

## **Mejoramiento de la Operación de Preparación de Máquinas Cortadoras de Bobinas de Acero “Slitters” en una Empresa Metalmecánica por Medio del Sistema SMED**

Kleber F. Barcia Villacreses, Ph.D.

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo V. Km. 30.5 Vía Perimetral, P. O. Box 09 01 5863, Guayaquil, Ecuador  
[kbarcia@espol.edu.ec](mailto:kbarcia@espol.edu.ec)

Willie Córdova Hanna, Ing.

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo V. Km. 30.5 Vía Perimetral, P. O. Box 09 01 5863, Guayaquil, Ecuador

### **Resumen**

*El objetivo de este estudio es desarrollar una metodología para el mejoramiento de la preparación de Slitters en un proceso de producción de flejes por medio del sistema SMED (Single Minute Exchange of Die). El término SMED se refiere a la teoría y técnicas para realizar preparaciones en menos de diez minutos. La metodología estuvo enfocada en el Sistema SMED, la cual está formada por tres etapas precedidas por una fase preliminar de familiarización y análisis de la preparación.*

*Durante el trabajo, se realizó un análisis detallado de la preparación; con estudios de tiempos, diagrama de flujos, gráficos de Pareto y de actividades múltiples, entre otros. Con esto, se consiguió determinar los diferentes problemas que poseía la preparación. Asimismo, acorde al progreso del estudio se procedió a desarrollar cada una de las mejoras, donde se hacía una breve explicación teórica, señalando su función y utilidad para contrarrestar el efecto de los problemas.*

*Finalmente, en función de las mejoras propuestas se estimó primero las reducciones del tiempo que generarían cada una de ellas sobre la preparación, para posteriormente estimar los ahorros y la inversión requerida para la ejecución de las mejoras, justificada mediante la evaluación económica.*

**Palabras Claves:** SMED, Cambios rápidos, Reducción del set-up, producción esbelta.

### **Abstract**

*The object of this study is to develop a methodology for the improvement of the Slitters preparation in an iron straps production process by the system SMED (Single Minute Exchange of Die). The term SMED talks about the theory and techniques to make preparations in less than ten minutes. The methodology was focused in the System SMED, which is formed by three stages preceded by a preliminary phase of familiarization and analysis of the preparation.*

*In the study, was made a detailed analysis of the preparation; with time studies, flow chart, Pareto analysis, and multiple activities. Then, it was possible to determine the different problems that had the preparation. Also, according with the study progress, each one of the improvements was developed, together with a brief theoretical explanation, indicating its function and effectiveness in eliminating the problems.*

*Finally, based on the propose improvements, was considered the reductions of time that would generate each one of them on the preparation, later, was considered the savings and the investment required for the execution of the improvements, justified by a economic evaluation.*

Recibido: Junio, 2005

Aceptado: Agosto, 2005

## 1. Introducción

Cuando una empresa del sector industrial posee una gran variedad de productos se genera una necesidad ineludible de realizar múltiples preparaciones de máquinas para los cambios de productos. Precisamente, este trabajo consiste en plantear mejoras que permitan reducir los tiempos de preparación de máquinas cortadoras de bobinas de acero (Slitters) en un proceso de producción de flejes por medio del sistema SMED (Single Minute Exchange of Die), en una empresa metalmeccánica del sector, dedicada a la producción de perfiles, tuberías y cañerías en diferentes calidades, dimensiones y espesores.

El sistema SMED está formado por tres etapas precedidas por una fase preliminar de familiarización y análisis de la operación de preparación [1]. Es por esto, que a través del estudio se podrá observar el uso de diferentes herramientas de análisis, las cuales han sido principalmente utilizadas para conocer en detalle todos los aspectos de la preparación, y en primera instancia plantear y justificar el problema, y para lo cual se tuvo antes que levantar y tabular información. Al final, todo este análisis llevó al desarrollo progresivo de las mejoras en cada una de las etapas posteriores al análisis de operaciones.

El objetivo de este estudio es plantear mejoras para disminuir el tiempo empleado en la preparación de las máquinas de corte de la empresa por medio de la implantación del sistema SMED.

De forma oportuna, las mejoras serán apropiadamente expuestas partiendo de una pequeña explicación teórica para luego pasar a indicar su función y la forma como ayuda a contrarrestar el problema en cuestión. Una vez que se haya estimado la reducción del tiempo de preparación en base al conjunto de mejoras, se mencionará claramente cuales son los beneficios obtenidos, los cuales esencialmente serán: reducción de horas extras, incremento de capacidad de producción y productividad, reducción de inventarios y mejoramiento en los plazos de fabricación.

## 2. Metodología

### 2.1. Etapa preliminar: Diferenciación de las preparaciones interna y externa

Es necesario conocer perfectamente y al detalle las condiciones reales de cada uno de los pasos que actualmente se ejecutan durante las preparaciones de las Slitters, y la mejor forma para alcanzar este

objetivo es a través de un análisis de operaciones o de producción.

Como la producción en pequeños lotes y amplia variedad es causa de frecuentes preparaciones, se debe realizar también un Análisis P-Q (Producto-Cantidad) para captar como la variedad de productos afecta a las preparaciones [2] y [3].

Según la figura 1 la línea de producción de flejes puede ser considerada como una línea de producción de pequeños lotes y amplia variedad. Puesto que la producción se encuentra repartida para una mayor cantidad de productos con volúmenes bajos de producción para cada tipo producto.

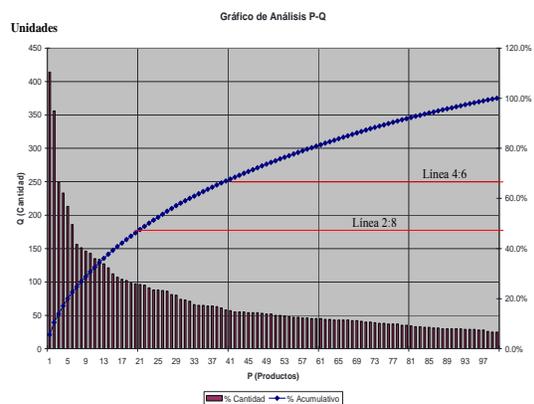


Figura 1. Gráfico de Análisis P-Q

El análisis de operaciones se encuentra basado en un estudio de tiempos validado por una herramienta de ingeniería, el Muestro del Trabajo [3]. El tiempo estándar de toda la operación es de 90.22 min., o 78.99 min. si no se considera la estandarización y se trabaja con valores absolutos.

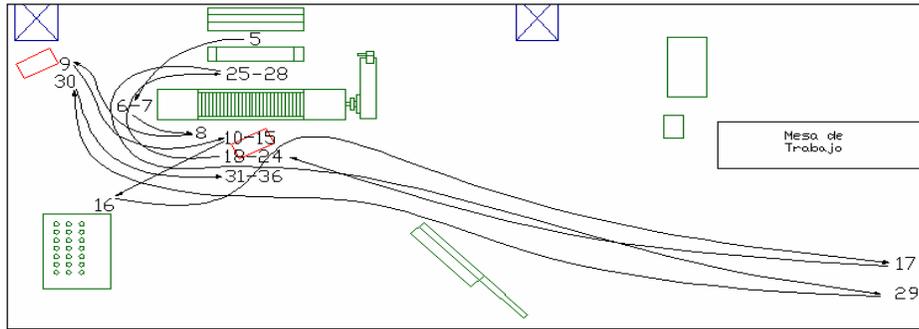
Dentro del análisis se realizó un Gráfico de Análisis de Operaciones que tiene por objeto señalar de forma gráfica las actividades que son realizadas de forma externa e interna en el procedimiento actual de preparación, anexo 1. El gráfico permitió observar que todas las actividades para la preparación de Slitter son parte de la preparación interna; no existe actividad alguna que sea externa, además, existe una gran cantidad de actividades definidas como desperdicio.

Asimismo, se diseñó un Gráfico de Eliminación de Desperdicios que permitió identificar los desperdicios a ser eliminados, reducidos, integrados o simplificados en la operación. Se pudo determinar que las actividades clasificadas como desperdicio implican casi  $\frac{3}{4}$  del tiempo total de la preparación.

Para la preparación de la Slitter se cuenta con dos operadores, sobre los cuales se realizó un análisis para determinar que tan eficiente está distribuida la carga de trabajo entre ambos. Por eso, se diseñó un Gráfico de Actividades Múltiples que muestra la forma como los operadores realizan la preparación de la Slitter en función del tiempo [3]. Según el anexo 2, el operador principal pasa totalmente ocupado durante toda la preparación y solo por un corto intervalo de tiempo realiza una acción combinada con el ayudante, además, existen diversos instantes de tiempo en que el ayudante pasa desocupado, a esperas de realizar las

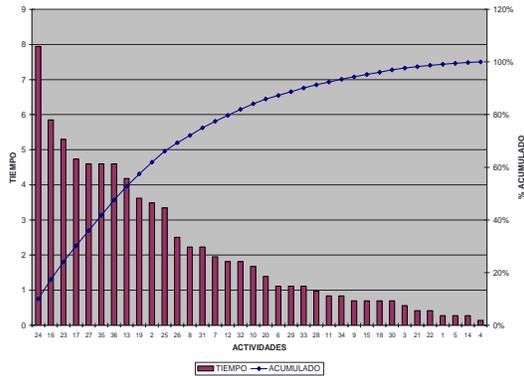
pocas actividades de las que es responsable. Por esto, la utilización del ayudante es de apenas el 36%.

También se desarrolló un Diagrama de Flujo de Recorrido diseñado para analizar las rutas de desplazamientos que sigue el operador mientras realiza la operación de preparación [3]. Como se puede observar en la figura 2 existen algunos cruces en los desplazamientos que sigue el operador y varios retrocesos producto de la no tan eficiente organización del área y del método de trabajo, lo cual genera que el operador deba recorrer en total unos 150 metros aproximadamente.



**Figura 2. Diagrama de Flujo de Recorrido**

Con el objeto de determinar cuales son las actividades que más influyen en la duración de la preparación se desarrolló un gráfico de Pareto, de donde se pudo conocer que tan solo las 8 primeras actividades representan el 52.91% del tiempo total de la preparación, figura 3.



**Figura 3. Diagrama de Pareto**

## 2.2. Primera Etapa: Separación de la preparación interna y externa

En esta etapa se desarrolló una “lista de comprobación” para contrarrestar el efecto negativo que tiene planear la preparación mientras la Slitter se encuentra detenida. Además, se planteó la necesidad de que componentes de la Slitter como las cuchillas circulares lleven una Hoja de Vida donde se registre información referente a la utilización de cada juego de cuchillas [4].

## 2.3. Segunda Etapa: Convertir la preparación interna en externa

Durante la segunda etapa, se recomendó el desarrollo de discos calibrados que representen magnitudes fijas para los desarrollos (flejes) producidos con mayor frecuencia.

#### 2.4. Tercera Etapa: Perfeccionamiento de todos los aspectos de la operación de preparación

En esta etapa se pasó la responsabilidad de una serie de actividades, desde el operador principal hacia el ayudante del área, de tal forma que la carga de ambos quede mejor balanceada, como parte de las mejoras “operaciones en paralelo” [5]. También, se recomendó la mecanización de canales en las tuercas hidráulicas y los ejes de corte para que su funcionamiento se ejecute mediante la utilización de anclajes funcionales, figura 4. Por último, para combatir el problema de búsquedas de medios o componentes para la preparación de la Slitter, se propuso como solución el desarrollo de un “carro especializado” que posea una estructura tal como para albergar todos los medios necesarios para una preparación de forma ordenada, figura 5, [2], [6] y [7].

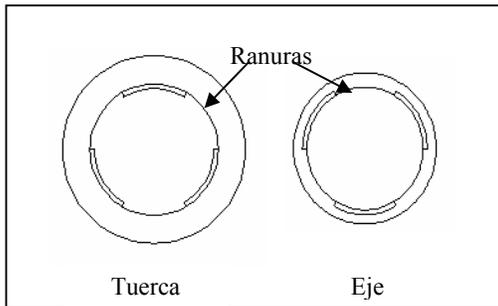


Figura 4. Tuerca y Eje Acanalados

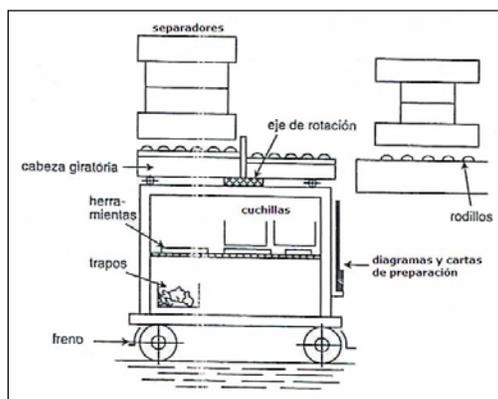


Figura 5. Carro Especializado para Preparación

Fuente: SEKINE KENICHI, Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas, 1993, p. 22

### 3. Costos de Aplicación

Primero se calcularon los ahorros que fueron el resultado de un ahorro de mano de obra y alcanzaron \$1.438,57 al año. Este ahorro se debió a la reducción estimada de tiempo alcanzada con las mejoras del 49,37% ó lo que es lo mismo 608,35 horas al año.

La inversión única necesaria para la aplicación de las mejoras alcanzó la suma de \$2.850,00 al año. Finalmente, realizando análisis financieros como el VAN y la TIR, se realizó la evaluación económica de las mejoras dando como resultado un VAN=\$640,07 y TIR=24,63% para un periodo de recuperación de 3 años [8].

### 4. Resultados

Con la serie de mejoras desarrolladas a través de las tres fases del sistema SMED, se ha podido obtener varias reducciones de tiempo, las cuales han sido producto de eliminación y reducción de actividades, y hasta de un cambio de responsabilidades. El anexo 3 muestra las reducciones de tiempo alcanzadas para el procedimiento de preparación de la Slitter.

Antes de la aplicación del sistema SMED, la preparación de la Slitter podía ser culminada por el operador principal en 78.99 minutos. Ahora al mismo operador le basta con 39.99 minutos para finalizar dicha operación, esto significa una reducción del 49.37%. Esto significa un aumento de productividad de 24,22% [8].

También mejora la calidad, en cuanto que las condiciones operacionales se regulan con anticipación y se estandarizan los procedimientos y/o componentes. Como punto adicional a la reducción de los plazos de fabricación, la aplicación del SMED facilita y agiliza los cambios en los productos a fabricar, haciendo posible responder rápidamente a los cambios en la demanda e incrementando sustancialmente la flexibilidad de la fabricación.

### 5. Conclusiones

- La línea para el corte de bobinas de acero puede ser considerada como una línea de producción de pequeños lotes y amplia variedad.
- De 36 actividades identificadas, solamente 15 de éstas caen dentro de la categoría “elementos de trabajo”, el resto son “desperdicio”; y la duración estándar para la operación de preparación es de 90.22 minutos.

- Todas las actividades del procedimiento de preparación forman parte de la preparación interna, no existe actividad alguna que sea externa.
- Se realizan diversos recorridos excesivos, retrocesos y cruces como resultado de la mala planificación de la operación y de la no tan eficiente distribución del área de trabajo.
- No se lleva una gestión apropiada sobre componentes y partes indispensables para la preparación de las Slitters y no se conoce la importancia que tiene tratar los procedimientos de transporte como parte de la preparación externa.
- Es posible reducir la duración de la operación de preparación de 78.99 minutos a 39.99 minutos, lo que significa una reducción del 49.37%.
- La inversión inicial para la ejecución de las mejoras es de \$2.850,00, y el ahorro anual estimado es de \$1.438,57. El VAN y la TIR del proyecto son: \$640,07 y 24,63%, respectivamente, para un periodo de recuperación de tres años.

## 6. Recomendaciones

- Realizar reuniones con el personal de planta con el objeto de revisar que los parámetros de tolerancia se encuentren correctamente definidos.
- Capacitar al personal en herramientas de mejora continua tales como el sistema SMED, para realizar estudios similares en los demás centros de trabajo de la empresa.
- Establecer un procedimiento de preparación acorde a los lineamientos de la empresa, una vez que estén implementadas las mejoras propuestas, con el fin de estandarizar la operación y evitar desviaciones.
- Establecer un Plan de Mantenimiento Preventivo para las cuchillas circulares y los discos separadores, con el fin de eliminar la verificación de los filos y la corrección de defectos, respectivamente.
- Realizar una mejor gestión de la programación de las órdenes de corte para evitar los continuos cambios de ordenes de acero laminado en frío a acero laminado en caliente.

- Realizar un estudio para desarrollar un par de ejes separadores “falsos” que permita realizar el montaje de los discos y cuchillas por parte del ayudante mientras la Slitter aún esté procesando una orden precedente.
- Realizar un estudio a nivel técnico-mecánico que permita determinar una forma para agilizar las actividades de abrir y cerrar el bastidor y los ejes de corte de la Slitter.
- Realizar un análisis de la función u objetivo que cumplen los cauchos dentro del procedimiento de preparación, con el fin de disminuir la gran variedad de cauchos y de esta forma estandarizar también su utilización.

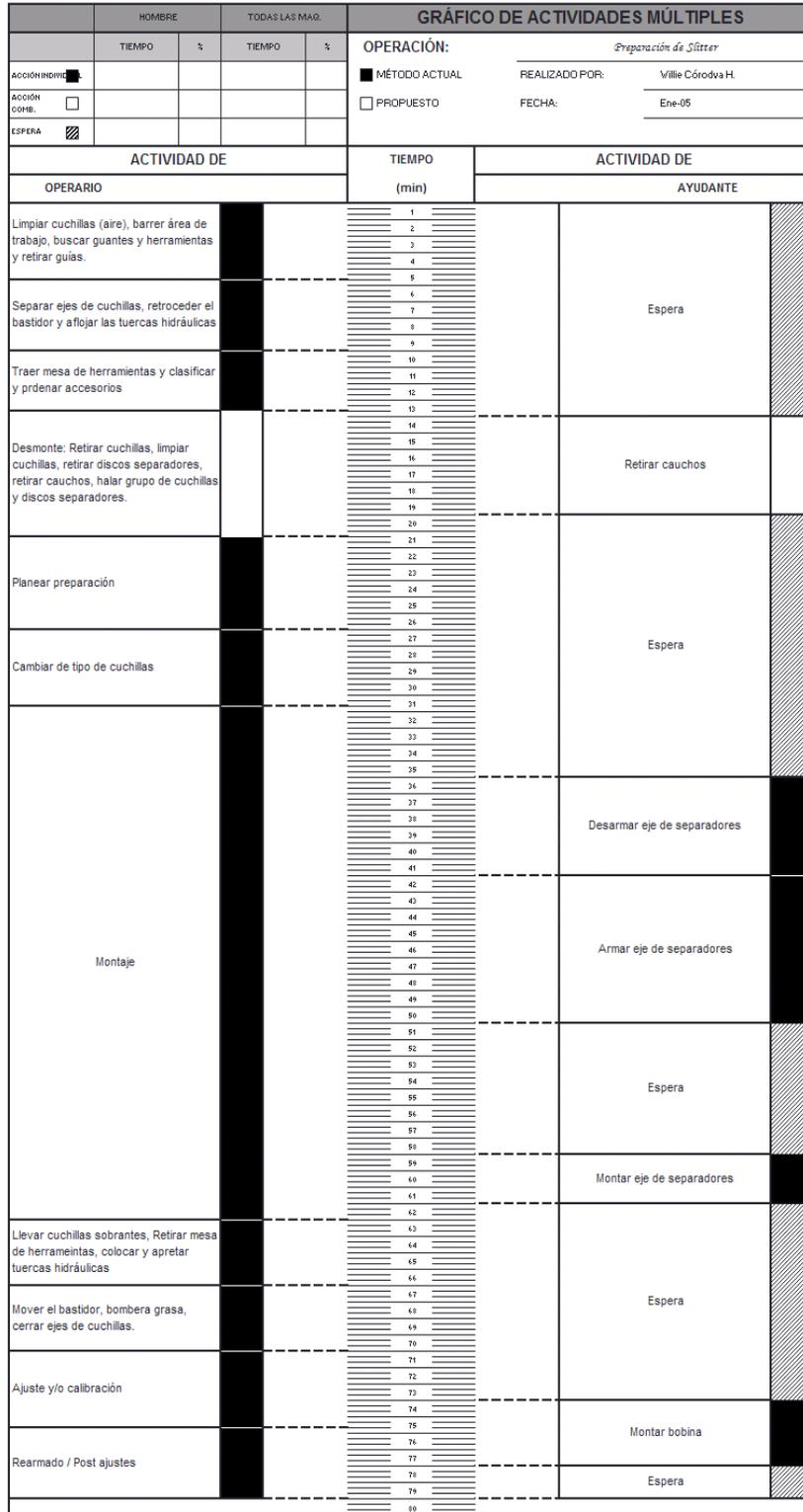
## 7. Referencias

- [1] Shingo Shigeo, *Una Revolución en la producción: el sistema SMED*, TGP-Productivity, Madrid 1990.
- [2] SEKINE KENICHI, *Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas*, Productivity Press, Madrid 1993.
- [3] William K. Hodson, Maynard *Manual del Ingeniero Industrial*, McGraw Hill, Mexico 1996.
- [4] Gabriel Baca Urbina, *Evaluación de Proyectos*, McGraw Hill, Mexico 1995.
- [5] Dileep R. Sule, *Instalaciones de Manufactura: Ubicación, Planeación y Diseño*, Thomson Learning, Mexico 2001.
- [6] Manual de aceros de IPAC S.A.
- [7] SKF, *Catalogo General de Productos 4000-SP*, Stamperia Artistica Nazionale, 1989.
- [8] W. Córdova, *Mejoramiento de la operación de preparación de máquinas cortadoras de bobinas de acero “Slitters” en una empresa metalmecánica por medio del sistema SMED*, Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005.

## ANEXO 1. Gráfico de Análisis de Operaciones

Nº	ACTIVIDADES	TIEMPO	CATEGORIA			NOTAS DE MEJORA
			INTERNA	EXTERNA	DESPERDIO	
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	0.28 min				} Cambio de Responsabilidad o Asignación de nuevo recurso
2	Barrer óxido del área de trabajo	3.48 min				
3	Buscar guantes	0.14 min				
4	Buscar herramientas	0.56 min				
5	Retirar guías de la Slitter	0.28 min				
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	1.11 min				
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	1.95 min				
8	Afajar y retirar tuercas hidráulicas	2.23 min				⇒ Utilizar sistema de Tuercas Acanaladas
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	0.70 min				⇒ Cambio de Responsabilidad o Asignación de nuevo recurso
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	1.67 min				} Mejoramiento y diseño de una nueva mesa de herramientas
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	0.84 min				
12	Limpiar cuchillas circulares (vaípe)	1.81 min				⇒ Uso de mesa rotatoria y Operación en Paralelo
13	Retirar y ordenar discos separadores	4.18 min				⇒ Mejoramiento y diseño de una nueva mesa de herramientas
14	Retirar y ordenar cauchos	0.28 min				⇒ Colocar cauchos a un costado de la mesa de herramientas
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	0.70 min				
16	Planear preparación	5.85 min				⇒ Carta de Preparación
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	4.74 min				⇒ Mejoramiento y diseño de una nueva mesa de herramientas. Utilizar puente grúa
18	Limpiar los ejes de corte	0.70 min				⇒ Realizar Operación en Paralelo
19	Verificar el flo de las cuchillas	3.62 min				⇒ Hoja de Vida
20	Colocar cuchillas circulares	1.39 min				
21	Buscar separadores	0.42 min				⇒ Mejoramiento y diseño de una nueva mesa de herramientas
22	Corregir defectos de los discos separadores	0.42 min				
23	Limpiar los discos separadores	5.29 min				⇒ Cambio de Responsabilidad o Asignación de nuevo recurso
24	Colocar los discos separadores	7.94 min				⇒ Estandarización de discos separadores A
25	Caminar entre separadores y cauchos	3.34 min				} Colocar cauchos a un costado de la mesa de herramientas
26	Buscar cauchos	2.51 min				
27	Colocar cauchos	4.60 min				
28	Retirar cauchos inadecuados	0.98 min				} Cambio de Responsabilidad o Asignación de nuevo recurso
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	1.11 min				
30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	0.70 min				
31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	2.23 min				⇒ Utilizar sistema de Tuercas Acanaladas
32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	1.81 min				
33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	1.11 min				
34	Cerrar ejes de cuchillas circulares	0.84 min				
35	Ajustes y/o calibración (varrilla, grasa)	4.60 min				} Mejora con la estandarización de discos separadores
36	Rearmado / Post ajustes	4.60 min				

## ANEXO 2. Gráfico de Actividades Múltiple



### ANEXO 3. Preparación de la Slitter Después de la Mejora

No.	Actividades	Tiempo		Tiempo (min) →
		Antes Mejora	Después Mejora	
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	0.28 min	0.28 min	Original
2	Barrer óxido del área de trabajo	3.48 min	3.48 min	Original
3	Buscar guantes	0.14 min	0.00 min	Eliminada
4	Buscar herramientas	0.56 min	0.00 min	Eliminada
5	Retirar guías de la Slitter	0.28 min	0.28 min	Original
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	1.11 min	1.11 min	Original
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	1.95 min	1.95 min	Original
8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	2.23 min	0.44 min	Reducida
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	0.70 min	0.00 min	Eliminada
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	1.67 min	0.00 min	Eliminada
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	0.84 min	0.84 min	Original
12	Limpiar cuchillas circulares (waípe)	1.81 min	0.00 min	Eliminada
13	Retirar y ordenar discos separadores	4.18 min	4.18 min	Original
14	Retirar y ordenar cauchos	0.28 min	7.28 min	Original
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	0.70 min	0.70 min	Original
16	Planear preparación	5.85 min	0.00 min	Eliminada
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	4.74 min	0.00 min	Eliminada
18	Limpiar los ejes de corte	0.70 min	0.70 min	Original
19	Verificar el filo de las cuchillas	3.62 min	3.62 min	Original
20	Colocar cuchillas circulares	1.39 min	1.39 min	Original
21	Buscar separadores	0.42 min	0.00 min	Eliminada
22	Corregir defectos de los discos separadores	0.42 min	0.00 min	Eliminada
23	Limpiar los discos separadores	5.29 min	0.00 min	Eliminada
24	Colocar los discos separadores	7.94 min	3.97 min	Reducida
26	Buscar cauchos	2.51 min	0.00 min	Eliminada
25	Caminar entre cauchos y separadores	3.34 min	0.00 min	Eliminada
27	Colocar cauchos	4.60 min	4.60 min	Original
28	Retirar cauchos inadecuados	0.98 min	0.98 min	Original
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	1.11 min	0.00 min	Eliminada
30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	0.70 min	0.00 min	Eliminada
31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	2.23 min	0.44 min	Reducida
32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	1.81 min	1.81 min	Original
33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	1.11 min	1.11 min	Original
34	Cerrar ejes de cuchillas circulares	0.84 min	0.84 min	Original
35	Ajustes y/o calibración (barretilla, grasa)	4.60 min	0.00 min	Eliminada
36	Rearmado / Post ajustes	4.60 min	0.00 min	Eliminada
<b>Total</b>		<b>78.99 min</b>	<b>39.99 min</b>	Original  Eliminada  Reducida  Cambiada