



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

Implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí.

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestro en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

IME. Rogelio Martínez Ramírez

Asesor:

Dr. Orlando Guarneros García

San Luis Potosí, S. L. P.

Marzo de 2021





FACULTAD DE
INGENIERÍA

17 de diciembre de 2020

**ING. ROGELIO MARTÍNEZ RAMÍREZ
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el **Dr. Orlando Guarneros García**, Asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Planeación Estratégica e Innovación**, me es grato comunicarle que en la Sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 17 de diciembre del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"Implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí"

Introducción.

1. Planificación del proceso de manufactura de la válvula EGR.
2. Análisis de modo y efecto fallas, dirigido a la planificación de proyectos de manufactura.
3. Implementación de los siete pasos para el análisis de modo y efecto fallas.
4. Mejora y propuestas de Estrategias al proceso de manufactura.

Conclusiones.

Referencias.

Anexos.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

A T E N T A M E N T E

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
DR. EMILIO JORGE GONZÁLEZ GALVÁN
DIRECTOR DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN

www.uaslp.mx

Copia. Archivo
*etr.

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria - CP 78200
San Luis Potosí, S.L.P.
tel: (444) 826 2330 al 39
fax: (444) 826 2336

"1945-2020: 75 años de formación de profesionales en la Facultad de Ingeniería"



El que suscribe Rogelio Martínez Ramírez, con domicilio en Pedro Montoya 1035, Colonia Los Ángeles, C.P. 78230, Tel. 444-2-49-46-34, Ciudad de San Luis Potosí y en mi carácter de autor y titular de la tesis que lleva como nombre:

"Implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí".

En lo sucesivo "LA OBRA" y por ende, cedo y autorizo a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, para que lleve a cabo la divulgación, publicación, reproducción, así como la digitalización de la obra, en formato electrónico y sin fines de lucro.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se compromete a respetar en todo momento mi autoría y a otórgame el crédito correspondiente.

San Luis Potosí, S.L.P, a 25 de febrero del 2021.

Atentamente

Ing. Rogelio Martínez Ramírez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

Aclaración

El presente trabajo que lleva por título

“Implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí”

Se realizó en el periodo Enero de 2020 a Enero de 2021 bajo la dirección del Dr. Orlando Guameros García.

Originalidad

Por este medio aseguro que he realizado este documento de tesis para fines académicos sin ayuda indebida de terceros y sin utilizar otros medios más que los indicados.

Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este documento y asume la responsabilidad total del mismo.

Este documento no ha sido sometido como tesis a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total.

Se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento de Tesis para fines académicos.

Nombre y Firma del autor

Rogelio Martínez Ramírez

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con mucho orgullo a mi Padre, que ya no está presente en este mundo, por haber formado a una persona profesionalista, que ha logrado alcanzar sus metas y mejores aspiraciones en la vida.

A mi madre, por tenerla presente en estos momentos de mi vida, por darme el amor y cariño para seguir adelante, así mismo por haber logrado formar un hijo capaz de seguir creciendo como una persona de bien.

A mi hermana Rocío, por su apoyo incondicional y por el orgullo que siente hacia mí, por verme seguir creciendo profesionalmente y a mi hermano Roberto por estar ahí.

A mi mejor amigo Noé, por apoyarme en los momentos de fragilidad, por demostrarme su lealtad y darme los ánimos para alcanzar este logro.

A mis amigos y compañeros, que he tenido el placer de convivir a lo largo de mi vida personal y profesional y que me han aportado experiencias y conocimiento para alcanzar este sueño.

Gracias a todos.

Agradecimientos

Le doy gracias a Dios, por haberme dado la capacidad, la tenacidad y fuerza para lograr y alcanzar este sueño y logro en mi vida.

Al Dr. Orlando, le agradezco por invertir su tiempo en apoyarme y guiarme para realizar este trabajo. Así mismo en darme consejos, en creer en mi capacidad y en otorgarme la libertad a lo largo de este último año.

A la Dra. Imelda y el Dr. Vicente, les agradezco por el apoyo y los consejos a lo largo de la formación de esta tesis y por sus buenos deseos hacia mi persona.

A mis compañeros y profesores de posgrado, les agradezco por haber compartido experiencias y vivencias durante estos últimos años de estudio.

A mi equipo de trabajo de Ingeniería: Hugo, Gaby, Fer y Noé, les agradezco por creer en mí, por su apoyo incondicional el día a día en el trabajo y por su amistad.

Gracias a todos.

RESUMEN

La industria automotriz es una de las actividades económicas más relevantes en el mundo. Hoy en día, el diseño y desarrollo de productos automotrices está exigiendo una constante innovación en los procesos de manufactura para lograr ofrecer mejores productos con una excelente calidad y alcanzar la satisfacción de los Clientes.

Los procesos de manufactura están orientados en actividades de transformación para la fabricación de productos, por lo cual, el presente trabajo muestra una implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas.

El contenido descrito, aborda una evaluación de riesgos a través de los siete pasos de la metodología de análisis de modos y efecto fallas (AMEF versión AIAG-VDA), dirigido a la dirección de proyectos para la fabricación de productos automotrices, siguiendo los lineamientos de la planeación avanzada de la calidad del producto y los pasos del ciclo PHVA.

Palabras clave: Sector automotriz, Planeación en el proceso de manufactura, análisis de modo y efecto fallas (AMEF).

ABSTRACT

The automotive industry is one of the most relevant economic activities in the world. Today, the design and development of automotive products is demanding constant innovation in manufacturing processes in order to get better products with excellent quality and achievement Customer satisfaction.

The manufacturing processes are oriented in transformation activities for the manufacture of products; therefore, this work shows an implementation of improvement to the manufacturing process in the design and development stages, through the methodology of failure mode and effect analysis.

The content described addresses a risk assessment through the seven steps of the failure modes and effect analysis methodology (FMEA version AIAG-VDA), oriented to the management of projects for the manufacture of automotive products, following the guidelines of advanced product quality planning and PDCA cycle steps.

Keywords: Planning on industrialization process, Failure mode effect analysis (FMEA) & Automotive.

Índice general

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción | 16 |
| Antecedentes | 17 |
| Capítulo I. Planificación del proceso de manufactura de la válvula EGR | 20 |
| 1.1 Antecedentes del problema | 21 |
| 1.2 Problemática | 23 |
| 1.3 Alcance | 24 |
| Delimitación del alcance | 26 |
| Limitaciones del alcance | 27 |
| 1.4 Justificación | 28 |
| 1.5 Objetivo e hipótesis | 29 |
| Objetivo general | 29 |
| Objetivos específicos | 29 |
| Hipótesis | 29 |
| Capítulo II. Análisis de modo y efecto fallas, dirigido a la planificación de proyectos de manufactura | 30 |
| 2.1 Introducción | 31 |
| 2.2 Marco contextual | 31 |
| Industria manufacturera | 31 |
| Clasificación de la industria automotriz | 32 |
| Impacto económico de la industria automotriz | 34 |
| 2.3 Marco Conceptual | 35 |
| Fundamentos de la dirección de proyectos | 35 |
| Rol de los proyectos dentro de la planeación estratégica | 38 |
| Planeación de la calidad | 40 |
| Planificación avanzada de la calidad del producto | 41 |
| 2.4 Marco Teórico | 45 |
| Gestión de riesgos en las organizaciones | 45 |
| Análisis de modos y efecto fallas | 47 |
| Los siete pasos para la implementación de AMEF versión AIAG-VDA | 49 |
| Mejora continua | 52 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Ciclo PHVA una herramienta para la mejora continua | 52 |
| Capítulo III. Implementación de los siete pasos para el análisis de modo y efecto fallas | 55 |
| 3.1 Introducción | 56 |
| 3.2 Esquema de investigación | 56 |
| Fase #01: Planificar..... | 58 |
| Paso 1: Planificación y preparación..... | 59 |
| Paso 2: Análisis de la estructura | 61 |
| Paso 3: Análisis de la función | 64 |
| Paso 4: Análisis de la falla..... | 65 |
| Paso 5: Análisis de riesgos..... | 69 |
| Fase #02: Hacer..... | 77 |
| Paso 6: Optimización (A) | 78 |
| Fase #03: Verificar | 80 |
| Paso 6: Optimización (B) | 81 |
| Fase #04: Actuar..... | 82 |
| Paso 7: Documentación de los resultados..... | 83 |
| 3.3 Propuesta metodológica | 85 |
| Aplicación metodología en las Fase 1: Planear y Fase 2: Hacer | 85 |
| Capítulo IV. Mejora y propuestas de estrategias al proceso de manufactura | 95 |
| 4.1 Introducción | 96 |
| 4.2 Estructura para el análisis de resultados | 96 |
| 4.3 Parte A: Recopilación de resultados | 97 |
| 4.4 Parte B: Síntesis de resultados | 106 |
| 4.5 Parte C: Dictamen de resultados..... | 111 |
| Conclusiones..... | 112 |
| Referencias | 116 |
| Anexos..... | 119 |

Índice de ilustraciones

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1 Organigrama funcional Fuente: Elaboración propia | 22 |
| Ilustración 2 Válvula EGR Fuente: (Aisan Industry CO., LTD., 2020)..... | 24 |
| Ilustración 3 Esquema del proceso de fundición Fuente: Elaboración propia | 25 |
| Ilustración 4 Fases de un proyecto Fuente: Elaboración propia..... | 35 |
| Ilustración 5 Justificaciones de Proyecto Fuente: Elaboración propia | 36 |
| Ilustración 6 Administración de portafolio, programa y proyecto Fuente: Elaboración propia | 37 |
| Ilustración 7 Diagrama entrada-salida para identificar clientes. Fuente: (Juran, 1989, p. 85) | 40 |
| Ilustración 8 Fases de APQP Fuente: Elaboración propia..... | 42 |
| Ilustración 9 Plan de esquema de tiempo del APQP Fuente: (AIAG, 2008, p. 7)..... | 43 |
| Ilustración 10 Portada de manual AMEF Fuente: (Rodriguez, 2019)..... | 50 |
| Ilustración 11 El ciclo del PHVA para la mejora Fuente: (Manos & Vincet, 2012, p. 152) | 53 |
| Ilustración 12 Integración de los siete pasos del AMEF al ciclo PHVA Fuente: Elaboración propia..... | 58 |
| Ilustración 13 Las cinco T's Fuente: Elaboración propia. | 58 |
| Ilustración 14 Línea de tiempo para la etapa de industrialización del proceso de fundición Fuente: Elaboración propia..... | 61 |
| Ilustración 15 Diagrama de flujo de proceso Fuente: Elaboración propia | 62 |
| Ilustración 16 Análisis de la estructura Fuente: Elaboración propia | 63 |
| Ilustración 17 Análisis de la función Fuente: Elaboración propia..... | 64 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 18 Cadena de las fallas Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 66 |
| Ilustración 19 Análisis de la falla Fuente: Elaboración propia..... | 67 |
| Ilustración 20 Formato C: Formato estándar para hoja de AMEF parte 1 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) p163. | 69 |
| Ilustración 21 Lista de puntos abiertos Fuente: Elaboración propia | 78 |
| Ilustración 22 Progreso del Cronograma Fuente: Elaboración propia. | 80 |
| Ilustración 23 Formato C: Formato estándar para hoja de AMEF parte 2 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) p163 | 82 |
| Ilustración 24 Anexo A: Formato estándar de hoja de AMEF Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 84 |
| Ilustración 25 Actividades de la etapa de industrialización para área de fundición Fuente: Elaboración propia..... | 85 |
| Ilustración 26 Diagramas de flujo para los supuestos de la etapa de industrialización Fuente: Elaboración propia..... | 86 |
| Ilustración 27 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 1) Fuente: Elaboración propia..... | 87 |
| Ilustración 28 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 2) Fuente: Elaboración propia..... | 88 |
| Ilustración 29 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 3) Fuente: Elaboración propia..... | 89 |
| Ilustración 30 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 4) Fuente: Elaboración propia..... | 90 |
| Ilustración 31 Lista de puntos abiertos (parte 1) Fuente: Elaboración propia..... | 92 |
| Ilustración 32 Lista de puntos abiertos (parte 2) Fuente: Elaboración propia..... | 93 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 33 Cronograma de actividades para la etapa de industrialización Fuente: Elaboración propia..... | 94 |
| Ilustración 34 Seguimiento del cronograma de actividades para la etapa de industrialización Fuente: Elaboración propia..... | 98 |
| Ilustración 35 Efectos del cronograma de actividades para la etapa de industrialización (parte 1) Fuente: Elaboración propia | 99 |
| Ilustración 36 Efectos del cronograma de actividades para la etapa de industrialización (parte 2) Fuente: Elaboración propia | 100 |
| Ilustración 37 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 1) Fuente: Elaboración propia .. | 102 |
| Ilustración 38 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 2) Fuente: Elaboración propia .. | 103 |
| Ilustración 39 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 3) Fuente: Elaboración propia .. | 104 |
| Ilustración 40 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 4) Fuente: Elaboración propia .. | 105 |
| Ilustración 41 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 1) Fuente: Elaboración propia | 107 |
| Ilustración 42 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 2) Fuente: Elaboración propia | 108 |
| Ilustración 43 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 3) Fuente: Elaboración propia | 109 |
| Ilustración 44 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 4) Fuente: Elaboración propia | 110 |

Índice de tablas

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Matriz de puntos de cambio Fuente: Elaboración propia | 27 |
| Tabla 2 Divisiones de la Industria Automotriz Fuente: (CIU, 2006) | 32 |
| Tabla 3 Categorización de plan estratégico contra objetivos específicos. Fuente: (PMI, 2013) | 39 |
| Tabla 4 Complementos para la etapa de industrialización del proceso de manufactura Fuente: (AIAG, 2008 p. 27-28) | 45 |
| Tabla 5 Partes del AMEF Fuente: (AIAG, 2018)..... | 49 |
| Tabla 6 Alcance de los siete pasos del AMEF Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 51 |
| Tabla 7 Esquema de Investigación Fuente: Elaboración propia..... | 57 |
| Tabla 8 Matriz para el encabezado del AMEF Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 60 |
| Tabla 9 Matriz para el análisis de la estructura Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 63 |
| Tabla 10 Matriz para el análisis de la función Fuente: (AIAG & VDA, 2019). | 65 |
| Tabla 11 Matriz para el análisis de la falla Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 67 |
| Tabla 12 Bloque A de análisis Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 68 |
| Tabla 13 Bloque B de análisis Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 68 |
| Tabla 14 Bloque C de análisis Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 68 |
| Tabla 15 Criterios de severidad (S) Tabla P1 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 70 |
| Tabla 16 Criterios de ocurrencia (O) Tabla P2 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 71 |
| Tabla 17 Criterios de detección (D) Tabla P3 Fuente: (AIAG & VDA, 2019)..... | 72 |
| Tabla 18 Acciones prioritarias (AP) Tabla AP Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 74 |
| Tabla 19 Matriz para el análisis de riesgos Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 77 |
| Tabla 20 Matriz para la optimización, parte 1 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 79 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 21 Matriz para la optimización, parte 2 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) | 81 |
| Tabla 22 Cuantificación para acciones prioritarias Fuente: Elaboración propia..... | 82 |
| Tabla 23 Matriz de dictamen de resultados Fuente: Elaboración propia | 111 |

Introducción

El desarrollo del presente trabajo de investigación estará centrado a la implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí. El contexto de este trabajo se desenvolverá en una planta de origen japonés dedicada a la fabricación de productos de partes automotrices. Actualmente el personal de Ingeniería de la compañía localizada en la ciudad de San Luis Potosí llevará a cabo un proceso de planificación para el proceso de manufactura orientado a la fabricación de un producto denominado Válvula EGR (EGR; de las siglas en idioma inglés “Exhaust Gas Recirculation”).

El método actual de planificación para el proceso de manufactura no permite esquematizar y visualizar los factores críticos que puedan impactar en un posible retraso a los entregables del proyecto. Por lo tanto, se buscará implementar una mejora al proceso de manufactura, aplicando una evaluación de riesgos a través de la metodología de análisis de modos y efecto fallas (AMEF). El alcance propuesto en este capítulo estará acotado al área de fabricación de fundición. Ante la hipótesis alterna propuesta, se espera obtener resultados satisfactorios, dando lugar a establecer un punto de partida para efectuar la estandarización de la implementación de mejora hacia los procesos posteriores de fabricación.

Antecedentes

En el mundo, una de las actividades con mayor participación en el mercado son las del sector automotriz. Actualmente, existen muchas organizaciones del sector manufacturero que se encuentran en constante innovación estableciendo metas orientadas a la mejora de sus productos y/o servicios. *“Las metas de innovación se refieren a la flexibilidad interna y la preparación para adaptarse a cambios inesperados en el entorno. Las metas de innovación con frecuencia se definen con respecto al desarrollo de nuevos servicios, productos o procesos de producción específicos”* (L. Daft, 2011). Como lo describe (González, 2016), para una organización, el proceso para diseñar un producto y/o servicio es una parte fundamental e incluso es determinado como un punto crítico. El diseño y desarrollo idóneo permitirá a cualquier organización cumplir con las necesidades del cliente ante los requerimientos establecidos. Por lo cual; *“Las organizaciones dependen de sus clientes y, por lo tanto, deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes; satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes”* (Gutiérrez Pulido, 2010).

En la industria automotriz se manufacturan diversos productos utilizados para la construcción de vehículos, estos componentes se encuentran en una gran gama de tamaños y formas; los vehículos son clasificados dependiendo del fin asignado. Por ejemplo; se encuentran desde automóviles deportivos hasta camiones de carga, estos ejemplos forman parte como iconos que buscan una constante innovación a través de la satisfacción del cliente.

En un contexto más reciente en Europa, para (Hermes, 2018) la industria automotriz alemana funge como una de las fuentes de empleo más grandes con la que cuenta el país. Utiliza una fuerza laboral de más de 750,000 trabajadores en la industria de forma directa. Cada día, millones de vehículos comerciales se encuentran en constante movimiento, encargados de proveer las necesidades de trasportación de una vida cotidiana.

Ante esta necesidad nació la Asociación Alemana de la Industria Automotriz (VDA; de las siglas en idioma alemán “Verband der Deutschen Automobilindustrie”). Esta asociación representa a grandes Fabricantes de Equipos Originales (OEMs; de las siglas en idioma inglés “Original Equipment Manufacturer”) conformado por Volkswagen, BMW, Daimler, Adam Opel entre otras. La VDA tienen como objetivo la administración de la empresa a través de los sistemas de gestión de calidad y a la revisión de los procesos y productos. Además, la asociación VDA es conocida por la emisión de estándares y recomendaciones para sistemas de gestión de calidad para productos y servicios. Estas normas son obligatorias para los fabricantes y proveedores del sector automotriz y son de las más importantes para el sector automotriz europeo. La familia de normas VDA está relacionadas acorde a los requisitos de las normas ISO (AEC, 2019).

En el resto del mundo existen normas internacionales para los sistemas de gestión de calidad para la industria automotriz. Por ejemplo, la norma internacional IATF 16949 es la más reciente. Esta norma fue desarrollada por miembros del grupo fuerza de tarea internacional para la automoción (IATF; de las siglas en idioma inglés “International Automotive Task Force”) y enviada a los responsables de ISO para su aprobación y publicación (NQA , 2020); para complementar “*Una fuerza de tarea es un comité temporal compuesto por representantes de cada unidad organizacional afectada por un problema*” (L. Daft, 2011).

Las exigencias en la industria automotriz buscan que el desarrollo de un producto y/o servicios cumplan con las expectativas de éxito para satisfacer los requerimientos de los clientes finales. Tras estas exigencias, tres de las grandes la industria automotriz ubicadas en Norte América conformadas por Chrysler, Ford y General Motors se unen para fundar una organización sin fines de lucro, llamada Grupo de Acción de la Industria Automotriz (AIAG; de las siglas en idioma inglés “Automotive Industry Action Group”). La AIAG es una organización sin fines de lucro conformada por diversos grupos como; OEMs, proveedores de servicios, entidades gubernamentales y personales académicos en el que han trabajado por más de 37 años con el objetivo de reducir la complejidad y reducción de costos entorno a la cadena de suministros del ramo automotriz (AIAG group, 2020). Además, los objetivos de esta organización, es crear estándares de calidad y establecer regulaciones comunes para los miembros asociados.

Este trabajo de investigación se desarrollará en una organización de origen japonés; en esta organización se tiene una presencia a nivel mundial en los continentes de Asia, Europa

y América. La casa matriz se ubica en el país de Japón, en donde se encuentra instalado el corporativo central que da servicio y soporte a cada uno de los sitios de fabricación instaladas a nivel mundial. Esta organización toma participación en el sector automotriz ofreciendo tres tipos de productos y/o servicios tales como:

- Productos y sistemas para los motores de combustión interna: Esta gama de productos tiene como objetivo hacer que los componentes sean pequeños y livianos, logrando fabricar productos seguros, cómodos y a su vez sean respetuosos con el medio ambiente logrando contribuir a una mayor evolución en los sistemas para los motores de combustión interna.

- Productos y sistemas para energías ecológicas: Esta gama de productos tiene como objetivo fabricar componentes que utilizan combustibles de energía limpia como electricidad, gas y etanol. Tomando como base los conocimientos acumulados en los sistemas de combustibles de gas, se ha logrado avanzar en ofrecer una respuesta a la amplia variedad de fuentes de energía.

- Servicios de calibraciones para equipos motrices: Esta gama de servicios tiene como objetivo ofrecer soluciones en la calibración de motores utilizando una tecnología que armonice las funciones del automóvil. Por ejemplo; optimizar la cantidad de inyección de combustible, la cantidad de aire, el tiempo de encendido, etc. Utilizando instalaciones totalmente equipadas, tiene la capacidad de repetir los experimentos de conducción y análisis de datos logrando ofrecer una solución que satisfaga las necesidades de los usuarios.

El contexto de este trabajo se desarrollará en un sitio de fabricación localizado en el continente americano, en donde el problema propuesto; se presentará en el sitio local de fabricación localizado en la ciudad de San Luis Potosí en el país de Estados Unidos Mexicanos. Este Sitio local de fabricación está dedicado a la fabricación de partes automotrices para los sistemas para motores de combustión interna. La gama de productos que manufactura el sitio de fabricación son los siguientes:

1. Módulo de bomba de combustible
2. Cuerpo de aceleración
3. Válvula de Motor
4. Válvula de derivación de aire
5. Válvula de EGR

Capítulo I. Planificación del proceso de manufactura de la válvula EGR

1.1 Antecedentes del problema

En la actualidad, los conceptos preliminares para el diseño y desarrollo de nuevos productos o servicios, son gestionados desde el corporativo central con sede en la casa Matriz localizada en Japón. Normalmente, los conceptos para la implementación de productos nuevos son supervisados y ejecutados por el personal del corporativo central, en donde el punto de partida es la definición de los programas para la gestión de proyectos. Derivado de esta actividad se realizan los cronogramas para estipular la duración del proyecto, estos cronogramas son denominados; calendarios maestros para la producción masiva. Una de las actividades a desarrollar es el proceso de manufactura; este proceso es orientado a la fabricación de los herramientas nuevos, y ajustes al proceso para la manufactura de los productos.

El contenido de este trabajo de investigación abordará la fabricación de un nuevo modelo para la familia de productos de la Válvula EGR (de sus siglas en ingles en idioma inglés “Exhasut Recirculation Gas”). Para entender la gestión del proyecto de este producto, se explicará en cinco fases consecutivas:

1) La fase de Planeación y Definición del Programa, es gestionada desde la casa Matriz de la compañía, aquí se realizó el análisis de factibilidad de este proyecto, por consiguiente, se generó el calendario maestro para la producción masiva de este producto. En este calendario se estipulan las fechas de los entregables, así mismo, la fecha del inicio de producción masiva.

2) Posteriormente, en la fase de Diseño y Desarrollo del Producto, se desarrollaron los diseños del nuevo producto y de los nuevos componentes, así como el de los proveedores de materia prima que se utilizarán para este producto. A partir de este punto, se manufacturaron los prototipos para validar el funcionamiento del producto sometidas a los ensayos definidos en el Plan de Verificación del Diseño. Paralelamente, en la ciudad de San Luis Potosí, se comenzará a planificar la etapa de industrialización del proceso de manufactura a través de la definición de especificaciones técnicas para el desarrollo de los equipos y herramientas nuevos.

3) Como siguiente paso, se continuará con el seguimiento de la fase de Desarrollo y Diseño del Proceso, en el cual se ejecutarán las actividades planeadas para proceso de manufactura, y se finalizará con la verificación del desempeño de los equipos y herramientas nuevos. Además, se realizará la fabricación de los primeros entregables del nuevo modelo del producto (válvula EGR).

4) Para la fase de Validación del Producto y Proceso, se trabajará con una serie de documentos y requisitos solicitados por el Cliente para emitirlos acorde al PPAP (PPAP; de las siglas en idioma inglés “Production Part Approval Process”), así mismo, se verificará la

habilidad del proceso con el fin de cumplir los eventos de confirmación de máxima capacidad FVC (FVC; de las siglas en idioma inglés “Full Volume Capacity”) requisitos del Cliente.

5) Finalmente, en la fase de Evaluación, Retroalimentación y Acciones Correctivas, se estará monitoreando en Inicio de la Producción Masiva (SOP; de sus siglas en idioma inglés “Start of Production”), hasta un periodo mínimo a tres meses (Ramp-up; de la interpretación en idioma inglés “periodo de inicialización”) para poder declarar este proyecto como cerrado.

La administración de proyectos se llevará bajo un esquema de estructura funcional; en esta estructura, las actividades son agrupadas desde los niveles superiores hasta los niveles inferiores de la organización, además se consolidan los conocimientos y habilidades para el desempeño de cada tarea asignada (L. Daft, 2011). La estructura funcional es encabezada por el vicepresidente de la compañía, y derivada con los gerentes funcionales del área, de los cuales estarán administrando los recursos necesarios para el desarrollo de este producto. En la Ilustración 1 se muestra el organigrama de la estructura funcional designada para el desarrollo de este nuevo producto (válvula EGR).

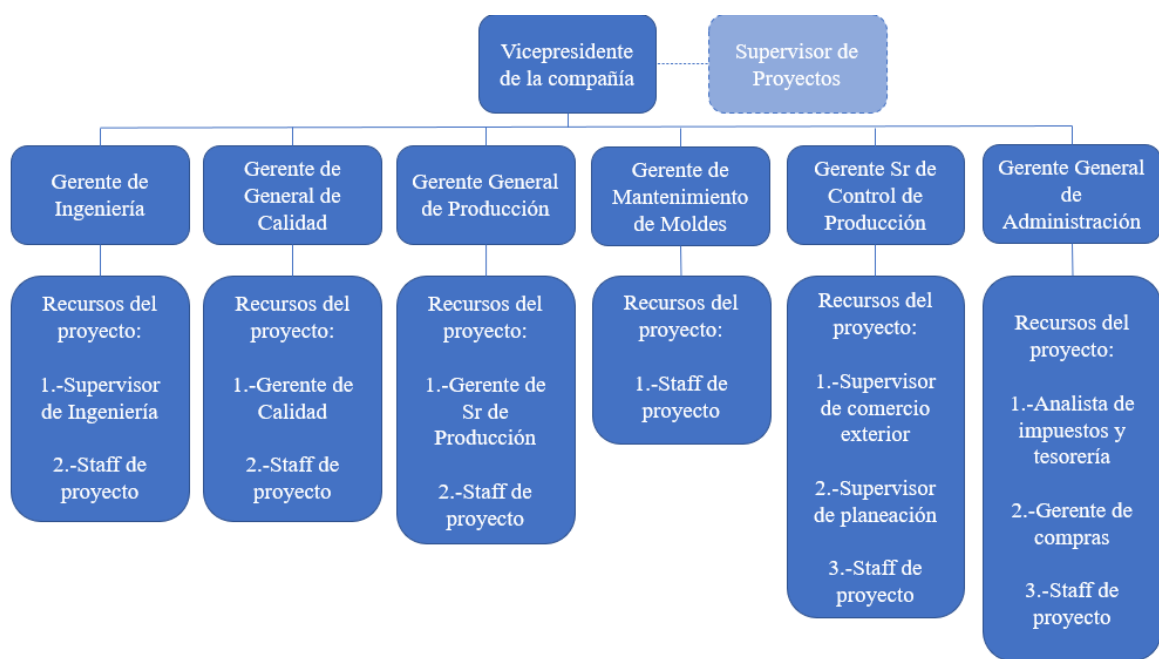


Ilustración 1 Organigrama funcional Fuente: Elaboración propia

La manera en la que se dará seguimiento a los proyectos, es a través de dos tipos de juntas con la alta gerencia y se dividirán en dos etapas. La primera etapa, constará de una revisión con una frecuencia de dos eventos al mes en una junta denominada como ECI (de sus siglas en idioma inglés “Engineering Change Instruction”), en esta junta se revisan las actividades a realizar en la fase de Diseño y Desarrollo del Proceso. Posteriormente, la segunda etapa cambiará la frecuencia de revisión a una vez por semana en una junta denominada SMS (de sus siglas en idioma inglés “Supplier Master Schedule”), en esta junta se les dará seguimiento

a las actividades desarrolladas desde la fase de Validación de Producto y Proceso, hasta la fase de Evaluación, Retroalimentación y Acciones correctivas.

1.2 Problemática

Con base en lo anterior, se aborda la siguiente pregunta; ¿Logrará ser funcional la planificación en el proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí?

Actualmente, la planificación para los procesos de manufactura se realiza a través del seguimiento de las actividades. La fábrica de San Luis Potosí utiliza un método de seguimiento de proyectos a través de un lanzador de tareas generales. Sin embargo, esta metodología no permite visualizar las tareas detalladas durante la gestión de las etapas para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura. Este hallazgo tiene como consecuencia que el personal de Ingeniería del sitio local, no pueda identificar y esquematizar con tiempo de anticipación las actividades y/o recursos, que se utilizarán para el diseño y desarrollo de nuevos procesos, por ejemplo, la fabricación del producto de la válvula EGR.

La nula visualización, no permite determinar la cantidad recursos óptimos para el desarrollo de la inversión del capital físico generados durante la etapa de industrialización del proceso de manufactura, por ejemplo: no se tiene la capacidad de estimar los gastos incurridos. Además, en la actualidad no se cuenta con una metodología para identificar los factores de riesgo que puedan propiciar un retraso en los entregables del proyecto. Los entregables del proyecto, se definen como las partes piloto resultado de la adecuación de la etapa de industrialización para la fabricación del producto (válvula EGR), a su vez estas partes pilotos serán entregados al Cliente. El peor de los escenarios, es generar un retraso con los entregables del proyecto con el Cliente, y/o el incremento de gastos de inversión, debido a la aparición de imprevistos durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura, generando impactos negativos a las utilidades de la compañía.

Por lo tanto, se establecerán las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo se implementaría una mejora a la planificación en el proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí?
- ¿Cuál es el beneficio esperado al mejorar la planificación en el proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí?

- ¿Cómo se puede evaluar el resultado de la mejora a la planificación en el proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí?

1.3 Alcance

Este trabajo se desarrollará en una planta del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México. La planta está dedicada a la fabricación de productos y sistemas para la combustión interna de motores. Estos productos se utilizan como suministros para la manufactura de motores de gasolina dirigido a un “OEM” de capital japonés localizado en los sitios de Norte América. Las plantas de manufacturas de los clientes están localizadas en Estados Unidos y México.

Los responsables para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura estarán a cargo del personal del Ingeniería del sitio de fabricación local. Esta actividad tiene como meta la fabricación de un nuevo modelo para el producto “Válvula de recirculación de gases de escape” (ver Ilustración 2). La válvula EGR (EGR; de las siglas en idioma inglés “Exhaust Recirculation Gas”) es un componente automotriz, utilizado para la reducción de las emisiones de los gases NOx (óxidos de nitrógeno) que contribuyen a la contaminación del aire.



Ilustración 2 Válvula EGR Fuente: (Aisan Industry CO., LTD., 2020)

El funcionamiento de la válvula EGR permite la combinación del aire que entra al motor junto con la recirculación de los gases de escape. Por consecuente, esta mezcla se logra diluir con el gas inerte existente. El efecto generado reduce la temperatura de la llama adiabática, junto con la cantidad excesiva de oxígeno. Los gases de recirculación de escape incrementan la capacidad calorífica de la mezcla, logrando reducir el pico de temperatura durante la combustión; la formación de gases NOx crecen de manera sustancial a temperaturas altas durante la combustión, por consecuencia la válvula EGR logra disminuir la emisión de gases NOx (Yoshioka, Kondo, Tabata, Hatakenaka, & Nakada, 2010).

La planta ya cuenta con la infraestructura necesaria para desarrollar este producto, sin embargo, la maquinaria instalada deberá ser modificada para la manufactura de este nuevo

modelo (válvula EGR). Las áreas de fabricación para manufacturar la válvula EGR son: fundición, mecanizado y ensamble. El área de fundición está destinada a la fabricación del cuerpo o estructura de aluminio para el producto (válvula EGR).

El proceso de fundición está conformado por máquinas de inyección de alta presión en donde se utilizan moldes para realizar el formado del cuerpo de aluminio. Este proceso está compuesto por siete pasos de fabricación, en donde la entrada del proceso, es el lingote de aluminio como materia prima y la salida, es el cuerpo de la válvula EGR como el producto de fundición. En la Ilustración 3, se muestra un esquema gráfico del proceso de fundición compuesto por los siete pasos de fabricación para el cuerpo de aluminio de la válvula EGR.

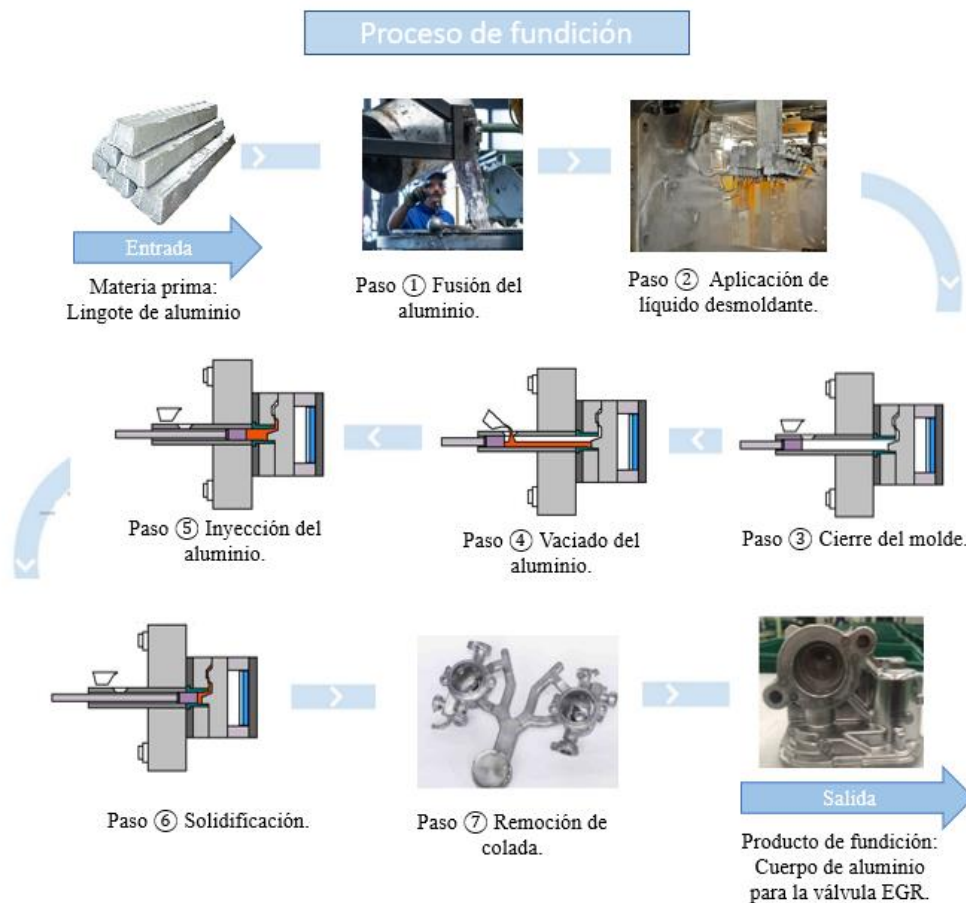


Ilustración 3 Esquema del proceso de fundición Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, el área de mecanizado está compuesto por centros de maquinados de control numérico computarizado; estos equipos utilizan herramientas de cortes para hacer la preparación de orificios, cuerdas y acabados superficiales con el fin de asegurar el montaje de los componentes en los procesos posteriores. Finalmente, el área de ensamble está constituida de diversas máquinas para realizar el ensamble del producto (válvula EGR); el proceso de ensamble es denominado como línea manual debido a que los traslados de los

componentes dentro del proceso se realizan a través de operadores de producción. El proceso de ensamble está compuesto de diversos subprocesos, por ejemplo: Ajustes a presión, soldadura de componentes y operaciones de montaje, además se realizan diversas inspecciones para garantizar el funcionamiento del producto (válvula EGR).

Delimitación del alcance

Este trabajo, tendrá como objeto el diseño y desarrollo del proceso de manufactura en el área de fundición y será ejecutado por el personal del departamento de Ingeniería. Las actividades relacionadas a las etapas de industrialización, estarán focalizadas con el desarrollo de la inversión de capital físico tales como; la preparación de equipos y herramientas nuevos y/o existentes, el ajuste al método de fabricación. Se tendrá que considerar elementos indirectos que muestren una interacción al proceso de manufactura tales como; la asignación de la mano de obra, la solicitud de materia prima y la administración de recursos para la manufactura del producto válvula EGR.

La relación de actividades que se delimitarán en este trabajo de investigación se describe en la Tabla 1; el cual muestra una matriz con puntos de cambio basado a las fuentes de variación, en esta matriz se clasifican los supuestos del área de fundición contra los puntos de cambio.

Tabla 1 Matriz de puntos de cambio

Fuente: Elaboración propia

| <i>Matriz de puntos de cambio.</i> | <i>Máquina</i> | <i>Método</i> | <i>Mano de fabricación</i> | <i>Materiales</i> | <i>Manejo de recursos</i> |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Punto de cambio: | | | | | |
| <i>Área de Fundición</i> | ① Fabricación de herramental <i>(Molde de inyección de alta presión).</i> | ② Ajuste en parámetros de inyección y trayectorias de robots en maquinaria actual. <i>(Adecuación del proceso de fabricación).</i> | ③ Mismo número de personas para fabricar <i>(Se toma referencia al producto similar).</i> | ④ Mismo material, se contempla un número de parte <i>(Material de producción masiva de producto similar).</i> | ⑤ Programación acorde a plan de producción. <i>(Administración de los recursos operativos).</i> |
| Supuestos establecidos: | | | | | |
| | -Fabricación con proveedor local a partir de planos del molde. -Corrección de herramental debido al dimensionamiento de pieza muestra. | - Ajuste y preparación del proceso de fundición. | -N/A | -N/A | - Emisión del diseño del molde de inyección -Verificación del ajuste y preparación de proceso de fundición. |

Limitaciones del alcance

El desarrollo del proceso de manufactura estará condicionado por factores internos y externos, generando restricciones específicas en el proyecto (válvula EGR). La primera restricción interna, es la relación al tiempo de trabajo. La fase para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura esta acotada a 10 meses de trabajo hábiles. Por lo cual es un punto crítico realizar la etapa de industrialización, esto es debido a que se deben desarrollar herramientas nuevos, para fabricar el modelo nuevo del producto (válvula EGR). Posteriormente, se continuará con la preparación del proceso de fabricación para ajustar las condiciones de la maquinaria. El no ser capaz de cumplir con las entregas de este proyecto conforme a la fecha compromiso, puede poner en riesgo los indicadores de desempeño,

bajando la calificación como proveedores confiables y generar una penalización por el retraso del proyecto.

La segunda restricción interna, esta visualizada en poder cumplir con los pedidos del cliente que están en firme (cumplir con el plan de producción). Las restricciones son las fechas compromisos de las entregas, ya que están directamente entrelazadas con los picos de producción de otros productos, esto es crítico por que utiliza la misma infraestructura instalada y el personal operativo para la administración de la producción. El no ser capaz de coordinar la fabricación de los entregables del proyecto, junto con la fabricación de los pedidos en firme, puede poner en riesgo la producción del Cliente impactándonos en los indicadores de desempeño, bajando la calificación como proveedores confiables y generar una penalización afectación al Cliente.

La tercera restricción interna, está relacionada con las utilidades del sitio local. Al contar con un presupuesto definido, cualquier eventualidad, tales como: imprevistos extraordinarios e incluso las fluctuaciones en las tasas de cambio de monedas extranjeras; Incrementaría los gastos de inversión para la preparación de proceso, por lo tanto, cualquier ajuste financiero recae sobre la utilidad generada por el sitio local de fabricación.

Como restricción externa; el 30 de enero del 2020, la OMS (de las siglas en idioma español “Organización Mundial de la Salud”) declara que el brote del virus SARS-CoV-2 (Coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo) detonante de la enfermedad COVID-19, constituye una emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (SPII), al confirmar los primeros casos de transmisión por el virus en seres humanos fuera de China. Posteriormente; el 11 de marzo del 2020, la enfermedad de COVID-19 es declarada como pandemia (OMS, 2020). Esta declaración forma parte como un factor de riesgo que puede contribuir a un atraso en los entregables del proyecto válvula EGR, este factor de riesgo pudiera afectar al desarrollo del proceso de manufactura debido a la interacción directa e indirecta con terceras personas a nivel local e internacional.

1.4 Justificación

Anteriormente, el diseño y desarrollo del producto y proceso, era una actividad que solamente era desempeñada por el personal de la casa Matriz en Japón. Estas actividades se empezarán a liderar a través del personal de Ingeniería en la planta de San Luis Potosí, aplicando una mejora al método actual para la planeación del proceso de manufactura dirigido al área de fundición. La implementación de mejora logrará esquematizar las actividades a desempeñar, analizando los factores de riesgo que lleguen a propiciar al fallo al éxito para la manufactura de la válvula EGR; utilizando como base metodológica el ciclo PHVA y la herramienta AMEF (versión AIAG-VDA), evitará prevenir probables retrasos a los entregables del proyecto de válvula EGR, mitigando los impactos negativos en los planes de producción acorde a los pedidos del Cliente. Los resultados tendrán que ser demostrados de manera cuantitativa y cualitativa.

Los beneficios que se buscan alcanzar son los siguientes:

- Se espera evitar los riesgos potenciales que puedan afectar durante la ejecución de la etapa de industrialización para la manufactura del producto válvula EGR.
- Se busca mejorar la forma de planificación y gestión de nuevos proyectos a través de la esquematización de los puntos críticos para el proceso de manufactura durante la fase de diseño y desarrollo.
- Se desea contribuir con la mejora continua en el sitio local de fabricación de la ciudad de San Luis Potosí, aplicando una estandarización hacia otros procesos internos, esperando generar un impacto positivo para dar una mayor trascendencia en la organización.

1.5 Objetivo e hipótesis

Los objetivos e hipótesis definidos para este trabajo son:

Objetivo general

- Implementar una mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico, a partir de los puntos de cambio aplicables al desarrollo del proceso de manufactura utilizando, una matriz como línea base, para generar listado de factores y sub factores de riesgo.
- Establecer cronograma de actividades detalladas, el cual se ejecutará en la fase de diseño y desarrollo del proceso. Se tomará como referencias, las salidas generadas en el AMEF.
- Demostrar los resultados de manera cualitativa y cuantitativa, para evaluar la planificación del proceso de manufactura en el área de fundición, a través del seguimiento al avance del cronograma.

Hipótesis

Ha₁: Sí se lograrán mejorar las condiciones actuales al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí.

Capítulo II. Análisis de modo y efecto fallas, dirigido a la planificación de proyectos de manufactura

2.1 Introducción

En este capítulo, se estará abordando un marco teórico compuesto por tres secciones. En la sección de marco contextual; se mostrará el desarrollo de productos en el sector manufacturero abordando la influencia de la industria automotriz en el mundo. Después, en el marco conceptual, se abordarán artículos, tales como; la dirección de proyectos y la planificación de la calidad; por ejemplo, la planeación avanzada de la calidad del producto (APQP). Posteriormente, se explicará un marco teórico en donde se abordará una explicación de los requerimientos para la evaluación de riesgos, también, cual es el enfoque de los siete pasos para implementación de la metodología de análisis de modos y efecto fallas (AMEF versión AIAG-VDA). Finalmente, se explicará los conceptos de mejora continua basados en los fundamentos del ciclo PHVA.

2.2 Marco contextual

Industria manufacturera

El inicio del siglo XXI se ha caracterizado por una evolución rápida y un crecimiento inquietante, mostrando cambios significativos en diversos ámbitos como: la globalización de los mercados, el efecto de la inmigración, la revolución tecnológica, el acceso ilimitado a la información, la volatilidad sociopolítica, la automatización industrial y el cambio climático en el planeta (Hogg, 2019). Esto ha dado pauta a que las organizaciones de la industria manufacturera estén adaptándose y luchando para permanecer en el mercado y obtener mejores ventajas competitivas para el desarrollo de sus productos. Para complementar, (L. Daft, 2011) afirma: *“La ventaja competitiva se refiere a lo que distingue a la organización y le proporciona una ventaja distintiva para cumplir las necesidades del cliente en el mercado”*.

Por otra parte, la industria manufacturera se puede definir como aquella que es capaz de transformar los recursos naturales, mediante la conversión de las materias primas en artículos de consumo que pueden ser comercializados hacia distintos sectores del mercado. Transportándolo a un concepto contemporáneo, la manufactura *“Refiere al proceso de transformación de la materia prima en bienes elaborados a gran escala, empleando para ello máquinas y fuentes de energía en lugar del trabajo manual”* (Uriart, 2019).

La DAES de las Naciones Unidas (DAES; de las siglas en idioma español *“Departamento de Asuntos Económicos y Sociales”*) juega un rol importante como enlace entre las políticas económicas con el objetivo de recopilar, generar y analizar una gran gama de datos al que recurren los estados miembros de las naciones unidas. De lo cual se forma la CIU (CIU; de las siglas en idioma español *“Clasificación Industrial Internacional Uniforme”*), un instrumento orientado a la clasificación internacional de referencias para las actividades productivas en el mundo.

Según la (CIU, 2006), define a la industria manufacturera bajo lo siguiente:

“Las unidades dedicadas a actividades manufactureras se suelen describir cómo; plantas, factorías o fábricas y se caracterizan por la utilización de maquinaria y equipo de manipulación de materiales que funcionan con electricidad. ... El producto de un proceso manufacturero puede ser un producto acabado, en el sentido de que está listo para su utilización o consumo, o semiacabado, en el sentido de que constituye un insumo para otra industria manufacturera”.

Clasificación de la industria automotriz

El sector de la industria automotriz es una de las tantas divisiones de la industria manufacturera, *“Esta división comprende la fabricación de vehículos automotores para el transporte de pasajeros o de carga. Se incluye la fabricación de diversas partes, piezas y accesorios, así como la fabricación de remolques y semirremolques”* (CIU, 2006). En la Tabla 2, se describe la clasificación realizada por la CIU indicando las divisiones relacionados al sector de la industria automotriz.

Tabla 2 Divisiones de la Industria Automotriz Fuente: (CIU, 2006)

| Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques | | |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Fabricación de vehículos automotores</i> | <i>Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques</i> | <i>Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores</i> |
| •Fabricación de automóviles de pasajeros. | •Fabricación de carrocerías, incluidas cabinas, para vehículos automotores. | •Fabricación de diversas partes, piezas y accesorios para vehículos automotores: Frenos, cajas de engranajes, ejes, aros de ruedas, amortiguadores, radiadores, silenciadores, tubos de escape, catalizadores, embragues, volantes, columnas y cajas de dirección, etcétera. |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>•Fabricación de vehículos comerciales: Camionetas, camiones, tractores para semirremolques de circulación por carretera, etcétera.</p> | <p>•Equipamiento de todo tipo de vehículos automotores, remolques y semirremolques.</p> | <p>•Fabricación de partes, piezas y accesorios de carrocerías para vehículos automotores: Cinturones de seguridad, dispositivos inflables de seguridad, puertas, parachoques.</p> |
| <p>•Fabricación de autobuses y trolebuses.</p> | <p>•Fabricación de remolques y semirremolques:</p> <p>Para el transporte de mercancías: camiones cisterna, de mudanzas, etcétera.</p> <p>Para el transporte de pasajeros: caravanas, etcétera.</p> | <p>•Fabricación de asientos para automóviles.</p> |
| <p>•Fabricación de motores para vehículos automotores.</p> | <p>•Fabricación de contenedores para su acarreo por uno o más medios de transporte.</p> | <p>•Fabricación de equipo eléctrico para vehículos automotores, como generadores, alternadores, bujías, cableados preformados para el sistema de encendido, sistemas eléctricos de apertura y cierre de ventanillas y puertas, montaje de tableros de instrumentos, reguladores de tensión, etcétera.</p> |
| <p>•Fabricación de chasis equipados con motores.</p> | | |
| <p>•Fabricación de otros vehículos automotores:</p> <p>Trineos motorizados, carritos autopropulsados para campos de golf, vehículos anfibios.</p> <p>Camiones de bomberos, camiones barredores, bibliotecas móviles, vehículos blindados, etc.</p> <p>Camiones hormigonera.</p> | | |
| <p>•Fabricación de vehículos para todo terreno, “Go-carts” y vehículos similares, incluidos vehículos de carreras.</p> | | |
| <p>Se incluyen también las siguientes actividades:</p> <p>•Reconstrucción en fábrica de motores para vehículos automotores.</p> | | |

Impacto económico de la industria automotriz

La tecnología del automóvil ha logrado mejorar el estilo de vida de las personas permitiéndoles el acceso a diversos recursos, tales como; los mercados, los servicios a la salud y al trabajo cotidiano; todo gracias a la movilidad de las personas. Por lo cual, la industria automotriz es uno de los puntos claves para el desarrollo económico de muchos países, en donde se ha observado un crecimiento monetario de alrededor de un 30 por ciento en las últimas décadas. De la misma forma, la manufactura de automóviles y el uso de ellos son los mayores contribuyentes para los gobiernos al rededor del mundo, generando ingresos de alrededor de 400 billones de dólares en al menos 26 países. Esta industria es de los sectores con mayor remuneración en el mercado, convirtiéndose en un punto esencial para el desarrollo de nuevas tecnologías para diversos sectores industriales y para la sociedad (OICA, 2020).

Por lo que la participación de la industria automotriz ha logrado desarrollar las economías de diversos países contribuyendo al producto interno bruto. Según (Sevilla, 2012) describe el concepto del producto interno bruto como: *“Un indicador económico que refleja el valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos por un país o región en un determinado periodo de tiempo, normalmente un año. Se utiliza para medir la riqueza de un país”*.

Dentro de los registros de la (Secretaría de Economía, 2012) se afirma lo siguiente:

“México no es la excepción, pues la industria automotriz en nuestro país ha representado un sector estratégico para el desarrollo de nuestro país. Su participación en las exportaciones la coloca como la industria más importante, superando incluso al sector petrolero. En 2011, la industria automotriz exportó el 22.5% del valor de las exportaciones totales. En 2011, cuatro de cada cinco vehículos producidos en México se exportaron, lo que posiciona a nuestro país entre los más importantes a nivel mundial, ocupando el lugar número 8 en manufactura y el 6 entre los principales países exportadores de vehículos automotores”.

2.3 Marco Conceptual

Fundamentos de la dirección de proyectos

¿Qué es un proyecto? Un proyecto es una serie de actividades en un lapso de tiempo con la finalidad de crear productos, servicios u obtener un resultado esperado. La naturaleza de un proyecto se constituye con un inicio y un final definido. Un proyecto puede terminar cuando se cumplen los objetivos establecidos, por otra parte, un proyecto también terminará incluso cuando los objetivos establecidos no pueden llegar a cumplirse o terminar cuando dejan de estar presentes la necesidad por la cual se dio el origen al mismo (PMI, 2013). La administración de un proyecto estará considerado como un proceso utilizando entradas y salidas clasificadas en cinco fases (ver Ilustración 4).



Ilustración 4 Fases de un proyecto Fuente: Elaboración propia

Hoy en día, las organizaciones buscan generar ventajas competitivas, por lo cual la planeación estrategia debe enfocarse a la innovación continua, mejorando sus productos y/o servicios para alcanzar la satisfacción del Cliente. Dentro de la planeación estratégica una organización debe de empezar a establecer una visión, aquí visualizara su participación dentro del mercado un futuro determinado. Un visión debe ser ambiciosa y capaz de motivar a la persona quien lo perciba. De aquí nacen diversas necesidades como establecer una misión y metas operativas. Para complementar, según (L. Daft, 2011) *“Las metas operativas describen los resultados específicos mensurables y con frecuencia se refieren al corto plazo”*.

Por lo tanto, las actividades de un proyecto pueden involucrar el trabajo de una persona hasta el de un grupo determinado, también puede incluir desde una división de negocio hasta la coordinación de múltiples unidades de negocio. Todo proyecto buscará establecer un objetivo específico para obtener un beneficio. En la Ilustración 5, se muestra un esquema general para la justificación de proyectos individuales o grupales, en este esquema se toma como base objetivos específicos, con la finalidad de alcanzar un beneficio esperado.



Ilustración 5 Justificaciones de Proyecto Fuente: Elaboración propia

El Instituto para la Administración de Proyectos (PMI; de las siglas en idioma inglés “Project Management Institute”) define los conceptos de portafolio, programas y proyectos como:

“Los programas se agrupan en un portafolio y comprenden subprogramas, proyectos o cualesquiera otros trabajos que se gestionan de manera coordinada para contribuir al portafolio. Los proyectos individuales, estén o no incluidos en el ámbito de un programa, siempre se consideran parte de un portafolio. Aunque los proyectos o programas del portafolio no son necesariamente interdependientes ni están necesariamente relacionados de manera directa, están vinculados al plan estratégico de la organización mediante el portafolio de la misma” (PMI, 2013).

En la Ilustración 6 describe un esquema para la administración de portafolios, programas y proyectos. También muestra cuál es la interacción entre cada uno de ellos.

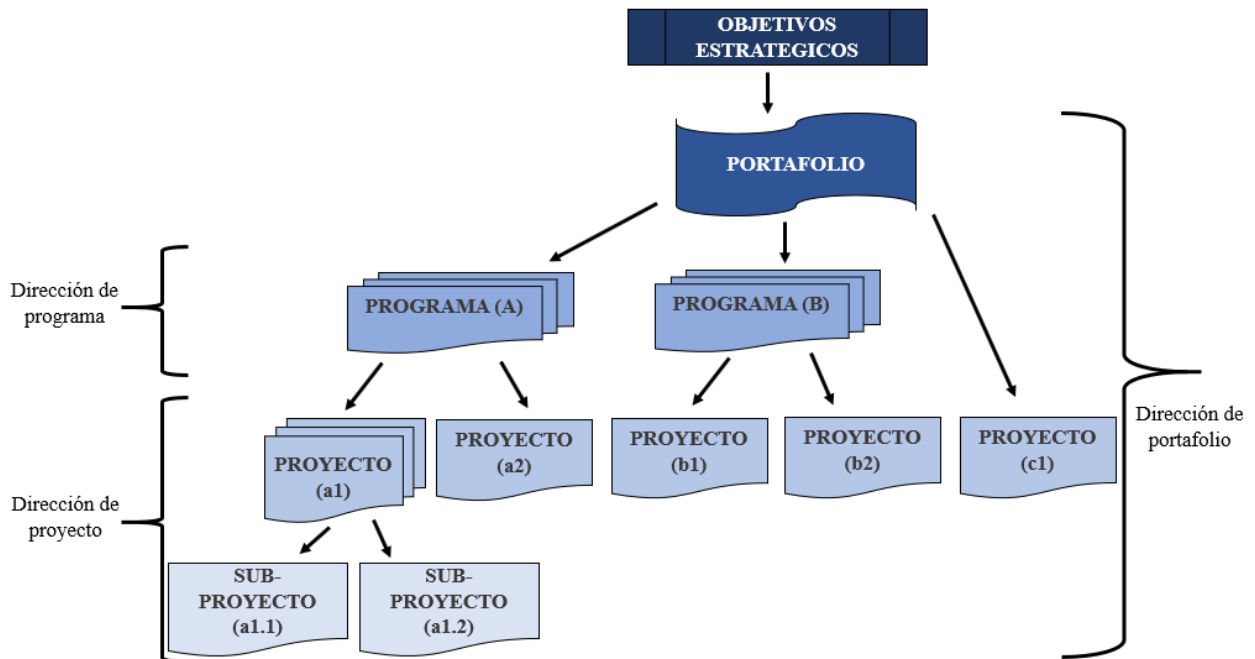


Ilustración 6 Administración de portafolio, programa y proyecto Fuente: Elaboración propia

La gestión de administración de proyectos (OPM; de las siglas en idioma inglés “Organizational Project Management”) se define como un marco de referencia para ejecutar y cumplir las buenas prácticas para la administración de portafolios, programas y proyectos (PMI, 2013). Por lo cual, una administración de proyectos tiene que aplicar conocimientos, habilidades y tareas asignadas para cumplir los requerimientos estipulados dentro del mismo proyecto.

Dentro de la gestión de proyectos, crear una ETD (de las siglas en idioma español “Estructura de desglose de trabajo”) es un proceso para separar los entregables y la forma de trabajo del proyecto en partes más pequeñas para su fácil comprensión. Uno de los beneficios de este proceso es definir una visión clara de lo que se necesitará realizar. Además, un ETD es una descomposición jerárquica para describir el alcance total de un proyecto con el fin de cumplir los objetivos establecidos.

En un contexto de las ETD, se puede definir a los trabajos del proyecto como los productos o entregables resultados de una actividad desempeñada y no a la actividad en si misma. Finalmente, una línea base es un componente de la planificación para el desarrollo de un producto; una línea base incluye los detalles del alcance y los ETD del proyecto que se utilizan para definir las actividades, estimar la duración y el desarrollo de los cronogramas. Por otra parte, una línea base suele compararse con los resultados esperados para poder decidir si será necesario implementar cambios, acciones preventivas o correctivas en el proyecto (PMI, 2013).

Rol de los proyectos dentro de la planeación estratégica

Según (Serna Gómez, 1994) la planeación estratégica es un proceso en el cual las organizaciones recopilan y analizan factores internos y externos del entorno, en cual desempeñan. Tiene como objetivo evaluar su situación en el presente a través de indicadores de competitividad. Esto les ayudará a gestionar estrategias o planes de trabajo con el propósito de tomar decisiones en el futuro. La planeación estratégica, va más allá de generar solamente un plan de trabajo. Es un proceso para conducir a un pensamiento estratégico, creando sistemas gerenciales inspirados en una cultura organizacional.

De acuerdo a (L. Daft, 2011), la cultura organizacional es un conjunto de valores, normas, creencias y entendimientos que comparte un grupo de individuos dentro de una organización. La cultura que se consolida es compartida hacia los nuevos integrantes de la organización como una forma correcta de pensar, sentirse y comportarse dentro del lugar de trabajo; para (Jaques, 1951), la cultura en las fábricas, visto desde una perspectiva tradicional y de costumbres, es la forma de pensar y de como hacer las cosas. Este pensamiento debe ser transmitido desde los niveles mas altos, hasta los niveles mas bajos de la organización. Incluso los miembros nuevos deben de aprender este pensamiento para ser aceptados como parte de la organización.

Los fundamentos de (PMI, 2013) afirmó *“La dirección estratégica establece el propósito, las expectativas, las metas y las acciones necesarias para guiar el desarrollo del negocio y está alineada con los objetivos de negocio”*. La finalidad de los proyectos es alcanzar los objetivos basados en el plan estratégico de las organizaciones. De misma forma, los proyectos que estan englobados en programas y portafolios contribuyen alcanzar el mismo fin. Los proyectos pueden tener beneficios específicos contribuyendo a los beneficios de los programas, portafolios y los mismos planes estratégicos de la organización.

En la Tabla 3, se describe algunos ejemplos con una serie de planes estratégicos orientados a diversos objetivos.

Tabla 3 Categorización de plan estratégico contra objetivos específicos. Fuente: (PMI, 2013)

| Plan estratégico | Descripción del plan estratégico. (Ejemplo) | Diseño de Prod. | Diseño de Serv. | Mejora de Prod. y Serv. | Resultados específicos. |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Demanda del mercado</i> | Una compañía automotriz que autoriza un proyecto para construir más automóviles de bajo consumo en respuesta a la escasez de combustible. | X | - | X | - |
| <i>Oportunidad estratégica/ necesidad del negocio</i> | Un centro de formación que autoriza un proyecto de creación de un curso nuevo para aumentar sus ingresos. | - | - | X | X |
| <i>Consideraciones ambientales</i> | Una empresa pública que autoriza un proyecto para crear un nuevo servicio que consista en compartir automóviles eléctricos a fin de reducir la contaminación. | - | X | X | X |
| <i>Solicitud de un cliente</i> | Una empresa eléctrica que autoriza un proyecto para construir una nueva subestación a fin de abastecer un nuevo parque industrial. | X | X | - | X |
| <i>Avance tecnológico</i> | Una compañía de productos electrónicos que autoriza un proyecto nuevo para desarrollar un ordenador portátil más rápido, más económico y más pequeño sobre la base de los avances en materia de memorias y de tecnología electrónica. | - | - | X | X |

Planeación de la calidad

Uno de los pasos incluidos dentro de la Trilogía de Juran es la planificación de la calidad. Según (Juran, 1989); la planificación de la calidad, es una actividad para determinar las necesidades del Cliente, así mismo para desarrollar los productos y procesos para cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el Cliente; esta actividad es desarrollada con base a seis pasos esenciales:

- 1) Identificar quien es el Cliente.
- 2) Establecer cuáles son las necesidades del Cliente.
- 3) Lograr comprender las necesidades del cliente a través de especificaciones técnicas.
- 4) Desarrollar las características del producto para cumplir con las necesidades del Cliente.
- 5) Desarrollar el proceso de fabricación óptimo para lograr cumplir las características del producto.
- 6) Ejecutar la planificación y transferirla hacia el área de operación.

Bajo este esquema, es importante determinar el termino de Cliente; una forma fácil de relacionar es por medio de la palabra proceso. Dentro de un proceso, una entrada es la temática de la planificación; por ejemplo, el producto. El mismo proceso son las actividades desarrolladas, estableciendo como lo que estará afectando al producto; las salidas son aquellas resultantes que estarán afectado a terceros; por ejemplo, los Clientes (ver Ilustración 7).

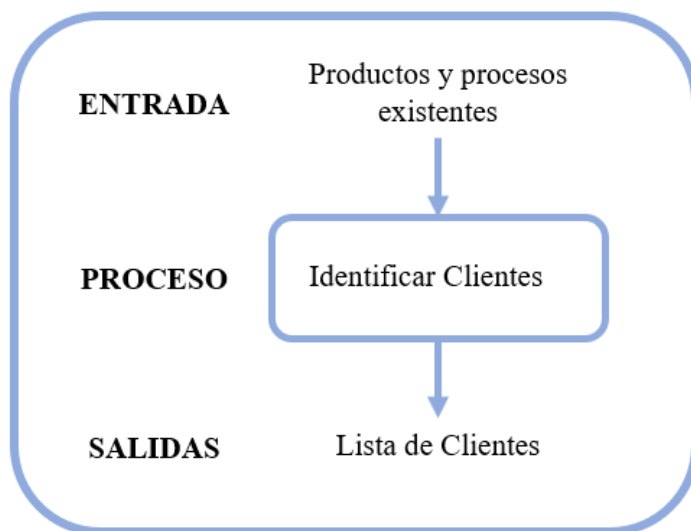


Ilustración 7 Diagrama entrada-salida para identificar clientes. Fuente: (Juran, 1989, p. 85)

Según (Juran, 1989); la palabra Cliente no puede definirse bajo un termino genérico, sin embargo puede entrar dentro de una clasificación; para una organización, el termino cliente está basado a una lista de personajes. Por ejemplo, los clientes internos; son aquellos departamentos o personas, en recibir una afectación, su percepción de la calidad es considerable. También existen los consumidores; departamentos o personas, dependen mucho de la percepción y el confort experimentado, esto influye de una futura compra en el futuro.

Dentro de la planeación de la calidad, es importante mencionar conceptos claves que están entorno al término de producto; (Juran, 1989) afirma lo siguiente: “*El desarrollo del producto es la actividad para determinar las características del producto que respondan a las necesidades del cliente ... Diseño de producto es la actividad de definir las características del producto necesarias para satisfacer las necesidades del cliente*”. Para una organización, los productos y/o servicios más importantes son aquellos que generan ingresos o beneficios a la compañía.

Otra definición importante es en relación al término de proceso. Para (Juran, 1989); la definición de proceso es una serie de pasos sistematizada para alcanzar un objetivo. Asi mismo lo define como una actividad para verificar el diseño del producto y para visualizar el diseño del proceso analizando bajo que medio y metodo podra lograrse. Mientras tanto; el diseño del proceso, es la actividad para establecer y definir los medios que se utilizarán mediante la fuerza operativa para cumplir con los objetivos del producto. Esto considera los medios físicos, la programación necesaria para el procesamiento e información para definir la operación, el control y el mantenimiento de los equipos.

Planificación avanzada de la calidad del producto

Una organización busca establecer planes estratégicos para su crecimiento en el mercado y esto puede trasladarse hacia la gestión de proyectos; un proyecto puede estar dirigido para la mejora o gestión de algún producto y/o servicio. A partir de este punto se empezará a establecer la comunicación con los clientes potenciales. Esto da pauta a establecer cierto interés para la definición de requerimientos específicos. En la industria automotriz, la norma IATF 16949 menciona que para la gestión de proyectos puede trabajar bajo la influencia de ciertas metodologías recomendadas. Por ejemplo, la metodología de planificación avanzada de la calidad de un producto (APQP; de las siglas en inglés “Advanced Product Quality Planing”). Por lo cual, la definición de esta metodología de describe como:

“Es un método estructurado para definir y establecer los pasos necesarios para asegurar que un producto satisface al cliente. El objetivo de una planeación de calidad de un producto es facilitar la comunicación con todos los involucrados para asegurar que todos los pasos requeridos se completen a tiempo” (AIAG, 2008).

El APQP está conformado de cinco fases para el desarrollo de producto y/o servicios. Existe un manual de referencia en el cual se recopila todos los lineamientos para asegurar que la planeación avanzada del producto, pueda ser implementada acorde a los requerimientos del cliente. En la Ilustración 8 se muestra una representación de las fases compuestas para la metodología APQP.



Ilustración 8 Fases de APQP Fuente: Elaboración propia

Las cinco fases que conforman la metodología del APQP son desarrolladas y representadas en un esquema de tiempo. Esto tiene como ventaja que el proceso de planeación pueda ser monitoreado constantemente. Esta actividad se puede realizar a través de juntas de seguimientos y/o bajo un cronograma con actividades específicas. Es primordial establecer las fechas con los eventos o compromisos definidos por el cliente; así como los eventos internos establecido por la organización. Cada uno de los eventos deberá contar con una fecha de inicio y fecha de terminación.

El equipo delegado para ejecutar una planificación de la calidad de producto dentro de una organización es responsable de asegurar que el esquema de tiempo se cumpla y no sobrepase la planificación establecida por el Cliente. En la Ilustración 9, se muestra el esquema de tiempo con las fases de APQP. La utilidad de este esquema es definir las entradas en cada fase, poder evaluar los resultados esperados y las salidas generadas. Estas a su vez se utilizarán como detonantes para el inicio de las fases consecutivas.

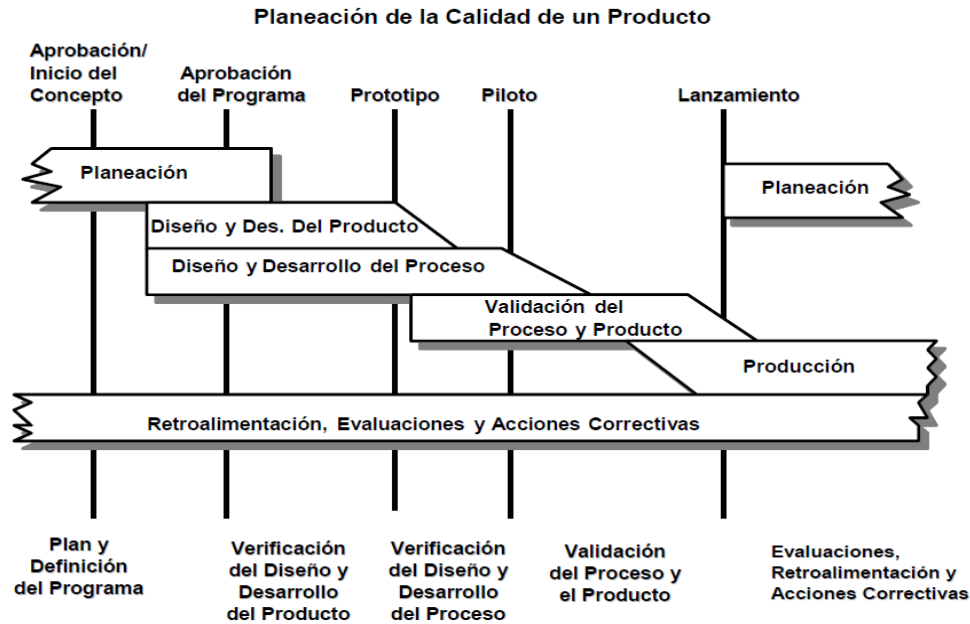


Ilustración 9 Plan de esquema de tiempo del APQP Fuente: (AIAG, 2008, p. 7)

Este trabajo de investigación estará definiendo a la etapa de industrialización a todas las actividades focalizadas a la inversión de capital físico. La inversión de capital físico tiene como propósito, lograr la preparación de herramientas y ajuste de proceso para el desarrollo del producto de la válvula EGR. El significado de la palabra industrialización no tiene una definición concreta y aplicada al sector manufacturero. Definir el término industrialización conlleva a nombrar procesos y actividades para la transformación de los recursos, estos a su vez han generado impactos benéficos a la economía de una organización e incluso afectando al comportamiento en el interno bruto de un país. Según (Simandan, 2009); el concepto de industrialización es el nombre genérico para un conjunto de actividades sociales y económicas relacionadas al descubrimiento de formas eficientes para la transformación y la creación de valor.

Una definición más reciente es la descrita por los autores (Martorano, Sanfilippo, & Haraguchi, 2017); la conceptualización de la palabra industrialización, son elementos estratégicos para el crecimiento económico definido a un largo plazo. Para el sector manufacturero es una actividad esencial debido a su capacidad para absorber la fuerza laboral y la mejora en la transformación. Complementando, la inversión sea en términos de capital físico o capital humano son factores relevantes para el diseño y desarrollo de un proceso de manufactura. Por ejemplo; la inversión de capital físico es sumamente importante para aumentar la capacidad de producción local, así como la inversión en el capital humano permitirá una mejora en las capacidades y habilidades locales para facilitar el proceso de transformación.

Un concepto el cual se tomará de referencia para el desarrollo de la etapa de industrialización, es la definición de los supuestos del producto y proceso. Esta definición es descrita en el Capítulo 1 Planeación y definición de un programa; dentro del manual de referencia (AIAG, 2018) define: *“Puede haber supuestos de que el producto cuente con ciertas propiedades, diseño o conceptos del proceso. Estos incluyen innovaciones técnicas, materiales avanzadas, evaluaciones de confiabilidad y nueva tecnología. Todos estos debieran ser utilizados como entradas”*. El diseño y desarrollo del proceso de manufactura se desplegará entre las fases 2 y fase 3. Acorde al manual de referencia de APQP, la mención de (AIAG, 2018) afirma lo siguiente: *“Las entradas y salidas que apliquen al proceso pueden variar de acuerdo con el producto / proceso y las necesidades y expectativas de los clientes”*.

Dentro de la fase 2 (Diseño y desarrollo del producto), está orientado a realizar revisiones a los requerimientos de ingeniería, a través de análisis para la factibilidad de fabricación para evaluar problemas potenciales que pudieran ocurrir dentro de la manufactura. Actividades claves son el diseño para la manufactura y ensamble (DFM y DFA). Según (AIAG, 2018); Estas actividades forman parte de un proceso de ingeniería focalizado para optimizar las relaciones de la función de diseño del producto contra la factibilidad para la fabricación y el ensamble. Dentro del manual de referencia no existe un método establecido para establecer un plan y/o documentar las actividades del DFM y DFA, sin embargo, se recomienda considera los siguientes puntos:

- a) Los diseños, conceptos, función, naturaleza de la variación del proceso de fabricación.
- b) Definición de los procesos para la manufactura y el ensamble.
- c) Las tolerancias geométricas del producto.
- d) Los requisitos para el desempeño del producto.
- e) El número de componentes.
- f) Los ajustes al proceso de manufactura y ensamble.
- g) El manejo de materiales (materia prima).

Las actividades relacionadas durante la etapa de industrialización tienen que visualizarse dentro del esquema de tiempo, una de estas actividades es el establecer los requerimientos de los equipos, herramientas e instalaciones nuevas. La organización tiene que asegurar que los equipos y herramientas nuevos sean capaces y enviados en tiempo. Así como el progreso de las instalaciones nuevas debe ser monitoreado para asegurar que el tiempo de preparación no se exceda, con la finalidad de lograr y cumplir con las pruebas de producción planeadas.

Dentro de la fase 3 (Diseño y desarrollo de proceso), está orientado al desarrollo efectivo de los sistemas de manufactura. Consultando el manual de referencia de APQP, para (AIAG, 2018) considera lo siguiente; durante la fase de diseño y desarrollo de proceso, las actividades que están en interacción al proceso de manufactura es la preparación de: los diagramas de flujo de proceso, la definición de Layout de piso, la matriz de características y el análisis de modo y efecto fallas del proceso (AMEF). En la Tabla 4, se describe las características de cada actividad descrita durante la etapa de industrialización.

Tabla 4 Complementos para la etapa de industrialización del proceso de manufactura Fuente: (AIAG, 2008 p. 27-28)

| Complementos para la etapa de industrialización del proceso de manufactura | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Diagrama de flujo de proceso</i> | Representación esquemática del flujo de proceso actual o propuesto. Es utilizado para el análisis y para enfatizar los impactos generados por las fuentes de variación, tales como; la maquinaria, materiales, métodos y mano de obra. Esta representación debe considerar desde inicio hasta fin en el proceso de manufactura o ensamble. |
| <i>Layout de Piso (Plan para la verificación de piso.)</i> | Este plan debe determinar puntos de inspección, aplicación de ayudas visuales, estaciones de reparaciones temporales, áreas para material no conforme y flujos de materiales. El layout tendrá que proporcionar una referencia para lograr optimizar el movimiento y flujo de materiales en el uso del espacio en el piso. |
| <i>Matriz de características</i> | Técnica analítica para el despliegue de la relación entre los parámetros de proceso y las estaciones de manufactura. |
| <i>Análisis de modo y efecto fallas del proceso</i> | Es un análisis de riesgo orientado a las fuentes de variación aplicado la detección de problemas potenciales aplicables en el proceso de manufactura y/o ensamble de un producto nuevo o previo. |

2.4 Marco Teórico

Gestión de riesgos en las organizaciones

Para (Gutiérrez Pulido, 2010) afirma; dentro de la norma ISO 9001 se especifican los requisitos aplicables de los sistemas de gestión de calidad a todas las organizaciones para demostrar que los productos cumplan con los requisitos del Cliente, su objetivo es el aumento de la satisfacción del cliente. Por otra parte, en la industria automotriz; la norma IATF 16949, junto con la familia de normas ISO 9001 y los requerimientos específicos de cada cliente, definen los sistemas de gestión de calidad para la fabricación de piezas de producción y servicios dentro de este sector.

Una certificación de IATF 16949 da hincapié en el cumplimiento en el desarrollo de un sistema de gestión de calidad, que puedan proporcionar la mejora continua a través de la prevención de los defectos, la mitigación de los riesgos, la reducción en las variaciones de

los procesos y los desperdicios en la cadena de suministros (AIAG, 2016). En la industria automotriz, la norma IATF 16949, establece un suplemento adjunto en la sección 10.3 Mejora continua referenciado a la norma ISO 9001:2005. La interpretación por la organización (AIAG, 2016) afirma lo siguiente:

“La organización debe tener un proceso documentado para la mejora continua. La organización debe incluirse en este proceso:

a) la identificación de la metodología utilizada, los objetivos, la medición, la eficiencia y la información documentada.

b) un plan de acción de mejora de los procesos de fabricación con énfasis en la reducción de la variación del proceso y del desperdicio

c) el análisis de riesgos (tal como el AMEF)”.

Una organización que está atravesando un proceso de planeación dentro de un sistema de gestión de la calidad, debe realizar actividades relacionadas con la evaluación de riesgos. Acorde a la norma ISO 9001:2015, en la sección 6 Planificación dentro de sus incisos 6.1.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades; bajo la interpretación de (ISO, 2015) define lo siguiente; durante la planificación de un sistema de gestión de la calidad, la organización determinará los riesgos y oportunidades necesarias con el fin de:

- a) Que el sistema de gestión de calidad logre resultados previstos.
- b) Aumentar los efectos deseables.
- c) Prevenir o reducir efectos no deseados.
- d) Lograr la mejora.

Así como se indica en su inciso 6.1.2 Planificación, la organización debe planificar:

- a) Acciones para abordar riesgos y oportunidades.
- b) Evaluar eficacia de estas actividades.

Las acciones para abordar los riesgos y oportunidades deben ser proporcionales al impacto potencial en la conformidad de los productos o servicios. En el ramo automotriz como requisitos de la norma IATF 16949, en el inciso 6.1.2.1 Análisis de riesgos, bajo la

interpretación de (AIAG, 2016) afirma: Una organización deberá incluir como mínimo dentro de sus análisis de riesgos, los productos que han fallado en mercado, auditorías de producto, devoluciones, reparaciones, las quejas, el desperdicio y el reproceso. Se deberá conservar información documentada como resultado de la evaluación de riesgos.

Para (Davidson Frame, 2003), la administración de un proyecto experimentará implicaciones importantes para la gestión de riesgos. Un proyecto estará sujeto a diversas incógnitas. Por ejemplo; durante la programación de actividades, se tendrá que suponer cuáles serán las tareas a realizar y en cuanto tiempo serán completadas. Así mismo, el presupuestar un proyecto, partirá de una estimación costos sobre los recursos humanos y materiales, sin embargo, todo esto se realiza a través de conjeturas. De misma forma, el autor afirma que el éxito de un proyecto debe considerar tres aspectos fundamentales, tales como; llevarlo en tiempo, estar dentro del presupuesto y cumplir con las especificaciones técnicas. estas restricciones son denominadas como restricciones triples.

Dentro de la administración de proyectos la incapacidad de lograr una o más de las tres limitaciones llevaran al fracaso del mismo. Por lo cual, (Davidson Frame, 2003) recomienda realizar una gestión de riesgos, a través de la identificación de riesgos, realizar un análisis a los impactos de los riesgos de forma cualitativa y cuantitativa, establecer estrategias para el manejo de los riesgos y como controlar los riesgos una vez que el proyecto este en marcha.

Análisis de modos y efecto fallas

Cumplir con los requerimientos de los Clientes finales, obliga a dictaminar cuales serían los factores de riesgo que pueden ocasionar grandes impactos y sesgar el éxito durante el desarrollo del producto y/o servicios. Nombrando los fundamentos de la metodología análisis de modos y efectos fallas: *“AMEF es una metodología analítica, sistemática, y cualitativa que tiene como objetivo identificar, analizar y mitigar los riesgos relacionados al proceso de fabricación y diseño de producto”* (López Patiño, 2010). Las partes esenciales en esta metodología, es detectar las fallas potenciales para evaluar los riesgos. Con base a estas salidas, se genera planes de acciones para prevenir y mitigar los efectos negativos.

Gestionar una metodología para la detección de riesgos puede extrapolarse en los procesos administrativo; por ejemplo, la administración de un proyecto para el desarrollo de productos y/o servicios. Si una organización analiza estos riesgos, podrá generar acciones que puedan mitigar la probabilidad de fallo en el retraso de los entregables del proyecto. Para (Davidson Frame, 2003); la identificación de riesgos es la fase preliminar dentro de un proceso de evaluación de riesgos. El propósito es detectar eventos de riesgos lo más rápido posible para eliminar los imprevistos; por lo tanto, los analistas podrán identificar las posibles fuentes de problemas que afectarán a los proyectos de las organizaciones.

Este trabajo de investigación estará tomando la influencia teórica para realizar una evaluación de riesgos aplicado al diseño y desarrollo del proceso de manufactura. Se tomará

como referencia la metodología para la planeación a través de los siete pasos descritos en el manual de AMEF de la AIAG VDA 1ra Ed, de la misma forma se mencionarán algunos conceptos del manual de referencia para el AMEF de la 4ta Ed.

Dentro del manual de referencia de AMEF de la 4ta edición bajo la interpretación de la organización (AIAG, 2018) define; la herramienta de AMEF es una metodología analítica que es utilizada para asegurar que los problemas potenciales puedan ser considerados y abordados durante la planeación avanzada del producto; un AMEF puede ser utilizado por áreas distintas a las de manufactura, podría ser utilizados para el análisis de los riesgos en los procesos de administración o para evaluar los sistemas de seguridad. El AMEF es aplicado para las fallas potenciales en el diseño de un producto o fallas de un proceso de manufactura.

El AMEF es utilizado como herramienta para la evaluación de riesgos, y como un método para detectar severidades en los efectos potenciales de fallas, ofreciendo medidas para la mitigación de riesgos, así mismo, dentro de sus aplicaciones, el AMEF incluye una estimación para la probabilidad de ocurrencia de la causa de las fallas, y sus modos de falla resultantes (AIAG, 2018). Dentro del manual de referencia de AMEF 4ta edición; bajo la interpretación de (AIAG, 2018); en la Tabla 5 se describen las acciones mínimas que deben considerarse dentro de la herramienta de AMEF.

Tabla 5 Partes del AMEF Fuente: (AIAG, 2018)

| Partes para integrar dentro de un análisis de riesgos AMEF | |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Identificación de funciones, requerimientos y especificaciones</i> | El propósito es clarificar y entender cuál es la intención del diseño o el propósito del proceso, esto contribuye a determinar los modos de falla potenciales en relación de la funcionalidad destinada |
| <i>Identificación de modos de fallas potenciales</i> | El propósito es definir la forma o la manera en que un producto o proceso podría llegar a fallar relacionado a la intención del diseño o el propósito del proceso |
| <i>Identificación de efectos potenciales</i> | El propósito es clasificar como los efectos de la falla son percibidos por el cliente. Esto se describe como el cliente lo podría notar o experimentar. Los clientes pueden ser internos como finales |
| <i>Identificación de causas potenciales</i> | El propósito es indicar como la falla puede llegar a ocurrir. |
| <i>Identificaciones de controles</i> | El propósito es establecer controles para la prevención o detección de las causas de las fallas o los modos de las fallas |
| <i>Identificación y evaluación de riesgos</i> | El propósito es realizar la evaluación del riesgo a través de la severidad, detección y ocurrencia. |
| <i>Acciones recomendadas y resultados</i> | El propósito es reducir el riesgo global y la probabilidad de que el modo de falla ocurra. Las responsabilidades y el tiempo compromiso de ejecución tiene que ser asignados. |

De misma forma, el manual de referencia de AMEF 4ta Ed; con la interpretación de (AIAG, 2018) recomienda; un requisito indispensable previo al AMEF es establecer un diagrama de flujo. Esto tiene como finalidad el definir un alcance para el análisis durante el diseño de un sistema. Un diagrama de flujo describe los pasos del producto a través del proceso desde un inicio hasta un final. Durante el desarrollo del AMEF es necesario identificar los requerimientos por cada proceso, estos son los resultados de cada operación y ofrecen una descripción de lo que debe lograrse en cada paso.

Los siete pasos para la implementación de AMEF versión AIAG-VDA

Dentro del ambiente al ramo automotriz, a finales del año 2017 se anunció una colaboración entre las organizaciones AIAG y VDA para la creación de un nuevo manual de AMEF dirigido a los fabricantes de autopartes. De la colaboración de ambas organizaciones

la primera edición del manual de AMEF se emite en junio del año 2019. Esta nueva edición permitirá a los proveedores abordar efectivamente los riesgos técnicos durante el proceso de desarrollo de un producto y/o servicios (ver Ilustración 10).

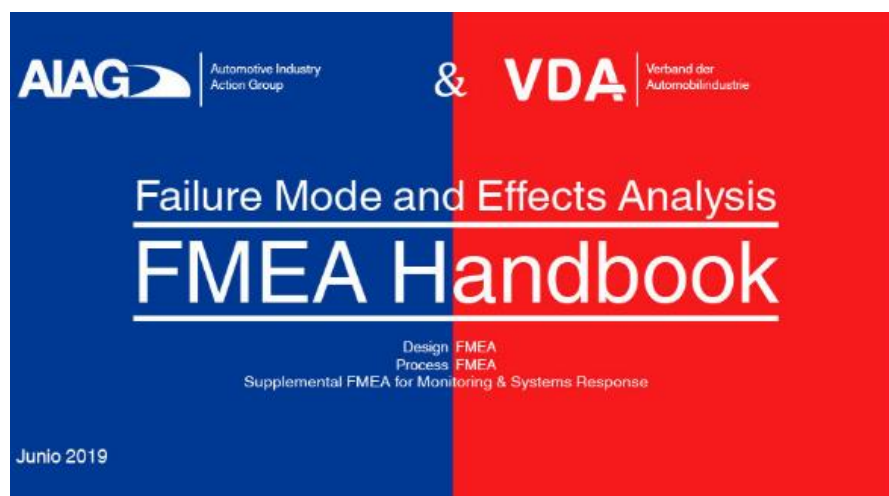


Ilustración 10 Portada de manual AMEF Fuente: (Rodríguez, 2019)

El cambio más significativo de esta nueva versión, es el enfoque para el desarrollo del AMEF establecido en siete pasos, esto proporciona un marco de referencia para lograr documentar los riesgos técnicos bajo una dirección precisa, relevante y completa (Plexus International & AIAG, 2019).

Dentro del manual de AMEF AIAG VDA 1ra Ed, bajo la interpretación de (AIAG & VDA, 2019) comenta; el AMEF como herramienta de análisis de riesgos tiene un enfoque sistemático, cualitativo y analítico con la intención de:

- Evaluar los riesgos técnicos potenciales de los productos y procesos.
- Analizar los efectos de estas causas.
- Documentar las acciones para la detección y prevención de riesgos.
- Recomendar acciones para la reducción del riesgo.

Dentro de la planeación de un producto se recomienda discutir cinco temas previos a la elaboración del análisis de AMEF. Denominado Five T'S (de la interpretación en idioma inglés; las cinco T's); abarca la intención por lo cual se genera un AMEF, el tiempo para realizar la actividad, el equipo que debe ser integrado para un AMEF, las tareas que se tendrán que desempeñar, y las herramientas para llegar al análisis (AIAG & VDA, 2019). En la nueva versión de AMEF, con los siete pasos se propone generar un acercamiento sistemático para generar un registro previo al análisis de riesgos técnicos. En la Tabla 6, se describen el alcance para la gestión del AMEF.

Tabla 6 Alcance de los siete pasos del AMEF Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Los siete pasos para la implementación de AMEF | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1er paso: <i>Planeación y preparación</i></p> | <p>El propósito es describir cuales son los productos y/o procesos que se incluirán o excluirán para el análisis de riesgo. Los aspectos considerables son: Identificar el proyecto, conformar el plan, definir los límites, identificar una línea base a través de problemas del pasado, generar las bases para el análisis.</p> |
| <p>2do paso: <i>La estructura para el análisis</i></p> | <p>El propósito es identificar los puntos de fallo del sistema del proceso de manufactura, el cual generen un impacto en los pasos del procesamiento o en los elementos del proceso. Una recomendación es definir el diagrama de proceso.</p> |
| <p>3er paso: <i>El análisis de las funciones</i></p> | <p>El propósito es identificar los requerimientos o funciones del producto y/o proceso. En el cual, las funciones son identificadas como la intención del producto a desempeñar, mientras tanto los requerimientos son las características que describen el comportamiento del producto.</p> |
| <p>4to paso: <i>El análisis de las fallas</i></p> | <p>El propósito es identificar las causas de las fallas, los modos de falla y los efectos de la falla para definir la relación existente con los riesgos latentes. Es importante partir de las fuentes de variación como los son; máquina, método, material y mano de obra. Los efectos de la falla van en relación con la función del proceso, los modos de la falla definen como el producto no cumplirá con la función y las causas de la falla indican por que el modo de la falla puede ocurrir.</p> |
| <p>5to paso: <i>El análisis del riesgo</i></p> | <p>El propósito es estimar los riesgos a través de la severidad, ocurrencia y detección. Dentro de los controles de prevención existen dos tipos: el control de prevención que ayuda a minimizar las ocurrencias de las fallas, y los controles de la detección para visualizar las causas de la falla o los modos de la falla.</p> |
| <p>6to paso: <i>La optimización</i></p> | <p>El propósito es determinar las acciones para la mitigación de riesgos y la evaluación de la efectividad de las mismas acciones. Uno de los objetivos es la identificación de acciones necesarias para la reducción de riesgos a través de la priorización de acciones basadas en rangos de severidad, ocurrencia y detección.</p> |
| <p>7mo paso: <i>Los resultados para la documentación</i></p> | <p>El propósito es resumir y comunicar los resultados de la actividad del AMEF</p> |

Mejora continua

Hoy por hoy, el termino de mejora continua está siendo utilizado en diversas organizaciones. Su esencia es tan profunda que ha logrado influenciar en diversos tipos de sectores como; públicos, privados, gubernamentales, médicos, industriales entre otros. Su aplicación ha estado orientada a superar las expectativas ante un objetivo establecido o una forma de alcanzar un nivel más alto. Pero en realidad, ¿Como se define a la mejora continua?; Para el Dr. Shigeo Shingo; un ingeniero mecánico de nacionalidad japonesa define el termino de mejora continua como; la forma de pensar cómo reducir los desperdicios, hay que establecer una condición previa para lograr la mejora, tiene que ser en virtud de una búsqueda adecuada de objetivos. Primordialmente, no se debe equivocar acerca del significado de la mejora. Los cuatro objetivos de la mejora deben estar focalizados para hacer las cosas más; fáciles, mejores, rápidas y baratas (The Shingo prize for operational excellence, 2007).

Una organización que experimenta una innovación constante, está influenciada en hacer realidad la mejora continua dentro de sus procesos para lograr ventajas competitivas. Acorde a los lineamientos establecidos en la norma ISO 9001:2015; *“La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar la satisfacción del cliente”* (ISO, 2015). Profundizando en la temática descrita; una organización debe realizar la mejora continua aplicándola a su sistema de gestión de calidad. Así mismo, deberá juzgar los resultados de los análisis, las evaluaciones y los resultados por los representantes de la dirección; por consiguiente, deberán determinar si existen áreas de oportunidad para la implementación de la mejora continua (ISO, 2015).

El termino en idioma inglés de “breakthrough improvement” (su interpretación en idioma español; Reingeniería) es un contraste bastante radical en la implementación de mejora. (Manos & Vincet, 2012) afirman; la mejora innovadora o reingeniería es un tipo de mejora que se puede definir como un proceso estructurado y sistematizado, sin embargo, la duración para generar un resultado es muy acelerado. La mejora innovadora es aplicada cuando una organización tiene una competitividad con una tendencia a la baja, su productividad y sus utilidades son significativamente bajas. Este tipo de mejora es utilizada cuando una organización ha agotado todas las posibilidades de una implementación de mejora continua.

Ciclo PHVA una herramienta para la mejora continua

El ciclo Deming o ciclo PHVA (PHVA; de las siglas en idioma español “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) es una herramienta vital para el control de calidad, esto promueve la mejora continua. Deming afirmaba que el resultado de una constante interacción entre los diversos departamentos de una organización puede alcanzar un nivel de calidad capaz de satisfacer las necesidades del cliente. Aplicar esta herramienta, la organización será capaz de ganar la confianza y aceptación del cliente para poder prosperar (Imai, 2012). En la

Ilustración 11, se representa el modelo del ciclo PHVA, dividido en cuatro cuadrantes, dentro de ellos se describen puntos claves.



Ilustración 11 El ciclo del PHVA para la mejora Fuente: (Manos & Vincet, 2012, p. 152)

Los antecedentes del ciclo PHVA, fueron desarrollados por Dr. Walter Shewhart. Esta propuesta fue desarrollada como un método sistemático para resolución de problemas. El ciclo PDSA (PDSA; de las siglas en idioma inglés “Plan-Do-Study-Act”) es un proceso de resolución de problemas conformado de cuatro fases; en la primera fase de Planeación (plan), el usuario debe analizar el problema y planificar una solución. Esta fase es crítica debido a que la planificación debe tener sustento bajo la solución propuesta; posteriormente la solución es implementada en la fase de Hacer (do); como siguiente paso, en la fase de Estudiar (study), se observan las modificaciones realizadas durante el proceso. Por último, en la fase de Actuar (act), se revelan los resultados en que la causa raíz del problema ha sido aislada o eliminada en su totalidad; los cambios se tendrán que visualizar de manera permanente, de lo contrario si no se llega a una resolución, se volverá a iniciar una fase de planeación para profundizar en el proceso de investigación. (Summers, 2006).

El ciclo PHVA puede ser aplicado en cualquier proceso incluso es la base para un sistema de gestión de calidad. Dentro de la norma ISO 9001:2015, en la sección 0 Generalidades, anexo al punto 1.3 Enfoque de procesos; la norma (ISO, 2015) define el ciclo PHVA como:

“Planificar: establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización, e identificar y abordar los riesgos y las oportunidades;

Hacer: implementar lo planificado;

Verificar: realizar el seguimiento y (cuando sea aplicable) la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informar sobre los resultados;

Actuar: tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario”.

Una organización que se encuentre en un proceso de evaluación o implementación de mejora continua, deberá seguir los pasos de la metodología del PHVA. Las metas propuestas pueden estar focalizadas hacia aspectos técnicos, el incremento de la productividad o la reducción de los costes, etc. De misma forma, este proceso se desarrollará en cuatro fases; En la fase de Planeación; se establecerán las metas propuestas a mejorar en el proceso seleccionado, es importante identificar las áreas de oportunidad; en la fase de Hacer; se ejecutarán los cambios propuestos de la fase anterior. Durante la fase de Verificar, se evaluará los resultados generados. Finalmente, en la fase de Actuar; se continuará con la estandarización de las mejoras implementadas con el fin de generar una estabilidad. En el caso de no alcanzar el resultado esperado, se tendrá que iniciar nuevamente el ciclo.

Capítulo III. Implementación de los siete pasos para el análisis de modo y efecto fallas

3.1 Introducción

El propósito de este capítulo es mostrar y desarrollar una propuesta metodológica para cumplir con el objetivo general; implementación de mejora al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí. Para alcanzar este objetivo, se seguirán los siete pasos para la implementación del AMEF (versión AIAG-VDA), buscando integrarlo en un proceso de mejora continua a través de las cuatro fases del ciclo PHVA.

La primera parte del capítulo, se mostrará un esquema de investigación para abordar los tres objetivos específicos descritos en este trabajo. Aquí se explicará los detalles y lineamientos, posteriormente, serán aplicados a la propuesta metodológica. La segunda parte del capítulo, se desarrollará la propuesta metodológica, con la finalidad de cumplir con los objetivos específicos #01 y #02. Esta propuesta metodológica, estará orientada a implementar una mejora a la planificación del proceso de manufactura en las áreas de fundición, para el desarrollo del producto Válvula EGR.

3.2 Esquema de investigación

El esquema de investigación estará estructurado con las cuatro fases del ciclo PHVA, después se complementarán con los siete pasos para el desarrollo del AMEF (versión AIAG-VDA); dentro de esta estructura, se estará explicando los puntos claves y detalles de los siete pasos del AMEF. En la Tabla 7, se muestra el resumen para el esquema de investigación, que se desarrollará con base a los tres objetivos específicos descritos en el capítulo I. Las bases de esta estructura están conformadas en cuatro fases, tales como; Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (Ciclo PHVA).

Tabla 7 Esquema de Investigación Fuente: Elaboración propia

| ESQUEMA DE INVESTIGACIÓN | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| <u>Objetivo Especifico #01:</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un diagnóstico, a partir de los puntos de cambio aplicables al desarrollo del proceso de manufactura, utilizando una matriz como línea base, para generar listado de factores y sub-factores de riesgos. | | |
| <i>Fase #01: Planificar</i> | | |
| Paso 1: Planificación y preparación. | Paso 2: Análisis de la estructura. | Paso 3: Análisis de la función. |
| Paso 4: Análisis de la falla. | - | Paso 5: Análisis de riesgos. |
| <u>Objetivo Especifico #2:</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Establecer cronograma de actividades detalladas, el cual se ejecutará en la fase de diseño y desarrollo del proceso. Se tomará como referencias, las salidas generadas en el AMEF. | | |
| <i>Fase #02: Hacer</i> | | |
| Paso 6: Optimización (Primera parte). | | |
| <u>Objetivo Especifico #3:</u> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Demostrar los resultados de manera cualitativa y cuantitativa, para evaluar la planificación del proceso de manufactura en el área de fundición, a través del seguimiento al avance del cronograma. | | |
| <i>Fase #03: Verificar</i> | | |
| Paso 6: Optimización (Segunda parte). | | |
| <i>Fase #04: Actuar</i> | | |
| Paso 7: Documentación de los resultados. | | |

En la Ilustración 12, se muestra un esquema gráfico para la integración de los siete pasos del AMEF aplicables. Por ejemplo; la fase de planificar, se integrará por el paso 1 hasta el paso 5; dentro de la fase de hacer, se conformará por el paso 6 parte 1; para la fase de verificar integrará el paso 6 segunda parte; finalmente, en la fase de actuar se integrará por el paso 7.

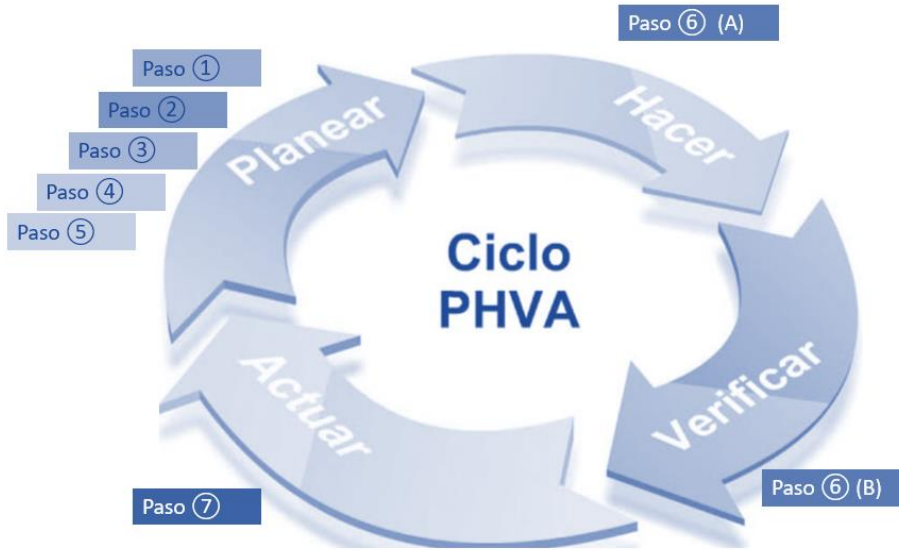


Ilustración 12 Integración de los siete pasos del AMEF al ciclo PHVA Fuente: Elaboración propia

Fase #01: Planificar

La fase de planificación, es la etapa más importante debido a que se establecerán las bases para desarrollar, y ejecutar la evaluación de riesgos aplicado al diseño y desarrollo del proceso de manufactura a través de la metodología del AMEF (versión AIAG-VDA); previo a iniciar la estructuración del AMEF, es necesario discutir cinco tópicos. Las cinco T's, es un cuestionamiento a través de cinco preguntas tales como: ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Quién? ¿Qué? ¿Cuáles?; Esto tiene como finalidad discutir el desarrollo del AMEF para alcanzar mejores resultados y evitar retrabajos durante su ejecución (Ver Ilustración 13).



Ilustración 13 Las cinco T's Fuente: Elaboración propia.

Partiendo del objetivo específico #1: Realizar un diagnóstico, a partir de los puntos de cambio aplicables al desarrollo del proceso de manufactura, utilizando una matriz como línea base, para generar listado de factores y sub-factores de riesgos; se discuten los siguientes tópicos: Intención, tiempo disponible, equipo de trabajo, tareas, herramientas; por lo tanto, se muestran los siguientes argumentos:

1. ¿Por qué se tiene que desarrollar un AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura?

El desarrollo del AMEF tiene como meta, visualizar todos los factores de riesgo que puedan afectar al desarrollo de la inversión de capital físico; tales como, la fabricación de herramientas nuevos y la preparación del proceso en el área de fundición para la manufactura del producto válvula EGR.

2. ¿Cuándo tiene que terminar esta actividad?

Esta actividad es recomendable empezarla previamente a la etapa de industrialización para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura, y terminarla antes de la fase de validación del proceso. Sin embargo, esta actividad puede estar en constante revisión y podrá continuar incluso durante la operación del proceso de manufactura.

3. ¿Quién tiene que formar parte del equipo de trabajo?

Las personas que deben de participar como líderes de este proyecto de mejora, es el personal local del departamento de Ingeniería, así mismo, buscará colaborar con un equipo multidisciplinario formado por una persona representativa de los departamentos de Calidad, Producción, Mantenimiento de moldes, Control de producción y Administración

4. ¿Qué actividades se tienen que realizar?

Las actividades por desempeñar, es revisar los supuestos de la etapa de industrialización, partiendo de las actividades establecidas en el calendario maestros para la producción masiva; estas actividades estarán orientadas a la sección de fundición para el producto válvula EGR. También, se buscará que los integrantes del equipo de trabajo puedan aportar ideas y su experiencia para el desarrollo del AMEF.

5. ¿Cuáles son las directrices para desarrollar el AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura?

El análisis deberá estar dirigido en referencia a los puntos de cambio basados a las fuentes de variación, tales como; Máquina, método, mano de fabricación, materiales y manejo de recursos.

Posterior a la discusión de los argumentos descritos, se procederá a realizar la explicación de los detalles del paso 1 hasta el paso 5 del AMEF (versión AIAG-VDA).

Paso 1: Planificación y preparación

El propósito del paso 1, es definir cuáles son las partes del proceso, que se tendrán que incluir o descartar para las revisiones del AMEF. Esto determinará el alcance para el análisis que se busca implementar. Al interpretar el manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); los puntos importantes en este paso son los siguientes:

- a) Identificación del proyecto de mejora.
- b) Validación del plan del proyecto (Las cinco T's).
- c) Revisión de las delimitaciones del análisis.
- d) Definición de línea base a través de los problemas del pasado.
- e) Establecer las bases para la estructura del análisis.

Antes de iniciar el desarrollo del AMEF, formularemos la siguiente pregunta; ¿Cuáles son los elementos específicos que pueden llegar a causar un riesgo en impacto hacia los requerimientos durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura? Para responder esta pregunta, es importante establecer los lineamientos del AMEF. Por lo tanto, se establecerá el punto de partida definiendo la delimitación para la implementación del AMEF, hasta qué punto abarcará este análisis.

Por lo cual, se definirá un apartado del documento del AMEF, para marcar la delimitación del análisis, esto debe incluir la siguiente información: Nombre de la compañía, ubicación de la compañía, nombre del cliente, año del programa, nombre del AMEF, fecha de emisión, fecha de revisión, nombres del equipo multidisciplinario, registro del AMEF, nombre del administrador del documento, nivel de confidencialidad. En la Tabla 8, se muestra una matriz propuesta con los datos del encabezado del documento. Esto será la base para lograr comprender el alcance y contenido del AMEF. En esta tabla, se estará ilustrando con un ejemplo práctico con el objetivo de visualizar el desarrollo de los pasos del AMEF.

Tabla 8 Matriz para el encabezado del AMEF Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Paso 1: Planeación y preparación. | | | | | |
|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------|
| <i>Nombre de la compañía:</i> | AAM | <i>Nombre del AMEF:</i> | Proceso de manufactura para un área de ensamble. | | |
| <i>Ubicación de la compañía:</i> | San Luis Potosí, S.L.P, MX | <i>Fecha de emisión:</i> | Enero, 2020 | <i>Registro del AMEF:</i> | APIE-0001-THR |
| <i>Nombre del cliente:</i> | Nissan | <i>Fecha de revisión:</i> | Junio, 2020 | <i>Nombre del Administrador del documento:</i> | H. Sánchez |
| <i>Año del programa:</i> | 2021 | <i>Nombres del equipo multidisciplinario:</i> | U. Arellano, G. Juarez | <i>Nivel de confidencialidad:</i> | Medio |

Paso 2: Análisis de la estructura

Durante el desarrollo del paso 2, se definirá los puntos claves para constituir el análisis de la estructura. Haciendo referencia al manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); en este análisis tiene que considerar los siguientes artículos.

- Visualizar el alcance del análisis.
- Estructurar el diagrama de flujo del proceso.
- Identificar los pasos consecutivos del proceso.
- Generar la base para el análisis de la función.

Para visualizar el alcance del análisis dirigido al diseño y desarrollo del proceso de manufactura, se tomará como referencia los supuestos establecidos en el calendario maestro para la producción masiva, específicamente las actividades durante la etapa de industrialización para el área de fundición. Estos supuestos se visualizan en una línea de tiempo, en el cual, cada supuesto depende del término del anterior.

En la Ilustración 14, se muestra un ejemplo de la línea de tiempo, en este esquema de tiempo, se estipulan los supuestos necesarios para conformar la etapa de industrialización.

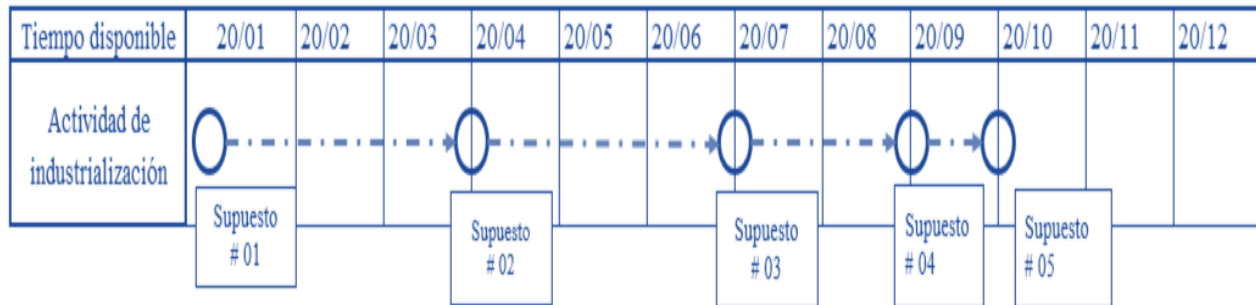


Ilustración 14 Línea de tiempo para la etapa de industrialización del proceso de fundición Fuente: Elaboración propia

Para continuar con la estructuración del diagrama de flujo de proceso, se desarrollará una sucesión de operaciones consecutivas por cada uno de los supuestos establecidos, estos supuestos se denominarán subprocesos del proceso principal. Los diagramas de flujo podrán variar en la cantidad de número de operaciones, para definir esta cantidad, se tomará como referencia la experiencia previa de otros proyectos desarrollados en el pasado.

En la Ilustración 15, se indica la propuesta para establecer el diagrama de flujo de proceso, el diagrama estará compuesto por número de operaciones consecutivas, y se recomienda utilizar la siguiente simbología de referencia.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

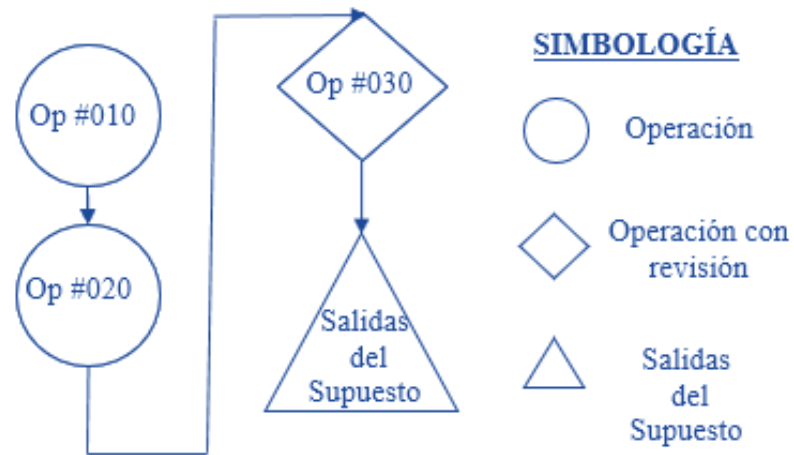


Ilustración 15 Diagrama de flujo de proceso Fuente: Elaboración propia

La definición para el análisis de la estructura, estará formada por tres partes; los artículos del proceso; aquí se nombrará al conjunto de los subprocesos del proceso, para este trabajo, los subprocesos se alinearán al número de supuestos establecidos. Después, los pasos del proceso; estarán integrados por el número de operaciones consecutivas que componen al subproceso.

Finalmente, los elementos del proceso, estarán alineados a las fuentes de variación tales como; maquinaria, método, mano de fabricación, materiales y manejos de recursos. En la Ilustración 16, se visualiza un ejemplo propuesto, con las tres partes de la estructura del análisis y la interacción que existen entre cada una de ellas.

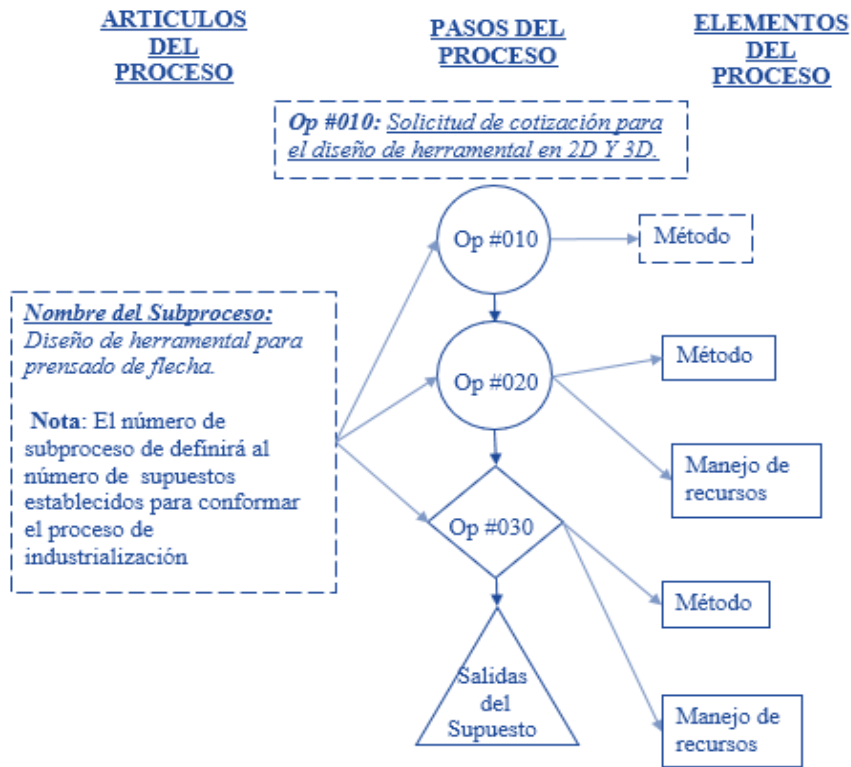


Ilustración 16 Análisis de la estructura Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Tabla 9, se propondrá sintetizar la estructura del análisis a través de una matriz con un ejemplo propuesto. El propósito de mostrar en una forma sintetizada, es generar continuidad en los pasos posteriores del AMEF.

Tabla 9 Matriz para el análisis de la estructura Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Paso 2: Análisis de la estructura | | |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1.-Artículos del proceso | 2.-Pasos del proceso | 3.-Elementos del proceso (5M) |
| Diseño de herramental para prensado de la flecha | Op. 010: Solicitud de cotización para el diseño de herramental en 2D y 3D | Método |
| | Op. 020: (Descripción) | Método |
| | | Manejo de recursos |
| | Op. 030: (Descripción) | Método |
| | | Manejo de recursos |

Paso 3: Análisis de la función

Para el paso 3, se tiene que asegurar que las funciones previstas para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura, estén direccionadas adecuadamente. Al consultar los criterios del manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); los puntos clave para el análisis de la función están orientados a los siguientes artículos:

- a) Visualización de las funciones del proceso.
- b) Asociar los requerimientos hacia las funciones del proceso.
- c) Colaboración con el equipo multidisciplinario.
- d) Generar la base para el análisis de las fallas.

Primeramente, se tendrá que definir que es una función; una función esta expresada como la intención o la razón de ser de cada una de las operaciones del proceso. Así mismo, las operaciones del proceso pudieran contar con más de una función. Una recomendación para expresar una función, será utilizando oraciones con verbos de acción en tiempo presente simple. Además, las funciones del proceso tienen que ser complementadas con los requerimientos; el requerimiento puede ser expresado a través de un atributo cuantificable que sea capaz de ser medible.

Una forma de establecer el análisis de la función, es tomando las referencias del análisis de la estructura. Este análisis, tendrá que partir de los pasos del proceso como un elemento de enfoque central definiendo la función principal. Después, la función de los artículos del proceso y elementos del proceso, se definirán bajo los siguientes cuestionamientos; ¿Qué es lo que hace? ¿Cómo lo hace? Por último, es recomendable desarrollar esta actividad en conjunto del equipo multidisciplinario. En la Ilustración 17, se visualiza una sección del ejemplo propuesto para el análisis de la estructura, en donde se establecen las funciones del proceso.

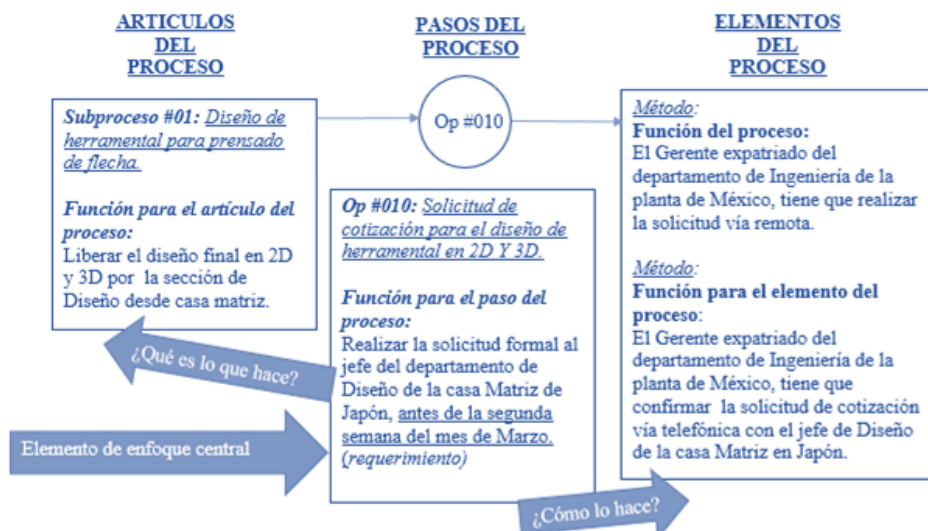


Ilustración 17 Análisis de la función Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, el análisis de la función, se representa en su forma sintetizada a través de una matriz propuesta. En la Tabla 10, se muestra un ejemplo de la relación de las funciones con base a los artículos de proceso, los pasos del proceso y de los elementos del proceso.

Tabla 10 Matriz para el análisis de la función Fuente: (AIAG & VDA, 2019).

| Paso 3: Análisis de la función. | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>1.-Función del artículo del proceso</i> | <i>2.-Función de los pasos del proceso</i> | <i>3.-Función de los elementos del proceso.</i> |
| Liberar el diseño final en 2D y 3D por la sección de Diseño desde casa matriz. | Realizar la solicitud formal al jefe del departamento de Diseño de la casa Matriz de Japón, antes de la segunda semana del mes de Marzo. | Método: El Gerente expatriado del departamento de Ingeniería de la planta de México, tiene que realizar la solicitud vía remota. |
| | | Método: El Gerente expatriado del departamento de Ingeniería de la planta de México, tiene que confirmar la solicitud de cotización vía telefónica con el jefe de Diseño de la casa Matriz en Japón |

Paso 4: Análisis de la falla

La intención del paso 4, es desarrollar el análisis de la falla para identificar las causas, los modos y los efectos de la falla. Esto tiene la finalidad de establecer las bases para el análisis de los riesgos. Bajo las pautas del manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); Los puntos clave que se tendrán que considerar son los siguientes:

- a) Establecer la cadena o relación de las fallas.
- b) Identificar los efectos potenciales de fallas, los modos de falla y causas de las fallas en las funciones del proceso.
- c) Formar la base para el análisis de riesgos.

Para definir la cadena o relación de fallas, es muy importante partir del elemento de enfoque central (Funciones de los pasos del proceso), aquí se tomará la referencia para establecer los modos de la falla, posteriormente se continuará en definir los efectos de la falla y las causas de la falla. Como apoyo, se pueden formular las siguientes preguntas: ¿Qué es lo que ocurre?, esta pregunta permitirá establecer el efecto de la falla; ¿Por qué ocurre?, esta pregunta apoyará a definir la causa de la falla. En la Ilustración 18, se describe un esquema de la cadena de fallas mostrando la interacción entre los efectos de la falla, los modos de falla y causas de la falla.

CADENA DE LAS FALLAS

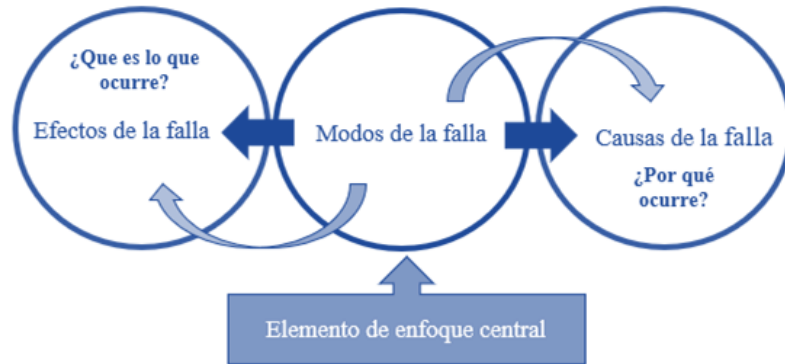


Ilustración 18 Cadena de las fallas Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

Los modos de falla, puede definirse como la forma en que los pasos del proceso no pueden entregar las salidas esperadas en relación a las funciones descritas. Esto quiere decir, que no está cumpliendo con la función de los pasos del proceso. Para un modo de falla se puede asumir que pudiera ocurrir, aunque no llegará a suceder; también, estos deben ser descritos en términos técnicos y evitar la descripción de algún síntoma encontrado por el Cliente. Los modos de falla van orientados a la pérdida, degradación o errónea operación de las funciones establecidas.

Los efectos de las fallas, van directamente relacionados con las funciones de los artículos del proceso y estos pueden mostrar una afectación a los Clientes; en este trabajo, los Clientes son las etapas de industrialización para el proceso de manufactura en las áreas de mecanizado y ensamble, además, los Clientes internos son los subprocesos(supuestos) que conforman el la etapa de industrialización para el proceso de manufactura de fundición. Los efectos de la falla deben ser calificados bajo criterios de severidad. Para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura, podemos realizar los siguientes cuestionamientos: ¿El modo de falla impacta al siguiente proceso? ¿Cuál es el impacto potencial al cliente? ¿Qué puede ocurrir si el impacto es detectado antes de que el cliente lo encuentre?

Las causas de la falla, es un indicador, de por qué puede ocurrir el modo de falla, estos son relacionados, en que no están cumpliendo con las funciones de los elementos del proceso. Las causas de la falla están relacionadas con las fuentes de variación tales como; maquinaria, método, mano de fabricación, materiales y manejos de recursos. En la Ilustración 19, se muestra un ejemplo propuesto del análisis de la falla. El modo de falla se establece a partir del elemento del enfoque central, después puede definirse los efectos de la falla y las causas de la falla.

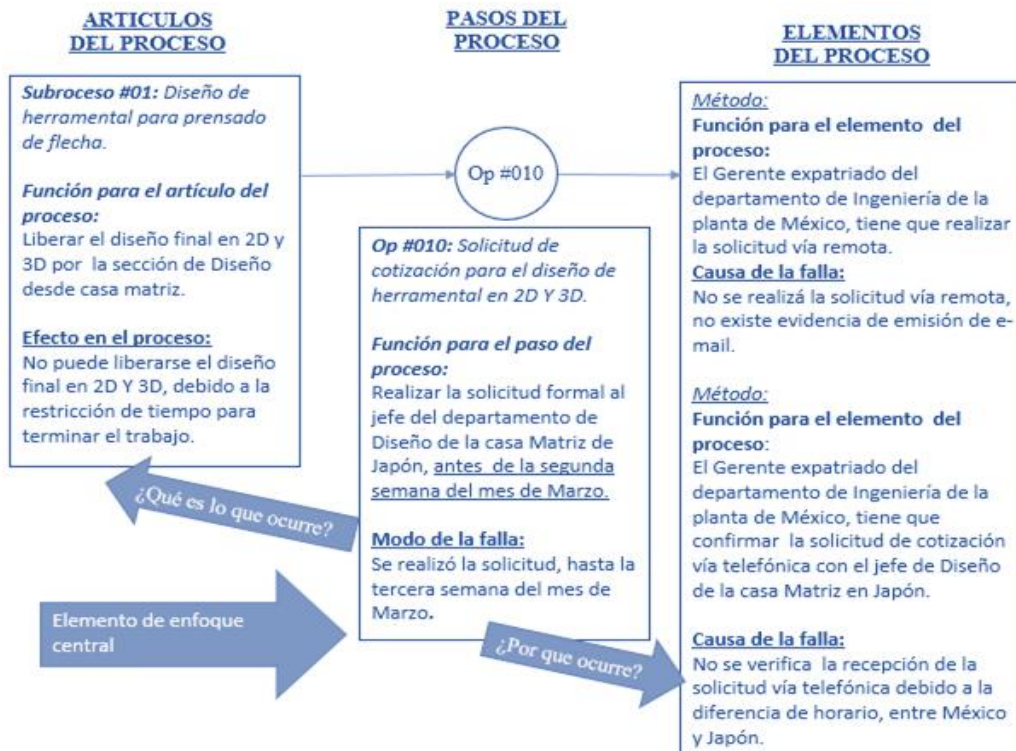


Ilustración 19 Análisis de la falla Fuente: Elaboración propia.

El esquema del análisis de la falla, se propone sintetizarlo mediante una matriz; en la Tabla 11, se muestra la relación de la cadena de las fallas utilizando el ejemplo propuesto.

Tabla 11 Matriz para el análisis de la falla Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Paso 4: Análisis de la falla | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.-Efectos de la falla | (S) Severidad de EF. | 2.-Modo de la falla, del elemento de enfoque central | 3.-Causas de la falla a los elementos del trabajo |
| No puede liberarse el diseño final en 2D Y 3D, debido a la restricción de tiempo para terminar el trabajo. | 7 | Se realizó la solicitud, hasta la tercera semana del mes de Marzo. | <p>No se realizó la solicitud vía remota, no existe evidencia de emisión de e-mail.</p> <p>No se verifica la recepción de la solicitud vía telefónica debido a la diferencia de horario, entre México y Japón.</p> |

Después de haber terminado el análisis de la estructura, el análisis de la función y el análisis de la falla, una forma de visualizar la relación directa, es a través de tres conjuntos, estos se definirán por bloques, además, facilitarán a comprender el análisis de riesgos.

En la Tabla 12, se visualiza la relación del primer conjunto de análisis: Bloque A) Artículos del proceso → Función para el artículo del proceso → Efectos de la falla.

Tabla 12 Bloque A de análisis Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| 1.-Artículos del proceso | 1.-Función para el artículo del proceso | 1.-Efectos de la falla |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diseño de herramental para prensado de flecha. | Liberar el diseño final en 2D y 3D por la sección de Diseño desde casa matriz. | No puede liberarse el diseño final en 2D Y 3D, debido a la restricción de tiempo para terminar el trabajo. |

En la Tabla 13, se visualiza la relación del segundo conjunto de análisis: Bloque B) Pasos del proceso → Función para los pasos del proceso → Modo de la falla.

Tabla 13 Bloque B de análisis Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| 2.-Pasos del proceso | 2.-Función para los pasos del proceso | 2.-Modo de la falla |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Op 010: Solicitud de cotización para el diseño de herramental en 2D y 3D | Realizar la solicitud formal al jefe del departamento de Diseño de la casa Matriz de Japón, antes de la segunda semana del mes de Marzo | Se realizó la solicitud, hasta la tercera semana del mes de Marzo. |

En la Tabla 14, se visualiza la relación del tercer conjunto de análisis: Bloque C) Elementos del proceso → Función para los elementos del proceso → Causa de la falla.

Tabla 14 Bloque C de análisis Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| 3.-Elementos del proceso | 3.-Función para los elementos del proceso | 3.-Causa de la falla |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Método | El Gerente expatriado del departamento de Ingeniería de la planta de México, tiene que realizar la solicitud vía remota. | No se realizó la solicitud vía remota, no existe evidencia de emisión de e-mail |
| Método | El Gerente expatriado del departamento de Ingeniería de la planta de México, tiene que confirmar la solicitud de cotización vía telefónica con el jefe de Diseño de la casa Matriz en Japón | No se verifica la recepción de la solicitud vía telefónica debido a la diferencia de horario, entre México y Japón. |

Por lo tanto, al consultar los anexos del manual del AMEF (AIAG & VDA, 2019); el paso 1 (Planificación y preparación), el paso 2 (Análisis de la estructura), el paso 3 (Análisis de la función) y el paso 4 (Análisis de falla), se propone realizar una síntesis a través de una

matriz con la finalidad de poder recopilar toda la información para el desarrollo de los pasos posteriores. En la Ilustración 20, se muestra un ejemplo de la matriz propuesta en el manual de AMEF (versión AIAG-VDA).

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| Planificación y preparación (Paso 1) Nombre de la compañía: _____ Nombre del AMEF: _____ Registro del AMEF: _____ Ubicación de la compañía: _____ Fecha de emisión: _____ Nombre del Adm. del doc.: _____ Nombre del cliente: _____ Fecha de revisión: _____ Nivel de confidencialidad: _____ Año del programa: _____ Nombre de eq. multidisciplinario: _____ | | | | | | | | | | |
| | Análisis de la estructura (Paso 2) | | | Análisis de la función (Paso 3) | | | Análisis de la falla (Paso 4) | | | |
| # de Artículo | 1.-Artículos del proceso | 2.-Pasos del proceso | 3.-Elementos del proceso (5M) | 1.-Función para el artículo del proceso | 2.-Función para los pasos del proceso | 3.-Función para los elementos del proceso | 1.-Efectos de la falla | Severidad (S) | 2.-Modo de la falla (MF) | 3.-Causa de la falla (CF) |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Ilustración 20 Formato C: Formato estándar para hoja de AMEF parte 1 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) p163.

Paso 5: Análisis de riesgos

La finalidad del paso 5, es la estimación del riesgo utilizando criterios como la severidad, la ocurrencia y la detección con el objetivo de poder priorizar actividades para la mitigación del riesgo. Al utilizar el manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); los puntos clave para desarrollar en este paso son:

- Asignar controles de prevención para la causa de las fallas.
- Asignar controles de detección para las causas y modos de falla.
- Clasificar los criterios de severidad, ocurrencia y detección.
- Evaluar prioridades de acciones.
- Formar las bases para el paso de optimización.

En los procesos de planificación, los controles de prevención apoyarán a reducir la posibilidad de la ocurrencia en las causas de las fallas, mientras tanto, los controles de detección servirán para detectar la existencia de las causas de la falla o de los modos de falla. En caso de que estos controles no sean suficientes, se deberá pensar en implementar acciones adicionales para la mitigación del riesgo. La evaluación del riesgo se realizará con tres criterios: El primer criterio es la severidad, este evaluará los efectos de la falla; el segundo criterio es la ocurrencia, este evaluará las causas de las fallas; y el tercer criterio es la detección, este evaluará los modos de la falla y las causas de falla.

Los criterios de severidad (S), es un valor numérico que va de un rango del 10 al 1, en donde el valor más grande representará mayor impacto en los efectos de la falla y viceversa. Al utilizar el manual del AMEF (AIAG & VDA, 2019) se afirma; para los efectos de procesos

específicos, las calificaciones de la severidad deberían ser determinados por los criterios de evaluación en la Tabla P1. En la Tabla 15, se propone una relación de los con los criterios de severidad adecuados al diseño y desarrollo del proceso de manufactura, se toma como referencia los lineamientos estipulados en el manual del AMEF de la AIAG VDA 1ra Ed.

Tabla 15 Criterios de severidad (S) Tabla P1 Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Criterios de severidad (S) para evaluación general de los procesos | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Efectos de fallas potenciales calificadas de acuerdo a los criterios abajo indicados</i> | | |
| (S) | Efecto | Impacto en su planta. |
| 10 | Alto | La falla puede resultar en un riesgo agudo en la salud y/o seguridad para el ejecutor del proceso. |
| 9 | | La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta. |
| 8 | Moderadamente alto | El 100% de las salidas del sub proceso son afectadas y pueden generar un atraso total. La falla, puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta o un riesgo crónico en la salud y/o seguridad del operador del proceso. |
| 7 | | Las salidas del sub proceso, pudieran tener que clasificarse en una proporción para desecho (menor del 100%); se genera un atraso parcial o se asignan más recursos de forma permanente. |
| 6 | Moderadamente bajo | El 100% de las salidas del sub proceso, tendrían que re trabajarse o re programar actividades. |
| 5 | | Una proporción de las salidas del sub proceso, tendrían que re trabajarse o re programar actividades. |
| 4 | | El 100% de las salidas del sub proceso, tendrían que asignarse un recurso temporal para evitar atraso. |
| 3 | Bajo | Una proporción de las salidas del sub proceso, tendrían que asignarse un recurso temporal para evitar atraso. |
| 2 | | Leve dificultad para ejecutar el sub proceso y/o operación. |
| 1 | Muy bajo | Sin efecto perceptible. |

Los criterios de ocurrencia (O), es una calificación relacionada a la probabilidad de que pueda ocurrir las causas de fallas en el proceso, estos valores de calificación son valores relativos y podrían no reflejar los valores actuales de ocurrencia. Además, los valores de ocurrencia describen la probabilidad potencial para que suceda la causa de la falla (AIAG & VDA, 2019). En la Tabla 16, se muestran los criterios de ocurrencia establecidos en el manual de AMEF (versión AIAG-VDA).

Tabla 16 Criterios de ocurrencia (O) Tabla P2 Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Potencial de Ocurrencia (O) para el proceso | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Causas de fallas potenciales calificadas de acuerdo con los siguientes criterios: Se consideran controles de prevención cuando se determina el mejor estimativo de ocurrencia; ocurrencia, es un rango predictivo y cualitativo hecho en el tiempo de la evaluación y puede no reflejar la ocurrencia actual; el número de rango de ocurrencia, es un rango relativo dentro del alcance del AMEF (proceso siendo evaluado), para controles de prevención con rangos de ocurrencia múltiples, usar el rango que mejor refleje la robustez del control.</i> | | | |
| (O) | Predicción de ocurrencia de las causas de la falla | Tipo de control | Control de prevención |
| 10 | Extremadamente alto | Ninguno. | Sin controles de prevención. |
| 9 | Muy alto | De comportamiento. | Los controles de prevención tienen un ligero efecto en la prevención de las causas de la falla. |
| 8 | | | |
| 7 | Alto | De comportamiento o técnicas. | Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. |
| 6 | | | |
| 5 | | | |
| 4 | Moderado | | Los controles de prevención son efectivos en la prevención de las causas de la falla. |
| 3 | Bajo | Mejores prácticas: de comportamiento o técnicas. | Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla. |
| 2 | Muy Bajo | | |
| 1 | Extremadamente bajo | Técnicas. | Los controles de prevención son extremadamente efectivos en la prevención de las causas de la falla, de que ocurran debido al diseño. Intención de los controles de prevención, los modos de falla no pueden ser producidos físicamente debido a las causas de la falla misma. |

Los criterios de detección (D), es una relación de ponderaciones de los controles de predicción para las causas y modos de falla dentro de un proceso, los rangos de las calificaciones son relativos y no presentan relación directa con los criterios de severidad y ocurrencia. Los criterios de ocurrencia deben ser estimados con la Tabla P3 del manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019). En la Tabla 17, se plantean los criterios de ocurrencia

adecuados al diseño y desarrollo del proceso de manufactura, se utiliza como referencia los artículos estipulados en el manual de AMEF (versión AIAG-VDA).

Tabla 17 Criterios de detección (D) Tabla P3 Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Potencial de detección (D) para la validación del diseño del proceso | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Controles de detección calificada a la madurez del método de Detección y a la oportunidad de detección.</i> | | | |
| (D) | Habilidad de detectar | Madurez del Método de Detección | Oportunidades para Detección |
| 10 | Muy bajo | Método de inspección o prueba no se ha establecido o no se conoce | El modo de falla no es o no puede ser detectado. |
| 9 | | Es no probable que el método de inspección o prueba detecte el modo de falla | El modo de falla no es fácilmente detectado a través de muestreos aleatorios o esporádicos. |
| 8 | Bajo | El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) | Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso manual de mecanismos (atributos o variables) que deberían detectar el modo o causa de la falla. |
| 7 | | | Detección con base a un equipo/máquina (automatizado o semi automático con notificación de luz, alarma, etc), que debiera detectar el modo o causas de la falla. |
| 6 | Moderado | El método de inspección o prueba ha sido probado para ser efectivo y confiable (no tiene o poca experiencia con el método) | Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso manual de mecanismos (atributos o variables) que detectan el modo o causa de la falla. |
| 5 | | | Detección con base a un equipo/máquina (automatizado o semi automático con notificación de luz, alarma, etc), que detecte el modo o causas de la falla. |
| 4 | Alto | El sistema ha sido probado ser efectivo y confiable (La planta cuenta con experiencia con el método) | Método de detección automatizado con base a un equipo/máquina que detecte el modo de la falla flujo abajo (en los pasos posteriores del proceso), que previenen algún procesamiento adicional. |

| | | | |
|---|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | | | Método de detección automatizado con base a un equipo/máquina que detecte el modo de la falla en el paso del proceso, que previenen algún procesamiento adicional. |
| 2 | | El método de detección ha sido efectivo y confiable (La planta cuenta con experiencia con el método) | Método de la detección/máquina que detecta las causas de la falla y previene el modo de la falla (parte discrepante) al ser procesado. |
| 1 | Muy alto | El modo de falla no puede producirse físicamente conforme ha sido diseñado o procesado, o los métodos de detección probados siempre detectan el modo o las causas de la falla. | |

Durante el análisis de riesgos, se tomarán las referencias de los efectos, las causas y los modos de fallas con la finalidad de establecer los controles de prevención de ocurrencia y detección. Estos controles junto con los efectos de la falla, tendrán que ser evaluados con los criterios de severidad, ocurrencia y detección. Esto permitirá estimar los riesgos a través de un valor numérico. En caso de registrar más de un criterio simultaneo, se calificará con el más severo.

Para mitigar los riesgos, el manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); define una tabla de acciones prioritarias (AP), en el cual se muestra tres rangos de acciones, tales como; acciones de alta (A) prioridad, acciones de media (M) prioridad y acciones de baja (B) prioridad. Estos rangos toman en cuenta los atributos de los criterios de severidad, ocurrencia y detección; anteriormente, en la versión previa del AMEF, las acciones para mitigar los riesgos, estaban definidas bajo un índice de RPN (RPN; de las siglas en idioma inglés; “Risk Priority Number”), un producto entre los valores de severidad por ocurrencia por detección con resultados entre 1 a 1000, esto generaba una ineficiencia e incertidumbre para catalogar las prioridades para mitigación del riesgo. Esta situación provocaba, que se establecieran los mismos valores de calificación sin tomar en cuenta los atributos de severidad, ocurrencia y detección.

La matriz de riesgos (AP) que se propone, puede representar la combinación de la severidad con la ocurrencia, la severidad con la detección y la ocurrencia con la detección, estas combinaciones, pueden ofrecer una forma visual de establecer las acciones prioritarias para la mitigación del riesgo. En la Tabla 18, se muestra la matriz de acciones prioritarias propuestas en el manual del AMEF (versión AIAG-VDA).

Tabla 18 Acciones prioritarias (AP) Tabla AP Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Acciones Prioritarias (AP) para AMEF de procesos. | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------------|
| <i>La priorización de acciones se basa en la combinación de los rangos de Severidad, Ocurrencia y Detección, a fin de priorizar acciones para la reducción de riesgos.</i> | | | | | | |
| Efecto | (S) | Predicción de la ocurrencia de la causa de la falla | (O) | Habilidad para detectar | (D) | Priorización de acciones (PA) |
| Efecto muy alto en el producto o planta | 9 - 10 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A |
| | | | | Muy alto | 1 | A |
| | | Alto | 6 - 7 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A |
| | | | | Muy alto | 1 | A |
| | | Moderado | 4 - 5 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A |
| | | | | Muy alto | 1 | M |
| | | Bajo | 2 - 3 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | M |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B |
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| | | Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B |

| | | | | | | |
|------------------------------------------------|-------|---------------------|--------|----------------|--------|---|
| Efecto alto en el producto o planta | 7 - 8 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A |
| | | | | Muy alto | 1 | A |
| | | Alto | 6 - 7 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A |
| | | | | Muy alto | 1 | M |
| | | Moderado | 4 - 5 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | M |
| | | | | Alto | 2 - 4 | M |
| | | | | Muy alto | 1 | M |
| | | Bajo | 2 - 3 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M |
| | | | | Moderado | 5- 6 | M |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B |
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B | | |
| Efecto moderado en el producto o planta | 4 - 6 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | Alto | 2 - 4 | M |
| | | | | Muy alto | 1 | M |
| | | Alto | 6 - 7 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M |
| | | | | Moderado | 5- 6 | M |

| | | | | | | | | |
|----------|-------|--------------------------------------------|-------|------------------------|--------|----------------|--------|---|
| | | | | Alto | 2 - 4 | M | | |
| | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| | | Moderado | 4 - 5 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M | | |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B | | |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |
| | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| | | Bajo | 2 - 3 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B | | |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B | | |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |
| | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| | | Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B | | |
| | | Efecto bajo en el producto o planta | 2 - 3 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | M |
| Alto | 2 - 4 | | | | | B | | |
| Muy alto | 1 | | | | | B | | |
| Alto | 6 - 7 | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B | | |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B | | |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |
| | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| Moderado | 4 - 5 | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B | | |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B | | |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |
| | | | | Muy alto | 1 | B | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|------------------------|--------|------------------------|--------|---|
| | | Bajo | 2 - 3 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B |
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| | | Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B |
| Sin efecto discernible | 1 | Muy bajo – Muy alto | 1 - 10 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B |

Finalmente, para sintetizar el análisis de riesgos, se propone recopilar los controles de prevención de ocurrencia y detección junto con sus calificaciones mediante una matriz; en la Tabla 19, se muestra la matriz de análisis de riesgos, en el cual se establecen controles y calificaciones para dictaminar rangos de acciones prioritarias. En esta tabla, se agregan las referencias del ejemplo propuesto.

Tabla 19 Matriz para el análisis de riesgos Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Paso 5: Análisis de riesgos | | | | | |
|-------------------------------------------------|--------------|-----------------------|------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| <i>Control de prevención de ocurrencia (CF)</i> | <i>de de</i> | <i>Ocurrencia (O)</i> | <i>Control de detección (CF) o (MF)</i> | <i>Detección (D)</i> | <i>Acción prioritaria (AP)</i> |
| Establecer memorándum para emisión de e-mail | | 9 | Revisar bandeja de salida de E-mail | 8 | A |
| Sin control de ocurrencia | | 10 | Verificar diferencia de horario México y Japón | 10 | A |

Fase #02: Hacer

Iniciando con el objetivo específico #2: Establecer cronograma de actividades detalladas, el cual se ejecutará en la fase de diseño y desarrollo del proceso. Se tomará como referencias, las salidas generadas en el AMEF.

En la fase #02: Hacer; se establecerán las actividades del cronograma, estas serán complementadas con las salidas del AMEF, en el cual se tomarán como referencias las acciones prioritarias que se definirán en el paso 6 (Optimización; primera parte). Estas actividades, estarán acorde a las fechas establecidas a la línea de tiempo del calendario

maestro para la producción masiva. Como primer paso, se detallará un listado de puntos abiertos; se tomará como referencias las funciones de los pasos del proceso para la descripción de los puntos abiertos. Las acciones prioritarias propuestas en el AMEF (Acciones para la prevención y detección) servirá para la descripción de la tarea a realizar. En la Ilustración 21, se muestra un ejemplo de la propuesta para el formato de la lista de puntos abiertos. Los puntos importantes son definir las actividades bajo las siguientes descripciones: Nombre del proceso, descripción del punto abierto, descripción de actividad para mitigar el riesgo, categoría, responsable, fecha de inicio y fecha de término.

| Lista de puntos abiertos | | | | | | | | # / # pagina |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------|------------------------------|-----------------|------------------|--------------|
| Dept: _____ | | Propuesto por: _____ | | | Emisión del documento: _____ | | | |
| No. | Nombre del proceso | Descripción de punto abierto | Descripción de la tarea a realizar | Categoría | Resp. | Fecha de inicio | Fecha de término | Resultado |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(Categoría) 1: Máquina, 2: Método, 3: Mano de fabricación, 4: Materiales, 5: Manejo de recursos

Ilustración 21 Lista de puntos abiertos Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, la visualización del cronograma se propondrá utilizar un esquema de línea de tiempo a través de un diagrama de Gantt. En este diagrama, se incluirán todas las actividades definidas en la hoja de puntos abiertos. El punto clave en el cronograma, será visualizar el avance.

Paso 6: Optimización (A)

El paso 6: Optimización, estará conformado en dos partes. La parte A, tomará parte dentro de la Fase #02: Hacer; mientras tanto, la parte B se desarrollará en la fase # 03: Verificar. El propósito del paso 6 (A), es determinar las acciones prioritarias para mitigar el riesgo con la finalidad de lograr una efectividad positiva. El resultado final, estará orientado a reducir el riesgo en los retrasos de los entregables del proyecto de válvula EGR durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura para el área de fundición. Al verificar el manual de AMEF (AIAG & VDA, 2019); los puntos importantes en este paso son los siguientes:

- a) Identificar acciones prioritarias para mitigar el riesgo
- b) Asignar responsables y fechas compromiso para la implementación de las acciones

La asignación de acciones prioritarias, serán de carácter preventivo y/o de carácter para detección; Las acciones prioritarias, serán definidas en conjunto con el equipo multidisciplinario. Estas acciones tendrán que ser delegadas hacia un responsable de

ejecución y asociar una fecha compromiso para el cierre de las mismas. La persona asignada como responsable, asegurarán la actualización del estado de las acciones hasta completar el cierre de la actividad. Las fechas compromiso tendrán que ser realistas y dentro de las limitaciones del calendario maestro para la producción masiva.

Tomando la referencia del manual del AMEF (AIAG & VDA, 2019); el estado de las acciones prioritarias puede ser catalogado como:

- Abierta: Acciones no definidas.
- Decisión pendiente: Acciones definidas, pero no se toma una decisión para la ejecución.
- Implementación pendiente: Acción definida, pero no implementada.
- Completada: Acción implementada, su efectividad ha sido comprobada y documentada.
- No implementada: Acción no implementada.

Por último, para poder sintetizar las acciones prioritarias, se propondrá utilizar una matriz; esta matriz se utilizará para tomar las referencias para desarrollar el cronograma de actividades para la etapa de industrialización en el área de fundición. En la Tabla 20, se muestra el ejemplo propuesto con la recopilación de las acciones prioritarias para la ocurrencia y la detección; en esta tabla, se incluye el responsable para desarrollo de la acción y la fecha compromiso de cierre. Finalmente, se propondrá complementarla con la fecha de inicio de la actividad y descripción del estado actual de la acción prioritaria.

Tabla 20 Matriz para la optimización, parte 1 Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Paso 6: Optimización, parte 1 | | | | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Acción para la prevención</i> | <i>Acción para la detección</i> | <i>Responsable de la acción</i> | <i>Fecha de inicio (dd/mm/aaaa)</i> | <i>Fecha de cierre (dd/mm/aaaa)</i> | <i>Estado de la acción prioritaria</i> |
| Incluir actividad en el cronograma de trabajo. | Programar junta de seguimiento de cronograma. | Gerente local de Ingeniería, Rogelio Martínez. | 08/08/2020 | 10/08/2020 | Abierta |
| Mandar e-mail con acuse de recibido a responsable de Japón. | Programar reunión vía digital con el personal del Japón. Utilizar herramienta Microsoft Outlook. | Gerente japonés expatriado, Tomohiro Yamaguchi. | 08/08/2020 | 09/08/2020 | Abierta |

Fase #03: Verificar

Referenciando el objetivo específico #3: Demostrar los resultados de manera cualitativa y cuantitativa, para evaluar la planificación del proceso de manufactura en el área de fundición, a través del seguimiento al avance del cronograma. La fase #03; Verificar, se propondrá agendar juntas de seguimiento para revisar el progreso del cronograma, con una frecuencia de un evento por semana. Estas juntas tendrán una duración de 30 minutos como máximo y tendrán que asistir las personas designadas en el equipo multidisciplinario. Finalmente, se tomará minuta de lo que se revise en la junta.

Para visualizar el progreso de las actividades, se realizará de forma visual utilizando el diagrama de Gantt junto con la lista de puntos abiertos. El progreso de las actividades se medirá a través del desfase de las fechas compromiso; por ejemplo, se estarán midiendo el desfase entre las fechas propuestas de cierre contra las fechas reales de cierre. La diferencia de la fecha real de cierre menos la fecha propuesta de cierre, resultará con valores positivos y/o negativos. En el cual, los valores negativos indicaran un adelanto en la actividad y los valores positivos indicaran un atraso en la actividad. En el caso de obtener un valor igual a cero, indicara que el progreso de la actividad está en tiempo.

En la Ilustración 22, se muestra el método para cuantificar el progreso del cronograma a través de una diferencia aritmética, dando como resultado valores positivos o valores negativos, sin embargo, al obtener un valor igual a cero, indicara un progreso en tiempo.

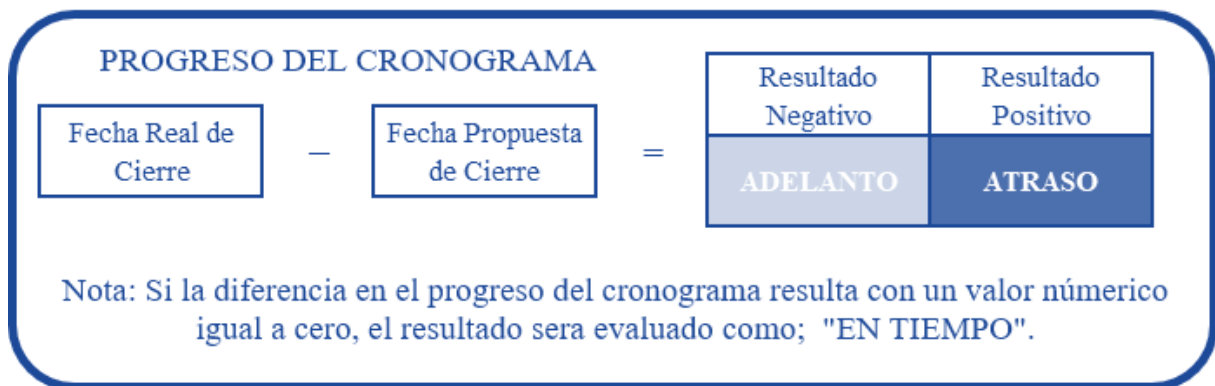


Ilustración 22 Progreso del Cronograma Fuente: Elaboración propia.

Por último, el progreso del cronograma, se documentará dentro del formato de listado de puntos abiertos. En este formato, se registrarán los efectos generados con base a los tres resultados esperados, tales como; adelanto, atraso y en tiempo. Posteriormente estos resultados preliminares, servirán como línea base para el desarrollo del paso 6: Optimización (B), esperando evaluar los resultados de las acciones prioritarias de forma cualitativa.

Paso 6: Optimización (B)

El objetivo del paso 6 (B), se evaluarán los resultados preliminares de la efectividad de las acciones implementadas a través de la calificación de las acciones prioritarias de forma cualitativa y cuantitativa. Consultando el manual del AMEF (AIAG & VDA, 2019); el punto importante es el siguiente:

a) Implementación y documentación de las acciones tomadas, se tendrá que incluir la confirmación de la efectividad de las acciones ejecutadas.

Para la evaluación cualitativa de las acciones prioritarias; se evaluará nuevamente con los criterios de severidad, ocurrencia y detección; se esperará obtener un resultado satisfactorio al mantener y/o reducir los rangos de prioridad en las acciones implementadas. Para la evaluación cualitativa de las acciones prioritarias, se propone utilizar el complemento de la matriz del paso 6, parte 1.

En la Tabla 21, se muestra el complemento del ejemplo propuesto en el paso 6: Optimización parte 1; en esta matriz, se observan los resultados de la re evaluación de las acciones de prevención y detección a través de los criterios de severidad (S), ocurrencia (O), detección (D) y acciones prioritarias (AP).

Tabla 21 Matriz para la optimización, parte 2 Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

| Paso 6: Optimización, parte 2 | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| <i>Severidad (S)</i> | <i>Ocurrencia (O)</i> | <i>Detección (D)</i> | <i>Acción prioritaria (AP)</i> | <i>Observaciones</i> |
| 7 | 5 | 6 | M | Resultado positivo |
| 7 | 5 | 5 | M | Resultado positivo |

Para la evaluación cuantitativa de las acciones prioritarias, se propondrá calificar el impacto de las acciones prioritarias a través de valores neutros, positivos y negativos, Estos valores serán dictaminados si la acción prioritaria (AP) llegará a generar un incremento o un decremento en el efecto esperado.

En la Tabla 22, se muestra una propuesta para cuantificar los impactos en las acciones prioritarias (AP), se propone una ponderación orientada al incremento o decremento del rango de las acciones prioritarias (AP).

Tabla 22 Cuantificación para acciones prioritarias Fuente: Elaboración propia

| Cuantificación para acciones prioritarias (AP) | | | |
|------------------------------------------------|--------|----------------|---------|
| Valor Neutro | | | |
| A→A M→M B→B | | 0 pts. | |
| Valor Positivo | | Valor Negativo | |
| A→M M→B | 1 pts. | M→A B→M | -1 pts. |
| A→B | 2 pts. | B→A | -2 pts. |

Finalmente, al consultar los anexos del manual del AMEF (AIAG & VDA, 2019); el paso 5 (Análisis de riesgos) y el paso 6 (Optimización). Se propone realizar una síntesis a través de una matriz. Esta matriz, servirá como base para la documentación del AMEF. En la Ilustración 23, se muestra un ejemplo de la matriz propuesta en el manual de AMEF (versión AIAG-VDA).

| Análisis de riesgos (Paso 5) | | | | | Optimización (Paso 6) | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|----------------|----------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------------|
| Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocurrencia (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción Prioritaria (AP) | Acción para la prevención | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción prioritaria (AP) | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (D) | Acción Prioritaria (AP) | Cuantificación (AP) |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Ilustración 23 Formato C: Formato estándar para hoja de AMEF parte 2 Fuente: (AIAG & VDA, 2019) p163

Fase #04: Actuar

En esta sección, se dictaminará el resultado final del de las actividades desarrolladas en las primeras tres fases del ciclo PHVA, después, se documentará las actividades desarrolladas con la finalidad de compartir la información a la estructura funcional para la gestión de proyectos del sitio local. En el caso de obtener un resultado favorable, la documentación para la planificación del proceso de manufactura podrá ser estandarizado para ser aplicado en procesos posteriores o procesos afines, de caso contrario, se tendrá que analizar la causa raíz del fallo a través de la metodología del ciclo PHVA.

Finalmente, se propone evaluar el resultado final a través de los siguientes juicios; por lo cual, la meta deseable es obtener un juicio mayor o igual al satisfactorio.

- a) Excelente: Superior a 5 pts.
- b) Satisfactorio: De 3 pts. hasta 5 pts.
- c) Aceptable, necesita mejorar: De -1 pts. hasta 2pts.
- d) Insuficiente, necesita analizar: Inferior a -2 pts.

Paso 7: Documentación de los resultados

El propósito del último paso, es desarrollar la documentación de los seis pasos del AMEF y lograr comunicar los resultados obtenidos. Verificando el manual del AMEF (AIAG & VDA, 2019); los puntos importantes a considerar son los siguientes:

- a) Comunicar los resultado y conclusiones del análisis.
- b) Establecer el contenido del documento final.
- c) Confirmación de la efectividad de las acciones implementadas.

Para documentar y poder aplicar los 6 pasos del AMEF, se recomienda recopilar toda la información de análisis bajo el formato C: Formato estándar para hoja de AMEF. En la Ilustración 24, se muestra un ejemplo del Anexo C propuesto en el manual del AMEF (Versión AIAG-VDA).

| # de Artículo | | Planificación y preparación (Paso 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|---------------------------------------------|--|---------------------------------------|--|----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|----------------|---------------|------------------|---------------------|--|--|--|--|
| | | Análisis de la estructura (Paso 2) | | | | Análisis de la función (Paso 3) | | | Análisis de la falla (Paso 4) | | | | Análisis de riesgos (Paso 5) | | | Optimización (Paso 6) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de la compañía: | | Nombre del programa: | | 1.-Pasos del proceso del proceso (5M) | | 3.- Elementos del proceso (5M) | 1.-Función para el artículo del proceso | 2.-Función para los pasos del proceso | 3.-Función para los elementos del proceso | 1.-Efectos de la falla | Severidad (S) | 2.-Modo de la falla (MF) | 3.-Causa de la falla (CF) | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Prioritaria (AP) | Acción para la prevención | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción prioritaria (AP) | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (D) | Prioritaria (AP) | Quantificación (AP) | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ilustración 24 Anexo A: Formato estándar de hoja de AMEF Fuente: (AIAG & VDA, 2019)

3.3 Propuesta metodológica

En esta sección, se mostrará el desarrollo de la propuesta metodológica aplicada hasta la fase #01(Planificar) y la fase #02 (Hacer), con base al avance de las actividades estipuladas en el calendario maestro para la producción masiva. Posteriormente, en el siguiente capítulo se ejecutará la fase #03 (Verificar); logrando obtener los primeros resultados preliminares. Después, en la fase #04 (Actuar); se realizará la documentación de la planificación para el proceso de manufactura del área de fundición. Finalmente, se mostrarán los resultados finales de este trabajo de investigación.

Aplicación metodología en las Fase 1: Planear y Fase 2: Hacer

Para iniciar el desarrollo de la propuesta metodología, partimos de la revisión de los cinco tópicos previos al desarrollo del AMEF, esta actividad deberá ser desempeñada en conjunto con el equipo multidisciplinario. Posteriormente, al entender la intención de estos cinco tópicos, se mostrarán los supuestos de la etapa de industrialización aplicables al área de fundición. De las limitantes del alcance mencionadas en el capítulo I. Actualmente, un factor externo que se encuentra impactando al diseño y desarrollo del proceso de manufactura, son los efectos causados por la contingencia sanitaria derivados de la pandemia por el COVID-19; por lo cual, se visualizará el panorama de los supuestos establecidos para la etapa de industrialización. Este trabajo partirá de los supuestos que se encuentran abiertos, esto es con la intención de visualizarlo en un escenario tangible.

En la Ilustración 25, se muestra las actividades de la etapa de industrialización para el área de fundición, dentro de este esquema, se observa una actualización al cronograma del proyecto debido al retraso generado por los efectos de la contingencia sanitaria causada por la pandemia del COVID-19, De modo que, los supuestos que se establecerán para la etapa de industrialización iniciarán del supuesto #03 hasta el Supuesto #05.

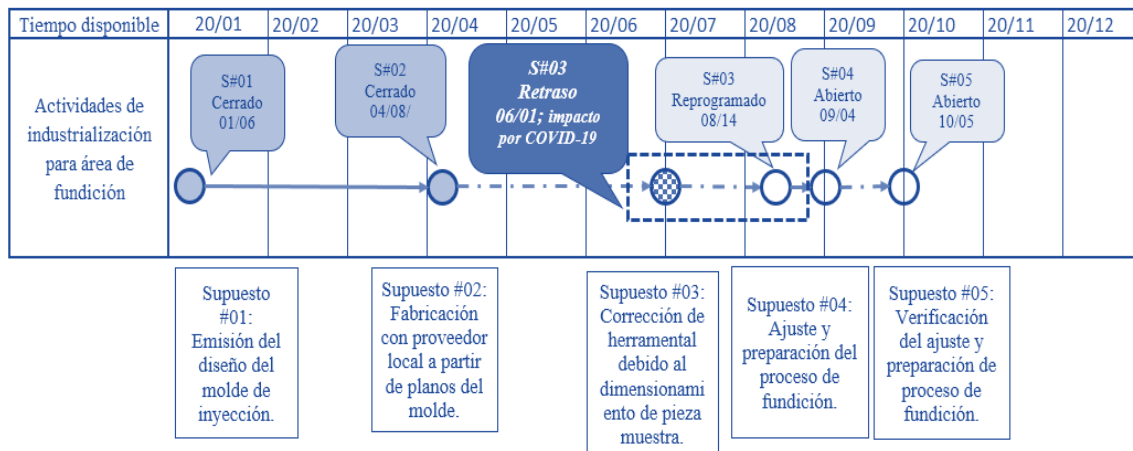


Ilustración 25 Actividades de la etapa de industrialización para área de fundición Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se establecerán tres diagramas de flujo para iniciar la preparación de los primeros seis pasos del AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición. En la Ilustración 26, se muestra tres diagramas de flujo conformados por los supuestos #03, #04 y #05 para la etapa de industrialización del proceso de manufactura de fundición. Cada uno de los diagramas de flujo están compuesta por operaciones consecutivas; las operaciones son definidas con base a la experiencia de proyectos previos. Las salidas esperadas son las siguientes: Validación del molde de inyección, validación del proceso de fundición y liberación del proceso de manufactura para el área de fundición.

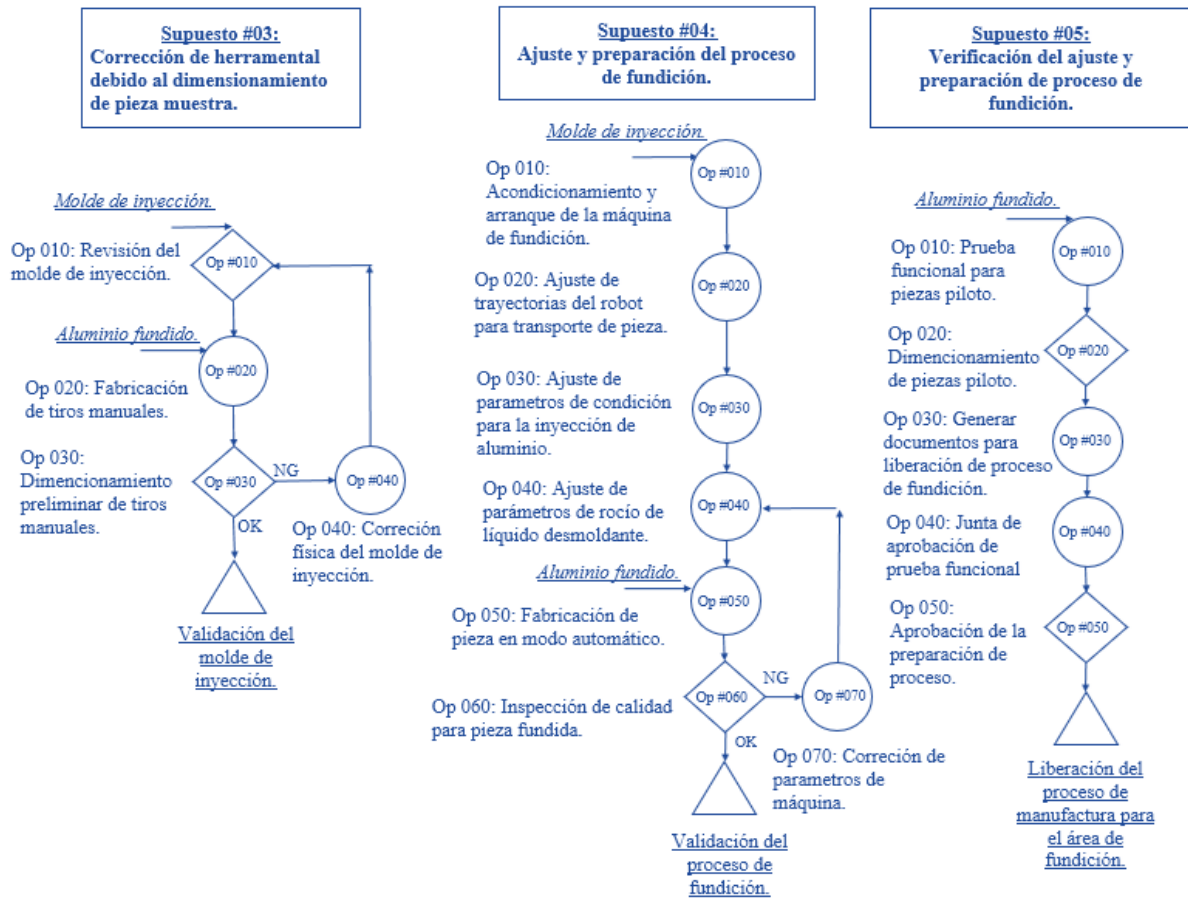


Ilustración 26 Diagramas de flujo para los supuestos de la etapa de industrialización Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la metodología propuesta se visualizará con la ejecución del AMEF. El cual se conformará desde el paso 1 hasta el paso 6 (A); el AMEF debe de ser desarrollado en conjunto con el equipo multidisciplinario. La finalidad del análisis de modo y efecto fallas, es estudiar todos los puntos de riesgos potenciales que pudieran llegar a suceder con la finalidad de establecer acciones para mitigar o disminuir los riesgos. En la Ilustración 27, Ilustración 28, Ilustración 29 e Ilustración 30; se muestra el desarrollo del AMEF utilizando el formato estándar para hoja de AMEF. El AMEF contempla desde el supuesto #03 hasta el supuesto #05.

| Registro del AMEF: AMEF-PI-DC-EGRKHST-2020-REV01 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| Nombre del Adm. del doc.: R. Martínez | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nivel de confidencialidad: Alto. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Página: 1 / 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Optimización (Paso 6) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1.-Análisis del proceso | 2.-Paso del proceso | 3.-Elementos del proceso (SM) | 4.-Función para los elementos del proceso | 5.-Efectos de la falla | 6.-Medio de la falla (MF) | 7.-Causa de la falla (CF) | Control de prevención de ocurrencia (CP) | Común de detección (CF) o (MF) | Acción para la prevención | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción | Comunicación (AP) |
| Análisis de la falla (Paso 4) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de la función (Paso 3) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de riesgos (Paso 5) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del AMEF: Diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de la compañía: AAM. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de emisión: Junio, 2020. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de revisión: Junio, 2020. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación de la compañía: San Luis Potosí, México. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Año del programa: 2021 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | Verificar la existencia de conexiones de agua para refrigeración. (Presencia de conectores) | El líder de mantenimiento verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Falta de presencia de más de un conector de manguera de refrigeración en el molde de inyección. | Se omite la verificación de existencia para agua para la refrigeración del molde. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de agua en el molde. | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Implementación pendiente | |
| 2 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | Verificar la existencia de fugas de agua. (Sin escurecimiento de agua entre las juntas y conectores) | El líder de mantenimiento verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Presencia de escurecimiento de agua en más de una junta y/o conexión de agua en el molde de inyección. | Se omite la verificación de existencia para manguera de agua para la refrigeración del molde. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conexiones de agua en el molde. | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Implementación pendiente | |
| 3 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | Verificar la existencia de pines eyectores. (Presencia de pin eyectora) | El líder de mantenimiento verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Falta de presencia de más de un pin eyectora en el molde de inyección. | No existe un pin o check list para verificación de existencia para pines eyectores de molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conexiones de agua en el molde. | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Implementación pendiente | |
| 4 | Supuesto #03: Herramental diverso para el diseño de pieza muestra. | Método. | Verificar aspecto físico de moldes y muestreos del molde. (Sin golpes y abolladuras) | El líder de mantenimiento verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Presencia de más de un golpe y abolladuras en las molderas y núcleo del molde. | No existe estándar o ayuda visual para detectar presencia de golpes y abolladuras en molderas y/o núcleos del molde. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de agua en el molde. | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Implementación pendiente | |
| 5 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | Verificar trazabilidad física de conexión y/o del molde. (Presencia de trazabilidad física, último nivel) | El líder de mantenimiento verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Falta de núcleo de trazabilidad de la conexión del molde. | No existe ayuda visual para detectar presencia de trazabilidad física de conexión. El proveedor no está trazando la trazabilidad física de conexión del molde. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de agua en el molde. | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Implementación pendiente | |
| 6 | Op 020: Fabricación de tiras manuales. | Método de recursos | Asegurar las condiciones de la maquinaria para montaje del molde. (3 días hábiles previos como mínimo para preparar esa actividad) | El ingeniero de mantenimiento verifica el estado físico del personal de producción para habilitar línea de fundición. | Retraso en el envío del material de fundición para las pruebas piloto. No se considera en el plan de producción. | No se programa la preparación de fundición para las pruebas piloto. No se considera en el plan de producción. | Se informa al supervisor del área de fundición oral. | 8 | No existe control para la detección de CF o MF | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente de área. Mandar invitación de reunión de plataforma de la compañía. | Verificar recuento de evento agendado por medio de registros de Calendario de Procesos. | C. Hércules Ingeniero de Procesos. | 10/06/2020 | 11/06/2020 | Implementación pendiente | |

Ilustración 27 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 1) Fuente: Elaboración propia

| Registro del AMEF: AMEF-PLDC-EGRKH15T-2020REV.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|------------|--------------------------|--|--|--|--|
| Nombre del AMEF: AMEF-PLDC-EGRKH15T-2020REV.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del Área del doc: E. Martínez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nivel de confidencialidad: Alto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Página: 2 / 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1- Análisis del proceso | 2- Fase del proceso | 3- Elemento del proceso (SM) | 4- Función para los pasos del proceso | 5- Efectos de la falla | 6- Modo de la falla (M) | 7- Causa de la falla (CF) | 8- Control de prevención de ocurrencia (CP) | 9- Control de detección (CT) o (MF) | 10- Cuantificación (OP) | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 11- Estado de la acción (AP) | 12- Fecha de inicio | 13- Fecha de cierre | 14- Responsable de la acción | | | | | | |
| Análisis de la estructura (Paso 2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de la compañía: AAM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación de la compañía: San Luis Potosí México. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Año del programa: 2021 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de la limitación (Paso 3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Op (Q2): Fabricación de tirros manuales | Método | Realizar rutina de inspección diaria | El líder de producción asegura el funcionamiento de maquinaria antes de iniciar la producción. | Más de un parámetro fuera de rango superior. | Más de un parámetro fuera de rango inferior. | Se omite procedimiento de inspección diaria. | Utilizar hoja de verificación de parámetros de producción. | No existe control para la detección de CF o MF | 10 | A | Establecer hoja de inspección de control de calidad durante la fabricación de tirros manuales. Paso posterior. | J. Gómez Líder de Línea de producción de fundición | 15/06/2020 | 15/06/2020 | Implementación pendiente | | | | |
| 8 | Op (Q3): Dimensionamiento de tirros manuales | Manejo de recursos | Realizar mediciones de piezas preliminares, utilizar una muestra de n=5 por cavidad para terminar la verificación de calidad | El ingeniero de procesos solicita al personal de laboratorio de medición de las piezas muestras. | Retraso más de 2 días en lanzar solicitud de medición, el proceso de medición de las piezas por falta de fundición. | No se entrega solicitud de medición al laboratorio. | Llenar hoja de solicitud de medición al laboratorio. | Se informa al supervisor del área de fundición de forma oral. | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Utilizar de parámetros como medio de comunicación. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 19/06/2020 | 18/06/2020 | Implementación pendiente | | | | |
| 9 | Supuesto #03: Corrección de la fabricación dimensional de muestra. | Manejo de recursos | Corregir las mediciones de la muestra de forma manual. | El líder de laboratorio de calidad, coordina mediciones con staff de laboratorio. | No se cuenta con dispositivo de medición de piezas muestras. | No se cuenta con dibujo preliminar para nuevo modelo de válvula EGR. | No se verifica al Gerente de calidad accesos de laboratorio para dimensionamiento de tirros manuales. | No existe control para la prevención de CF | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Fabricar dispositivo, con base a diseño de producto de sección de diseño en Japón. | D. Salas Líder de Laboratorio de Calidad | 15/06/2020 | 01/06/2020 | Implementación pendiente | | | | |
| 10 | Op (Q3): Dimensionamiento de tirros manuales | Manejo de recursos | Emitir reporte dimensional de los juicios de estado del molde (Análisis de tendencias para aprobación) | El líder de laboratorio de calidad, evalúa los resultados dimensionales. Después, se aprueba la aprobación del gerente general de calidad. | Reporte dimensional de calidad con más de una característica fuera de límites superior e inferior. | Reporte dimensional de calidad con más de una característica fuera de especificación. | El área de mantenimiento de mediciones recibe informe de mediciones preliminares. | No se programa la preparación de la función para pruebas piloto. No se considera en el plan de producción. | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar requerimiento vía electrónica, utilizar plataforma de correo de la compañía. | D. Salas Líder de Laboratorio de Calidad | 02/07/2020 | 29/06/2020 | Implementación pendiente | | | | |
| 11 | Op (Q4): Corrección física del molde de inyección. | Manejo de recursos | Realizar inspección de conexión de molde con proveedor (3 días hábiles para preparar a partir de inicio de fabricación dimensional) | El gerente de mantenimiento de moldes, comparte los hallazgos no conformes hacia el proveedor. Después, se realiza la corrección física del molde. | Retraso más de 4 días hábiles para comparar hallazgos de conexión. La conexión de molde se estanca por más de 12 días hábiles. | Retraso en el envío del molde de 12 días hábiles. | El área de mantenimiento de mediciones recibe informe de mediciones preliminares. | No se programa la preparación de la función para pruebas piloto. No se considera en el plan de producción. | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Programar recuento automático para envío de información al área de mantenimiento de moldes. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | K. Sotomayor Gerente de mantenimiento de Moldes | 06/07/2020 | 02/07/2020 | Implementación pendiente | | | | |
| 12 | Supuesto #04: Preparación del proceso de fundición. | Manejo de recursos | Asegurar las condiciones para la fabricación de las piezas piloto para el producto de la válvula EGR. | El ingeniero de procesos, solicita apoyo del personal de producción para habilitar línea de fundición. | Retraso en el envío del molde de 12 días hábiles. | Retraso en el envío del molde de 12 días hábiles. | El área de mantenimiento de mediciones recibe informe de mediciones preliminares. | Se informa al supervisor del área de fundición de forma oral. | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar requerimiento vía electrónica, utilizar plataforma de correo de la compañía. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 29/07/2020 | 29/07/2020 | Implementación pendiente | | | | |

Ilustración 28 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 2) Fuente: Elaboración propia

| # de Artículo | Planificación y preparación (Paso 1) | | | | Análisis de la función (Paso 2) | | | | Análisis de la falla (Paso 3) | | | | Análisis de riesgos (Paso 4) | | | | Optimización (Paso 5) | | | | | | | | |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|----------------|---------------|------------|-----------------|---------------------|--|--|
| | 1-Activales del proceso | 2-Paso del proceso | 3-Elemento del proceso (SM) | 4-Función para los elementos del proceso | 1-Elementos de la falla | 2-Modo de la falla (MF) | 3-Causa de la falla (CF) | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Comando de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Protección (AP) | Acción para la prevención | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción prioritaria (AP) | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (D) | Acción (A) | Protección (AP) | Cuantificación (AP) | | |
| 13 | Op 010: Acondicionamiento y arranque de la máquina de fundición | Método | Realizar rutina de inspección de arranque de maquinaria. (Dentro de parámetros de inspección diaria) | El líder de producción asegura el funcionamiento de maquinaria antes de producir. | 1. Efectos de la falla | Más de un parámetro de inspección fuera de rango respecto a límite superior. | Se omite procedimiento de liberación de máquina. | Utilizar referencias de inspección diaria para arranque de producción. | 8 | | | Establecer hoja de inspección diaria para corridas piloto. | Auditar parámetros de inspección diaria previo a la fabricación de tiros manuales. Se detecta anomalía durante la fabricación de tiros para arranque de proceso posterior. | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 03/08/2020 | 03/07/2020 | Implementación pendiente | | | | | | | | |
| 14 | Op 020: Ajuste de trayectorias del robot para transporte de pieza. | Método | Ingresar programa nuevo para trayectoria del robot (transporte de las piezas) especificar la capacidad de la pieza como máximo para ajuste de robot) | El Líder de línea de fundición e ingeniero de verificación verifica la capacidad de ingresar programa de nuevo modelo para validación EGR. | 1. Retraso para ejecutar el ajuste y preparación de procesos en la línea de fundición. | No se cuenta con la habilidad suficiente para producir la actividad en menos de 5 días hábiles. | El área de ingeniería y producción, no verifican las limitantes para ejecutar esta actividad. | No existe control para la prevención de CF | 10 | A | | Verificar limitantes para actividad al Generar de ingeniería. Solicitar cotización para ejecutar esta actividad a través de proveedores locales. | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar información a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 21/07/2020 | 24/07/2020 | Implementación pendiente | | | | | | | | |
| 15 | Supuesto 004: Ajuste y preparación del proceso de fundición. | Método | Ingresar parametrización y condiciones de inspección para nuevo modelo de válvula EGR (Acorde a la hoja de condición de modo piloto) | El ingeniero de procesos, ingreso condiciones de inspección a interfaz de maquinaria. | 2. Retraso en el inicio de actividades para el proceso de industrialización del área de mecanizado. | Falla de 1 o más parámetros de la hoja de condición de inspección. | No se verifica condiciones de producción de molde antes de fabricar tiro en modo automático. | No existe control para la prevención de CF | 10 | A | | Imprimir y comparar las hojas de condición de fabricación de aluminio. Se detecta anomalía por proporcionalidad por el personal de Japon | Auditar parámetros de condición de inspección previo a fabricación de tiros manuales. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | Implementación pendiente | | | | | | | | |
| 16 | Op 040: Ajuste de parámetros de rociado de líquido desmoldante. | Método | Ingresar parametrización y condiciones de inspección para nuevo modelo de válvula EGR (Acorde a la hoja de condición de rociado) | El ingeniero de procesos, ingreso condiciones de rociado de líquido desmoldante a interfaz de maquinaria. | 3. Retraso con el cumplimiento de los entregables con el Cliente. | Ingreso erróneo en 1 o más parámetros de la hoja de condición de rociado. | No se verifica condiciones de rociado de líquido desmoldante antes de fabricar tiro en modo automático. | No existe control para la prevención de CF | 10 | A | | Imprimir y comparar las hojas de condición de fabricación de piezas solicitadas. | Auditar parámetros de condición de inspección previo a fabricación de tiros manuales. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | Implementación pendiente | | | | | | | | |
| 17 | Op 050: Fabricación de pieza en modo automático. | Método | Fabricación de piezas para validación de proceso. (Acorde a orden de trabajo, número de piezas mayor a n=30 y menor a n=50) | El operador de producción inicia fabricación de piezas muestras | 4. Retraso en la entrega de los entregables con el Cliente. | Falla de 1 o más parámetros de la hoja de condición de rociado. | No se entrega tarjeta de Kanban o orden de trabajo para fabricar piezas muestras. | Se le informa al operador de la máquina de forma oral. | 8 | 10 | A | Entregar orden de trabajo a supervisor del área de producción con la cantidad de piezas solicitadas. | Verificar número de piezas a procesar en orden de trabajo, utilizar tarjeta de Kanban. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | Implementación pendiente | | | | | | | | |
| 18 | Op 060: Inspección de calidad para pieza fundida | Método | Verificación de características de calidad. (Dentro de especificación acorde al dibujo de producto) | El ingeniero de procesos, verifica la calidad del producto y genera análisis de capacidad para evaluación de proceso de fundición. | 5. Retraso en la entrega de los entregables con el Cliente. | Más de una característica fuera de especificación respecto a límite superior. | No es efectivo la corrección del molde/artículo de proceso anterior. | No existe control para la prevención de CF | 10 | A | | Revisar resultados dimensionales de programación para el ajuste y preparación de salida de fabricación de molde de inspección para iniciar supuesto #02. | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar información a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 03/08/2020 | 14/08/2020 | Implementación pendiente | | | | | | | | |

Ilustración 29 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 3) Fuente: Elaboración propia

| Pintación y preparación (Paso 1) | | Nombre del AMEF: Diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición. Fecha de emisión: Junio, 2020 Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | Nombre del AMEF: Diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición. Fecha de emisión: Junio, 2020 Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | Nombre del AMEF: Diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición. Fecha de emisión: Junio, 2020 Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| Aprobación de la estructura (Paso 2) | | Aprobación de la función (Paso 3) | | | | | Aprobación de los ensayos (Paso 4) | | | | | Aprobación de los ensayos (Paso 5) | | | | | |
| # de Artículo | 2.- Pasos del proceso | 3.- Elementos del proceso | 4.- Función para el proceso | 5.- Función para el proceso | 6.- Función para el proceso | 7.- Retorno para el proceso | 8.- Retorno para el proceso | 9.- Retorno para el proceso | 10.- Retorno para el proceso | 11.- Retorno para el proceso | 12.- Retorno para el proceso | 13.- Retorno para el proceso | 14.- Retorno para el proceso | 15.- Retorno para el proceso | | | |
| 19 | Supuesto #04: 19 Corrección de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Método. | Adecuar las condiciones de fabricación de las piezas para el piloto para el proceso de fundición. | El ingeniero de proceso ajusta los límites para la condición de proceso y de ruido para el piloto para el proceso de fundición. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 1.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | 2.- Medio de la falla. 3.- Causa de la falla (CF) | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) |
| 20 | Op 010: Prueba funcional para piezas piloto. | Método. | Realizar prueba funcional para piezas piloto. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 8.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) | | |
| 21 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Método. | Realizar prueba funcional para piezas piloto. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 8.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) | | |
| 22 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Método. | Realizar prueba funcional para piezas piloto. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 8.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) | | |
| 23 | Op 030: Generar documentos para ilustración de molde. | Método. | Obtener y preparar los documentos para el proceso de fundición. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 8.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) | | |
| 24 | Op 040: Junta de prueba funcional | Método. | Agendar junta de prueba funcional para aprobación del proceso de fundición. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 8.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) | | |
| 25 | Op 050: Aprobación de la preparación de proceso. | Método. | Obtener aprobación de Vicespresidente de ingeniería para el proceso de fundición. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | El Gerente de ingeniería, programa prueba de funcionamiento y de eficiencia del proceso de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 8.- Retorno para el ajuste de parámetros de máquina para el proceso de fundición. | Control de detección (CT) o (MF) | Discusión (D) | Acción para la prevención (Protector (AP) Acción) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Quantificación (AP) | | |

Ilustración 30 AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición (parte 4) Fuente: Elaboración propia

Con base a las salidas del AMEF, se recopilará la información para el detalle de actividades en el formato de lista de puntos abiertos. Esta herramienta facilitará el seguimiento de las actividades con el cronograma del proyecto. En la Ilustración 31 e Ilustración 32, se muestra los detalles de las actividades a desempeñar durante el diseño y desarrollo del proceso de fundición. Finalmente, en la Ilustración 33, se muestra la representación gráfica del cronograma para la etapa de industrialización del proceso de fundición a través de un diagrama de Gantt.

| Dept: Ingeniería | | Propuesto por: R. Martínez | | Emisión del documento: | | Año 2020 | | 1 / 2 página | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|------------------|--------------|--|
| No. | Nombre del proceso | Descripción de punto abierto | Descripción del la tarea a realizar | Categoría | Re-sp. | Fecha de inicio | Fecha de término | Resultado | |
| 1 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Verificar la existencia de los siguientes artefactos en el molde: Presencia de conectores de agua para máquina de refrigeración, ausencia de fugas de agua, presencia de pines eyectores y presencia de trazabilidad física. | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | 2 | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | | |
| 2 | Op 020: Fabricación de tiros manuales. | Asegurar condición de la maquinaria para producción de piezas muestras en manual. | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar invitación de evento; utilizar plataforma de correo de la compañía. Verificar recordatorio de evento agendado a través de medios digitales. Calendario de correo de la compañía. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 10/06/2020 | 11/06/2020 | | |
| 3 | Op 020: Fabricación de tiros manuales. | Realizar rutina de inspección de arranque de maquinaria. | Establecer hoja de inspección diaria para corridas pilotos. Auditar parámetros de inspección diaria previo a la fabricación de tiros manuales. | 2 | J. Gómez Líder de Línea de área de función | 15/06/2020 | 15/06/2020 | | |
| 4 | Op 030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Realizar solitud de mediciones de piezas preliminares, utilizar una muestra de n=5 por cavidad | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 18/06/2020 | 19/06/2020 | | |
| 5 | Op 030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Generar programa de CMM para mediciones de características importantes | Fabricar dispositivo, con base a diseño del producto. Solicitar dibujo de producto a la sección de diseño en Japón. | 5 | D. Salas Líder de laboratorio de Caktad | 01/06/2020 | 15/06/2020 | | |
| 6 | Op 030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Enviar reporte dimensional con juicios de estado del molde | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar requerimiento vía correo electrónico; utilizar plataforma de correo de la compañía. | 5 | D. Salas Líder de laboratorio de Caktad | 29/06/2020 | 02/07/2020 | | |
| 7 | Op 040: Corrección física del molde de inyección. | Realizar solitud de corrección de molde con proveedor | Programar recordatorio automático para envío de información al área de mantenimiento de moldes. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 5 | K. Sugimoto Gerente de mantenimiento de Moldes | 02/07/2020 | 06/07/2020 | | |
| 8 | Op 010: Acondicionamiento y arranque de la máquina de función | Asegurar las condiciones de la maquinaria para montaje del molde. | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar invitación de evento; utilizar plataforma de correo de la compañía. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 29/07/2020 | 29/07/2020 | | |
| 9 | Op 010: Acondicionamiento y arranque de la máquina de función | Realizar rutina de inspección de arranque de maquinaria. | Establecer hoja de inspección diaria para corridas pilotos. Auditar parámetros de inspección diaria previo a la fabricación de tiros manuales. | 2 | J. Gómez Líder de Línea de área de función | 03/08/2020 | 03/08/2020 | | |
| 10 | Op 020: Ajuste de trayectorias del robot para transporte de pieza. | Ingresar programa nuevo para trayectoria del robot (transporte de las piezas) | Verificar limitantes para esta actividad, emitir informe al Gerente de ingeniería. Solicitar cotización para ejecutar esta actividad a través de proveedores locales. | 3 | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 21/07/2020 | 24/07/2020 | | |
| 11 | Op 030, 040: Ajuste de parámetros de condición para la inyección de aluminio y de rociado de líquido desmoldante. | Ingresar parametrización para condiciones de inyección y condiciones de rociado de líquido para nuevo modelo de válvula EGR | Impartir y compartir las hojas de condición rociado para líquido desmoldante; Información proporcionada por el personal de Japón. Auditar parámetros de condición de inyección previo a fabricación de tiros manuales. | 2 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | | |

Ilustración 31 Lista de puntos abiertos (parte 1) Fuente: Elaboración propia.

| Depto: Ingeniería | | Propuesto por: R. Martínez | | Emisión del documento: | | Año 2020 | | 2 / 2 página | |
|-------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|------------------|--------------|--|
| No. | Nombre del proceso | Descripción de punto abierto | Descripción de la tarea a realizar | Categoría | Resp. | Fecha de inicio | Fecha de término | Resultado | |
| 12 | Op 050: Fabricación de pieza en modo automático. | Fabricación de piezas muestras para validación de proceso. | Entregar orden de trabajo a supervisor del área de producción con la cantidad de piezas solicitadas. Verificar visualmente número de piezas a procesar en orden de trabajo, utilizar tarjeta de Kanban. | 3 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | | |
| 13 | Op 060: Inspección de calidad para pieza fundida | Verificación de características de calidad. | Revisar resultados dimensionales previo a programación para el ajuste y preparación de proceso. Utilizar salida de validación de molde de inyección para iniciar supuesto #02. | 2 | H. Sánchez Supervisor de Ingeniería | 03/08/2020 | 14/08/2020 | | |
| 14 | Op 070: Corrección de parámetros de máquina | Ajustar condiciones de inyección y/o rocío de líquido desmoldante para reducir defectos de apariencia. | Auditar parámetros de condición de inyección y parámetros de rocío de líquido desmoldante previo a fabricación de tiras manuales. | 2 | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 17/08/2020 | 21/08/2020 | | |
| 15 | Op 010: Prueba funcional para piezas piloto. | Realizar prueba funcional para desempeño de molde de inyección y preparación de procesos | Programar confirmación de dibujo y movimientos de la maquinaria previo al evento de la prueba funcional. | 5 | H. Sánchez Supervisor de Ingeniería | 31/08/2020 | 01/09/2020 | | |
| 16 | Op 010: Prueba funcional para piezas piloto. | Realizar prueba funcional para desempeño de molde de inyección y preparación de procesos | Realizar prueba funcional para desempeño de molde de inyección y preparación de procesos | 5 | H. Sánchez Supervisor de Ingeniería | 17/09/2020 | 17/09/2020 | | |
| 17 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Realizar dimensionamiento de piezas piloto fabricadas en prueba funcional | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 17/09/2020 | 17/09/2020 | | |
| 18 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Emitir reporte dimensional de piezas piloto. | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar reporte dimensional vía correo electrónico; utilizar plataforma de correo de la compañía. Incluir firmas de aprobación. | 5 | D. Saks Líder de laboratorio de Calidad | 18/09/2020 | 21/09/2020 | | |
| 19 | Op 030: Generar documentos para liberación de molde. | Generar documentación para junta de aprobación de prueba funcional | El ingeniero de proceso monitorea las anomalías de actividades previas. Informar al inicio de turno al gerente de Ingeniería. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 18/09/2020 | 22/09/2020 | | |
| 20 | Op 040: Junta de aprobación de prueba funcional | Agendar junta de aprobación de prueba funcional | Realizar auditoría y revisión a los documentos e información que se presentarán en la junta de aprobación para prueba funcional. Agendar invitación día previo a iniciar esta actividad. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 5 | O. Carrizales Supervisor de calidad | 24/09/2020 | 28/09/2020 | | |
| 21 | Op 050: Aprobación de la preparación de proceso. | Obtener aprobación de Vicepresidente para concluir proceso de industrialización | Realizar auditoría y revisión a los documentos e información que se presentarán en la junta de aprobación para prueba funcional. Agendar invitación día previo a iniciar esta actividad. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 5 | H. Sánchez Supervisor de Ingeniería | 29/09/2020 | 29/09/2020 | | |
| 22 | Op 050: Aprobación de la preparación de proceso. | Obtener aprobación de Vicepresidente para concluir proceso de industrialización | El Gerente de Ingeniería, solicita aprobación del Vicepresidente de la compañía para concluir proceso de industrialización en el área de fundición. | 5 | R. Martínez Gerente de Ingeniería | 29/09/2020 | 29/09/2020 | | |



Ilustración 32 Lista de puntos abiertos (parte 2) Fuente: Elaboración propia

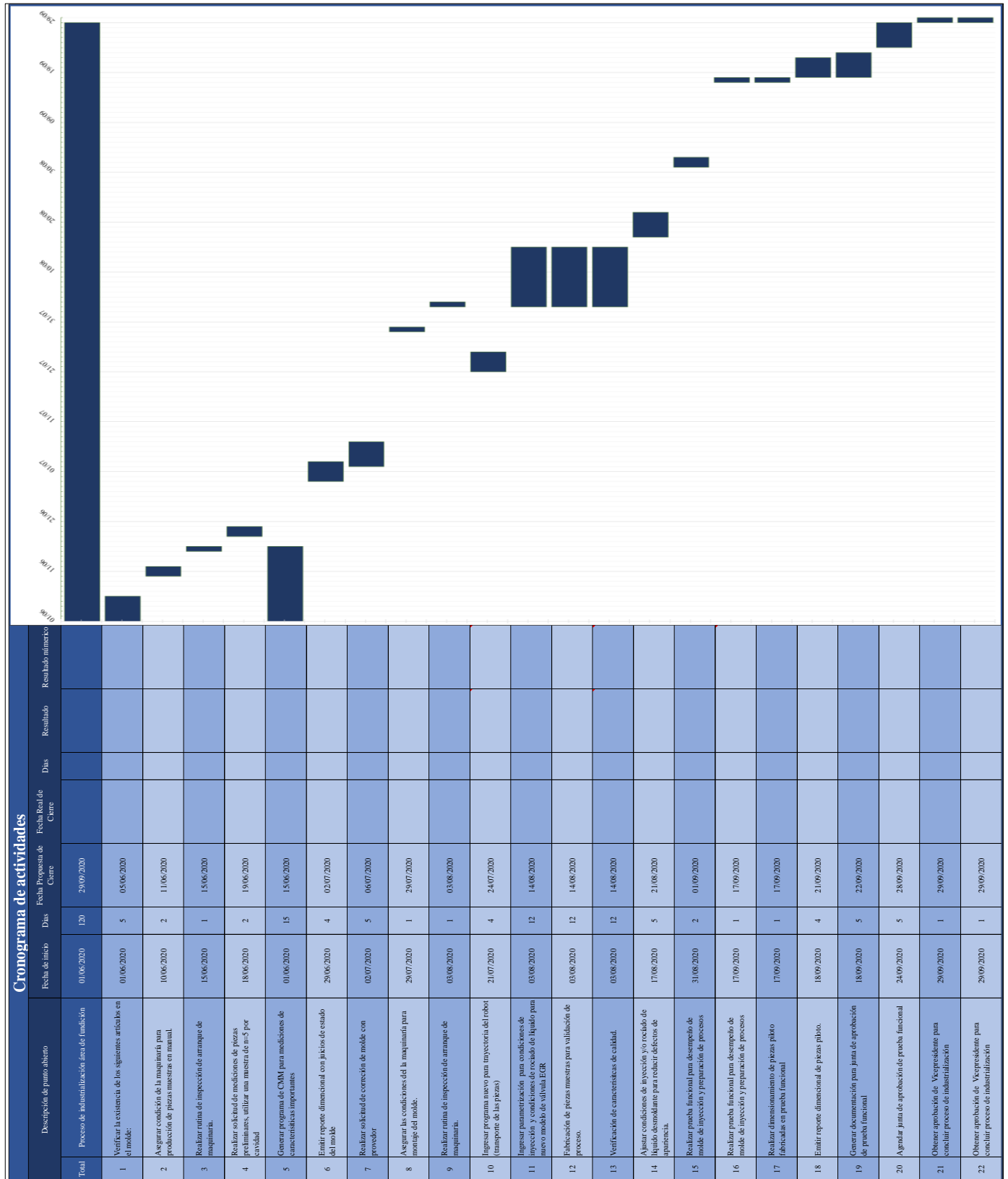


Ilustración 33 Cronograma de actividades para la etapa de industrialización Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV. Mejora y propuestas de estrategias al proceso de manufactura

4.1 Introducción

En el presente capítulo, se desarrollará el análisis de los resultados generados en la propuesta metodología, logrando cumplir con el objetivo específico #3: Demostrar los resultados de manera cualitativa y cuantitativa, para evaluar la planificación del proceso de manufactura en el área de fundición, a través del seguimiento al avance del cronograma. Finalmente, se mostrarán los resultados alcanzados con la finalidad de realizar la comprobación de las hipótesis planteadas en este trabajo.

Ha1: Sí se lograrán mejorar las condiciones actuales al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí.

4.2 Estructura para el análisis de resultados

Esta estructura estará compuesta por tres partes. Parte A: Recopilación de resultados, Parte B: Síntesis de resultados y Parte C: Dictamen de resultados. En la parte A, se desarrollará la fase #03: Verificar; en el cual se mostrará el progreso del cronograma para la etapa de industrialización, además se documentarán los efectos generados durante su ejecución utilizando el formato de lista de puntos abiertos. Con base a los resultados recopilados, se procederá a evaluar de forma cualitativa los efectos en las acciones prioritarias establecidas en el paso 6: Optimización (A). Después, se evaluará de forma cuantitativa, la efectividad de las acciones prioritarias utilizando los criterios descritos en el esquema de investigación utilizando la Tabla 22.

En la parte B, se explicará el detalle de la evaluación de las acciones prioritarias a través de los criterios cualitativos y cuantitativos. En la síntesis de resultados, se mostrará la ponderación de las acciones prioritarias, acorde a los efectos alcanzados para la detección y ocurrencia de las causas y modos de falla, se tomará como referencia el listado de puntos abiertos.

En la parte C, se mostrará el desarrollo de la fase #04; Actuar; En esta fase, se dictaminará el resultado final, mediante la evaluación de la efectividad utilizando los siguientes criterios.

- a) Excelente: Superior a 5 pts.
- b) Satisfactorio: De 3 pts. hasta 5 pts.
- c) Aceptable, necesita mejorar: De -1 pts. hasta 2pts.
- d) Insuficiente, necesita analizar: Inferior a -2 pts.

Se espera alcanzar un resultado con un juicio mayor o igual al satisfactorio. Además, se realizará el último paso del AMEF; Paso 7: Documentación de resultados. En este paso, se documentará y comunicará los resultados alcanzados a la estructura funcional para la gestión de proyectos del sitio local. Finalmente, con base al veredicto emitido, podrá definirse si la

metodología propuesta podrá ser estandarizada hacia procesos posteriores o procesos a fines como propuesta de mejora.

4.3 Parte A: Recopilación de resultados

El seguimiento del cronograma para la etapa de industrialización del proyecto válvula EGR, se efectuó a través de juntas de seguimiento en conjunto con el equipo multidisciplinario. Dentro de este cronograma, las actividades fueron concluidas y documentadas con la fecha real de cierre. Además, se midió el avance de las actividades de forma visual utilizando un diagrama de Gantt; el avance de las actividades está reportado en referencia a tres atributos tales como; adelanto, atraso o en tiempo. También, fue indicado con de un valor numérico por medio de la cantidad de días ejecutados para identificar el avance real de las actividades

En la Ilustración 34, se recopiló un esquema gráfico para el seguimiento del cronograma de la etapa de industrialización. Dentro de este esquema, se muestran las actividades que terminaron en tiempo y con adelanto, sin embargo, también hay actividades en el que se presentaron días de retraso. Como resultado final, se aprecia un resultado favorable debido que el cronograma general concluyo a lo planificado. Por último, se aprecia el estado de las actividades a través de barras sobrepuestas, con la finalidad de visualizar el desfase de las fechas propuestas de cierre contra las fechas reales de cierre.

Posteriormente, en la Ilustración 35 e Ilustración 36, se analizaron los efectos generados dentro del cronograma de actividades para la etapa de industrialización, estos están indicados en color azul. Los efectos están registrados en la columna llamada: Descripción de la tarea a realizar. Así mismo, las fechas reales de cierre están actualizadas en la columna denominada: Fecha de término. Por último, se evaluaron los resultados, con base a los estados de avances del cronograma utilizando los atributos de avance, atraso o en tiempo, junto con la cantidad de días ejecutados.

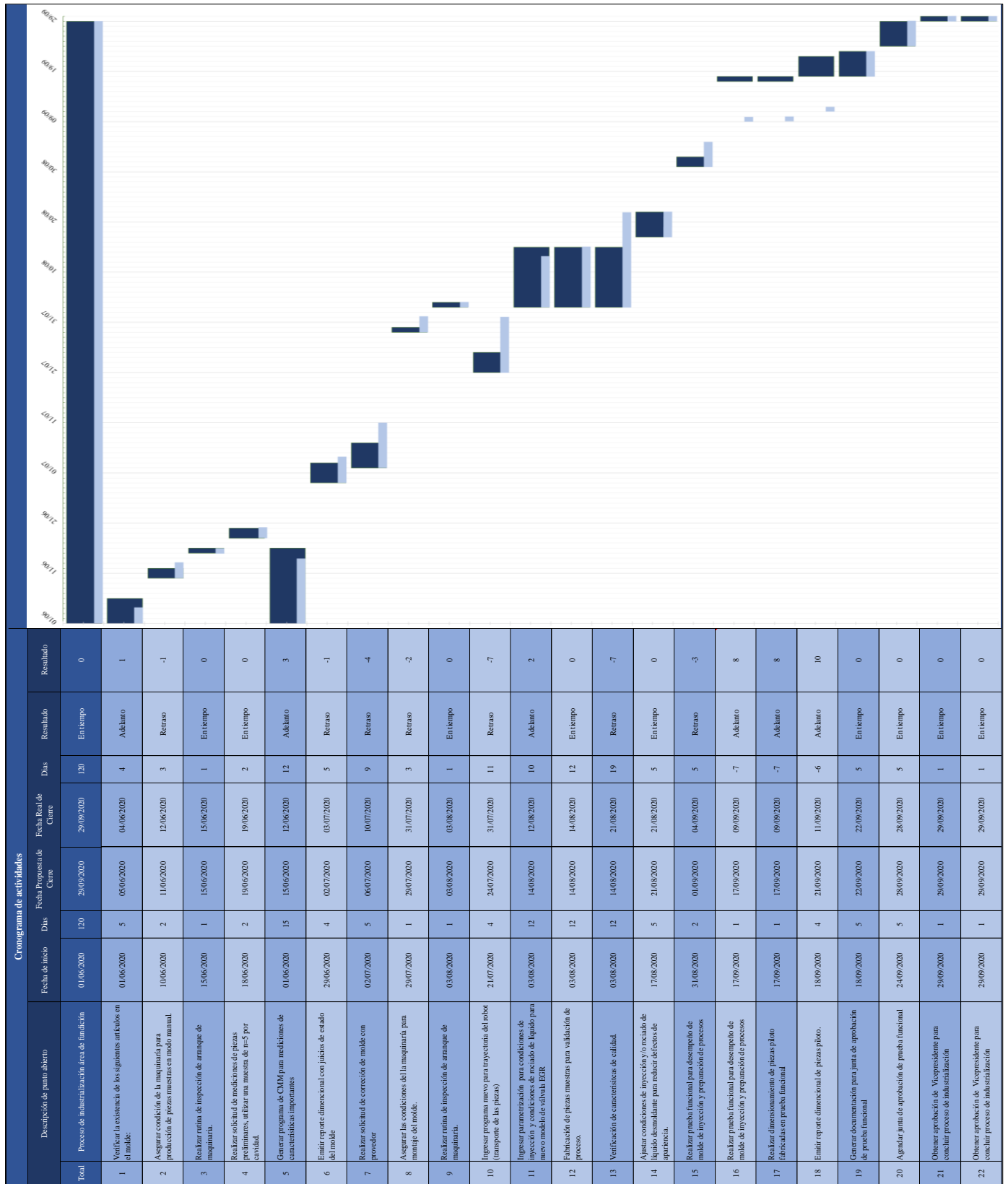


Ilustración 34 Seguimiento del cronograma de actividades para la etapa de industrialización Fuente: Elaboración propia.

| Depto: | | Ingeniería | | Propuesto por: R. Martínez | | Emisión del documento: | | Año: 2020 | | 1 / 2 página | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|--|--------------|--|
| No. | Nombre del proceso | Descripción de punto abierto | Descripción del hito a realizar | Categoría | Resp. | Fecha de inicio | Fecha de término | Resultado | | | |
| 1 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Verificar la existencia de los siguientes atributos en el molde: Presencia de conexiones de agua para manguera de refrigeración, ausencia de fugas de agua, presencia de pines eyectores y presencia de trazabilidad física. | Fue efectivo la revisión del molde. Utilizar check list para revisión del molde evitó tener retraso. | 2 | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 Fecha real de término: 04/06/2020 | Adelanto 1 día | | | |
| 2 | Op 020: Fabricación de tiros manuales. | Asegurar condición de la maquinaria para producción de piezas muestras en manual | Se generó atraso en la actividad, específicamente en la preparación para el arranque de la maquinaria, esto es debido a la falta de soporte por el área de producción. Principalmente, por la falta de personal debido a reprogramación del plan de producción. No genera impacto significativo en actividades posteriores. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 10/06/2020 | 11/06/2020 Fecha real de término: 12/06/2020 | Atraso - 1 día | | | |
| 3 | Op 020: Fabricación de tiros manuales. | Realizar rutina de inspección de arranque de maquinaria. | Fue efectivo la revisión de inspección de parámetros de maquinaria. No se observa efecto o impacto negativo. | 2 | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 15/06/2020 | 15/06/2020 Fecha real de término: 15/06/2020 | En tiempo 0 días | | | |
| 4 | Op 030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Realizar solicitud de mediciones de piezas preliminares, utilizar una muestra de n=5 por cavidad | Fue efectivo la solicitud de mediciones a la sección de calidad. No se observa efecto o impacto negativo. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 18/06/2020 | 19/06/2020 Fecha real de término: 19/06/2020 | En tiempo 0 días | | | |
| 5 | Op 030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Generar programa de CMMI para mediciones de características importantes | Fue efectivo el desarrollo del programa de CMMI. No se observa efecto o impacto negativo. Como punto de prevención, se solicitó una muestra física desde lapón, debido a que en ese sitio se va manufactura el mismo producto. | 5 | D. Salas Líder de laboratorio de Calidad | 01/06/2020 | 15/06/2020 Fecha real de término: 12/06/2020 | Adelanto 3 días | | | |
| 6 | Op 030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Emitir reporte dimensional con juicios de estado del molde | Se generó atraso en la actividad, específicamente por la carga de trabajo en el laboratorio de calidad. Este impacto es generado por la reprogramación de los esquemas de trabajo de producción, se reasignan actividades. | 5 | D. Salas Líder de laboratorio de Calidad | 29/06/2020 | 02/07/2020 Fecha real de término: 03/07/2020 | Atraso -1 día | | | |
| 7 | Op 040: Corrección física del molde de inyección. | Realizar solicitud de corrección de molde con proveedor | Se generó atraso en la actividad, específicamente por la espera de los resultados del dimensionamiento del producto. No se podía dar retroalimentación al proveedor. | 5 | K. Siguero Gerente de mantenimiento de Moltes | 02/07/2020 | 06/07/2020 Fecha real de término: 10/07/2020 | Atraso -4 días | | | |
| 8 | Op 010: Acondicionamiento y arranque de la máquina de fundición | Asegurar las condiciones del la maquinaria para montaje del molde. | Se generó atraso en la actividad, específicamente en la preparación para el arranque de la maquinaria, esto es debido a la falta de soporte por el área de producción. Principalmente, por la falta de personal debido a reprogramación del plan de producción. Se detecta reincidencia. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 29/07/2020 | 29/07/2020 Fecha real de término: 31/07/2020 | Atraso -2 días | | | |
| 9 | Op 010: Acondicionamiento y arranque de la máquina de fundición | Realizar rutina de inspección de arranque de maquinaria. | Fue efectivo la revisión de inspección de parámetros de maquinaria. No se observa efecto o impacto negativo. | 2 | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 03/08/2020 | 03/08/2020 Fecha real de término: 03/08/2020 | En tiempo 0 días | | | |
| 10 | Op 020: Ajuste de trayectorias del robot para transporte de pieza. | Ingresar programa nuevo para trayectoria del robot (transporte de las piezas) | Se generó atraso en la actividad, no obstante, esta se terminó y se logró evitar la solicitud de apoyo con un proveedor. Esta actividad se realizó a través del personal local. | 3 | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 21/07/2020 | 24/07/2020 Fecha real de término: 31/07/2020 | Atraso -7 días | | | |
| 11 | Op 030, 040: Ajuste de parámetros de condición para la inyección de aluminio y de rociado de líquido desmoldante. | Ingresar parametrización para condiciones de inyección y condiciones de rociado de líquido para nuevo modelo de válvula EGR | Fue efectivo el ingreso de parámetros para las condiciones de inyección y rociado de líquido desmoldante. No se observa efecto o impacto negativo. | 2 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 Fecha real de término: 12/08/2020 | Adelanto 2 días | | | |

(Categoría) 1: Máquina, 2: Método, 3: Mano de fabricación, 4: Materiales, 5: Manejo de recursos

Ilustración 35 Efectos del cronograma de actividades para la etapa de industrialización (parte 1) Fuente: Elaboración propia

| Depto: Ingeniería | | Propuesto por: R. Martínez | | Emisión del documento: | | Año 2020 | | 2 / 2 página | |
|-------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|---------------------|--|
| No. | Nombre del proceso | Descripción de punto abierto | Descripción del la tarea a realizar | Categoría | Resp. | Fecha de inicio | Fecha de término | Resultado | |
| 12 | Op 050: Fabricación de pieza en modo automático. | Fabricación de piezas muestras para validación de proceso. | Fue efectivo la revisión la programación de las piezas en modo automático. A pesar de ello, se observó un flujo lento y fallas constantes en la corrida piloto. Esto es un factor negativo para la actividad de confirmación de flujo de la línea. | 3 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 Fecha real de término: 14/08/2020 | En tiempo 0 días | |
| 13 | Op 060: Inspección de calidad para pieza fundida | Verificación de características de calidad. | Se generó atraso en la actividad, específicamente por la carga de trabajo en el laboratorio de calidad. Este impacto es generado por la reprogramación de los esquemas de trabajo de producción, se reasignan actividades. Se genera misma reincidencia. | 2 | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 03/08/2020 | 14/08/2020 Fecha real de término: 21/08/2020 | Atraso -7 días | |
| 14 | Op 070: Corrección de parámetros de máquina | Ajustar condiciones de inyección y/o rociado de líquido desmoldante para reducir defectos de apariencia. | Fue efectivo el monitoreo de las condiciones de inyección y condiciones de rociado de líquido desmoldante. No se registraron y reportaron piezas defectivas. No generó impacto negativo. | 2 | J. Gómez Lider de Línea de área de fundición | 17/08/2020 | 21/08/2020 Fecha real de término: 21/08/2020 | En tiempo 0 días | |
| 15 | Op 010: Prueba funcional para piezas piloto. | Realizar prueba funcional para desempeño de molde de inyección y preparación de procesos | Se generó atraso en la actividad. Este efecto fue detectado durante la fabricación de piezas muestras para la validación del proceso. Se encontraron algunas anomalías relacionadas con la paradas frecuentes durante la prueba funcional, no se observó un desempeño favorable. Se continuó con el análisis del problema y se detectó desgaste con un componente de la máquina, se programó el cambio de las partes dañadas. | 5 | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 31/08/2020 | 01/09/2020 Fecha real de término: 04/09/2020 | Atraso -3 días | |
| 16 | Op 010: Prueba funcional para piezas piloto. | Realizar prueba funcional para desempeño de molde de inyección y preparación de procesos | Se realizó el cambio de las partes dañadas y se reprogramó la prueba funcional días previos. Esto fue con la finalidad de verificar el resultado del punto de cambio. Durante la prueba funcional, se obtuvo un resultado favorable. Esto generó un adelanto en la actividad. | 5 | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 17/09/2020 | 17/09/2020 Fecha real de término: 09/09/2020 | Adelanto 8 días | |
| 17 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Realizar dimensionamiento de piezas piloto fabricadas en prueba funcional | Se observó un resultado favorable, esto fue debido al resultado alcanzado en la prueba funcional, se adelantaron las actividades para el dimensionamiento de piezas piloto. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 17/09/2020 | 17/09/2020 Fecha real de término: 09/09/2020 | Adelanto 8 días | |
| 18 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Enviar reporte dimensional de piezas piloto. | Se observó un resultado favorable, esto fue debido al resultado alcanzado en la prueba funcional, se adelantaron las actividades para el dimensionamiento de piezas piloto. | 5 | D. Salas Lider de laboratorio de Calidad | 18/09/2020 | 21/09/2020 Fecha real de término: 11/09/2020 | Adelanto 10 días | |
| 19 | Op 030: Generar documentos para liberación de molde. | Generar documentación para junta de aprobación de prueba funcional | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | 5 | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 18/09/2020 | 22/09/2020 Fecha real de término: 18/09/2020 | En tiempo 0 días | |
| 20 | Op 040: Junta de aprobación de prueba funcional | Agendar junta de aprobación de prueba funcional | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | 5 | O. Carrizales Supervisor de calidad | 24/09/2020 | 28/09/2020 Fecha real de término: 24/09/2020 | En tiempo 0 días | |
| 21 | Op 050: Aprobación de la preparación de proceso. | Obtener aprobación de Vicepresidente para concluir proceso de industrialización | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | 5 | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 29/09/2020 | 29/09/2020 Fecha real de término: 29/09/2020 | En tiempo 0 días | |
| 22 | Op 050: Aprobación de la preparación de proceso. | Obtener aprobación de Vicepresidente para concluir proceso de industrialización | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | 5 | R. Martínez Gerente de Ingeniería | 29/09/2020 | 29/09/2020 Fecha real de término: 29/09/2020 | En tiempo 0 días | |

(Categoría) 1: Máquina, 2: Método, 3: Mano de fabricación, 4: Materiales, 5: Manejo de recursos

Ilustración 36 Efectos del cronograma de actividades para la etapa de industrialización (parte 2) Fuente: Elaboración propia

Durante el seguimiento del cronograma para la etapa de industrialización, se observaron dos efectos significativos. El primer efecto se aprecia en los puntos #2, #6, #8 y #13; en el cual se registró un atraso en las actividades debido a la reprogramación de los planes de producción. Este efecto estuvo relacionado con una de las limitaciones internas establecida en este trabajo. Las restricciones fueron las fechas compromiso para las entregas de los pedidos en firme afectadas por la falta de recursos humanos. Esto provocó un atraso y serie de reincidencias por no contar con el soporte del personal del área de producción, como consecuencia, generó una reprogramación de las actividades planeadas.

El segundo efecto detectado fue en el punto # 15, el cual generó un atraso durante la actividad de programación de prueba funcional para las piezas piloto. La acción prioritaria propuesta para la detección no fue efectiva, debido a que no se analizaron los elementos del proceso relacionados a la parte de maquinaria. Aunque se pudo resolver este problema, no fue considerado dentro del AMEF, este modo de falla tendrá que ser agregado al análisis de riesgos. Por otra parte, como resultados preliminares, se logró concluir en tiempo, a pesar de los efectos negativos registrados durante el cronograma de actividades para la etapa de industrialización.

Después, con base a los efectos registrados mediante el formato de lista de puntos abiertos, se continuó con el paso 6: Optimización (B). Durante este paso se volvió a reevaluar las acciones prioritarias, se utilizaron los criterios de ocurrencia y detección establecidos en la propuesta metodológica, se emplearon las referencias de la Tabla 16 y Tabla 17. Posteriormente, se realizó la evaluación cualitativa utilizando los criterios de la matriz de riesgos (AP) establecidas en la Tabla 18, el resultado mostró los cambios de los rangos en las acciones prioritarias. Finalmente, la evaluación cuantitativa pondera con valores numéricos los rangos de las acciones prioritarias, se utilizaron valores positivos, negativos y/o neutros.

En la Ilustración 37, Ilustración 38, Ilustración 39 e Ilustración 40; Se muestran las evaluaciones cualitativas de las acciones prioritarias para poder concluir con el paso 6: Optimización (B). Las acciones prioritarias establecidas en el AMEF, fueron evaluadas con base a los efectos registrados en la lista de puntos abiertos durante el seguimiento de las actividades del cronograma para la etapa de industrialización. También, se muestran las evaluaciones cuantitativas en la última columna del AMEF, denominada como cuantificación AP. Estas ponderaciones están alineadas con los criterios de la Tabla 22, expuesta en el esquema de investigación.

| Planificación y preparación (Paso 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|---|---|---|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la compañía: AAM. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación de la compañía: San Luis Potosí, México. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Año del programa: 2021 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de la estructura (Paso 2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1.-Artículos del proceso | 2.-Pasos del proceso | 3.-Estrategia para los elementos del proceso | 4.-Función para los pasos del proceso | 5.-Estrategia para los elementos del proceso | 6.-Estrategia para los elementos del proceso | 7.-Estrategia para los elementos del proceso | 8.-Estrategia para los elementos del proceso | 9.-Estrategia para los elementos del proceso | 10.-Estrategia para los elementos del proceso | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de la falla (Paso 4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1.-Efectos de la falla | 2.-Modo de la falla | 3.-Causa de la falla | 4.-Estrategia para los elementos del proceso | 5.-Estrategia para los elementos del proceso | 6.-Estrategia para los elementos del proceso | 7.-Estrategia para los elementos del proceso | 8.-Estrategia para los elementos del proceso | 9.-Estrategia para los elementos del proceso | 10.-Estrategia para los elementos del proceso | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de riesgos (Paso 5) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1.-Estrategia para los elementos del proceso | 2.-Estrategia para los elementos del proceso | 3.-Estrategia para los elementos del proceso | 4.-Estrategia para los elementos del proceso | 5.-Estrategia para los elementos del proceso | 6.-Estrategia para los elementos del proceso | 7.-Estrategia para los elementos del proceso | 8.-Estrategia para los elementos del proceso | 9.-Estrategia para los elementos del proceso | 10.-Estrategia para los elementos del proceso | | | | | | | | | | | | | | |
| Optimización (Paso 6) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1.-Estrategia para los elementos del proceso | 2.-Estrategia para los elementos del proceso | 3.-Estrategia para los elementos del proceso | 4.-Estrategia para los elementos del proceso | 5.-Estrategia para los elementos del proceso | 6.-Estrategia para los elementos del proceso | 7.-Estrategia para los elementos del proceso | 8.-Estrategia para los elementos del proceso | 9.-Estrategia para los elementos del proceso | 10.-Estrategia para los elementos del proceso | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | El líder de mantenimiento de moldes verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Verificar la existencia de conectores de agua para refrigeración. (Presencia de conectores) | Falta la presencia de un conector de agua para manguera de refrigeración del molde de inyección. | Se emite la verificación de existencia para agua para la refrigeración del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | A | Utilizar mupay y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de manera táctil y visual. | 8 | A | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Completada | 8 | 6 | 8 | A | Resultado neutro 0 puntos. Se observa mejora en la forma de detección. | |
| 2 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | El líder de mantenimiento de moldes verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Verificar la existencia de fugas de agua. (Sin escarriamiento de agua entre las juntas y conexiones) | Presencia de escarriamiento de agua en más de un punto para juntas y/o manguera de agua para la refrigeración del molde de inyección. | Se emite la verificación de existencia para manguera de agua para la refrigeración del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | A | Utilizar mupay y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de alarma por flujo bajo de agua. | 8 | A | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Completada | 8 | 6 | 8 | A | Resultado neutro 0 puntos. Se observa mejora en la forma de detección. | |
| 3 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | El líder de mantenimiento de moldes verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Verificar existencia de platas eyectores. (Presencia de pin ejector) | Falta la presencia de un pin eyector en el molde de inyección. | No existe un check list para verificación de existencia para platas eyectores de molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | A | Utilizar mupay y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de manera táctil y visual. | 8 | A | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Completada | 8 | 6 | 8 | A | Resultado neutro 0 puntos. Se observa mejora en la forma de detección. | |
| 4 | Supuesto #03: Corrección de tamaño debido a un error de dimensión en la muestra. | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | El líder de mantenimiento de moldes verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Verificar aspecto visual de moldes y núcleos del molde. (Sin golpes y abolladuras) | No existe estándar o ayuda visual para detectar presencia de golpes y abolladuras en moldes y/o núcleos del molde. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | A | Utilizar mupay y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de manera táctil y visual. | 8 | A | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Completada | 8 | 6 | 8 | A | Resultado neutro 0 puntos. Se observa mejora en la forma de detección. | |
| 5 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Método. | El líder de mantenimiento de moldes verifica el estado físico del molde de inyección para detectar posibles anomalías. | Verificar trazabilidad física de corrección y/o mantenimiento del molde. (Presencia de trazabilidad física, último nivel) | Falta de núcleo para la trazabilidad de la corrección del molde. | No existe estándar o ayuda visual para detectar presencia de trazabilidad física de corrección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | A | Utilizar mupay y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de manera táctil y visual. | 8 | A | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | J. García Líder de Mantenimiento de moldes. | 01/06/2020 | 05/06/2020 | Completada | 8 | 6 | 8 | A | Resultado neutro 0 puntos. Se observa mejora en la forma de detección. | |
| 6 | Op 020: Fabricación de tрос de tross manuales. | Op 020: Fabricación de tross manuales. | Método. | El ingeniero de proceso, solicita el apoyo del personal de producción para habilitar línea de fundición. | Asegurar las condiciones del maquinario para montaje del molde. (3 días hábiles previos como mínimo para ejecutar esta actividad) | Retraso en el envío de la línea de fundición, el personal de producción para considerar en el plan de producción. | No se programa la preparación de la línea de fundición para considerar en el plan de producción. | Se informa al encargado al supervisor del área de fundición de forma oral. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de formal, desde supervisor hasta el gerente de área. Mandar invitación de evento, utilizar plataforma de correo de la compañía. | No existe control para la detección de CF o MF | 8 | A | Verificar el evento agendado a través de medios digitales, ingenuero de proceso. | G Juárez Ingeniero de Proceso. | 11/06/2020 | 11/06/2020 | Completada | 8 | 9 | 8 | A | Resultado neutro 0 puntos. Se observa una diferencia en la ocurrencia, esto es derivado por el mismo de las causas, sin embargo, se mejora la detección a través de una semanal. |

*/ Septiembre, 2020 / Se actualiza la fecha de cierre conforme al avance del cronograma de actividades / Rogelio Martínez

Ilustración 37 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 1) Fuente: Elaboración propia

| Planificación y preparación (Paso 1) | | Análisis de la función (Paso 2) | | Análisis de la falla (Paso 3) | | Análisis de riesgos (Paso 4) | | Análisis de causas (Paso 5) | | Optimización (Paso 6) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----------|--------------|---------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| # de Artículo | 1- Anticipo del proceso | 2- Paso del proceso | 3- Elementos del proceso (SM) | 1- Función para el anticipo del proceso | 2- Función para los pasos del proceso | 3- Función para los elementos del proceso | 1- Efecto de la falla | Señal (S) | Modo de falla (MF) | Causa de la falla (CF) | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción (A) | Acción para la prevención | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción prioritaria (AP) | Señal (S) | Cuántica (O) | Detección (D) | Acción (A) | Prioridad (P) | Cuantificación (AP) |
| 7 | Op 020: Fabricación de tijos manuales | Método | | Realizar rutina de inspección de arraque de maquinaria. (Dentro de parámetros de inspección diaria) | El líder de producción asegura el funcionamiento de maquinaria antes de producir. | El líder de producción solicita apoyo del staff de laboratorio de medición de las piezas maestras. | 1- Efecto de la falla | 8 | Más de un parámetro de inspección diaria fuera de rango superior. | Se omite procedimiento de liberación de máquina. | Utilizar referencias de inspección diaria para arraque de producción. | 8 | 10 | A | Establecer hoja de inspección diaria para corridas piloto. | Aviatar parámetros de inspección diaria para tijos manuales. | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 15/06/2020 | 15/06/2020 | Completada | 8 | 8 | 8 | A | 0 puntos. Se observa una mejora en la forma de detección. | |
| 8 | Op 030: Dimensionamiento de tijos manuales | Manejio de recursos | | Realizar mediciones de piezas preliminares, utilizar una muestra de n=5 por cavidad (8 días hábiles para terminar la fabricación de cavidad) | El ingeniero de procesos solicita apoyo del staff de laboratorio de medición de las piezas maestras. | El ingeniero de procesos solicita apoyo del staff de laboratorio de medición de las piezas maestras. | 2- Modo de falla | 8 | Retraso más de 2 días en lanzar solicitud de medición, el proceso de medición de las piezas maestras. | No se recibe solicitud de medición de piezas maestras. No se producen las piezas para la preparación de línea de producción. | Llevar hoja de solicitud de medición al encargado de laboratorio. Se informa al supervisor del área de producción. | 8 | 10 | A | Informar a todos los involucrados en la línea de producción de la frecuencia de medición de piezas maestras. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | Verificar puntos abiertos en junta de medición con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 19/06/2020 | 19/06/2020 | Completada | 8 | 8 | 8 | A | 0 puntos. Se observa una mejora en la forma de detección. | |
| 9 | Supuesto #03: Corrección de la fabricación del molde debido al dimensionamiento de pieza muestra. | Manejio de recursos | | Corregir las dimensiones del molde de inversión para el proceso de fundición, fabricar muestras preliminares de forma manual. | Generar CMM para mediciones de características importantes (MFCMM con CMM) | El líder de calidad, coordina mediciones con staff de laboratorio. | 1- Retraso para ejecutar el proceso de preparación de la fundición. | 8 | No se tiene una muestra de CMM. | No se cuenta con dibujo preliminar para producción de fundición para nuevo modelo de válvula EGR. | No existe control para la prevención de CF | 10 | A | Fabricar dispositivo, con base a diseño del producto. Solicitar dibujo de producción a la sección de diseño en Japón. | Verificar puntos abiertos en junta de medición con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | D. Salas Líder de Laboratorio de Calidad | 01/06/2020 | 12/06/2020 | Completada | 8 | 5 | 8 | A | 0 puntos. Se observa una mejora en la ocurrencia y detección. | | |
| 10 | Op 030: Dimensionamiento de tijos manuales | Manejio de recursos | | Emisión de reporte dimensional del molde de inversión (8 días hábiles para terminar la fabricación de cavidad) | El líder de laboratorio de calidad, evalúa los resultados de mediciones dimensionales, respalda la aprobación del gerente general de calidad. | El líder de laboratorio de calidad, evalúa los resultados de mediciones dimensionales, respalda la aprobación del gerente general de calidad. | 2- Retraso en el inicio de actividades para el proceso de industrialización del área de mecanizado. | 8 | Reporte dimensional del molde con más de una discrepancia frente a las especificaciones de la línea superior e inferior de preparación. | No se modifica el Gerente de calidad acerca de dimensionamiento de tijos manuales. No se revisa los detalles del contenido del reporte dimensional. | El líder de laboratorio informa las actividades del día en la junta de información de inicio de turno al gerente general de calidad. | 6 | 10 | A | Informar a todos los involucrados en la línea de producción de la frecuencia de medición de piezas maestras. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | Verificar puntos abiertos en junta de medición con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | D. Salas Líder de Laboratorio de Calidad | 29/06/2020 | 03/07/2020 | Completada | 8 | 9 | 9 | A | 0 puntos. Se observa una deficiencia en la ocurrencia, esto se derivó por el retraso de las actividades, sin embargo, se detecta a través de junta semanal. | |
| 11 | Op 040: Corrección física del molde de inversión. | Manejio de recursos | | Realizar solicitud de corrección de molde con proveedor (3 días hábiles para terminar la fabricación de cavidad) | El gerente de mantenimiento de moldes, comparte los hallazgos no conformes hacia el proveedor. El gerente de programación realiza la corrección física del molde. | El gerente de mantenimiento de moldes, comparte los hallazgos no conformes hacia el proveedor. El gerente de programación realiza la corrección física del molde. | Retraso más de 1 día para compartir hallazgos de corrección. La condición del molde se programa con una duración de 12 días hábiles. | 8 | Retraso más de 1 día para compartir hallazgos de corrección. La condición del molde se programa con una duración de 12 días hábiles. | El área de mantenimiento recibe informe de mediciones preliminares. | No existe control para la prevención de CF | 10 | A | Programar envío de información al área de mantenimiento de moldes. Utilizar correo de la compañía. | Verificar puntos abiertos en junta de medición con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | K. Sugimoto Gerente de Mantenimiento de Moldes | 10/07/2020 | 10/07/2020 | Completada | 8 | 10 | 8 | 8 | A | 0 puntos. Se observa una deficiencia en la ocurrencia, esto se derivó por el retraso de las actividades, sin embargo, se detecta a través de junta semanal. | |
| 12 | Supuesto #04: Ajuste y preparación del proceso de fundición. | Manejio de recursos | | Adecuar las condiciones para la fabricación del producto para la válvula EGR. | Asegurar las condiciones del molde, solicitar el apoyo del personal de producción para habilitar línea de fundición. | El ingeniero de procesos, solicita el apoyo del personal de producción para habilitar línea de fundición. | Retraso en el envío del molde a la línea de fundición, el molde necesita preparación para condición óptima. | 8 | Retraso en el envío del molde a la línea de fundición, el molde necesita preparación para condición óptima. | No se programa la preparación de la línea de fundición para tijos piloto. No se informa en el plan de producción. | Se informa al supervisor encargado al área de producción de la frecuencia de medición de piezas maestras en el plan de producción. | 8 | 10 | A | Informar a todos los involucrados en la línea de producción de la frecuencia de medición de piezas maestras. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | Verificar puntos abiertos en junta de medición con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 29/07/2020 | 29/07/2020 | Completada | 8 | 9 | 8 | A | 0 puntos. Se observa una deficiencia en la ocurrencia, esto se derivó por el retraso de las actividades, sin embargo, se detecta a través de junta semanal. | |

Ilustración 38 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 2) Fuente: Elaboración propia

| Registro del AMEF: AMEF-PLDC-EGRRK15T-2020-REV0. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|---------------|----------------|---------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---|---|----------------------------------------------------------|
| Nombre del Adm. del doc.: R. Martínez. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nivel de confidencialidad: Abn. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Página: 3 / 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del AMEF: Diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de emisión: Junio, 2020. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de revisión: Septiembre, 2020. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre del cliente: Compañía N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de eq. multiplicitarios: O. Carrizales, D. Salas, Mantenimiento de moldes (K. Siguimoto, J. García). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de la función (Paso 3): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de la falla (Paso 4): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de riesgo (Paso 5): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # de Artículo | 1- Artículos del proceso | 2- Pasos del proceso del proceso (SM) | 3- Elementos del proceso del proceso (SM) | 1- Función para el artículo del proceso | 2- Función para los pasos del proceso | 3- Función para los elementos del proceso | 1- Efectos de la falla | 2- Modo de la falla (MF) | 3- Causa de la falla (CF) | Control de ocurrencia (CF) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción (P) | Acción para la detección | Responsable de la acción | Fecha de inicio | Fecha de cierre | Estado de la acción (AP) | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (D) | Acción (P) | Acción para la prevención | Quantificación (AP) | Quantificación (AP) | | | |
| 13 | Op 010: Acondicionamiento y y armaje de la máquina de fundición | Op 010: Acondicionamiento y y armaje de la máquina de fundición | El líder de producción asegura el funcionamiento de maquinaria antes de producir. | Realizar rutina de inspección de arraque de maquinaria. (Dentro de parámetros de inspección diaria) | Realizar rutina de inspección de arraque de maquinaria. (Dentro de parámetros de inspección diaria) | El líder de producción asegura el funcionamiento de maquinaria antes de producir. | 1- Efectos de la falla | 8 | Más de un parámetro de inspección fuera de rango respecto a límite superior. | Utilizar referencias de inspección diaria para arraque de producción. | No existe control para la detección de CF o MF | 10 | A | Establecer hoja de inspección diaria para corridas piloto. | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 03/08/2020 | 03/07/2020 | Completada | 8 | 8 | 8 | A | Auditar parámetros de inspección diaria previo a la fabricación de tiros manuales. Se detecta anomalía durante la fabricación de tiros para arraque de proceso posterior. | 0 puntos. Se observa mejora en la forma de detección. | 8 | 8 | A | Se observa mejora en la forma de detección. |
| 14 | Op 020: Ajuste de trayectorias del robot para transparente de pieza. | Op 020: Ajuste de trayectorias del robot para transparente de pieza. | El Líder de línea de fundición e ingeniero de procesos, verifica la facilidad de ingresar programa de nuevo modelo para válvula EGR. | Ingresar programa nuevo para robot (transporte de las piezas) (5 días hábiles como máximo para ajuste de robot) | Ingresar programa nuevo para robot (transporte de las piezas) (5 días hábiles como máximo para ajuste de robot) | El Líder de línea de fundición e ingeniero de procesos, verifica la facilidad de ingresar programa de nuevo modelo para válvula EGR. | 1- Retraso para ejecución de ajustes y preparación de procesos en la línea de Fundición. | 8 | No se cuenta con la habilidad suficiente para ejecutar actividad en menos de 5 días hábiles. | No existe control para la prevención de CF | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Verificar tiempos para esta actividad, emitir informe al Gerente de ingeniería. Solicita cotización para ejecutar esta actividad a través de proveedores locales. | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 21/07/2020 | 24/07/2020 | Completada | 8 | 4 | 8 | A | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 0 puntos. Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. | 8 | 4 | A | Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. |
| 15 | Op 030: Ajuste de parámetros de condición para la inyección de aluminio. | Op 030: Ajuste de parámetros de condición para la inyección de aluminio. | El ingeniero de condiciones de inyección a inyectar en maquinaria. | Adecuar las condiciones para la fabricación de las piezas piloto para el producto de la válvula EGR. | Ingresar parametrización y condiciones de inyección de nuevo modelo de válvula EGR (Acordar a la hoja de condición de molde) | El ingeniero de condiciones de inyección a inyectar en maquinaria. | 2- Retraso en el inicio de actividades para el proceso de industrialización del área de mecanizado. | 8 | Ingreso erróneo en 1 o más parámetros de la hoja de condición de inyección. Falta de 1 o más parámetros de la hoja de condición de inyección. | No existe control para la prevención de CF | Se detecta anomalía al terminar la fabricación de 10 tiros manuales. Se detecta visualmente en las piezas fabricadas. | 8 | A | Imprimir y comparar las hojas de condición para la fabricación de aluminio; proporcionar por el personal de Japón | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 12/08/2020 | Completada | 8 | 3 | 6 | M | Auditar parámetros de inyección previo a fabricación de tiros manuales. | Resultado positivo 1 puntos. Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. | 8 | 3 | M | Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. |
| 16 | Op 040: Ajuste de parámetros de rodado de líquido desmoldante. | Op 040: Ajuste de parámetros de rodado de líquido desmoldante. | El ingeniero de procesos, ingresa condiciones de rodado de líquido desmoldante a maquinaria. | Fabricación de piezas para validación de proceso. (Acordar a orden de trabajo, número de piezas mayores a 50 y menor a 50) | Ingresar parametrización y condiciones de rodado de nuevo modelo de válvula EGR (Acordar a la hoja de condición de rocio) | El ingeniero de procesos, ingresa condiciones de rodado de líquido desmoldante a maquinaria. | 3- Retraso con el cumplimiento de los entregables con el Cliente. | 8 | Ingreso erróneo en 1 o más parámetros de la hoja de condición de rodado de líquido desmoldante antes de fabricar pieza en modo automático. | No existe control para la prevención de CF | Se detecta anomalía al terminar la fabricación de 10 tiros manuales. Se detecta visualmente en las piezas fabricadas. | 8 | A | Imprimir y comparar las hojas de condición para la fabricación de desmoldante; proporcionar por el personal de Japón | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | Completada | 8 | 3 | 6 | M | Auditar parámetros de inyección previo a fabricación de tiros manuales. | Resultado positivo 1 puntos. Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. | 8 | 3 | M | Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. |
| 17 | Op 050: Fabricación de pieza en modo automático. | Op 050: Fabricación de pieza en modo automático. | El operador de producción, inicia fabricación de piezas muestras | Fabricación de piezas para validación de proceso. (Acordar a orden de trabajo, número de piezas mayores a 50 y menor a 50) | Fabricación de piezas para validación de proceso. (Acordar a orden de trabajo, número de piezas mayores a 50 y menor a 50) | El operador de producción, inicia fabricación de piezas muestras | 4- Retraso en la entrega de piezas a Kanban o orden de trabajo para fabricar piezas muestras. | 8 | Fabricación de piezas menor a n=30. Fabricación de piezas mayor a n=30. | Se informa al operador de la inadecuación de forma oral. | Se detecta anomalía después de una fabricación de tiros manuales. | 10 | A | Entregar orden de trabajo a supervisor del área de producción con la cantidad de piezas solicitadas. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 03/08/2020 | 14/08/2020 | Completada | 8 | 3 | 6 | M | Verificar visualmente número de piezas a procesar en orden de trabajo, utilizar tarjeta de Kanban. | Resultado positivo 1 puntos. Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. | 8 | 3 | M | Se observa mejora en la forma de ocurrencia y detección. |
| 18 | Op 060: Inspección de calidad para pieza fundida | Op 060: Inspección de calidad para pieza fundida | El ingeniero de procesos, verifica la calidad del producto y genera análisis de capacidad para evaluación de proceso de fundición. | Verificación de características de calidad. (Dentro de especificación acorde al dibujo de producto) | Verificación de características de calidad. (Dentro de especificación acorde al dibujo de producto) | El ingeniero de procesos, verifica la calidad del producto y genera análisis de capacidad para evaluación de proceso de fundición. | 5- Retraso en la corrección del modelo de artículo anterior. | 8 | No es efectiva la corrección del modelo de artículo anterior. | No existe control para la prevención de CF | Se detecta anomalía con los resultados de las mediciones realizadas por el laboratorio de calidad. | 5 | A | Revisar resultados dimensionales previo a programación para el ajuste y preparación de salida de inspección para incluir supuesto #02. | H. Sánchez Supervisor de ingeniería | 21/08/2020 | 21/08/2020 | Completada | 8 | 5 | 5 | M | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | Resultado positivo 1 puntos. Se observa mejora en la forma de ocurrencia. | 8 | 5 | M | Se observa mejora en la forma de ocurrencia. |

※1 / Septiembre, 2020 / Se actualiza la fecha de cierre conforme al avance del cronograma de actividades / Rogelio Martínez

Ilustración 39 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 3) Fuente: Elaboración propia

| Planificación y preparación (Paso 1) | | Análisis de la estructura (Paso 2) | | Análisis de la función (Paso 3) | | Análisis de la falla (Paso 4) | | Análisis de riesgos (Paso 5) | | Optimización (Paso 6) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------|
| # de Artículo | 2. Paso del proceso | 3. Elementos del proceso (SM) | 1.- Función para el artículo del proceso | 2.- Función para los pasos del proceso | 3.- Función para los elementos del proceso | 4.- Efectos de la falla | 5.- Severidad (S) | 6.- Modo de la falla (MF) | 7.- Causa de la falla (CF) | 8.- Control de prevención de ocurrencia (CF) | 9.- Control de detección (CF) o (MF) | 10.- Detección (D) | 11.- Acción (A) | 12.- Acción para la prevención | 13.- Acción para la detección | 14.- Responsable de la acción | 15.- Fecha de inicio | 16.- Fecha de cierre | 17.- Estado de la función (GAP) | 18.- Severidad (S) | 19.- Ocurrencia (O) | 20.- Detección (D) | 21.- Acción (A) | 22.- Prothima (P) | 23.- Cuantificación (AT) |
| 19 | Op 070: Conexión de parámetros de máquina | Método. | Adecuar las condiciones para la fabricación de las piezas para el producto de la válvula EGR | Adecuar condiciones de molde para el desmolde para la fabricación de las piezas para el producto de la válvula EGR | El ingeniero de procesos, a través de los límites para la condición de inversión y/o de líquido desmoldante. | 1. Efectos de la falla | 8 | No se detecta la presencia de piezas defectuosas que se detectan por metal quemado, picado de líquido desmoldante. | No se detecta la condición de inversión. | 10 | Se detecta anomalía visual de las piezas. | 8 | A | Se detecta anomalía visual de las piezas. | J. Gómez Líder de Línea de área de fundición | 17/08/2020 | 21/08/2020 | Completada | 9 | 5 | 8 | 8 | 8 | 9 puntos. Se observa mejoría en la forma de detección. | |
| 20 | Op 010: Prueba funcional para piezas piloto. | Manejo de recursos | Realizar prueba funcional para desmoldado de molde de ingeniería. | Realizar prueba funcional para desmoldado de molde de ingeniería. | El Gerente de ingeniería, programa prueba funcional para verificar el desempeño de fabricación para el nuevo modelo de válvula EGR. | 1. Efectos de la falla | 8 | Inicio de corrida piloto con más de 1 minuto de tiempo muerto. | No es efectivo el ajuste y verificación de función; artículo de proceso anterior. | 10 | Se detecta anomalía al terminar la prueba funcional. | 10 | A | Programar confirmación de flujo y mantener la maquinaria previo al evento de prueba funcional. | H. Sánchez Supervisor de Ingeniería | 31/08/2020 | 04/09/2020 | Completada | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 puntos. Se recomienda analizar los elementos del programa en la maquinaria. | | |
| 21 | Op 020: Dimensionamiento de piezas piloto. | Manejo de recursos | Realizar dimensionamiento de piezas piloto para verificación de dimensionalidad de piezas piloto. | Realizar dimensionamiento de piezas piloto para verificación de dimensionalidad de piezas piloto. | El Ingeniero de proceso, programa verificación de dimensionalidad de piezas piloto (6 días hábiles como máximo para terminar la verificación de calidad). | 1. Retraso para ajustes y procesos en la línea de Fundición. | 8 | Retraso más de 1 día en lanzar solicitud de mediciones para piezas piloto de 6 días hábiles como máximo. | No se emite solicitud de mediciones para piezas piloto de 6 días hábiles como máximo. | 10 | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde el gerente de área, a los departamentos involucrados. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 17/09/2020 | 09/10/2020 | Completada | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 puntos. Se observa mejoría en la forma de detección. | | |
| 22 | Op 030: Verificación del ajuste y preparación de fundición. | Manejo de recursos | Obtener aprobación de piezas piloto para concluir proceso de industrialización en área de fundición. | Emisión de reportes de piezas piloto. Después, aprobación de piezas piloto por el gerente general de calidad. | El líder de laboratorio de calidad, evalúa los resultados de piezas piloto. Después, aprobación de piezas piloto por el gerente general de calidad. | 2. Retraso en el inicio del proceso de industrialización del área de mecanizado. | 8 | Reporte de aprobación por Gerente de calidad con retraso de 3 días hábiles como máximo. | No se notifica al Gerente de calidad de la aprobación por el Gerente de calidad. | 6 | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde el gerente de área, a los departamentos involucrados. Utilizar plataforma de correo de la compañía como medio de comunicación. | D. Salas Líder de Laboratorio de Calidad | 18/09/2020 | 21/09/2020 | Completada | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 puntos. Se observa mejoría en la forma de detección. | | |
| 23 | Op 030: Generar documentos para liberación de molde. | Manejo de recursos | Generar documentación para junta de aprobación de piezas piloto para concluir proceso de industrialización en área de fundición. | Generar documentación para junta de aprobación de piezas piloto para concluir proceso de industrialización en área de fundición. | El ingeniero de proceso, genera reporte de aprobación de piezas piloto para la junta de aprobación de piezas piloto (12 días hábiles como máximo para terminar la prueba funcional). | 3. Retraso con el cumplimiento de los entregables con el Cliente. | 8 | Retraso en más de 3 días hábiles para terminar documentación. | No se alcanza resultado apropiado en prueba funcional. | 10 | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | El ingeniero de proceso monitorea las actividades de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | G. Juárez Ingeniero de Procesos. | 18/09/2020 | 22/09/2020 | Completada | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 puntos. Se observa mejoría en la forma de detección. | | |
| 24 | Op 040: Junta de aprobación de prueba funcional | Manejo de recursos | Obtener aprobación de piezas piloto para concluir proceso de industrialización en área de fundición. | Obtener aprobación de piezas piloto para concluir proceso de industrialización en área de fundición. | El ingeniero de proceso, programa junta de aprobación de piezas piloto para el nuevo modelo de válvula EGR. | 4. Retraso en la junta de aprobación de piezas piloto. | 8 | Retraso en más de 6 días hábiles para agregar junta de aprobación. | No existe control para la prevención de CF. | 10 | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Realizar auditoría y revisión a los documentos e información que se presentará en la junta de aprobación de piezas piloto. Agendar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | O. Carrizales Supervisor de Calidad | 24/09/2020 | 28/09/2020 | Completada | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 puntos. Se observa mejoría en la forma de detección. | | |
| 25 | Op 050: Aprobación de preparación de proceso. | Manejo de recursos | Obtener aprobación de ingeniería, para concluir proceso de industrialización de la compañía para concluir proceso de industrialización en el área de fundición. | Obtener aprobación de ingeniería, para concluir proceso de industrialización de la compañía para concluir proceso de industrialización en el área de fundición. | El Gerente de ingeniería, solicita aprobación de Vicepresidente de industrialización (12 días hábiles como máximo para terminar la prueba funcional). | 5. Retraso en la junta de aprobación de piezas piloto. | 8 | Retraso en más de 6 días hábiles para solicitar aprobación por Vicepresidente de la compañía. | Falta de reporte físico para obtener aprobación. | 10 | Se detecta anomalía por retraso de la actividad. | 10 | A | Realizar auditoría y revisión a los documentos e información que se presentará en la junta de aprobación de piezas piloto. Agendar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | H. Sánchez Supervisor de Ingeniería | 29/09/2020 | 29/09/2020 | Completada | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 puntos. Se observa mejoría en la forma de detección. | | |

Ilustración 40 Evaluación cualitativa del AMEF (parte 4) Fuente: Elaboración propia

4.4 Parte B: Síntesis de resultados

Durante el desarrollo del AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición, se incluyeron veinticinco artículos basados en los siguientes supuestos:

- Corrección de herramental debido al dimensionamiento de pieza muestra.
- Ajuste y preparación del proceso de fundición.
- Verificación del ajuste y preparación de proceso de fundición.

En el desarrollo del paso 6: Optimización (A), se establecieron acciones prioritarias para la ocurrencia y detección, estas acciones se utilizaron como línea base para generar el cronograma de actividades para la etapa de industrialización.

Posteriormente, a lo largo de las juntas de seguimiento junto con el equipo multidisciplinario, se verificaron los resultados preliminares para poder continuar con el paso 6: Optimización (B). En este paso, se realizó la reevaluación de las acciones prioritarias para la ocurrencia y detección. Después, se continuo con la calificación cualitativa de las acciones prioritarias (AP), con el fin de comprobar si se lograron bajar o subir de rango. Finalmente, se realizó la evaluación cuantitativa de las acciones prioritarias (AP). Esta calificación estaba en función de los rangos de las acciones prioritarias (AP), en el cual se verificó si se obtuvieron puntos positivos o negativos.

En la Ilustración 41, Ilustración 42, Ilustración 43 e Ilustración 44, se muestra la síntesis de los resultados, en el cual se detalla el concentrado las calificaciones cualitativas y cuantitativas indicadas en las columnas de color azul. La calificación cualitativa se enfoque en la reevaluación de los criterios de ocurrencia y detección para verificar la efectividad de las acciones prioritaria AP, la calificación cuantitativa se enfoca en los valores numéricos que se obtuvieron al subir o bajar de rango estas mismas acciones. Finalmente, dentro de este cuadro de síntesis, se añadieron los efectos y los criterios de calificaciones; Estos criterios se discutieron en conjunto del equipo multidisciplinario.

| No. | Nombre del proceso | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocupación (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Descr. (D) | Acción propuesta AP | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocupación (O) | Como se detección (CF) o (MF) | Descr. (D) | Acción propuesta AP | Efecto | Explicación del criterio |
|-----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | 8 | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | 6 | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | 8 | Fue efectivo la revisión del molde. Utilizar check list para revisión del molde evitó tener retraso. | A | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 6. El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pjs. | |
| 2 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde. La máquina de alarma por flujo bajo de agua. | 8 | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | 6 | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | 8 | Fue efectivo la revisión del molde. Utilizar check list para revisión del molde evitó tener retraso. | A | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 6. El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pjs. | |
| 3 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | 8 | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | 6 | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | 8 | Fue efectivo la revisión del molde. Utilizar check list para revisión del molde evitó tener retraso. | A | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 6. El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pjs. | |
| 4 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | 8 | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | 6 | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | 8 | Fue efectivo la revisión del molde. Utilizar check list para revisión del molde evitó tener retraso. | A | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 6. El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pjs. | |
| 5 | Op 010: Revisión del molde de inyección. | Con base a la experiencia del líder de mantenimiento de moldes. | 8 | Se detecta durante el montaje del molde en la máquina de inyección de manera táctil y visual. | 8 | Utilizar mapa y check list para verificación de presencia de conectores de agua en el molde. | 6 | Revisar el estado del molde de forma visual y táctil después de cada corrección o mantenimiento. | 8 | Fue efectivo la revisión del molde. Utilizar check list para revisión del molde evitó tener retraso. | A | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 6. El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pjs. | |
| 6 | Op 020: Fabricación de tiros manuales. | Se informa al encargado al supervisor del área de fundición de forma oral. | 8 | No existe control para la detección de CF o MF visual. | 10 | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar invitación de evento; utilizar plataforma de correo de la compañía. | 8 | Verificar recordatorio de evento agendado a través de medios digitales. Cuadrario de correo de la compañía. | 8 | Se generó atraso en la actividad, específicamente en la preparación para el arranque de la maquinaria, esto es debido a la falta de soporte por el área de producción. Principalmente, por la falta de personal debido a programación del plan de producción. No genera impacto significativo en actividades posteriores. | A | No hay mejora en el efecto de ocurrencia. Los controles de prevención tienen un ligero efecto en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se mantiene en 8 (Genero atraso en la actividad). Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable. La planta tiene poca o nula experiencia en el método). El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pjs. | |

Ilustración 41 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 1) Fuente: Elaboración propia

| No. | Nombre del proceso | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocurriencia (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción prioritaria AP | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocurriencia (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción prioritaria AP | Efecto | Explicación del criterio |
|-----|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Op020: Fabricación de tiros manuales | Utilizar referencia de hoja de inspección diaria para arranque de producción. | 8 | No existe control para la detección de CF o MF | 10 | A | Establecer hoja de inspección diaria para corridas pilotos. | 8 | Auditar parámetros de inspección diaria previo a la fabricación de tiros manuales. Se detecta anomalía durante la fabricación de tiros para arranque de maquinaria. Paso del proceso posterior. | 8 | A | Fue efectivo la revisión de inspección de parámetros de maquinaria. No se observa efecto o impacto negativo. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 8 | Op030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | Llevar hoja de solicitud de medición al encargado de laboratorio. Se informa al encargado al supervisor del área de fundición de forma oral. | 8 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Fue efectivo la solicitud de mediciones a la sección de calidad. No se observa efecto o impacto negativo. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 9 | Op030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Fabricar dispositivo, con base a diseño del producto. Solicitar dibujo de producto a la sección de diseño en Japón. | 5 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Fue efectivo el desarrollo del programa de CMM. No se observa efecto o impacto negativo. Como punto de prevención, se solicitó una muestra física desde Japón, debido a que en ese sitio ya se manufactura el mismo producto. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 5. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 10 | Op030: Dimensionamiento preliminar de tiros manuales | El líder de laboratorio informa las actividades del día en la junta informativa de inicio de turno al gerente general de calidad. | 6 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar requerimiento vía correo electrónico; utilizar plataforma de correo de la compañía. | 6 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 9 | A | No hay mejora en el efecto de ocurrencia. Los controles de prevención tienen un ligero efecto en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se mantiene en 6 (Genero atraso en la actividad). Se generó atraso en la actividad, específicamente por la carga de trabajo en el laboratorio de calidad. Este impacto es generado por la reprogramación de los esquemas de trabajo de producción, se reasignan actividades. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 6 (Genero atraso en la actividad). Mejora el efecto en la detección. Es no probable que el método de inspección o prueba detecte el modo de falla. El valor para detección se actualiza a 9. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 11 | Op 040: Corrección física del molde de inyección. | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Programar recordatorio automático para envío de información al área de mantenimiento de moldes. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 10 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se generó atraso en la actividad, específicamente por la espera de los resultados del dimensionamiento del producto. No se podía dar retroalimentación al proveedor. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 10 (Genero atraso en la actividad). Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 12 | Acordiconamiento y arranque de la máquina de fundición | Se informa al encargado al supervisor del área de fundición de forma oral. | 8 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar invitación de evento; utilizar plataforma de correo de la compañía. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se generó atraso en la actividad, específicamente en la preparación para el arranque de la maquinaria, esto es debido a la falta de soporte por el área de producción. Principalmente, por la falta de personal debido reprogramación del plan de producción. Se detecta reincidencia. | No hay mejora en el efecto de ocurrencia. Los controles de prevención tienen un ligero efecto en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se mantiene en 8 (Genero atraso en la actividad). Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |

Ilustración 42 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 2) Fuente: Elaboración propia

| No. | Nombre del proceso | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocurrencia (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción prioritaria (AP) | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Ocurrencia (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Detección (D) | Acción prioritaria (AP) | Efecto | Explicación del criterio |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | Op 010: Acomodamiento y arranque de la máquina de fundición | Utilizar referencia de hoja de inspección diaria para arranque de producción. | 8 | No existe control para la detección de CF o MF | 10 | A | Establecer hoja de inspección diaria para corridas piloto. | 8 | Auditar parámetros de inspección diaria previo a la fabricación de tiros para armanque de maquinaria. Paso del proceso posterior. | 8 | A | Fue efectivo la revisión de inspección de parámetros de maquinaria. No se observa efecto o impacto negativo. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 14 | Op 020: Ajuste de trayectorias del robot para transporte de pieza. | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Verificar limitantes para esta actividad, emitir informe al Gerente de ingeniería. | 4 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. | 8 | A | Se generó arroso en la actividad, no obstante, esta se terminó y se logró evitar la solicitud de apoyo con un proveedor. Esta actividad se realizó a través del personal local. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 4. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se generan 0 pts. |
| 15 | Op 030: Ajuste de parámetros de rociado para la inspección de aluminio. | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía al terminar la fabricación de tiros manuales. Se detecta visualmente en las piezas fabricadas. | 8 | A | Imprimir y compartir las hojas de condición para la inspección de aluminio. Información proporcionada por el personal de Japón | 3 | Auditar parámetros de condición de inspección previo a fabricación de tiros manuales. | 6 | M | Se generó arroso en la actividad, no obstante, esta se terminó y se logró evitar la solicitud de apoyo con un proveedor. Esta actividad se realizó a través del personal local. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 3. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (no tiene o poca experiencia con el método). El valor para detección se actualiza a 6. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado positivo, se genera 1 pt. |
| 16 | Op 040: Ajuste de parámetros de rociado de líquido desmoldante. | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía al terminar la fabricación de tiros manuales. Se detecta visualmente en las piezas fabricadas. | 8 | A | Imprimir y compartir las hojas de condición rociado para líquido desmoldante. Información proporcionada por el personal de Japón | 3 | Auditar parámetros de condición de rociado de líquido desmoldante previo a fabricación de tiros manuales. | 6 | M | Fue efectivo el ingreso de parámetros para las condiciones de inspección y rociado de líquido desmoldante. No se observa efecto o impacto negativo. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 3. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (no tiene o poca experiencia con el método). El valor para detección se actualiza a 6. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado positivo, se genera 1 pt. |
| 17 | Op 050: Fabricación de pieza en modo automático. | Se le informa al operador de la máquina de forma oral. | 8 | Se detecta anomalía después de una hora de fabricación de tiros manuales. | 10 | A | Entregar orden de trabajo a supervisor del área de producción con la cantidad de piezas solicitadas. | 3 | Verificar visualmente número de piezas a procesar en orden de trabajo, utilizar tarjeta de Kanban. | 6 | M | Fue efectivo la revisión la programación de las piezas en modo automático. A pesar de ello, se observó un flujo lento y fallas constantes en la corrida piloto. Esto es un factor negativo para la actividad de confirmación de flujo de la línea. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 3. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (no tiene o poca experiencia con el método). El valor para detección se actualiza a 6. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado positivo, se genera 1 pt. |
| 18 | Op 060: Inspección de calidad para pieza finalida | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía con los resultados de las mediciones realizadas por el laboratorio de calidad. | 5 | A | Revisar resultados dimensionales previo a programación para el ajuste y preparación de proceso. | 5 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. | 5 | M | Se generó atraso en la actividad, específicamente por la carga de trabajo en el laboratorio de calidad. Este impacto es generado por la reprogramación de los esquemas de trabajo de producción, se reasignan actividades. Se genera misma reincidencia. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 5. El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 5. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado positivo, se genera 1 pt. |

Ilustración 43 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 3) Fuente: Elaboración propia

| No. | Nombre de proceso | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Omnibus (O) | Control de detección (CF) o (MF) | Descripción (D) | Acción prioritaria AP | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Omnibus (O) | Comité de detección (CF) o (MF) | Descripción (D) | Acción prioritaria AP | Efecto | Explicación del criterio |
|-----|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19 | Op 07b: Corrección de parámetros de máquina | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía por inspección visual de las piezas. | 8 | A | Auditar parámetros de condición de inspección y parámetros de roscado de líquido desmoldante previo a fabricación de tiras manuales. | 5 | Se detecta anomalía con la inspección visual de las piezas. | 5 | A | Fue efectivo el monitoreo de las condiciones de inspección y condiciones de roscado de líquido desmoldante. No se registraron y reportaron piezas defectivas. No generó impacto negativo. | Mejora el efecto en la ocurrencia. Los controles de prevención son efectivos en la prevención de las causas de la falla. El valor para ocurrencia se actualiza a 5. |
| 20 | Op 01b: Prueba funcional para piezas piloto. | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía al terminar la prueba funcional | 10 | A | Programar confirmación de flujo y movimientos de la maquinaria previo al evento de la prueba funcional. | 10 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 10 | A | Se generó arasco en la actividad. Este efecto fue detectado durante la fabricación de piezas muestra para la validación del proceso. Se encontraron algunas anomalías relacionadas con las paradas frecuentes durante la prueba funcional, no se observó un desempeño favorable. Se continuó con el análisis del problema y se detectó desgaste con un componente de la máquina, se programó el cambio de las partes dañadas. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 10 (Genero arasco en la actividad). El efecto en la detección no presenta cambio. El valor para detección se mantiene en 10. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se genera 0 pts. NOTA: No se analiza los elementos del proceso relacionados a la maquinaria. |
| 21 | Dimensionamiento de piezas piloto. | Llenar hoja de solicitud de medición al encargado de laboratorio. Se informa al encargado al supervisor del área de fundición de forma oral. | 8 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar reporte electrónico, utilizar plataforma de correo de la compañía. Incluir firmas de aprobación. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se observó un resultado favorable, esto fue debido al resultado alcanzado en la prueba funcional, se adelantaron las actividades para el dimensionamiento de piezas piloto. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se genera 0 pts. |
| 22 | Dimensionamiento de piezas piloto. | El líder de laboratorio informa las actividades del día en la junta informativa de inicio de turno al gerente general de calidad. | 8 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Informar a todos los involucrados del área de manera formal, desde supervisor hasta el gerente del área. Mandar reporte electrónico, utilizar plataforma de correo de la compañía. Incluir firmas de aprobación. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se observó un resultado favorable, esto fue debido al resultado alcanzado en la prueba funcional, se adelantaron las actividades para el dimensionamiento de piezas piloto. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se genera 0 pts. |
| 23 | Op 03b: Generar documentos para liberación de molde. | El ingeniero de proceso monitorea las anomalías de actividades previas. Informar al inicio de turno al gerente de ingeniería. | 8 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | El ingeniero de proceso monitorea las anomalías de actividades previas. Informar al inicio de turno al gerente de ingeniería. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se genera 0 pts. |
| 24 | Op 04b: Junta de aprobación de prueba funcional | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Realizar auditoría y revisión a los documentos e información que se presentan en la junta de aprobación para prueba funcional. Agendar invitación día previo a iniciar esta actividad. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se genera 0 pts. |
| 25 | Op 05b: Aprobación de la preparación de proceso. | No existe control para la prevención de CF | 10 | Se detecta anomalía por retraso del la actividad. | 10 | A | Realizar auditoría y revisión a los documentos e información que se presentan en la junta de aprobación para prueba funcional. Agendar invitación día previo a iniciar esta actividad. Utilizar correo de la compañía como medio de comunicación. | 8 | Verificar puntos abiertos en junta de seguimiento con frecuencia de 1 vez por semana. Enviar invitación a los departamentos involucrados. Utilizar hoja de puntos abiertos. | 8 | A | Se observó un resultado favorable, no se presentó retraso en actividades previas, esto permitió continuar con la programación establecida. | El efecto en la ocurrencia no presenta cambio. El valor para ocurrencia se mantiene en 8. Mejora el efecto en la detección. El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) El valor para detección se actualiza a 8. El efecto de la acción prioritaria muestra un resultado neutro, se genera 0 pts. |

Ilustración 44 Cuadro de síntesis de resultados (Parte 4) Fuente: Elaboración propia

4.5 Parte C: Dictamen de resultados

En esta sección se finaliza con fase #04; Actuar; En esta parte se recopila la documentación empleada para el desarrollo del AMEF, así mismo, se recopilan el seguimiento del cronograma de actividades para la etapa de industrialización en el área de fundición. Esta información se encuentra añadida en el apartado de anexos.

La evaluación final para verificar la efectividad del AMEF, está basado a los valores alcanzados en la evaluación cuantitativa. Se toma como referencia los 25 artículos analizados en el AMEF para el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición.

En la Tabla 23, se muestra el concentrado de los puntos generados tras la evaluación cuantitativa de las acciones prioritarias. Como resultado final se obtuvieron 4 puntos lo que es equivalente a un juicio satisfactorio.

Tabla 23 Matriz de dictamen de resultados Fuente: Elaboración propia

| Matriz de dictamen de resultados | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| No. De articulo del AMEF | Criterio de evaluación | No. De articulo del AMEF | Criterio de evaluación | No. De articulo del AMEF | Criterio de evaluación | No. De articulo del AMEF | Criterio de evaluación | No. De articulo del AMEF | Criterio de evaluación |
| 1 | 0 pts. | 6 | 0 pts. | 11 | 0 pts. | 16 | 1 pts. | 21 | 0 pts. |
| 2 | 0 pts. | 7 | 0 pts. | 12 | 0 pts. | 17 | 1 pts. | 22 | 0 pts. |
| 3 | 0 pts. | 8 | 0 pts. | 13 | 0 pts. | 18 | 1 pts. | 23 | 0 pts. |
| 4 | 0 pts. | 9 | 0 pts. | 14 | 0 pts. | 19 | 0 pts. | 24 | 0 pts. |
| 5 | 0 pts. | 10 | 0 pts. | 15 | 1 pts. | 20 | 0 pts. | 25 | 0 pts. |
| Sub total | 0 pts. | Sub total | 0 pts. | Sub total | 1 pts. | Sub total | 3 pts. | Sub total | 0 pts. |
| Resultado final | | | 4 pts. | | Juicio | | | Satisfactorio | |

Para finalizar esta sección, se demuestra la hipótesis alterna, si se lograron mejorar las condiciones actuales al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, a través de la metodología de análisis de modo y efecto fallas en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí.

Durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición, se mostraron efectos derivados de las restricciones internas descritas en este trabajo, sin embargo, si se lograron disminuir los factores de riesgos que pudieron generar un retraso, durante la etapa de industrialización en el área de fundición para el proyecto de la válvula EGR.

Conclusiones

Como se describió en el planteamiento del problema, la forma de planificación para al proceso de manufactura en las etapas de diseño y desarrollo, en una organización del sector automotriz en la ciudad de San Luis Potosí era deficiente, y no se alcanzaba a visualizar los detalles de las actividades para la ejecución de este proceso. Incluso, no se podían estimar los riesgos que pudieran contribuir a un atraso significativo para los entregables del proyecto de la válvula EGR.

Al haber utilizado la metodología del AMEF versión AIAG-VDA, se lograron identificar los riesgos que pudieron representar una afectación durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura. Además, se redujeron los impactos negativos a través de la definición de acciones prioritarias evitando un atraso significativo durante la ejecución de la etapa de industrialización en el área de fundición. También, para la implementación de esta mejora, se siguieron las cuatro fases del ciclo PHVA, en el cual se realizó un seguimiento detallado al cronograma de actividades para la etapa de industrialización del proceso de manufactura de fundición.

Dentro de los beneficios alcanzados, el departamento de ingeniería en conjunto del equipo multidisciplinario generó conocimiento para la implementación del AMEF versión AIAG-VDA. Esta herramienta se utilizó como forma innovadora para la administración de proyectos. Además, puede ser establecido como un estándar para futuros proyectos o procesos posteriores, como, por ejemplo, el proceso de mecanizado y ensamble.

Los resultados alcanzados, fueron demostrados de manera cualitativa y cuantitativa. Esto tuvo como finalidad, dictaminar que la implementación de esta mejora fue efectiva al lograr un juicio satisfactorio. Sin embargo, al interpretar los resultados, las acciones prioritarias (AP) que fueron propuestas en el análisis de modo y efecto fallas, en el paso 6: Optimización (Parte A y Parte B). Presentaron efectos favorables durante la etapa de industrialización para el proceso de manufactura, aun así, al observar la cuantificación de estas acciones, la gran mayoría resultaron con valores neutros. Esto puede interpretarse como un bajo desempeño de las acciones prioritarias, sin embargo, los criterios del AMEF son bastantes exigentes, por lo cual promueve a generar acciones prioritarias con un mayor estándar de efectividad. Esto constituye a fomentar la mejora continua al establecer estándares más complejos de alcanzar.

Las ventajas de utilizar esta metodología, logró analizar los riesgos e impactos durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura a través de las fuentes de variación, tales como: maquina, método, mano de fabricación, materiales y manejo de recursos. Además, fue posible utilizar esta metodología dirigido hacia un proceso administrativo; Por ejemplo, la administración de proyectos. Esto permito establecer actividades específicas con controles para reducir o detectar riesgos potenciales durante la implementación de cronogramas específicos.

Las desventajas de esta metodología, es que no logra mitigar los riesgos derivados de las restricciones externas. Ya que son factores que no pueden ser controlados por el mismo proceso. También, realizar este análisis de riesgo, exige un gran compromiso y participación constante por el equipo multidisciplinario para alcanzar resultados más efectivos. Por ejemplo, esta metodología aplicada a la administración de proyectos genera una mayor exigencia durante el análisis de riesgos. Por lo cual, exige establecer controles más robustos a través de la definición de las acciones prioritarias.

Como notas importantes del trabajo, las actividades programadas durante la etapa de industrialización para el área de fundición fueron afectadas por las restricciones externas relacionadas a los efectos de la pandemia mundial por el COVID-19; Magnificando los riesgos durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura. Estos efectos generaron un retraso y serie de reprogramaciones en esas actividades. Esta condición puntual, redujo el tiempo disponible para el desarrollo de este proyecto, representado un alto riesgo para no lograr cumplir con los entregables del proyecto.

Además, esta condición obligó al sector automotriz a detener operaciones alrededor de dos meses. Posteriormente al reanudar operaciones, generó una reestructuración en la fabricación de los pedidos en firme generando un riesgo significativo al cumplimiento de las entregas.

Finalmente, el valor en las divisas cambió, principalmente el incremento del precio del dólar contra el peso mexicano, esto condujo en un alza de los precios y costos de los insumos e inversiones para este proyecto afectando a las utilidades del sitio local. Por lo tanto, los riesgos dentro de la administración de proyectos son latentes y estos pueden llegar a magnificarse, pero pueden llegar a controlarse para tener menor impacto negativo.

Recomendaciones

Durante la ejecución del cronograma para la etapa de industrialización en el área de fundición, se presentaron atrasos en algunas actividades por dos efectos específicos. El primero de ellos fue derivado de factores internos relacionados al incumplimiento de los pedidos de producción por la falta de recursos humanos. Se recomienda incluir estos hallazgos como modos de fallas potenciales, así mismo, disminuir los efectos de ocurrencia al incluir las actividades de nuevos proyectos dentro de la programación de los planes de producción. Esto podría justificar el ajuste de los esquemas de trabajo extraordinarios para evitar el incumplimiento de los pedidos del Cliente.

El segundo efecto, fue derivado durante el desarrollo del AMEF, al no considerarse los elementos del proceso relacionados a la máquina en todos los artículos del AMEF. Principalmente, se recomienda incluir las causas de falla originadas por desgastes prematuros, partes dañadas o falta de refacciones de la maquinaria a utilizarse. Este tipo de hallazgos puede convertirse como factores críticos y llegar a generar costos adicionales o atrasos en el proyecto.

Además, se sugiere incluir dentro de una bitácora todos los gastos adicionales, que se incurrieron durante la ejecución del diseño y desarrollo del proceso de manufactura de fundición, y poder compararlo contra el presupuesto que se estableció en un inicio. Esto puede generar un indicador financiero en la administración de proyectos para visualizar los costos por depreciación de la inversión realizada y ser capaz de proyectarlos como gastos fijos, dentro de los prorrates en los productos manufacturados, logrando estimar la utilidad neta, cuando se arranque el inicio de producción masiva.

Finalmente, es deseable continuar esta metodología durante el diseño y desarrollo del proceso de manufactura para el área de mecanizado y ensamble. Esto proporcionara, una base histórica que puede ser aplicado para el desarrollo del AMEF para el proceso de manufactura en sus etapas preproducción masiva y seguir mejorándolo en su etapa final de producción masiva.

Referencias

- AEC. (2019). *Norma VDA*. Obtenido de Asociacion Española para la Calidad: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-vda>
- AIAG & VDA. (Junio de 2019). Failure mode and effects analysis. *FMEA handbook*. Southfield, Michigan, United State of America: Automotive Industry Action Group.
- AIAG. (2008). *Planeación avanzada para la calidad de productos y planes de control* (Segunda Edicion ed.). AIAG.
- AIAG. (1 de Octubre de 2016). Norma del sistema de gestion de la calidad automotriz. *Requisitos para el sistema de gestión de la calidad en las organizaciones que fabrican piezas de producción y piezas de servicio en la industria automotriz*. AIAG.
- AIAG. (Junio de 2018). Análisis de modos y efectos de fallas potenciales. *Manual de referencia*. AIAG.
- AIAG group. (2020). *Automotive Industry Action Group*. Obtenido de <https://www.aiag.org/about>: <https://www.aiag.org/>
- Aisan Industry CO., LTD. (2020). *Products and Systems for Internal Combustion Engines*. Obtenido de AISAN INDUSTRY CO., LTD.: <https://www.aisan-ind.co.jp/en/products/powertrain.html>
- CIIU. (2006). *Industrias manufactureras* (Revisión 4 ed.). Publicación de las Naciones Unidas. Obtenido de https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev4s.pdf
- Davidson Frame, J. (2003). *Managing risk in organizations. A guide for managers*. San Francisco, CA: Jossey bass.
- González, E. (Febrero de 2016). *La calidad y el proceso de diseño y desarrollo*. Obtenido de Asociación española para la calidad: https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=c7afa03b-a8df-43c2-82f3-275d2058d9f6&groupId=10128
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (tercera ed.). McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. DE C.V.
- Hermes. (30 de Junio de 2018). *Industria automotriz en Alemania; Liderazgo e innovacion*. Obtenido de Tecnologia Alemania hoy: <http://tecnologia.alemaniahoy.com/uncategorized/industria-automotriz-en-alemania/>
- Hogg, M. A. (Septiembre de 2019). Uncertainty in the world threatens our sense of self: To cope, people embrace populism. *SCIENTIFIC AMERICAN*, 321(3). Obtenido de

<http://web.a.ebscohost.com/creativaplus.uaslp.mx/ehost/detail/detail?vid=2&sid=8fd47312-f212-4144-9033-74f7dfbc6892%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=138069841&db=a9h>

- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen. A commonsense approach to continuous improvement strategy*. McGraw-Hill.
- ISO. (2015). ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de calidad. *Requisitos*. Ginebra, Suiza: Secretaría Central de ISO.
- Jaques, E. (1951). The changing culture of a factory. En E. Jaques, *The changing culture of a factory*. London: Tavistock Publications.
- Juran, J. (1989). *Juran y el liderazgo para la calidad: Manual para ejecutivos*. Juran Institute, Inc.
- L. Daft, R. (2011). Teoría y diseño organizacional. En R. L. Daft, *Teoría y diseño organizacional* (págs. 61-100). DF, México: Cengage Learning. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO%20DELL/Desktop/seminario%20de%20Tesis/ref/teoria%20y%20dise%C3%B1o%20organizacional.pdf
- López Patiño, J. (9 de Julio de 2010). *Industria automotriz, el nuevo manual AIAG & VDA FMEA*. Obtenido de vision industrial: <https://www.visionindustrial.com.mx/industria/calidad/industria-automotriz-el-nuevo-manual-aiag-vda-fmea>
- Manos, A., & Vincet, C. (2012). *The lean Handbook, a guide of the bronze certification body of knowledge*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ QUALITY PRESS.
- Martorano, B., Sanfilippo, M., & Haraguchi, N. (2017). What factors drive successful industrialization? Evidence and implications for developing countries. *Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series*, 1-37.
- NQA . (2020). *Gestión de calidad en la automoción IATF 16949*. Obtenido de NQA Organismo de certificación global: <https://www.nqa.com/es-mx/certification/standards/iatf-16949>
- OICA. (2020). *Economic Contributions*. Obtenido de International Organization of Motor Vehicle Manufacturers: <http://www.oica.net/category/economic-contributions/>
- OMS. (8 de ABRIL de 2020). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de COVID-19: cronología de la actuación de la OMS: <https://www.who.int/es/news-room/detail/08-04-2020-who-timeline---covid-19>

- Plexus International & AIAG. (2019). Manual AIAG & VDA FMEA: Mejoras, Desempeño e Impacto financiero. *El enfoque de los 7 pasos* .
- PMI. (2013). Introducción. En I. Project Management Institute, *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®)* (págs. 1-18). Estados Unidos de América.: Project Management Institute, Inc.
- Rodriguez, J. (6 de junio de 2019). *Portada de manual FMEA*. Obtenido de [Ilustración]: <https://spcgroup.com.mx/7-pasos-para-implementar-el-nuevo-amef-aiag-vda/>
- Secretaria de Economía. (Marzo de 2012). *Industria automotriz, Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología*. Obtenido de www.economia.gob.mx: https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Monografia_Industria_Automotriz_MARZO_2012.pdf
- Serna Gómez, H. (1994). Gerencia estratégica. En H. Serna Gómez, *Gerencia estratégica* (decima ed., pág. 55). Bogota., Colombia: 3R editores. Obtenido de <https://www.academia.edu/12171098/Libro-gerencia-estrategica-humberto-serna-gomez-140615221927-phpapp01>
- Sevilla, A. (23 de Marzo de 2012). *Producto interior bruto (PIB)*. Obtenido de [economipedia](http://economipedia.com): <https://economipedia.com/definiciones/producto-interior-bruto-pib.html>
- Simandan, D. (2009). Industrilization. *Brock University, St. Catharines,*, 419-425.
- Summers, D. C. (2006). *Administracion de la calidad*. Mexico: Pearson prentice Hall.
- The Shingo prize for operational excellence. (Mayo de 2007). Dimension two: Continuous process improvement. *Model & Application Guidelines*(7), 10. Obtenido de http://www.okyanusbilgiambari.com/bilgiambari/Yalin/Yalin.Giris/ModelsGuidelines_v5.pdf
- Uriart, J. M. (30 de julio de 2019). *10 carqacteristicas de la industria manufacturera*. Obtenido de <https://www.caracteristicas.co/>: <https://www.caracteristicas.co/industria-manufacturera/>
- Yoshioka, Y., Kondo, H., Tabata, Y., Hatakenaka, H., & Nakada, K. (Mayo/Junio de 2010). Automatic Control Method of NO Removal by a. *IEEE transactions on industry applications*, 46(3), 1166. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org.creativaplus.uaslp.mx/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5438748>

Anexos

Planificación y preparación (Paso 1)

Nombre de la compañía

Nombre del ANEF

Registro del ANEF

Ubicación de la compañía

Fecha de emisión

Nombre del Asm. del doc.

Nombre del cliente

Fecha de revisión

Nivel de confiabilidad

Año del programa

Nombre de eq. multidisciplinarios

Optimización (Paso 0)

| # de Artículo | Análisis de la estructura (Paso 2) | | | Análisis de la función (Paso 3) | | | Análisis de la falla (Paso 4) | | | Análisis de riesgos (Paso 5) | | | Optimización (Paso 0) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|---------------|----------------|---------------|-------------|---------------------|--|--|
| | 1- Atributos del proceso | 2- Pasos del proceso | 3- Elementos del proceso (SM) | 1- Función para el artículo del proceso | 2- Función para los pasos del proceso | 3- Función para los elementos del proceso | 1- Efectos de la falla | 2- Modo de la falla (MF) | 3- Causa de la falla (CF) | Control de prevención de ocurrencia (CF) | Control de detección (CF) o (NEF) | Detección (D) | Prioridad (AP) | Acción para la prevención | Acción para la detección de la acción | Responsable de la acción | Fecha de cierre | Fecha de acción prioritaria (AP) | Estado de la acción | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (D) | Acción (AP) | Cuantificación (AP) | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Criterios de severidad (S) para evaluación general de los procesos

Efectos de fallas potenciales calificadas de acuerdo a los criterios abajo indicados

| (S) | Efecto | Impacto en su planta. |
|-----------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Alto | La falla puede resultar en un riesgo agudo en la salud y/o seguridad para el ejecutor del proceso. |
| 9 | | La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta. |
| 8 | Moderadamente alto | El 100% de las salidas del sub proceso son afectadas y pueden generar un atraso total. La falla, puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta o un riesgo crónico en la salud y/o seguridad del operador del proceso. |
| 7 | | Las salidas del sub proceso, pudieran tener que clasificarse en una proporción para desecho (menor del 100%); se genera un atraso parcial o se asignan más recursos de forma permanente. |
| 6 | Moderadamente bajo | El 100% de las salidas del sub proceso, tendrían que re trabajarse o re programar actividades. |
| 5 | | Una proporción de las salidas del sub proceso, tendrían que re trabajarse o re programar actividades. |
| 4 | | El 100% de las salidas del sub proceso, tendrían que asignarse un recurso temporal para evitar atraso. |
| 3 | Bajo | Una proporción de las salidas del sub proceso, tendrían que asignarse un recurso temporal para evitar atraso. |
| 2 | | Leve dificultad para ejecutar el sub proceso y/o operación. |
| 1 | Muy bajo | Sin efecto perceptible. |

Potencial de Ocurrencia (O) para el proceso

Causas de fallas potenciales calificadas de acuerdo con los siguientes criterios: Se consideran controles de prevención cuando se determina el mejor estimativo de ocurrencia; ocurrencia, es un rango predictivo y cualitativo hecho en el tiempo de la evaluación y puede no reflejar la ocurrencia actual; el número de rango de ocurrencia, es un rango relativo dentro del alcance del AMEF (proceso siendo evaluado), para controles de prevención con rangos de ocurrencia múltiples, usar el rango que mejor refleje la robustez del control.

| (O) | Predicción de ocurrencia de las causas de la falla | Tipo de control | Control de prevención |
|------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Extremadamente alto | Ninguno. | Sin controles de prevención. |
| 9 | Muy alto | De comportamiento. | Los controles de prevención tienen un ligero efecto en la prevención de las causas de la falla. |
| 8 | | | |
| 7 | Alto | De comportamiento o técnicas. | Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla. |
| 6 | | | |
| 5 | Moderado | | Los controles de prevención son efectivos en la prevención de las causas de la falla. |
| 4 | | | |
| 3 | Bajo | Mejores prácticas: de comportamiento o técnicas. | Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla. |
| 2 | Muy Bajo | | |
| 1 | Extremadamente bajo | Técnicas. | Los controles de prevención son extremadamente efectivos en la prevención de las causas de la falla, de que ocurran debido al diseño. Intención de los controles de prevención, los modos de falla no pueden ser producidos físicamente debido a las causas de la falla misma. |

Potencial de detección (D) para la validación del diseño del proceso

Controles de detección calificada a la madurez del método de Detección y a la oportunidad de detección.

| (D) | Habilidad de detectar | Madurez del Método de Detección | Oportunidades para Detección |
|-----|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Muy bajo | Método de inspección o prueba no se ha establecido o no se conoce | El modo de falla no es o no puede ser detectado. |
| 9 | | Es no probable que el método de inspección o prueba detecte el modo de falla | El modo de falla no es fácilmente detectado a través de muestreos aleatorios o esporádicos. |
| 8 | Bajo | El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (La planta tiene poca o nula experiencia en el método) | Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso manual de mecanismos (atributos o variables) que deberían detectar el modo o causa de la falla. |
| 7 | | | Detección con base a un equipo/máquina (automatizado o semi automático con notificación de luz, alarma, etc), que debiera detectar el modo o causas de la falla. |
| 6 | Moderado | El método de inspección o prueba ha sido probado para ser efectivo y confiable (no tiene o poca experiencia con el método) | Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso manual de mecanismos (atributos o variables) que detectan el modo o causa de la falla. |
| 5 | | | Detección con base a un equipo/máquina (automatizado o semi automático con notificación de luz, alarma, etc), que detecte el modo o causas de la falla. |
| 4 | Alto | El sistema ha sido probado ser efectivo y confiable (La planta cuenta con experiencia con el método) | Método de detección automatizado con base a un equipo/máquina que detecte el modo de la falla flujo abajo (en los pasos posteriores del proceso), que previenen algún procesamiento adicional. |
| 3 | | | Método de detección automatizado con base a un equipo/máquina que detecte el modo de la falla en el paso del proceso, que previenen algún procesamiento adicional. |
| 2 | | | Método de la detección/máquina que detecta las causas de la falla y previene el modo de la falla (parte discrepante) al ser procesado. |
| 1 | Muy alto | El modo de falla no puede producirse físicamente conforme ha sido diseñado o procesado, o los métodos de detección probados siempre detectan el modo o las causas de la falla. | |

Acciones Prioritarias (AP) para AMEF de procesos.

La priorización de acciones se basa en la combinación de los rangos de Severidad, Ocurrencia y Detección, a fin de priorizar acciones para la reducción de riesgos.

| Efecto | (S) | Predicción de la ocurrencia de la causa de la falla | (O) | Habilidad para detectar | (D) | Priorización de acciones (PA) | | |
|------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------------|--------|---|
| Efecto muy alto en el producto o planta | 9 - 10 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A | | |
| | | | | Moderado | 5- 6 | A | | |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A | | |
| | | | | Muy alto | 1 | A | | |
| | | Alto | 6 - 7 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A | | |
| | | | | | Moderado | 5- 6 | A | |
| | | | | | Alto | 2 - 4 | A | |
| | | | | | Muy alto | 1 | A | |
| | | Moderado | 4 - 5 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A | | |
| | | | | | Moderado | 5- 6 | A | |
| | | | | | Alto | 2 - 4 | A | |
| | | | | | Muy alto | 1 | M | |
| | | Bajo | 2 - 3 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A | | |
| | | | | | Moderado | 5- 6 | M | |
| | | | | | Alto | 2 - 4 | B | |
| | | | | | Muy alto | 1 | B | |
| | | Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B | | |
| | | Efecto alto en el producto o planta | 7 - 8 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | | | Alto | 2 - 4 | A |
| Muy alto | 1 | | | | | A | | |
| Alto | 6 - 7 | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------------------------------------------------|-------|----------|--------|---------------------|--------|----------------|--------|---|
| | | | | Moderado | 5- 6 | A | | | | |
| | | | | Alto | 2 - 4 | A | | | | |
| | | | | Muy alto | 1 | M | | | | |
| | | Moderado | 4 - 5 | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A | | |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | M | | |
| | | | | | | Alto | 2 - 4 | M | | |
| | | | | | | Muy alto | 1 | M | | |
| | | Bajo | 2 - 3 | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M | | |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | M | | |
| | | | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |
| | | | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| | | Muy bajo | 1 | | | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B | | |
| | | Efecto moderado en el producto o planta | 4 - 6 | Muy alto | 8 - 10 | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | A |
| | | | | | | | | Moderado | 5- 6 | A |
| | | | | | | | | Alto | 2 - 4 | M |
| | | | | | | | | Muy alto | 1 | M |
| Alto | 6 - 7 | | | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M | | |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | M | | |
| | | | | | | Alto | 2 - 4 | M | | |
| | | | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| Moderado | 4 - 5 | | | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M | | |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | B | | |
| | | | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |
| | | | | | | Muy alto | 1 | B | | |
| Bajo | 2 - 3 | | | | | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B | | |
| | | | | | | Moderado | 5- 6 | B | | |
| | | | | | | Alto | 2 - 4 | B | | |

| | | | | | | |
|--------------------------------------------|-------|---------------------|----------------|---------------------|--------|---|
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| | | Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B |
| Efecto bajo en el producto o planta | 2 - 3 | Muy alto | 8 - 10 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | M |
| | | | | Moderado | 5- 6 | M |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B |
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| | | Alto | 6 -7 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B |
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| | | Moderado | 4 - 5 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B |
| | | | | Moderado | 5- 6 | B |
| | | | | Alto | 2 - 4 | B |
| | | | | Muy alto | 1 | B |
| | Bajo | 2 - 3 | Bajo- Muy bajo | 7 - 10 | B | |
| | | | Moderado | 5- 6 | B | |
| | | | Alto | 2 - 4 | B | |
| | | | Muy alto | 1 | B | |
| | | Muy bajo | 1 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B |
| Sin efecto discernible | 1 | Muy bajo – Muy alto | 1 - 10 | Muy alto – Muy bajo | 1 - 10 | B |