



# **Optimización del proceso de mecanizado CNC del área de Ball Housing, mediante un programa de mantenimiento**

## **Optimization of the CNC machining process of the Ball Housing area, through a maintenance program**

Manuel-Ángel Rosales-Montiel<sup>1</sup>, Antonio Soto-Nuñez<sup>1</sup>, Ilse-Alejandra Estévez-Gutiérrez<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – ITS de Tantoyuca, Veracruz, México.

---

Recibido: 31-10-2023  
Aceptado: 10-12-2023

Autor correspondal: [antonio.soto@itsta.edu.mx](mailto:antonio.soto@itsta.edu.mx)

## Resumen

La optimización, es una de las técnicas más aplicadas en el sector industrial, pues ofrece la posibilidad de realizar una eficiente utilización de los recursos. Con base en los anterior, en la empresa de maquinados INNERMAX, se lleva a cabo un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas CNC de la línea de Ball Housing, debido a los frecuentes paros provocados por fallas, lo que resulta en una baja productividad y pérdidas económicas, lo que ocasiona la insatisfacción de los clientes debido a la baja calidad del producto final. Para implementar el programa de mantenimiento preventivo, se recopila información detallada sobre las fallas de las máquinas y la producción generada durante cinco meses. Esta información fue analizada utilizando herramientas de calidad como el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, evaluando además la disponibilidad de cada máquina y calculando el OEE (Overall Equipment Effectiveness) para comprender el estado actual de la empresa. Como parte de este programa, se desarrolla un plan de control de calidad para gestionar y asegurar la calidad del producto, estandarizando el proceso y mejorando el flujo de trabajo desde la recepción de la materia prima hasta el embarque del producto final, creando además, un manual de procedimientos para los productos no conformes, lo que permite un mejor control y comprensión de las acciones a tomar al detectar alguna inconformidad. Gracias a estas medidas, la empresa INNERMAX logra optimizar sus procesos, mejorar la calidad de sus productos y garantizar la satisfacción de sus clientes.

**Palabras clave:** Optimización, mantenimiento, OEE, CNC, calidad.

## Abstract

Optimization is one of the most widely applied techniques in the industrial sector, offering the possibility of efficient resource utilization. Based on this, INNERMAX, a machining company, carries out a preventive maintenance program for CNC machines in the Ball Housing line. This is due to frequent stoppages caused by faults, resulting in low productivity and financial losses, leading to customer dissatisfaction due to the low quality of the final product. To implement the preventive maintenance program, detailed information about machine faults and production over five months is collected. This information is analyzed using quality tools such as Ishikawa diagram and Pareto chart. Additionally, the availability of each machine is evaluated, and Overall Equipment Effectiveness (OEE) is calculated to understand the current state of the company. As part of this program, a quality

control plan is developed to manage and ensure product quality. This involves standardizing the process and improving the workflow from raw material reception to the shipment of the final product. Furthermore, a procedures manual for non-conforming products is created, allowing better control and understanding of the actions to be taken when detecting any discrepancies. Thanks to these measures, INNERMAX optimizes its processes, enhances product quality, and ensures customer satisfaction.

**Keywords:** Optimization, maintenance, OEE, CNC, quality.

## Introducción

El buen funcionamiento de las empresas debe contar con un equipo multidisciplinario, si una parte de un sistema de producción falla por averías mecánicas, representa una pérdida tanto costos por tiempos muertos, costos elevados de reparación y productos no conformes. Es por ello la importancia del mantenimiento dentro la industria que se encarga de evaluar constantemente los equipos con los que se cuenta para asegurar su correcto funcionamiento, además de identificar los equipos críticos que ocasionan un gran impacto en costos.

El objetivo de la optimación del proceso de la empresa INNERMAX, radica en tener un mantenimiento preventivo eficaz mediante un Programa de mantenimiento, realizando inspecciones para detectar áreas de oportunidad importantes (reparaciones) en cierto periodo de tiempo; además de fomentar el mantenimiento autónomo en los operadores, asegurando así un incremento de su vida útil, ocasionando así que la maquinaria se encuentre en buen estado para reducir los paros no programados, reducir los defectos y mejorar el flujo del proceso para aumentar la producción de producto terminado, reduciendo así, pérdidas significativas por piezas defectuosas, reducción de la cantidad de producción e incumplimiento de entrega de los productos en tiempo y forma hacia sus clientes.

INNERMAX es una empresa dedicada al servicio de maquinado de piezas automotrices dado que en los últimos meses se han generado grandes pérdidas por producto no conforme, paros no programados, entre otras situaciones debido a la maquinaria en este caso los tornos CNC se encontraban en condiciones no favorables, es por ello surge la necesidad de contar con un programa de mantenimiento preventivo para así aumentar los indicadores como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso; evitando operar una maquinaria insegura hasta que se produce la avería llegando al punto donde se requiera un mantenimiento correctivo, además de poner en riesgo la seguridad del personal.

El objetivo de la investigación se centra en el aumento de la eficiencia operativa, quedando de la siguiente manera: Incrementar la eficiencia de los tornos CNC en el proceso de mecanizados en el área de Ball Housing para reducir los paros no programados, los defectos generados y aumentar la productividad cumpliendo con los requerimientos de los clientes, aplicando un programa de mantenimiento preventivo.

### Materiales y métodos

Como referente, la investigación se inicia con el análisis a profundidad del área de Ball Housing, tal y como se muestra en el Layout de la ilustración 1.



Ilustración 1. Layout del área de Ball Housing.

La empresa INNERMAX realiza el servicio de mecanizados, suministra la materia prima desde la ciudad de Saltillo Coahuila, utiliza el acero inoxidable para la producción de Ball Housing. El proceso consiste en tomar una pieza e insertarla en el torno CNC para posteriormente comenzar con el ciclo de maquinado a través de cuatro herramientas que la componen: a) Herramienta 1 tope: presiona la pieza para una correcta sujeción; b) Herramienta 2 Desbaste: Maquina el exceso de material; Herramienta 3 Acabado: Da medida requerida  $12.92 \pm 0.01$ ; Herramienta 4 Roscado: Hace la rosca a presión de la pieza; tal y como se muestran en la ilustración 2.

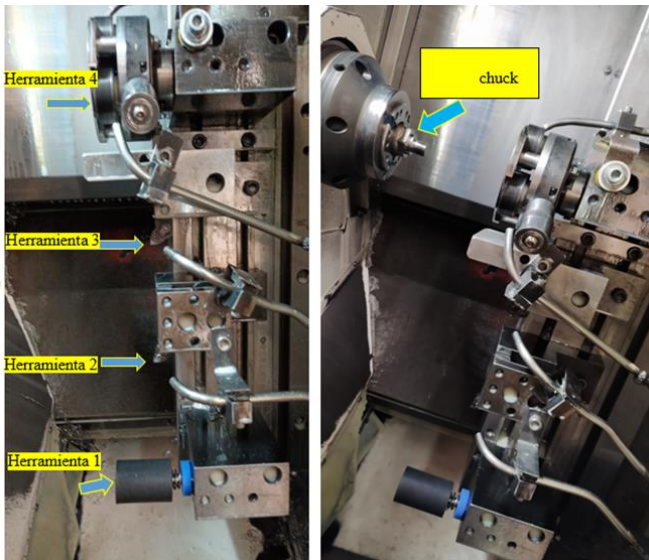


Ilustración 2. Herramientas de ciclo de mecanizado

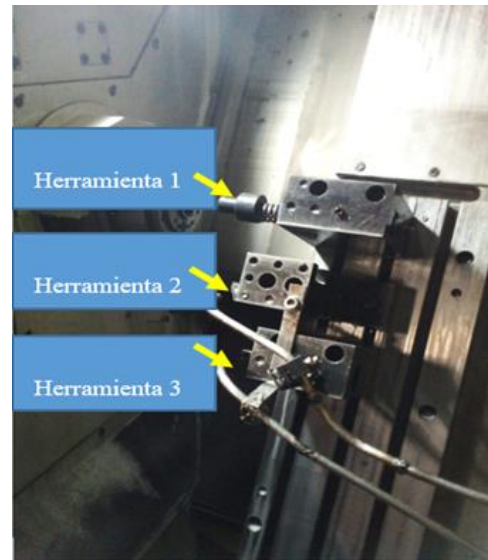


Ilustración 3. Proceso de chaflán.

Posteriormente, las piezas producidas se colocan en una cinta transportadora para esperar a que sean insertadas en el torno CNC y comenzar a mecanizar el chaflán. Este segundo ciclo utiliza tres herramientas tal y como se muestran en la ilustración 3: a) Herramienta 1 tope: presiona la pieza para una correcta sujeción; b) Herramienta 2 Acabado: Maquina el chaflán externo y largo plano de la pieza; c) Herramienta 3 Acabado: Maquina el ángulo del chaflán interno de la pieza.

A continuación, las piezas mecanizadas se acumulan en un carrito para enviarlo al área de inspección y ser empacado para ser enviado hacia el cliente.



Ilustración 4. Producto terminado

Derivado del análisis del área, se utiliza un diagrama de Ishikawa para identificar las posibles causas de los paros por fallas de los cuatro tornos CNC de la línea de Ball Housing.

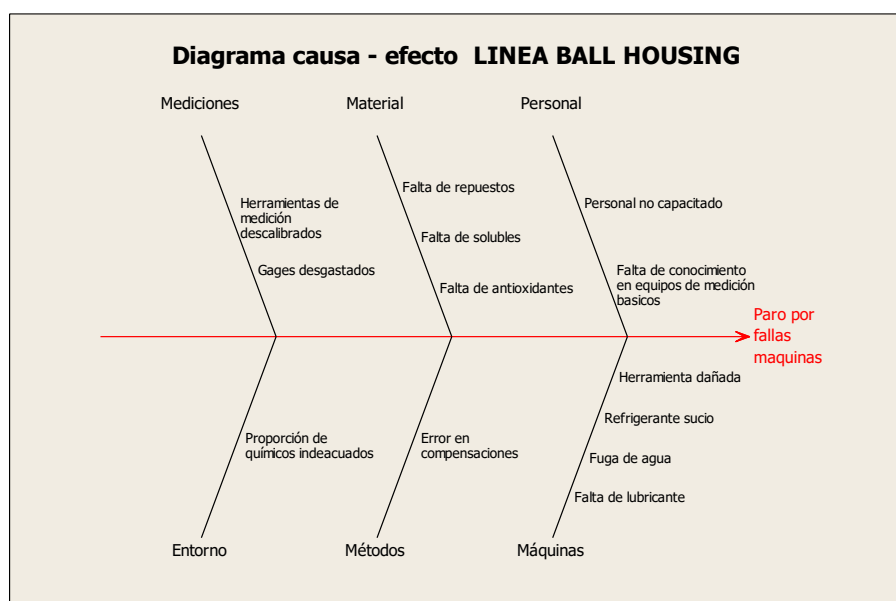


Ilustración 5. Diagrama de Ishikawa de las causas de paros en máquinas.

Derivado de lo anterior, el análisis a profundidad consiste en la recopilación de información con respecto a los tiempos de paro no programado de las maquinas CNC, defectos generados por la falta de mantenimiento y producción obtenida. Para agilizar la recopilación de información se realizó un registro de paros de los cuatro tornos CNC de la línea de Ball Housing por las fallas que ocurrieron durante cinco meses (noviembre de 2022 - marzo de 2023) durante los tres turnos operativos (día, tarde y noche) con una jornada de ocho horas.

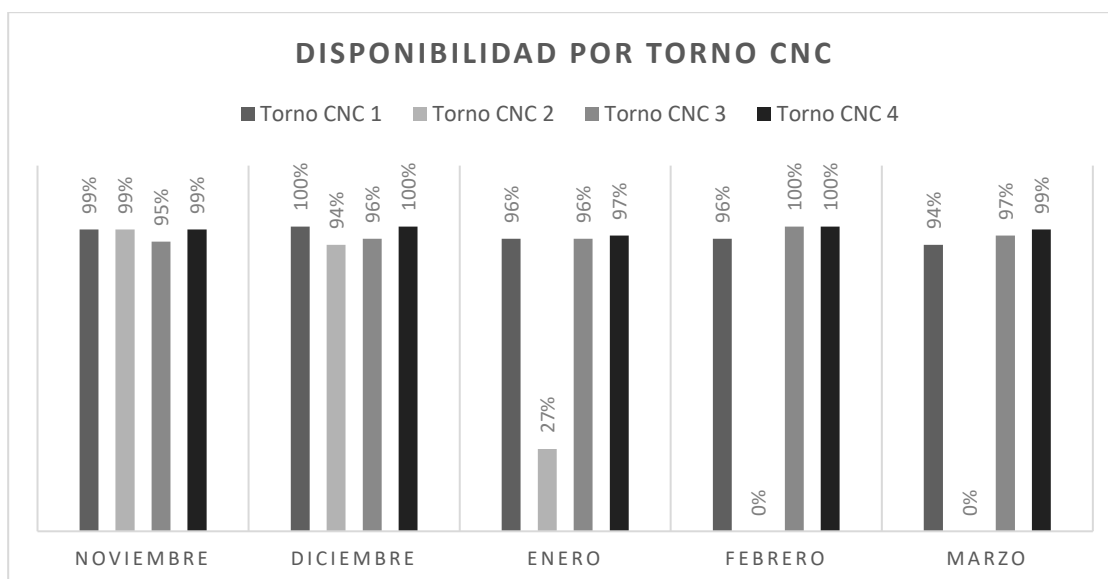


Ilustración 6. Gráfica comparativa (disponibilidad por turno).

De acuerdo con la información de los paros generados durante los cinco meses iniciando desde el mes de noviembre al mes de marzo, se elabora un histograma donde se puede observar los meses en

los que se registraron más paros en los tornos CNC de la línea de ball housing, a continuación, se muestran los resultados.

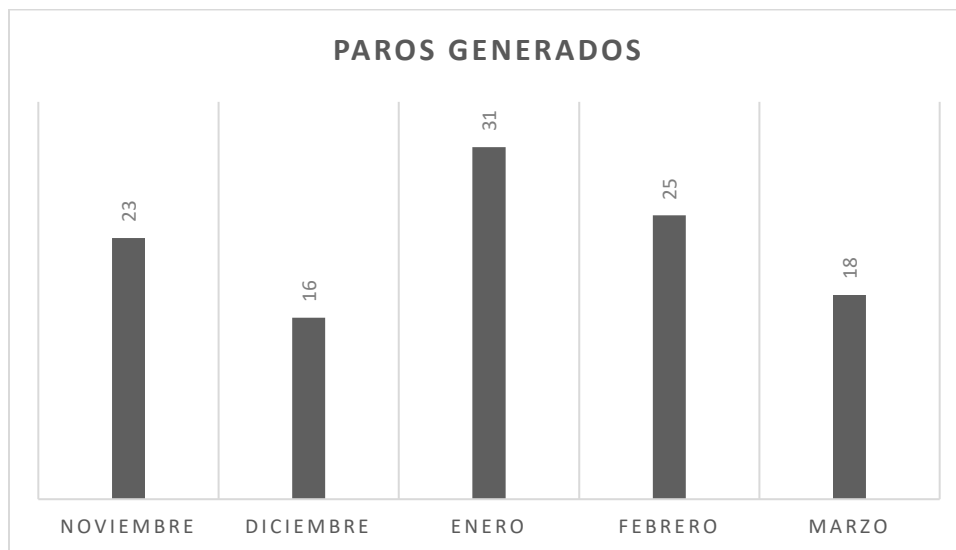


Ilustración 7. Cantidad de fallas generadas durante cinco meses en los tornos de CNC.

En función de la recopilación de información y los hallazgos encontrados, se utilizan diagramas de Pareto de primer y segundo nivel para analizar la frecuencia de las fallas de cada maquina CNC, e identificar la falla con mayor periodicidad de la maquina CNC con mayores problemas.

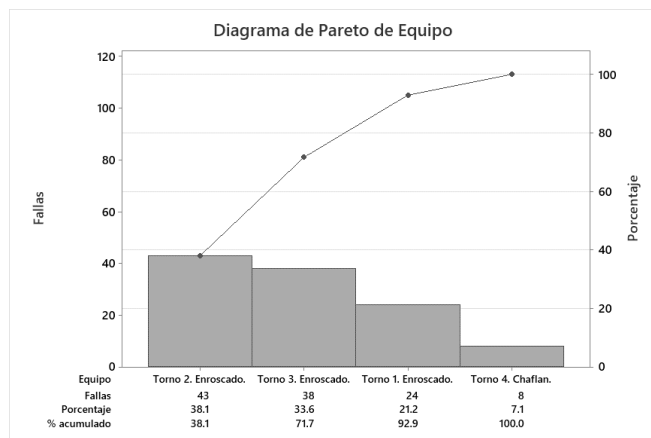


Ilustración 8. Diagrama de Pareto con los resultados del porcentaje de fallas de los tornos CNC.

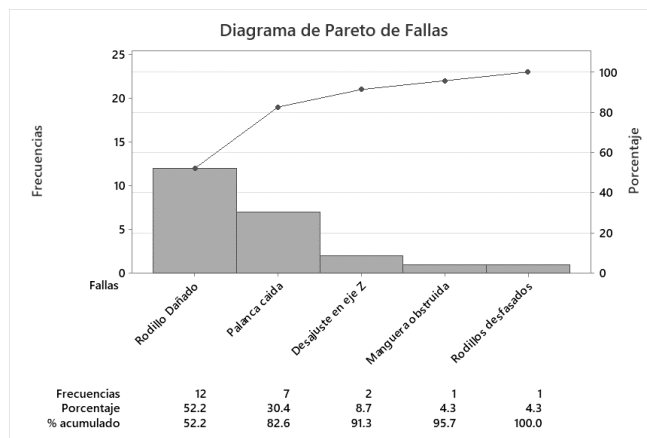


Ilustración 9. Diagrama de Pareto de las fallas generadas en el torno CNC 2.

Para el análisis de la efectividad de los equipos de la línea de Ball Housing, se obtiene la producción generada en cinco meses, en el que se indican el impacto que generó en la producción por los paros no programados por las fallas en los cuatro tornos CNC.

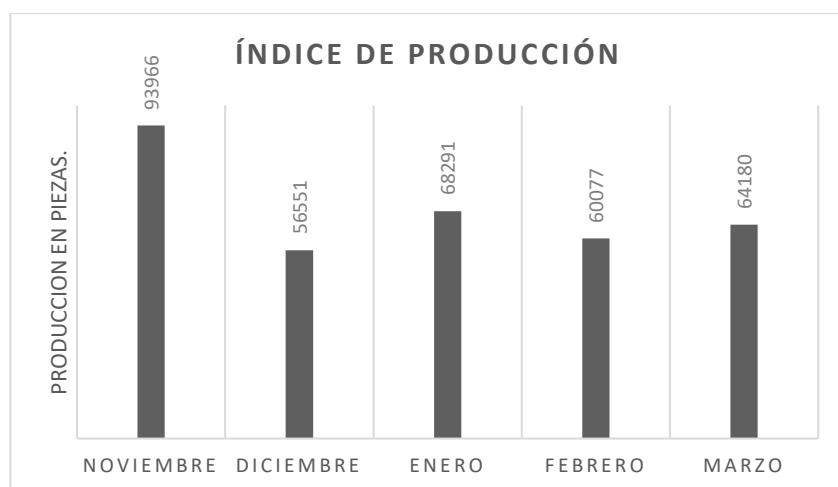


Ilustración 10. Índice de producción de Ball Housing durante noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

De acuerdo con los datos de los tiempos de paro de la maquinaria, la cantidad de producción y los defectos generados, se calculó la OEE por día tomando en cuenta los 3 turnos con una jornada laboral de 8 horas, luego se determinó el promedio de la OEE mensualmente de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo de la línea de Ball Housing, contemplando los cuatro tornos CNC.

En la ilustración 11, se muestran los resultados de la OEE de los cinco meses anteriores, donde se indica que el porcentaje de dicho índice se encuentra en una situación inaceptable con el 61% en el mes de noviembre; en el mes de diciembre se encontraba en una situación regular con un 68%, y a partir del mes de enero el nivel redujo a 55%, 52%, y 50%. De los tres indicadores, se observa que el rendimiento se ha encontrado con porcentaje irregulares, 79% en el mes de noviembre, 78% en el mes de diciembre y niveles inaceptables en los meses de enero, febrero y marzo.

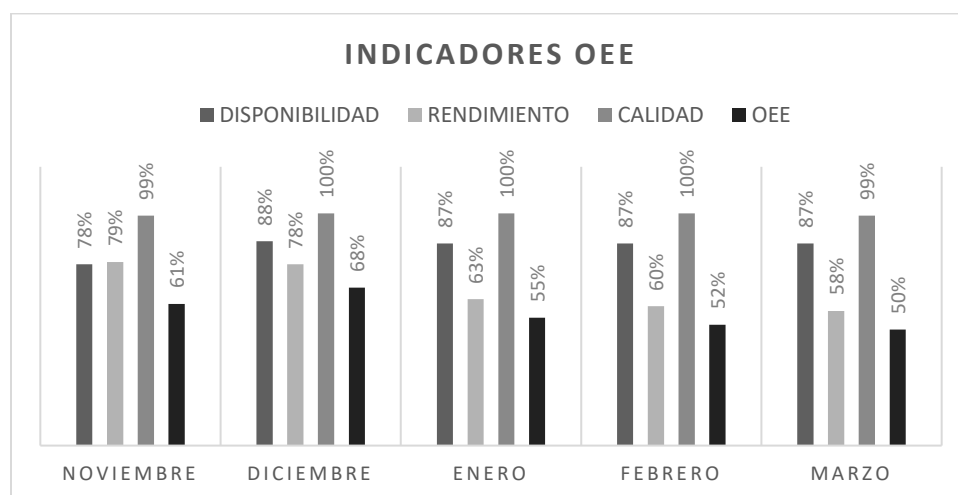


Ilustración 11. Resultados de los indicadores de la OEE antes de la implementación del programa de mantenimiento preventivo



## Resultados y discusión

En función de los hallazgos anteriores, se implementa un programa de mantenimiento preventivo de los tornos CNC mediante un plan de mantenimiento, un check list y ordenes de trabajo, en donde se describen cada una de las actividades, con los periodos y con el personal a cargo para llevar a cabo la actividad.

Tabla 1. Plan de mantenimiento preventivo de los cuatro tornos CNC del área de Ball Housing.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
LÍNEA:		MÁQUINA:		
TÉCNICO:		MODELO:		
FECHA:		SERIE:		
N°	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	PERIODO	DIA:	OBSERVACIONES
01-TORN-01/01-TORN-02/01-TORN-03/01-TORN-04	Realizar la limpieza dentro y fuera de la máquina, eliminar la rebaba a tiempo, verificar si hay alguna fuga.	Semanal		
	Verificar el nivel de líquido del enfriador de aceite y suministrar si es necesario.	Semanal		
	Revisar el tanque de agua y asegurar que las válvulas se encuentren abiertas.	Semanal		
	Verificar la sujeción del Chuck y asegurar que el husillo reciba el aceite adecuado.	Semanal		
	Revisar que la bancada se desplace hacia el límite, verificar si hay algún ruido y agregar lubricante.	Semanal		
	Limpiar el tanque del refrigerante, retirando la rebaba y aceite acumulado, limpiar el filtro, cambiar el refrigerante si es necesario.	Semanal		
	Revisar los tornillos de la palanca y los resortes de la hta 1, que no se encuentren desajustados o dañados.	Semanal		
	Revisar que la presión hidráulica sea la adecuada.	Semanal		
	Revisar la alineación del carro longitudinal.	Mensual		
	Revisar la fijación de la torreta, si los pernos/tuercas de las piezas móviles están bien apretados si es necesario cambiarlos.	Mensual		
	Revisar la fijación y lubricar los cojinetes de las cadenas transportadoras y revisar que la cadena se encuentre ajustada o ajustar si es necesario.	Mensual		

Revisar la banda del motor que no presente algún ruido y agregar engrasante.	Mensual		
Revisar que el gabinete eléctrico se encuentre limpio y seco.	Mensual		
Revisar que la puerta de protección deslizante no se encuentre dañada o con rebaba.	Anual		

Tabla 2. Formato del check list implementado para el mantenimiento autónomo

CHECK LIST MANTENIMIENTO AUTONOMO											
LINEA:		FECHA:		MODELO:							
OPERADOR:		MAQUINA:		SERIE:							
N°	ACTIVIDADES	TURNO							OBSERVACIONES		
		T	L	M	M	J	V	S			
01-TORN-01/01-TORN-02/01-TORN-03/01-TORN-04	Verificar la limpieza dentro y fuera de la máquina	D									
		T									
		N									
	Verificar si hay rebaba en la parte interna de la herramienta de empuje o rodillos.	D									
		T									
		N									
	Verificar si hay alguna fuga de agua o aire dentro y fuera de la máquina.	D									
		T									
		N									
	Verificar que la máquina cuente con agua sobre el transportador de rebaba.	D									
		T									
		N									
	Retirar la rebaba de los contenedores.	D									
		T									
		N									
	Verificar que los resortes de la herramienta de empuje no se encuentren dañados.	D									
		T									
		N									
	Verificar que las valvulas de agua se encuentren completamente abiertas.	D									
		T									
		N									
	Verificar que la palanca se encuentre correctamente apretada.	D									
		T									
		N									

Por otra parte, se realizó un check list diario de mantenimiento autónomo con la finalidad de que el personal de producción se asegure en revisar las actividades básicas que deben aplicar para comenzar el turno, debido a que en ocasiones omiten ciertos pasos por la falta de conocimiento de las actividades que deben de realizar o principalmente cuando son de nuevo ingreso.

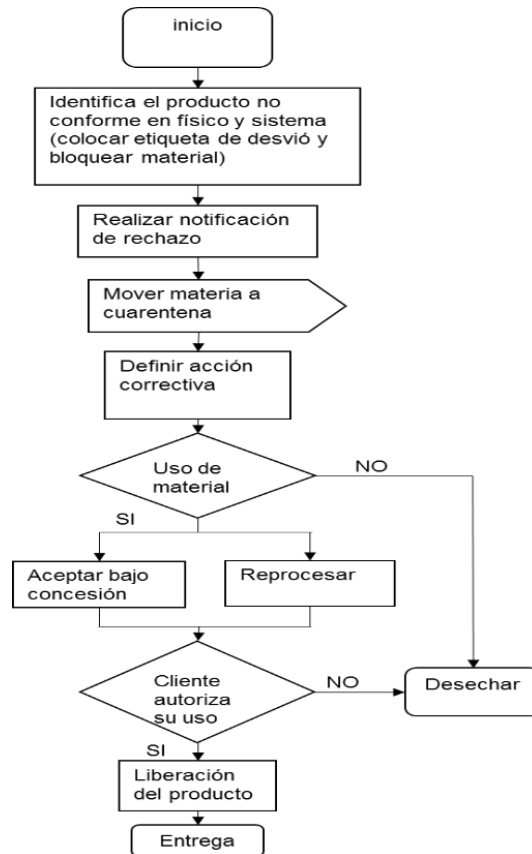


Ilustración 12. Diagrama de flujo para el tratamiento de producto no conforme (PNC).

Debido a que la empresa no cuenta con un documento con los lineamientos establecidos para un control de calidad, en la ilustración 12, se presenta el diagrama de flujo de plan de control de producto no conforme implementado y el proceso de producción de las piezas de Ball Housing, con la finalidad de mejorar el proceso de producción, reduciendo los defectos asegurando la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

Como resultado de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, el plan de mantenimiento autónomo y el plan de producto no conforme en los tornos CNC de la línea de Ball Housing, se evaluaron las mejoras durante dos meses subsecuentes (del 15 de abril al 15 de mayo y del 16 de mayo al 16 de junio), encontrando los siguientes resultados.

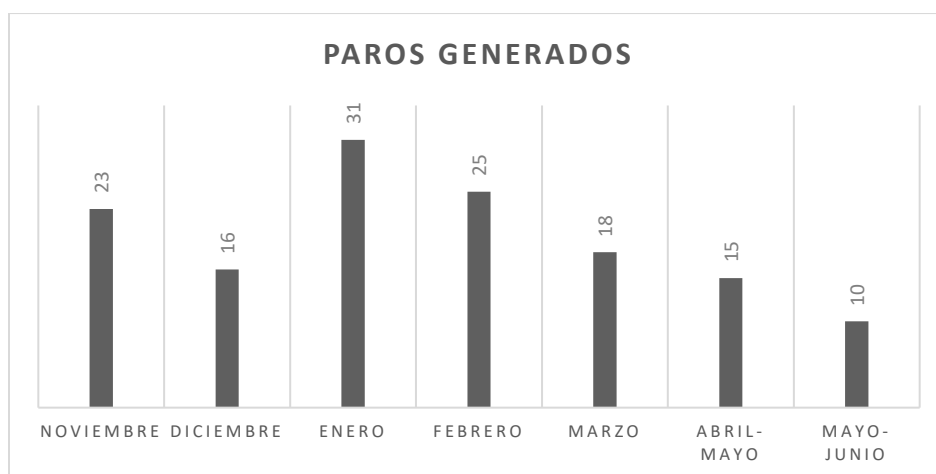


Ilustración 13. Histograma de paros en el mes de abril 15a mayo 15 y de mayo 16 a junio 16

Como se observa en la ilustración 13, durante noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; los paros generados fueron más elevadas debido a que se produjeron hasta 31 paros en el mes de diciembre, durante el mes de abril a mayo redujo a 15 fallas y en el mes de mayo a junio redujo a 10 fallas, lo que indica que si se ha obtenido buenos resultados después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 3. Tipos y frecuencia de fallas antes y después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo.

ANTES			DESPUÉS		
Tipos y frecuencia de fallas generadas durante los meses noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.			Tipos y frecuencia de fallas generadas durante el 15 de abril al 16 de junio.		
EQUIPO	FALLAS	FRECUENCIA	EQUIPO	FALLAS	FRECUENCIA
M2	Rodillos dañados	12	01-TORN-02	Palanca caída	4
M2	Palanca caída	7	01-TORN-02	Rodillo dañado	2
M2	Desajuste en eje z	2	01-TORN-02	Mal acabado	2
M2	Rodillos desfasados	1	01-TORN-02	Rodillos desfasados	2
M2	Manguera obstruida	1	01-TORN-02	Choque de herramienta	1

La tabla 3, se muestra que la causa que generó un mayor impacto en los paros de los tornos fue

por los rodillos dañados con un 44.4% del total de fallas. Con la implementación del programa de mantenimiento preventivo redujeron las fallas con el 20%.

En la ilustración 14, se muestran los datos de la producción generada antes y después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo, en el cual se obtuvieron buenos resultados ya que en los meses anteriores la producción no aumentaba debido a que los equipos no producían a la velocidad requerida por fallas que no se tomaban en cuenta para revisarlas y realizar un mantenimiento

preventivo o inclusive reparar las fallas producidas en el momento, ya que para la empresa no era conveniente detener las máquinas porque no cumpliría con la entrega de sus productos.

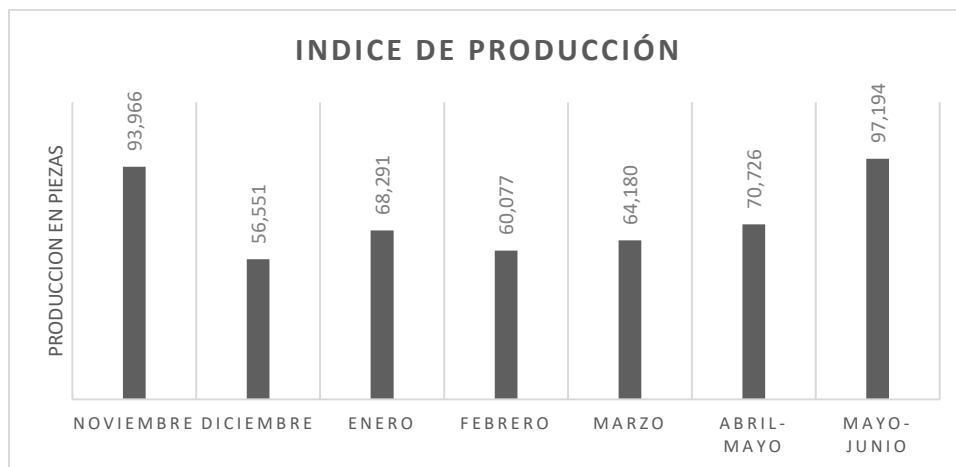


Ilustración 14. Histograma de la producción generada antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

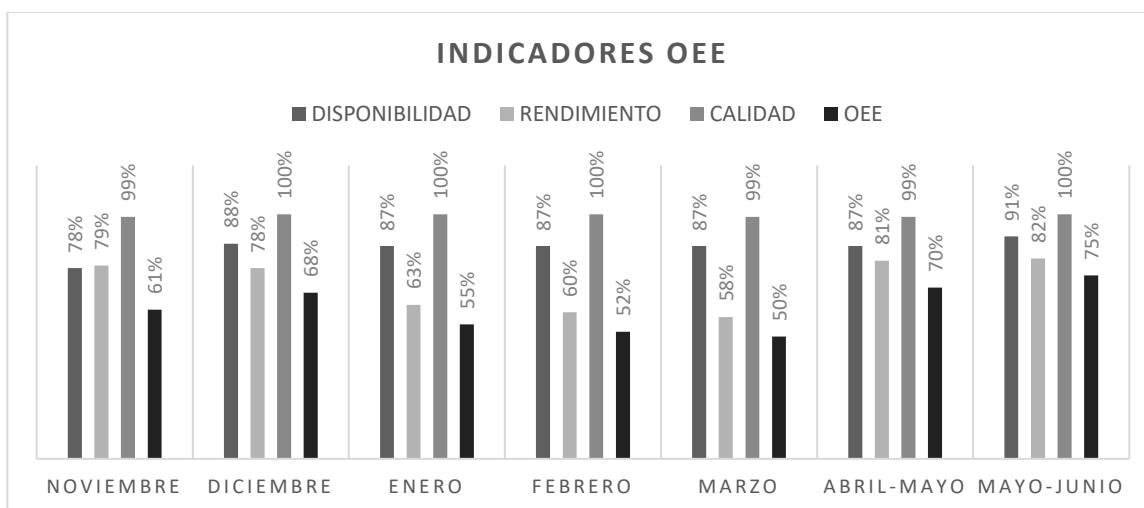


Ilustración 15. Resultados de la OEE antes y después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo.

La ilustración 15 muestra los indicadores de eficiencia del equipo. Con el indicador OEE se realizó el análisis de los resultados obtenidos de los paros por fallas, la producción y la calidad generada durante cinco meses (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo) antes y dos meses (abril-

mayo/mayo-junio) después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo en las máquinas de torno CNC de la línea de Ball Housing.

## **Conclusiones**

El proyecto se llevó a cabo debido a que la empresa no cumplía con las requisiciones del cliente, ya que en ocasiones el cliente quedaba insatisfecho por incumplir con la cantidad de piezas programadas o el cliente rechazaba los lotes por piezas defectuosas, después se realizó un análisis para determinar la principal problemática que afectaba a la empresa, ya que en la línea de Ball Housing se producía sin parar aunque los equipos no se encontraban en buenas condiciones y el control de calidad era escaso ya que se tenía que producir las piezas con ciertos defectos y las maquinas no se le daba ningún mantenimiento preventivo, sino hasta que fuera necesario de realizar un mantenimiento correctivo lo que hacía que atrasara la producción y al momento de embarque no lograban con la cantidad requerida para su envío.

Después de analizar el problema se realizó un programa de mantenimiento preventivo para los tornos de CNC y así se aseguró la vida útil de la máquina, como también aumento la disponibilidad disminuyendo los paros no programados al igual que el rendimiento por que se eliminaron los procesos de limpieza que se realizaba pieza por pieza antes de iniciar cada ciclo de mecanizado.

Se implementó un plan de control de calidad para estandarizar el proceso de producción desde la entrada de la materia prima hasta el punto de embarque, dentro del plan de control se actualizo el proceso de inspección de las piezas como resultado no se recibieron más quejas de parte del cliente durante el mes de abril-mayo y mayo junio. Agilizó el proceso de inspección gracias a la implementación de herramientas de medición durante el proceso de mecanizado y antes de enviar al área de inspección.

### **Referencias bibliográficas**

2012-2019 Neway CNC Equipment (Suzhou) Co., Ltd. . (s.f.). NEWAY. Obtenido de <http://www.newaycnc.com/>

García Garrido, S. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Díaz de Santos S.A. .

Pinacho. (s.f.). Obtenido de [pinachocnc.com/noticias/torno-o-fresadora/](http://pinachocnc.com/noticias/torno-o-fresadora/)

Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2009). *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. México: Mc Graw Hill.

Rajadell Carreras , M., & Sánchez García, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La Evidencia de una Necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.