



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

IMPLEMENTACIÓN DEL SMED PARA REDUCIR EL TIEMPO DE AJUSTE EN MÁQUINAS CNC

**IMPLEMENTATION OF SMED TO REDUCE SETUP TIME ON CNC
MACHINES**

Israel Becerril Rosales

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

Cruz Angel Martínez Gabino

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

Implementación del SMED para reducir el tiempo de ajuste en máquinas CNC

Israel Becerril Rosales¹

israel.becerril@tesjo.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6985-1354>

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico
de Estudios Superiores de Jocotitlán
México

Cruz Angel Martínez Gabino

2018150480999@tesjo.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-4760-6548>

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico
de Estudios Superiores de Jocotitlán
México

RESUMEN

La mejora continua de los procesos es esencial para aumentar la eficiencia operativa en entornos industriales altamente competitivos. En este contexto, la implementación de la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) en el área de ajuste de maquinaria permitió obtener resultados significativos. Uno de los principales logros fue la conversión de 19 actividades internas a externas y la eliminación de varias más, lo que permitió incrementar el tiempo disponible de producción en 30 minutos por turno. Se identificó que los movimientos de traslado eran responsables de las mayores pérdidas de tiempo durante el ajuste, siendo también los más frecuentes. Gracias al análisis detallado del proceso, se logró una mejora del 12.75% en la cantidad total de actividades, que originalmente eran 149. Al enfocarse específicamente en las actividades internas, se redujeron de 50 a 33, lo que representa una disminución del 38%. Como resultado de estos cambios, el tiempo total de ajuste se redujo en un 25%, lo que se tradujo directamente en un aumento de la producción. Dado que cada máquina CNC debe cumplir con una demanda diaria de 350 piezas, la media hora adicional obtenida por turno permitió fabricar 25 piezas más, cumpliendo y superando la meta, lo que refleja una optimización clara y medible del proceso.

Palabras clave: SMED, 5's, OEE, tiempo de ajuste

¹ Autor principal

Correspondencia: israel.becerril@tesjo.edu.mx

Implementation of SMED to Reduce Setup Time on CNC Machines

ABSTRACT

Continuous process improvement is essential to increasing operational efficiency in highly competitive industrial environments. In this context, the implementation of the SMED (Single-Minute Exchange of Die) methodology in the machine setup area yielded significant results. One of the main achievements was the conversion of 19 internal activities to external ones and the elimination of several more, which increased available production time by 30 minutes per shift. Transfer movements were identified as responsible for the greatest time losses during setup, and were also the most frequent. Thanks to a detailed process analysis, a 12.75% improvement was achieved in the total number of activities, which originally totaled 149. By focusing specifically on internal activities, these activities were reduced from 50 to 33, representing a 38% decrease. As a result of these changes, total setup time was reduced by 25%, which directly translated into increased production. Given that each CNC machine must meet a daily demand of 350 parts, the additional half hour gained per shift allowed for the production of 25 more parts, meeting and exceeding the target, reflecting a clear and measurable process optimization.

Keywords: SMED, 5s, OEE, setup time

Artículo recibido 17 mayo 2025

Aceptado para publicación: 19 junio 2025



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores exigen una gran variedad de productos, y sólo en la cantidad necesaria. Por lo que esperan alta calidad, precio accesible, y rapidez al momento de la entrega. El Método SMED ayuda a las empresas a satisfacer estas necesidades con un menor desperdicio al hacer eficiente la fabricación en pequeñas cantidades.

El SMED es una metodología clara, fácil de emplear y que consigue resultados de forma rápida, esta fue desarrollada por Shingo en Japón entre los años 1950 y 1980. Con esta metodología, es posible conseguir resultados favorables sin apenas inversión, por lo que beneficia su implantación en muchas empresas. (Santos et al., 2015)

De la Fuente y Gómez (2006) mencionan que:

El sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) nace como un conjunto de conceptos y técnicas que pretenden reducir los tiempos de preparación hasta poderlos expresar en minutos utilizando sólo un dígito, es decir, realizar la preparación de cualquier máquina en un tiempo inferior a los 10 minutos. (p.116)

De igual manera Olavarrieta (1999) describe que:

Las letras de SMED significan Single Minute Exchange of Die y se refieren al hecho de efectuar el cambio de herramienta (dado, molde, etc.) en un número de minutos que se exprese con un solo dígito, es decir, nueve minutos o menos. (p.54)

Ambos autores comparten la idea de que el sistema SMED busca la disminución de los tiempos en la preparación y/o cambio de herramienta de cualquier máquina y que este sea en un tiempo menor a los 10 minutos.

El método de las 5S, la cual es una herramienta de gestión empresarial enfocada en mejorar y simplificar las operaciones dentro de cada ambiente o área de trabajo, pues son numerosos los accidentes que se presentan por caídas y golpes a causa de un ambiente que se encuentra sucio o desordenado, materiales que se encuentran fuera de su lugar, pisos, techos o escaleras que no cuentan con mantenimiento, las 5S van a ayudar a mejorar el ambiente de los lugares de trabajo y hacerlo más agradable y seguro para las personas.



Esta metodología surge en los años 60 en la ciudad de Japón, para ser más exactos se inicia con Toyota, con el objetivo conseguir lugares de trabajo más ordenados, limpios y organizados, pero ¿qué son las 5S? Rey (2005) define las 5S como:

Un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permite la participación de todos a nivel individual/grupal mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad, equipos y la productividad. (p.17)

Se puede visualizar que para el mejoramiento del lugar de trabajo se involucra a todas las personas, como pueden ser gerentes como trabajadores. “El nombre de la metodología de las 5S, proviene de los términos japonés de los cinco elementos básicos del sistema: Seiri (selección), Seiton (sistematización), Seiso (limpieza), Seiketsu (normalización) y Shitsuke (autodisciplina)” (Piñero *et al.* 2018, p. 102).

Cada una de ellas implica en lo siguiente:

La 1ªS, SEIRI, implica seleccionar, separando los elementos necesarios de los innecesarios.

La 2ªS, SEITON, permite ordenar los elementos necesarios en el lugar de trabajo.

La 3ªS, SEISO, significa limpiar y sanear el entorno para anticiparse a los problemas.

La 4ªS, SEIKETSU, permite estandarizar las normas generadas por los equipos

La 5ªS, SHITSUKE, dinamiza las auditorias de seguimiento y consolida el hábito de la Mejora Continua. (Aldavert et al., 2022, p. 18)

Se podría decir que las 5S van más allá de ser una simple metodología o un listado de actividades que se deben de cumplir en un determinado tiempo. Mejor dicho, son una práctica diaria en cada uno de los ambientes en los cuales se quiera implementar y que requiere la participación de todo el personal para lograr el objetivo.

La efectividad general del equipo (OEE) mide el rendimiento total al relacionar la disponibilidad de un proceso respecto a su productividad y calidad del producto.

La OEE atiende todas las pérdidas provocadas por el equipo, incluyendo

- Que no estén disponibles cuando se necesite debido a paros o pérdidas de configuración y ajuste.



- Que no corra a la tasa óptima debido a la velocidad reducida o idling (marcha en vacío) y a pérdidas menores de obstrucción.
- Que no entregue productos de primera calidad debido a defectos o pérdidas por retrabajo y re-arranque.

La OEE fue usada por primera vez por Seiichi Nakajima, el fundador del mantenimiento productivo total (TPM), al descubrir una medida fundamental para rastrear el rendimiento de la producción.

La OEE se calcula al multiplicar tres factores: disponibilidad, productividad y calidad.

% OEE= (% Disponibilidad) * (% Productividad) * (% Calidad). (2002 Emerson Process Management.).

En los procesos productivos, se denomina tiempo planificado, al tiempo que se prevé utilizar la máquina para fabricar. El tiempo planificado se divide en dos. Por un lado, disponemos del tiempo durante el cual la empresa está elaborando producto, denominado tiempo de funcionamiento, y por otro lado, del tiempo que la máquina se encuentra parada, por motivo de avería, descansos de producción o por preparación para la fabricación de un nuevo lote de producto, llamado tiempo de cambio de lote o tiempo de preparación.

Son ejemplos de cambio de lote:

- El cambio de la matriz de una prensa, con la que se va a realizar la estampación de piezas distintas.
- La limpieza de una línea de fabricación de pintura, cuando se va a cambiar el color a producir y se desea evitar cualquier tipo de contaminación.
- La modificación en la configuración de una línea de envasado, que va a cambiar el tamaño del envase con el que se debe embotellar.

Para la explicación siguiente vamos a suponer que el tiempo planificado sólo está compuesto de tiempo de funcionamiento y de cambio de lote. Evidentemente, cuanto mayor sea el tiempo de funcionamiento frente al tiempo de cambio de lote, más largo será el período en que la empresa genera producto, aumentando la productividad y por tanto, los costes. Tan obvio es este planteamiento, que las fábricas siempre han intentado llevar al mínimo el número de cambios de lote, en su planificación de la producción. Por esa razón, las empresas productivas continuamente han buscado las economías



de escala, derivadas de la fabricación de los grandes lotes. Y los mecanismos que han utilizado para mantener los grandes lotes de fabricación, han ido desde ofrecer un catálogo de productos con un número reducido de referencias, hasta plantear grandes descuentos para, de esta forma, incentivar la venta de una mayor cantidad de producto. (Espin F. 2013, Técnica SMED. Reducción del Tiempo Preparación. “3 Ciencias” página. 4.)

METODOLOGÍA

En la empresa se identificó que el tiempo de ajuste de las máquinas CNC para la obtención de la primera pieza de un cambio de modelo su set up es de 120 minutos, este periodo de tiempo reduce la eficiencia de la máquina.

A partir de este análisis, surge la necesidad de implementar la metodología SMED para minimizar el tiempo muerto del proceso de ajuste de la máquina, tomando como referencia el número de parte que tiene mayor volumen de fabricación en el año.

Mediante el diagrama de Ishikawa que se muestra en la Figura 1 se identificó que los materiales son base importante para el ajuste y la principal causa del retraso de las máquinas, también consideramos que influye la maquinaria y equipo que se ocupan en el ajuste prolongando.

Diagrama de Ishikawa

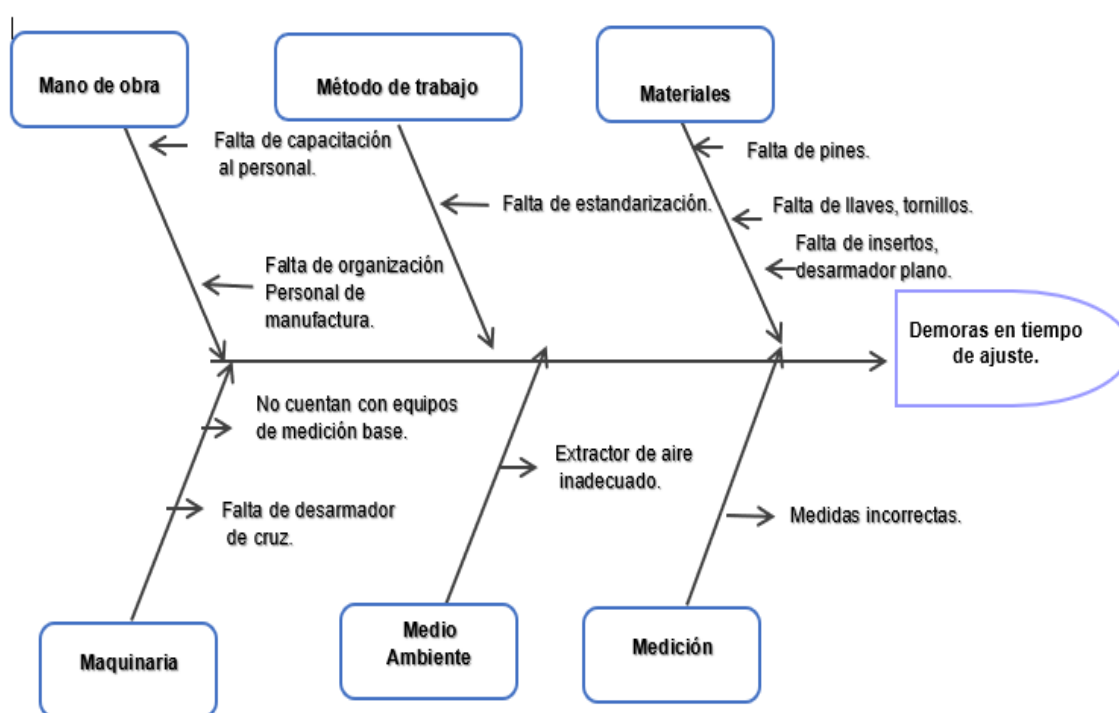
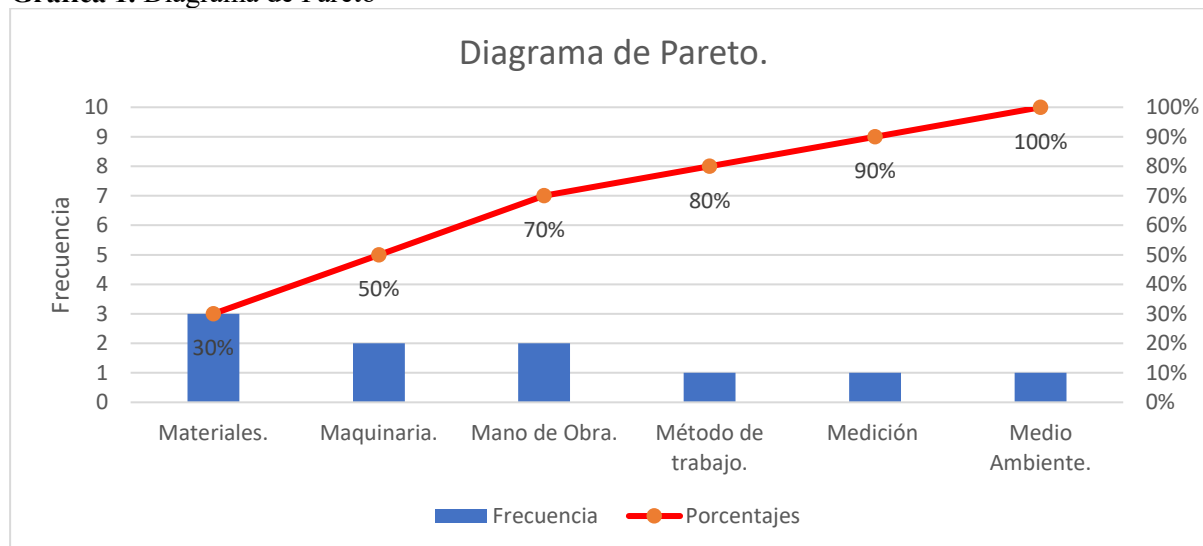


Figura 1. Diagrama de Ishikawa del tiempo de ajuste

Se realizó un Diagrama de Pareto (Grafica 1) donde se identificó que los materiales y la maquinaria eran las causas principales del tiempo de ajuste.

Grafica 1. Diagrama de Pareto



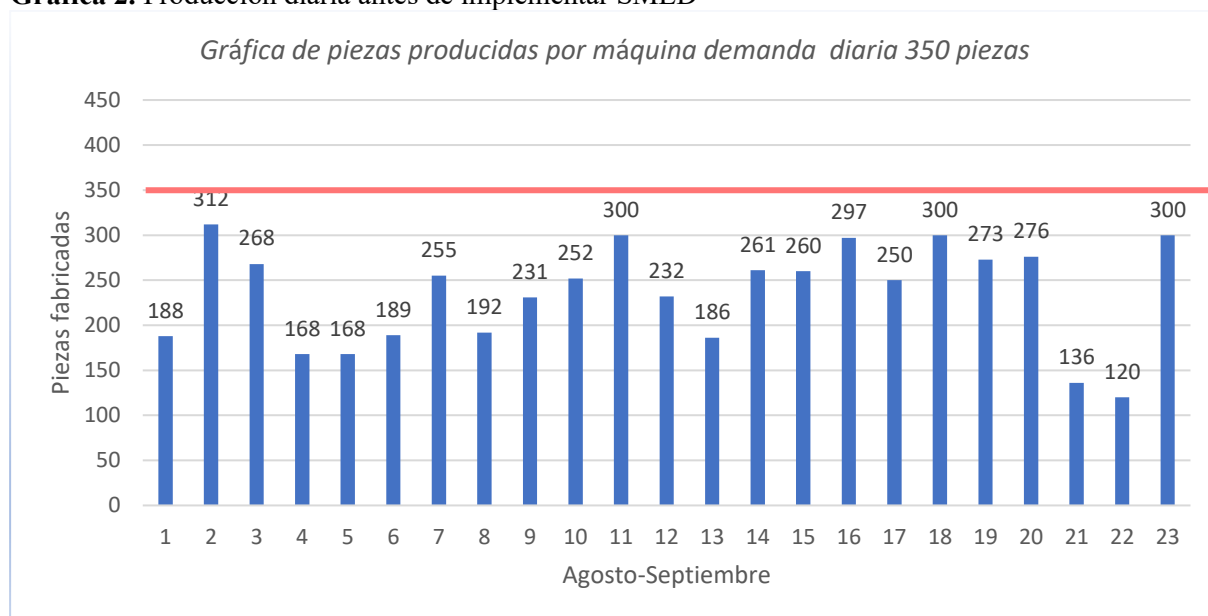
Para la determinación de la causa raíz de las variables críticas del proceso, se realizó un análisis de los 5 ¿Por qué?, entendiendo que no todo el proceso tiene únicamente una causa, sino que existen varios motivos (Figura 2).

Figura 2. Análisis de los 5 ¿Por qué?

Causa Probable	1	2	3	4	5	Causa Raíz	Acción
	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?		
Materiales: No cuentan con las herramientas de ajuste.	No se tiene disponibilidad de herramientas	Manufactura tiene un control inadecuado de herramientas	Manufactura dispensa la herramienta	Solo se localiza un encargado de manufactura	Manufactura no tiene inventarios de herramienta base	Falta de estandarización en manufactura y en cada CNC	Elaboración de un listado de herramientas básicas que debe tener cada CNC
Maquinaria: El programa de la pieza incorrecto	La maquinaria depende de una memoria	Los programas son controlados por manufactura	Programas especiales.	Programa exclusivo para la máquina.	La máquina es lenta	La máquina tiene poco espacio de almacenamiento	Colocar el programa al alcance del operador en una memoria
Mano de obra: Desorden en su área	No cuentan con cajones específicos	No tienen sus materiales al alcance	No tienen espacio fijo para cada objeto	No hay organización	No le toman importancia a él orden	Falta de 5's en su área de trabajo	Aplicación de las 5's

En la Grafica 2 se observa el monitoreo realizado de la producción diaria de la pieza en estudio, destacando que no se alcanza la producción meta, que es de 350 piezas.

Grafica 2. Producción diaria antes de implementar SMED



OEE de la máquina

Se calculó el OEE de la máquina para poder conocer en qué condiciones se encontraba, en disponibilidad estaba en 77.78%, rendimiento en 77% y en calidad en 94.03%, dándonos un OEE del **56%**, el cual se interpreta como inaceptable. Para contrarrestar esta situación se tomó la decisión de implementar el SMED.

Fase I del SMED: Identificación de actividades internas y externas

Actualmente, el proceso de ajuste para la elaboración de piezas en el CNC lo realiza un solo operario, quien debe de realizar el proceso de ajustes, desmonte de piezas, ir por los materiales para ajustar, pines, porta insertos, devolverlos al área y realizar el montaje de la nueva herramienta para la elaboración de piezas. Este tiempo de set up es de 120 minutos.

Para la determinación de las actividades realizadas por el operario para identificar las actividades internas y externas del proceso se realizó una grabación de un video del ajuste total de la máquina CNC, realizando la medición del tiempo que se tardan en cada una de las actividades mediante un diagrama de procesos, resumiéndolo como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen del Diagrama de Procesos

Actividad	Número de actividad	Tiempo (minutos)	Símbolo
Total de Operaciones	120	59.96	●
Total de Transporte	22	30.04	→
Total de Esperas	7	30	D
Total de Inspecciones	0	0	■
Total de Demoras	0	0	▼
Total de Actividades	149	120	▼

Fase II del SMED: Separar las actividades internas y externas

La clasificación de las actividades internas y externas nos permite visualizar lo que el operador puede realizar con la máquina operando y las que requiere hacer con la máquina parada. Como resultado de la separación de las actividades se obtuvo la Tabla 2.

Tabla 2. Separación de actividades internas y externas

Separación de actividades		
Actividades	Núm.	Tiempo (minutos)
Internas	50	76.06
Externas	99	43.94

Fase III del SMED: Convertir actividades internas en externas y refinamiento del proceso

Se realizó una tormenta de ideas con todos los involucrados para determinar de qué manera se podían optimizar esas 50 actividades o si era posible eliminar algunas, para ello se realizó un plan de acción.

El plan de acción nos muestra que las actividades que son elementales en el proceso de ajuste no podemos modificarlas, sin embargo, el otorgarle al operador un juego de llaves Allen y garantizar que las localicen en su lugar ayuda a la optimización de tiempos.

Para eliminar los traslados se ubicó un cajón con mordazas (Figura 3) para facilitar al operador la tarea de ajuste, así como una gaveta fija de mordazas reutilizadas para evitar los traslados.

Figura 3. Cajón de mordazas y gaveta



También se diseñó un espacio para colocar los pines y los insertos nuevos que se le dan a cambio para evitar traslados del operador (Figura 4).

Figura 4. Pines e Insertos



Para facilitar la colocación de las piezas en el centro de mecanizado sin tener que trasladarse a otra parte se optó por colocar canastas de materia prima en el lugar de trabajo (Figura 5).

Figura 5. Canastas de materia prima



En esta fase fue fundamental la implementación de la metodología 5's, desde la selección de las mordazas necesarias, hasta finalmente culminar con el diagrama de sombras para poder tener la herramienta correcta en cada lugar y con su debido nombre, así se facilitó al operador únicamente las herramientas que necesita para el ajuste y de esta manera minimizar el set up.

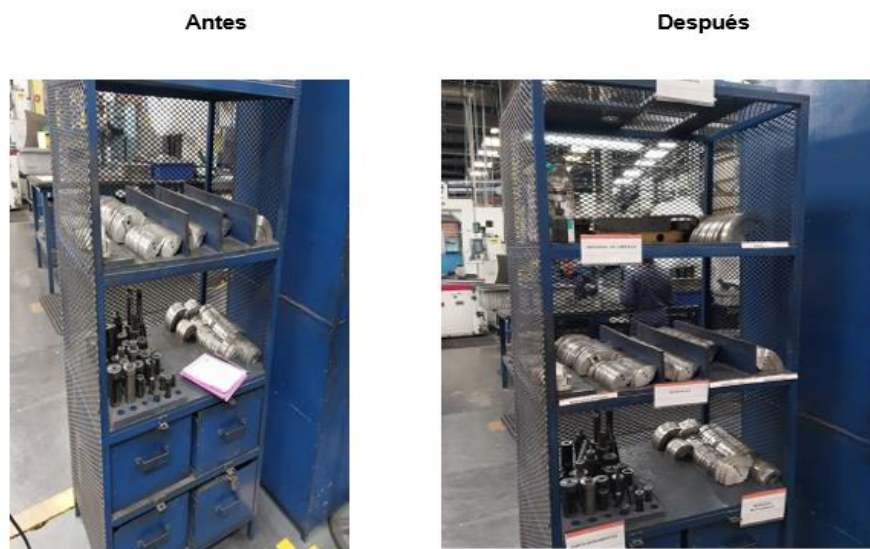
En el diagrama de sombras podemos apreciar cada una de las herramientas por las que el operario tenía que trasladarse a manufactura y esperar al personal a cargo, sin embargo, ya cuenta con el material en su área de trabajo (Figura 6).

Figura 6. Diagrama de sombras



En la estandarización los operarios se comprometieron a mantener el orden de sus herramientas, así como indicar al área de manufactura cuando requieran de un material con anticipación al ajuste, por ello se ubicó una gaveta con las mordazas y demás artículos necesarios (Figura 7).

Figura 7. Gaveta estandarizada



Para lograr la disciplina en los operadores se elaboró un check list (Figura 8) para agilizar los cambios y minimizar el tiempo de set up optimizando el tiempo de ajustes.

Figura 8. Check list de herramientas para cambio de modelo en CNC
Puntos de revisión para el ajuste.

Ítem	Herramienta	Sí	No	Observaciones
1	Juego de Llaves	☐	☐	
2	Llaves hexagonal	☐	☐	
3	Porta inserto.	☐	☐	
4	Llave combinada plana	☐	☐	
5	Vernier	☐	☐	
6	Desarmador plano.	☐	☐	
7	inserto	☐	☐	
8	Mordazas	☐	☐	
9	Boquillas	☐	☐	
10	Pin de ajuste	☐	☐	

Con estas mejoras se eliminaron 19 actividades que no agregaban valor al proceso de ajuste de la misma forma que el tiempo final dedicado a las actividades internas es de 46.06 minutos, comparado con los 76.06 minutos con las 50 actividades.

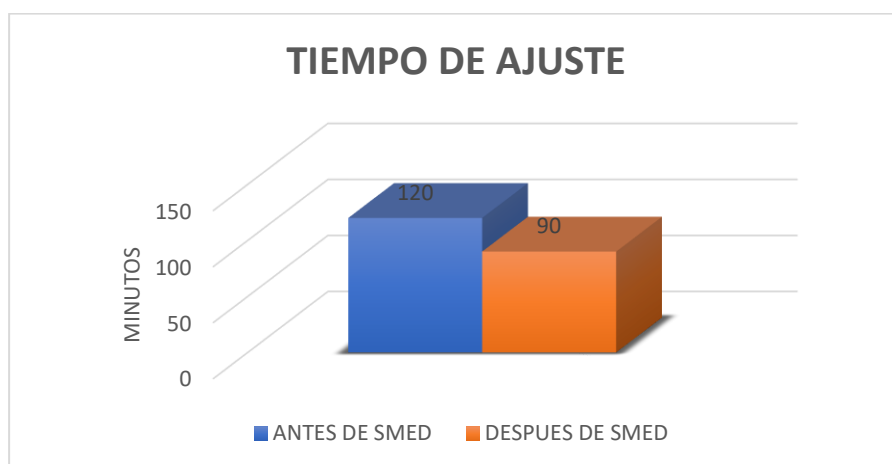
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Implementando la metodología SMED se obtuvo como resultado la reducción de 19 actividades internas a externas y algunas eliminadas completamente aumentando el tiempo de producción a 30 min. Los movimientos de traslados y espera eran los que generaban las más grandes pérdidas de tiempo en el ajuste, y además de ser las más comunes, se muestra una mejora al reducir las actividades internas y externas un 12.75% del total de actividades que eran 149.

Las actividades internas que en un inicio eran 50 actividades y se eliminaron 17, logrando con ello una reducción del 38%.

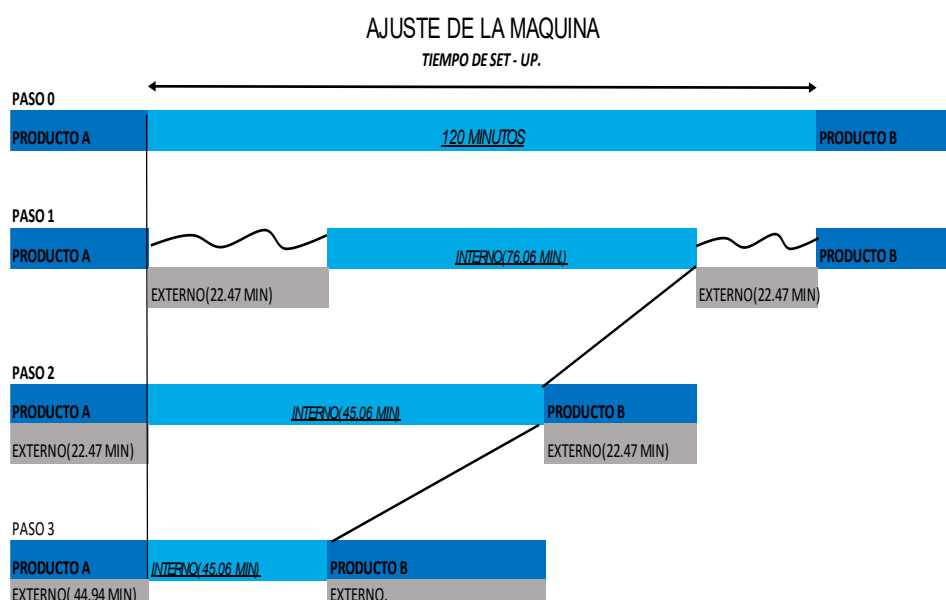
El tiempo total de ajuste tuvo una reducción de 25%, aumentando el tiempo de elaboración de piezas en 30 minutos más mostrado en la Gráfica 3.

Grafica 3. Tiempo de ajuste



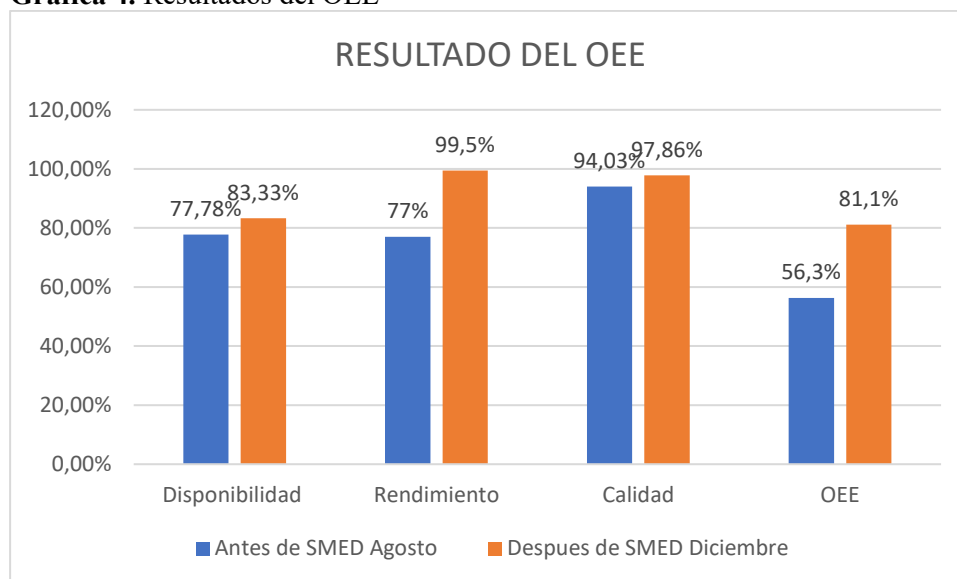
En la Figura 9 se puede observar como fueron mejorando los tiempos de set-up en la medida que se iba avanzando en las fases del SMED e implementando acciones, así como el tiempo de las actividades internas bajaba y el de las actividades externas aumentaba.

Figura 9. Tiempos de set up



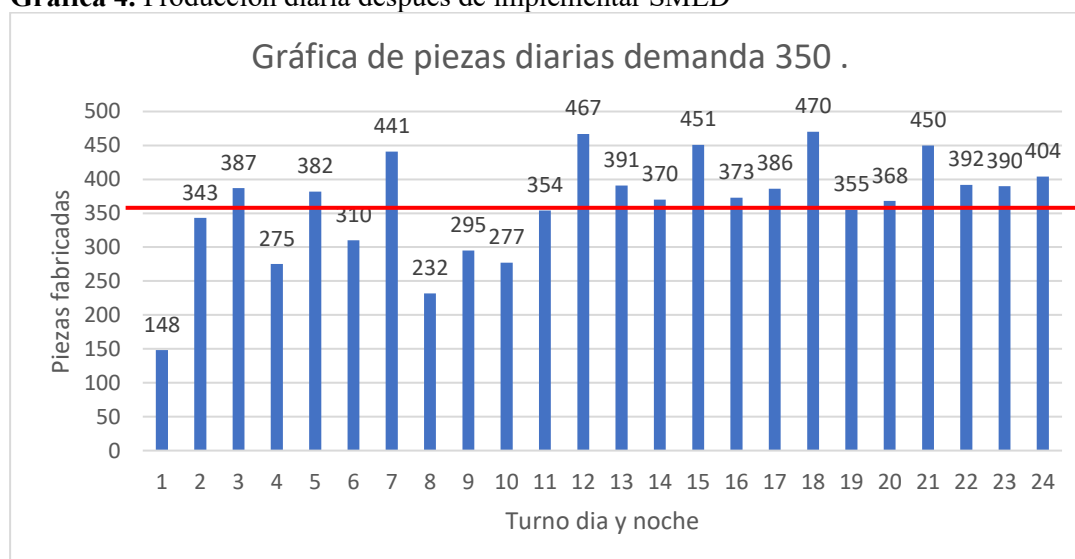
El comportamiento del OEE con la implementación del SMED y las 5's se muestra en la Gráfica 4.

Grafica 4. Resultados del OEE



En la Grafica 5 se observa como poco a poco se iba alcanzando la meta diaria conforme iba avanzando la implementación del SMED, hasta mantener constante el cumplimiento de las 350 piezas.

Grafica 4. Producción diaria después de implementar SMED



Los objetivos planteados al inicio del proyecto se cumplieron satisfactoriamente, confirmando la efectividad de la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) en la optimización del tiempo de ajuste. La reducción del 25% en los tiempos de ajuste representa un avance significativo en la eficiencia operativa, lo cual valida el enfoque sistemático adoptado.

A través de un análisis riguroso, se identificó que los ajustes prolongados constituían una de las principales fuentes de desperdicio dentro del proceso productivo. Esta evaluación permitió no solo

cuantificar el impacto negativo de estas demoras, sino también determinar las causas raíz, lo que facilitó la definición de acciones correctivas específicas y enfocadas.

Uno de los logros más relevantes fue la implementación de un plan de acción claro y funcional para la separación y optimización de actividades internas y externas, clave fundamental de la metodología SMED. Se priorizó la eliminación de actividades innecesarias, lo cual derivó en una disminución de 50 a 33 actividades internas, es decir, una reducción del 38%. Esto tuvo un impacto directo en la disponibilidad del equipo, ya que, al reducir el tiempo de preparación, se logró incrementar el tiempo de producción efectiva en 30 minutos por ciclo de trabajo.

En términos de indicadores de desempeño, el impacto fue contundente. El OEE (Eficacia General del Equipo) que inicialmente era del 56.3% en agosto, experimentó una mejora progresiva, alcanzando un 73.8% en octubre, un 80% en noviembre y un 81.1% en diciembre. Esta evolución posiciona al proceso como “Aceptable” dentro de los estándares de eficiencia operativa, y evidencia que las acciones implementadas no solo fueron efectivas, sino sostenibles en el tiempo.

Finalmente, la mejora en el OEE se tradujo en un aumento tangible en la productividad: se ganaron 2 horas con 30 minutos de producción adicional por semana, lo que representa aproximadamente 125 piezas extra producidas semanalmente en los centros de maquinado. Este incremento refuerza la importancia de aplicar herramientas de mejora continua y demuestra que incluso procesos altamente automatizados pueden ser optimizados significativamente mediante metodologías lean como SMED.

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología SMED demostró ser una herramienta altamente efectiva e indispensable dentro del entorno de manufactura, permitiendo una reducción significativa del tiempo de ajuste en un 25%, lo cual se tradujo en un aumento de la producción de 25 piezas diarias. Entre los principales beneficios obtenidos destacan la disminución del tiempo improductivo, la mejora en la calidad del producto, el aumento en la flexibilidad operativa de la empresa y un mejor aprovechamiento del espacio físico.

El apoyo de la metodología de las 5's fue fundamental para la ejecución ordenada, limpia y eficiente del SMED, facilitando una reducción del tiempo de ajuste de 120 a 90 minutos. Asimismo, permitió la estandarización de operaciones mediante una secuencia lógica que minimiza desplazamientos



innecesarios, e impulsa la implementación de formatos para auditoría y seguimiento continuo del proceso.

El uso de herramientas como el diagrama de flujo y la videograbación permitió una documentación precisa de cada operación, junto con su tiempo de ejecución. Esto no solo proporcionó una valoración objetiva del proceso, sino que también facilitó la identificación de oportunidades de mejora, como el inventario visual de herramientas mediante el uso del diagrama de sobras en el cajón de las máquinas.

En conjunto, la aplicación de estas metodologías representa un avance considerable hacia la eficiencia operativa, fortaleciendo las bases para una cultura de mejora continua dentro del área de maquinado CNC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Santos, J., Wisk Richard & Torres José. (2015). *Mejorando la producción con lean thinking* (2nd ed). Editorial Piramide.

De la Fuente, D. & Gómez, A. (2006). *Organización de la producción en ingenierías*. Ediciones de la Universidad de Oviedo.

Olavarrieta, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. Universidad Iberoamericana

Rey, F. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Fundación Confemetal.

Piñero, E. A., Vivas, F. E. & Flores, L. K. (2018). Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias. *Revista Redalyc*, 6 (20). 99-110.

Aldavert, J., Vidal, E., Lorente J. J. & Aldavert X. (2022). *Guía práctica 5S para la mejora continua. La base del Lean* (3ra ed). Alda Talent.

