



Optimización del proceso de manufactura del ensamble de un troquel a través de su administración

Optimización del proceso de manufactura del ensamble de un troquel a través de su administración

Blanca Nelva Castillo-Bolaños¹, Enedina Álvarez-Cruz¹, Guillermo Carlos
Peña-García¹, Orlando Merinos¹, Luis Bertino Mar- Carpio¹

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas, México.

Recibido: 24-09-2020
Aceptado: 24-11-2020

Autor corresponsal: nelva06@hotmail.com

Resumen

El documento describe la administración de la manufactura del ensamble de un troquel a partir de su diseño y establecimiento de los procesos de producción y su secuencia, con la utilización de herramientas de los sistemas de apoyo a la manufactura; para cumplir en tiempo y forma la entrega satisfactoria del producto terminado al cliente, y con ello, optimizar dichos procesos y por consecuencia aumentar la productividad de la organización. Es muy importante la realización de éste trabajo, debido a que se han estado presentando algunos problemas, como: entrega del producto en un lapso de tiempo posterior al establecido, no se utilizan herramientas de sistemas de apoyo en la manufactura de un troquel, inexistencia de un sistema de información, así como errores y extravío de material durante el proceso de producción.

Se muestra la aplicación detallada de la Ingeniería de Manufactura, la Planeación y Control de la Producción, el Control de Calidad y la Medición e Inspección, diseñando y elaborando documentos, diagramas y otras herramientas que son necesarias para llevar a cabo el proceso de producción del troquel 294 que ha sido solicitado.

Como resultado del desarrollo de éste trabajo se logró entregar el troquel 294 con 5 días de anticipación, todos los componentes del ensamble se fabricaron con las especificaciones requeridas, no hubo extravíos de material y se estandarizó el proceso de manufactura de un troquel.

Palabras clave

Proceso de manufactura, ensamble, troquel, herramientas.

Abstract

The document describes the management of the manufacture of the assembly of a die from its design and establishment of the production processes and their sequence, with the use of tools from the manufacturing support systems; to meet the satisfactory delivery of the finished product to the customer in a timely manner, and thereby optimize these processes and consequently increase the productivity of the organization. It is very important to carry out this work, since there have been some problems, such as: delivery of the product in a

period of time after the established one, tools of support systems are not used in the manufacture of a die, lack of information system, as well as errors and loss of material during the production process.

The detailed application of Manufacturing Engineering, Production Planning and Control, Quality Control and Measurement and Inspection is shown, designing and preparing documents, diagrams and other tools that are necessary to carry out the production process of the die 294 that has been requested.

As a result of the development of this work, die 294 was delivered 5 days in advance, all the components of the assembly were manufactured with the required specifications, there were no material losses and the manufacturing process of a die was standardized.

Key words

Manufacturing process, assemble, die, tools.

Introducción

Una administración exitosa de los procesos productivos se da con el conocimiento de la estructura y el funcionamiento de sus sistemas de planeación y control de la producción, identificando si cuentan con sistemas de información, planeación y control adecuados y confiables y con las técnicas y herramientas adecuadas para la toma de decisiones (Jaramillo, Tejeda y Clavijo, 2013).

Groover (2007) dice que los sistemas de apoyo a la manufactura son los procedimientos utilizados por la empresa para administrar la producción, que se encuentran en la ordenación de materiales, el movimiento del trabajo por la fábrica y se aplican para asegurar que los productos satisfagan estándares de calidad, los cuales son llevados a cabo en las áreas de Ingeniería de manufactura, Planeación y control de la producción y de Control de calidad.

Medina (2010), menciona a la productividad como “la forma de utilización de los factores de producción en la generación de bienes y servicios para la sociedad”, tiene como principal motivo mejorar la eficiencia y la eficacia con las que son utilizados los recursos de la empresa. La productividad es un objetivo estratégico de las empresas, ya que sin ella los

productos o servicios no llegan a los niveles de competitividad que se necesitan en una economía globalizado (Medina, 2010).

Dado el nivel de competitividad que existe entre las industrias, es primordial que su oferta de productos sea con calidad y a precio mínimo, además su desempeño deberá ser profesional y adecuado para aportar beneficios económicos y a la sociedad (Maturano, Sarabia y Ribera, 2017).

En la industria, la producción de bajas cantidades también es conocida como producción intermitente la cual es habitualmente llevada a cabo en talleres por lo que a su vez es conocida también como producción de taller. A pesar de desarrollarse en unidades productivas de reducido tamaño, presenta grado de complejidad y dificultades que se derivan de sus propias características. Administrar bien este tipo de flujo productivo no resulta sencillo (Arredondo, Ocampo, Orejuela y Rojas, 2016).

En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual. Casi siempre, la manufactura se ejecuta como una secuencia de operaciones. Cada una de éstas lleva al material más cerca del estado final que se desea (Groover, 2007).

En un proceso de ensamble de piezas que busca obtener un producto final que cumpla con las especificaciones dimensionales, puede existir un problema cuando los componentes a ensamblar tienen variaciones geométricas dimensionales importantes, que impactarán en los costos de producción al considerar el producto como no conforme e incluso se convierte en una mala imagen para la empresa, aunado a esto, se agrava cuando el producto es entregado en un tiempo posterior a lo pactado (Gámez, Sánchez, Satorres y Gómez, 2012).

Un troquel es una herramienta conformada por múltiples componentes en su ensamble que a través de su montaje en una prensa permite transformar una lámina o chapa de material en el producto deseado por medio de diferentes operaciones (Campos, Escamilla y Alonso, 2014).

Madrigal y Mandy (2018) definen los diferentes tipos de troqueles de acuerdo al producto a obtener y los describen como: simple, realiza una sola operación; compuesto, realiza dos o más operaciones de transformación de lámina por cada golpe; y progresivo, realiza operaciones de alta complejidad.

Para el diseño de piezas industriales complejas, como lo es un troquel, son utilizados programas de diseño asistido por computadora (CAD) que elevan la calidad en el diseño mecánico y permiten una respuesta rápida y eficiente al cliente en tiempo real (Rodríguez, Méndez y Hernández, 2019).

En los últimos años se ha visto un gran avance en el software de diseño para la elaboración de diversos gráficos, diagramas y sobre todo piezas en el ámbito de la industria. El CAD es una técnica de análisis que crea un modelo de comportamiento de un producto antes de que se fabrique, una de sus características es el uso de la Ingeniería inversa al obtener un modelo a partir del escaneo de una pieza real (Rojas y Rojas, 2006).

Una actividad relevante es la inspección para lograr la mejor calidad en los productos manufacturados, representa un proceso a través del cual se define si una pieza o producto cumple o no con las especificaciones indicadas. De manera usual éstas especificaciones, también llamadas tolerancias son representadas como un conjunto de valores de ciertas características de la pieza, así como las desviaciones que son aceptables en dichos valores (Jaramillo, Prieto y Boulanger, 2007).

Dadas las condiciones no óptimas en las que se están produciendo troqueles, reflejado en el incumplimiento de fecha de entrega, se realiza la aplicación de la administración del proceso de manufactura de un troquel con la finalidad de optimizarlo y atender de manera adecuada al cliente.

Materiales y métodos

En un sistema de producción intermitente se realiza la aplicación de las herramientas de los diferentes sistemas de apoyo a la manufactura para la fabricación del troquel 294, el cuál necesita ser fabricado en un lapso de tiempo de 10 semanas a partir de la fecha de liberación del diseño final.

El área de ingeniería del departamento de Proyectos se encargó de la elaboración del diseño del troquel de acuerdo con las especificaciones del cliente, utilizando la técnica CAD y la Ingeniería inversa, ilustrado a través de su ensamble inferior (figura 1) y su ensamble superior (figura 2) que en conjunto forman el ensamble de dicho troquel.

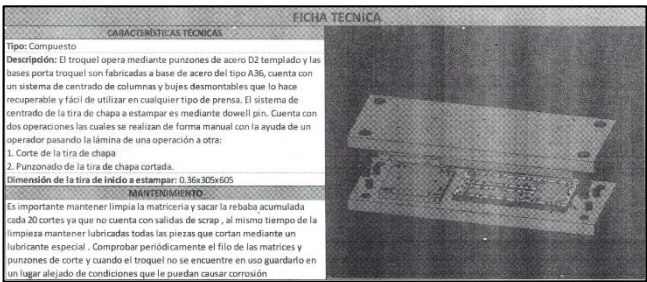


Figura 1. Ensamble inferior del troquel 294.

Fuente: los Autores.

LISTA DE MATERIALES (BOM)						
Num. Parte cliente:			284D1567P001			
Proyecto:			CHAPA DESPLIEGADA EQUISA			
CLIENTE:	Fecha:					
NUM. PARTES	DENOMINACIÓN	DIM. BRUTAS	MATERIAL	TRATAMIENTO	DUREZA(HRC)	CANT
1	ZAPATA INF	48.00x50.00x1315.00	A36			1
2	MATRIZ	25.00x40.00x190.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
3	MATRIZ*	25.00x40.00x190.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
4	MATRIZ	25.00x32.03x174.92	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
5	MATRIZ	25.00x32.08x174.92	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
6	MATRIZ	25.00x42.25x140.58	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
7	MATRIZ	25.00x30.00x130.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
8	MATRIZ	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
9	MATRIZ*	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
10	MATRIZ	25.00x30.00x271.15	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
11	MATRIZ	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1
12	MATRIZ*	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	58-60HRC	1

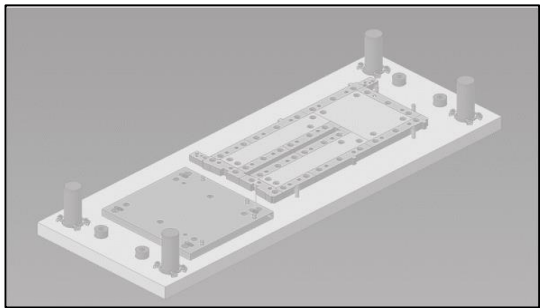
Figura 2. Ensamble superior del troquel 294

Fuente: los Autores.

A continuación, se elabora una ficha técnica, figura 3, con las características del troquel, identificando el tipo y descripción del troquel.

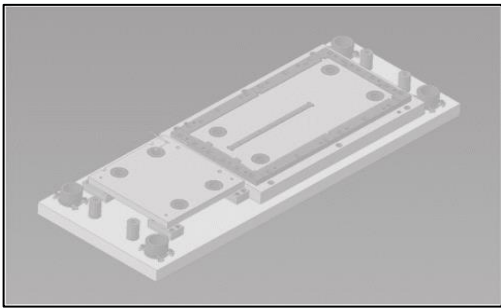
Se analizan las dos partes del troquel para identificar los materiales o componentes que los formarán, la figura 4 muestra una lista de dichos componentes.

Figura 3. Ficha técnica del troquel 294.



Fuente: los Autores.

Figura 4. Materiales del troquel 294.



Fuente: los Autores

A partir del diseño final del troquel 294 se procede a la aplicación de las herramientas para la manufactura del troquel.

A continuación, se detallan las herramientas de Ingeniería de Manufactura que se utilizaron, la su planeación se detalla en la figura 5.

Se llevó a cabo la realización detallada de los planos (figura 5) correspondientes a los componentes para la fabricación interna mediante el despiece del producto final. El despiece se realizó con acotaciones detalladas y tolerancias requeridas para poder cumplir con los requerimientos de calidad de los componentes a través de todo el flujo de las operaciones de fabricación necesarias.

Con la finalidad de establecer la secuencia de operaciones de ensamble que debe seguirse para obtener el producto, se elaboran diagramas de explosión del ensamble inferior y superior, así como el diagrama de Gozinto de ensamble inferior, superior y final.

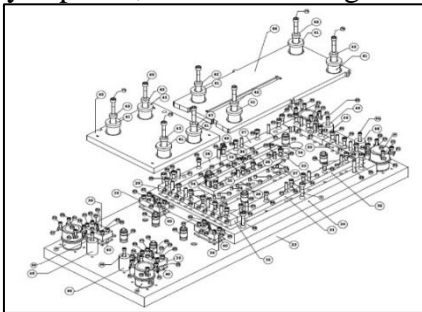


Figura 5. Planeación de la ingeniería de manufactura del troquel 294.

Fuente: los Autores.

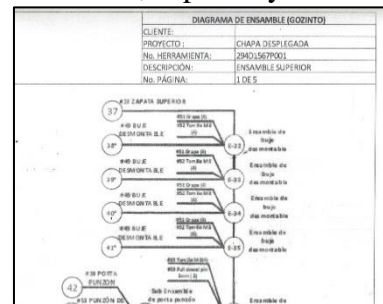


Figura 6. Plano del troquel 294.

Fuente: los Autores.

En referencia a la lista final de materiales del troquel (figura 4) se procedió a la realización de diagramas de explosión correspondientes al ensamble inferior (figura 7) y ensamble superior que conforman el ensamble completo del troquel como apoyo visual para el ensamble del mismo.

La figura 8 muestra un diagrama de ensamble de Gozinto del ensamble superior del troquel.

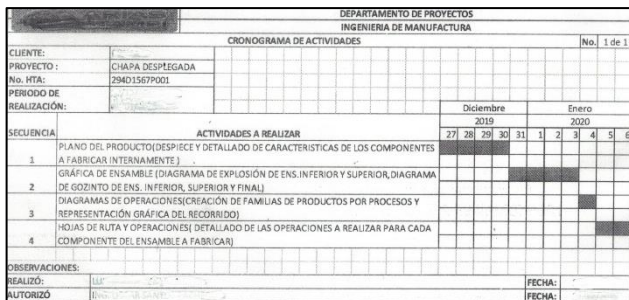


Figura 7. Diagrama de explosión de ensamble inferior.

Fuente: los Autores.

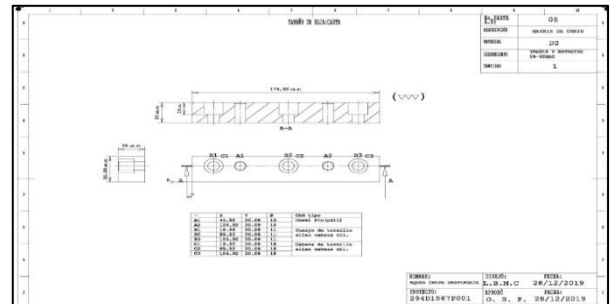


Figura 8. Diagrama de ensamble de Gozinto.

Fuente: los Autores.

Para obtener los diagramas de operaciones de los componentes de fabricación interna que integran el ensamble del troquel 294 se llevó a cabo una serie de procedimientos de 4 pasos en total:

Paso 1. Se identificaron los componentes que se van a manufacturar. En este caso se tenía una lista previamente de los componentes de fabricación interna (figura 4).

Paso 2. Se determinaron las operaciones y la secuencia requeridas para fabricar cada componente. En la figura 9 se muestra el resultado de este paso.

Paso 3. Se identificaron y agruparon los componentes que presentan la misma secuencia de operaciones para su fabricación dando como resultado 9 familias de productos. La familia de productos 5 se muestran de la figura 10.

No. P Int.A S:	PROCESO/ COMPONENTE	ÁREA CONVENCIONAL					ÁREA ENSAMBLE		TOTAL DE PROCESOS
		CORTE	EDM BÁSICO	FRESADO PLANEADO	VARIOS (FRESADORA)	TORNEADO	RECTIFICADO	VARIOS(CNC)	
1	ZAPATA INF	X	X	X	X	X	X	1	X
2	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6
3	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6
4	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6
5	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6
6	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6
7	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6
8	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6

Figura 9. Asignación de secuencia de procesos a componentes de fabricación interna

Fuente: los Autores.

No. Parte	FAMILIA 5 PROCESO/ COMPONENTE	ÁREA CONVENCIONAL				ÁREA ENSAMBLE
		CORTE	FRESADO (PLANEADO)	VARIOS (FRESADORA)	RECTIFICADO	ENSAMBLE
17	PLACA PISADORA	1	2	3	4	5
18	PLACA PISADORA	1	2	3	4	5
19	PLACA PISADORA*	1	2	3	4	5
21	CUÑA	1	2	3	4	5

Figura 10. Familia de productos.

Fuente: los Autores.

Paso 4. Se procedió a la creación de los diagramas de operaciones por familia de componentes, en total se crearon 9 diagramas de operaciones por las 9 familias existentes. En la figura 11 se observa el diagrama de operaciones de la familia 5.

Se prepara el plan de proceso mediante la hoja de ruta y operaciones, que especifica la secuencia de operaciones y procesos que visitará la pieza durante su producción, la hoja de ruta y operaciones de la familia 5 se ilustra en la figura 12.

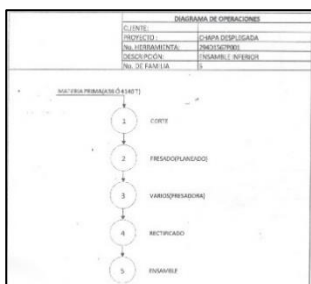


Figura 11. Diagrama de operaciones.

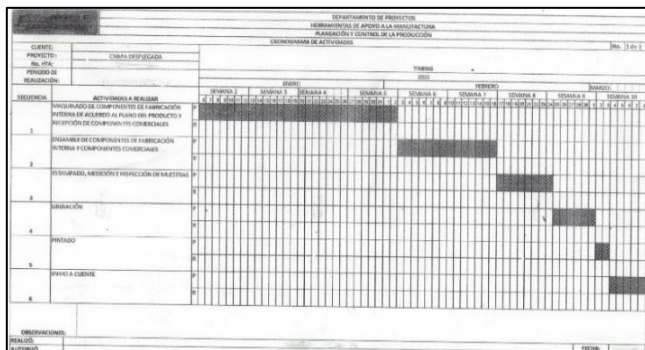
Fuente: los Autores.

HOJA DE RUTA Y OPERACIONES			No. 017
	CLIENTE:		
	No. PART. CLIENTE(HTA):	1294015627001	
NOMBRE DE LA PIEZA: PLACA PISADORA			
NO. PARTE A.S.: 17			
CANTIDAD: 1			
DIMENSIONES: 25.00(171.23x221.15			
FAMILIA: 5			
MATERIA PRIMA: AISI			
PROCESO			
SECUENCIA DEL PROCESO		DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	
CORTE	ASERRADO: DEJAR SOBREMATERIAL DE 4MM POR LADO A LAS DIMENSIONES REQUERIDAS		
FRESADO(PLANEADO)	FRESADO/PLANEADO DEL BLOQUE(SOBREMATERIAL DE 2(0.3MM ADICIONAL A DIMENSIONES REQUERIDAS)		
VARIOS(FRESADORA)	3) TALADRO: 4 ORIFICIOS DE Ø 13MM		
RECTIFICADO	4) ESCARIADO: 4 ORIFICIOS DE Ø 18MM		
ENSAMBLE	5) RECTIFICADO: DIMENSIONES REQUERIDAS		
ELABORO:	6) ENSAMBLE: LISTO PARA ENSAMBLE		
AUTORIZO:	FECHA:	FECHA:	

Figura 12. Hoja de ruta y operaciones.

Fuente: los Autores.

A continuación, se describe la Planeación y Control de la Producción del troquel 294, su calendarización se representa en la figura 13. Se estableció el proceso de producción del



troquel y se representó en un diagrama de flujo de procesos (figura 14) para apoyo a la planeación de fabricación de la herramienta, así como el cumplimiento de su producto final.

Figura 13. Planeación y Control de la Producción del troquel 294.

Fuente: los Autores.

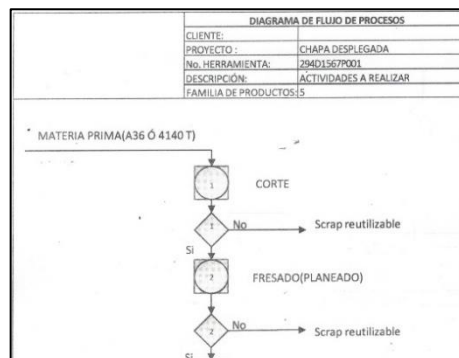


Figura 14. Diagrama de flujo de procesos de la familia 5.

Fuente: los Autores.

Del análisis de la situación actual se concluyó que la programación de la producción es una actividad compleja en sus distintas funciones, por lo que se decidió la formulación de órdenes de producción para la asignación de recursos (carga de máquinas) y la sincronización (que comprende la terminación de la secuencia y cronología de los trabajos).

La carga consistió en asignar órdenes de producción (figura 15) a las distintas estaciones de trabajo, buscando el mejor aprovechamiento de la maquinaria, la mano de obra y cualquier otro recurso que se aplique a la producción.

La sincronización trató de cumplir con los plazos de entrega requeridos, para lo cual se determinó la secuencia en que serían procesadas las ordenes de producción.

FECHA DE ELABORACIÓN:		ORDEN DE PRODUCCIÓN		No.	
CLIENTE:		No. PART. CLIENTE(HTA):		No. PART. CLIENTE(HTA):	
NOMBRE DE LA PIEZA:		No. MAQUINA ASIGNADA		FECHA DE INICIO	
NO. PART. A.S.:		FECHA DE TERMINACIÓN		RESPONSABLE	
CANTIDAD:					
DIMENSIONES:					
MATERIA PRIMA:					

Figura 15. Formato de orden de producción.

Fuente: los Autores.

Se procedió a crear un procedimiento para el Control de Calidad de los componentes que conforman el ensamble de un troquel.

En primera instancia se definió un estándar de calidad para el producto terminado el cual determinó que se realizarían dos controles de calidad:

1. Control de calidad durante el proceso de fabricación
2. Control de calidad de producto terminado

Para establecer un estándar de calidad del producto se hizo una evaluación de la producción actual de troqueles y tomando en cuenta las quejas anteriores de los clientes con las cuales se llegó a la siguiente conclusión: el troquel es funcional pero las características de los componentes del ensamble final del troquel no coinciden con las características de su diseño final, lo cual afectaría en un futuro a una posible refacción de algún componente a fabricar.

Con la información anterior se define un estándar de calidad del producto de la siguiente manera:

Realización del troquel a fabricar de acuerdo a las especificaciones técnicas plasmadas en el plano del producto, elaborado con tolerancias y materiales adecuados para su correcto funcionamiento durante el estampado y duración estimada de vida.

Para la verificación de la calidad en las etapas de producción de los componentes de ensamble que conforman el troquel 294 y que se fabricarán internamente, se estableció el siguiente procedimiento a seguir apoyándose con las herramientas de medición e inspección:

1. Con las especificaciones técnicas de cada componente detallado en cada orden de producción, se prepara la hoja de control, figura 16, de las piezas a fabricar internamente, integrando la secuencia y orden de los diferentes tipos de procesos para la verificación de los estándares generales de calidad ya definidos, apoyándose con los detalles de las especificaciones técnicas contenidas en el plano del producto (despiece general).

2. Se aplica la hoja de control, en este caso se realizó una lista para facilitar el seguimiento de grandes cantidades de componentes. Al aplicar la lista de control de acuerdo

a las inspecciones que se marcan en los diagramas de flujo de procesos se pueden encontrar con dos situaciones:

Que el componente este conforme a los criterios de calidad establecidos en cada proceso y por tanto es apto para pasar al siguiente proceso.

Que el componente no cumpla con los criterios de calidad definidos y por lo tanto no puede pasar al siguiente proceso.

3. Si al terminar un proceso al inspeccionar el producto no está conforme se elaborará una hoja de no conformidad, lo que significará que será rechazado, ya que la pieza no alcanza los criterios de calidad requeridos. Al mismo tiempo se realizará una nueva orden de producción para cubrir la pérdida, lo que significará un gasto mayor a la empresa. La pieza será rechazada al terminar su proceso correspondiente de acuerdo a los motivos detallados en la figura 17.

HOJA DE CONTROL			No.
CLIENTE:			
PROYECTO:	CHAPA DESPLEGADA		
No. HTA:	294D1567P001		
FECHA:			
NOTA: Marcar con una X en la columna SI, si el estándar se cumple o en la columna NO, si el estándar no se cumple			
No. PARTAS	PROCESO	CUMPLIMIENTO	FECHA
		SI NO	

Figura 16. Formato de hoja de control.

Fuente: los Autores

PROCESO	MOTIVO DE RECHAZO
Corte	Material equivocado No cumple con las dimensiones y/o sobrematerial requerido.
Fresado	No cumple con los tipos de CAM en las coordenadas correctas de acuerdo al plano del producto.
Planeado	No cumple con las tolerancias de los diámetros especificadas en las operaciones de la hoja de ruta correspondiente.
Rectificado	No cumple con las tolerancias requeridas.
Torneado	No cumple con el planeado a 90°.
Torneado	No cumple con las tolerancias de acuerdo al plano del producto
Varios(CNC)	En caso de planeado a 90° si no cumple con tolerancias de acuerdo al plano del producto.
Varios(CNC)	No cumple con los tipos de CAM en las coordenadas correctas de acuerdo al plano del producto.
WEDM	No cumple con las tolerancias de los diámetros en los tipos de CAM.
WEDM	No cumple con las tolerancias y/o coordenadas de corte especificadas de acuerdo al plano del producto
Tratamiento térmico	No cumple con la dureza en HRC solicitada

Figura 17. Motivos de rechazo de inspección de control de calidad.

Fuente: los Autores.

Se realizó el control de calidad del producto final por parte del cliente con el fin de garantizar el nivel de calidad del producto establecido en el expediente técnico. Lo anterior se llevó a cabo utilizando herramientas de medición e inspección del producto final del troquel (chapa estampada) comparándolo con el producto definido por el cliente. Los puntos definidos para el control de calidad en el producto terminado son los siguientes:

1. Verificación física de la chapa estampada del troquel 294, esto quiere decir que el producto tiene que entrar en las tolerancias requeridas.
2. Verificación de los puntos finales definidos por el cliente para liberación del troquel.

Para cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el ingeniero de diseño en el plano del producto se comparó el producto terminado en cada proceso por medio de la medición.

La inspección durante el proceso de producción fue hecha de forma manual con ayuda de los instrumentos de medición, de acuerdo al control de calidad en cada proceso establecido en los diagramas de flujos de procesos realizados para cada familia de productos.

Los instrumentos de medición utilizados durante el proceso de producción para la medición e inspección del troquel de acuerdo a su categoría fueron los siguientes:

a. Instrumentos de medición para dimensiones lineales: calibrador vernier y micrómetro para medición de especificaciones de componentes durante los diferentes procesos de manufactura.

b. Instrumentos comparativos: en esta categoría se utilizó el indicador de carátula para el correcto alineamiento de componentes a maquinar, así como su verificación. También se utilizó la escuadra a 90° para verificar los maquinados.

Las piezas que fueron llevadas al proceso externo como lo es el tratamiento térmico fueron inspeccionadas por control de calidad debido a que se solicitó una dureza requerida, entregando un certificado que avala la dureza requerida.

En el control de calidad para el producto terminado se definieron dos puntos en los cuales se basó la medición e inspección:

1. Verificación física de la chapa estampada del troquel 294, esto quiere decir que el producto tiene que entrar en las tolerancias requeridas.

2. Verificación de los puntos finales definidos por el cliente para liberación del producto.

Los puntos anteriores se pueden definir de la siguiente manera:

1. Inspección y medición de la chapa estampada.

2. Inspección final del producto terminado.

Para cumplir al cliente con las dimensiones y tolerancias especificadas de la lámina estampada como producto del troquel se procede al uso de las tecnologías avanzadas de medición como lo es el Scanner 3D Artec Spider en conjunto con su software correspondiente para su uso, Artec Studio.

Debido a la solicitud del cliente se inspeccionaron y se midieron 3 muestras aleatorias de 10 piezas estampadas, las cuales entraron en las tolerancias requeridas.

El cliente se encargó de definir los puntos para liberación (BuyOff) de la herramienta a partir de su propio formato, el cual a partir de la aprobación de la chapa estampada se partió para la inspección final para cumplimiento de los puntos especificados.

Resultados

La utilización de las herramientas de apoyo a la manufactura permitieron el objetivo de optimizar el tiempo de la manufactura del troquel 294 para la entrega puntual del producto terminado al cliente: se entregó 5 días antes de la fecha limite pactada.

Los resultados de los cronogramas de actividades propuestos para la aplicación de la Ingeniería de Manufactura (figura 5) y la Planeación y Control de la Producción (figura 13) se cumplieron en tiempo y forma con la debida sincronización y ejecución de las actividades a realizar.

De 77 componentes fabricados internamente 77 alcanzaron los requerimientos mínimos de calidad que fueron especificados de acuerdo al plano del producto de cada componente, lo anterior quiere decir que no se presentaron errores durante el proceso y se obtuvieron 0 piezas depuradas, así mismo no se presentó ningún componente extraviado durante el proceso de producción. Ver tabla 1.

Componentes fabricados	Componentes con la calidad de fabricación requerida	Componentes depurados por falta de calidad requerida	Componentes extraviados durante el proceso de producción
77	77	0	0

Tabla 1. Componentes fabricados del troquel 294.

Fuente: los Autores.

Es importante resaltar que la metodología y procedimientos diseñados en éste proyecto y utilizados para la manufactura del troquel 294 podrán ser aplicados en cualquier otro diseño de troquel que sea requerido, logrando con ello su estandarización que permite la organización y estructuración de los procesos internos, con los cuales se pueden obtener mejores estándares de servicio para cumplir con las expectativas y necesidades de los clientes.

Conclusiones

Se concluye, que, a pesar de trabajar en un sistema de producción intermitente, al implementar herramientas de los diferentes sistemas de apoyo de la manufactura para la fabricación de un troquel, se puede llevar un correcto seguimiento de las actividades a realizarse en el taller de trabajo y así poder hacer la entrega en la fecha pactada, trayendo con ello beneficios de ambas partes tanto para el cliente como para el vendedor del producto.

La correcta planeación de procesos, basándose en el plano del producto puede traer como resultado nulos o reducidos problemas en un sistema de producción tan complejo como el intermitente, lo que a su vez incrementa la productividad de la organización y la calidad del producto final.

Es muy importante cumplir con las especificaciones del plano del producto, sobre todo cuando su manufactura tiene una complejidad alta, como lo es un troquel, pues se refleja al momento de ensamblar el producto final (chapa estampada), por ello, se debe hacer una medición e inspección detallada y evitar retrabajos por falta de precisión en sus componentes.

Referencias bibliográficas

- Arredondo, G., Ocampo, K.V., Orejuela, J.P., Rojas, C.A. (2016). Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 169-193.
- Campos, A., Escamilla, A., Alfonso V.A. (2014). Proceso de diseño de un troquel progresivo para grapa que regula la longitud de recorrido de corriente eléctrica en una resistencia.

Twelfth LACCEI. Recuperado de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP020.pdf>

- Díaz, L.L., Rodríguez, Y., Méndez, R.F., Hernández, L. (2019). Uso de programas de diseño asistido por computadoras en el diseño de troquel para obtener la pieza enganche del sistema andamios. *Revista Avances*, 21(2), 238-247.
- Gámez J., Sánchez, A., Satorres, S., Gómez, J. (2012). Ensamblaje automático de piezas con desviaciones dimensionales. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, (9), 383-392.
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (3ª ed.). México, DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Jaramillo, O., Tejeda, A., Clavijo, A. (2013). Caracterización de la planeación y el control de la producción en las MIPIMES del sector manufacturero en la Ciudad Neiva. *Revista ENTORNOS*, 26(2), 201-212.
- Madrigal, M., Mandy, R. (2018). Formalización del conocimiento para el diseño de troqueles de corte progresivos. *UCLV*. Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10260/Madrigal%20Marrero2C%20Robert%20Mandy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Maturano, B.A., Sarabia, E. y Rivera, K. (2017). *Revista de Ingeniería y Tecnología para el Desarrollo Sustentable*, 3(2017), 54-62.
- Medina, J.E. (2010). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. *Revista EAN*, (69), 110-119.
- Rojas, O., Rojas, L. (2006). Diseño asistido por computador. *Revista Diseño y Tecnología*, 9(1), 7-15.