

IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA DE LAS FASES 3 Y 4 DEL APQP EN UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ: VALIDACIÓN TÉCNICA Y ANÁLISIS DEL PROCESO

METHODOLOGICAL IMPLEMENTATION OF PHASES 3 AND 4 OF APQP IN AN AUTOMOTIVE COMPANY: TECHNICAL VALIDATION AND PROCESS ANALYSIS

José Ángel Morales Martínez

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México
jmorales@cdhidalgo.tecnm.mx

Brisa Berenice Villegas Malagón

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México
bvillegas@cdhidalgo.tecnm.mx

Eric Omar Soto Laflor

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México
esoto@cdhidalgo.tecnm.mx

Recepción: 22/agosto/2025

Aceptación: 23/diciembre/2025

Resumen

El presente trabajo aborda el desarrollo e implementación de las fases 3 y 4 de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) en una empresa automotriz, con el propósito de asegurar un safe launch de un nuevo componente electrónico destinado a uno de sus principales clientes. El proyecto se desarrolló en el área de Calidad Proceso y comprendió actividades como la definición del flujo productivo, migración del PFMEA a la versión AIAG (Automotive Industry Action Group) & VDA (Verband der Automobilindustrie), creación del Plan de Control, validación de herramientas y layout, ejecución de auditorías internas, producción piloto y elaboración de documentación técnica (SPC y MSA). Los resultados evidencian un avance del 75% en la fase 3 y del 50% en la fase 4, mostrando la importancia de una planificación estructurada para mitigar riesgos, reducir scrap y robustecer la confiabilidad del producto.

Palabras Clave: APQP, automotriz, calidad, proceso, safe launch.

Abstract

This paper addresses the development and implementation of phases 3 and 4 of Advanced Product Quality Planning (APQP) in an automotive company, aiming to ensure the safe launch of a new electronic component for one of its main clients. The project was developed in the Quality Process area and included activities such as defining the production flow, migrating from PFMEA to the AIAG (Automotive Industry Action Group) & VDA (Verband der Automobilindustrie) version, creating the Control Plan, validating tools and layout, executing internal audits, conducting pilot production, and preparing technical documentation (SPC and MSA). The results show a 75% progress in phase 3 and 50% in phase 4, demonstrating the importance of structured planning to mitigate risks, reduce scrap, and strengthen product reliability.

Keywords: APQP, automotive, process, quality, safe launch

1. Introducción

En la industria automotriz, la planeación avanzada de la calidad constituye un elemento estratégico para garantizar que los nuevos productos cumplan con las especificaciones técnicas y los requerimientos del cliente antes del inicio de la producción en masa. En este contexto, el Advanced Product Quality Planning (APQP), desarrollado por la Automotive Industry Action Group (AIAG), se ha consolidado como una metodología fundamental para minimizar la variabilidad del proceso, anticipar fallas potenciales y asegurar un lanzamiento robusto (safe launch). Asimismo, la norma IATF 16949 establece lineamientos obligatorios para la aplicación de herramientas centrales como el Diagrama de Flujo, el Process Flow Diagram (PFD), el Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA) y el Plan de Control.

Las fases 3 y 4 del APQP validación del producto y del proceso, y lanzamiento de producción representan momentos críticos para asegurar la estabilidad del proceso manufacturero, ya que involucran auditorías internas, corridas piloto, estudios de medición (Measurement System Analysis, MSA), análisis estadístico de proceso (Statistical Process Control, SPC), revisión de riesgos y verificación de cumplimiento

de los Customer Specific Requirements (CSR). Estas fases permiten verificar que los controles son adecuados, que el proceso es capaz y que la producción inicial no comprometerá la confiabilidad ni el rendimiento del producto final.

El presente artículo describe la implementación metodológica de estas fases del APQP en una empresa automotriz, documentando el análisis del proceso productivo, la validación de layout, herramientas, y el desempeño inicial de las corridas piloto. Se adopta un enfoque aplicado y descriptivo bajo un estudio de caso industrial, con la finalidad de evidenciar los avances logrados.

2. Métodos

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado y descriptivo, estructurado como un estudio de caso industrial dentro de una empresa automotriz. La metodología empleada siguió los lineamientos del APQP establecidos por AIAG y los requisitos de la norma IATF 16949, integrando herramientas de análisis de riesgos, validación técnica y verificación operacional.

El proceso metodológico se organizó en cuatro etapas científicas:

- Levantamiento y análisis del proceso mediante observación directa y revisión documental.
- Evaluación y actualización del sistema de control de calidad (PFMEA, Plan de Control, Diagramas de Flujo).
- Validación técnica del proceso mediante corridas piloto, auditorías internas, MSA y SPC preliminar.
- Análisis de resultados y retroalimentación al sistema de producción, para cerrar ciclos de mejora.

Se emplearon diversas técnicas e instrumentos de medición, entre ellos:

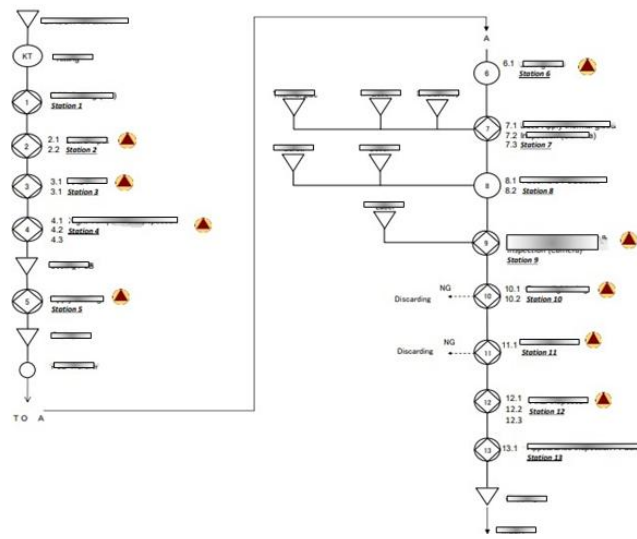
- Observación estructurada en planta.
- Revisión de documentación técnica (CSR, instrucciones de operación, flujogramas).
- Registros de producción piloto.
- Formatos de scrap, inspección dimensional y validaciones funcionales.
- Auditorías de proceso y producto basadas en IATF 16949.

La información recolectada se integró en matrices comparativas entre PFMEA, Control Plan y Diagrama de Flujo con el fin de identificar discrepancias, riesgos no documentados y oportunidades de estandarización.

3. Resultados

Definición del flujo de proceso productivo

Para iniciar el proyecto se identificó el proceso de acuerdo con el Diagrama de Flujo (Figura 1), con el propósito de compararlo con el AMEF y revisar o actualizar el Plan de Control dentro del área de Calidad Proceso. Esta actividad se realizó considerando los indicadores y alcances definidos internamente por MEAX para el cumplimiento de los milestones, en un proyecto desarrollado para uno de sus principales clientes en la región NAFTA (North American Free Trade Agreement).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 Diagrama de flujo de proceso.

Esta línea de producción cuenta con 13 estaciones, a través de las cuales se realiza el proceso de ensamble, se estableció un orden determinado para dichas estaciones, mostradas en la Figura 2, ya que en los 3 documentos había discrepancias acerca del acomodo o integración de algunas actividades, por lo cual se elaboró un documento con el fin de comparar el número de las estaciones en el Control Plan, AMEF y Diagrama de Flujo, unificando algunas estaciones, así como

estandarizando los nombres de las mismas, para evitar confusiones posteriores en el proyecto, identificando las estaciones críticas, y verificando que tuvieran el mismo nivel de importancia en los 3 documentos. Después, se inicia el AMEF desde la línea de SMT o Surface Mount Technology, ejemplificada en la Figura 3 y 4, ya que el proceso de ensamblado de PCB se hace en MEAX, y se hacen correcciones y actualizaciones en el formato a fin de evitar posibles modos de falla, y considerando experiencia en modos de falla de líneas similares.

	Diagrama Funci	Modificación	FMEA	Modificación	Control Plan	Modificación
ST.1	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating
ST.2	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating
ST.3	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating	PCB Coating
ST.4	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering
ST.5	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering
ST.6	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering	High Temperature Soldering
ST.7	Base Board Thermal Cure	Base Board Thermal Cure	Base Board Thermal Cure	Base Board Thermal Cure	Base Board Thermal Cure	Base Board Thermal Cure
ST.8	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs
ST.9	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs
ST.10	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs
ST.11	Labeling	Labeling	Labeling	Labeling	Labeling	Labeling
ST.12	Final Inspection	Final Inspection	Final Inspection	Final Inspection	Final Inspection	Final Inspection
ST.13	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs	Assembly of PCBs

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Captura del documento del match entre estaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Ejemplificación del área de SMT en MEAX.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Formato VDA del AMEF de SMT.

Desarrollo de PFMEA y plan de control inicial

Se comenzó a mudar el PFMEA de la versión de la 4ª edición, a la versión del VDA de la línea de SMT (Figura 5), con el apoyo del área de calidad, ingeniería, técnicos de calidad, y operadores, para conocer los efectos de falla actuales, los que no están registrados, los potenciales, y conocer la documentación existente que sirve para el control, detección y prevención de dichos modos de falla. Dicha migración comenzó en febrero del 2025, en base al manual VDA, y asesorías por parte de los ingenieros de Calidad Proceso.

El Control Plan, se validó a modo de agregar los modelos de los cuales se dispone en el proyecto para su producción, siendo documentos “vivos”, cuya información puede modificarse según las especificaciones de cliente o motivos gerenciales de producción. La Figura 6 muestra la captura del encabezado del Control Plan. Posterior a ello, se validó el layout y la configuración de los equipos conforme a los CSR y los criterios de seguridad eléctrica de MEAX, con apoyo de personal especializado.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 PFMEA.

CONTINUA PLANEADO		SUPPLIER		QUALITY ATTRIBUTE										
PROCESS		NIPA SITE LOCATION		SUPERSEDED DATE										
PART NAME		CORE TERM		CREATOR										
PART NUMBER		SPO Team ENG Team QC Team		FORECAST REVISION										
PRODUCT QUALITY CONTROL														
NO.	PROCESS NAME	FACILITY NAME AND NO.	SIGNIFICANT CHARACTERISTICS	QUALITY RISK	CONTROL PLAN	CRITERIA	RESP.	CONTROL METHOD	CONTROL FREQUENCY	POSITION	RECORD	REFERENCE	SPE	CONTROL PLAN
1														

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 Control Plan.

Inicio de creación de controles (X-R, ayudas visuales, fichas de verificación, Liberación de primera pieza)

Con el proceso definido y los documentos base alineados, se elaboraron los controles iniciales de la línea, comenzando con una lista de números de parte que se actualizó conforme avanzó el proyecto. Este formato (Figura 7), organiza las familias de modelos y sus números de parte para asegurar su correcta identificación y trazabilidad. Al inicio del proyecto no se disponía de toda la información relativa a modelos, especificaciones y componentes; por ello, las ayudas visuales se elaboraron progresivamente conforme el área de APQP proporcionó los datos necesarios. El formato estándar utilizado para estas ayudas, Figura 8, presenta las condiciones OK (correctas) y NG (incorrectas) por estación. Estos documentos requieren aprobación de las áreas involucradas y deben cumplir con los lineamientos internos establecidos para su correcta aplicación en producción.

NUMEROS DE PARTE			
	Nombre del proyecto		Logo Cliente
PLATAFORMA	NUMERO DE PARTE CLIENTE	NUMERO DE PARTE MEAX	NUMERO DE PARTE PCB
Familias de Modelos			
Familias de Modelos			
Familias de Modelos			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7 Formato de Lista de Modelos.

Datos del encabezado	
AYUDA VISUAL	
NOMBRE DE LA OPERACIÓN: No. de partes y descripción: MODELO: PLANTILLA DE LA OPERACIÓN:	AREA: OPERACIÓN CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES:
Propósito:	
OK	NG
Condiciones OK o correctas del procedimiento	Condiciones NG o incorrectas del procedimiento

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8 Formato de Ayuda Visual.

Con la llegada de la información de ciertos modelos se elaboró un formato de SCRAP (Figura 9), para registrar los componentes desperdiciados durante el ensamble. Este documento permite identificar y controlar los costos asociados al scrap, siendo deseable mantener su nivel lo más bajo posible para asegurar la eficiencia del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9 Formato de SCRAP.

Las cantidades de SCRAP registradas (Figura 10), se integran en un formato que permite calcular su costo diario. Este control es clave para mantener el SCRAP por debajo del 0.058% mensual, estándar que también se aplica en las pruebas piloto para asegurar el desempeño funcional de la línea.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Formato de Registro de SCRAP.

Producción de piezas piloto y pruebas funcionales

Las pruebas piloto iniciaron a mediados de marzo en SMT y posteriormente en ensamble. Durante ellas se validaron los datos de cada modelo mediante un Formato de Validación de Etiqueta. El registro inicial se efectuó mediante el código QR de la PCB (Figura 11), asegurando la trazabilidad y correcta codificación del producto. Con el formato mostrado en la Figura 12, se realizaron las pruebas necesarias para la producción en el área de SMT, configurando las máquinas, y a su vez, añadiendo modos de falla al PFMEA.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 Ejemplificación de la PCB con el código QR.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Formato de Verificación de Código QR.

Aunado al proceso anterior, se llevó a cabo una validación de la etiqueta del producto y empaque, con los datos necesarios del modelo, esto mediante un formato que se valida durante la producción. Estas etiquetas siguen un formato de

predefinido, y aunque el contenido o distribución de la información en ella no es el mismo que con otros productos fabricados en MEAX, sigue un estándar, y obedece al cumplimiento de los requisitos del cliente, así como los lineamientos de trazabilidad para su embarque y distribución dentro y fuera de la empresa.

Pruebas de Producción

Para este trabajo se llevan a cabo diferentes corridas o producciones de prueba (Tabla 1), donde se ponen a prueba además del proceso, la maquinaria y personal, la documentación necesaria para producir en la nueva línea. Estas corridas tienen una cantidad significativa específica de acuerdo con necesidades internas, y con el cliente, ya que las piezas producidas son utilizadas para estudios, aprobaciones, evaluaciones y muestras que determinarán si el proceso cumple con los estándares dentro y fuera de MEAX. Se realizaron tres corridas piloto una para cliente y dos internas con cerca de 1,900 *piezas*. Con estas se generaron MASTERS OK/NG mediante el formato de la Tabla 1 y se identificaron ajustes en documentación, maquinaria y operaciones. Estos resultados fortalecieron el AMEF, mejoraron las ayudas visuales.

Tabla 1 Piezas producidas en corridas de prueba.

FG	PCB	CUSTOMER	EVENTO INTERNO 1		EVENTO INTERNO 2
MODELOS	NÚMEROS DE PARTE	72	12	138	270
		72			42
		90			30
		90			30
			12	96	30
					24
			12	96	30
					24
				153	405
					36
					36
					36
TOTAL PCS		324	36	483	993

Fuente: Elaboración propia.

Inspección Dimensional

La inspección dimensional (Figura 13), se realizó con el objetivo de verificar que las piezas producidas en las corridas piloto cumplieran con las tolerancias

especificadas. Para ello se aplicaron instrucciones de operación dimensional y funcional: la primera mediante instrumentos físicos como vernieres, y la segunda mediante un tester electrónico que evalúa voltaje y regulación interna. Debido a que inicialmente no se contaba con un estándar de medición ni con el tester definitivo, se revisaron los dibujos del cliente y se estableció un estándar básico para las primeras evaluaciones. Las mediciones realizadas en aproximadamente 20 piezas coincidieron con los valores y tolerancias especificados, confirmando la conformidad dimensional inicial del proceso. Además de los resultantes electrónicos de inspección final, en estas pruebas de medición se realizaron los Inspection Report, donde se establecen para cada pieza medida las variables dimensionales y funcionales que deben corresponder o situarse dentro de las tolerancias establecidas, las piezas resultantes se enviaron a cliente para su aprobación.

5.1 Identificación de Instrumentos
Se presentan los tres tipos de vernier existentes en el QC ROOM utilizados para realizar mediciones a las unidades de

Nombre del Instrumento	Foto del Instrumento	Figura de Referencia	Valor de la Medida
Vernier (A)			L1= Valor Indicado L2= Valor Indicado
Vernier de Centros (B)			L3= Valor Indicado+a/2+b/2
Vernier de Centros (B)			L4= Valor Indicado+a+b/2 L5= Valor

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13 Extracto del formato de inspección dimensional.

Capacitación al Personal Operativo

Se capacitó al personal operativo en el uso de ayudas visuales, instrucciones de operación y requisitos de maquinaria, asegurando su rotación por estaciones críticas. Durante estas sesiones se revisaron documentos clave como fichas de verificación y estándares de proceso, proponiéndose mejoras para la producción. Lo anterior, se realiza enfocado en los objetivos planteados en el inicio, como el cumplimiento de Scrap, cuyo objetivo se actualizó (Tabla 2), al igual que algunas

fechas previstas al inicio del proyecto, que por motivos de CSR, o de la empresa, tuvieron que cambiar de fecha, con el fin de asegurar la calidad final del producto.

Tabla 2 Porcentaje objetivo de Scrap actualizado.

Scrap ration	2024, FY Target	2024, 1st half Result	2024, 2nd half Result	2024, FY Result	Achieve	2025 FY Target (MEAX)
Línea	0.058%	%1er semestre	%2do semestre	%Total	Logrado / No logrado	0.042%

Fuente: Elaboración propia.

Ejecución de auditorías internas (proceso y producto)

Como parte de la documentación requerida por el área de APQP, se elaboró una hoja de liberación de primera pieza. Este es un documento se muestra en la Figura 14, es necesario en cada corrida de producción y se elabora cada que se produce o cambia de modelo en la línea, ya que registra a manera de inspección, las características funcionales y dimensionales. Además de la apariencia de las piezas, esto de acuerdo a un documento llamado Inspection Report, que declara las características físicas y funcionales que debe tener el producto, marcando las cotas o dimensiones a medir, así como los valores técnicos que debe evaluar y arrojar el tester o máquina de evaluación electrónica.

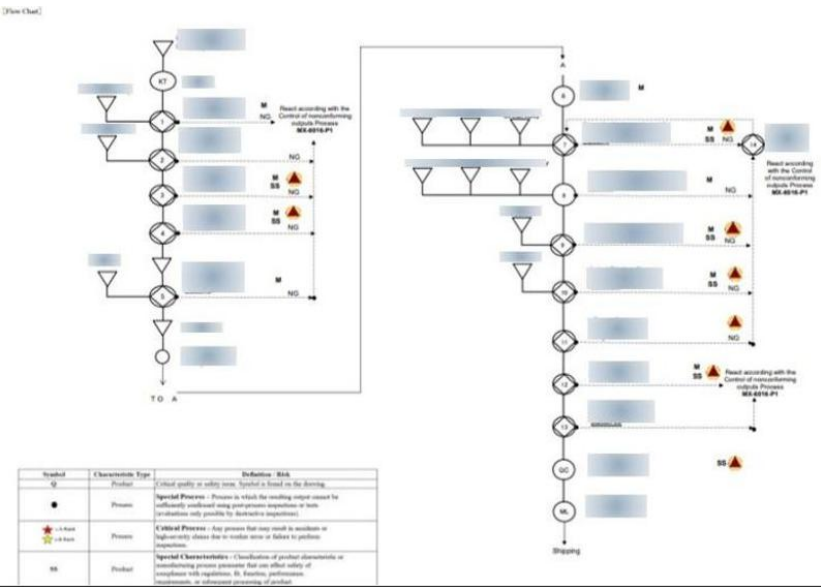
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14 Validación de Apariencia (Formato de Liberación de Primera Pieza).

Diagrama de Flujo, Control Plan, y PFMEA Mass Production

El diagrama de flujo del proceso se actualizó (Figura 15), a modo de corregir un desfase que había entre 3 estaciones, ya que comprendían el proceso de manera

diferente, pero al correr la línea, las operaciones estaban en otro orden, y se corrigió el diagrama de flujo, parte de estos cambios influyeron en el proceso de hacer el match de las ayudas visuales a instrucciones de operación (Tabla 3), ya que tuvo que revisarse que correspondieran a la estación correcta y en el nuevo orden.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15 Actualización al Diagrama de Flujo.

Tabla 3 Match de números de identificación de componentes de producto.

Lista Scrap	Part Number	Lista de piezas especificadas	Part Number
			Verdadero
			Verdadero
			Verdadero
			Verdadero
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Falso
			Verdadero
			Verdadero
			Verdadero

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del AMEF de mass production, este se encuentra aún en migración de la versión AIAG 4ª Edición a la 1er Edición VDA, mientras que el Control Plan, queda pendiente de elaboración a terminar, ya que, en orden de elaboración, al corregir el diagrama de flujo, y terminar él AME, se deben tener todos los códigos de documentación de la línea a modo de elaborar el plan de producción siguiendo el Control Plan.

Establecimiento de SPC y MSA en la línea de producción

El Measurement Analysis System es esencial en cualquier proceso productivo, para asegurarnos de la fiabilidad del proceso, y como son medidos los estándares bajo los que se rigen las condiciones de operación. En el caso de esta nueva línea, se estableció una matriz de características especiales, que recaba información acerca de CSR, procesos importantes y características especiales para MEAX, especificando su característica o tolerancia, método de control y su frecuencia. En la Figura 16 se muestra los datos dentro del formato a registrar un SPC & MSA Plan.

SPC & MSA plan

Project name: _____ Doc. Rev. Date: _____
 Business unit: _____ Doc. Origin date: _____
 Design revision: _____

Based on customer requirements, important and special characteristics, fill out the below chart with every station process, identifying if there is a customer requirement, important process or special characteristic related to this operation, after that, mark cpk or MSA applicability.
 ※ If there is an station/equipment related to CR/I/S, to perform MSA is a must, MSA type should be defined with core team.

No.	Process description	CR	I	S	Equipment used	Cp/Cpk Mark if required	MSA type			Type 1
							LyS	R&R	ASAg	
1			X							
2			X							
3			X							
4			X							
5		X	X	X						
6		X	X	X						
7		X	X							

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16 SPC & MSA Plan.

En dicho plan se registra el tipo de MSA a realizar en las estaciones que lo requieran, este procedimiento asegura que se cumplan las especificaciones y estándares establecidos durante el proceso de producción.

Dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de MEAX se cuenta con instrucciones de operación, donde se explica a detalle cómo realizar cada tipo de MSA. Dentro del proceso se contará con la elaboración de 4 MSA DE Tipo 1, y 3 por Atributos.

El MSA Tipo 1, ayudará a evaluar la capacidad del proceso de medición, ya que muestra los efectos combinados del sesgo y la repetitividad, en base a múltiples mediciones de una misma pieza, y en cuanto al análisis por Atributos o ATTRIBUTE AGREEMENT ANALYSIS, este nos ayuda a determinar si los medidores o evaluadores son consistentes en sus mediciones en las piezas medidas, y con los valores estándar conocidos.

Revisión y aprobación del cliente para el inicio de producción

La aprobación por parte del cliente es un proceso largo, y que requiere el esfuerzo de muchas áreas, ya que deben correrse varias pruebas a lo largo de un periodo de tiempo que puede llegar a ser de 1 año, donde se evalúan parámetros, características, se hacen pruebas de calidad dentro y fuera de MEAX.

El PPAP proporciona productos terminados acompañada de evidencia documentada de que el proceso de fabricación puede producir productos que cumplan con las especificaciones requeridas de manera constante, el proveedor entiende claramente los requisitos del cliente y cómo cumplirlos y que se minimizan los riesgos de fallas en los productos durante la producción en serie.

El PPAP incluye un conjunto de documentos los cuales MEAX debe presentar al cliente para su evaluación. Algunos de esos documentos son control plan, AMEF, resultados de pruebas dimensionales y funcionales, diagrama de flujo, resultados MSA, registro de materiales, etc. El departamento de APQP son los responsables de proporcionar todo lo antes mencionado.

SANDA es la encargada de la revisión de estas piezas, es decir se aseguran de que el producto cumpla con las especificaciones y estándares de calidad y posteriormente si es aprobado pueden mandar los productos de las corridas al cliente. La aprobación en MEAX se produce antes del primer envío del producto a SANDA e incluye una revisión de lo siguiente:

- Core Tools
- Documentación de Proceso. Estos documentos deben contener todas las características especiales especificadas en el Plan de Control y que se hayan atendido todas las recomendaciones del PFMEA.

- Dispositivos de Seguimiento y Medición.
- Demostración de Capacidad Requerida (Contemplada en el plan de SPC & MSA).

En el caso particular de este proyecto, se han revaluado las fechas de este en varias ocasiones, por cambios de ingeniería, cambios en el material de producción, requerimientos internos, entre otras razones, por lo cual, a lo largo de este año se tendrán los demás eventos, terminando aproximadamente en la segunda mitad del año, esperando la aprobación total del mismo para iniciar el mass production.

Indicadores clave de desempeño (KPIs)

Con el fin de evaluar el desempeño de la implementación de las fases 3 y 4 del APQP, se definieron e hicieron seguimiento a diversos indicadores clave (Key Performance Indicators, KPIs). Entre los más relevantes se encuentran:

- Porcentaje de scrap: Durante las corridas piloto se obtuvo un scrap acumulado aproximado de 0.041%, valor inferior al objetivo interno establecido de 0.058% mensual.
- Conformidad dimensional de piezas piloto: En las primeras corridas, alrededor del 98.3% de las piezas inspeccionadas cumplió con las tolerancias dimensionales especificadas por el cliente, lo cual nos da una adecuada estabilidad del proceso de ensamble y del área de SMT.
- Conformidad funcional: A partir de las pruebas funcionales realizadas con el equipo disponible, se obtuvo un porcentaje de aprobación cercano al 96.5%.
- Avance de implementación por fase APQP: La fase 3 (diseño y desarrollo del proceso) presenta un avance estimado del 75%, mientras que la fase 4 (validación del producto y del proceso) alcanza alrededor del 50%.
- Modos de falla identificados en PFMEA: La migración del PFMEA a la metodología AIAG & VDA permitió incrementar en aproximadamente 22% el número de modos de falla documentados, al integrar información proveniente de la experiencia en líneas similares y de las corridas piloto.

4. Discusión

Al término de la estancia en MEAX, se cuenta con un avance significativo en ambas fases del proyecto, teniendo en la fase 3 o Diseño y desarrollo del proceso, un avance del 75%, ya que los AMEF de ambas líneas del proceso aún se encuentran en elaboración, y se espera su entrega a la brevedad, sin embargo, se validó el proceso a nivel técnico, y se robustecieron sus controles a modo de prever problemas potenciales.

En cuanto a la fase 4, Validación del producto y del proceso, se cuenta con un avance del 50%, ya que, aunque se cumple con el 80% de las actividades propuestas en dicha fase, aún faltan los demás eventos o corridas de prueba, además de aprobaciones posteriores, así como posibles cambios, o validaciones y/o correcciones en cuanto al daño electrostático, mejoras a la maquinaria, formatos, o verificaciones.

Se prevé, que el proyecto quede funcionando para mass production en al menos dos familias de modelos, para finales del año 2025, ya que se contará con diversos eventos que implican un esfuerzo significativo para la aprobación del proceso o producto, y que requieren monitoreo continuo durante dichas producciones para garantizar una transición fluida y segura de las pruebas piloto a la producción en masa.

Este proyecto, a pesar de los imprevistos que hubo desde el comienzo de este, se logró avanzar de manera significativa, y dichas contingencias se superaron mediante el trabajo constante, comunicación con las distintas áreas, y así como detección y corrección temprana de posibles desviaciones, fortaleciendo la confiabilidad del proceso, y por ende el producto lleva en si el trabajo y experiencia de personas.

El proyecto ha logrado cumplir dentro de los límites establecidos por los tiempos y los requisitos internos y externos.

Actualmente, se encuentra en espera de la validación por parte del cliente y las oficinas centrales, lo que permitirá avanzar con las pruebas correspondientes y realizar las correcciones necesarias antes de iniciar la producción en masa a finales de año.

5. Conclusiones

El desarrollo del proyecto fue enfocado a una estructura llevada a través de las fases 3 y 4 del APQP, buscando asegurar la validación del producto y fortalecer la confiabilidad del personal en las diferentes áreas de los procesos que son parte de la línea o proceso, además, la implementación de herramientas como el FMEA ha sido clave para la identificación y mitigación de riesgos, complementada con una adecuada documentación y ejecución de actividades orientadas no solo al cumplimiento de los objetivos técnicos, sino también a promover la calidad como un hábito esencial desde las etapas iniciales del proyecto, asegurando la eficiencia operativa.

La cooperación con el personal de distintas áreas fue clave para iniciar, llevar, y terminar mi estancia como practicante en MEAX, ya que siempre hubo apertura al aprendizaje, corrección de errores, y la mejora continua basada en el trabajo constante y el interés al proyecto, apoyado en personas capaces.

Este proyecto representó un gran desafío, ya que permitió aplicar y trasladar el conocimiento teórico a la práctica en un entorno empresarial real, y lleno de retos. Uno de los aprendizajes más importantes fue comprender la importancia de la calidad como un hábito, que se lleva a través de la coordinación de las distintas áreas, y su anticipación a los problemas, siendo clave observar, entender y aplicar mi capacidad de análisis, resolución de problemas y toma de decisiones basada en datos reales, superando los conceptos técnicos hacia acciones prácticas para el entendimiento del Sistema de Gestión de Calidad en la industria automotriz.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Admin. (2023). ¿Cuál es la Diferencia entre Tier 1 y Tier 2 Automotriz? - Un Análisis Comparativo | Actualizado marzo 2025. IIAM.
- [2] CeroScrap. (2020). ¿Qué significa scrap industrial? - Reciclado Industrial. Reciclado Industrial.
- [3] Dulce. (2024). Ventajas de la nueva versión AMEF de proceso AIAG-VDA - SPC Consulting Group. SPC Consulting Group.
- [4] JL, B. (2024, 12 julio). Placa de circuito impreso (PCB). Electrónica Online.

- [5] Rodríguez, J. (2025). 9 Requerimientos Específicos de Cliente que debes conocer - SPC Consulting Group. spcgroup.com.mx.
- [6] Romero, P. (2025, 9 enero). Diagrama de flujo de procesos: qué es, cómo aplicarlo y ejemplos. Geinfor ERP.
- [7] SPC Consulting Group. (2025, enero). ¿Qué es la norma IATF 16949:2016?. spcgroup.com.mx.
- [8] SPC Consulting Group. (2024, noviembre). CQI's - Qué son y las versiones más comunes. spcgroup.com.mx.
- [9] SPC Consulting Group. (2024, agosto). AMEF Análisis del modo y efecto de falla. spcgroup.com.mx.
- [10] SPC Consulting Group. (2024b, agosto). MSA Análisis del Sistema de Medición. spcgroup.com.mx.
- [11] SPC Consulting Group. (2024b, agosto 22). SPC Control Estadístico de Proceso . spcgroup.com.mx.
- [12] SPC Consulting Group. (2024c, agosto 22). SPC Control Estadístico de Proceso . spcgroup.com.mx.