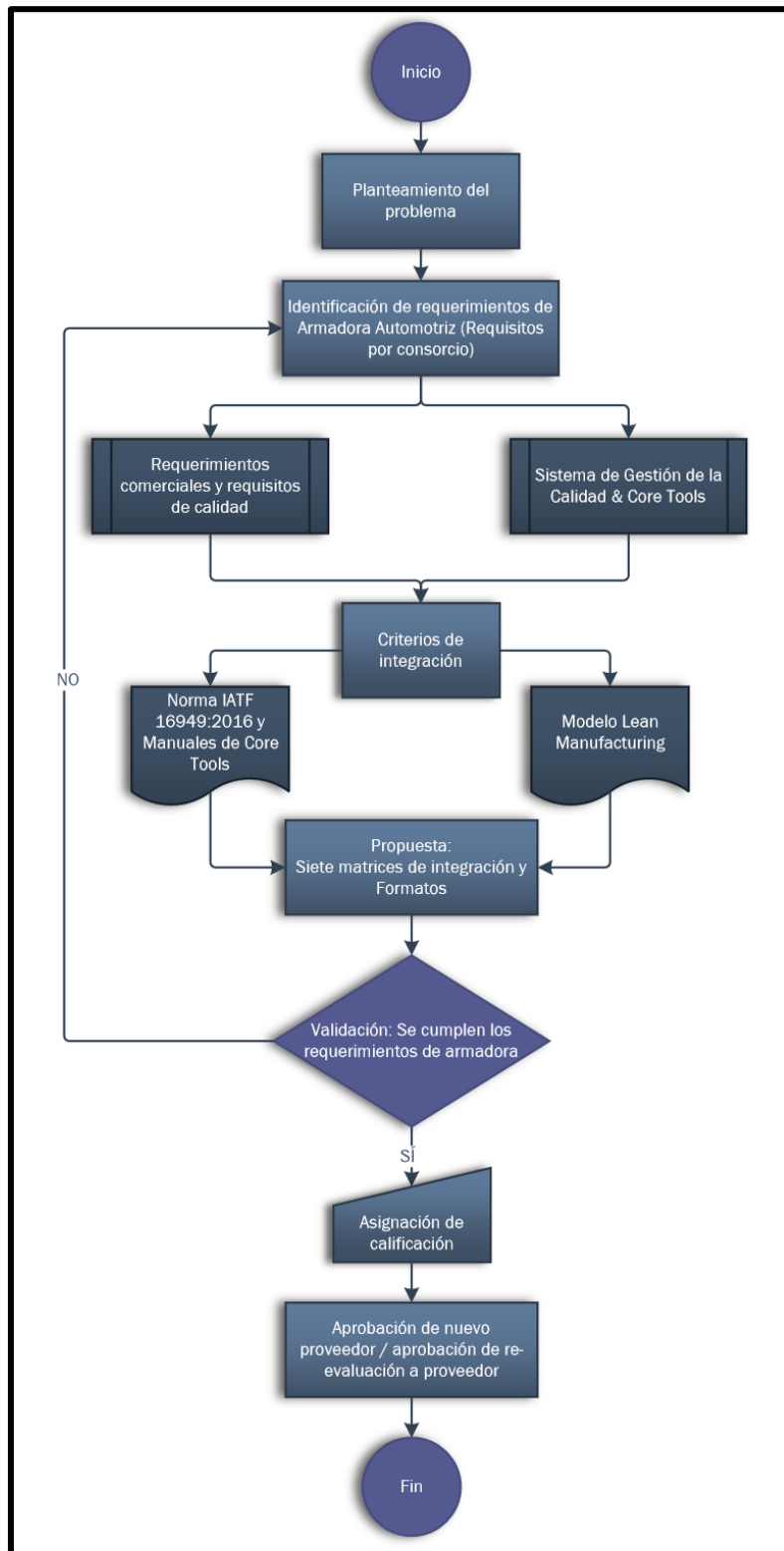
La estructura del modelo PMS plasmada en la tabla X para el uso de las herramientas *Lean Manufacturing* establece de forma muy puntual su área de aplicación, lo cual facilita en cierto modo su integración con la Norma IATF 16949:2016 y con las Core Tools, ya que podemos tomar las herramientas necesarias de cada fase del ciclo PHVA, y utilizarla según el requerimiento que necesitemos cubrir de la Norma, tomando en cuenta el mismo ciclo de Mejora Continua.

Hay que resaltar que no existe documentación acerca de previos trabajos de integración de la Norma IATF 16949:2016 con *Lean Manufacturing* ni con alguna otra metodología de Mejora Continua; esto se debe, principalmente, a que cada organización o empresa determina el camino más óptimo a seguir para cumplir con los apartados de la Norma y satisfacer a sus clientes. Asimismo, estas decisiones se basan en distintos factores, propios de cada empresa, tales como: su contexto, giro empresarial, cultura organizacional, tamaño, capital, tipo de materiales fabricados, etc.

Esta integración de la Norma IATF 16949:2016 con el modelo *Lean Manufacturing*, como se ha mencionado desde el inicio, es una propuesta que puede ser utilizada en mayor o menor medida por los fabricantes de autopartes, según la situación particular de cada uno, con el fin de facilitar el cumplimiento de los apartados de la norma, para convertirse en proveedores del área automotriz, o bien para mantener esta posición, en caso de las empresas que ya formen parte de la cadena de suministro.

Realizar la integración de la Norma IATF 16949:2016 con el modelo *Lean Manufacturing* no ha sido tarea sencilla, pero es un paso más hacia el desarrollo de nuevas formas de trabajo basadas en la eliminación de desperdicios y reducción de recursos dentro de los procesos en las organizaciones. En el siguiente diagrama de flujo (ver figura 26) se explica el proceso para realizar la integración.

Figura 26: Proceso para establecer la propuesta de integración de Lean Manufacturing y la IATF 16949:2016.



Fuente: Elaboración propia

Planteamiento del problema: A partir de actividades laborales, se identificó la problemática de que los fabricantes de autopartes que buscan convertirse en proveedores de la industria automotriz deben implementar en sus organizaciones un Sistema de Gestión de la Calidad, asimismo deben establecer metodologías para el ahorro de recursos en sus procesos; sin embargo, debido a que estas organizaciones no tienen experiencia y desconocen las metodologías para la Mejora Continua, las estrategias que toman fracasan en el intento de formar parte de la cadena de proveeduría automotriz.

Identificación de requerimientos de Armadora Automotriz (Requisitos por consorcio): En la página web oficial de la *International Automotive Task Force (IATF)* existe una sección de *Requerimientos Específicos de Cliente (CSR por sus siglas en inglés)*⁶⁹. En esta, podemos encontrar los requerimientos que piden BMW Group, Daimler AG, Ford Motor Company, General Motors, Jaguar Land Rover Limited, Renault Group, Stellantis y Volkswagen AG. Cada uno de estos consorcios tiene sus propios requerimientos que los proveedores deben cumplir si quieren formar parte de su cadena de suministro; y después de analizarlos, podemos concluir que estos se reducen al cumplimiento de la norma IATF 16949:2016, de las herramientas Core Tools, de los requisitos comerciales y de los requerimientos de calidad.

Criterios de integración: De acuerdo con cada empresa y orientado a la reducción de recursos, la alta dirección define cómo va a realizar la integración para el cumplimiento. El apartado 0.4 de la Norma IATF 16949:2016 menciona que se puede realizar integración con otras normas y/o con otras metodologías, con el fin de establecer un SGC. Se va a implementar de forma completa la norma IATF 16949, se van a ir implementando las Core Tools de acuerdo a esa norma, y considerando los recursos de la empresa y las estrategias de la dirección, se definen las herramientas de Lean Manufacturing que se van a aplicar.

Propuesta de solución: Partiendo de las estrategias corporativas, se identifican todos los elementos en común entre la norma y lean, ya definiendo las herramientas específicas a utilizar y documentando en qué momento se van a utilizar. Esta propuesta incluye siete matrices de integración, las cuales se irán presentando una por una. De estas siete, una es la matriz general, donde se hace la integración de la norma IATF 16949:2016 con las herramientas *Lean Manufacturing* y las otras seis matrices corresponden a la integración de las herramientas Core Tools con las herramientas *Lean Manufacturing*. Estas matrices sirven como guía para realizar la implementación en la organización. A través del desarrollo de formatos, se va mostrando cómo

⁶⁹ IATF CSR Page: <https://www.iatfglobaloversight.org/oem-requirements/customer-specific-requirements/>

se puede facilitar el trabajo de implementación. Tanto *Lean Manufacturing* como la norma IATF 1949:2016 y las Core Tools se basan en un ciclo de Mejora Continua, por lo que se debe realizar la integración de acuerdo con esta estructura.

Validación: ¿Propuesta cumple con requerimientos de armadora automotriz?: La validación consiste en evaluar lo que se implementó en la empresa con respecto a un cuestionario o una guía que utilizan las plantas armadoras para auditar. Este formato establece puntajes/calificaciones y, al ir verificando cada punto de cumplimiento, se aprueba si la aplicación de la propuesta fue efectiva o no.

Calificación: Cada consorcio automotriz tiene su propio esquema de calificación; algunos son por puntaje, otros por grupos de proveedores. Como ejemplo, Volkswagen evalúa el cumplimiento del cuestionario de VDA 6.3, el cual está dividido por partes. La calificación de esta evaluación se da por puntaje y, de acuerdo a esta, se asigna un grupo al proveedor (A, B o C). Si ya cumplió con el puntaje de aprobación, la planta armadora genera un contrato con el nuevo proveedor, y de forma periódica le realiza una re-evaluación para determinar si con el paso del tiempo sigue cumpliendo con sus requerimientos.

Aprobación de nuevo proveedor / aprobación de evaluación periódica a proveedor: Ya sea que se trate de un proveedor nuevo o uno existente que se encuentra en proceso de re-evaluación, implementar la propuesta de esta tesis da pie a la aprobación del mismo con su cliente (planta armadora).

3.2 Matriz de integración de la Norma IATF 16949:2016 y el Modelo Lean Manufacturing

Después de un trabajo exhaustivo se desarrolló la tabla 5, la cual presenta una matriz de integración entre los requerimientos de la norma automotriz IATF 16949:2016, descritos anteriormente, y las herramientas de la metodología *Lean Manufacturing*. La primera columna de esta matriz enlista cada requerimiento, haciendo referencia al número de apartado y el nombre del mismo. En la segunda columna, se enlista la herramienta(s) que puede ser utilizada para cubrir este requerimiento. Finalmente, en la tercera columna se hace una descripción de la forma en la que la herramienta *Lean* se debería utilizar para cumplir con el requerimiento. Estas herramientas se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis para conservar la evidencia del cumplimiento. Cubriendo los apartados para desarrollar el SGC, se asegura la aprobación como proveedores del área automotriz, y se desarrolla la mejora continua dentro de la organización.

Ahora bien, al ser esta la matriz general en donde se relacionan los apartados de la norma

con el modelo *Lean Manufacturing*, es responsabilidad de la alta dirección asegurar la correcta implementación de las herramientas propuestas en cada apartado, ya que la norma tiene un enfoque que va dirigido a los altos mandos de cada organización y es a partir de esta que surgen la aplicación de las herramientas Core Tools.

Tabla 5: *Matriz de integración de los requerimientos de la Norma IATF 16949:2016 y Lean Manufacturing*

ID	Apartado de IATF 16949:2016	Herramientas Lean Manufacturing	Modo de integración
M1	4.1 Comprensión de la organización y su contexto	Value Stream Map de estado actual	Realizar el mapeo de la cadena de valor de la organización permite identificar y plasmar todo el contexto de la organización y saber el estado actual de sus procesos.
M2	4.2 Comprensión de necesidades y expectativas de las partes interesadas	SIPOC	Con un SIPOC de la organización, se deben establecer los objetivos, procesos y entradas de la organización que impactan en las partes interesadas de la misma. Se especifican tareas y responsables.
M3	4.4.1.2 Seguridad del producto	AMEFP	Se deben realizar análisis de las fallas potenciales del producto con un AMEFP, para detectar y eliminar las posibles causas de falla, y garantizar la seguridad del producto.
M4	5.2.2 Comunicación de la política de calidad	OGSM	Comunicar los objetivos de calidad para cada nivel de la organización. Comunica también cambios, acciones para alcanzar los objetivos, responsables, etc.
M5	6.2 Objetivos de calidad y planeación para lograrlos	SIPOC	Establecer los requerimientos con los que los productos o servicios deben cumplir.
M6		Value Stream Map estado futuro	Permite concebir el proceso en la situación actual y ayuda a definir el flujo del proceso plasmando los recursos necesarios, tiempos, movimientos y personal para realizarlo.
M7		KPI's	Establecer los indicadores que permitirán determinar si los objetivos se están cumpliendo.
M8	8.2.1.1 Comunicación con el cliente - suplemento	OGSM	Establecer el objetivo de que los empleados cuenten con un segundo o tercer idioma para comunicarse con el cliente, y establecer las actividades necesarias para lograrlo

M9	8.2.3.1.2/8.3.3.3 Características especiales designadas por el cliente	SIPOC	La organización debe cumplir los requisitos del cliente para la designación, la aprobación de la documentación y el control de las características especiales.
M10	8.3.2.1 Planificación del diseño y desarrollo - suplemento	APQP	Con esta herramienta la organización se asegura de que la planificación del diseño y desarrollo incluya a todas las partes interesadas dentro de la organización y su cadena de suministro.
M11		AMEFD, AMEFP y Plan de Control	Para el desarrollo del análisis de riesgos en el diseño del producto se utilizan los AMEFD/P, lo cual reduce riesgos potenciales. El desarrollo de planes de control basados en los AMEF sirve para mantener controlados estos riesgos.
M12	8.3.2.3 Desarrollo de productos con software integrado	OGSM	Establecer objetivos y actividades para alcanzar los criterios necesarios de los productos con software integrado
M13	8.3.6.1 Cambios del diseño y desarrollo – suplemento	APQP	En caso de realizar cambios en el diseño, se deben llevar a cabo el proceso de APQP para planear la manera en la que este nuevo proceso se realizará, así como también un análisis de fallas (AMEF) y un proceso de aprobación de partes (PPAP). De igual manera se deben establecer los kpi's que serán monitoreados para verificar que estos cambios cumplen con las especificaciones del cliente.
M14		AMEF	
M15		PPAP	
M16		KPI's	
M17	8.5.1 Producción y provisión del servicio	Trabajo estándar	Estandarización de los procesos y acciones que debe realizar el personal operativo
M18		Kanban de lotes	Mantiene la disponibilidad de los materiales en cantidades necesarias, sistema Pull. Reduce inventarios y mantiene producto listo en cada partida
M19		Kanban de partes	Identificación y trazabilidad de las piezas
M20		Espagueti	Reducción de movimientos de los recursos en un proceso.
M21		SMED	Reducción de tiempos de cambio de herramienta o modelo en el proceso.
M22		5'S	Mantener el área de operación y almacenamiento organizada, estandarizada y limpia, para identificar y/o reducir desperdicios y defectos en los procesos, y proteger productos de las condiciones ambientales.

M23		Poka Yoke	Dispositivos a prueba de error en los procesos.
M24	8.5.1.2 Trabajo estandarizado, instrucciones del operador y estándares visuales	Andon	Dispositivos para detectar errores en los procesos y defectos en los productos.
M25		Gestión visual	Apoyos visuales para el personal operativo en la realización de sus tareas, reduciendo los tiempos y errores. Estandariza características visuales o estéticos para determinar si el producto pasa o no.
M26		8.5.6 Control de los cambios	Plan de Control
M27	AMEFP y AMEFD		
M28	8.4.1.2 e) Proceso de selección de proveedores externos	Kpi's	El proceso de selección debe basarse en el desempeño de los proveedores. Comúnmente se utilizan indicadores (kpi's) de auditorías internas, entregas en tiempo, PPM's y % reclamos.
M29	8.5.1.1 Plan de Control	Plan de control	Se deben establecer las actividades de la organización para controlar los procesos.
M30	8.5.1.6 g) Gestión del herramental de producción del equipo	SMED	<p>Esta herramienta implementa un sistema para la gestión de los herramientas de producción</p> <p>La identificación del herramental, tal como un número de serie o activo; el estado, tal como para producción, reparación o desecho; la propiedad y la ubicación.</p> <p>Para cubrir este apartado, el formato de SMED debe incluir, además de actividades para el cambio de herramental, los tiempos de recolección, números de identificación, estado y ubicación.</p>
M31	8.6.1 Liberación de productos y servicios	SPC	Inspección por medio de tablas de Control Estadístico, evaluando el producto terminado, considerando criterios de acuerdo al diseño.

M32	8.6.2 Inspección dimensional y ensayos funcionales	Estándar de trabajo	Definir los pasos para el proceso de ensayo y establecer los valores que deberían cumplirse. Asimismo, el estándar de trabajo para ensayos debe contener el proceso de análisis de piezas defectuosas, comparándolas con los requerimientos especificados en el SIPOC (M5 y M9)
M33	8.6.5 Conformidad legal y reglamentaria	OGSM	Existe el KPI de cumplimiento legal, este se debe contrastar con los objetivos del OGSM de la organización y verificar que los requisitos legales se cumplen en el proceso/producto
M34		KPI	
M35	8.7.1.7 Disposición del producto no conforme	VSM	Dentro del diagrama de VSM, se debe plasmar el proceso de disposición de producto no conforme
M36	9.1.1 Análisis y evaluación	KPI's y Tableros charting	Con los tableros charting se determina la eficiencia de los procesos y ayuda a determinar si las acciones planeadas fueron las correctas o se necesitan replantear para que el comportamiento se acerque a los objetivos.
M37	9.1.2.1 Satisfacción del cliente - suplemento	KPI's y Tableros charting	Establecer los indicadores que permitirán determinar si los objetivos de satisfacción al cliente se están cumpliendo.
M38	9.2 Auditoría interna	Recorridos Gemba	Realizar recorridos Gemba como parte de la auditoría interna, para detectar desperdicios e incumplimiento de estándares o para identificar las causas raíz de problemas
M39	9.2.2.4 Auditoría de producto	KPI de cumplimiento	Para determinar si el producto cumple con las características, se debe analizar el resultado del PPAP y determinar si cumple con los objetivos establecidos en el OGSM
M40	10.2.1 No conformidad y acción correctiva	5W2H	Permite definir un problema, el lugar de ocurrencia, cómo sucedió y los involucrados. Así como determinar su impacto en términos de dinero, tiempo y tasa, dependiendo del caso.
M41		Ishikawa	Permite encontrar las causas raíz de los problemas detectados.

M42	10.2.3 Solución de problemas	Informe A3	Plan de acción en 7 pasos para la propuesta de mejoras en los procesos y la solución de los problemas encontrados.
M43	10.2.5 Sistemas de gestión de garantías	AMEFD	Con un AMEF de diseño correctamente realizado en la fase 2 del APQP (diseño y desarrollo del producto) se analizan y reducen los riesgos de fallas en el producto final, garantizando un buen funcionamiento en su vida útil.
M44		KPI's	Por otra parte, obtener los datos históricos de las fallas o defectos por los que se dio garantía al cliente, con kpi's de defectos, por ejemplo, ayuda mucho a identificar oportunidades de mejora y evitar eventos futuros del mismo tipo.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que en esta tabla aparecen apartados en negritas. Estos representan cada una de las Core Tools conforme se van haciendo referencia en la norma.

3.3 Matrices de integración de Lean Manufacturing con las Core Tools

Si bien se ha explicado en capítulos anteriores el funcionamiento de las herramientas Lean y las Core Tools, se debe explicar de qué manera se pueden integrar ambas para poder cumplir con los lineamientos que se establecen en los manuales de cada una. A continuación, se muestra una serie de tablas en las que se enlistan los apartados/lineamientos de cada una de las herramientas Core Tools y las herramientas *Lean Manufacturing* que se utilizarán para su cumplimiento. Asimismo, se describe en qué beneficia su aplicación, dando una breve explicación. Las matrices que a continuación se presentan son complementarias a la matriz general, y se recomienda que los encargados de cada área sean los responsables de su implementación, como se irá explicando con cada matriz.

3.4 Matriz de integración de Lean Manufacturing con APQP

En la tabla 6 se presenta la matriz de integración entre *Lean Manufacturing* con la estructura del APQP expuesta en la figura 19. Estas herramientas deben estar implementadas en el proceso y se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis para conservar la evidencia del cumplimiento.

El APQP es una herramienta que se debe trabajar entre un equipo multidisciplinario, por lo que la implementación de las herramientas *Lean* para cumplir con los lineamientos de esta

Core Tools debe trabajarse de igual manera. La responsabilidad del cumplimiento de estas herramientas es de los gerentes de producción, calidad diseño, y todas las áreas involucradas en el desarrollo del APQP. El encargado de la integración debe hacer llegar esta matriz y sus respectivos formatos *Lean* a los gerentes de todos estos departamentos.

Tabla 6: Matriz de integración de Lean Manufacturing y Core Tools basado en la estructura del APQP

ID	Apartado de APQP	Herramienta Lean Manufacturing	Modo de integración
APQP FASE 1 – Planeación y Definición			
M45	1.8 Objetivos de calidad	KPI's	Definir los objetivos de diseño, calidad y confiabilidad. Se deben establecer indicadores de desempeño para monitorear los procesos y validar que los objetivos se cumplen. OGSM permite comunicar los objetivos a todos los niveles de la empresa y establece las actividades específicas para alcanzarlos.
M46		OGSM	
M47	1.10 Diagrama de flujo de proceso preliminar	VSM de estado actual	Esta herramienta permite plasmar el proceso en la situación actual y ayuda a definir el flujo del proceso incluyendo los recursos necesarios, tiempos, movimientos y personal para realizarlo.
APQP FASE 2 – Diseño y Desarrollo del Producto			
M48	2.1 AMEF de Diseño	Herramientas recomendadas para AMEF	
M49	2.8 Especificaciones de materiales	SIPOC	Especifica los requerimientos que debe cumplir los materiales de entrada suministrados por los proveedores, así como los requerimientos de las salidas del proceso.
APQP FASE 3 – Diseño y Desarrollo del Proceso			
M50	3.3 Diagrama de Flujo del Proceso	VSM de estado futuro	VSM establece el flujo de materiales en el proceso para evitar cuellos de botella. Permite plasmar gráficamente los pasos y recursos del proceso. Se toman en cuenta tiempos, materiales, proveedores, inventarios, personal y clientes. Así mismo, es una herramienta que plasma el uso de
M51		Kanban	

M52		SMED	otras herramientas como Heijunka, SMED y Kanban.
M53	3.4 Layout de plan de piso	Diagrama de espaguetti	Desarrollar el Layout del área de trabajo plasmando la localización de ayudas visuales, células de trabajo, almacén, etc.
M54	3.6 AMEF de Proceso	Mismas herramientas utilizadas para AMEF de Diseño	
M55	3.7 Plan de control de prelanzamiento	Mismas herramientas utilizadas para Plan de Control	
M56	3.8 Instrucciones del proceso	Trabajo estándar	Desarrollar instrucciones de proceso que sean entendibles para el personal operativo. Debe incluir instrucciones para producción y frecuencia de mantenimiento.
APQP FASE 4 - Validación del Producto y del Proceso			
M57	4.2 Análisis del Sistema de Medición (MSA)	Herramientas recomendadas para MSA	
M58	4.3 Control Estadístico de Proceso (SPC)	Herramientas recomendadas para SPC	
M59	4.4 Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP)	Herramientas recomendadas para PPAP	
M60	4.7 Plan de Control	Herramientas recomendadas para CP	
APQP FASE 5 - Retroalimentación y Acciones Correctivas			
M61	5.2 Mejoramiento en la satisfacción de los clientes	Tableros charting con KPI's	Monitorear los indicadores de desempeño, identificar las oportunidades de mejora para la satisfacción de los clientes
M62		Ishikawa	Análisis causa raíz de problemas relacionados al cumplimiento de los requisitos
M63		5W2H	
M64		Informe A3	

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en la tabla 5, los apartados escritos en negritas, representan cada una de las Core Tools, en este caso dentro del APQP, los subtítulos resaltados en gris representan las cinco fases del APQP.

3.5 Integración de Lean Manufacturing con el Plan de Control

El plan de control, como ya se explicó anteriormente, es un documento en el que se plasman las actividades que se deben realizar para mantener la calidad en los procesos y los productos. En este documento se enlista un proceso, y el método de control utilizado para este proceso.

Como tal, en el formato de plan de control que describe el manual de APQP de la AIAG, se deben enlistar estos procesos, y se debe agregar en la columna de “METODO DE CONTROL” las herramientas *Lean Manufacturing* utilizadas en los procesos de la organización. En la siguiente matriz (tabla 7) se enlistan las herramientas *Lean* que sirven para controlar el proceso, y se describe de qué manera lo harían. Estas herramientas deben estar implementadas en el proceso y se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis, para tener evidencia de que se controla el proceso.

Tabla 7: Matriz de integración de Lean Manufacturing y el Plan de Control

ID	Herramientas usadas como método de control de los procesos	Descripción
M65	Estándar de Trabajo	El estándar de trabajo para el plan de producción debe detallar todas las actividades relevantes en el proceso, desde actividades hasta frecuencia de pruebas e inspecciones.
M66	Gestión Visual	Para evitar errores en las actividades realizadas por los operadores y defectos en los productos
M67	Tableros charting	Con los tableros charting se monitorea la eficiencia de los indicadores de desempeño (kpi's) de los procesos y ayuda a determinar si se deben tomar acciones preventivas o correctivas. El personal operativo puede tomar los datos para plasmarlos en el tablero y determinar la calidad del proceso.
M68	SMED	Cuando se necesite hacer cambios de producto en las máquinas la herramienta SMED reduce los tiempos de dichos cambios.

M69	Poka Yoke	Los dispositivos poka yoke se utilizan para minimizar los errores por parte de los operadores o bien descartar producto no conforme en caso de ser procesos automatizados.
M70	Andon	Lámparas tipo semáforo para detectar errores en los procesos y defectos en los productos; funcionan en conjunto con dispositivos Poka Yoke
M71	Kanban	Los sistemas de tarjetas Kanban permiten el flujo continuo en los procesos y minimizan errores cuando un proceso tiene una secuencia de actividades variable.

Fuente: Elaboración propia.

El líder de la integración de esta propuesta debe encargarse de hacer llegar la matriz anterior y los formatos correspondientes a los encargados del área de producción, con el fin de que ellos implementen las herramientas y se aseguren de que el personal operativo sigue los lineamientos establecidos para cumplir con el plan de control.

3.6 Integración de Lean Manufacturing con AMEF

En la tabla 8 se muestra la matriz de integración de la herramienta AMEF, tanto de diseño como de proceso, con las herramientas *Lean Manufacturing*. Estas herramientas se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis para conservar la evidencia del cumplimiento.

Al igual que con el plan de control, el encargado de la integración debe asegurarse de que la matriz de integración de AMEF (tabla 8) y los formatos de las herramientas *Lean* listadas lleguen al equipo de AMEF de la organización, el cual debe cumplir con los lineamientos y utilizar los formatos para documentarlo.

Tabla 8: *Matriz de integración de Lean Manufacturing y el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*

ID	Lineamiento AMEF	Lean Manufacturing	Descripción de mejora
M72	Definición de alcances	VSM estado futuro	Se plasman gráficamente los pasos del proceso, y se toman en cuenta tiempos, recursos, proveedores, inventarios, personal y clientes, brindando así un panorama muy amplio, según los alcances del análisis.

M73	Identificación de funciones y requerimientos	SIPOC	Esta herramienta establece los requerimientos que debe cumplir el producto y el proceso
M74	Identificación de modos de falla potenciales	Tabla de clasificación de modos de falla del manual de AMEF	El Manual de AMEF de la AIAG cuenta con su propio formato para identificación y clasificación de fallas.
M75	Identificación de efectos y consecuencias de fallas	5W2H	Esta herramienta permite vislumbrar los efectos y consecuencias de las fallas.
M76	Identificación de causas de fallas potenciales	Recorridos Gemba	Para encontrar las causas del problema, en caso de estar presentes en el área de trabajo.
M77		Ishikawa	El diagrama de Ishikawa permite profundizar en las posibles causas del problema para poder resolverlo.
M78	Identificar / aplicar controles de detección y prevención	Poka Yoke	Los controles son aquellas actividades o elementos que previenen o detectan las causas de las fallas o modos de fallas. Estas herramientas cumplen ese propósito.
M79		Andon	
M80	Acciones recomendadas requeridas	Informe A3	En él se establecen los pasos a seguir para resolver la causa raíz de un problema, así como la mejora de un proceso y reducción de los modos, riesgos y/o causas de las fallas.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el lineamiento referido a Identificación de modos de falla potenciales, al tener su propio formato en el manual de AMEF de la AIAG, no se integra con herramienta *Lean* alguna.

3.7 Integración de Lean Manufacturing con PPAP

Como se explicó anteriormente, dentro del Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP) se debe llevar a cabo una corrida de producción significativa de la cual se tomarán las piezas muestra. Por lo tanto, los encargados del área de producción deben implementar las herramientas *Lean Manufacturing* listadas en la tabla 9, con el fin de estandarizar las acciones y actividades en el proceso para evitar errores, reducir tiempos y movimientos, así como desperdicios en general, pero, sobre todo, para aprobar el proceso y enviar el PSW al

cliente. El encargado de la integración debe hacer llegar esta matriz y sus respectivos formatos *Lean* al gerente de este departamento.

Tabla 9: *Matriz de integración de Lean Manufacturing y las corridas de producción del PPAP*

ID	Herramientas recomendadas para realizar una corrida de producción para PPAP	Descripción
M81	Estándar de Trabajo	Para establecer los pasos a seguir por el personal operativo para realizar las actividades dentro del proceso. Elimina tiempos muertos ayudando a los operadores a saber qué hay que hacer.
M82	Gestión Visual	Para evitar errores en las actividades realizadas por los operadores y defectos en los productos
M83	Poka Yoke	Los sistemas poka yoke se deberán utilizar para minimizar los errores por parte de los operadores, o bien descartar producto no conforme en caso de ser procesos automatizados. De esta manera solo saldrá del proceso el producto que cumpla con las características especificadas.
M84	Kanban	Los sistemas de tarjetas Kanban permiten el flujo continuo en los procesos y minimizan errores cuando un proceso tiene una secuencia de actividades variable, por lo que también funciona como un estándar de trabajo en tiempo real para los operadores. Reduce estrés en una línea de producción que produce más de un tipo de piezas de manera consecutiva. Al reducir esto, minimiza los errores y los recursos usados

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que con las anteriores Core Tools, las herramientas *Lean* de esta matriz se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis para conservar la evidencia del cumplimiento.

3.8 Integración de Lean Manufacturing con MSA

De acuerdo a los criterios de evaluación del análisis R&R establecidos por (Gutierrez & De la Vara, 2009), para determinar correctamente las variaciones del sistema de medición se propone la siguiente matriz de integración entre *Lean* con MSA, tomando en cuenta el procedimiento para realizar el estudio de R&R, descrito en el capítulo 2.1.2.5.3. Estas herramientas se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis para

conservar la evidencia del cumplimiento.

El departamento de calidad junto con metrología son los encargados de establecer los plazos y métodos para la realización de estudios R&R, y para realizarlo con base en esta integración se deben utilizar las herramientas Lean Manufacturing de la tabla 10. El encargado de la integración debe hacer llegar esta matriz y sus respectivos formatos *Lean* a los gerentes de estos departamentos.

Tabla 10: Matriz de integración de Lean Manufacturing y el análisis del sistema de medición (MSA)

ID	Proceso para el estudio de R&R	Herramienta Lean	Descripción
M85	Etiquetar cada parte para llevar un control	Kanban	Una tarjeta kanban de producto ayuda a mantener la trazabilidad de las piezas
M85	Utilizar Gages para medición	Poka Yoke	Los gages son dispositivos a prueba de error para mediciones.
M87	El primer operador debe realizar la primera medición de todas las piezas seleccionadas y etiquetadas	Estándar de trabajo	Un estándar de trabajo que indique paso a paso cómo realizar las mediciones y cómo utilizar los gages
M88		Ayudas visuales	Ayudas visuales para dar apoyo a las instrucciones descritas en el estándar de trabajo y evitar errores
M89	Hacer un análisis estadístico de los datos para determinar la variación	Estudios SPC	Estudios para calcular la media de variaciones y determinar las fuentes de error de las mediciones

Fuente: Elaboración propia.

Los pasos de selección de dos o más operadores y piezas al azar, se omitió en esta matriz de integración, ya que no se necesitan herramientas *Lean* para estos procedimientos. Asimismo, se agregó el paso de utilizar gages de medición, ya que, aunque no se menciona, en el procedimiento, son una parte importante para realizar las mediciones de forma adecuada.

3.9 Integración de Lean Manufacturing con SPC

Según el diagrama descrito en el capítulo 2.1.2.6.2, para realizar un estudio estadístico

SPC, se debe seguir un proceso. La siguiente matriz de integración (tabla 11) plasma los pasos de este proceso, y establece las herramientas *Lean* que se pueden utilizar para realizar cada paso. Estas herramientas se deben documentar con los formatos de los anexos de esta tesis para conservar la evidencia del cumplimiento.

En este caso, el departamento de calidad en conjunto con el área de producción debe trabajar en conjunto para realizar un análisis de SPC. Por una parte, el área de calidad es la que establece los atributos a medir, el método de medición, desarrolla el plan de muestreo, y genera los gráficos de control, asimismo es la que realiza el análisis de SPC con los datos. El área productiva es la que se encarga de establecer los estándares de trabajo y recabar los datos del comportamiento de los procesos con base en los requerimientos del área de calidad.

Tabla 11: *Matriz de integración de Lean Manufacturing y el control estadístico de procesos (SPC)*

ID	Proceso para el SPC	Herramienta Lean	Descripción
M90	Identificación del proceso	SIPOC	Plasma el proceso o procesos clave que influyen en el resultado del producto o el proceso que es muy crítico para el cliente.
M91	Determinar atributos medibles	KPI's de producto	Establecer los atributos que deben medirse durante la producción. Generalmente son las características específicas de producto como dimensiones o cantidades.
M92	Determinar el método de medición	Estándar de trabajo	Crear instrucciones de trabajo o procedimientos para el método de medición.
M93	Desarrollar un plan de muestreo y recolección de datos	Estándar de trabajo	Realizar un estándar del proceso para plasmar el método y frecuencia de muestreo.
M94	Generar gráficos de control	Gráficos de control	Recolectar los datos según el tamaño de la muestra y seleccionar el gráfico SPC apropiado basado en el tipo de datos
M95	Descripción de la variación de atributos	SPC	Calcular los límites de control y aplicarlo al gráfico SPC.
M96		Ishikawa	Si el proceso no está controlado, se

M97	Controlar / monitorear la variación del proceso	Recorridos Gemba	deben identificar las causas asignables y solucionar el problema.
M98		A3	Para mejorar el proceso, solucionar problemas y eliminar desperdicios

Fuente: Elaboración propia.

Hay que recalcar que, al igual que con las matrices anteriores, es el encargado de la integración de esta propuesta quien debe hacer llegar la matriz y formatos a los gerentes de las áreas que trabajarán en conjunto.

3.10 Propuesta de aplicación de formatos para la integración

Cada una de las herramientas *Lean Manufacturing*, propuestas en las anteriores matrices de integración, tienen su propio formato recomendado para implementarlas. Estos formatos están diseñados específicamente para cumplir con los apartados de la norma, y se encuentran en los anexos de la presente tesis, como se explica en la siguiente tabla 12.

Tabla 12: *Formatos de herramientas Lean Manufacturing propuestos para la integración con IATF 16949:2016*

Herramienta Lean	Formato en los anexos
OGSM	Anexo A.1
SIPOC	Anexo A.2
VSM estado actual y estado futuro / toma de datos para VSM	Anexo A.3 y Anexo A.4
SMED	Anexo A.5
Kanban de producto / ordinario	Anexo A.6
Kanban de lotes / retrabajos o scrap	Anexo A.7
Espagueti	Anexo A.8
Recorrido Gemba	Anexo A.9
Estándar de trabajo	Anexo A.10
5W2H	Anexo A.11
Análisis causa raíz con Ishikawa	Anexo A.12
Informe A3	Anexo A.13

Fuente: Elaboración propia.

Los encargados de cada área deberían utilizar los formatos propuestos en esta integración para cumplir con los apartados de la norma y los lineamientos de las Core Tools.

CAPÍTULO 4. ALTERNATIVA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE ACUERDO A LA NORMA AUTOMOTRIZ IATF 16949:2016 Y MODELO LEAN MANUFACTURING, PARA SELECCIÓN DE PROVEEDORES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

Se debe entender que todos los proveedores o futuros proveedores son evaluados por sus clientes, para determinar el grado de cumplimiento de sus requisitos en los productos o servicios que les son solicitados. Esto se determina mediante auditorías de producto y proceso, realizadas por el cliente, en las cuales se encontrarán los hallazgos que indiquen si un fabricante es aprobado o no.

Por lo tanto, la responsabilidad de cumplir con estos requisitos para obtener la aprobación como proveedor, recae completamente en cada fabricante. La norma IATF 16949:2016 les sirve a estos fabricantes para establecer un Sistema de Gestión de la Calidad en su organización, y al ser requisito indispensable para el área automotriz el cumplir con los apartados de dicha norma, beneficiará a la organización en los procesos de auditoría. Por lo tanto, implementar las herramientas del modelo *Lean Manufacturing* facilitará el cumplimiento de los apartados.

Asimismo, los fabricantes deben tomar en consideración los requisitos específicos de los clientes y cumplirlos, ya que, además de la norma, cada cliente cuenta con requerimientos adicionales que deben ser cubiertos. Para comprender esto y demostrar cómo es que la integración de la norma IATF 16949:2016 y el modelo *Lean Manufacturing*, realizada en esta tesis, puede ser aplicada en las organizaciones, se explicará el proceso de selección de proveedores de la empresa Volkswagen.

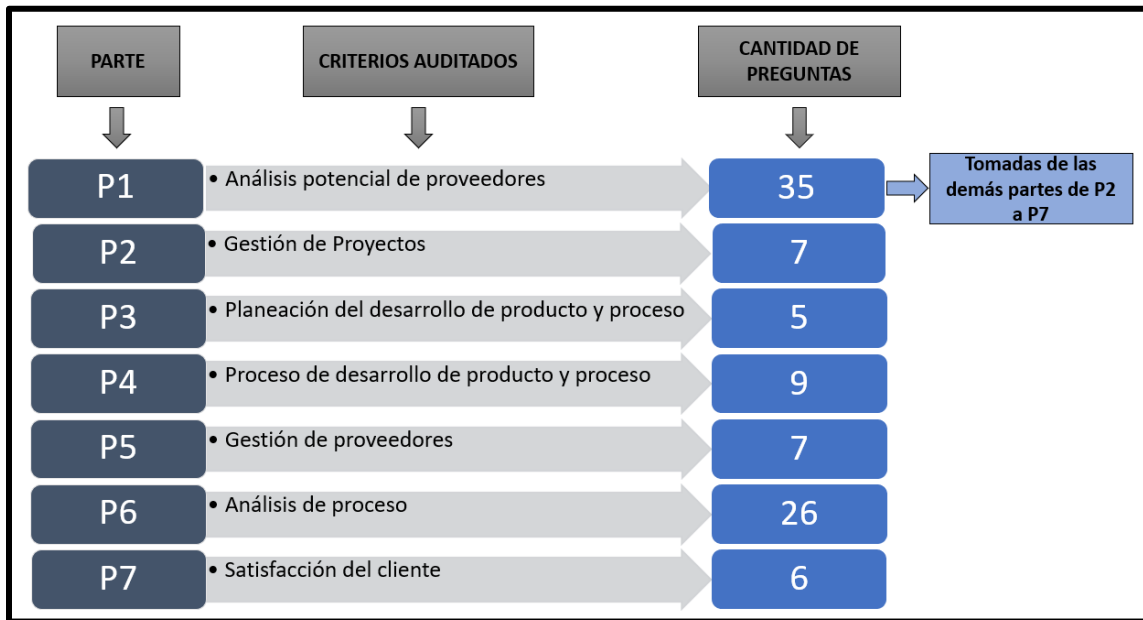
4.1 Proceso de selección de proveedores de Volkswagen

Para seleccionar a sus proveedores, el fabricante de automóviles alemanes Volkswagen basa sus criterios de calificación en el manual VDA 6.3., el cual proviene de una familia de normas enfocada en los procedimientos de auditorías para las organizaciones. El manual VDA 6.3 contiene ciertos parámetros, en forma de preguntas, que se deben tomar en cuenta para aprobar o rechazar a proveedores, dependiendo de el grado de cumplimiento de dichos parámetros. Estas preguntas las deben realizar los auditores a los responsables del proceso y, basándose en un criterio de calificación de los hallazgos encontrados durante la auditoría, el cuál tiene un formato de semáforo, se determina si un fabricante se aprueba como proveedor.

4.1.1 Cuestionario de auditoría

VDA 6.3 contiene un catálogo de preguntas específicas para realizar las auditorías de proceso. Este cuestionario se compone de 60 preguntas, de respuesta cerrada (SÍ/NO). Cada pregunta cuenta con una descripción de los requisitos que deben cumplir, y ejemplos de la documentación que funge como evidencia de este cumplimiento. Este cuestionario está diseñado de tal manera que puede aplicar tanto para pequeñas y medianas compañías, como para corporaciones de gran tamaño y alcance. Asimismo, las preguntas de auditoría se clasifican en 7 partes distintas, de la P1 a la P7 cada una con un enfoque específico del proceso, tal como se muestra en la figura 27.

Figura 27: Partes de la auditoría de proceso y estructura de las preguntas de auditoría






Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Sistema de Semáforo para la clasificación de preguntas de auditoría y aceptación o rechazo de proveedores

Según el cumplimiento de los requisitos de cada pregunta de auditoría del manual VDA 6.3, esta puede ser evaluada con tres resultados, basados en un sistema de semáforo, tal como se muestra en la tabla 13.



Tabla 13: Criterios de clasificación para preguntas individuales de auditoría de proceso

Clasificación de preguntas individuales	Color
El requerimiento de la pregunta no se cumplió	
El requerimiento de la pregunta se cumple en cierta medida (en tanto que no exista riesgo de producto)	
El requerimiento de la pregunta se cumple	

Fuente: Asociación de la Industria Alemana Automotriz (VDA). Manual VDA 6.3. 2010.

Ahora bien, se decide si un candidato se convierte o no en proveedor, según el criterio anterior de evaluación. Tomando en cuenta que se busca que un proveedor cumpla con todos los requerimientos, se da el veredicto de acuerdo a la siguiente tabla 14:

Tabla 14: Clasificación de candidatos a proveedores según la evaluación con las preguntas de auditoría

Proveedor		Clasificación basada en cuestionario	
		Amarillo	Rojo
Excluido		Más de 14	Ninguna
Aprobado condicionalmente		Max. 14	Ninguna
Aprobado completamente		Max. 7	Ninguna

Fuente: Asociación de la Industria Alemana Automotriz (VDA). Manual VDA 6.3. 2010.

Como se observa en la tabla anterior, si un candidato cumple con los requerimientos de cada pregunta, siempre y cuando tenga un máximo de 7 preguntas evaluadas en amarillo, se encontrará en la clasificación de Proveedor aprobado (verde), y será posible firmar contrato con el cliente.

Por otro lado, se puede aprobar a proveedores de manera condicional (amarillo), cuando este tiene más de 7 preguntas evaluadas en amarillo, pero no excede el límite máximo de 14. Estos proveedores condicionados están limitados a condiciones que minimizan el riesgo. Tales condiciones pueden ser: cantidades reducidas de productos definidos y cantidades parciales de una solicitud global, seguimiento del progreso del proyecto por parte del cliente y pedidos de prueba. Además, este proveedor debe incluirse a programas de desarrollo de proveedores por parte del cliente.

Finalmente, un candidato se considera como proveedor excluido o restringido (rojo), cuando tiene más de 14 preguntas evaluadas en color amarillo. Este fabricante no podrá firmar contrato con el cliente bajo ninguna circunstancia.

Se puede observar que en ningún caso se acepta que existan preguntas evaluadas en color rojo. De existir, se considera al candidato automáticamente como restringido o excluido. (VDA 6.3, 2010).

4.1.3 Evaluación de las preguntas individuales

Cada pregunta se evalúa en función del cumplimiento del requisito examinado. La evaluación de cada pregunta puede dar lugar a una calificación de 0, 4, 6, 8 o 10 puntos, el cual se basa en el cumplimiento demostrado de los requisitos, tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15: *Evaluación del cumplimiento de los requisitos por pregunta individual*

Puntos	Evaluación del cumplimiento de los requisitos
10	Cumplimiento total de los requisitos
8	Cumplimiento mayoritario (75%) de los requisitos; desviaciones menores
6	Requisitos parcialmente satisfechos; desviaciones significativas
4	Requisitos insuficientemente satisfechos; desviaciones importantes
0	Requisitos no satisfechos

Fuente: Asociación de la Industria Alemana Automotriz (VDA). Manual VDA 6.3. 2010.

El grado de consecución E_E de un elemento del proceso se determina con la ecuación:

$$E_E = \frac{\text{Puntos obtenidos en cada parte}}{\text{Puntos totales de cada parte}} [\%]$$

Estos elementos se establecen como se muestra en la siguiente tabla 16:

Tabla 16: *Elementos del proceso que se evalúan en la auditoría*

Elementos de proceso	
E_{PM}	Gestión de proyectos (P2)
E_{PP}	Planeación del desarrollo de productos y procesos (P3)
E_{PR}	Proceso de desarrollo de productos y procesos (P4)

E _{LM}	Gestión de proveedores (P5)
E _{PG}	Análisis de procesos / producción (P6)
E _K	Apoyo, servicio y satisfacción del cliente (P7)

Fuente: Asociación de la Industria Alemana Automotriz (VDA). Manual VDA 6.3. 2010.

El nivel de cumplimiento global “E_G” para la auditoría de proceso, se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_G = \frac{E_{PM} + E_{PP} + E_{PR} + E_{LM} + E_{PG} + E_K}{6} [\%]$$

Según el resultado, se puede calificar la auditoría de acuerdo a la siguiente tabla 17:

Tabla 17: Clasificación de proveedor según el cumplimiento global (EG)

Clasificación	Nivel global de cumplimiento E _G	Descripción de clasificación
A	$E_G \geq 90$	Alta Capacidad de Proceso
B	$80 \leq E_G < 90$	Capacidad Condicionada de Proceso
C	$E_G < 80$	Sin Capacidad de Proceso

Fuente: Asociación de la Industria Alemana Automotriz (VDA). Manual VDA 6.3. 2010.

Entonces, podemos decir que un fabricante se convierte en proveedor, cuando cumple con todas las preguntas contestadas en verde y un máximo de 7 preguntas en amarillo, y además, el nivel global de cumplimiento de la auditoría es $E_G \geq 90$. (VDA 6.3, 2010).

4.2 La integración de la norma IATF 16949:2016 y el modelo Lean Manufacturing para el cumplimiento de VDA 6.3

Tomando en cuenta el proceso de selección basado en el manual VDA 6.3, se dará un ejemplo de la implementación de la propuesta de esta tesis, con el fin de mostrar su eficacia. De acuerdo con el manual VDA 6.3, la parte P4 del cuestionario se enfoca en auditar el *Proceso de Desarrollo de Productos y Procesos*. Esta parte se compone de 9 preguntas, de la 4.1 a la 4.9, y son⁷⁰:

- **4.1 - ¿Se han elaborado los AMEF de producto / proceso?**

⁷⁰ Verband der Deutsche Automobilindustrie. 2010. Manual VDA 6.3, P4 - Proceso de desarrollo de productos y procesos.

- **4.2 - ¿Se ponen en práctica las estipulaciones derivadas de los planes de desarrollo de productos y procesos?**
- **4.3 - ¿Existen los recursos de personal necesarios y cualificados?**
- **4.4 - ¿Existe la infraestructura adecuada?**
- **4.5 - En función de los requisitos, ¿se dispone de las pruebas y liberaciones necesarias para las distintas fases?**
- **4.6 - ¿Se utilizan los planes de control de la producción para las distintas fases y se derivan de ellos los documentos de producción, prueba e inspección?**
- **4.7 - ¿Se ha llevado a cabo una corrida de producción en condiciones de producción en serie para obtener la aprobación/liberación de la producción?**
- **4.8 - ¿Se llevan a cabo eficazmente las actividades de planificación asociadas a la contratación de productos y servicios externos?**
- **4.9 - ¿Se controla la transferencia del proyecto a la producción para asegurar el lanzamiento del producto?**

De acuerdo con estas preguntas, la parte P4 se refiere a las actividades del *Proceso de Desarrollo de Productos y Procesos*, por lo que, entre las actividades que engloba, se encuentran el desarrollo de los AMEF de Diseño y Proceso. También se enfoca en la infraestructura del proceso, tomando en cuenta espacio, equipos, cantidades por máquina, tiempos de ciclo y capacidad de producción. Asimismo, en esta parte se analiza el cumplimiento de los planes de control (CP) de proceso y control estadístico (SPC), así como el análisis de los sistemas de medición (MSA). Por otra parte, se busca que el proceso incluya controles pruebas e inspección, para que los productos cumplan con los requerimientos establecidos.

Tomando como referencia las matrices de integración de capítulo 3, estas preguntas se pueden cubrir como sigue (ver tabla 18):

Tabla 18: Validación de propuesta de integración con parte P4 de las preguntas de Auditoría de Proceso de VDA 6.3

P4	Proceso de desarrollo de productos y procesos	
No.	Pregunta VDA 6.3	ID de matrices propuestas
4.1	¿Se han elaborado los AMEF de producto/proceso?	M50, M72-M80
4.2	¿Se ponen en práctica las estipulaciones derivadas de los planes de desarrollo de productos y procesos?	M54, M56
4.3	¿Existen los recursos de personal necesarios y cualificados?	M46

4.4	¿Existe la infraestructura adecuada?	M72
4.5	En función de los requisitos, ¿se dispone de las pruebas y liberaciones necesarias para las distintas fases?	M2, M24, M25
4.6	¿Se utilizan los planes de control de la producción para las distintas fases y se derivan de ellos los documentos de producción, prueba e inspección?	M60, M65-M71
4.7	¿Se ha llevado a cabo una corrida de producción en condiciones de producción en serie para obtener la aprobación/liberación de la producción?	M59, M81-M84
4.8	¿Se llevan a cabo eficazmente las actividades de planificación asociadas a la contratación de productos y servicios externos?	M45, M46
4.9	¿Se controla la transferencia del proyecto a la producción para asegurar el lanzamiento del producto?	M30, M38, M59

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, los AMEF de diseño y proceso se pueden realizar basándose en las herramientas *Lean* propuestas en la matriz de integración 8. La infraestructura del proceso, se puede plasmar en un Value Stream Map, ya que con esta herramienta se definen cantidades de proceso, tiempos de ciclo y, por tanto, la capacidad de producción. De igual forma, las matrices de integración 7, 10 y 11 definen las herramientas *Lean* para realizar los planes de control, los análisis de MSA y los estudios estadísticos de SPC, respectivamente. En estas matrices de integración mencionadas anteriormente, se describe de forma detallada el uso de cada una de las herramientas.

La validación de la propuesta de integración se basa en la verificación del cumplimiento del cuestionario VDA 6.3 Como se explicó anteriormente en el capítulo 3, los encargados de cada departamento de la organización son los responsables de la implementación de las herramientas basada en las matrices, por lo que a cada área se le debe entregar la(s) matriz correspondiente. Se establece un tiempo de implementación, el cual puede ser definido por la alta dirección y posteriormente se sigue un proceso de auditoría interna para determinar que todo lo que se establece en las matrices concuerda con lo que se implementó realmente en planta.

Después de realizar una auditoría interna, el equipo se reunirá y determinará si implementando lo que se propuso en las matrices de integración, se cumplió con los requerimientos de VDA 6.3. En el reporte de auditoría se determina si la organización está lista para ser auditada por la planta armadora, en este caso, Volkswagen.

CONCLUSIONES

- *La integración realizada en esta tesis establece una forma de trabajo que reduce los esfuerzos y recursos necesarios para implementar el SGC en una organización.*

La implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad es una tarea que puede llevarse a cabo de muchas formas distintas. El modelo *Lean Manufacturing* orientado al cumplimiento de la norma IATF 16949:2016, ayuda a implementar el SGC y, además, establece una filosofía de mejora continua en la organización optimizando los recursos necesarios para dicho fin.

- *Este trabajo de integración se puede aplicar para el proceso de aprobación como proveedor de cualquier consorcio automotriz.*

Hay que recordar que la *International Automotive Task Force* se compone de todas las asociaciones automotrices del mundo, tales como la AIAG de EE.UU., ANFIA de Italia, FIEV de Francia, SMMT de Reino Unido y VDA de Alemania; y la norma IATF 16949:2016 aplica para dichas asociaciones. Por lo tanto, aunque se realizó la validación de esta tesis con VDA 6.3, se pudo haber hecho, por ejemplo, con QS-9000, que es el estándar de requisitos del sistema de la calidad desarrollado por la AIAG, o con cualquier otro estándar de requisitos calidad de cualquier asociación antes mencionada. Dicho esto, la integración realizada en esta tesis brinda la posibilidad de aprobar el proceso de selección de proveedores de las plantas armadoras pertenecientes a la IATF.

- *Con esta integración, los proveedores serán capaces de cumplir con los requisitos necesarios que cada planta armadora les solicite, sin importar que sean diferentes entre sí.*

El uso de las matrices de integración y los formatos propuestos en esta tesis, no se reduce a un solo producto o autoparte, ni a una sola marca de vehículos, sino que sirve para desarrollar estándares de trabajo que ayuden a cumplir con los apartados de la norma automotriz en cualquier organización, principalmente, pero no limitada a, pequeñas y medianas empresas, que busquen formar parte de la cadena de suministro de la industria automotriz, sin importar a qué empresa(s) proveerá. Por lo tanto, si un fabricante desea proveer a dos o más plantas armadoras puede hacerlo, aunque tengan requerimientos diferentes, ya que con esta integración se cubren los requisitos principales de todos los consorcios, y el proveedor sólo tendría que enfocarse en los requerimientos específicos de cada uno para formar parte de su cadena de suministro.

RECOMENDACIONES

- El presente trabajo de investigación e integración es una herramienta muy completa, que puede ser utilizada también para comprender los principios del SGC automotriz, por lo tanto invita a los profesores de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, para utilizarlo como material de apoyo para las clases de las siguientes generaciones, con el fin de generar interés en sus alumnos y futuros ingenieros en el tema de los estándares de la industria automotriz.
- ¿Aplicación de esta integración dentro de la industria 4.0? La industria 4.0 busca automatizar todos los procesos, aplicando tecnologías y sistemas avanzados de información y comunicación, haciendo así una fábrica inteligente y, en medida de lo posible, sin interacción humana, por lo que la aplicación de la integración de esta tesis tendría que ir orientada a brindar soluciones para que las herramientas del modelo *Lean Manufacturing* cumplan su propósito. Como ejemplo, si se quiere establecer un sistema de producción *Pull*, en el que se fabrique lo que se requiere, cuando se requiere y en cantidades exactas, se puede implementar un sistema de tarjetas Kanban, y usando tecnologías de la industria 4.0, se puede monitorear en tiempo real la cantidad de material en las líneas de producción y programar un tiempo de resurtimiento de los insumos en el proceso que se requiera. Sin embargo, es un campo de estudio muy amplio que no ha sido explorado y beneficiaría mucho a las empresas que se desarrolle un trabajo de integración entre las matrices de tesis y los conceptos de la Industria 4.0
- El software a nivel industrial comúnmente es de difícil acceso para su estudio. Existen softwares industriales enfocados en la gestión de la información dentro de las organizaciones, que utilizan herramientas *Lean Manufacturing* para facilitar el trabajo de los ingenieros. Por mencionar uno, “iLEAN” brinda soluciones prácticas para, por ejemplo, la revisión, verificación y acomodo de stock entrante, reduciendo el tiempo necesario para estos procesos. Sin embargo, no existe un software que se adapte específicamente a la situación de cada empresa, ya que cada una tiene su propia estructura organizacional y modo de gestión de la información. Menor aún la probabilidad de que exista un software enfocado en la integración de *Lean Manufacturing* con alguna otra metodología de mejora continua. Sería importante desarrollar un software adaptativo que establezca las herramientas *Lean* necesarias para cubrir cada uno de los apartados de la norma IATF 16949:2016, basado en los recursos y el contexto de cada organización que use dicho software, con el fin de realizar la integración de manera precisa de acuerdo a los procesos de particulares del usuario.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, R. *Manual de Lean Manufacturing {TPS Americanizado}*.
- Crosby, P., 1987. *La calidad no cuesta*. México, D.F.: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V., p.10.
- Deming, E. 1988. *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis*.
- Gutiérrez, H., De la Vara, R. 2009. *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. 2009.
- Rother, Mike; Shook, John. 1999. *Learning to See, value stream mapping to add value and eliminate waste*.
- Tovar, J. 2020. *El Cubo de la Mejora Continua*.
- Womack, J., Jones, D. 2003. *Lean Thinking*.
- Womack, J., Jones, D. 1990. *The Machine that Changed the World*.

REFERENCIAS

- Asociación Alemana de la Industria Automotriz. (2010). VDA 6.3.
- aula21 | Formación para la Industria. 2020. *Lean Manufacturing: qué es, principios, herramientas y ejemplos* | Aula21. [online] Available at: <<https://www.cursosaula21.com/que-es-lean-manufacturing/>>
- Brunt, D., 2020. *Usando el diagrama de espagueti para aplicar la norma de distanciamientosocial del COVID-19 - Lean Institute Colombia*. [online] Lean Institute Colombia. Available at: <<https://institutolean.co/usando-el-diagrama-de-espagueti-en-la-norma-de-distancia-social-del-covid-19/>>
- Continuous Improvement and Leadership Institute. 2020. *Lean Manufacturing Green Belt*. <<https://www.cili.org.mx/index.php/about-us/>>
- Group, S., 2013. *Los Desperdicios de Lean Manufacturing* | SPC Consulting Group. [online] SPC Consulting Group |. Available at: <<https://spcgroup.com.mx/7-mudas/>>
- Grupo de Acción de la Industria Automotriz (2008). *Planeación Avanzada de la Calidad de Productos y Planes de Control (APQP y CP)*. Segunda edición.
- Grupo de Acción de la Industria Automotriz (2008). *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (FMEA)*. Cuarta edición.
- Grupo de Acción de la Industria Automotriz (2006). *Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP)*. Cuarta edición.
- Grupo de Acción de la Industria Automotriz (2002). *Análisis del Sistema de Medición (MSA)*. Segunda edición.
- Grupo de Acción de la Industria Automotriz (2005). *Control Estadístico de los*

Procesos(SPC). Segunda edición.

- International Automotive Task Force. (2016). Norma IATF 16949:2016.
- Organización Internacional para la Estandarización. (2015). Norma ISO 9000:2015 <http://saf.uas.edu.mx/pdf/Certificacion/NORMA%20ISO%209000%202015.pdf>
- Organización Internacional para la Estandarización. (2018). Norma ISO 19011:2018 <http://saf.uas.edu.mx/pdf/Certificacion/NORMA%20ISO%209000%202015.pdf>
- Infinityqs.lat. n.d. *Software de Gráficas de control | Gráficas de control de calidad estadística | InfinityQS.* [online] Available at: <<https://www.infinityqs.lat/products/proficient/proficient-add-on-products/control-chart-dashboard>>
- Pastor, I., 2020. [online] [Leanconstructionmexico.com.mx](http://www.leanconstructionmexico.com.mx). Available at: <<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/andon-control-visual-qu%C3%A9-es-tipos-y-ejemplos-de-aplicaci%C3%B3n>>
- International Automotive Task Force. 2021. *About – International Automotive Task Force.*[online] Available at: <<https://www.iatfglobaloversight.org/iatf-169492016/about/>>
- Webtecsoft.es. 2021. *Las 5 S en Lean Manufacturing.* [online] Available at: <<http://www.webtecsoft.es/category/tecnoftpedia/lean-manufacturing-tecnoftpedia/?i=1>>
- Romero, A., 2015. *La Gestión Visual - AAR management.* [online] AAR management. Available at: <<http://www.angelantonioromero.com/la-gestion-visual/>>
- MTM Ingenieros. 2019. *¿Qué es SMED? - MTM Ingenieros.* [online] Available at: <<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>>
- Keyence, M., n.d. *Detección del tipo de pistón | Industria automotriz | Ejemplos de aplicación por industria | Ejemplos de aplicaciones del Sensor de visión fácil de usar | KEYENCE México.* [online] [Keyence.com.mx](http://www.keyence.com.mx). Available at: <<https://www.keyence.com.mx/ss/products/vision/iv-casestudy/example/automotive/piston.jsp>>.
- Quiroa, M., 2019. *Proceso productivo | Economipedia.* [online] Economipedia. Available at: <<https://economipedia.com/definiciones/proceso-productivo.html>> [Accessed 9 March 2021].
- Sobolewski, M. and Williamson, M., 2020. *Recorridos Gemba como parte del trabajo estándar de los líderes.* [online] TRACC Solution. Available at: <<https://traccsolution.com/es/blog/recorridos-gemba/>>.

- Hessing, T. and PV, R., 2016. *Statistical Process Control (SPC) | Six Sigma Study Guide*. [online] Six Sigma Study Guide. Available at: <https://sixsigmastudyguide.com/statistical-process-control-spc/#page>.
- Delgado, E., 2021. *Relación entre las Core Tools y las cláusulas IATF16949*. [online] Coretools.com.mx. Available at: <<https://www.coretools.com.mx/blog/relacion-core-tools-requerimientos-iatf16949>>
- Porras, M., 2017. *KPI's ¿Qué son, para qué sirven y por qué y cómo utilizarlos?* [online] Blog.es.logicalis.com. Available at: <<https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos>>
- ISOTools. 2015. *¿En qué consiste el ciclo PHVA de mejora continua?* [online] Available at: <<https://www.isotools.org/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>> [Accessed 16 March 2021].
- Vázquez Romero, C., 2013. *Planeación de la producción y operaciones en las empresas*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/planeacion-de-la-produccion-y-operaciones-en-las-empresas/>
- Melgar, C., 2018. *Diagramas de Espagueti*. Recuperado de <https://leansixsigmaperu.blogspot.com/2018/08/diagramas-de-espagueti.html>

ANEXOS

Anexo A.1 Formato Para OGSM

OGSM		2	Nivel de la organización:	Dirección	Depto.	Célula
		1	Fecha:			
Objetivo: 3						
Meta 4	Estrategias 5	Métricas 6		Plan de acción 7		

Secciones del formato:

- 1. Fecha:** Fecha de llenado del formato y determinación de objetivos, metas, estrategias y métricas.
- 2. Nivel de la organización:** Seleccionar el nivel para el que están dirigidos los puntos del OGSM, puede ser la alta dirección, algún departamento de la empresa o incluso célula de trabajo o individuo.
- 3. Objetivo:** Objetivo principal.
- 4. Metas:** Descripción cuantitativa del objetivo.
- 5. Estrategias:** Prioridades clave para alcanzar dichas metas y lograr el objetivo.
- 6. Métricas:** Medidas que indicarán si las estrategias abordadas están cumpliendo con su propósito
- 7. Plan de acción:** Acciones específicas que se deben tomar para obtener las métricas, llevar a cabo las estrategias, alcanzar las metas y lograr el objetivo principal

Anexo A.2 Formato para SIPOC

Participantes:		1	SIPOC		Proceso ()	3	Linea:	5	Página:	7				
Aprobado por:		2			Subproceso ()	4	Fecha:	6	No. de SIPOC:	8				
No.	Proveedores (S)	9	Entradas (I)	10	Requerimientos de entradas	11	Proceso (P)	12	Salidas (O)	13	Requerimientos de salidas	14	Cliente (C)	15
1					11						14			
2						A								
3						↓								
4						B								
5						↓								
6						C								
7						↓								
8						D								
9						↓								
10						E								
11						↓								
12						F								
13						↓								
14						G								
15						↓								
16						H								
...						↓								
						I								
						↓								
						J								
						↓								
						...								

Secciones del formato:

- 8. Participantes:** Persona(s) que llenó el documento (formato).
- 9. Aprobado por:** Persona que aprueba el documento terminado.
- 10. Proceso:** Marcar si el SIPOC pertenece a un proceso.
- 11. Subproceso:** Marcar si el SIPOC pertenece al subproceso de un proceso
- 12. Línea:** Línea a la que pertenece el proceso del actual SIPOC.
- 13. Fecha:** Fecha de llenado del formato
- 14. Página:** Número de páginas del documento.
- 15. No. De SIPOC:** Número de SIPOC, para llevar un control en caso de haber más de uno, lo cual es recomendable si hay distintos procesos.
- 16. Proveedores:** Listar los proveedores de las entradas utilizadas en el proceso. Estos proveedores pueden bien ser un proceso anterior o un proveedor de materia prima.
- 17. Entradas:** Listar las entradas o materia prima, por proveedor, utilizadas para el proceso.
- 18. Requerimientos de las entradas:** Establecer los requerimientos que deben cumplir las entradas para que sean utilizadas en el proceso, para que el producto final tenga las características adecuadas.
- 19. Proceso:** Definir los pasos por los que se procesarán las entradas en forma de lista.
- 20. Salidas:** Listar las salidas o productos que se deben obtener posterior al proceso.
- 21. Requerimientos de las salida:** Establecer los requerimientos que deben cumplir los productos una vez terminado el proceso. Estos requerimientos se basan en la voz del cliente.
- 22. Cliente:** Listar los clientes que recibirán las salidas del proceso, ya sea que el cliente sea otro proceso o bien el consumidor final.

















Anexo A.3 Formato para toma de datos de estado actual para Value Stream Map.

Elaborado por:	1	TOMA DE DATOS PARA VSM ESTADO ACTUAL	Fecha:	3	No. VSM: 5
Supervisado por:	2		Línea:	4	
<i>Tipo de datos</i>		<i>Información requerida</i>		<i>Datos</i>	
Indicadores		Número de operarios (directos / indirectos)	6		
		Productividad (piezas/operario)	7		
		Tiempo de ciclo	8		
		Tiempo de cambio de lote	9		
		Tamaño de lote (mínimo / máximo / promedio)	10		
		Tiempo de ocupación (Uptime)	11		
		Tiempo de mantenimiento de la última semana / mes	12		
		Averías de la última semana / mes	13		
		Número de turnos disponibles	14		
		Inventario en proceso antes	15		
	Inventario en proceso después	16			
Flujo de información		Cómo se programa la producción (secuenciado / manual / kanban)	17		
		Periodicidad de corrida de producción (diario / semanal)	18		
		Como llega dicha información	19		
		Paso siguiente	20		
		Proceso siguiente	21		
Estado actual del proceso		El puesto de trabajo está organizado	22		
		Cambios de lote, SMED	23		
		Existen dispositivos a prueba de errores	24		
		Existe estandarización del trabajo	25		
		Existen controles / ayudas visuales	26		

Secciones del formato:

1. **Elaborado por:** Persona(s) que llenó el documento (formato).
2. **Supervisado por:** Persona que aprueba el documento terminado.
3. **Fecha:** Fecha de llenado del formato.
4. **Línea:** Línea de producción para la cual se toman los datos de estado actual.
5. **No. de VSM:** Para llevar un control en caso de haber más de un documento de VSM.
6. **No. de operarios:** Cuántos operarios en total participan en el proceso.
7. **Productividad:** Cuantas piezas se producen por cada operario.
8. **Tiempo de ciclo:** Cual es el tiempo que tarda el proceso.
9. **Tiempo de camb.io de lote:** Cual es el tiempo que tarda el cambiar de lote.
10. **Tamaño de lote:** Número mínimo, máximo y promedio de piezas por lote
11. **OEE:** Cual es la efectividad total de los equipos
12. **Tiempo de mantenimiento:** Cuanto tiempo se necesita para darle mantenimiento al proceso (máquinas, equipos, etc.).
13. **Averías:** Número de averías en el último mes y semana.
14. **Turnos:** Turnos disponibles para la producción.
15. **Inventario en proceso antes:** Cuanto inventario se tiene antes de entrar a proceso.
16. **Inventario en proceso después:** Cuanto inventario se genera después del proceso.
17. **Programación de producción:** Mediante kanban, de manera manual, por secuencia, otro.
18. **Periodicidad de producción:** Cada cuanto comienza un nuevo lote de producción (por horas, de manera diaria, semanal)
19. **Cómo llega la información:** Cómo se comunica la información de los puntos 17 y 18.
20. **Paso siguiente:** Paso siguiente en el proceso.
21. **Proceso siguiente:** Proceso que sigue en la línea.
22. **Puesto de trabajo organizado:** Observar cómo se organiza el puesto o área (p. ej. con 5S).
23. **SMED:** Observar si la herramienta SMED está implementada en el proceso para el cambio de herramienta.
24. **Dispositivos a prueba de errores:** Observar si el proceso cuenta con dispositivos a prueba de errores (Poka yoke, andon, o algún otro).
25. **Trabajo estandarizado:** Observar si existe un estándar de trabajo, y si los operadores lo siguen.
26. **Ayudas visuales:** Observar si el proceso cuenta con ayudas visuales para los operadores.

Anexo A.4 Formato Para Value Stream Map

Participantes:	1	VALUE STREAM MAP													Fecha:	3	5
Supervisado por:	2														Línea:	Nb. de VSM:	
Símbolos para VSM más comúnmente usados: 6																	
		Cliente	Flecha Pull	Flecha Push	Transporte	Caja de proceso	Caja de información	Inventario	Información manual / electrónica	Kanban de producción	Supermarket	Heijunka	Tiempo VA-NVA	Operador	Célula de trabajo	Inventario de seguridad	Tablero Kanban
VSM ACTUAL								VSM FUTURO									
7								8									
9								10									
Proceso								Proceso									
Operadores	11							Operadores									
T/C	12							T/C									
T/O	13							T/O									
T/M	14							T/M									
Turnos	15							Turnos									
No.	Cambios propuestos						16	Objetivos / expectativas del cambio			Se cumplieron los objetivos / expectativas			18	Comentarios		19
1								17			SÍ	NO					
2											SÍ	NO					
...											SÍ	NO					

Secciones del formato:

1. **Participantes:** Persona(s) que realizó el VSM.
2. **Supervisado por:** Persona que aprueba el documento terminado.
3. **Fecha:** Fecha de llenado del formato.
4. **Línea:** Línea de producción para la cual se toman los datos de estado actual.
5. **No. de VSM:** Para llevar un control en caso de haber más de un documento de VSM.
6. **Símbolos usados para VSM:** Símbolos más comunmente usados para representar el proceso con VSM.
7. **Área VSM actual:** Área donde se plasma el estado actual del proceso en forma de mapa.
8. **Área VSM futuro:** Área donde se plasma el estado futuro del proceso en forma de mapa, una vez implementados los cambios, herramientas o métodos propuestos.
9. **Tabla de datos estado actual:** Tabla donde se plasman los recursos utilizados para cada proceso, en el estado actual, incluyendo número de operadores, tiempo de ciclo, tiempo de ocupación, tiempo de cambio de máquina y turnos disponibles.
10. **Tabla de datos estado futuro:** Tabla donde se plasman los recursos que serán utilizados para cada proceso, en el estado futuro, incluyendo número de operadores, tiempo de ciclo, tiempo de ocupación, tiempo de cambio de máquina y turnos necesarios.
11. **Operadores:** Operadores necesarios para realizar el proceso.
12. **T/C:** Tiempo de Ciclo.
13. **T/O:** Tiempo de Ocupación, conocido también como Uptime.
14. **T/M:** Tiempo de Cambio de herramienta.
15. **Turnos:** Turnos disponibles para la producción.
16. **Cambios propuestos:** Listar los cambios, herramientas y métodos propuestos para mejorar el estado actual del proceso.
17. **Objetivos del cambio:** Describir las expectativas y los objetivos que queremos alcanzar con estos cambios propuestos
18. **Cumplimiento de objetivos:** Plasmar si los objetivos se alcanzaron una vez implementados los cambios propuestos.
19. **Comentarios:** Comentarios adicionales.

Anexo A.5 Formato para SMED

Participantes: 1		ANÁLISIS DE TIEMPO DE CAMBIO SMED			Línea: 3		Máquina: 5
Revisado por: 2					Proceso: 4		Fecha: 6
No.	Actividad 7	Tiempo por actividad 8	Modificaciones 10	Actividad Interna	Actividad Externa	Tiempo de valor agregado 13	
1				11	12		
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
...							
Tiempo total del cambio:		9		Nuevo tiempo total		14	
				% de mejora:		15	

Secciones del formato:

1. **Participantes:** Persona(s) que llenaron el documento (formato).
2. **Revisado por:** Persona que aprueba el documento terminado.
3. **Línea:** Línea de producción
4. **Proceso:** Proceso productivo de la línea
5. **Máquina:** Máquina a la que se aplicará SMED.
6. **Fecha:** Fecha de llenado del formato.
7. **Actividad:** Actividades realizadas para el cambio de modelo.
8. **Tiempo por actividad:** Tiempo que toma realizar cada una de las actividades.
9. **Tiempo total del cambio:** Sumatoria del tiempo que lleva realizar el cambio de modelo.
10. **Modificaciones:** Medidas propuestas para eliminar o convertir las actividades de valor no agregado de actividades Internas a Externas.
11. **Actividad Interna:** Define cuales son las actividades internas del cambio.
12. **Actividad Externa:** Define cuales son las actividades externas del cambio.
13. **Tiempo de valor agregado:** Tiempo de cada actividad Interna, las actividades externas no se toman en cuenta ya que se realizan antes o después del cambio.
14. **Nuevo tiempo total del cambio:** Sumatoria de los tiempos de valor agregado.
15. **% de mejora:** Mejora del tiempo necesario para el cambio respecto al método anterior.


Anexo A.6 Formato para Kanban Ordinario

PROCESO: _____ <small>1</small>	No. KANBAN	No. ____ de ____ <small>2</small>	Procesos
	Línea	<small>3</small>	Anterior
	Parte	<small>4</small>	T-12 ⁷
	Descripción de proceso	<small>5</small>	Siguiente
	Requerimiento Específico <small>6</small>		<small>8</small> T-10
	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Notas: <small>9</small>

Secciones del formato:

1. **Proceso:** Nombre o código del proceso.
2. **No. Kanban:** Cada Kanban debe tener un número para llevar un control.
3. **Línea:** Nombre o código de la línea donde se lleva a cabo el proceso.
4. **Parte:** Nombre o código de la parte que se procesará.
5. **Descripción de proceso:** Descripción de lo que se hace en ese proceso, para evitar errores y confusiones.
6. **Requerimiento específico:** En caso de que la parte tenga un requerimiento específico, y en este proceso se realice, se debe marcar y definir cuál es este requerimiento. En caso contrario marcar "No".
7. **Proceso anterior:** Se especifica el proceso por el que la parte pasó antes de llegar al proceso actual.
8. **Proceso siguiente:** Se especifica el proceso por el que la parte pasará una vez terminado el actual.
9. **Notas:** Comentarios adicionales del proceso, retrabajo, scrap, etc.








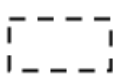
Anexo A.7 Formato para Kanban por Lotes

KANBAN				
LOTE PIEZAS TIPO: A	No. KANBAN	1/6	2	
	Ayuda visual		Tamaño de lote	4
	3		Piezas por caja	5
			Cajas por lote	6
			Tiempo de Producción	7
			Loc. en tienda	8
			Loc. partes terminadas	9
			Código de parte para lote	
	3			
			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 10	

Secciones del formato:

1. **Lote:** Nombre o tipo de piezas que se producirán en el lote.
2. **No. Kanban:** Si el fabricante manufactura más de un tipo de piezas, se debe especificar el número de Kanban utilizado para cada tipo.
3. **Ayuda visual:** Evita las confusiones al momento de fabricar un lote de piezas específicas. Un dibujo o fotografía de la pieza es una buena opción.
4. **Tamaño de lote:** Especifica el número de piezas a fabricar en el lote.
5. **Piezas por caja:** Especifica el número de piezas que debe ir en cada caja.
6. **Cajas por lote:** Especifica cuantas cajas deberían obtenerse al terminar el lote.
7. **Tiempo de producción:** Especifica el tiempo estimado que llevará fabricar el lote.
8. **Locación en tienda:** Indica el área de trabajo o línea donde se lleva a cabo el proceso.
9. **Locación de partes terminadas:** Indica el área donde se depositará el lote terminado para su entrega.
10. **Código de parte para lote:** Al igual que la ayuda visual, el código de parte sirve para verificar que se fabricará el lote de piezas correcto. Puede usarse un número de serie o código de barras.

Anexo A.8 Formato para Diagrama de Espagueti

Participantes: 1		DIAGRAMA DE ESPAGUETI		Línea: 3	Fecha: 5
Aprobado por: 2				Proceso: 4	No. Diagrama: 6
Movimientos 7		Layout Actual		Layout futuro	
Tipo de Línea	Recurso	8		9	
	Personas				
	Productos				
	Materiales				
	Documentos				
	Máquinas				
	Células de trabajo				
	Almacén				
	Otro	Tiempo necesario: 10	Distancia recorrida: 11	Tiempo necesario: 12	Distancia recorrida: 13

Secciones del formato:

1. **Participantes:** Persona(s) que llenaron el documento (formato).
2. **Aprobado por:** Persona que aprueba el documento terminado.
3. **Línea:** Línea de producción.
4. **Proceso:** Proceso productivo de la línea.
5. **Fecha:** Fecha de desarrollo del diagrama de espaguetti.
6. **No. de Diagrama:** Para llevar un control de los documentos.
7. **Movimientos:** Los movimientos que realiza cada uno de los recursos, tales como personas, productos, materiales y documentos, así como también la disposición en el área de trabajo de las máquinas, células de trabajo y almacén.
8. **Layout actual:** Layout del área de trabajo, previo a los cambios.
9. **Layout futuro:** Layout del área de trabajo con el nuevo ordenamiento.
10. **Tiempo necesario actual:** Tiempo que toma a los recursos trasladarse a lo largo de todos los puntos necesarios del proceso en el estado actual.
11. **Distancia recorrida actual:** Distancia total recorrida en el estado actual.
12. **Tiempo necesario futuro:** Tiempo que tomará a los recursos trasladarse a lo largo de todos los puntos necesarios del proceso en el estado futuro.
13. **Distancia recorrida futuro:** Distancia total recorrida en el estado futuro.

Anexo A.9 Formato para Recorridos Gemba.

Participantes: 1		Recorridos Gemba para auditorías internas y almacenes			Fecha: 2	Área auditada: 3
					Frecuencia de Gemba: 4	No. de Gemba: 5
No.	Preguntas preparadas 6	Marcar respuesta		Comentarios	Hallazgos de proceso	Evidencias
1		SÍ	NO	8		9
2		SÍ	NO			
3		SÍ	NO			
4		SÍ	NO			
5		SÍ	NO			
6		SÍ	NO			
7		SÍ	NO			
Hallazgos en almacén		Evidencias			Hallazgos de producto	Evidencias
		10				11
Plan de acción para contrarrestar los hallazgos negativos encontrados: 12						

Secciones del formato:

1. **Participantes:** Personal que realiza el recorrido Gemba y llena el formato.
2. **Fecha:** Fecha de desarrollo del diagrama de espaguetti.
3. **Area auditada:** Area donde se desarrolla el Gemba
4. **Frecuencia de Gemba:** Frecuencia definida para realizar los recorridos gemba en esa área
5. **No. de Gemba:** Número según el área de trabajo o cantidad de recorridos realizados
6. **Preguntas preparadas:** Listado de las preguntas que se realizarán al personal en el área del recorrido
7. **Respuestas cerradas:** Respuestas tipo Sí / No
8. **Comentarios:** Comentarios respecto a las respuestas cerradas (ejemplos, detalles, desarrollo de respuestas abiertas, etc)
9. **Hallazgos de proceso y Evidencias:** Listado de hallazgos en el proceso que pueden afectar en el producto final y evidencias visuales
10. **Hallazgos de almacén y evidencias:** Listado de hallazgos en el proceso de almacenaje de producto y evidencias visuales
11. **Hallazgos de producto y evidencias:** Listado de hallazgos en el producto que pueden afectar la satisfacción del cliente y evidencias visuales
12. **Plan de acción:** Acciones planeadas para contrarrestar los problemas generados por los hallazgos de proceso, producto y/o almacén.

Las siguientes son preguntas recomendadas para realizar el Gemba y obtener un mejor panorama de los procesos y causas de algún problema (Certificación Lean Yellow Belt, 2020):

- ¿Hay algún proceso documentado y estándar para realizar esta tarea o actividad?
- ¿Se han implementado las 5S en esta área? Si es así, ¿está claro el estándar de cómo se debería mantener despejada el área? ¿Es visual?
- ¿Qué grado de comprensión del estándar tienen quienes están realizando el trabajo?
- ¿Se están siguiendo los procedimientos estándar? (Muéstreme los que usa).
- ¿Se está realizando el proceso de acuerdo con el estándar?
- Si no se está siguiendo el proceso según el estándar, ¿a qué cree que se debe?
Si el proceso no está funcionando según el estándar, ¿por qué cree que es así? ¿hay guías disponibles para la solución de problemas o procedimientos de reparación rápida?
- ¿Cuáles son los problemas actuales y los más comunes en esta área de proceso?
- ¿Qué podemos hacer para mejorar las condiciones actuales?

Anexo A.10 Formato para establecer un estándar de trabajo

Participantes: 1		ESTÁNDAR DE TRABAJO			Línea: 3	Máquina: 5
Aprobado por: 2					Proceso: 4	Fecha: 6
No.	Actividad	Tiempo	Frecuencia	Herramienta / equipo	Ayuda visual (Diagramas, Fotos, etc.)	
1	7	8	9	10	11	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
...						

Secciones del formato:

1. **Participantes:** Personas que realizan el estándar de trabajo
2. **Aprobado por:** Alto mando que aprueba el estándar de trabajo generado.
3. **Línea:** Línea para la que se establece el estándar de trabajo.
4. **Proceso:** Nombre del proceso dentro de la línea.
5. **Máquina:** La máquina donde se llevan a cabo las actividades del proceso.
6. **Fecha:** Fecha de realización del estándar
7. **Actividades:** Estandarizar las actividades que se deben realizar para el proceso.
8. **Tiempo:** Tiempo necesario para realizar la actividad
9. **Frecuencia:** Frecuencia con la que se realizarán estas actividades estandarizadas.
10. **Herramienta/Equipo:** Herramienta utilizada para las actividades del proceso y el equipo de protección personal mínimo que se debe utilizar.
11. **Ayuda visual:** Plasmar ayudas visuales necesarias para el fácil entendimiento de las actividades estandarizadas. (Fotos, Diagramas, Dibujos, Tablas, etc.)

Secciones del formato:

1. **Realizado por:** Persona(s) que realizó el análisis 5W2H.
2. **Aprobado por:** Persona que aprueba que el análisis es correcto.
3. **¿Qué?:** Definir cuál es el problema o producto problemático.
4. **¿Por qué?:** Definir por qué se causó el problema
5. **¿Dónde?:** Definir en qué área, línea o máquina se detectó el problema.
6. **¿Cuándo?:** Cuándo ocurrió el problema o fue detectado por primera vez. Por fecha y hora.
7. **¿Quién?:** Definir quién detectó el problema y quienes han sido afectados o están relacionados, sin buscar culpables.
8. **¿Cómo?:** Definir cómo se detectó el problema y cómo se sabe que es un problema.
9. **¿Cuánto?:** Define la severidad o magnitud del problema en términos de costo, cantidad de piezas o tasa de defectos en %.

Anexo A.12 Formato para hacer un análisis causa raíz con Ishikawa

Participantes: 1		Análisis causa raíz con método Ishikawa			Fecha: 2	Área/línea: 4
					No. de Ishikawa: 3	
Listar las posibles Causas 5						Efecto
No.	Mano de obra	Máquina	Material	Método	6	
1						
2						
3						
4						
5						
Descripción de la causa raíz del problema: 7						

Secciones del formato:

- 1. Participantes:** Personas que realizan el estándar de trabajo
- 2. Fecha:** Fecha de realización del análisis de causa raíz
- 3. No. de Ishikawa:** Número del documento.
- 4. Línea:** Línea en la que se presenta el problema y que será analizada para encontrar la causa raíz.
- 5. Posibles causas:** Listar las posibles causas según el método de las 4M (Mano de obra, Máquina, Material y Método) hasta encontrar la posible causa raíz del problema.
- 6. Efecto:** Describir el efecto que generan las causas de las 4M.
- 7. Descripción:** Una vez determinada la causa raíz, se debe redactar de manera detallada para generar un plan de acción que ataque directamente a esa causa, y evitar desperdiciar esfuerzos resolviendo causas que no son la raíz.

Anexo A.13 Formato para hacer un Informe A3

Participantes: 1	Informe A3		Fecha: 2	No. de A3: 3
Antecedentes			Área de análisis: 4	
5		Mejoras propuestas		
Situación actual		6		
7		Planeación		
Objetivos		10		
8		Control		
Análisis Causa Raíz		11		

Secciones del formato:

- 1. Participantes:** Personas que realizaron el informe y desarrollaron los 7 pasos del A3
- 2. Fecha:** Fecha de realización del informe A3
- 3. No. de A3:** Número del documento.
- 4. Área de análisis:** Área que se beneficiará con las mejoras propuestas
- 5. Antecedentes:** Definición clara y concisa del problema, es proporcionar la información necesaria para contextualizarlo.
- 6. Situación actual:** Cuantificación del problema, representado con datos reales, como porcentajes, costos, tiempo, etc.
- 7. Objetivos:** Mostrar la situación a la que se desea llegar con este proceso, incluyendo los indicadores a utilizar para verificar el desempeño.
- 8. Análisis de causa raíz:** Utilizar técnicas para llegar a la causa raíz del problema.
- 9. Mejoras propuestas:** Describir qué medidas tomaremos para eliminar la causa raíz del problema
- 10. Planeación:** Definir acciones concretas para solucionar el problema y mejorar el proceso, con fechas, responsables, etc.
- 11. Control:** Definir prácticas que garanticen la sustentabilidad de la mejora, validando beneficios.

Anexo A.13 Formato para tablero de Charting / gráficas de control

Tableros de información								Fecha: 1
								Línea de producción: 2
Indicador: 3	Datos			Gráfico de control - desempeño				
Valor objetivo	Límites	Muestra	Frecuencia de muestreo	<div style="text-align: center;">9</div>				
4	Superior:	7	8					
	5							
	Inferior:							
	6							
	Datos			Gráfico de control - desempeño				
Valor objetivo	Límites	Muestra	Frecuencia de muestreo					
	Superior:							
	Inferior:							
Indicador:	Datos			Gráfico de control - desempeño				
Valor objetivo	Límites	Muestra	Frecuencia de muestreo					
	Superior:							
	Inferior:							
	Datos			Gráfico de control - desempeño				
Valor objetivo	Límites	Muestra	Frecuencia de muestreo					
	Superior:							
	Inferior:							

Secciones del formato:

- 1. Fecha:** Fecha de realización del informe A3
- 2. Línea de producción:** Línea o proceso sobre la cual se están monitoreando los indicadores de desempeño KPI's
- 3. Indicador:** KPI que se va a graficar/controlar
- 4. Valor objetivo:** Escribir el valor que se tiene como objetivo para el KPI controlado
- 5. Límite superior:** Valor máximo del KPI
- 6. Límite inferior:** Valor mínimo del KPI
- 7. Muestra:** Valor de la muestra que se está midiendo
- 8. Frecuencia de muestreo:** Lapso de tiempo, ya sea hora, jornada, día o número de muestra que se está midiendo.
- 9. Grafico de control – desempeño:** Grafica que determina los valores medidos, llámese promedios, tangos, dispersión, etc, que ayude de mejor manera a monitorear el desempeño del KPI