



**Estandarización del proceso para la
fabricación de cilindros hidráulicos mediante
las herramientas de Core Tools**

**Standardization of the process for the
manufacture of Hydraulic Cylinders using
Core Tools Tools**

Gaudencio Antonio-Benito¹, Esequiel Morales-Morales¹, Bernardino
Ávila-Martínez¹, Yoana Díaz Castillo¹, Cinthya Mildred Medina-Lerma¹

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, San Luis Potosí, México.

Recibido: 03-10-2020

Aceptado: 11-12-2020

Autor correspondal: gaussjordan15@gmail.com

Resumen

La estandarización de procesos industriales es la principal acción de las empresas del sector automotriz la cual está dada por la herramienta PPAP (Production Part Approval Process), también conocida como Core Tools, que es un requerimiento de la especificación técnica ISO/TS 16949.

Aunque muchas compañías tienen sus propios requisitos específicos, la AIAG (Automotive Industry Action Group) ha desarrollado un estándar común PPAP como parte de la planificación avanzada de la calidad del producto mejor conocido como APQP (Advanced Product Quality Planning); esto fomenta el uso de formas y terminología estándar para la documentación de los proyectos. Por lo anterior no todos los proyectos pueden hacer uso de las herramientas de Core Tools dado que no está regulada para empresas que no fabriquen autopartes, es decir, la metodología es distinta en su gestión y ejecución por lo que la presente investigación tomó como caso de estudio a una empresa especializada en fabricar cilindros hidráulicos, enfocándose en el área de ingeniería de proyectos.

Se aplicaron cinco herramientas de Core Tools al proyecto denominado 32083 para estandarizar el proceso fabricación de cilindros de minería, realizando: estudios de capacidad de proceso, reportes dimensionales, diagramas de flujo, hojas de inspección, hojas de instrucción, AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas de diseño), AMEF de proceso, dibujos en 2D del diseño en general y de cada una de las piezas y hojas de empaque. Se logró apoyar en el cumplimiento de los requisitos del cliente asegurando así el diseño del proceso y el producto con las características que proyecto demandaba.

Palabras clave: Estandarización, Core Tools, APQP, cilindros hidráulicos.

Abstract

The standardization of industrial processes is the main action of companies in the automotive sector which is given by the PPAP tool (Production Part Approval Process), also known as Core Tools, which is a requirement of the technical specification ISO/TS 16949.

Although many companies have their own specific requirements, the AIAG (Automotive Industry Action Group) has developed a common PPAP standard as part of advanced product quality planning better known as APQP (Advanced Product Quality Planning); This

encourages the use of standard forms and terminology for project documentation. Therefore, not all projects can make use of Core Tools tools since it is not regulated for companies that do not manufacture auto parts, that is, the methodology is different in its management and execution, which is why the present investigation took as a case of I study a company specialized in manufacturing hydraulic cylinders, focusing on the area of project engineering.

Five Core Tools tools were applied to the project called 32083 to standardize the mining cylinder manufacturing process, carrying out: process capacity studies, dimensional reports, flow charts, inspection sheets, instruction sheets, FMEA (Analysis of Mode and Design Failure Effect), FMEA of the process, 2D drawings of the design in general and of each of the pieces and packing sheets. It was possible to support in the fulfillment of the client's requirements, thus ensuring the design of the process and the product with the characteristics that the project demanded.

Keywords: Standardization, Core Tools, APQP, hydraulic cylinders.

Introducción

ISO 9001: 2015 es una Norma Internacional relacionada con la gestión de la calidad que proporciona una infraestructura para responder a los cambiantes requisitos de calidad en equilibrio con la sociedad, la economía y el medio ambiente (ISO, 2020), la norma ISO es adaptada a nuevas disposiciones por las industrias donde nacen nuevas herramientas para el control de la calidad.

En esta investigación se utiliza Core Tools como un conjunto de herramientas donde principalmente son usadas en el sector automotriz, también conocidas como PPAP (Production Part Approval Process), APQP (Advanced Product Quality Planning), AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas de diseño), SPC (Statistical Process Control) y MSA (Measurement Systems Analysis). Estas herramientas son procesos desarrollados para diseñar, desarrollar, prevenir, medir, controlar, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente, siendo así un requisito de la especificación técnica IATF (International Automotive Task Force) 16949:2016 (Group, 2020). De lo anterior el APQP es una metodología que debe seguir un

fabricante o proveedor para llegar a un producto terminado, su propósito es producir un plan de calidad del producto que apoye el desarrollo de un producto o servicio que satisfaga las necesidades del cliente (Daimler Chrysler Corporation, 2020), mientras que el AMEF es una metodología utilizada durante el desarrollo del producto y del proceso, para asegurar que se han considerado los problemas que potencialmente se puede presentar y que pueden afectar la calidad del producto y/o su desempeño (Chrysler LLC, 2020). Para Chrysler Group LLC (2020) el MSA abarca la parte metodológica de un laboratorio de mediciones y calibraciones; y la que se encarga de las herramientas estadísticas para asegurar la calidad en los resultados de las mediciones, estableciendo así que uno de los términos más comunes de MSA está el de GR&R, que es una herramienta estadística que cuantifica la variabilidad del sistema de medición, sus fuentes, y su relación con la variabilidad del proceso de producción.

La investigación se enfocará en estandarizar el proceso de Cilindros hidráulicos para minería por lo que es necesario mencionar principios de hidráulica, definiendo a éste como el encargado del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos y se aplican en dispositivos que funciones con líquidos (Solé, Neumática e Hidráulica, 2011), en estos cilindros los actuadores hidráulicos son los más usuales en las instalaciones hidráulicas (Leonel G. Corona Ramírez, 2014), sin embargo, referente a los cilindros hidráulicos son llamados también motores hidráulicos, estos son actuadores mecánicos usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal (S., 2020), los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados (Solé, 2007). Según Ogata (2004) afirma que el fluido funciona como lubricante, además de disipar el calor generado en el sistema hacia un intercambiador de calor conveniente, pero existen riesgos de incendio y explosión, a menos que se usen fluidos resistentes al fuego; no están sencillo contar con la potencia hidráulica como con la potencia eléctrica. Se sabe que un cilindro hidráulico está compuesto por un pistón deslizante que es un aparato capaz de transformar la energía hidráulica en energía mecánica, según un movimiento rectilíneo (Czekaj, 1988), pero además tienen otros componentes (Chávez, 2020): vástago, camisa o tubo del cilindro, montaje tapa o cáncamo de la tapa, conector vástago o cáncamo del vástago, cabeza del cilindro, puntos de conexión, pistón o émbolo, tuerca del émbolo, amortiguador y válvulas de derivación del émbolo. Otro de los componentes importantes en los cilindros son los sellos hidráulicos o empaques definidos

como aros o anillos de hule u otros materiales que hacen que un cilindro pueda trabajar de manera eficiente (Aceros y Sistemas Hidráulicos de México, 2018).

Existen investigaciones relacionados a la aplicación de las herramientas de Core Tools para autopartes (Pérez et al 2019), para empresas del sector automotriz (Olmedo Méndez et al 2017), para maquinaria de maquilas (Felipe, 2018), sin embargo, las herramientas APQP, AMEF, SPC y MSA no han sido implementadas en piezas que no son precisamente de la industria automotriz, tal como es el caso del proyecto de fabricación con número de proyecto 32083 de Cilindros hidráulicos de minería que se desarrolló en esta investigación.

Materiales y métodos

Metodología

Este trabajo desarrolla una investigación descriptiva y cualitativa con el objetivo de analizar los procedimientos utilizados en la fabricación de Cilindros hidráulicos a fin de ejemplificar la implementación de las herramientas de Core Tools en una empresa de manufactura de piezas que no son precisamente del tipo automotriz.

La herramienta de Core Tools APQP es un método estructurado que define y establece los pasos necesarios para asegurarse de que un producto satisfaga al cliente por lo que la metodología en esta investigación sigue los pasos tal y como se observa en la figura 1, la metodología se basa en etapas, iniciando con la etapa 1 planeación; etapa 2 diseño y desarrollo del producto; etapa 3 diseño y desarrollo del proceso en donde se analizan las normas y especificaciones del empaque, corrida de fabricación de piezas, proceso de maquinado de piezas, inspección de piezas por metrología y ensamble de piezas y accesorios; etapa 4 validación del proceso y producto y etapa 5 producción.



Figura 1. Diseño de la APQP utilizada en el caso de estudio de la investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de Group, SPC Consulting Group, (2018)

Caso de estudio

La investigación se desarrolló en empresa dedicada al diseño, fabricación, mantenimiento de equipo hidráulico y neumático para la industria en general, ubicada en San Luis Potosí capital, actualmente la empresa cuenta con 50 empleados y es uno de los principales proveedores en los estados de Zacatecas, Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas y Veracruz en la rama hidráulica y neumática.

El proyecto fabricación de cilindro hidráulico (figura 2) de inclinación para máquina LH203 consta del acabado de piezas metálicas, polímeros, entre otros materiales; cabe hacer mención que el presente proyecto solamente se enfocará a un solo tipo de cilindro el cual es el cilindro de inclinación de la máquina LH203 con número de ingreso 32083.

Para poder estandarizar el proceso de fabricación de Cilindros hidráulicos mediante las herramientas de Core Tools fue necesario realizar observaciones de todos los aspectos administrativos y de producción, documentando las acciones que se realizan en cada área de la empresa, es decir las áreas de ventas, diseño, soldadura, maquinados, ensamble, calidad, mantenimiento, entre otros, fueron observados por un mes y se tomó nota de los pasos secuenciales tal y como se detalla a continuación:

1. Recepción de los requerimientos del cliente en el área de ventas, se realiza la negociación de prestación de servicios, de reactivación o fabricación de cilindros hidráulicos según sea el caso.
 - 1.1. Ocasionalmente el cliente proporciona una muestra física, si no es así, se revisa el historial de ingresos detectando unidades iguales que se hallan reparado.
 - 1.2. El vendedor deberá dar de alta el equipo en el sistema colocando las especificaciones, las cuales son: el nombre del vendedor, el nombre del cliente, el código (en caso de que el cliente lo maneje), número de proyecto (si aplica), la cantidad de piezas, la descripción del equipo, la máquina y área a la que pertenece el equipo, el usuario (nombre de quien está solicitando el servicio), la temperatura, presión y fluido con que trabaja el equipo.
 - 1.3. Se genera una tarjeta de ingreso en el que se señala los servicios que se proporcionaran, lista de precios, desmontaje, dimensionamiento, desensamble, levantamiento, costeo; el tipo de proceso al que viene el equipo, cotización, cotización urgente, programado, urgente y garantía.

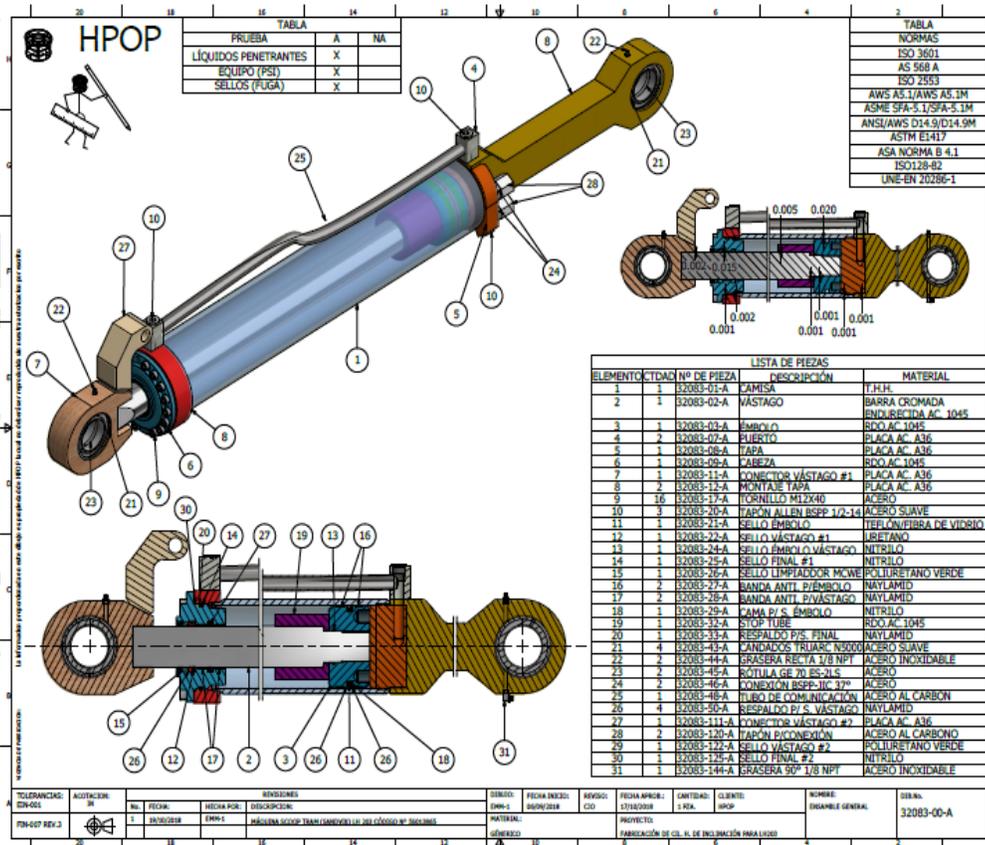


Figura 2. Diseño del Cilindro Hidráulico a partir de los requerimientos del cliente con número de ingreso 32083

2. El área de ingeniería se encarga de realizar el diseño 2D y 3D de cada uno de los componentes del cilindro hidráulico, desde la captura de los requerimientos del cliente hasta la entrega de diseños aprobados. Se genera el levantamiento del cilindro, es decir, cada una de las partidas (componentes) a utilizar con la descripción del material y dimensiones de corte tomando en cuenta las especificaciones del cliente.
3. Materiales es un área que se encarga de verificar, si hay en existencia cada uno de los materiales a utilizar, sino es así se debe de programar la compra del mismo.
 - 3.1. La recepción de material en almacén verifica las especificaciones de orden de compra, inspección de sellos, retenes, tornillería, placas, barras, redondos y tubos; si el material no cumple con las especificaciones es enviado al proveedor para su cambio y/o reposición.
 - 3.2. Entrega de kit, este es un conjunto de partes compradas o fabricadas requeridas para la realización del producto.

- 3.3. Compras es el área que se encarga de verificar si existe material en el almacén, también se encarga de cotizar, programar pagos, planificar rutas, monitorear paqueterías, tráfico de materiales, etc.
4. El área de manufactura se encarga de proporcionar las partes reacondicionadas que cumplan con los requerimientos de diseño y funcionalidad requeridos por el departamento de ingeniería, es decir, se realizan operaciones de transformación de materiales desde las operaciones de torno convencional, fresadora, centro numérico de maquinado y soldadura.
 - 4.1. Para la unión de partes por medio de soldadura, el operador manufactura entrega las partes al inspector de calidad para la revisión de las partes contra dibujo y función.
 - 4.2. El diseño de piezas en CAD se usa como base las especificaciones del dibujo liberado, el operador de Control Numérico debe realizar un diseño en CAD.
 - 4.3. En las fresadoras se realizan diversas operaciones, como el careado, este se refiere a limar bordes de asperezas y rebabas, después el encuadrado, verificar la perpendicularidad de la superficie recién careada; para el ranurado es desbastar material progresivamente desde la posición de inicio hasta en dirección longitudinal o transversal según se requiera; el barrenado, machuelear se refiere a crear un roscado.
 - 4.4. En los tornos convencionales se realizan diversas operaciones como el careado, este es un desbaste de material, el corte, ranura al interior y exterior es un desbaste de material haciendo avanzar herramienta en sentido transversal o paralelo, el chaflán, barrenado, pulido interior, entre otras operaciones.
5. El área de metrología se encarga de verificar la calidad del producto fabricado y ensamblado para entregar productos que cumplan con los requerimientos del cliente y las especificaciones.
6. El área de calidad da a conocer las actividades pertenecientes al sistema de calidad que van desde la administración del Sistema de Gestión de Calidad con el fin del cumplimiento de los requisitos del cliente, con un seguimiento a la mejora continua, también se encarga de la calibración de los instrumentos de medición.

7. En el área de ensambles se identifican los puertos de entrada y salida para la prueba del equipo, esta área debe de estar preparada para recibir el equipo, limpia y libre de partes de otros equipos, se verifica se existe fuga interna y en cualquier parte del cilindro.
 - 7.1. El operador carga el cilindro a la presión mínima de funcionamiento, normalmente a 100 psi o de acuerdo a las especificaciones del cliente, se verifica el despegue del vástago y se registra la presión de despegue, en ocasiones el equipo es cargado a una presión mayor.
 - 7.2. La prueba mecánica logrando 10 movimientos recíprocos del vástago del cilindro, verificando que se mueva libremente y sin derrame de cualquier parte del cilindro.
 - 7.3. La prueba hidrostática, el operador realiza la prueba de presión máxima verificando la especificación de presión máxima de funcionamiento, se eleva la unidad hidráulica a la presión indicada en la tarjeta de ingreso.
 - 7.4. Si el equipo es aprobado se envían al área de acabado; si no es aprobado se enviado a inspección en donde será diagnosticado, corregido y ensamblado nuevamente para la prueba.
8. El equipo es enviado al área de acabado para la preparación, enmascarar la superficie cromada y orificios para evitar la contaminación.
 - 8.1. Aplicación de pintura, el color aplicado lo asigna el cliente, de lo contrario se utiliza el color gris como estándar de la empresa.
 - 8.2. Se realiza el etiquetado del equipo
 - 8.3. Se ensamblan los accesorios y se emplea el equipo.
9. Finalmente se envía al área de almacén de producto terminado para su embarcación al cliente final.
10. El equipo es entregado por el vendedor, el chofer, incluso el cliente puede recogerlo en la en instalaciones de la empresa, el cliente deberá firmar el vale de entrega al recibir.

Resultados y discusión

Etapas 1 Planeación. La adaptación de las herramientas de Core Tools en el caso de estudio establece que la planeación del proyecto comenzó con el análisis de los requerimientos del cliente, posteriormente se especificaron los tipos de materiales y dimensiones con las que se tienen que obtener para el equipo, así como la identificación de

las normas con las que se deben de trabajar. En esta etapa se realizó una matriz de escalonamiento, esto con la finalidad de poder tener control sobre el proyecto permitiendo identificar las áreas involucradas al proyecto, en donde se colocó los líderes del proyecto; en segundo lugar el coordinador, luego el gerente de calidad, gerente de ventas, jefe de materiales, jefe de almacén, jefe de operaciones, supervisor de maquinados, jefe de metrología, jefe de ensambles, jefe de seguridad, encargada de recursos humanos y dirección general, cada uno son sus respectivos responsables.

Etapa 2 Diseño y desarrollo del producto. En esta etapa se realizó el desarrollo y diseño del equipo en 3D, este consiste en desarrollar cada una de las piezas que contiene el cilindro hidráulico, cada una de las piezas debe cumplir con las normas especificadas, así como el tipo de material, cantidad de piezas, cotas críticas como se muestra en la figura 3.

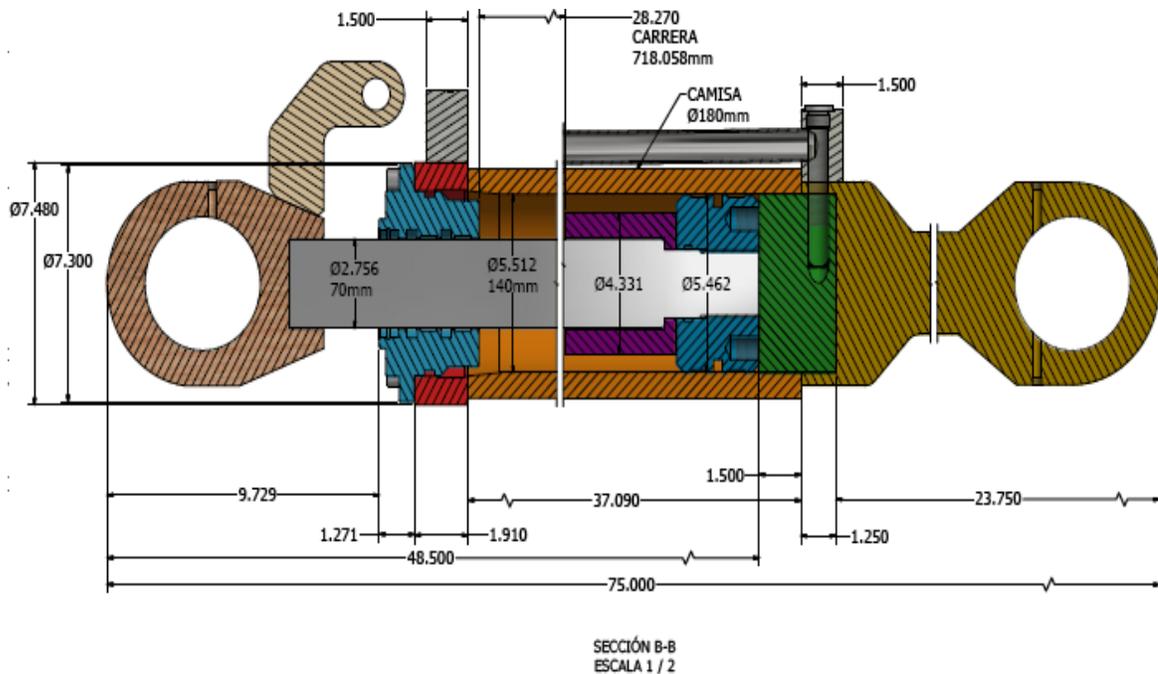


Figura 3. Dibujo del ensamble general del Cilindro Hidráulico a partir de los requerimientos del cliente con número de ingreso 32083

Dentro de esta fase se desarrolló el AMEF de diseño, el cual consistió en realizar un análisis del equipo en donde se describe cada una de las actividades que se tienen que realizar para la diseño del equipo, así como la descripción de la función de cada una de las piezas, la

manera en la que estas piezas pueden fallar, el efecto que pueden ocasionar y la causa de esta falla; se documentaron las acciones actuales y las recomendaciones, posteriormente se realizó un segundo análisis en donde ya se acataban las acciones recomendadas, esto permitió poder disminuir en NPR en cada uno de los componentes.

Se elaboró el dibujo en 2D de la aplicación de soldadura para la unión de piezas, en él se muestra el orden del proceso, en este dibujo se especifica el tipo de soldadura a utilizar, así como la ubicación y el modo de aplicación mediante un lenguaje técnico como se muestra en la figura 4. Se recomendó desarrollar proceso de ensamble del equipo, en él se muestra el inicio del ensamble de cada una de las piezas donde cada una tiene del lado derecho una descripción breve del ensamble o unión de piezas como se muestra en la figura 5.

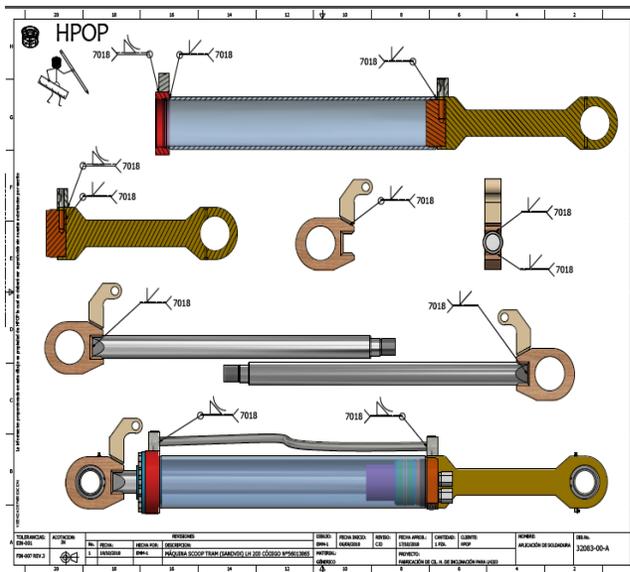


Figura 4. Dibujo del proceso de aplicación de soldadura del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

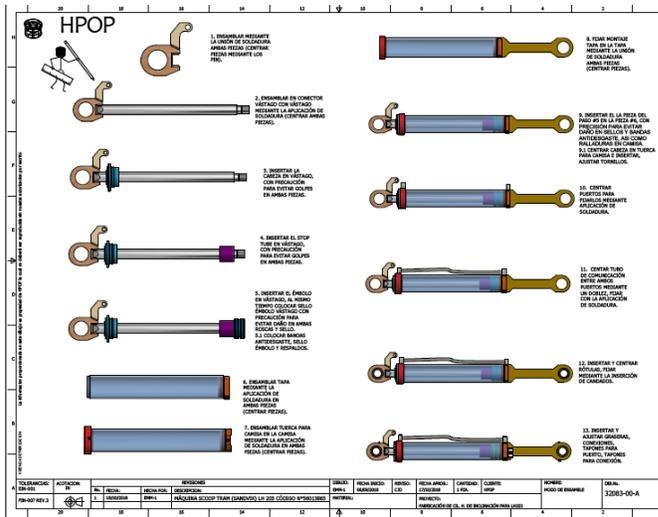


Figura 5. Dibujo del proceso de ensamble del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

Etapa 3 Diseño y desarrollo del proceso. En esta fase el proceso consistió en realizar un análisis de modos potenciales de fallos y sus efectos durante el proceso, en donde se describe cada una de las actividades que se tienen que realizar para el proceso del equipo, así como la descripción de la función de cada una de las áreas, la manera en la que estas pueden fallar, el efecto que pueden ocasionar y la causa de esta falla; se documentaron las acciones actuales y las recomendaciones, posteriormente se realizó un segundo análisis en donde ya se acataban las acciones recomendadas; en él se incluyeron los medios de producción utilizados para la fabricación del cilindro hidráulico, de acuerdo con los criterios de los empleados de la empresa el resultado fue reflejado en la disminución del NPR. Durante esta etapa se ejecutaron formatos como la inspección de barras, redondos y tubos, inspección de sello, inspección de tornillería, también se ejecutó el formato recepción de materiales, este constó en la inspección del material contra la hoja de especificación que el proveedor proporcionó esto permite identificar si el producto es aceptado o rechazado. Otro formato es el estándar de especificaciones de empaque, este formato se elaboró y se puso en marcha en ese instante debido a que carecían del mismo.

Etapa 4 Validación del proceso y producto. Durante esta fase se realizó una revisión del dibujo en 2D y 3D por parte de la dirección, en donde se revisaron las especificaciones según lo establecido como son la carrera del equipo, diámetros de materiales, cotas críticas, como distancia entre centros, tolerancias en partes deslizantes tal y como se muestra en la figura 6. Aunado a la validación del proceso y producto se realizó la inspección del levantamiento en el sistema, en donde se revisó la cantidad de partidas, materiales, cantidad de material, sellos,

tornillería, bandas anti-desgaste, rotulas, graseras, tubo de comunicación, tapones, etc., esto permitió verificar si se contaba con el material necesario para la fabricación del equipo, por lo que no se tuvieron contratiempos durante el proceso de manufactura.

Etapa 5 Producción. En esta etapa consistió en realizar la entrega de los documentos del proyecto al área de operaciones y calidad, para ello se generó documento llamado entrega de proyectos con la finalidad de poder evidencia que se realizó la entrega de documentos en el mes de mayo del año 2020.

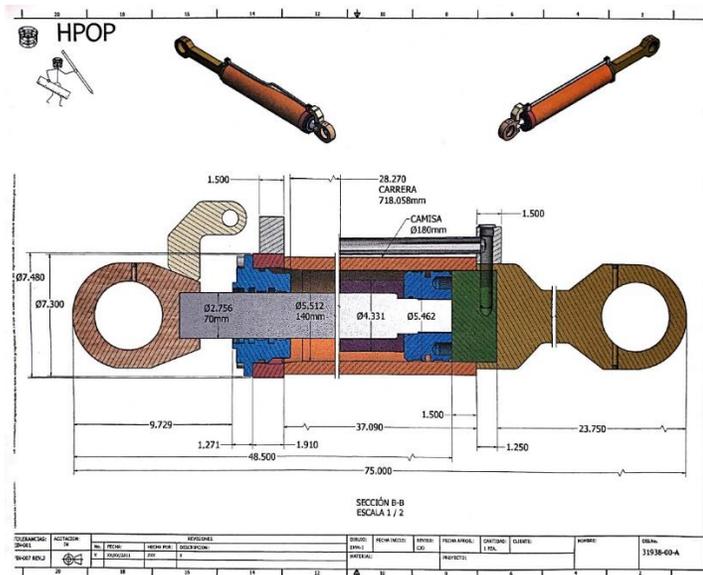


Figura 6. Dibujo de especificaciones y validación de cotas del equipo del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

La entrega de proyectos es un formato que permite evidenciar que toda la información del proyecto 32083 Fabricación de Cilindro Hidráulico de Inclinación para la Máquina LH203 ha sido entregada al área de operaciones y calidad; estas áreas son encargadas de distribuir la información con las demás áreas que dependen de ellas. Los documentos en físico son entregados en una carpeta APQP donde contiene la información detallada del proyecto misma que demuestra que es posible aplicar las herramientas de Core Tools en piezas que no son del sector automotriz, en la figura 7 se muestra el contenido de la información de la carpeta APQP.

		DOCUMENTACIÓN APQP	
Nombre del proyecto:		Fabricación de Cilindro Hidráulico de inclinación para máquina LH203.	
Número de identificación:		32083	Fecha: 20-Junio-2020
<u>No.</u>	<u>Requerimiento</u>	<u>Requerido</u>	
1	Requisitos del cliente	SI	
2	Estudio de factibilidad manufactura	SI	
3	Check list plan de piso	SI	
4	Registros diseño del producto	SI	
5	Cambios documentos de ingeniería	SI	
6	Aprobación ingeniería del cliente	NA	
7	AMEF de diseño	SI	
8	Diagrama de flujo de proceso	SI	
9	AMEF de proceso	SI	
10	Resultados dimensionales	SI	
11	Resultados de prueba de materiales	SI	
12	Estudio inicial del proceso	SI	
13	Análisis del sistema de medición	SI	
14	Documentación laboratorio calificado	NA	
15	Plan de control	SI	
16	Part submissin warrant	SI	
17	Reporte de aprobación de apariencia	SI	
18	Check list requerimientos transporte de material	N.A.	
19	Muestra del producto	N.A.	
20	Muestra master	N.A.	
21	Hoja de instrucción inspección o ayudas de chequeo	SI	
22	Especificación de empaque	SI	
23	Registros de cumplimiento con los requerimientos específicos del cliente	SI	
24	Resumen de la planeación de la calidad	SI	
*	N.A.= No aplica		

Figura 7. Documentos que conforman la carpeta de evidencia Core Tools APQP del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

Conclusiones

La aplicación de Core Tools es uno de los mayores requisitos de la industria automotriz debido a que se trabaja con estándares de calidad y el cumplimiento de normas, en el caso de estudio la empresa logró estandarizar la fabricación de los cilindros hidráulicos para mina de inclinación para la máquina LH203 mediante las herramientas de Core Tools permitiendo establecer una excelente comunicación entre las áreas involucradas.

Durante la elaboración de la carpeta APQP, la participación de las áreas fue fundamental para la elaboración y llenado de formatos de inspección, instrucción, esto facilitó el proceso de elaboración de la carpeta, puesto que en cada una de las fases se logró formar la carpeta APQP.

También se logró estandarizar cada una de las piezas del equipo, debido a que el cliente proporcionó un equipo de muestra original, con ello se realizó el dimensionamiento de cada una de las partes del cilindro, con la finalidad de poder agilizar el proceso de fabricación de un equipo similar, esto a su vez agilizar la elaboración de la carpeta APQP.

Se evidencia de que las herramientas de formación Core Tools no solo pueden ser para el sector automotriz, si no también pueden utilizarse para cualquier tipo de fabricación, siempre y cuando exista compromiso por parte de los altos mandos de la empresa, los jefes de área y desde luego los trabajadores quienes están a cargo directamente de la recogida de datos, mantenimiento, control de calidad., etc.

Referencias bibliográficas

Chávez, T. H. (Junio de 2020). *Maquinaria Pesada*. Obtenido de www.maquinariapesada.org

Chrysler Group LLC, F. M. (Junio de 2020). *Análisis de Sistemas de Medición*. Obtenido de <https://vdocuments.mx/manualmsa42010espanol.html>

Chrysler LLC, F. M. (Junio de 2020). *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales AMEF*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/dianaguzmane/manualamef42008espanol>

- Czekaj, D. (1988). *Aplicaciones de la ingeniería: 3. Maquinaria hidráulica en embarcaciones pesqueras pequeñas*. Roma: FAO.
- Daimler Chrysler Corporation, F. M. (Julio de 2020). *Aprobación de Partes para Producción PPAP*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/LuisAngelCarmonaLimo/manual-ppap-4-2006-espaol>
- Felipe, P., & RODRÍGUEZ–BUCIO, N. (2018). Core Tools para diagnóstico de defectos en maquila y aumento de productividad Core Tools for diagnosis of maquila defects and productivity increase. *Revista de Ingeniería*, 2(7), 1-8.
- Group, S. C. (Agosto de 2020). *SPC Consulting Group*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/apqp/>
- ISO. (Agosto de 2020). *ISO*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Leonel G. Corona Ramírez, G. S. (2014). *Sensores y Actuadores Aplicaciones con Arduino*. México: Grupo Editorial Patria.
- Ogata, K. (2004). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Olmedo Méndez, J. S. (2017). La gestión de proyectos en una empresa manufacturera del sector automotriz mediante las herramientas APQP y CORE TOOLS.
- Pérez, J. A. S., García, L. O. R., Guzmán, M. T. V., & Rojas, S. V. (2019). HERRAMIENTAS DE CORE TOOLS PARA IMPLEMENTAR MEJORAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN (CORE TOOLS TOOLS TO IMPLEMENT IMPROVEMENTS IN THE PRODUCTION LINE). *Pistas Educativas*, 41(133).
- S., D. F. (Septiembre de 2020). *Maquinarias Pesadas.org Maravillas de la Ingeniería*. Obtenido de Maquinarias Pesadas.org Maravillas de la Ingeniería: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2591-curso-cilindros-hidraulicos-seguridad-tipos-aplicaciones-mantenimiento>
- Solé, A. C. (2007). *Neumática e Hidráulica*. España: Alfaomega, Marcombo.
- Solé, A. C. (2011). *Neumática e Hidráulica*. Barcelona: Marcombo.

WordPress. (21 de Septiembre de 2018). *Aceros y Sistemas Hidráulicos de México*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de ASHM: <http://www.ashm.mx/blog/que-son-los-sellos-hidraulicos/>