

## **Análisis de la Evolución y Adopción de las CORE TOOLS en la Industria Automotriz**

### ***Analysis of the Evolution and Adoption of CORE TOOLS in the Automotive Industry***

**Alvarado Acosta, Enrique**

**Resumen.** Hacia el año 1994 (Rodríguez, 2019) las armadoras americanas Chrysler, Ford y General Motors, lanzaron la primera publicación de las herramientas CORE TOOLS, a fin de estandarizar los criterios de calidad y manufactura en el desarrollo de componentes para el ensamble de vehículos entre clientes OEM y la cadena de suministro automotriz.

Las herramientas CORE TOOLS, están integradas por las metodologías APQP, PPAP, CONTROL PLAN, AMEF, SPC y MSA (Rodríguez, 2019):

APQP – Planeación Avanzada de la Calidad del Producto.

PPAP – Proceso de Aprobación de Partes de Producción.

CP – Plan de Control.

FMEA – Análisis del Modo y Efecto de la Falla.

SPC – Control Estadístico del Proceso.

MSA – Análisis de los procesos de Medición.

Estas herramientas son presentadas como manuales de referencia, donde se incluyeron una serie de herramientas guía para la cadena de suministro y exclusivas de la industria automotriz (Rodríguez, 2019). Así de esta forma, las metodologías mencionadas anteriormente serían una revolución en la manufactura de componentes automotrices en los primeros años; y décadas más tarde algunas empresas manufactureras de otros sectores industriales como metalmecánica, eléctrica, electrónica, alimentos y farmacéutica principalmente las empezaron adoptar como parte de su proceso de desarrollo y control de productos, siendo AMEF y CONTROL PLAN las metodologías más comúnmente usadas y más importantes (Rodríguez, 2019).

**Palabras clave.** Automotriz, Industria, Manufacturera, Maquiladora, Calidad, Core Tools, Procesos, Mejora Continua.

**Abstract.** Around 1994 (Rodríguez, 2019) the American assemblers Chrysler, Ford, and General Motors, launched the first publication of the CORE TOOLS, to standardize the quality and manufacturing criteria in the development of components for the assembly of vehicles between OEM customers and the automotive supply chain.

The CORE TOOLS, are integrated by the APQP, PPAP, CONTROL PLAN, AMEF, SPC and MSA methodologies (Rodríguez, 2019):

APQP - Advanced Product Quality Planning.

PPAP - Production Part Approval Process.

CP - Control Plan.

FMEA - Failure Mode and Effect Analysis.

SPC - Statistical Process Control.

MSA - Measurement Process Analysis.

These tools are presented as reference manuals, where a series of guiding tools for the supply chain and exclusive to the automotive industry were included (Rodríguez, 2019). Thus, the methodologies mentioned above would be a revolution in the manufacturing of automotive components in the early years; and decades later some manufacturing companies from other industrial sectors such as metalworking, electrical, electronics, food and pharmaceutical mainly began to adopt them as part of their product development and control process, with FMEA and CONTROL PLAN being the most commonly used and most important methodologies. (Rodríguez, 2019).

## INTRODUCCIÓN

A manera de introducción se presentan algunos antecedentes:

Para finales de 2022 México ha sido uno de los principales manufactureros y maquiladores de América, Enrique Hernández en su artículo “*Maquiladoras de EU mueven sus fábricas de Asia a México atraídas por el nearshoring*” y publicado en la revista FORBES (Hernández 2022), indica que se invirtió en ese 2022 cerca de 11 mil millones de dólares proveniente de empresas norteamericanas, que se encontraban operando en Asia; lo que les permitirá incrementar la capacidad de manufactura con el objetivo de potencializar su desempeño de fabricación en plantas y fábricas, así como la llegada de nuevas compañías a México, esto confirmado por el Consejo Nacional de la Industria Maquiladora y Manufacturera de Exportación (Index) (Hernández 2022).

## DISCUSION

Hernández (2022) comenta que las empresas que trasladaron parte de sus operaciones desde Asia a México requieren la minuciosa revisión de los productos, así como el arranque en la construcción de plantas, fabricas, almacenes y por lo menos esto tardara un par de años más para iniciar operaciones de manera normal.

De acuerdo con el artículo de Hernández publicado por FORBES, el INDEX reconoció que dicha inversión de las empresas americanas está enfocada en la manufactura de productos para el hogar, línea blanca, electrónicos y hospitales, donde actualmente la industria maquiladora y manufactura mantiene alrededor del 62 por ciento del comercio entre México y los Estados Unidos de América, generando cerca de 3 y medio millones de empleos directos (Hernández 2022).

Este escenario es ideal para que México se consolide como el principal manufacturero y maquilador del continente ya que la política de los Estados Unidos es mantener sus aranceles en productos de origen chino, lo que obliga a los consorcios norteamericanos ver a México como una sólida respuesta a sus problemas de abastecimiento (Hernández 2022).

Hernández (2022) indica que, para el INDEX se tiene la gran oportunidad de consolidar negocios dentro del sector maquilador fronterizo, del centro y del bajo del país que permitan la apertura de nuevas plazas directas e indirectas, el reto es el lograr la calidad requerida por el cliente, lo que obliga a las empresas manufactureras

y maquiladoras el establecer al interior de sus procesos, los controles necesarios o mínimos requeridos que garanticen la calidad de los productos

Bajo el contexto anterior, muchas empresas maquiladoras y manufactureras antes de iniciar la fabricación e incluso antes de enviar al cliente los materiales procesados tienen la gran responsabilidad de comprobar y asegurar que todos los requerimientos especificados y solicitados por el cliente se han cumplido (Hernández 2022).

Bruno Paneiva en su artículo publicado por LUMIFORM (2023) “¿Qué es PPAP y para qué sirve un check list de PPAP?”, proporciona algunas recomendaciones a seguir durante el desarrollo del proceso PPAP, en el cual se destaca la utilización de una plantilla que contiene de manera general los requisitos de la metodología PPAP, por otra parte Paneiva (2023) indica que parte de los objetivos en el uso de la metodología de PPAP es que el proveedor comprenda y garantice la satisfacción del cliente con el cumplimiento de sus requisitos, así mismo que el proveedor comprenda y garantice la satisfacción del cliente con el cumplimiento de sus requerimientos de calidad y seguridad de los productos, y que en todo momento estos requisitos son cumplidos y por otra parte demostrar que el proveedor tiene la capacidad de cumplir con los requisitos del cliente de manera consistente, reduciendo así el riesgo de no cumplir cualquiera de los 18 requerimientos dados en la metodología de PPAP, los cuales se enlistan a continuación (Paneiva 2023):

1. **Registros de Diseño:** Copia del plano del cliente o diseño publicado en el sistema de liberación del proveedor.
2. **Autorización de cambio de ingeniería autorizados:** Descripción detallada del cambio o notificación de cambios de ingeniería.
3. **Aprobación de la ingeniería del cliente:** Aprobación de piezas de producción realizadas.
4. **Diseño FMEA:** análisis y modo de falla de diseño, revisado y firmado por el proveedor y el cliente.
5. **Diagrama de Flujo de Proceso:** Indicando todos los pasos y la secuencia en el proceso de fabricación.
6. **Proceso AMEF:** análisis y modo de falla de producción, revisado y firmado por el proveedor y el cliente.
7. **Plan de Control:** Revisado y firmado por el proveedor y el cliente.
8. **Análisis del Sistema de Medición (MSA):** Estudio de las características críticas.
9. **Resultados Dimensionales:** Característica de producto, la especificación, los resultados de la medición y la evaluación de la muestra.

10. **Registros de Resultados de la Prueba de Material o Rendimiento:** Pruebas realizadas, resultados y evaluación.
11. **Estudios Iniciales del Proceso:** Gráficos estadísticos de control de procesos que afectan a las características más importantes del producto.
12. **Documentación del Laboratorio Calificado:** Certificaciones del laboratorio donde se realizan las pruebas reportadas en la sección 10.
13. **Reporte de Aprobación de Apariencia (ARR):** Una copia de la aprobación de la Inspección de la apariencia firmado por el cliente.
14. **Partes de producción de la Muestra:** Una muestra del lote de producción inicial.
15. **Muestras Maestras:** Una muestra firmada por el cliente y el proveedor.
16. **Ayudas de Control:** Registros de la herramienta y la calibración, incluido el informe dimensional de la herramienta.
17. **Registros de cumplimiento con los requisitos específicos del cliente:** Cada cliente puede tener requisitos específicos que se incluyen en el paquete PPAP.
18. **Orden de presentación de la parte o Part Submission Warrant (PSW):** Formulario que resume todo el paquete PPAP.

Imagen 1. Check List de todos los requisitos de la metodología de PPAP

Lista de control del PPAP

**1. Registros de diseño**  
(¿Los registros de diseño contienen una copia del dibujo para confirmar la pieza o el ensamblaje (tanto los dibujos del productor como los del cliente)?)

SI  NO

**2. Documentos de modificación de ingeniería autorizados**  
(¿Son aplicables los cambios de ingeniería aprobados?)

SI  NO

**3. Aprobación de ingeniería del cliente**  
(¿Se requiere la aprobación de ingeniería del cliente?)

SI  NO

**4. Diseño FMEA**  
(¿La FMEA impulsa cambios positivos en el diseño como objetivo principal?)

SI  NO

(¿Se han admitido todas las tolerancias dimensionales y propiedades materiales?)

SI  NO

(¿Refleja la FMEA todas las principales "lecciones aprendidas" (como la alta garantía, las campañas, etc.) como aportación a la identificación del modo de fallo?)

SI  NO

(¿Se adjunta una declaración de que el DPMEA está disponible para ser presentado al cliente si lo solicita?)

SI  NO

(¿Se han utilizado los datos de fiabilidad y garantía del cliente en la preparación del FMEA?)

SI  NO

(¿Se han definido las raíces del problema en términos de algo que pueda ser corregido o controlado?)

SI  NO

(¿Se incluyeron las características de los atributos?)

SI  NO

(¿Reconoce la FMEA a los concursantes de Características Especiales apropiados, como aportación al método de selección de Características Especiales?)

SI  NO

(¿Las introducciones de nuevos productos y los cambios de diseño intervienen en la Identificación de las características especiales?)

SI  NO

(¿El Analista/Desarrollo/Validación (A/D/V) y/o el Plan e Informe de Verificación de Diseño (DVP/PIR) estiman los formularios de fallo de la FMEA de Diseño?)

SI  NO

**Fuente: Lumiform, 2023**

De acuerdo con Bruno Paneiva, un camino que facilita el desarrollo de la metodología PPAP, es el uso de un formulario o Check List que contenga todos los requisitos de la metodología de PPAP y desde luego los requisitos específicos del cliente, ya que estos pueden variar o ser diferentes de cliente a cliente, la siguiente tabla imagen muestra un extracto de un Check List para PPAP de acuerdo con los criterios de la IAIG 4ª Edición (Paneiva 2023):

De acuerdo con la metodología de PPAP, existen 5 maneras o formas de documentarse las cuales indica Paneiva (2023) en su artículo y conforme con los requisitos del cliente, lo cual apoyara a mantener la calidad en el proceso de fabricación de las partes, componentes o productos solicitados por el cliente:

- Nivel 1: Envío del Part Submission Warrant (PSW), que se refiere a la garantía de que el producto enviado cumple con los requisitos establecidos en el dibujo de ingeniería.
- Nivel 2: PSW con muestras de productos y datos no exhaustivos de respaldo.
- Nivel 3: PSW con muestras de productos sustentados en datos completos.
- Nivel 4: PSW con los requisitos definidos por el cliente.
- Nivel 5: PSW con muestras de productos y datos completos de respaldo revisados en las instalaciones del proveedor.

Para Paneiva (2023), durante el proceso de liberación o aprobación de las partes manufacturadas, se corre el potencial riesgo de omisiones en los requisitos del cliente, por lo que el proveedor tiene que hacer una pausa en el proyecto para ejecutar acciones de corrección para errores que no debieron haberse materializado.

Por lo que cita los errores más comunes de acuerdo Paneiva (2023) al lanzar un proyecto PPAP, son los siguientes:

- Deficiente comunicación entre el cliente y el proveedor: La comunicación establecida deberá ser de mutua colaboración a fin de poder entender por parte del proveedor que los requisitos dados por el cliente son entendibles, y por otra parte establecer o determinar con el apoyo de listas de verificación que todo el equipo involucrado se encuentra debidamente actualizado en cuanto al estado del proyecto, así la comunicación y la coordinación no se verán afectados.

- Procesos no conformes: Regularmente al arranque de los prelanzamientos no son exitosos ya que son varios los departamentos que intervienen, cada uno con sus necesidades, riesgos y requerimientos. Por tanto, la planificación debe coordinarse teniendo en cuenta los plazos, procesos y tiempos de cada departamento. Además, es muy importante que se realicen reuniones periódicas con los involucrados para garantizar que los procesos de cada departamento se realicen en la debida forma y tiempo en relación con los procesos de los demás departamentos.
- Evaluación del desempeño del proceso de PPAP: Para evaluar el desempeño del PPAP y maximizar las oportunidades de mejora continua, es viable utilizar una lista de control de Gemba Walk para identificar las áreas problemáticas en el proceso y encontrar una solución para mejorarlas.
- Documentación de PPAP mal gestionada: La mayoría de las revisiones de PPAP son rechazadas debido a deficiencias evitables. Los gerentes de calidad deben proporcionar pruebas de que el FMEA es un documento válido y que existe una exención para las características especiales. Si hay discrepancias, éstas deben ser resueltas. Antes de presentar todos los documentos del PPAP, debe comprobarse su legibilidad, actualización e integridad (Paneiva 2023):

Un ejemplo en el uso de la metodología de PPAP y que confirma lo citado por Paneiva (2023), se muestra en el trabajo de aplicación y análisis realizado por Catalina Arriaga Vázquez, Elsa Castillo Carrillo, y Guadalupe Jáuregui Ojeda, publicado por el “Journal of Engineering Research” (2022), llamado “Aplicación y análisis de CORE TOOLS para la integración y validación de modelo G05 de la fase de prototipo a producción”; el cual consistió en realizar la validación de un nuevo componente llamado G05 mediante la aplicación y análisis de la metodología de CORE TOOLS, a fin de integrarlo en la producción Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022).

De acuerdo con la investigación realizada por los autores en la citada publicación del Journal of Engineering Research (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022), concuerdan con otros investigadores que las metodologías utilizadas por la industria automotriz les permitió obtener resultados satisfactorios antes de arrancar la producción normal e inclusive en la corrección de problemas en productos ya existentes mediante la identificación de modos de falla por medio de la herramienta AMEF, o bien lanzamiento de nuevos productos a partir de las metodologías de APQP y PPAP.

En el caso de estudio donde se aborda la aplicación y análisis de CORE TOOLS, se plantean primeramente las limitaciones que se tienen al arrancar el proyecto para el componente G5; siendo que estas limitantes estaban alineadas principalmente a bajo desempeño del proceso (CPK= 0.22), tiempo ciclo de proceso de 3

minutos, así como falta de información técnica del diseño (planos de la parte o componente) (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022).

Primeramente, el equipo de investigadores (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022) se dio a la tarea de identificar las características críticas y especiales en el producto, así como identificar los materiales y/o componentes necesarios mediante un BOM (Bill on materials).

A partir de la revisión de las SPPC (special process product characteristics) en los planos definitivos para comunicarlos al área de calidad y ser considerados en los planes de control, el proveedor participa en el desarrollo del plan, ya que debe de controlar dichas características que son determinantes en el diseño (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022).

Ya con estas tareas culminadas y basadas en la metodología PPAP, se realiza la programación de una corrida de prototipos produciendo 5 muestras iniciales, debiendo ya tener validados y aprobados todos materiales usados en la corrida de prototipos, así como los herramientas integrados en la línea de producción, los dispositivos para hacer mediciones en laboratorio, de acuerdo con los requisitos del modelo G05, durante cinco horas se desarrolló la primera corrida de producción para poder fabricar los motores funcionales (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022)..

Durante las pruebas de prototipos y para validar el proceso y el producto; se realizó un estudio estadístico previo de capacidad del proceso tomando 20 muestras de la primera corrida del modelo G05 obteniendo 8 dentro de especificación; al realizar el análisis de Process Capability Sixpack se determinó un  $Cpk=0.21$ ,  $Ppk=0.22$  y 425590.44 de partes por millón defectivas PPM'S (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022).

Para reducir la excesiva variación, el equipo de investigación realizó el análisis de causa raíz, identificando que el dispositivo que baja el actuador y que energiza al motor desarrolla variación en el voltaje, una vez corregida esta condición en el proceso se logró mejorar consistentemente la capacidad y habilidad del proceso obteniendo un  $Cpk=1.39$ ,  $Ppk=1.27$  y 91.07 de PPM's a largo plazo (Arriaga, Castillo, Jáuregui 2022).

Las conclusiones dadas por el equipo de investigadores fueron una aplicación multidisciplinaria de manera secuencial y correcta de las fases del APQP -PPAP para lograr resultados positivos en los proyectos de nuevos productos, así como un mayor énfasis en las etapas de validación del diseño; en toda la planeación y requisitos de las fases prototipo y pre – serie (Arriaga, Castillo, Jaureguí 2022).

La Industria Nacional de Autopartes en México, emite un boletín anual donde se comparan datos del comportamiento en la industria de autopartes y sus principales indicadores, en este boletín se resalta la posición de México como uno de los mejores exportadores a nivel mundial logrando la posición número doce y número uno como principal exportador en América Latina (INA 2022).

La siguiente imagen muestra la participación de cada sector en el rubro de exportación (INA 2022):

### Imagen 2. Perspectivas de la industria automotriz en México 2022

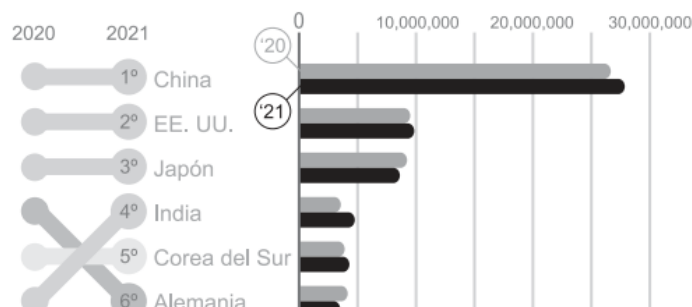


Fuente: INA, Boletín 2022

Los principales indicadores mostrados por la INA para el 2022, en el ámbito de la industria de las autopartes en México son (INA 2022):

En 2021 la IED (Inversión Extranjera Directa) en la industria automotriz fue del 69% para autopartes y donde los Estados Unidos de América contribuyeron con un 55%, por otra parte, México ocupa el séptimo lugar como fabricante de automóviles y el primero en América Latina (INA 2022)

### Imagen 3. Perspectivas de la industria automotriz en México 2022.





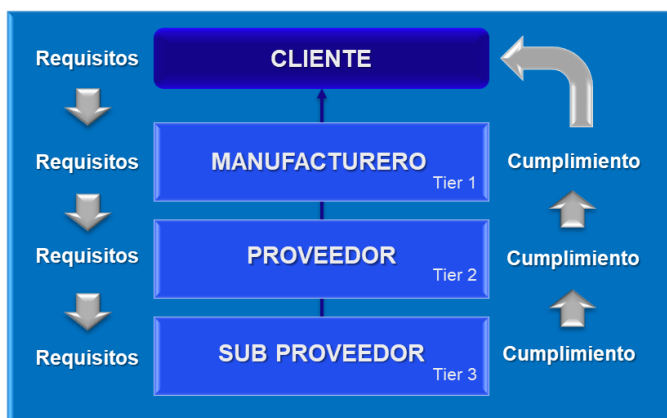
**Fuente: INA, Boletín 2022**

La exhibición de los indicadores de desempeño de la INA correspondientes al año 2021 y 2022, obedece a mostrar los beneficios que han obtenido las empresas manufactureras de este sector automotriz y autopartes al desarrollar sus procesos y control de sus productos acordes con los requisitos del cliente alineados no solamente a las metodologías dadas por los CORE TOOLS, si no por otras metodologías y herramientas para la mejora de procesos. Por ejemplo, en 2015, Vidal (Arriaga, Castillo, Jaureguí 2022) planteó la integración de un en un sistema de administración de calidad uniendo: PPAP, APQP, Lean Manufacturing, Six Sigma, e ISO 9000.

Desde otra perspectiva en la aplicación de las metodologías de CORE TOOLS y en específico PPAP, podemos observar que no solamente puede ser aplicada la metodología de PPAP a partes que serán manufacturadas por un maquilador o fabricantes (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

La metodología de PPAP puede ser transferida a los proveedores y sub-proveedores de la organización manufacturera para asegurar que los materiales y/o componentes comprados cumplirán con los requisitos de ingeniería del cliente, es decir que en la cadena de suministro la metodología para un producto puede ser abordada desde los tres principales niveles en la cadena, la imagen siguiente muestra un ejemplo de la cadena de suministro en la que es viable el uso de la metodología PPAP (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

**Imagen4. Ejemplo de la cadena de suministro**



### **Fuente: Elaboración propia a partir de datos recabados. 2023**

El caso de estudio presentado por Saira-Nallely Hernández-Sánchez, José-Javier Treviño-Urbe y Apolinar Zapata Reboloso y publicado por la revista digital RIISD en agosto de 2021, muestra el procedimiento y tiempo de revisión de paquetes de PPAP de componentes comprados, así como la reducción de riesgos por no conformidades al no contar con un estándar establecido para monitoreo de componentes o materias primas (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

La investigación realizada fue de tipo transversal con duración de un año, donde se integró una investigación documental y un periodo de implementación, considerando una muestra de diez números de parte de fabricación normal de los cuales se realizó el cálculo promedio de días de lanzamiento y aprobación del PPAP de cada número de parte por parte del cliente (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

Se eligieron 10 números de parte de producción regular de los cuales se tenía que demostrar cumplimiento porque los estaba en puerta la sumisión de PPAP a cliente por un nuevo producto. Se recabo el tiempo de aprobación de cada número de parte y el tiempo promedio de aprobación (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

Dentro de la investigación se consideraron los requisitos del cliente, los cuales son trasladados a la cadena de suministro como proveedores y sub-proveedores siendo estos requisitos: Garantías, dimensional completo, pruebas de funcionamiento, estudio de capacidad (si el dibujo tiene características específicas), certificado de material y acreditaciones de laboratorio (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

Como resultado de la investigación, fue posible estandarizar el proceso de desarrollo y lanzamiento del producto, aminorando el tiempo en un 36% y eficientando la comunicación con el proveedor por falta de información en un 80% (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

### **Reflexiones Finales**

Con esta investigación e implementación se validó que este proyecto cumple con lo requerido por la metodología de PPAP, haciendo robusto el sistema de calidad de la organización estableciendo un procedimiento que llevo a la mejora continua e impacto en la documentación de proceso como formatos de

APQP (Planificación Avanzada de la Calidad), PFMEA (Análisis de Modos de Falla y Efectos del Proceso), planes de control y ayudas visuales principalmente (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).

Entonces potencializar el desarrollo de partes y componentes en los procesos de manufactura en organizaciones o empresas no pertenecientes al sector automotriz es un proyecto viable a través de la implementación de las metodologías de CORE TOOLS y en específico la metodología de PPAP, como herramientas que aseguren la calidad del producto acorde a los requerimientos del cliente, reduciendo importantes recursos, errores y retrabajos antes de la fabricación norma (Sánchez, Uribe, Zapata, 2021).l.

## Referencias

Hernández, Enrique. (2022, 16 de agosto). Maquiladoras de EU mueven sus fábricas de Asia a México atraídas por el 'nearshoring'. <https://www.forbes.com.mx/maquiladoras-de-eu-mueven-sus-fabricas-de-asia-a-mexico-atraididas-por-el-nearshoring>.

Rodríguez Jaime. (2019, 25 de enero). Core Tools – ¿Qué son, ¿cuáles son y para qué se utilizan? <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools>.

Paneiva, Bruno. (2023, 10 de noviembre). ¿Qué es PPAP y para qué sirve un check list de PPAP? PPAP Calidad PDF: Explicación, ejemplos y checklists | Lumiform ([lumiformapp.com](https://lumiformapp.com)).

Vázquez, Carrillo, Ojeda. (2022) Aplicación y análisis de CORE TOOLS para la integración y validación de modelo G05 de la fase de prototipo a producción. *Journal of Engineering Research*, (2-10).

Industria Nacional de Autopartes A.C. (2022). Perspectivas de la industria automotriz en México. [Folleto]. Recuperado 5 diciembre 2023. <https://ina.com.mx/wp-content/uploads/2022/07/Folleto-INA.pdf>.

Sánchez, Uribe, Zapata. (2021). Procedimiento para la validación de componentes comprados internos y externos en una empresa de giro automotriz. *Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social*. 7 (1).2-10.