Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Diseño e implementación de una línea de producción para el lanzamiento de nuevos productos para la industria automotriz, aplicando la planificación avanzada de la calidad del producto (APQP)

Design and implementation of a production line for the launching of new products for the automotive industry, applying advanced product quality planning (APQP)

Arguelles-Ojeda, J.L.*, Pineda-Rico, Z. [a]

Ingeniería Mecánica Administrativa. Unidad Académica Multidisciplinaria Región Altiplano, Carr. Cedral Km. 5+600, CP 78700, Matehuala, S.L.P.

luis.arguelles@uaslp.mx*; zaira.pineda@uaslp.mx

Innovación tecnológica: Aplicación de la Planificación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) al proceso de lanzamiento de nuevos productos en la industria automotriz.

Área de aplicación industrial: Diseño de productos y procesos, calidad, industria automotriz.

Recibido: 30 agosto 2024
Aceptado: 10 enero 2025

Abstract

Developing new products is always a challenging and creative task for companies in today's era of globalization. Several internal and external factors must be considered throughout the product development process. The internal factors in question are skilled manpower, budgetary provision for new product development, infrastructure and other resources available with the organizations. While external factors are customer requirements, legal issues, government policies, market segments and prevailing market situations.

The so -called Core tools of the automotive sector (APQP, PPAP, FMEA, Control Plan, SPC, MSA) have proven to be an excellent solution to the challenges that arise in this highly competitive industry. This paper develops the specific use of Advanced Product Quality Planning (APQP). The use of this tool minimizes the problems faced in the successful introduction or launch of a new product or project; a process in companies that depends on adequate planning,

supervision and training. In recent years, it has been successfully applied, including in the aerospace industry.
In this way, in the present work, Advanced Product Quality Planning (APQP), the process flow diagram, the Failure Mode and the Effect Analysis (FMEA), production line balancing with Takt Time and the Production Part Approval Process (PPAP), are used for a new product launching project on a new production line With the joint use of the aforementioned tools and whose development is shown, the implementation of the production line for the manufacture of a textile product for automotive use is achieved, meeting the quality and production expectations of the client, ensuring the constant supply of the product with zero defects. In implementation process of the production line, it was possible to obtain an improvement of 36.81% in time reduction, which generates an approximate income of 1,250,000 USD per year. A documented guide with step-by-step procedures for the design process, implementation, start-up of the line and release of the final product, is prepared for use in future company projects to launch new products.

Keywords: New products launching, Advanced Product Quality Planning (APQP), Automotive industry.

Resumen

El desarrollo de nuevos productos siempre es una tarea desafiante y creativa para las empresas en la era actual de la globalización. Se deben considerar varios factores internos y externos en todo el proceso de desarrollo del producto. Los factores internos en cuestión son mano de obra calificada, provisión presupuestaria para el desarrollo de nuevos productos, infraestructura y otros recursos disponibles con las organizaciones. Mientras que los factores externos son requisitos de los clientes, asuntos legales, políticas gubernamentales, segmentos de mercado y situaciones prevalecientes en mercado.
Las llamadas Core tools del sector automotriz (APQP, PPAP, AMEF, Plan de Control, CEP, MSA) han demostrado ser una excelente solución a los desafíos que se presentan en esa industria tan competitiva. En el presente trabajo se desarrolla el uso en específico de la Planificación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP). La utilización de esta herramienta minimiza los problemas que enfrentan la introducción o lanzamiento exitoso de un nuevo producto o proyecto; proceso en las empresas que depende de una adecuada planeación, supervisión y capacitación. En los últimos años, se ha venido aplicando con éxito, incluso, en la industria aeroespacial.
De esta manera, en el presente trabajo, se aplican para un proyecto de lanzamiento de nuevos productos en una línea nueva de producción, entre otras herramientas, la Planificación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP), el diagrama de flujo del proceso, el Análisis del Efecto y Modo de las Fallas (AMEF), el balanceo de líneas con Takt Time, y el Proceso de Aprobación de Partes de Producción (PPAP). Con el uso conjunto de las mencionadas herramientas y cuyo desarrollo se muestra, se logra la implementación de la línea de producción para la fabricación de un producto textil para uso automotriz, cumpliendo con la calidad y las expectativas de producción del cliente, asegurando el surtimiento constante del producto con cero defectos. En el proceso de implementación de la línea de producción, se logró obtener una mejora en reducción

de tiempos del 36.81%, lo que genera un ingreso aproximado de 1,250,000 USD anuales. Se elabora una guía documentada con los procedimientos paso a paso para el proceso de diseño, implementación, arranque de línea y liberación del producto final, para su utilización en futuros proyectos de la empresa en lanzamiento de nuevos productos.

Palabras clave: Lanzamientos de nuevos productos, APQP, Industria automotriz.

I. Introducción

La globalización económica y comercial provoca que los mercados de los productos sean cada día más disputados, existen factores que influyen en los cambios estratégicos de la industria automotriz, como son, la demanda, los productos innovadores, y la tecnología de punta, ésta última, interviene con relación al uso de nuevos materiales y la organización del diseño y fabricación de los vehículos alrededor de plataformas y sistemas automatizados de producción.

Para que una empresa pueda ser competitiva necesita: planeación, supervisión, capacitación, entre otras cosas, porque a medida que una empresa sea más competitiva y global, enfrenta mayores niveles de competencia [1-5], a largo plazo el desarrollo intelectual de los miembros llevará a una mejor conciencia de la optimización y de la conservación de los recursos, la competencia debe estar dirigida a la innovación y a la búsqueda de las nuevos medios que permitan el desarrollo, de igual forma como seres humanos y como agentes de cambio, debe estar enfocada a las necesidades de la sociedad para asegurar el mercado para las futuras generaciones [6]. Ser competitivo significa trabajar, producir, atender, etc. mejor que los competidores, desde el punto de vista de los clientes y partes interesadas (accionistas, distribuidores, proveedores, regulación gubernamental, sociedad, etc.). Existen factores que influyen en la competitividad de una organización, por ejemplo: políticas comerciales de los países, estructura administrativa de la organización, ambiente para los negocios, conocimiento y habilidades directivas, alianzas estratégicas, recursos humanos (capital humano), incentivos, etc. [5,3].

El desarrollo de nuevos productos siempre es una tarea desafiante y creativa en la era actual de la globalización. Una problemática que enfrentan las empresas del sector automotriz es la falta de sistemas, seguimiento a los métodos y principalmente la falta de planeación estratégica que debe regir la operación de los proyectos. Los actuales y futuros responsables de la gestión de proyectos deben tomar en cuenta que la lógica y el mensaje que deben transmitir a todos los responsables de sus áreas es la satisfacción del cliente, basada en los requerimientos del producto, teniendo como resultado la pronta recuperación de las inversiones, esto como principal objetivo del equipo de proyectos [1,7,8].

En los procesos de producción racional en las organizaciones, para lograr calidad y precios competitivos en los mercados, ocupa un lugar destacado la aplicación de la Metodología de la Planificación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP). La utilización de esta minimiza los problemas que enfrentan la introducción o lanzamiento exitoso de un nuevo producto o proyecto; proceso que depende de una adecuada planeación, supervisión y capacitación en las empresas [1-5,7-15,17,18, 19]. Ha sido tan exitosa la metodología de la Planificación

Avanzada de la Calidad del Producto (APQP), que en los últimos años ha incursionado de manera importante en el diseño y desarrollo de los productos en la industria aeroespacial [9,12-13,15].

Gomes et al (2023) [1] utilizan la APQP en el proceso de desarrollo de productos en la industria automotriz, y, auxiliándose de algunas otras herramientas de la metodología Lean Manufacturing, mejoran el modelo existente una empresa automotriz reduciendo el tiempo de desarrollo del producto de 700 a 369 días (52.7%). Además, la eficiencia del proceso aumentó del 68% al 85%, logrando así que el lanzamiento del producto fuera exitoso.

Altfeld (2020) [2] aborda el tema de como numerosas industrias del ramo automotriz han incorporado y ajustado el uso del APQP de acuerdo con sus necesidades para implementar de forma exitosa el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos.

Estrada (2018) [17] pone en práctica la metodología APQP en la industria automotriz para contrarrestar los efectos de la mala calidad del diseño, procesos deficientes, e incumplimiento de las fechas compromiso. Por medio de la mejora de los departamentos donde se aplica la mencionada metodología logra generar mejores utilidades, mejores ventas y ganar nuevos clientes.

Zhu et al (2022) [18] utilizan, entre otras metodologías, la APQP con el objetivo de vincular la calidad con el diseño de productos, la planificación de fabricación y los procesos críticos para las empresas, como la gestión de cambios. El enfoque proporciona a los equipos interdisciplinarios y a la cadena de suministro extendida poderosas capacidades de circuito cerrado para identificar y gestionar riesgos, mejorar la calidad y cumplir con los requisitos de los clientes, ahorrando recursos importantes.

Shah et al (2024) [9] documentan la forma en que la Aerospace Engine Supplier Quality (AESQ), que es un proveedor de motores aeroespaciales, introducen la APQP para lograr cero defectos en el diseño y fabricación de sus productos. Al abordar los defectos durante la fase de diseño, el diseño del producto resultante optimiza el rendimiento, logra una mayor confiabilidad y también puede minimizar el desperdicio y promover la sostenibilidad.

Una vez mencionado lo anterior, los objetivos de este trabajo son llevar a cabo la propuesta de desarrollar una Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) en el inicio de la línea de cubreasientos para la industria Automotriz, y así asegurar que los requisitos, necesidades, expectativas del cliente y del producto sean obtenidos. Así mismo se busca crear un modelo aplicable para los próximos arranques de proyectos en la empresa y que se genere una guía documentada para el proceso de arranque y liberación del producto final; incrementando la eficacia del proceso y generando ahorros significativos en las líneas de producción.

La hipótesis es que al trabajar bajo el estándar de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto se realice el arranque de línea de un modelo de cubreasientos, enfrentando y resolviendo las problemáticas que se presenten, para obtener los mejores resultados tanto en la manufactura de la empresa como con los clientes, desarrollando el proyecto con la mejor calidad tanto del producto como de la producción y del recurso humano.

II. Materiales y equipos

Para llevar a cabo el desarrollo e implementación del proyecto son necesarios diversos equipos/materiales:

- Máquina de corte laser Lectra x6.
- Variedad de hilos para retenedores, uniones y decorativa francesa.
- Variedad de telas de color negro, gris y verde.
- Máquinas Bordadoras tubulares de alta velocidad, de 4 y 6 cabezas serie CHT2.
- Máquinas de coser 1 y 2 agujas modelos LU28128VA7NBBSZ y LU2860VALD70BBS.

III. Métodos experimentales

En la tabla #1 se desglosan las actividades a cumplir en la aplicación de la Metodología de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto y es el proceso base para realizar en debido orden los pasos en el desarrollo del proyecto. Cada uno de los pasos que se mencionan en la tabla #1 fueron llevados a cabo en el proyecto, en el presente trabajo se incluye únicamente lo más relevante y lo que por cuestiones de confidencialidad la empresa permite que se muestre.

Tabla 1. Desglose del proceso de la APQP.

Planeación y definición de un programa	Diseño y desarrollo de producto	Diseño y desarrollo del proceso	Validación del producto y el proceso	Evaluaciones, retroalimentación y acciones correctivas
Objetivos de diseño	AMEF de producto	Normas, estándares y especificaciones de empaque	Evaluación del sistema de medición	Reducción de variantes
Objetivos de fiabilidad y calidad	Verificación de diseño	Revisión del sistema de calidad	Corrida de pre- lanzamiento	Mejoramiento en la satisfacción de los clientes
Lista preliminar de materiales	Aprobaciones de diseño	Diagrama de flujo del proceso	Balanceo de línea	Mejoramiento en el envío y servicio
Flujo de proceso preliminar	Construcción de prototipo	Layout	Aprobación de producción	
Listado preliminar de material	Especificaciones de material	Estandarización de la línea	Evaluaciones finales de empaque	
Identificación preliminar de características especiales del producto y procesos	Especificaciones de ingeniería	AMEF de proceso		
Diseño de diagrama de flujo del proceso	Características especiales del producto y su proceso	Matriz de operaciones		
Plan de aseguramiento del producto	Pruebas de validación de la producción			
	Plan de control			
	Requerimientos de equipos			
	Compromiso de factibilidad del equipo y soporte			
	Plan preliminar de estudios de habilidades del proceso			

IV. Resultados y discusión

En este apartado se incluyen a forma de resumen, los resultados de las herramientas clave para la implementación del proyecto, pero la guía base en todo el proyecto fue seguir el procedimiento que marca la tabla #1, realizando cada uno de los pasos que requiere la metodología APQP.

4.1 Diagrama de flujo del proceso y lay out.

Se realiza el diagrama de flujo del proceso de manufactura para establecer paso por paso las operaciones que realizarán los operarios. Esta herramienta, en conjunto con el lay out dan una idea general para el

acomodo y cantidad de máquinas que el proceso requiere, así como la cantidad de operadores. Las figuras 1 y 2 muestran de forma gráfica ambas herramientas, respectivamente.

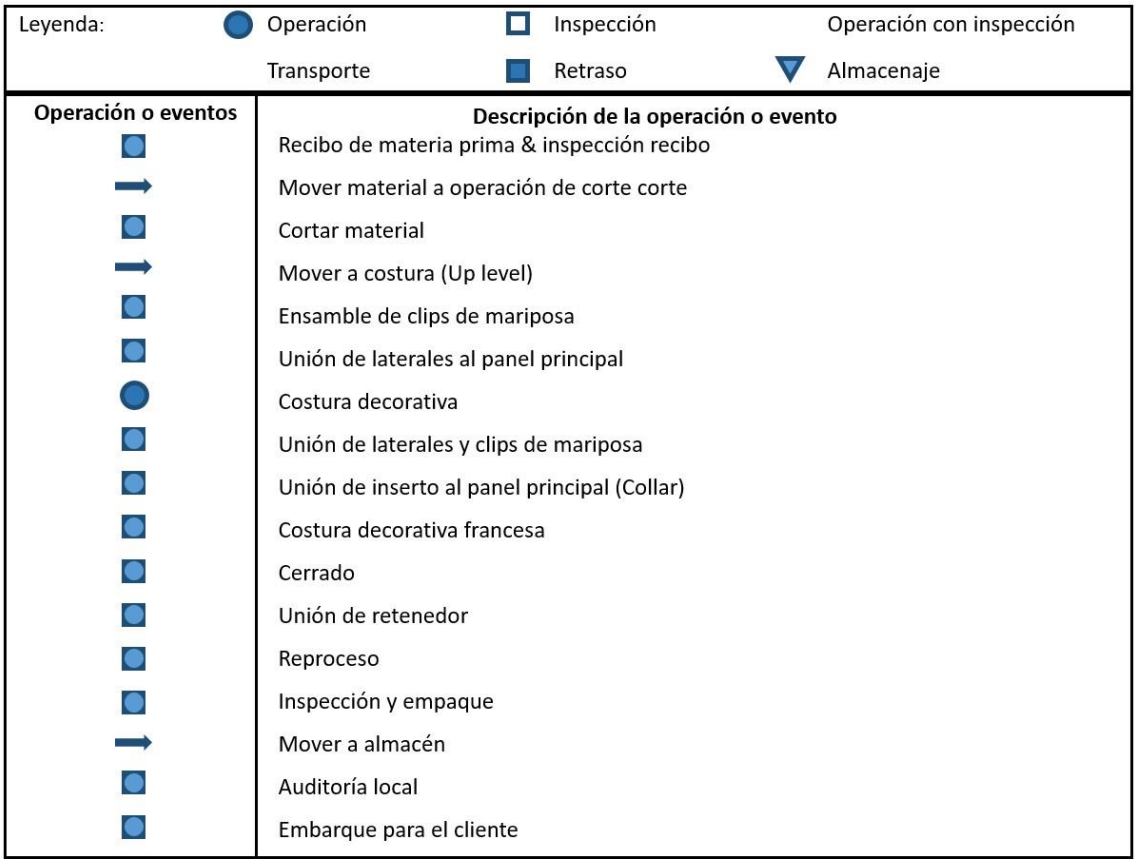


Figura 1. Diagrama de flujo.

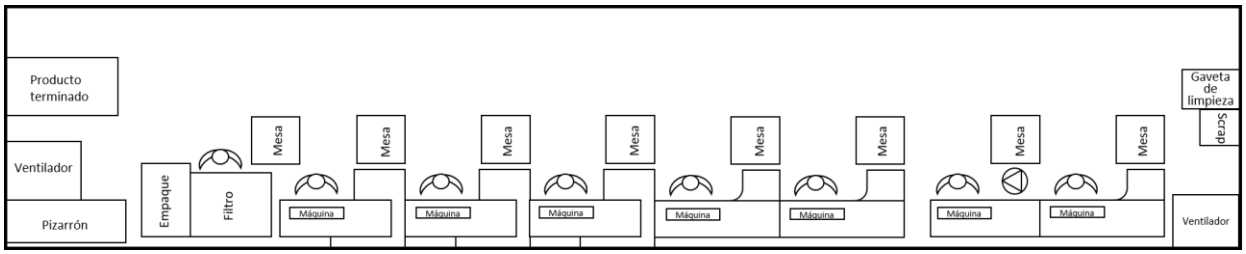


Figura 2. Lay out de la línea de producción para el nuevo producto.

4.2 Construcción de los prototipos y pruebas de ensamble.

Ya con el diseño aprobado por las partes involucradas y tras la realización del AMEF de diseño, se elabora el requerimiento y la planeación para la manufactura de 20 prototipos como la primer corrida pre-piloto de producción. En almacén se inventaría el material y una vez verificado se lleva al área de corte, donde se tiende el rollo de tela y se corta por lays con la dimensión marcada en la lista de materiales preliminar. Tras tener la cantidad de lays suficiente para los sets de producto se programan en la máquina de corte Lectra x6. Las piezas recién salidas del corte se transportan a la mesa de filtro de calidad donde deberán pasar por la aprobación del área de calidad para entrar al

proceso de manufactura. Si pasan el filtro, son colocados al inicio de la línea de producción donde paso a paso y siguiendo las especificaciones dadas por el área de ingeniería se realiza la costura del producto. La figura 3 ilustra el proceso de costura del producto.



Figura 3. Proceso de costura.

Una vez terminado el proceso de producción el operador de la última estación deja el producto terminado en una mesa de filtro para su revisión final. Se asegura que el material sea correcto, las costuras deben de ser exactas en las medidas que se dan en las ayudas visuales, las cuales se tienen a la vista en la estación de operación. En caso de no cumplir con las especificaciones de las ayudas visuales, se debe llenar un formato de registro de scrap. La figura 4 muestra la mesa de revisión final con las ayudas visuales. Finalmente se hacen las pruebas de ensamble en asientos automotrices replica, y se concluye que cumplen con las especificaciones del cliente. Este procedimiento se le realiza al 100% de las muestras, por ser prototipos y se aprueba la corrida pre-piloto.

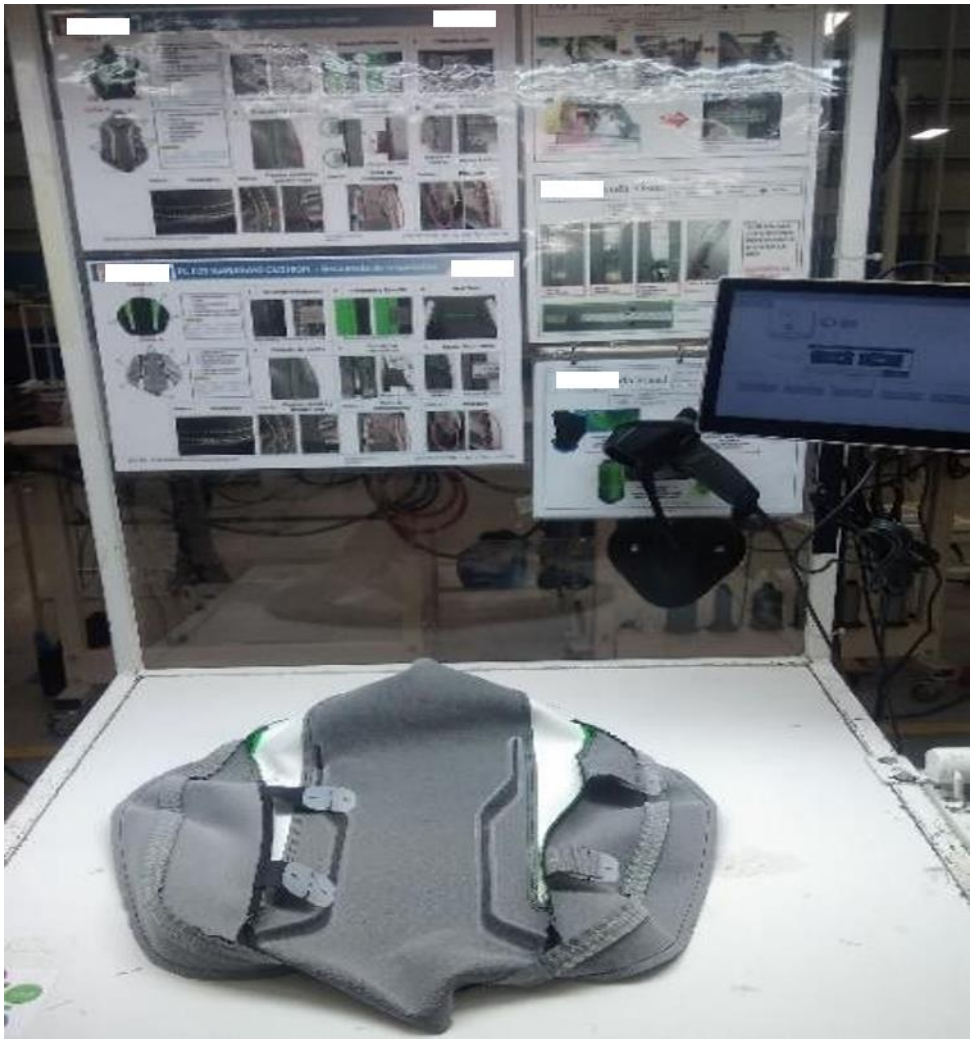


Figura 4. Mesa de revisión final y ayudas visuales.

Debido al éxito obtenido en las pruebas de prototipos se procede a realizar el plan de control, los requerimientos de equipo para producción y el plan de estudios y habilidades.

4.3 Estandarización de la línea de producción.

Se lleva a cabo basándose en la estructura ya existente de las demás líneas de producción, se delimitó el área de trabajo, se establecieron los lugares para el producto terminado, para las máquinas, para las facilidades, la ubicación de las mesas de cada máquina, de la gaveta de limpieza, el lugar para el scrap, etc., respetando siempre las normas de ergonomía y cuidando la integridad del personal. Para las mesas de trabajo, se estableció el límite de piezas que debe tener el operador en existencia, para evitar sobre inventarios, como lo muestra la figura 5.



Figura 5. Mesa de trabajo estableciendo límite de piezas.

Se incluyeron un par de gavetas, una para el scrap y una para los artículos de la limpieza, como los muestra la figura 6.

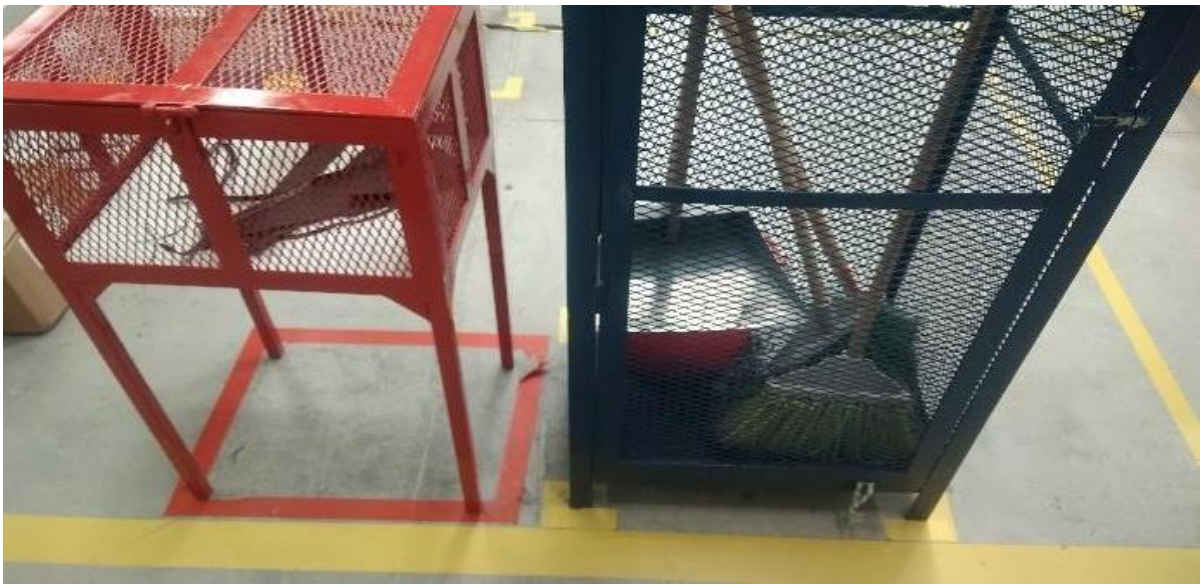


Figura 6. Gavetas de scrap y limpieza.

Se realiza el estudio de tiempos, movimientos y optimización del proceso, buscando agilizar la producción y procurar la ergonomía, poniendo cada número de parte en su lugar y al alcance del operario, la figura 7 muestra el acomodo de una de las estaciones en la línea de producción.



Figura 7. Acomodo de celda de producción.

4.4 Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF).

Se realizan los AMEF de diseño y de proceso. El AMEF de diseño no se muestra por cuestiones de guardar datos confidenciales para la empresa, por lo que se muestran a continuación los AMEF de los procesos clave para que la implementación se lleve a cabo de forma planeada, asegurando la calidad requerida por el cliente. Las figuras de la 8 a la 11 los muestran de forma resumida, marcando en color rojo los Números Prioritarios de Riesgo (NPR) más altos. Cabe mencionar que una de las herramientas mas importantes para la APQP es el AMEF, ya que se detecta y se prioriza disminuir/eliminar los modos de falla en base al NPR.

Num de Proceso/ Descripción del proceso	Función del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de la Falla	Sev	Causa Potencial / Mecanismo de la Falla	Ocu	Controles de proceso Actuales	Det	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha	Acciones Tomadas	Sev	Ocu	Det	NPR
040 CLIPS DE MARIPOSA	SUJECCIÓN CORRECTA DE COMPONEN-TES	SUJECCIÓN INCORRECTA DE COMPONENTES	RUIDOS INECESARIOS, CRUJIDOS	7	NUMERO DE PARTE INCORRECTO	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO 5a PIEZA DE VERIFICACIÓN	7	196	CUMPLIR CON INSTRUCCIÓN DE TRABAJO 5a PIEZA DE VERIFICACIÓN	OPERADOR DE MAQUINA/ SIEMPRE	HOJA DE INSTRUCCIÓN A PIE DE MÁQUINA	7	1	1	7
				7	ENSAMBLE FUERA DE ESPECIFICACIÓN	4		7	196				7	1	1	7
	CORRECTO NUMERO DE PIEZAS PARA EL ENSAMBLE	FALTA DE COMPONENTES	FUNCIÓN INADEQUADA DEL ENSAMBLE	5	OPERADOR OMITE COMPONENTE	4		8	160				5	1	1	5

Figura 8. AMEF para el clip mariposa.

La figura 8 muestra los modos de falla con NPR más alto para la operación del ensamble del clip mariposa, donde la recomendación a seguir es cumplir con una instrucción de trabajo interna, así como incluir la hoja de proceso de la instrucción a pie de máquina. Con estas acciones tomadas se reducen los NPR de forma importante.

Num de Proceso/ Descripción del proceso	Función del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de la Falla	Sev	Causa Potencial / Mecanismo de la Falla	Ocu	Controles de proceso Actuales	Det	NPR	Acciones Recomenda-das	Responsable y Fecha	Acciones Tomadas	Sev	Ocu	Det	NPR
050 UNION DE LATERALES A PANEL	LA MÁQUINA DE ENSAMBLE DEBE FUNCIONAR BAJO ESPECIFICACIÓN	ENSAMBLES FUERA DE ESPECIFICACIÓN	PRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SE ENVÍA A SCRAP	9	FALTA DE MANTENIMIENTO	3	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	5	135	VERIFICACIÓN DE PRIMERA PIEZA	DEPARTA-MENTO DE CALIDAD	SE ELABORA REPORTE DE PRIMERA PIEZA AL 100%	9	1	2	18
				9	AGUJA DAÑADA	5		4	180				9	1	1	9
	TENSIÓN DE HILO DEBE CUMPLIR LA ESPECIFICACIÓN	TENSIÓN POR DEBAJO		9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE MÁQUINA	7	189				9	1	1	9
					BOBINA ENROLLADA	3		7	189				9	1	1	9
		TENSIÓN POR ENCIMA		9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3		7	189				9	1	1	9

Figura 9. AMEF para el ensamble de laterales.

La figura 9, muestra una porción del AMEF para la operación del ensamble de los laterales al panel. Los modos de falla con NPR más alto se relacionan con la tensión del hilo en la máquina, por lo que se toma la acción de que el departamento de calidad elabore el reporte de primera pieza sin excepción y al 100%. Con estas acciones tomadas se reducen los NPR de forma importante.

Num de Proceso/ Descripción del proceso	Función del Proceso.	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de la Falla	Sev	Causa Potencial / Mecanismo de la Falla	Ocu	Controles de proceso Actuales	Det	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha	Acciones Tomadas	Sev	Ocu	Det	NPR
060 COSTURA DECORATIVA/ 090 DECORATIVA FRNACESA	LAS PUNTADAS POR PULGADA DEBEN CUMPLIR CON LA ESPECIFICACIÓN	VALOR POR ENCIMA DE LA ESPECIFICACIÓN	PRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SE ENVÍA A SCRAP	9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	7	189	VERIFICACIÓN DE PRIMERA PIEZA	DEPARTAMENTO DE CALIDAD	SE ELABORA REPORTE DE PRIMERA PIEZA AL 100%	9	1	1	9
		VALOR POR DEBAJO DE LA ESPECIFICACIÓN		9	VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN INCORRECTA	3		7	189				9	1	1	9
	TENSIÓN DE HILO DEBE CUMPLIR LA ESPECIFICACIÓN	TENSIÓN POR DEBAJO		9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE MÁQUINA	7	189				9	1	1	9
					BOBINA ENROLLADA	3		7	189				9	1	1	9
		TENSIÓN POR ENCIMA		9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3		7	189				9	1	1	9

Figura 10. AMEF para la costura decorativa y decorativa francesa.

La figura 10 muestra los NPR más altos para las operaciones de costura decorativa y costura decorativa francesa. Que las puntadas por pulgada y la tensión del hilo en la máquina cumplan con las especificaciones son funciones fundamentales para el proceso, por lo que se implementan los controles de proceso como el mantenimiento preventivo y documentar el procedimiento de arranque de máquina, así como tomar la acción de que el departamento de calidad elabore el reporte de primera pieza sin excepción y al 100%.

Num de Proceso/ Descripción del proceso	Función del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de la Falla	Sev	Causa Potencial / Mecanismo de la Falla	Ocu	Controles de proceso Actuales	Det	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha	Acciones Tomadas	Sev	Ocu	Det	NPR
080 UNION DE INSERTO A PANEL	EL ANCHO DE COSTURA DEBE CUMPLIR CON LA ESPECIFICACIÓN	VALOR POR ENCIMA DE LA ESPECIFICACIÓN	PRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SE ENVÍA A SCRAP POR APARIENCIA INACEPTABLE	9	GUIAS INCORRECTAS	3	PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE MÁQUINA	7	189	VERIFICACIÓN DE PRIMERA PIEZA/ ACTUALIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE MÁQUINA	DEPARTAMENTO DE CALIDAD/ DEPARTAMENTO DE MANUFACTURA	SE ELABORA REPORTE DE PRIMERA PIEZA AL 100%, ACTUALIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE MÁQUINA	9	1	1	9
		VALOR POR DEBAJO DE LA ESPECIFICACIÓN		9	VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN INCORRECTA	3		7	189				9	1	1	9
	TENSIÓN DE HILO DEBE CUMPLIR LA ESPECIFICACIÓN	TENSIÓN POR DEBAJO	PRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SE ENVÍA A SCRAP	9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3		7	189				9	1	1	9
					BOBINA ENROLLADA	3		7	189				9	1	1	9
		TENSIÓN POR ENCIMA		9	PARAMETROS DE MÁQUINA INCORRECTOS	3		7	189				9	1	1	9
	LAS MUESCAS DEBEN ESTAR ALINEADAS	MUESCAS DESALINEADAS		9	CORTE PIVOTANTE INCORRECTO	3		7	189				9	1	1	9
				9	PIEZAS FUERA DE ESPECIFICACIÓN ENTREGADAS EN LA LÍNEA	3		7	189				9	1	1	9

Figura11. AMEF para ensamble de inserto a panel.

En la figura 11 se muestran los NPR más altos para la operación de ensamble del inserto al panel. En esta porción del AMEF lo que llama la atención son las numerosas causas que se detectaron para los modos de falla, por lo que se actualiza el documento de procedimiento de arranque de máquina y se toma la acción de que el departamento de calidad elabore el reporte de primera pieza sin excepción y al 100%.

4.5 Balanceo de línea.

Antes de proceder a realizar el balanceo de línea, se realiza una corrida de pre-lanzamiento, en la cual se incluyen 60 productos, la cual procede de forma exitosa y da paso al procedimiento de balanceo de línea de producción.

Desde el comienzo del proyecto se estableció con los clientes y con el equipo encargado de desarrollar este producto que el requerimiento anual seria de 40 000 piezas, para comenzar con el balanceo se tiene que establecer el requerimiento por día y por hora para su desarrollo y un mejor análisis al tiempo que tarda cada operación y movimiento en su manufactura.

La planta en donde se lleva a cabo la implementación, dispone de 240 días hábiles anuales cada uno con un tiempo de 9.1 horas disponibles; convirtiendo a minutos:

$$9.1h = 60min/1\text{hr} = 546min \quad \textbf{(Formula 4.5.1)}$$

Y enseguida para sacar el requerimiento diario, se divide el requerimiento anual de piezas entre el numero de días disponibles en al año:

$$40000pz/240 \text{ días} = 166.67\sim167pz/día \quad \textbf{(Formula 4.5.2)}$$

Por tanto, el tiempo que debería tardar la manufactura de una pieza sería:

$$546min/167 \text{ pz} = 3.27min/pz = 196.2\text{seg/pz} \quad \textbf{(Formula 4.5.3)}$$

Para comenzar el balanceo se calcula el takt time, por cada pieza resulta en 196.2s con ello se busca establecer un ritmo de producción estable y en sincronía con la demanda. Se distribuyen los operadores de acuerdo con la habilidad para desarrollar las operaciones, basandose en la evaluación de la matriz de habilidades. Se realizan dos estudios de balanceo de línea, con el personal ya debidamente capacitado. La figura 12 muestra los resultados gráficos del primer estudio.

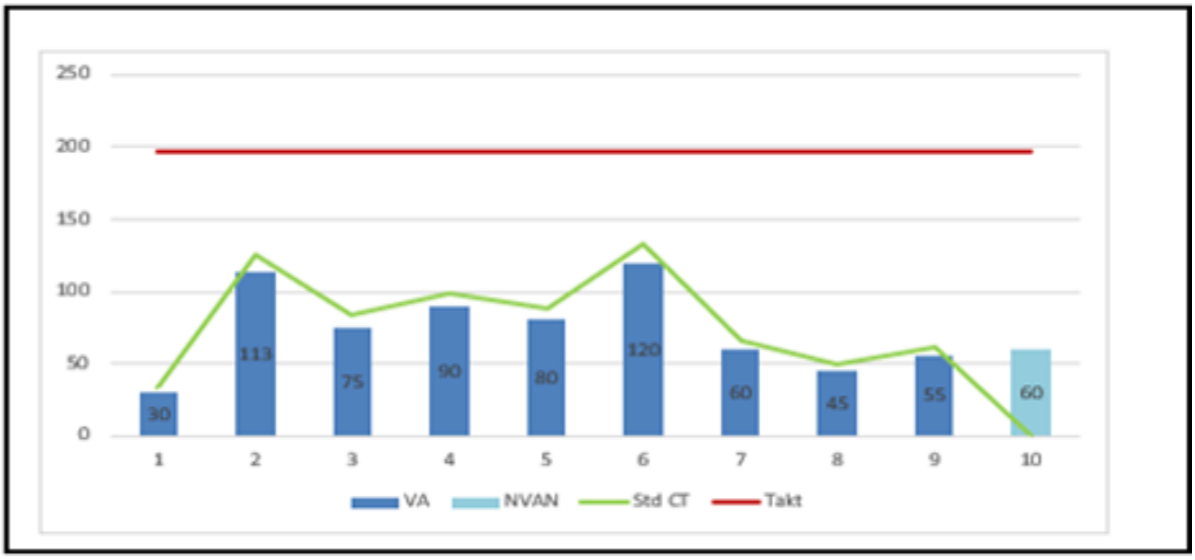


Figura 12. Resultados del primer balanceo de línea.

Es importante mencionar que en la gráfica se identifican con las iniciales VA a las operaciones de producción, mientras que las iniciales NVAN son para las actividades de inspección. La abreviación Std CT se refieren a la línea que une a los picos de cada actividad y que ayudan a dibujar la curva de distribución normal y, finalmente, la línea roja que es el takt time. De este estudio de tiempo se observa la cantidad de tiempo que se gasta en cada una de las operaciones para la producción de una pieza, donde la suma de todos los tiempos nos da la cantidad de 728 segundos el cual está muy por encima del takt time establecido. Por tanto, se debe de actuar para que se puedan reducir a por lo menos 216 segundos por pieza que es el límite de tiempo por pieza. Se detecta que si se llevan a cabo adaptaciones a la línea de producción existe la alternativa de mejorar, por lo que se implementan poka yokes, capacitación del personal y estandarización de actividades, para así realizar un segundo balanceo a la línea. La figura 13 muestra los resultados obtenidos después del segundo balanceo.

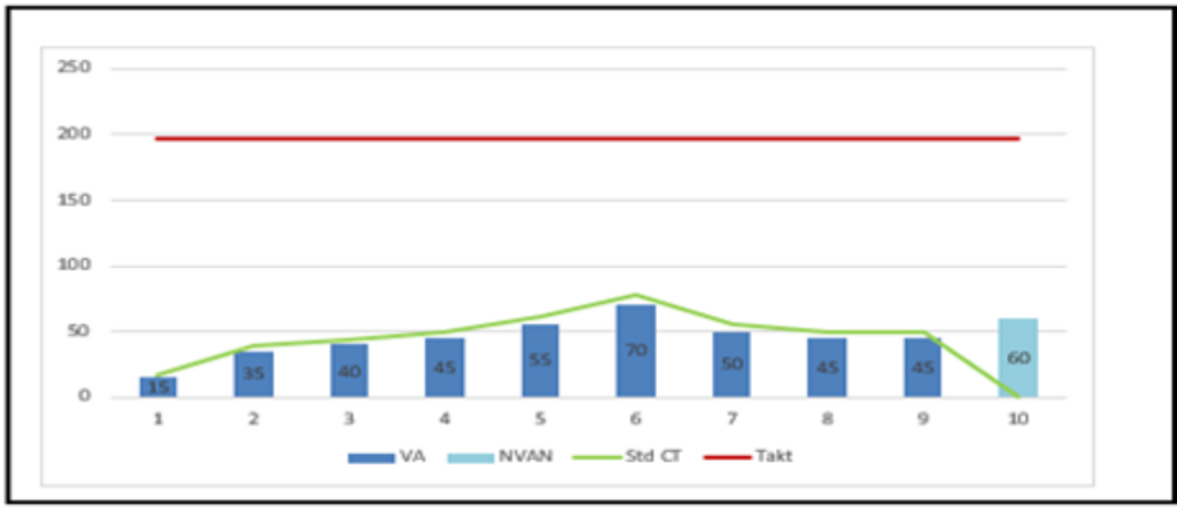


Figura 13. Resultados del segundo balanceo de línea.

La nomenclatura de la gráfica es tal como se describió en la figura 12. Como se muestra en los resultados, se disminuyó el tiempo a 460 segundos por pieza, una mejora del 36.81% en comparación al primer balanceo. El valor de 460 segundos, aún no cumple con el Tack time, pero el flujo de producción mejoró notablemente y se eliminaron los cuellos de botella. Por cuestiones de tiempo en el diagrama de Gantt de actividades y para poder cumplir con los requerimientos, el equipo de trabajo decide que el producto se manufacturará en ambos turnos.

4.6 Proceso de Aprobación de Partes de Producción (PPAP).

Para llevar a cabo el PPAP, en sus cuatro etapas, se producen 30 piezas ya con los cambios finales en la línea de producción para la validación de cada paso en el proceso de manufactura del producto, donde se llena la documentación correspondiente, tales como los formatos de liberación de primera y última pieza de producción y se realizan diferentes actividades que incluyen análisis estadístico, validación de procesos, registros del diseño, autorización de cambios de ingeniería, plan de control, análisis de sistemas de medición, muestra maestra, cumplimiento de los CTQ´s, entre otros. Este proceso va desde la aprobación del corte hasta cada unión de pieza y costura decorativa que lleva el producto. Al término del proceso, las piezas se sellan y se envían al cliente, para su aprobación. Igual que en etapas anteriores, se muestra la información del PPAP a modo de resumen.

4.7 Producción.

Una vez que las 30 piezas cumplen con los requerimientos del cliente, se aprueba que se lleve a cabo el proceso de producción, por lo que ya con el requerimiento anual de piezas por el cliente, se realizan los siguientes cálculos para planear la producción.

El cliente estableció un requerimiento de 36000 piezas anuales:

$$36000 pz/240\ días = 150\ pz/día$$

(Formula 4.7.1)

Por tanto, el tiempo que debería tardar la manufactura de una pieza sería:

$$546 min/150\ pz = 3.64 min/pz = 218.4 seg/pz$$

(Formula 4.7.2)

Con los datos obtenidos se llena la tabla #2 con los generales del requerimiento.

Tabla 2. Datos generales del requerimiento del cliente.

Datos generales				
Tiempo disponible (horas)	45.5		Pronostico Anual	NA
Tiempo disponible (minutos)	2,730		Requerimiento semanal	750
Tiempo disponible (segundos)	163,800		Días de producción semanal	5
Takt Time	218		Requerimiento diario	150
Unidades por Hora	17		Líneas de producción	1
Unidades por Día	150		Horas por día	9.1
VA, NVAN & NVA Tiempo Total	443		Factor de fatiga	6%
VA & NVAN Tiempo Total (Tiempo de Ciclo)	443		Necesidades personales	4%
Cantidad Optima de Operadores	3		Otros	0%

De acuerdo a lo mostrado en la tabla #2, se necesitan 9.1 horas para cumplir con los requerimientos del cliente, por lo que se establece que la producción se cubra en dos turnos, y el restante del tiempo (6.9 horas) será aprovechado para mover al personal a otra línea de producción. Para el arranque de producción se implementan las 5´s en el área de trabajo.

V. Conclusiones

Utilizando la metodología de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) se llevó a cabo el arranque de la línea de producción, asegurando que los requisitos, necesidades, expectativas del cliente y del producto se cumplieran. Se realizó el análisis del producto, se evaluaron los componentes y funciones para conocer la confiabilidad de este para su producción. Se determinaron las herramientas de desarrollo para el proyecto y se aplicaron para incrementar la eficiencia y calidad del proceso. Se caracterizaron las condiciones óptimas para la producción, así como se estandarizó el proceso. Con los balanceos de línea se logró disminuir un 36.81% el tiempo de producción para un artículo con el diseño de línea original, generando un ingreso aproximado de 1,250,000 USD por año. Aunado a lo anterior, se documentó una guía para el proceso de diseño, implementación, arranque y liberación del producto final para futuros lanzamientos de productos.

VI. Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la Lic. Jenny Calvillo Alba por su invaluable apoyo en la edición y creación de las figuras que se presentan en el presente trabajo.

VII. Referencias

[1] Gomes, M., Correia, M., Marques, F., & Alves, A. C. (2023). Lean Product and Process Development in an Automotive Company.

[2] Altfeld, H. H. (2020). Programme Management in the Automotive Industry. In Gower Handbook of Programme Management (pp. 92-116). Routledge.

[3] Dian, M. (2019). The quality of supplied parts and their influence on manufactured quality in serial production. In Conference Quality Production Improvement–CQPI (Vol. 1, No. 1, pp. 512-519).

[4] Knapp, F., & Šimon, M. (2023). Standardization of Project Management Practices of Automotive Industry Suppliers-Systematic Literature Review. Tehnički glasnik, 17(3), 432-439.

[5] Somvanshi, U. (2020). Quality Control in automobile manufacturing industries. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 8 (6), 740-750.

[6] Olmedo, Jesús (2017) Tesis “La gestión de proyectos en una empresa manufacturera del sector automotriz mediante las herramientas APQP y CORE TOOLS” Universidad Iberoamericana.

[7] Kondás, B., & Deák, C. (2021). Investigation into Applicability of Automotive Quality Regulations in the Steel Industry. In Vehicle and Automotive Engineering 3: Proceedings of the 3rd VAE2020, Miskolc, Hungary 3 (pp. 123-136). Springer Singapore.

[8] Žužek, T., Gosar, Ž., Kušar, J., & Berlec, T. (2021). A new product development model for smes: Introducing agility to the plan-driven concurrent product development approach. Sustainability, 13(21), 12159.

[9] Shah, A., Shea, R., & Siskowski, B. (2024). Ensuring Zero Defects Through Effective Design Failure Modes and Effects Analysis Processes in the Aerospace Industry (No. 2024-26-0410). SAE Technical Paper.

[10] Graziani, Á. P., Andrade, A. L., Ferreira, A. M., de Oliveira Júnior, P., & Perini, S. J. B. (2023). Implementation of the GP12 quality assurance system: Case study of a supplier of thermoplastics in the automotive segment of joinville. Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838, 16(3).

[11] Cheng, J. H., Lin, H. H., & Shen, J. H. (2023). Parameters in Injection Molding of Cooling Fan for Electronic Chips of Electric Vehicles. Sensors & Materials, 35.

[12] Rajamani, M. R., & Punna, E. (2020). A Framework for Effective Implementation and Sustenance of Design for Manufacturing and Assembly Guidelines in the Aerospace Product Design and Development Phase of Aerospace Advanced Product Quality Planning (No. 2020-01-5111). SAE Technical Paper.

[13] Rosa, G. J., & Loureiro, G. (2023). Advanced Quality Planning for Low Production Volume with QRL (Quality Readiness Level) prioritization and optimization of Quality resources. In AIAA AVIATION 2023 Forum (p. 4122).

[14] Nakamura, R., & Rozenfeld, H. (2021). Collaborative alignment of design partners: first step towards the definition of multiple design process models used by an automotive supplier according to specific carmakers. Product: Management and Development, 19(2), 0-0.

[15] Lesik, E. S. (2023). Analysis of the objectives of managing product requirements and product quality. Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 25(2), 61-71.

[16] Țîțu, A. M., Pop, G. I., & Oprean, C. (2019). Aspects regarding the quality management in the aerospace industry organizations. In Proc. Int. Manag. Conf (Vol. 13, pp. 426-435).

[17] Estrada Raymundo, K. S. (2018). Mejora del sistema APQP del departamento de diseños de la empresa Hi-Lex mexicana.

[18] Zhu, V., Giddaluru, M. P., Elsouri, M., & Gao, J. (2022). An approach to determining the need for integrating quality management into industrial PLM implementation. Procedia CIRP, 109, 490-495.

[19] AIAG (Automotive Industry Action Group), (2024). Advanced Product Quality Planning Guide. 3rd Edition.