

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Mejoramiento De La Operación De Preparación De  
Máquinas Cortadoras De Bobinas De Acero “Slitters” En  
Una Empresa Metalmeccánica Por Medio Del Sistema  
SMED”**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Willie Antonio Córdova Hanna

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2005

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi director de tesis el Dr. Kléber Barcia V., a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y especialmente a mis padres por darme la

oportunidad de poder  
estudiar.

## **DEDICATORIA**

ESTE TRABAJO  
REALIZADO CON  
ESFUERZO POR  
VARIOS MESES, ESTÁ  
DEDICADO A MIS  
PADRES, ABUELA,  
FAMILIARES Y AMIGOS.

**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Eduardo  
Rivadeneira P.  
DECANO DE LA  
FIMCP

---

Dr. Kléber Barcia V.  
DIRECTOR DE  
TESIS

---

Ing. Marcos Tapia Q.  
VOCAL

---

Ing. Ernesto Martínez  
L.  
VOCAL

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Willie Antonio Córdova  
Hanna

## **RESUMEN**

La presente tesis consistió en un estudio para el mejoramiento de la operación 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). El término SMED se refiere a la

teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación de máquinas en menos de diez minutos.

La empresa objeto de estudio es una metalmecánica del sector, que se dedica a la producción de perfiles, tuberías y cañerías en diferentes calidades de acero -laminados en caliente, laminados en frío y galvanizados- y en una gran variedad de dimensiones y espesores. Este tipo de producción diversificada le genera a la empresa la necesidad de realizar numerosas operaciones de preparación en las máquinas para ejecutar los cambios de productos.

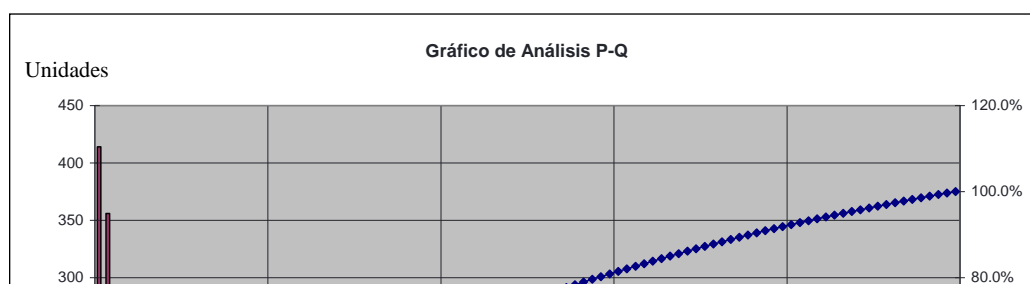
El objetivo de la tesis es la de plantear mejoras para disminuir el tiempo empleado en la preparación de las máquinas de corte (Slitters) de la empresa por medio de la implantación del Sistema SMED.

Lo primero que se realizó fue una descripción tanto de los procesos productivos de la empresa, que entre los cuales se tiene: corte de bobinas (producción de flejes), corte de planchas, plegado de flejes, conformado de tuberías, cañerías y perfiles. Profundizándose en el proceso de corte y definiendo de forma precisa el procedimiento mismo para la preparación de las Slitters. Con información referente a datos históricos de tiempos productivos e improductivos, eficiencias, horas extras, etc. que luego de

tabularlos, analizarlos e interpretarlos, se determinó que la Slitter 1 es el centro donde el impacto negativo de las preparaciones es mayor. La tabla que se presenta a continuación fue el resultado de este análisis.

Posteriormente en base de los resultados obtenidos se aplicó la metodología desarrollada para esta tesis y que se presenta dentro del capítulo 1. Parte de ésta metodología se encuentra formada por el sistema SMED, el cual está formado por tres etapas enfocadas al desarrollo de mejoras, precedidas por una etapa preliminar de familiarización y análisis de la operación de preparación.

Antes del estudio de la operación, se realizó un Análisis Producto-Cantidad con el cual fue posible conocer que la línea de producción de flejes es una línea de pequeños lotes y amplia variedad. De los 100 ítems fabricados con mayor frecuencia por la empresa, 40 generan el 67% de las preparaciones.

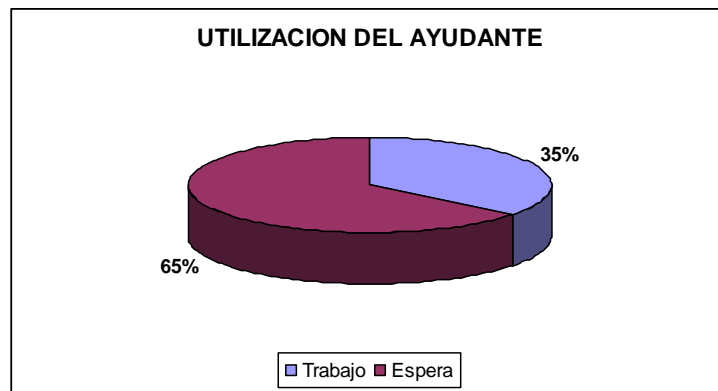




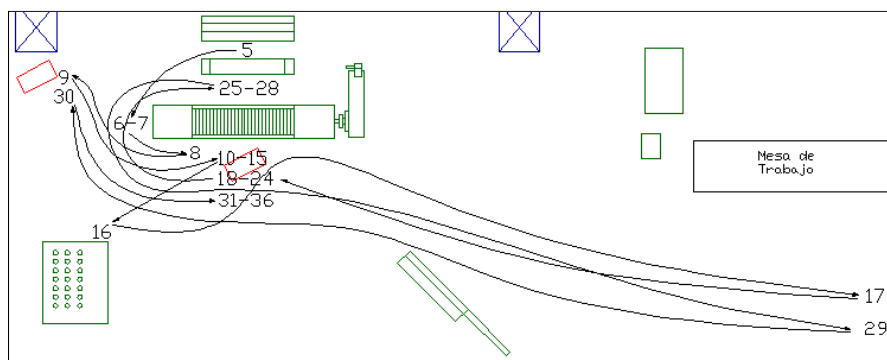
Se realizó un Gráfico de Análisis de Operaciones que dejó entrever que todas las actividades de preparación son parte de la preparación interna. A continuación se presenta el gráfico de operaciones.

Nº	ACTIVIDADES	TIEMPO	CATEGORIA			NOTAS DE MEJORA
			INTerna	EXTerna	deSERVICIO	
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	Alojar y retirar tuercas hidráulicas	2.23 min	●			⇒ Utilizar sistema de Tuercas Acornaladas
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	●		●	
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	0.84 min	●			} Mejoramiento y diseño de una nueva mesa de herramientas
12	Limpiar cuchillas circulares (walpe)	1.81 min	●		●	
13	Retirar y ordenar discos separadores	4.18 min	●			⇒ Uso de mesa rotatoria y Operación en Paralelo
14	Retirar y ordenar cauchos	0.28 min	●			⇒ Mejoramiento y diseño de una nueva mesa de herramientas.
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	0.70 min	●			⇒ Colocar cauchos a un costado de la mesa de herramientas
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.
18	Limpiar los ejes de corte	0.70 min	●		●	⇒ Utilizar puente guía
19	Verificar el filo de las cuchillas	3.62 min	●		●	⇒ Realizar Operación en Paralelo
20	Colocar cuchillas circulares	1.39 min	●			⇒ Hoja de Vida
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	●			
25	Caminar entre separadores y cauchos	3.34 min	●		●	} Estandarización de discos separadores A
26	Buscar cauchos	2.51 min	●		●	
27	Colocar cauchos	4.60 min	●		●	} Colocar cauchos a un costado de la mesa de herramientas
28	Retirar cauchos inadecuados	0.98 min	●		●	
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	1.11 min	●		●	} Cambio de Responsabilidad o Asignación de nuevo recurso
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 Acornaladas
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 (varretilla, grasa)	4.60 min	●			} Mejora con la estandarización de discos separadores
36	Rearmado / Post ajustes	4.60 min	●		●	

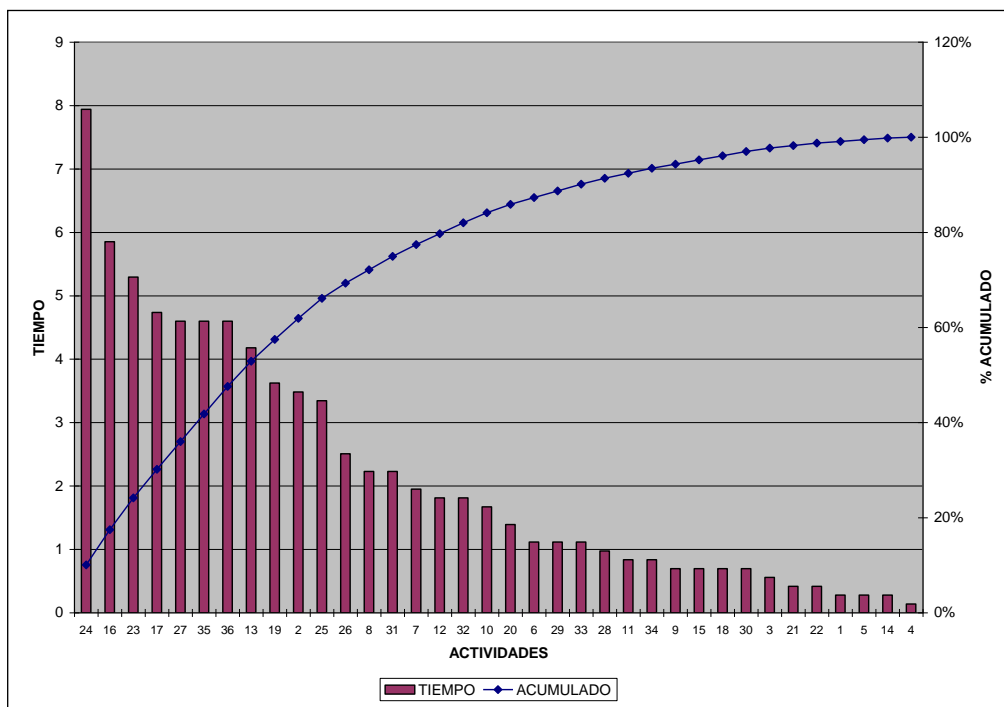
Para la preparación de las Slitters se cuenta con dos operadores, sobre los cuales se realizó un análisis para determinar que tan eficiente está distribuida su carga de trabajo. Se diseñó un Gráfico de Actividades Múltiples, con el cual se pudo determinar que la utilización del operador principal es completa, mientras que la del ayudante es de apenas el 36%.



A continuación, se presenta un Diagrama de Flujo de Recorrido diseñado para analizar las rutas de desplazamientos que sigue el operador mientras realiza la operación de preparación. Se encontró que el operador recorra en total unos 150 metros aproximadamente durante la operación de preparación.



Para finalizar la etapa de familiarización y análisis, se desarrolló un gráfico de Pareto con el que se determinó cuáles son las actividades que más influyen sobre el tiempo total de preparación, y a partir de esto, se pudo conocer también que tan solo las 8 primeras actividades representan el 52.91% del tiempo total de la preparación. El gráfico de Pareto desarrollado se presenta a continuación.



Dentro de la primera etapa del SMED y como primera mejora, se desarrolló una “lista de comprobación” para contrarrestar el efecto negativo que tiene la planeación de la preparación mientras la Slitter se encuentra detenida. Además, se planteó la necesidad de que las cuchillas circulares lleven una Hoja de Vida en donde se registre información referente a la utilización de cada juego.

A través de la segunda etapa, se recomendó el desarrollo de discos calibrados que representen magnitudes fijas para los desarrollos (flejes) producidos con mayor frecuencia. Básicamente, ésta solución implica fabricar por lo menos 4 discos separadores calibrados de las siguientes dimensiones: 10.3 - 17 - 19.7 - 27 - 31.5 - 38 - 40.5 - 50 - 54.5 - 57.5 - 64.7 - 67.8 - 79.5 - 89.7 - 90 - 119.2 - 120 milímetros.

Por último, en la tercera 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 trabajo entre ambos operarios quede mejor balanceada, como parte de las mejoras “operaciones en paralelo”.

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. Finalmente, 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.

El tiempo de preparación después de las mejoras quedó en 39,99 minutos, lo que significa una reducción del 49,37%. Esto significa un aumento de productividad de 24,22%. El ahorro que se generaría producto de la mejora es de \$1438,57 y la inversión requerida alcanza la suma de \$2450,00. Con estos valores se calculó el VAN (Valor actual neto) y la TIR (Tasa interna de retorno), el resultado fue de \$1.167,50 y 37,66%, respectivamente; valores que se consideran como satisfactorios.

En definitiva, para una aplicación correcta de las mejoras se recomendó principalmente establecer un procedimiento de preparación acorde a los lineamientos de la empresa, con el fin de estandarizar la operación y evitar desviaciones; y, realizar reuniones periódicas con el personal de planta con el objeto de revisar parámetros y discutir cualquier observación.

Como principales conclusiones se puede mencionar las siguientes:

- Existen diversas oportunidades de mejora dentro de la operación de preparación puesto que todas sus actividades son parte de la preparación interna.
- De los 2 operadores con que cuenta la preparación, el operador principal es quien mayor cantidad de tareas tiene por ejecutar, esto denota que el procedimiento no ostenta de una adecuada

planificación, por ende, la carga de trabajo se encuentra mal balanceada y además se realizan diversos recorridos excesivos.

- Es importante que el operador posea habilidad, destreza y experiencia para desarrollar su trabajo, pero aun así, no es viable encomendarle actividades que impliquen cálculos y hasta toma de decisiones, más aún cuando esto puede repercutir directamente en la calidad del producto.
- No se lleva una gestión apropiada sobre componentes y partes indispensables para la preparación de las Slitters, tal es el caso de las cuchillas circulares y discos separadores.
- No se conoce la importancia que tiene tratar los procedimientos de transporte como parte de la preparación externa.

Entre las recomendaciones mas importantes se puede resaltar:

- 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.

El sistema SMED es uno de los pilares de la Filosofía Lean Manufacturing para alcanzar una producción flexible, y por tanto, no hay que olvidar que debe ser considerada como herramienta de mejora continua, lo cual significa que las mejoras desarrolladas y planteadas por este trabajo no son las únicas y/o definitivas.

## INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	
.....	II

## ÍNDICE

GENERAL.....	
.....	III

ABREVIATURAS.....	
.....	IV

SIMBOLOGÍA.....	
.....	V



ÍNDICE DE

FIGURAS.....

.....VI

ÍNDICE DE

TABLAS.....

.....VII

ÍNDICE DE

PLANOS.....

.....VIII

INTRODUCCIÒN.....

.....1

CAPITULO 1

1.

GENERALIDADES.....

.....3

1.1. Área de  
Estudio.....3

1.2. Objetivos de la  
Tesis.....5

1.3. Metodología usada para el desarrollo de la  
Tesis.....5

1.4. Planteamiento y Justificación del  
Problema.....9

1.5. Estructura de la Tesis  
.....15

CAPITULO 2

2. REVISIÓN DE  
LITERATURA.....1

2.1. Reseña Histórica del SMED.....	18
2.2. Fundamentos del SMED.....	22
2.3. Descripción teórica de las herramientas utilizadas.....	26

### CAPITULO 3

3. PERFIL ESQUEMÁTICO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA.....	38
3.1. Descripción general de la empresa.....	38
3.2. Descripción del proceso de fabricación de la empresa.....	38

3.3. Descripción de la estructura interna de la operación de corte de bobinas de acero.....	50
3.3.1. Preparación y post ajustes .....	52
3.3.2. Operaciones principales.....	52
3.4. Estrategia de la empresa para el problema de producción diversificada.....	58
3.5. Procedimiento de preparación de las Slitters.....	62
3.5.1. Preparación, ajuste post-proceso, comprobación de materiales y herramientas.....	79

3.5.2. Montajes y desmontaje de partes y  
herramientas.....80

3.5.3. Medición y calibración (fijar  
condiciones).....80

3.5.4. Pruebas y  
Ajustes.....81

## CAPÍTULO 4

4. MEJORA DE LA PREPARACIÓN: APLICACIÓN DEL  
SMED.....82

4.1.  
Generalidades.....  
.....82

4.2. Etapa preliminar: Diferenciación de las  
preparaciones interna y

externa.....  
.....83

4.2.1. Análisis de Operación o de  
Producción.....84

4.3. Primera Etapa: Separación de la preparación  
interna y externa

.....  
.....125

4.3.1. Empleo de una lista de  
comprobación.....126

4.3.2. Realización de comprobaciones  
funcionales.....131

4.3.3. Mejora del transporte de  
útiles.....133

4.4. Segunda Etapa: Convertir la preparación interna  
en externa....138

4.4.1. Preparación anticipada de las condiciones  
de operación

.....

139

4.4.2. Estandarización de  
funciones.....142

4.5. Tercera Etapa: Perfeccionamiento de todos los  
aspectos de la operación de  
preparación.....149

4.6. Costos de aplicación del sistema  
SMED.....169

CAPÍTULO 5

5.

RESULTADOS.....

.....175

5.1. Tiempo Ahorrado con la aplicación del SMED.....	175
5.2. Otros efectos del SMED.....	183

## CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	187
---	-----

## APÉNDICES

## BIBLIOGRAFÍA



**ABREVIATURAS**

DIN	Demoras Inevitables
DES	Demoras especiales
DPE	Demoras personales
G.V.	Galvanizado
L	Factor de nivelación del desempeño
L.T.	Longitud total
L/C	Laminado en caliente
L/F	Laminado en Frío

N	Número de productos
NPDF	Tolerancia por necesidades personales, fatiga y demoras varias
O	Tiempo de todos los elementos de trabajo
P-Q	Producto – Cantidad
S	Tiempo nivelado por pieza
SMED	Single Minute Exchange of Die
T	Elementos de trabajo
TIR	Tasa interna de retorno
To	Tolerancia
TPS	Toyota Production System
VAN	Valor actual neto

### **SIMBOLOGIA**

°C	Grados centígrados
Hr	Horas
Km	Kilómetros
Kg	kilogramos
m	Metros

mm	milímetros
min	Minutos
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
TON	Toneladas

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Metodología de la tesis.....	6
Figura 2.1 Fases conceptuales para mejora de preparaciones.....	26
Figura 2.2 Gráfico para el análisis p-q.....	28
Figura 2.3 Barra de trabajo independiente, combinado y espera.....	31
Figura 2.4 Diagrama de actividades múltiples.....	32
Figura 2.5 Diagrama de flujo de recorrido.....	34
Figura 2.6 Forma de registro de observaciones.....	37
Figura 3.1 Flujo de producto y procesos.....	40

Figura 3.2	Diagrama de la operación de corte de bobinas.....	51
Figura 3.3	Colocación de bobinas sobre el desenrollador.....	53
Figura 3.4	Enrollado de flejes.....	56
Figura 3.5	Corte de bobina / producción de flejes.....	57
Figura 3.6	Desmonte de flejes del enrollador.....	58
Figura 3.7	Diagrama de flujo de la operación de preparación.....	63
Figura 3.8	Manivela para separación del bastidor y ejes.....	66
Figura 3.9	Colocación de tuercas hidráulicas.....	67
Figura 3.10	Clasificación y ordenamiento de herramientas.....	68
Figura 3.11	Colocación de cuchillas circulares.....	69
Figura 3.12	Colocación de separadores.....	70
Figura 3.13	Colocación de cauchos.....	71
Figura 3.14	Cuchillas circulares calibradas.....	73
Figura 3.15	Esquema de la colocación de cuchillas y separadores.....	77
Figura 4.1	Gráfico de Análisis P-Q.....	87

Figura 4.2	Estudio tiempos, tolerancia NPF D y tiempo estándar.....	105
Figura 4.3	Gráfico de análisis de operaciones.....	107
Figura 4.4	Gráfico de eliminación del desperdicio.....	111
Figura 4.5	Gráfico de actividades múltiples.....	114
Figura 4.6	Porcentaje de utilización del ayudante.....	115
Figura 4.7	Gráfico de combinación de operaciones estándares.....	117
Figura 4.8	Diagrama de flujo de recorrido.....	119
Figura 4.9	Diagrama de pareto de preparación.....	124
Figura 4.10	Primera fase del SMED.....	126
Figura 4.11	Segunda fase del SMED.....	138
Figura 4.12	Tercera fase del SMED.....	150
Figura 4.13	Tuerca y eje acanalado.....	159
Figura 4.14	Carro especializado para preparación.....	168
Figura 5.1	Gráfico de actividades múltiples después de la mejora.....	178
Figura 5.2	Gráfico de combinación de operaciones estándares.....	179

Figura 5.3 Evolución del procedimiento de  
preparación.....181

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Resumen de datos históricos.....	13
Tabla 2 Etapas del SMED.....	23
Tabla 3 Ratio tiempo de preparación y número de operaciones.....	59
Tabla 4 Relación entre tiempo de preparación y tamaño de lote I.....	60
Tabla 5 Relación entre tiempo de preparación y tamaño de lote II.....	61
Tabla 6 Relación entre tiempo de preparación y tamaño de lote III.....	61
Tabla 7 Espesores de cuchillas circulares.....	75
Tabla 8 Tolerancias para corte de flejes.....	75
Tabla 9 Espacios/márgenes.....	76
Tabla 10 Tabla de tiempos de producción y preparación.....	85
Tabla 11 Muestreo piloto para obtencion de tamaño de muestra.....	93
Tabla 12 Tabla de niveles de confianza.....	95
Tabla 13 Total observaciones - Estudio de tiempos.....	100

Tabla 14	Resumen del estudio de tiempos.....	101
Tabla 15	Tabla de valoración del desempeño.....	103
	<b>Tabla 16 Tabla de actividades acumuladas.....</b>	<b>123</b>
Tabla 17	Agrupacion en familias.....	146
Tabla 18	Separadores y sus combinaciones (corte).....	147
Tabla 19	Separadores y sus combinaciones (toler. Corte).....	147
	<b>Tabla 20 Preparación de slitter después de la mejora.....</b>	<b>176</b>



## **ÍNDICE DE PLANOS**

- Plano 1 Cuchillas Circulares
- Plano 2 Separadores
- Plano 3 Diagrama de Recorrido
- Plano 4 Tuercas Hidráulicas

## **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 metalmecánica 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. Es por esto, que a través de la tesis 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, tales como tiempos por actividad y problemas de diversa índole. Al final, todo este análisis conducirá al desarrollo progresivo de las mejoras en cada una de las etapas posteriores al análisis de operaciones. Para alcanzar estos niveles de desarrollo, se tuvo antes que indagar, levantar y tabular información que permitió en primera instancia plantear y justificar el problema.

El objetivo de la tesis 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.

# **CAPITULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Área de Estudio**

La temática de la presente tesis se desarrolla entorno a uno de los problemas que genera la mayor cantidad de retrasos y disminución de capacidad en sistemas productivos -las preparaciones de máquinas para realizar un cambio de producto- entiéndase con esto al procedimiento de desmontaje, montaje, calibración y puesta a punto de una máquina.

Reducir los tiempos de preparación es la clave para reducir los cuellos de botella, reducir los costos y mejorar la calidad de los productos, por esto motivo, se hará uso de la herramienta que ha causado mayor impacto en los sistemas de producción de varias empresas del mundo por ser la más efectiva para el mejoramiento de este tipo de eventos.

Esta herramienta conocida como el sistema SMED por sus siglas en inglés SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (Cambio de herramientas en menos de diez minutos), por medio de su creador el Sr. Shigeo Shingo de nacionalidad japonesa, plantea la posibilidad de que se puede diseñar un sistema de producción que inherentemente sea capaz de responder a los cambios, reducir los plazos de fabricación y el inventario de trabajo en curso (1).

El t3pico de la tesis ser3 desarrollado en una empresa metalmec3nica, donde lo que se pretende realizar es un estudio para encontrar opciones que permitan mejorar el tiempo empleado para realizar la operaci3n de preparaci3n de las Slitters (m3quinas cortadoras de bobinas de acero).

El Sistema SMED hace posible responder r3pidamente a las fluctuaciones de la demanda, y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricaci3n. Hay que tener en consideraci3n que la producci3n flexible solamente es accesible a trav3s del sistema SMED, y que estrategias de producci3n anticipada y en grandes lotes no le ofrecen a las empresas ventajas competitivas. De aqu3, se conoce adem3s que la Manufactura Esbelta es muy efectiva en direcci3n industrial, pero la Manufactura Esbelta es un fin, no un medio. Sin dominar los m3todos pr3cticos y t3cnicas que forman su n3cleo, la Manufactura Esbelta no tiene sentido en si mismo, y el sistema SMED es el m3todo m3s efectivo para conseguir la producci3n esbelta (1).

## **1.2. Objetivos de la Tesis**

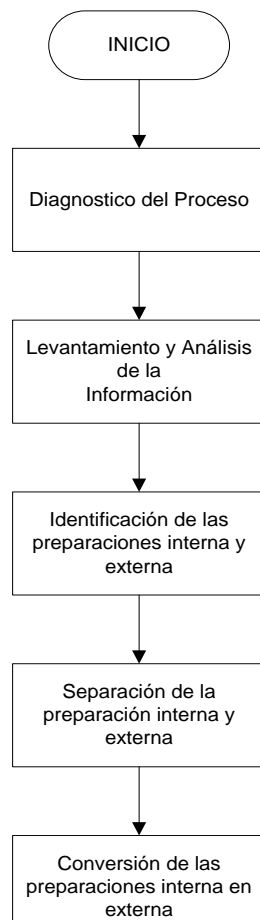
El objetivo de la tesis es desarrollar mejoras que permitan reducir el tiempo asociado a la operaci3n de preparaci3n de m3quinas cortadoras

de bobinas de acero en una empresa metalmeccánica, mediante la utilización de la herramienta “El Sistema SMED”.

- Aumentar la productividad de las Slitters en un 15%.
- Reducir costos por concepto de horas extras.

### 1.3. Metodología usada para el desarrollo de la Tesis.

La figura 1.1 muestra un diagrama de flujo que esquematiza la metodología elaborada y utilizada para el desarrollo de la presente tesis. A continuación se describen cada una de las partes componentes del diagrama de flujo.



***Diagnostico del Proceso.*** Se realizó un análisis general por medio de la descripción tanto de los procesos productivos de la empresa como del centro productivo objeto de estudio. Además, se entró en detalle en el procedimiento mismo de la preparación de las Slitters. Esto fue de gran aportación para definir los potenciales y más apropiados métodos de estudio y de mejora.

***Levantamiento y análisis de la información.*** Durante ésta etapa se recolectó toda información referente a datos históricos de tiempos productivos e improductivos, eficiencias de máquinas, cantidad mensual de horas extras, costos, etc. Una vez recolectada la información se procedió a tabular, analizar e interpretar los resultados



obtenidos, para determinar cual de los centros de trabajo es el que genera mayores problemas a causa de las preparaciones de máquina.

**Identificación de las preparaciones interna y externa.** Para cumplir con este objetivo se realizó un análisis industrial de las operaciones y actividades implicadas en el procedimiento de preparación. Durante esta etapa se realizaron estudios de tiempos, diagramas de procesos, diagramas de flujo de recorrido, etc.

**Separación de la preparación interna y externa.** A través de esta fase se buscó encontrar maneras que permitieron pasar aquellas actividades que erróneamente se realizan de forma interna a formar parte de la preparación externa.

**Conversión de las preparaciones interna en externa.** Con esta fase del sistema SMED se reevaluó las operaciones para ver si algunas de las actividades estaban erróneamente consideradas como interna, y, buscar formas para convertir esos procedimientos a preparación externa. De esta forma, se pudo contar con más actividades como parte de la preparación externa.

**Mejoramiento de la operación de preparación.** A través de esta fase se trató de perfeccionar en la medida de lo posible las operaciones

interna y externa, es decir, lo que se intentó fue mejorar las actividades para que se puedan realizar de forma ágil sin necesidad de malgastar tiempo y energía en movimientos innecesarios.

***Costos de aplicación del Sistema SMED.*** Con todas las mejoras planteadas se procedió a costear dichas mejoras para cuantificar el “gasto” en que se incurriría para la mejora del procedimiento de preparación, con lo que finalmente se desarrolló una evaluación financiera de la aplicación de las mejoras mediante el VAN (valor actual neto) y la TIR (Tasa interna de retorno).

#### **1.4. Planteamiento y Justificación del Problema**

La producción diversificada que realiza la planta de conformado de la empresa metalmecánica genera la necesidad de realizar numerosas operaciones de preparación de las máquinas cortadoras de bobinas de acero o también llamadas “Slitters” para poder ejecutar un cambio de producto. Es importante reconocer éste término, puesto que será mencionado a lo largo de toda la tesis. Actualmente el tiempo destinado a las operaciones de preparación es considerable, por tanto se reduce la capacidad real de producción de los centros de trabajo, sin embargo, aunque el número de preparaciones de las máquinas no

puede reducirse, el tiempo empleado en la operación puede bajar considerablemente.

El tiempo que se destina a la preparación de una máquina se mide desde que sale la última pieza tipo A hasta que se produzca la primera pieza buena tipo B (cambio de producto), dicho de otra manera, la preparación de una máquina es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio hasta que la máquina empieza a producir al nivel de cantidad y calidad normativo o según especificaciones. (Durante este tiempo se puede estar produciendo a ritmo sensiblemente inferior al normativo). Una acortamiento de este tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda.

Cuando la demanda implica producir gran variedad de productos como es el caso de la empresa objeto de estudio, es parte normal del proceso realizar múltiples y frecuentes preparaciones. Para contrarrestar el efecto de la disminución en la capacidad de producción, se tiende a combinar pedidos y/o producir anticipadamente a la demanda para procesar lotes de producción de mayor tamaño o

volumen, con lo cual se mantienen niveles de inventarios innecesarios. Reducir los tiempos de preparación y calibración es la clave para reducir los cuellos de botella, reducir los costos por mantenimiento de inventario, y mejorar la calidad de los productos.

En la planta de conformado de esta empresa metalmecánica no existen un registro fiable de los tiempos reales de preparación de las Slitters, pero el Departamento de Producción y los operadores de los procesos involucrados estiman este tiempo en un promedio de 1 hora, y cabe mencionar que al no existir una exigencia “inmediata” en reducir estos tiempos, los operadores encargados no se preocupan por alcanzar una reducción de este tiempo. Tradicional y erróneamente la política de esta empresa en preparaciones de máquina se ha dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y poco se ha llevado a cabo en estrategias de mejora del propio método de preparación.

Cabe señalar, que existen instantes en que los centros de trabajo de los procesos subsecuentes como las máquinas tuberas y perfiladoras se encuentran detenidas debido a un “faltante de material”. Puede darse el caso que el problema se deba a una “no tan eficiente programación de la producción”, pero en todo caso, si la empresa tuviere un proceso de corte de bobina más flexible, este tipo de eventos

no provocarían un impacto tan grande en la productividad global de la planta.

Por tanto, al momento se generan grandes cantidades de inventario como producción anticipada, alcanzando niveles que van entre uno y dos días de inventario, lo cual representa aproximadamente 350 TON de inventario en proceso.

Las Slitters son los únicos centros de la planta que laboran de lunes a viernes 12 horas y los sábados 8 horas, lo cual representa al mes 120 horas más por concepto de horas extras para cada Slitter.

Para finalizar, se debe mencionar que el tiempo mensual empleado en las preparaciones de las Slitters está entre un 25% y 45% con respecto a su tiempo total disponible de producción, siendo nuevamente estos porcentajes los más altos de toda la planta de conformado. Lo mismo ocurre con la eficiencia de estas máquinas, que actualmente son las más bajas de toda la planta.

La tabla 1 muestra un resumen obtenido de los controles de tiempo correspondiente a nueve meses de trabajo. Aunque no representan información exacta, ofrecen una idea del problema existente en las

máquinas cortadoras y del impacto del mismo sobre el sistema de producción.

Por tanto, lo que se desea realizar es un estudio para analizar el procedimiento actual de preparación de las Slitters, para poder desarrollar y ofrecer propuestas de mejoras que serán debidamente costeadas.

En el Apéndice A se detalla toda la información correspondiente a los nueve meses de trabajo, esta información fue la base para obtener el resumen mostrado en la tabla 1.

TABLA 1

RESUMEN DE DATOS HISTORICOS

MÁQUINA	NÚMERO PROM. PREPARACIONES AL DIA	TIEMPO PROM. UNIT. DE PREPARACIÓN (min)	T. PREPARACIÓN VS. T. PRODUCTIVO	HORAS EXTRAS PROMEDIO MES	EFICIENCIAS PROMEDIO
CORTADORA 1	2.93	62.88	43.51%	70.00	34.21%
CORTADORA 2	0.93	61.35	23.53%	24.57	38.60%
PERFILADORA 1	0.51	129.06	18.95%	39.57	52.06%
PERFILADORA 2	0.23	179.85	14.26%	16.57	51.67%
PERFILADORA 3	0.42	137.38	14.98%	35.71	52.37%
TUBERA 1	0.89	113.32	24.90%	40.86	51.70%
TUBERA 2	0.54	112.41	20.80%	9.71	45.80%
TUBERA 3	0.50	138.97	18.74%	36.14	53.89%
TUBERA 4	0.32	221.04	25.05%	34.00	32.89%
ALISADORA 1	1.52	25.17	10.17%	58.43	47.83%
ALISADORA 2	1.07	43.35	17.02%	45.14	44.78%
GUILLOTINA	1.10	39.49	9.50%	62.00	61.32%
PLEGADORA	0.76	49.13	8.62%	33.71	68.79%

La aplicación del sistema SMED es la mejor opción y la herramienta industrial mas apropiada para el caso. El SMED como se lo conoce, permite efectuar la preparación de la máquina en un mínimo de tiempo. A partir de “razonamientos lógicos” se consigue descubrir una serie de mejoras posibles en el proceso de preparación. Estas mejoras se van aplicando gradualmente y a un costo plenamente justificables por el aumento impactante que tiene en la productividad.

Mediante el sistema SMED se busca alcanzar una reducción en el tiempo de preparación por medio de un análisis detallado de sus operaciones. Cabe señalar, que esta técnica es uno de los pilares de la Filosofía Lean Manufacturing para alcanzar una producción flexible, y por tanto, no hay que olvidar que debe ser considerada como herramienta de mejora continua, lo cual significa, que las mejoras desarrolladas y planteadas al finalizar el estudio de la presente tesis no serán las definitivas, y por tanto, si es deseo de la empresa, puede continuar con un análisis que le permita encontrar nuevas y/o mejores ideas con las cuales se logre bajar este tiempo aún más, hasta obtener “preparaciones en menos de 10 minutos”.

Por medio de la reducción del tiempo destinado a la preparación se logra:

- Reducir el tiempo de preparación.
- Reducir el tamaño del inventario.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Producir varios modelos en la misma máquina o línea.
- Tiempos de entrega más cortos.
- Reducir el número de horas extras.

### **1.5. Estructura de la Tesis**

La presente tesis ha sido dividida en 6 capítulos, de los cuales, el primero se ha ido desarrollando a través de los puntos citados hasta el momento. A continuación se hará una descripción breve de cada uno de los capítulos restantes.

#### ***Capítulo 2***

***Descripción de herramientas utilizadas***, se presenta una reseña histórica y el marco teórico acerca del sistema SMED y de cada una de



las herramientas de ingeniería que han sido utilizadas durante el desarrollo de la tesis.

### **Capítulo 3**

**Perfil Esquemático de la Producción en la Empresa**, en éste capítulo se describe de forma general la estructura de la empresa objeto de estudio y de su sistema de producción. Además, se realiza una descripción más profunda acerca del (de los) centro(s) de producción seleccionado(s), detallando particularmente su procedimiento de preparación de máquina o cambio de producto.

### **Capítulo 4**

**Mejora de la Preparación: Aplicación del SMED**, como resultado de un análisis de operaciones o de producción se describirá durante el desarrollo de este capítulo las diferentes opciones de mejora que se podrían aplicar. Esencialmente, éste capítulo es la aplicación del sistema SMED en sí, y sus etapas de análisis logran captar cada una de los problemas presentes dentro de la operación de preparación. Sin embargo, cabe señalar que el desarrollo de las mejoras progresa conforme se vayan desarrollando las cuatro etapas del sistema SMED.

### **Capítulo 5**

**Resultados**, dentro de esta sección se va a realizar una descripción de los resultados y beneficios que se pueden presentar dentro del proceso y/o operación que ha sido objeto de estudio. Es decir, en base a la información levantada y al análisis realizado se logrará presentar una estimación de algunos efectos de la aplicación del SMED como: reducciones de tiempo, incremento de tasas de trabajo y capacidad productiva, reducción de costos, etc.

### **Capítulo 6**

**Conclusiones y Recomendaciones**, con este capítulo se cierra el desarrollo de la tesis con la presentación de las conclusiones obtenidas durante el estudio y con el planteamiento de recomendaciones para futuros estudios y mejoras.

# CAPITULO 2

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Reseña Histórica del SMED

Esta técnica fue desarrollada a lo largo de 19 años, por un Ingeniero Mecánico cuyo nombre es Shigeo Shingo, siendo esta una de las primeras técnicas que se divulgaron como parte del Just in Time o Sistema Toyota de Fabricación (TPS). Shingo nació en Japón en 1909. Después de graduarse en Ingeniería Mecánica en la Escuela Técnica Yamanashi en 1930, se incorporó a la Fábrica de Ferrocarriles Taipei, en Taiwán, donde introdujo los métodos de gestión científica.

El Sistema SMED dio sus primeros pasos en la primavera de 1950 en la fabrica Toyo Kogyo de Mazda, en Hiroshima; en aquella época ahí se fabricaban vehículos de tres ruedas. La empresa Toyo tenía cuellos de botella provocados por las grandes prensas de moldeado de carrocerías que pretendía eliminar. Se tenían las prensas trabajando las 24 horas, y se creía que la única manera de aumentar la productividad era adquirir más maquinaria. Fue entonces, que el Sr. Shigeo Shingo llegó a la empresa como consultor, y con un análisis de

las actividades de preparación de las prensas, se le ocurrió que las operaciones de preparación de máquinas eran realmente de dos tipos fundamentalmente diferentes.

***Preparación Interna***, que pueden realizarse solo cuando una máquina esta parada, como montar o desmontar matrices, cuchillas, etc.

***Preparación Externa***, que pueden realizarse mientras la máquina esta en operación, como transportar herramientas y matrices; u organizar y planificar la próxima preparación.

En el verano de 1957, Shigeo Shingo realizó un estudio en Mitsubishi Heavy Industries, en Hiroshima, donde logró elevar la productividad de máquinas cepilladoras en un 40%.

En 1969, Shingo visitó la planta principal de Toyota Motor Company, donde el problema era una prensa de 1000 TON que requería cuatro horas para realizar el cambio de útiles y preparación. Volkswagen en Alemania había estado realizando preparaciones en una prensa similar en un poco menos de dos horas. Luego de tres meses de esfuerzo se consiguió bajar el tiempo de preparación desde cuatro horas hasta noventa minutos. Con la experiencia ganada en Mitsubishi Heavy

Industries y en Toyota Motor Company, Shigeo Shingo se dió cuenta de la importancia de convertir una preparación interna en otra externa.

Tiempo después, la Dirección de Toyota Motor Company le encomendó la tarea de reducir aún más el tiempo conseguido anteriormente ¡hasta menos de tres minutos! Usando los nuevos conceptos alcanzados en el desarrollo de esta técnica, fueron capaces de alcanzar el objetivo de tres minutos luego de tres meses más de esfuerzos diligentes.

Con la esperanza de que cualquier preparación podría realizarse en menos de 10 minutos, Shigeo Shingo bautizó el concepto como: “Cambio de útiles en menos de diez minutos”, o SMED por sus siglas en ingles Single Minute Exchange of Die. El SMED fue adoptado más tarde por todas las fábricas de Toyota, y continuó evolucionando como uno de los elementos principales del Toyota Production System.

Su técnica, aunque conocida fuera del Japón alrededor de 1975 no fue aceptada de manera generalizada hasta 1980. El SMED se desarrolló originalmente para mejorar las preparaciones y montajes para producción de prensas y máquinas herramientas, pero sus principios se aplican a las preparaciones de máquinas en toda clase de procesos.

Hoy en día el Sistema SMED ha recorrido mucho camino y desarrollado en variados sectores de la industria japonesa, y ha comenzado a difundirse por el mundo. Federal Mogol Corporation en USA, Citroen en Francia, y H. Weidmann Company en Suiza, utilizan el SMED con sustanciales mejoras en productividad.

## **2.2. Fundamentos del SMED**

Se ha definido el SMED como la teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos. Su necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en éste caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de costos.

Por tanto, el sistema SMED es una herramienta que incrementa la flexibilidad de las áreas productivas mediante la disminución del tiempo de preparación. Entiéndase con preparación al conjunto de

operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de producto hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de preparación.

A continuación se explican cada una de las etapas conceptuales que conforman la metodología para la mejora de una operación de preparación según el sistema SMED.

TABLA 2  
ETAPAS DEL SMED

ETAPAS	ACTUACIÓN
Etapa preliminar	Estudio de la operación de cambio
Primera etapa	Separar tareas internas y externas
Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
Tercera etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas

*Eta*

**pa Preliminar: No están diferenciadas las preparaciones interna y externa.** En las operaciones de preparación tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa y lo que puede

realizarse externamente se hace internamente, permaneciendo las máquinas paradas durante grandes períodos de tiempo. Al planificar cómo llevar a la práctica el sistema SMED, se deben estudiar en detalle las condiciones reales de la fábrica. Un análisis de producción o de operaciones llevado a cabo con cronómetro, o también un estudio de trabajo por muestras ofrecen probablemente el mejor enfoque.

Un método aun mejor lo constituye la grabación en video de la operación de preparación completa. Si el video se les muestra a los operadores, se les proporciona la oportunidad de expresar sus opiniones, con lo cual a menudo aparecerán ideas que se podrían aplicar inmediatamente.

***Primera Etapa: Separación de la preparación interna y externa.***

El paso más importante en la realización del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y externa. La preparación de piezas, el mantenimiento de útiles y herramientas y operaciones análogas no se deben hacer mientras la máquina está parada. Si se hace un esfuerzo científico para tratar la mayor parte posible de la operación de preparación como externa, el tiempo necesario para la preparación interna, se reducirá usualmente entre un 30 y 50 %. El



dominar la distinción entre la preparación interna y externa es el pasaporte para alcanzar el SMED.

***Segunda etapa: Convertir la preparación interna en externa.***

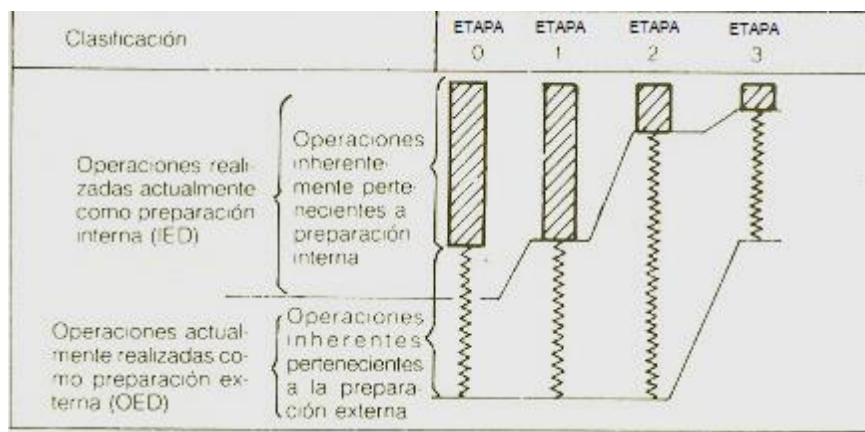
La segunda etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

Algunas operaciones internas pueden ser convertidas en externas al examinar su verdadera función. Es extremadamente importante adoptar nuevos puntos de vista que no estén influenciados por viejas costumbres.

***Tercera Etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.*** En esta etapa se debe concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y externa, por tanto, la tercera etapa necesita de un análisis detallado de cada operación elemental.

Las etapas segunda y tercera no necesitan ser llevadas a cabo en ese orden, pudiendo ser prácticamente simultáneas, puesto que incorporan dos conceptos diferentes: análisis y realización. La figura 2.1 muestra las etapas conceptuales involucradas en las mejoras de la preparación.



Fuente: SHINGO SHIGEO, Una revolución en la producción: el sistema SMED, Productivity Press, Madrid 1990, p. 31.

FIGURA 2.1 FASES CONCEPTUALES PARA MEJORA DE PREPARACIONES

### 2.3. Descripción teórica de las herramientas utilizadas

**Diagrama de Pareto y Gráfico de Análisis Producto Cantidad.-** Se trata originalmente de una herramienta para tomar decisiones sobre que causas hay que resolver prioritariamente para lograr mayor efectividad en la resolución de problemas. Ayuda a dilucidar cuales son los problemas a atacar con prioridad, e incluso en qué orden. La regla

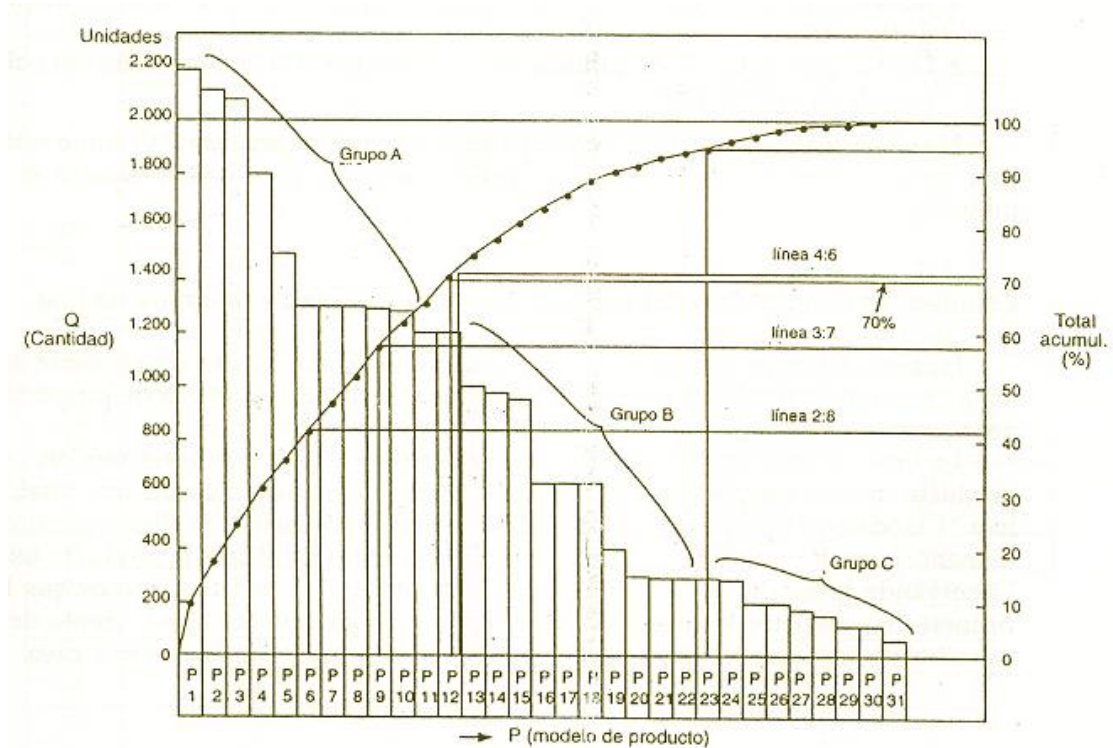
en la cual esta basada ésta herramienta consiste en que aproximadamente el 80% de los problemas se deben a tan solo un 20% de las causas, es decir, que un mínimo de causas originan un gran porcentaje de problemas. El diagrama de Pareto permite identificar ese pequeño porcentaje de causas más relevantes sobre las que primero se deben actuar.

Para su realización se emplea un diagrama de barras. Cada una de las barras representa una de las causas diferentes que provocan fallos. La amplitud vertical indicará el número de fallos o el número de problemas que origina la causa que representa.

También se representa una curva que establece, para cada causa, el porcentaje acumulado de fallos sobre el total, donde se aprecia en mayor o menor medida la regla anterior de Pareto.

Durante esta tesis también se va a utilizar el grafico para el “Análisis P-Q”, el cual tiene una apariencia similar a un grafico de Pareto, pero éste es ligeramente diferente puesto que evalúa productos en términos de valores monetarios más bien que en cantidades. La “P” del análisis P-Q se refiere a modelos de productos o piezas. La “Q” se refiere a

cantidad. El nombre completo del gráfico es “Gráfico de Producto-Cantidad” específico de piezas o de clientes.



Fuente: SEKINE KENICHI, Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas, Productivity Press, Madrid 1993, p. 123.

FIGURA 2.2 GRAFICO PARA EL ANÁLISIS P-Q.

A partir de datos como modelos de productos y del número de veces que se realiza una serie por mes se puede realizar el Gráfico para el Análisis P-Q. La figura 2.2 es un ejemplo de un Gráfico para el Análisis P-Q en donde se esquematiza mediante barras ordenadas de forma descendente la cantidad de productos fabricados para cada tipo; la línea curva es la representación de los valores acumulados de las cantidades producidas en una escala porcentual. Al igual que el análisis de Pareto, éste gráfico parte de la relación 2:8 (regla del

80/20), que para el caso significa que el primer 20% de productos corresponde al 80% de la cantidad producida. Si el análisis no cae dentro de esta proporción se debe analizar la siguiente proporción 3:7, o la siguiente 4:6. Las líneas de producción que caen en la categoría de la proporción 4:6 pueden considerarse líneas de producción de pequeños lotes y amplia variedad.

**Diagrama de Actividades Múltiples.**- Este diagrama también llamado diagrama hombre y máquina, o diagrama de planeación del trabajo, es la representación gráfica del trabajo o tiempo coordinado de espera de dos o más trabajadores, o bien cualquier combinación de trabajo y tiempo de espera de dos o mas trabajadores, o cualquier combinación de obreros y máquinas.

La duración de las actividades se representa por medio de barras cuya longitud depende de una escala de tiempo. Resulta muy útil distinguir el trabajo de un operario que trabaja en una máquina, o con otro operario, independientemente del trabajo de una máquina o de otro operario. De manera similar, es útil distinguir entre el tiempo de operación de una máquina cuando se maneja de manera independiente que cuando un operario la maneja o le da servicio. Para esto, se usan las siguientes clasificaciones de trabajo y espera con sus representaciones gráficas.

**Trabajo Independiente.** Para el operario, esta clasificación significa trabajar independientemente de la máquina o de otro operario, como cuando se obtiene y se prepara el material, se revisa el producto terminado o se realizan otros trabajos no relacionados con el funcionamiento de la máquina. Para la máquina, esto incluye el tiempo en que efectivamente realiza su trabajo sin el servicio del operario. La figura 2.3 (a) es la representación grafica del trabajo independiente.

**Trabajo Combinado.** Para el operario, esta clasificación incluye el trabajo con una máquina u otro operario mientras se prepara, carga y se trabaja con una máquina de alimentación manual en cooperación con otros operarios. Para la máquina, incluye el tiempo en que está en operación y requiriendo los servicios de un operario, así como cuando se está preparando, cargando o descargando. La figura 2.3 (b) es la representación grafica del trabajo combinado.

**Espera.** Esta clasificación incluye la espera, sea del operario o de la máquina. Se usa cuando uno espera al otro. El trabajo de un operario que evita que funcione la máquina, pero que puede ser dispuesto para que la máquina funcione, debe clasificarse como trabajo independiente y el tiempo correspondiente a la máquina debe clasificarse como

espera. Esta clasificación y código gráfico enfatiza la espera real de la máquina y centra la atención en el trabajo del operario, que puede reorganizarse para que se haga durante el tiempo de operación de la máquina y, por lo tanto, reducir el tiempo de espera de ésta. La figura 2.3 (c) es la representación grafica de la espera.

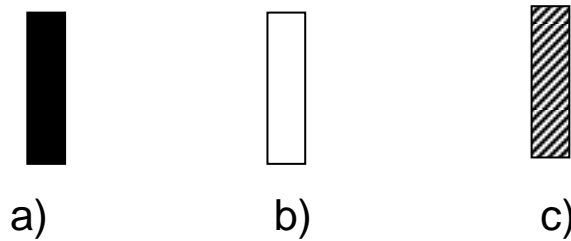
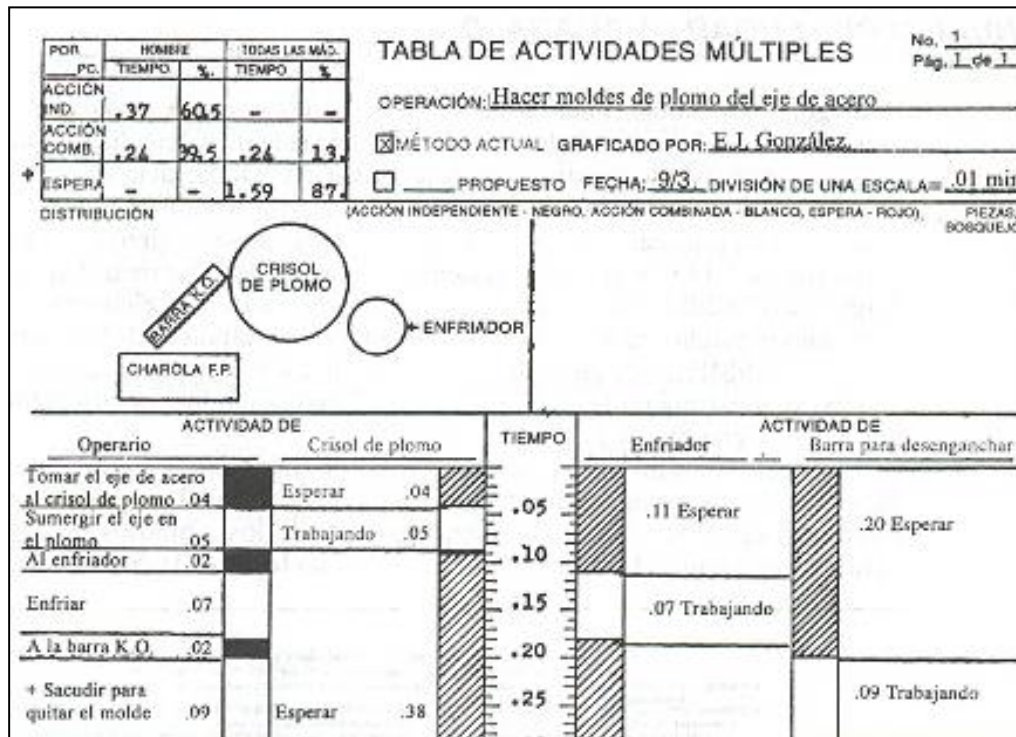


FIGURA 2.3 BARRA DE TRABAJO INDEPENDIENTE, COMBINADO Y ESPERA

La figura 2.4 ilustra un ejemplo de diagrama de actividades múltiples.



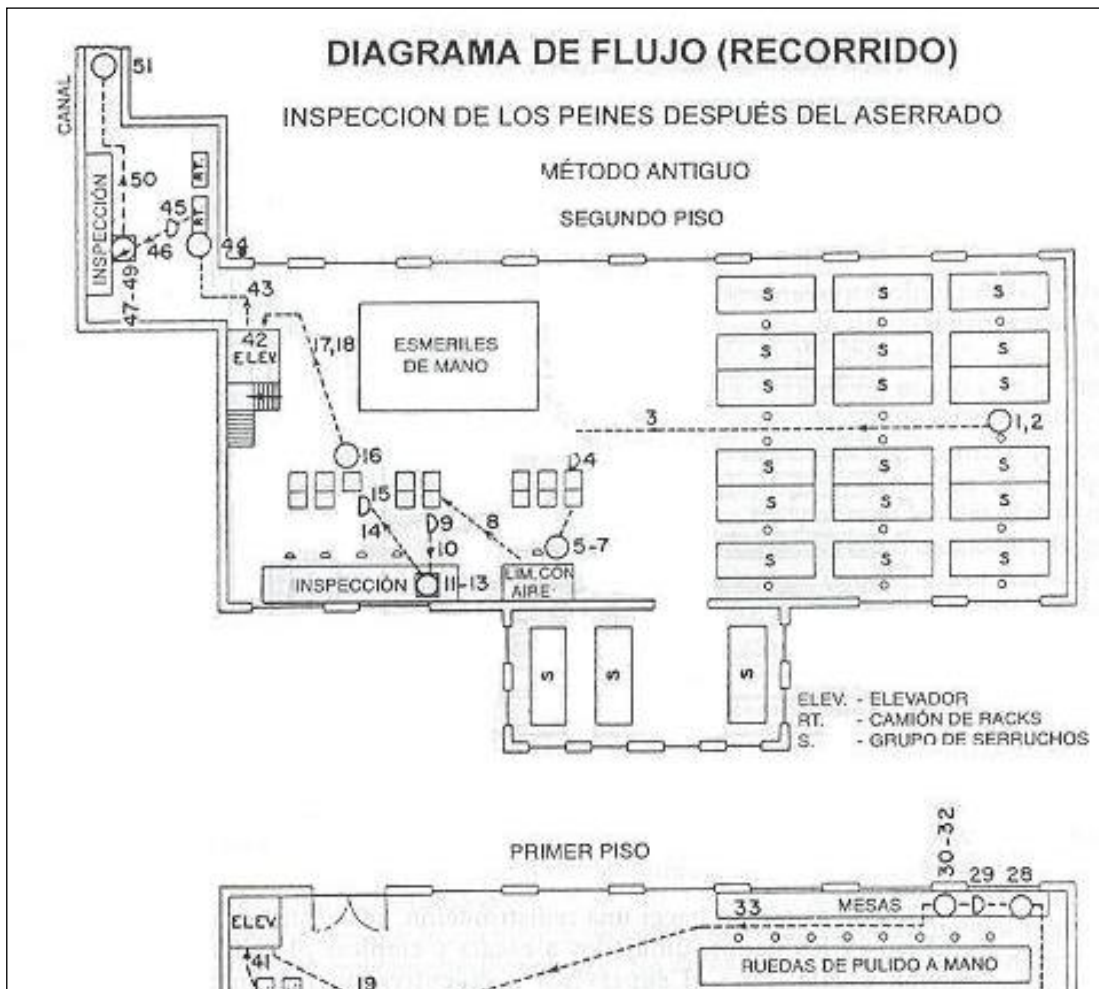
***El diagrama de Flujo (recorrido).***- El diagrama de Flujo (recorrido).- El esquema de la disposición de los pisos y edificios, que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo de procesos.

La ruta del material o del operario que se ha graficado como el recorrido del proceso se sigue en el diagrama de flujo por medio de líneas. Cada actividad se localiza e identifica en el diagrama de flujo por medio de un símbolo y un número que corresponden al diagrama de flujo de procesos. La dirección del movimiento se muestra con flechas que apuntan en la dirección del flujo o recorrido.

Si un movimiento se regresa sobre la misma ruta o se repite en la misma dirección, se deben usar líneas separadas para cada



movimiento con el fin de hacer resaltar esta acción de retroceso. La figura 2.5 es una muestra del flujo o recorrido. Cuando sea conveniente mostrar el movimiento de uno o más conceptos o personas en el mismo diagrama de flujo, cada uno se puede identificar con una línea de color diferente. Si el flujo que se sigue es de algún artículo o persona, se puede utilizar un color para el método presente y otro para el método propuesto. El diagrama de flujo se convierte en un anexo necesario de cualquier diagrama de flujo de procesos en el que el movimiento sea un factor importante, ya que muestra los retrocesos, los recorridos excesivos y las congestiones de tráfico, al tiempo que sirve de guía para una mejor distribución.



Cuando se piensa hacer una redistribución, se acostumbran utilizar planos de los pisos, los edificios y los patios, dibujados a escala y emplear plantillas de maquinarias y equipos en la misma escala.

***Técnicas de muestreo del trabajo y Medición de Tiempos en Grupo.-*** El muestreo aleatorio del trabajo y la técnica de medición de tiempos en grupo, un procedimiento fijo de muestreo del trabajo, se emplean para la medición del trabajo y para el análisis de reducción de costos. Estas técnicas pueden reemplazar los estudios tradicionales de

tiempo con cronómetro, proporcionando, iguales o mejores datos, a menor costo.

El muestreo del trabajo se basa en la ley de la probabilidad; éste funciona debido a que un número más pequeño de eventos al azar tienden a seguir los mismos patrones de distribución, a diferencia de los que se producen empleando cantidades mayores de muestras.

El muestreo del trabajo consiste en una serie de observaciones aleatorias para determinar un estimado de la razón de dichas observaciones en las diferentes demoras y elementos del trabajo, con el número total de observaciones en el proceso.

La razón o porcentaje de las observaciones registradas en un momento determinado, tiende a medir el porcentaje promedio del tiempo que existe en ese momento. El número de observaciones dependerá de que tan exactas necesiten ser las respuestas, ya que entre mayor sea el número de observaciones, mayor será la precisión que se obtenga.

La técnica de medición de tiempos es un procedimiento de medición del trabajo para actividades múltiples, mediante el uso de un intervalo fijo, que permite a un observador, usando un solo cronómetro, hacer un estudio básico de tiempos muy detallado, desde dos hasta quince

empleados o máquinas al mismo tiempo. Las observaciones básicas continuas se realizan a intervalos fijos predeterminados y se registran como cuentas, en una forma en la que se listan los elementos del trabajo. La figura 2.6 es un ejemplo de un estudio de muestreo de trabajo. Los elementos que varíen en el tiempo debido al desempeño del operario deberán nivelarse. Las técnicas de muestreo del trabajo y/o la técnica de medición de tiempos en grupo se han venido empleando en compañías privadas, en hospitales, instituciones educativas y gobierno, para mejorar la eficiencia individual y general.

ESTUDIO	FECHA				OBSERVADOR
	BANCO No. A-24	BANCO No. A-23	BANCO No. A-22	BANCO No. A-21	
CONCEPTO					TOTAL
CICLO	///	///	///	///	71
PREPARACIÓN	/	///		/	5
SIN OPERAR	///	///		///	30
AUSENCIA DEL OPERARIO			/		1
OPERARIO OCIOSO			//		2
PUNTA - PESADA					
PEQUEÑA					
DOBLADA		/	/		2
QUIJADA - SIN AGARRAR		/			1
SIN SOLTAR					
MATERIAL - ATORADO			/		1
ROTO			/		1
MANEJO	//	/	//	//	7
ESPERA - GRÚA	/	/			2
MATERIAL	/	/		/	3
EN LA LÍNEA DE ESPERA DEL DADO					
ENHEBRADO MANUAL			/		1
EL GANCHO NO ATORA					
SOLTAR EL TUBO DEMASIADO PRONTO					
GUIAR AL TUBO ADENTRO DEL DADO					
MANTENIMIENTO		/		/	2
AJUSTE DE VARILLAS				/	1
INSPECCIÓN DE PERNOS Y DADOS				/	1
LIMPIEZA	/	/	/		3

### **3. PERFIL ESQUEMÁTICO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA**

#### **3.1. Descripción general de la empresa**

La empresa es líder en el procesamiento de acero en el Ecuador. Se fundó en 1972 con el objetivo inicial de producir perfiles abiertos. Actualmente cuenta con una extensa gama de productos que ha desarrollado respondiendo a la creciente demanda de productos de acero de calidad, convirtiéndose en el principal abastecedor a nivel nacional.

La empresa se encamina específicamente a la manufactura y comercialización de planchas, perfiles, ángulos, cañerías, tubos galvanizados, tuberías para instalaciones eléctricas y otros productos metálicos de distintas formas y presentación, presta además el servicio de galvanizado por inmersión en caliente.

La empresa fue fundada en 1972, siendo su objetivo inicial producir perfiles abiertos. Durante los años 1979 y 1995 la compañía amplió su línea de productos con la adquisición de nueva maquinaria. Luego de 30 años de operación la empresa ha logrado con orgullo ser la más

importante empresa del sector, con una visión de negocios que la identifica como innovadora por excelencia.

### **VISIÓN**

*“Ser reconocida por nuestros clientes como la mejor empresa procesadora y comercializadora de acero del país”.*

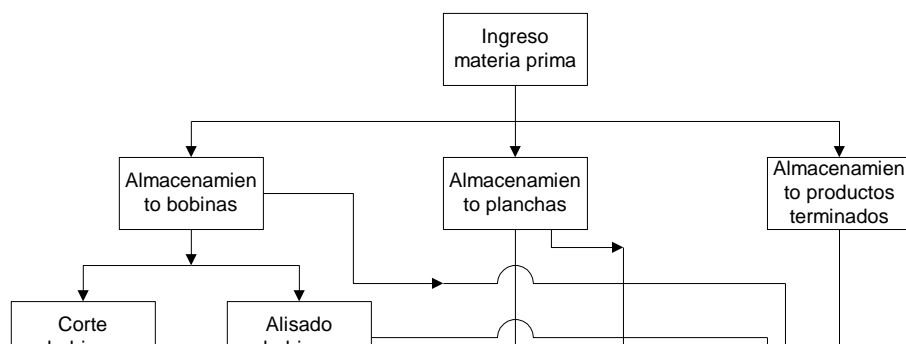
### **MISIÓN**

*“Mantener el liderazgo en el procesamiento y comercialización de productos de acero en Ecuador”.*

La compañía se encuentra al norte de la ciudad de Guayaquil, en la parroquia urbana Tarqui, 650 m. al este de la vía Guayaquil-Daule a la altura del Km. 10 ½.

### **3.2. Descripción del proceso de fabricación de la empresa**

La figura 3.1 muestra el flujo del producto a través de los diferentes procesos productivos de la fábrica (2).



Las operaciones de la compañía comienzan con la recepción e ingreso de materia prima (bobinas y planchas), así como también de productos terminados (perfiles y ángulos) que serán destinados directamente a ventas (despacho de producto terminado). Las bobinas y planchas pueden ser destinadas a venta para ser despachadas como producto final o a diferentes líneas para ser procesadas.

La empresa utiliza para sus procesos productivos tres tipos de acero, los cuales son (3):

- Aceros laminados en caliente
- Aceros laminados en frío
- Aceros galvanizados

Los aceros laminados en caliente son aceros de bajo contenido de carbono. Su espesor resulta de la laminación a la temperatura de salida del horno por lo que su espesor final se alcanza a altas temperaturas. Su color característico es negro y llega sin protección puesto que tiene cierto grado de resistencia a la corrosión. Su superficie posee “elevada rugosidad”, por lo que sometido a baño galvánico, es posible que consuma una mayor cantidad del metal a recubrir.

El acero laminado en caliente tiene como espesores habituales desde 1.50 mm hasta 50.00 mm. Teniendo además los espesores de 1.20 mm y 1.40 mm como ocasionales. Es importante anotar que de acuerdo a la capacidad instalada de la empresa se puede procesar bobinas hasta 6.00 mm de espesor y 1800 mm de desarrollo (ancho de la bobina), y planchas hasta 10.00 mm de espesor. Se tiene por lo general bobinas con espesores inferiores a 6.00 mm inclusive, y planchas con espesores superiores a 6.00 mm.

El acero laminado en frío al igual que el acero laminado en caliente, son aceros de muy bajo contenido de carbono. Su espesor final resulta de la laminación mediante rodillos a temperatura ambiente. Su materia prima es el acero laminado en caliente. Su color característico es plateado, y viene con protección anticorrosiva tanto con aceite protector como con forros plástico y metálico. Este acero es muy inestable electroquímicamente, debido al proceso de decapado y laminación que se realiza para alcanzar los bajos espesores.

Esta característica se refiere a la pérdida de electrones en la superficie del metal, lo cual permite una reacción rápida con elementos adyacentes a su entorno, lo que provoca una corrosión violenta si está



expuesta al medio ambiente. Su superficie es bastante lisa, por lo que sometido a baño galvánico permite menor consumo de metal a recubrir.

El acero laminado en frío tiene como espesores habituales desde 0.35 mm hasta 1.40 mm. Teniendo además los espesores de 0.30 mm, y desde 1.50 mm hasta 2.00 mm como ocasionales. Es importante anotar que de acuerdo a la capacidad instalada de la empresa se puede procesar desde 0.30 mm de espesor en plancha y en tubos mecánicos como mínimo 0.60 mm.

Los aceros galvanizados al igual que el acero laminado en frío y el acero laminado en caliente, son aceros de muy bajo contenido de carbono. Son láminas de acero con recubrimiento de zinc por medio del proceso de galvanizado en caliente. Su color característico es blanco argéntico, y viene con protección de forros plástico y metálico para proteger su apariencia y la oxidación del recubrimiento (zinc).

El recubrimiento de zinc o como comúnmente se le conoce galvanizado, permite dar un mayor tiempo de vida a las diferentes piezas y estructuras que se encuentren protegidas por este sistema. El zinc se sacrifica para tal efecto, siendo éste atacado por el oxígeno, protegiendo de ésta manera al metal base, el acero. El tiempo de vida

del acero galvanizado está directamente relacionado con el espesor de recubrimiento, y las condiciones a que se encuentra sometida la pieza.

El acero galvanizado tiene como espesores habituales desde 0.35 mm hasta 1.40 mm. Teniendo además los espesores 0.30 mm, y desde 1.50 mm hasta 2.00 mm como ocasionales. Es importante anotar que de acuerdo a la capacidad instalada de la empresa se puede procesar desde 0.30 mm de espesor en plancha, y 0.60 mm en tubos mecánicos, de espesor mínimo. En el Apéndice B se muestran las normas de los aceros mas comunes utilizados por la empresa. Las bobinas a procesar son destinadas a dos procesos de línea de producto:

- Proceso de Corte de Bobinas: Producción de Flejes.
- Proceso de Alisado: Producción de Planchas.

***Proceso de Corte de Bobinas: Producción de Flejes (enrollados)***

Aquí se forman los flejes, que son rollos de acero más angosto que las bobinas. Sirven de materia prima para las máquinas perfiladoras y tuberías, algunos flejes se venden directamente.

El proceso consiste en ir desenrollando la bobina por un extremo de la máquina, luego haciéndola pasar por varias cuchillas circulares se la hace enrollar al mismo tiempo en el enrollador de flejes ubicado al otro extremo de la Slitter, llamadas así a las máquinas cortadoras de bobinas de acero.

Posteriormente los flejes deben ser retirados, pesados y enviados hacia el centro de proceso correspondiente o hacia la bodega de despacho.

#### ***Proceso de Alisado: Producción de Planchas***

El proceso consiste en desenrollar las bobinas, aplanarlas y cortarlas automáticamente en forma de planchas para luego ser embaladas y despachadas como producto terminado, o también ser enviadas al proceso de producción de flejes alisados.

#### ***Proceso de Corte de Planchas: Producción de Flejes Alisados***

Las planchas que se obtienen de la Alisadora y algunas adquiridas como materia prima, son enviadas al proceso de corte en la Guillotina, con la finalidad de obtener flejes alisados. El proceso consiste en colocar las planchas en la mesa de corte de la Guillotina para luego ser cortadas de acuerdo a los anchos programados por medio de la cuchilla guillotina de la máquina.

***Proceso de Conformado de Perfiles: Perfiladoras***

Aquí se forman los perfiles abiertos como canales, correas, ángulos, omegas, etc. Una vez transferidos los flejes desde las Slitters, se los colocan en los desenrolladores de las perfiladoras. Cada uno de los flejes se desenrollan nuevamente pasando por diferentes rodillos formadores y calibradores que le dan la forma requerida, para luego ser cortados automáticamente en línea. Luego los perfiles son embalados uno a uno hasta formar un paquete que será trasladado por puente grúa hasta la bodega de despacho.

***Proceso de Conformado de Tuberías y Cañerías: Tuberas***

Aquí se forman los perfiles cerrados como tubos redondos, cuadrados, rectangulares, cañerías, tubería eléctrica rígida y carpintería metálica.

Los rollos de flejes provenientes de las Slitters, son colocados en los desenrolladores de las máquinas, luego son desenrollados para posteriormente pasar a través de los diferentes rodillos, los cuales le

darán la forma deseada. En caso de fabricar tubería cuadrada y rectangular, el material al final de la línea de rodillos deberá pasar por las cabezas turcas que son los que le darán dicha forma. Luego de esto, serán cortados por medio de cuchillas o sierras dependiendo de la máquina en que se esté fabricando, para finalmente ser embalados y llevados hacia el área de despacho o hacia la planta de galvanizado si se requiere dicho servicio.

#### ***Proceso de Plegado: Producción de Perfiles***

Aquí se forman los perfiles abiertos y otros productos especiales de mayor espesor, se trabaja de forma manual y pieza por pieza. La entrada a este proceso la constituyen los flejes alisados provenientes de la Guillotina, los mismos que luego de ser plegados, son trasladados a despacho.

#### ***Proceso de Galvanizado por Inmersión en Caliente***

La galvanización en caliente es un proceso mediante el cual se proporciona al acero un recubrimiento resistente a la oxidación, sumergiéndolo en un baño de zinc fundido a una temperatura de 450°C, previa a la limpieza de su superficie en soluciones preparadas para ese propósito. La capacidad o volumen útil de solución es de 14 m<sup>3</sup>. La descripción detallada del proceso se realiza a continuación:

**Desengrasado:** Esta operación se realiza en una tina de 14 m<sup>3</sup> a la temperatura de 85°C, utilizando un desengrasante alcalino. Los tubos u otro material procesado deben permanecer 5 minutos sumergidos en esta solución. La concentración del baño es de 50 Kg. por metro cúbico.

**Enjuague:** Se realiza en una segunda tina de 14 m<sup>3</sup> de capacidad a 75° C utilizando agua corriente para el enjuague. En esta tina los tubos permanecen durante 3 minutos.

**Decapado:** Consiste en sumergir durante aproximadamente 4 minutos en una solución de ácido clorhídrico al 5% a temperatura ambiente, esto se realiza en las tinas número 3 y 4, las que operan con volúmenes de 4 y 7 m<sup>3</sup> respectivamente, colocadas una tras otra a continuación de la tina de enjuague.

**Enjuague:** Contiene una solución de ácido bórico a temperatura ambiente, en la que se sumergen los tubos durante 3 minutos. El volumen de esta tina es de 6 m<sup>3</sup>

**Impregnación de Fundentes – Baño de Flux:** Se realiza en una tina que contiene una solución de cloruro doble de zinc y amonio diluido

(nombre comercial: Zaclón FP y Zaclón F), este baño tiene la finalidad de darle a los tubos una adecuada adherencia al zinc.

**Secado:** Los tubos impregnados con flux son introducidos al horno con la finalidad de secarlos totalmente antes de introducirlos en la tina del zinc fundido.

**Zincado:** Se sumergen los tubos en la tina que posee zinc fundido, a una temperatura de 450° C, en la cual los tubos adquieren la protección superficial característica del proceso de galvanizado.

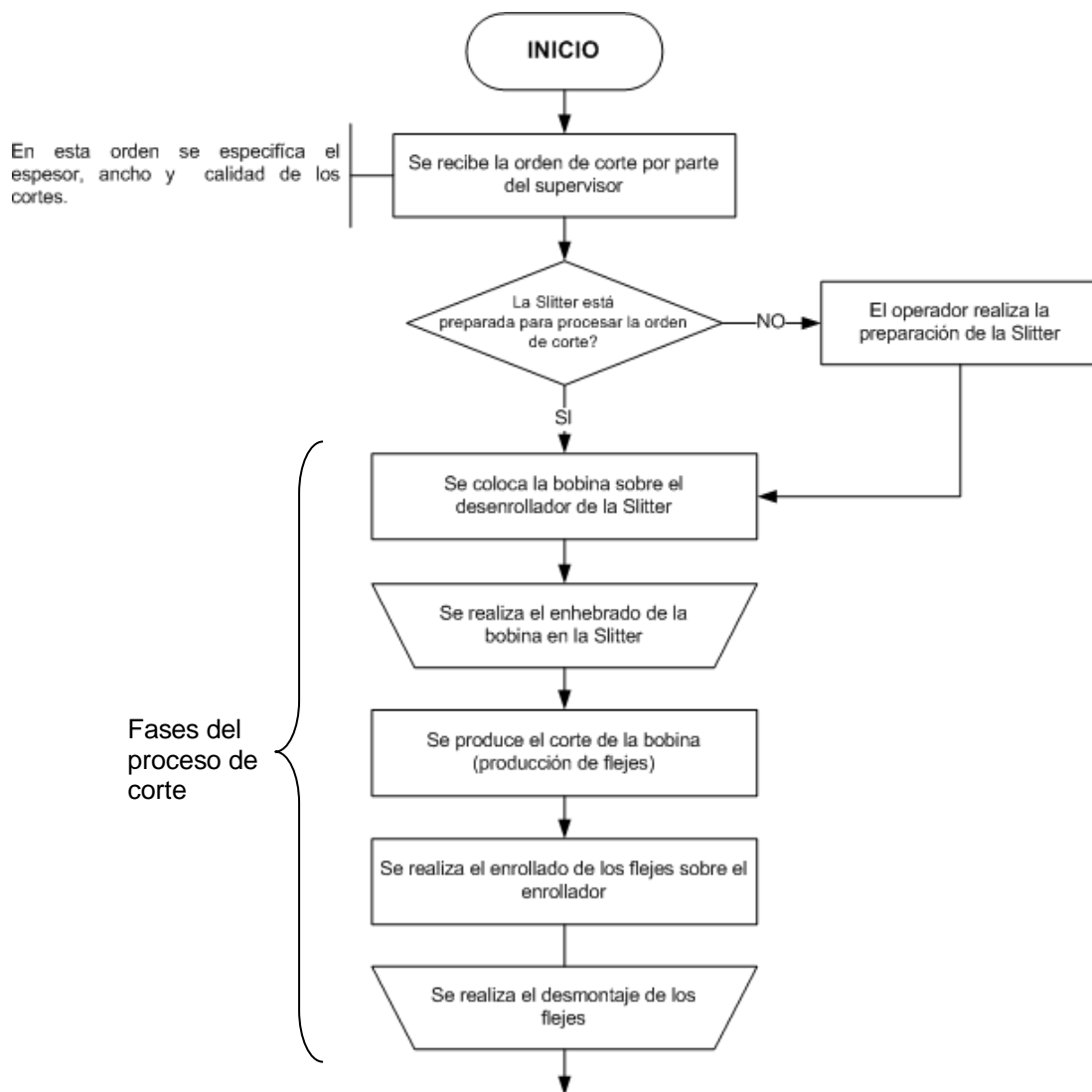
**Enfriamiento:** Se sopla por el interior de los tubos vapor de agua a elevada presión con la finalidad de eliminar el exceso de zinc fundido, y luego se enfrían sumergiéndolos en una tina con agua a temperatura ambiente, se les elimina el exceso de agua y se entregan al área de despacho para su embalaje final.

### **3.3. Descripción de la estructura interna de la operación de corte de bobinas de acero**

Como se ha mencionado anteriormente, la empresa cuenta con dos Slitters a las que se las ha llamado como Slitter 1 y Slitter 2. Ambas máquinas de corte cumplen la misma función y de forma general

poseen la misma estructura física, sus componentes y procedimiento de trabajo tienen bastante similitud. Se diferencian en que la Slitter 2 posee un tambor desenrollador con mayor capacidad como para soportar el montaje de bobinas de grandes dimensiones. Pero cabe señalar, que para efectos de la presente tesis, la metodología o el procedimiento de preparación de ambas Slitters es prácticamente el mismo.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama del proceso de corte de bobinas de acero, el cual está compuesto por 5 fases las que serán analizadas según la estructura interna de una operación como sigue:





### 3.3.1. Preparación y post ajustes

***Preparación de la Slitter (Máquina Cortadora de Bobinas de Acero) para el cambio de producto.*** Esta fase consiste en el armado, ajuste y calibración o puesta a punto de los ejes que soportan las cuchillas circulares que realizan el corte de la bobina de acero. Esta operación se describirá mas adelante en el punto 5 del presente capitulo.

### 3.3.2. Operaciones principales

***Colocación de la Bobina de Acero sobre el Desenrollador de la Slitter.*** Durante esta operación del proceso de corte, los

operadores de la Slitter (dos operadores: Operador Principal y Ayudante) deben básicamente embonar la bobina de acero sobre un tambor giratorio que tiene por función desenrollar la bobina para que la lámina u hoja de acero pase a través de la Slitter. La figura 3.3 muestra el desenrollador vacío en la parte izquierda; y en la parte derecha se puede apreciar el mismo tambor pero con la bobina montada.



FIGURA 3.3 COLOCACIÓN DE BOBINAS SOBRE EL DESENROLLADOR

***Enhebrado y corte de lámina de acero (producción de flejes).***

Esta fase del proceso está formado por dos operaciones que se

realizan de forma continua e inmediata, estas son: El enhebrado de la lámina de acero y el corte de la hoja de acero. La primera se refiere a la introducción de la hoja de acero a través de la Slitter. Para esto, la hoja debe pasar entre 5 rodillos llamados “rodillos de arrastre”, los cuales cumplen la función de pisar el material para dejarlo sin movimiento vertical, y además, de llevar o arrastrar la hoja de acero hacia delante a través de la Slitter.

Posteriormente a esto, la hoja de acero debe ser cortada en su extremo (punta de la bobina) si es que ésta presenta desigualdad, pues este tipo de imperfecciones en el material no permiten que operaciones posteriores como el enrollado de los flejes se pueda ejecutar normalmente. Para realizar este corte, la máquina cuenta con una cuchilla guillotina ubicada a continuación de los rodillos de arrastre.

Una vez realizado el corte, la hoja debe ser llevada o arrastrada hacia las cuchillas circulares que son las que realizan el corte de la lámina, pero antes, el material debe pasar entre unas guías laterales cuyo propósito es guiar al material de tal forma que corra perfectamente alineado con las cuchillas circulares.

La segunda operación de esta fase es el corte de la parte correspondiente a la punta de la bobina, esto permitirá la ejecución de la siguiente operación del proceso. Durante ésta etapa, el acero ingresa a las cuchillas como lámina y sale en forma de flejes (cortes de variados anchos o desarrollos). Para esto, la máquina cuenta con un par de ejes lamados “ejes de corte”, donde van montadas las cuchillas circulares y posicionadas de forma predeterminada para que se produzcan los flejes con las dimensiones deseadas. Una descripción más específica de ésta actividad será efectuada en el numeral 5 del presente capítulo.

***Enrollado de flejes (enrollador).*** El objetivo de esta operación es montar los flejes sobre un tambor giratorio para enrollar los flejes cuando la máquina esté corriendo. Dentro de esta fase, lo primero que debe realizarse es la expansión del tambor del enrollador, puesto que en la fase de desmonte de flejes la cual se explica más adelante, se realiza la contracción del tambor del enrollador. Una vez hecha la expansión, se debe elevar el eje de separadores ubicado sobre dicho tambor con el objeto de permitir el retroceso de la placa que realiza el desmonte de los flejes del enrollador hacia el trompo porta flejes. El eje de separadores sirve para guiar y permitir que los flejes se enrollen

de forma adecuada. Posteriormente se debe llevar el eje a su posición original (abajo) y alinear la mordaza del tambor del enrollador con el eje, de forma que la distancia entre ellos sea mínima.

Para concluir con toda esta operación, se deben llevar los flejes que salen de las cuchillas circulares unos dos metros hacia el enrollador, luego introducir cada una de sus puntas dentro de la mordaza del tambor para después proceder a cerrar dicha mordaza. La figura 3.4 muestra en la parte izquierda al enrollador de la Slitter vacío; y en la parte derecha se puede apreciar el mismo enrollador pero con flejes montados dentro de las mordazas.

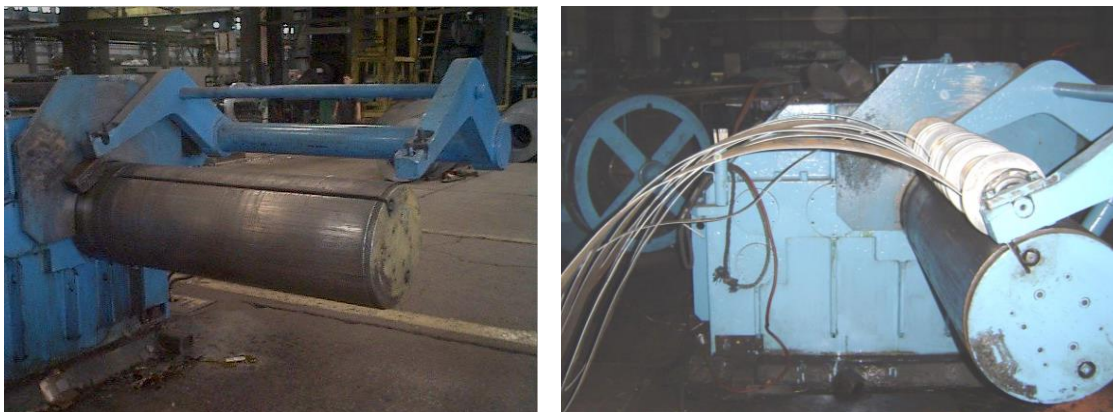


FIGURA 3.4 ENROLLADO DE FLEJES

**Producción de flejes (corrida).** Durante ésta etapa, la máquina se encuentra en constante operación, es decir, la máquina está corriendo y produciendo los flejes (cortando la bobina), y cada uno de los flejes están siendo enrollados sobre el enrollador.

Con la figura 3.5 se aprecia la salida de los flejes desde las cuchillas circulares (izquierda) y el enrollado de los mismos sobre el tambor del enrollador (derecha).



FIGURA 3.5 CORTE DE BOBINA / PRODUCCIÓN DE FLEJES

**Desmonte de Flejes.** Básicamente es el retiro de los flejes del tambor del enrollador para ubicarlos sobre una estructura en forma de “T” llamada trompo porta flejes. Para esto, se tiene que detener el enrollador y doblar hacia dentro cada una de las puntas de los flejes tratando de formar un ángulo recto. Este doblez permite que se puedan soldar las puntas de los flejes

(cerrar los rollos) con mayor facilidad. Posteriormente, hay que elevar el eje de separadores, contraer el tambor y abrir las mordazas del enrollador.

Con la figura 3.6 se aprecia el enrollador vacío (izquierda) y el momento en que los flejes son desmontados del mismo (derecha) hacia el trompo.



FIGURA 3.6 DESMONTE DE FLEJES DEL ENROLLADOR

#### **3.4. Estrategia de la empresa para el problema de producción diversificada**

Al igual que muchas empresas del mundo, el problema al que se enfrentan la fabrica en estudio, no es la producción diversificada de bajo volumen, sino más bien, la producción que implica preparaciones múltiples y en pequeños lotes. Para hacer frente a éste problema, se

tiene como estrategia que el personal de planta desarrolle gran habilidad y destreza en sus operaciones.

Para la preparación de las Slitters, los operadores tienen un conocimiento amplio basado en su experiencia acerca de la estructura y funciones de la máquina, así como una familiaridad completa con las herramientas, cuchillas y demás accesorios. Además, poseen destreza en montar y desmontar los componentes, y también en calibrar después de las mediciones de prueba. Generalmente se cree, y es erróneo, que las políticas más efectivas para hacer frente a las preparaciones tratan el problema en términos de entrenamientos (1).

Es común encontrar en la empresa situaciones en donde se aumentan el tamaño de las Ordenes de Corte a base de combinar varios pedidos y produciendo anticipándose a la demanda. Es lógico pensar que si el tamaño de las órdenes aumenta, el ratio tiempo de preparación a número de operaciones puede ser reducido apreciablemente, ver tabla 3.

TABLA 3

RATIO TIEMPO DE PREPARACION Y  
NÚMERO DE OPERACIONES

Tiempo de Preparación	Tamaño de Lote	Ratio
4 hrs	100	0.04
4 hrs	1000	0.004
4 hrs	10000	0.0004



Siguiendo el ejemplo citado con la tabla anterior, aumentar el tamaño del lote de 100 a 1000 unidades lleva a disminuir un 64% las horas hombre en producción. Sin embargo, cuando el lote aumenta por otro factor de 10 a 10000 unidades, la reducción relativa en horas-hombre es solo de un 6% más. Aumentar el tamaño de un lote pequeño lleva a una disminución relativamente grande en horas-hombre, pero a medida que el tamaño aumenta la tasa de reducción de horas-hombre disminuye, ver tabla 4.

TABLA 4

RELACIÓN ENTRE TIEMPO DE PREPARACIÓN Y TAMAÑO DE LOTE I

Tiempo de Preparación	Tamaño de Lote	Tiempo de Operación por Pieza	Tiempo de Operación (TO)	Reducción del TO
4 hrs	100	1 min	$1\text{min} + (0.04 \times 60) = 3,4\text{min}$	100%
4 hrs	1000	1 min	$1\text{min} + (0.004 \times 60) = 1,24\text{min}$	36%
4 hrs	10000	1 min	$1\text{min} + (0.0004 \times 60) = 1,024\text{min}$	30%

Del mismo modo, las ganancias por aumentar el tamaño del lote son mayores para tiempos de preparación largos que para tiempos cortos, ver tabla 5.

TABLA 5

RELACIÓN ENTRE TIEMPO DE PREPARACIÓN  
Y TAMAÑO DE LOTE II

Tiempo de Preparación	Tamaño de Lote	Tiempo de Operación por Pieza	Tiempo de Operación	Reducción del TO
8 hrs	100	1 min	$1\text{min} + (0.08 \times 60) = 5,8 \text{ min}$	100%
8 hrs	1000	1 min	$1\text{min} + (0.008 \times 60) = 1,48 \text{ min}$	26%
8 hrs	10000	1 min	$1\text{min} + (0.0008 \times 60) = 1,048 \text{ min}$	18%

Cuanto mayor sea el tiempo de preparación, más efectivos son los resultados de aumentar el tamaño del lote. Aumentar el tamaño del lote en un factor de diez equivale a combinar diez operaciones de preparación en una sola. El resultado es un aumento sustancial en la tasa de producción y en la capacidad de producción, ver tabla 6.

TABLA 6

RELACIÓN ENTRE TIEMPO DE PREPARACIÓN Y  
TAMAÑO DE LOTE III

Tiempo de preparación de máquina	Tiempo de preparación ahorrado	Jornada laboral	Días ahorrados
4 hrs	$4 \times 9 = 36 \text{ horas}$	8 hrs	4,5
8 hrs	$8 \times 9 = 72 \text{ horas}$	8 hrs	9

Los directivos de la empresa, y particularmente los jefes del área de producción reciben con satisfacción el doble beneficio de este considerable incremento en el poder productivo y reducción en la mano de obra requerida.

Parecería que la producción en grandes lotes es la razón principal para favorecer la producción en grandes lotes, y el modo más fácil y efectivo de minimizar los efectos no deseados de las operaciones de preparación. Sin embargo, esto ocasionaría la acumulación de grandes niveles de inventario que representarían elevados costos para la empresa.

### **3.5. Procedimiento de preparación de las Slitters**

La preparación de las Slitters inicia cada vez que termina una Orden de Corte. A continuación de esto, los operadores (dos) encargados del centro de trabajo (Slitter) reciben la nueva Orden de Corte. Este documento les permite conocer con exactitud cuales serán los siguientes flejes (cortes de variados anchos o desarrollos) a procesar, la calidad del material y las toneladas de acero programadas para el corte. Con esta información los operadores pueden empezar con los preparativos para realizar la preparación de la Slitter o cambio de producto. En la figura 3.7 se detalla el diagrama de la operación de preparación de la Slitter.

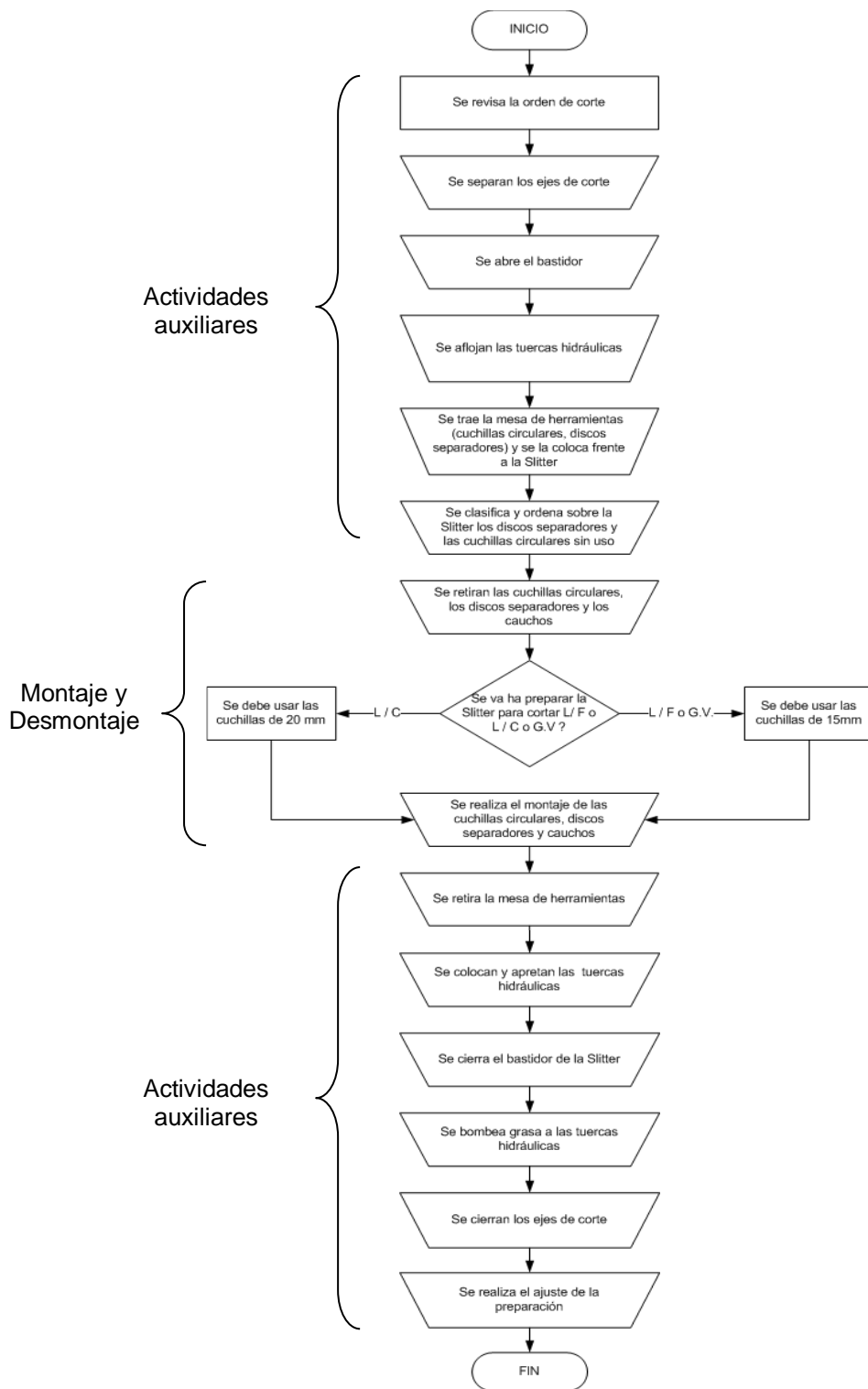


FIGURA 3.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OPERACIÓN DE PREPARACIÓN

Antes de empezar (ó despues de finalizar) con la preparación, es necesario ejecutar actividades secundarias igualmente importantes. Con esto, se hace referencia a la necesidad de separar o abrir (unir o cerrar) los ejes de corte y el bastidor de la Slitter; aflojar y retirar (colocar y apretar) las tuercas hidráulicas. De no ejecutarse éstas actividades resultaría imposible poder realizar un desmonte y montaje de componentes tales como las cuchillas, separadores y cauchos, parte esencial de la preparacion de la Slitter.

La primera operación a realizar dentro del procedimiento de preparación, es el **desmontaje de las cuchillas circulares** ubicadas sobre los ejes de corte. Cabe señalar, que además del desmontaje de las cuchillas también se debe realizar el desmontaje de otros componentes auxiliares pero indispensables para una preparación, estos son los discos separadores o también llamados distanciadores y los cauchos. Los discos separadores sirven para definir el ancho de los flejes a producir; en cambio, los cauchos se utilizan como amortiguadores durante el proceso de corte con el objeto de evitar que el material (acero) se doble o se quiebre. En el Apéndice C se detalla la especificaciones técnicas de las cuchillas circulares y de los discos separadores.

Para ejecutar el desmontaje de las cuchillas, separadores y cauchos, se debe realizar antes una serie de actividades, las cuales se describen a continuación.

***Separación del bastidor.*** Los ejes de corte se encuentran apoyados sobre una estructura metálica llamada bastidor; cada vez que se pretenda realizar la preparación de la Slitter, el operador responsable de la actividad debe retroceder la bancada por medio de una manivela ubicada a un costado de la máquina. Esto se hace con el fin de dejar libre los ejes de corte en uno de sus extremos lo que posteriormente facilitará el desmontaje de las cuchillas circulares, discos separadores y cauchos.

***Separación de los ejes de corte.*** Los ejes de corte tienen forma cilíndrica y sirven de soporte para las cuchillas circulares y demás accesorios y/o componentes. Para ejecutar esta actividad, se cuenta con una segunda manivela ubicada igualmente a un costado de la máquina.

La figura 3.8 muestra un esquema de la bancada en donde se hallan las manivelas para mover los ejes de corte y la misma bancada.

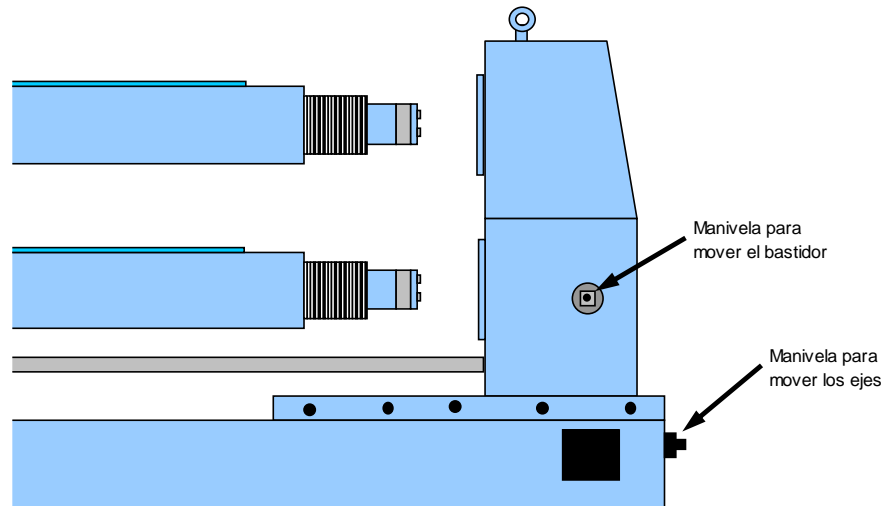


FIGURA 3.8 MANIVELA PARA LA SEPARACIÓN DEL BASTIDOR Y LOS EJES DE CORTE

**Desmontaje de las tuercas hidráulicas.** Con la culminación de las dos actividades anteriores, queda por realizar la extracción de las tuercas hidráulicas ubicadas en los extremos de los ejes. Las tuercas hidráulicas mantienen fijas las cuchillas circulares y los discos separadores, y sirven también para calibrar la preparación de la Slitter, puesto que el correcto corte de los flejes depende mucho de la tolerancia existente entre las cuchillas circulares.

La figura 3.9 detalla en la parte izquierda un esquema de las tuercas hidráulicas con todos sus mecanismos de engrase y expansión; en la parte derecha se aprecia una sección de los ejes de corte.

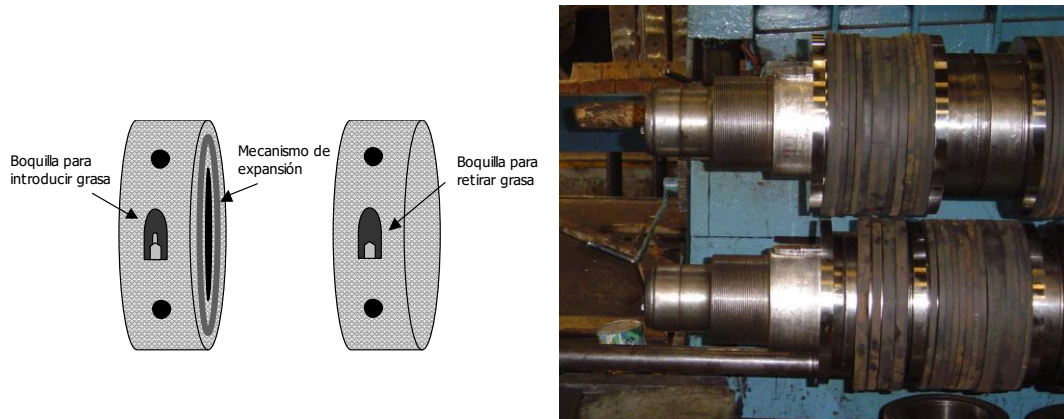


FIGURA 3.9 COLOCACION DE TUERCAS HIDRAULICAS

***Clasificación de las cuchillas circulares, discos separadores y cauchos.*** Para la preparación de las Slitters se cuenta con algunos juegos de cuchillas, discos separadores y cauchos de diferentes dimensiones. Cada vez que se vaya a iniciar una preparación, uno de los operadores debe llevar hacia la máquina la mesa donde se mantienen las cuchillas y demás accesorios sin uso, luego se tiene que realizar la clasificación y el ordenamiento de cada uno de estos accesorios según las dimensiones y tipos.

En la figura 3.10 se advierte el área misma de preparación donde se encuentra ubicada la mesa de herramientas con todos los accesorios y componentes necesarios para una proxima preparación.





Concluidas las tareas anteriores, el operador puede empezar a retirar o desmontar las cuchillas circulares, los discos separadores y los cauchos, para inmediatamente clasificarlos junto con los demás.

La siguiente operación es el **montaje de las cuchillas circulares** sobre los ejes de corte. Dependiendo de las dimensiones de los flejes solicitados mediante la Orden de Corte, se debe realizar la colocación de las cuchillas circulares y discos separadores, siendo estos últimos los accesorios que definen el corte y las tolerancias para el corte. Mas adelante se explica el “procedimiento analítico” para calcular la distancia entre cuchillas según la calidad y el espesor del acero a cortar

y el tipo de cuchillas circulares a utilizar. A continuación se describen los pasos a realizar para el montaje de cuchillas y demás accesorios.

**Colocación de cuchillas circulares.** Las cuchillas deben ir ubicadas sobre los ejes de corte, separadas entre sí por los discos separadores según sean las dimensiones de los flejes que se requieran. La figura 3.11 muestra el instante en que se van colocando las cuchillas circulares sobre los ejes de corte.



**FIGURA 3.11 COLOCACION DE CUCHILLAS CIRCULARES**  
**Colocación de discos separadores.** Los discos separadores o distanciadores al igual que las cuchillas circulares son discos metálicos con presentaciones en espesores variados. Los separadores van colocados entre las cuchillas para definir las dimensiones de los cortes y establecer las tolerancias para cortes precisos.

En la figura 3.12 se puede apreciar los ejes de corte, superior e inferior con las cuchillas circulares, discos separadores y cauchos montados. Nótese la forma como se encuentran ubicados los discos entre las cuchillas.

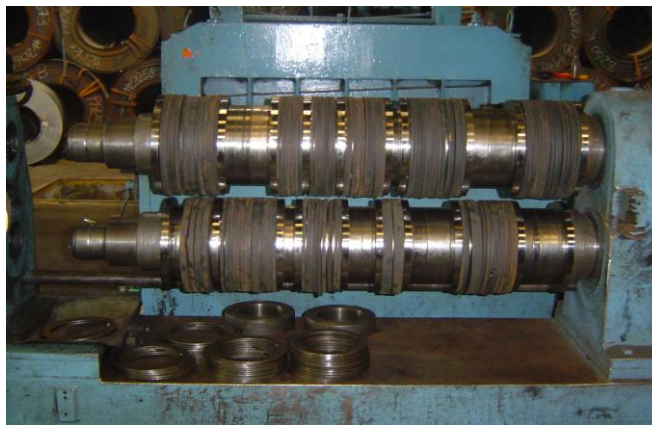


FIGURA 3.12 COLOCACION DE SEPARADORES

**Colocación de cauchos.** Al mismo tiempo en que son montados los separadores, se deben colocar cauchos sobre los separadores de tal forma que se trate de cubrir el espacio existente entre cuchilla y cuchilla, es decir, el ancho de los flejes. En la figura 3.13 se puede apreciar el instante en que el operador coloca los cauchos sobre los discos separadores.



**Colocación de Tuercas Hidráulicas.** Se debe colocar ambas tuercas hidráulicas en cada uno de los ejes de corte una vez que se haya culminado el montaje de las cuchillas circulares, los discos separadores y los cauchos. Las tuercas hidráulicas poseen un mecanismo interno que se expande y se contrae según la cantidad de grasa que se bombea o extrae de la tuerca hidráulica.

La expansión o contracción de dichas tuercas produce un efecto de presión o descompresión sobre las cuchillas circulares ubicadas a lo largo del eje de corte, de lo cual resulta la calibración de la preparación de la Slitter.

**Unión de la bancada.** Por medio de la manivela de la bancada se debe cerrar la misma, indispensable para el apoyo de los ejes de corte.

**Unión de los ejes de corte.** Por medio de una segunda manivela se unen los ejes de corte.

**Calibración de las cuchillas circulares.** Esta es la última actividad para el montaje de las cuchillas circulares y también de la preparación de la Slitter antes de empezar con la corrida de la producción. Básicamente, por medio de las tuercas hidráulicas el operador debe ajustar o calibrar la alineación relativa entre las cuchillas.

En la figura 3.14 se puede apreciar de cerca la estructura de la preparación, y como van ubicados los discos, cuchillas y cauchos. Observe la tolerancia existente entre cuchillas y la variedad de cortes o desarrollos formados dependiendo de la producción programada.



FIGURA 3.14 CUCHILLAS CIRCULARES CALIBRADAS

Cabe señalar que todas estas actividades son realizadas por un solo operador. Solamente recibe ayuda del segundo operador para el desmontaje de los cauchos.

De forma paralela el ayudante de la Slitter debe armar el eje de separadores. Se le denomina así al cilindro sobre el cual van montados platos y discos separadores con el mismo orden y la misma estructura que el eje de corte. Para armarlo, se sigue un procedimiento similar al utilizado para armar los ejes de corte.

A continuación se describirá el procedimiento analítico para calcular la distancia entre cuchillas circulares sobre el eje de corte.

Para realizar la ubicación de las cuchillas circulares sobre el eje de corte hay que tener en consideración ciertos parámetros antes de proceder a realizar cualquier actividad. Estos parámetros se los obtiene de la Orden de Corte que recibe el operador. A continuación se muestra la forma en que se planifica esta operación:

Definición de Parámetros Básicos:

- **Calidad de la Bobina:** Acero laminado en caliente, acero lamiando en frío, acero galvanizado.

- **Espesor de la Bobina:** 0.5 – 0.7 – 1.0 – 2.0 – 2.5 – 3.0, etc.

Determinación de Parámetros Variables:

- **Cuchillas:** Dependiendo de la Calidad de la Bobina se debe escoger el tipo de cuchillas a utilizar. Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

### TABLA 7

#### ESPEORES DE CUCHILLAS

CALIDAD DE BOBINA	ESPEOR CUCHILLAS CIRCULARES
Acero Galvanizado	15 mm
Acero Lamiando en Frío	15 mm
Acero Laminado en Caliente	20 mm
Acero Laminado en Caliente	15 mm*

\* Cuchillas Circulares especiales para Acero Laminado en Caliente

- **Tolerancia:** Dependiendo del espesor de la Bobina se debe escoger la magnitud de la tolerancia permisible entre cada sección de corte. Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

### TABLA 8

#### TOLERANCIAS PARA CORTE DE FIELES

ESPEOR DE BOBINA (mm)		TOLERANCIA (mm)
DESDE	HASTA	

**Espacio/Margen:** Dependiendo del tipo de cuchillas que se haya determinado utilizar en la preparación de la máquina, se tiene que definir un espacio o margen al inicio de los ejes que permita establecer un alineamiento relativo con el enrollador. Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 9****ESPACIOS/MÁRGENES**

CUCHILLAS CIRCULARES	ESPACIO/MARGEN	
	SUPERIOR	INFERIOR
15 mm	20 mm	35 mm
20 mm	20 mm	40 mm

Por tanto, el operador que esté preparando la máquina debe tener la precaución de colocar los discos separadores apropiados de tal forma



que el margen al inicio de los ejes, tanto superior como inferior, sea el indicado en la tabla 9. A partir de aquí, se deben ir colocando las cuchillas, y entre éstas se ubicarán separadores de tal forma que la suma de sus dimensiones sea igual al ancho del fleje que se desee producir.

La figura 3.15 muestra la forma cómo deben ser formados los espacios iniciales, y además esquematiza la manera en que se han de colocar las cuchillas circulares y los separadores.

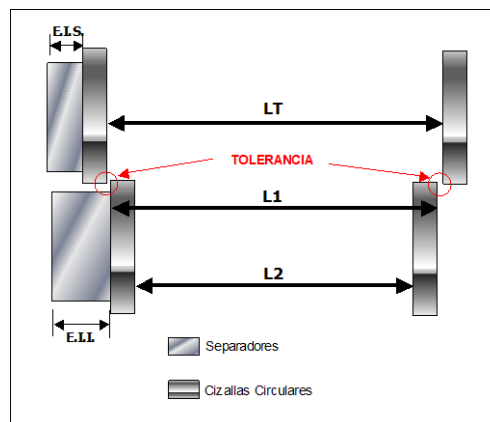


FIGURA 3.15 ESQUEMA DE LA COLOCACIÓN DE CUCHILLAS Y SEPARADORES

En el plano 1 y 2 se muestra un dibujo con una tabla donde se encuentran las dimensiones de todos los tipos de discos separadores y cuchillas circulares.

Como se mencionó anteriormente y en base a lo que muestra la figura 3.15 la persona que esté encargada de preparar la Slitter tiene que fijar ciertas dimensiones antes de proceder a ubicar las cuchillas circulares y discos separadores sobre los ejes de corte. Estas dimensiones son:

L.T.: Esta longitud es igual al ancho o desarrollo del fleje programado para el corte, ver figura 3.15.

$$LT = \text{Ancho Fleje} \quad (\text{Fórmula 1})$$

L1.: Longitud igual al ancho del fleje, menos la tolerancia ( $T_o$ ) respectiva que se obtiene de la tabla 8, ver figura 3.15.

$$L1 = LT - T_o \quad (\text{Fórmula 2})$$

L2.: Longitud correspondiente al ancho del fleje, menos la tolerancia y menos dos veces el ancho de las cuchillas circulares que se vayan a utilizar, ver figura 3.15.

$$L2 = LT - T_o - 2 \times (\text{Ancho de cuchillas}) \quad (\text{Fórmula 3})$$

Con estos valores establecidos el operador procede a realizar la preparación de la Slitter. En el Apéndice D se muestra un ejemplo con datos reales.

Se cree generalmente que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo del tipo de operación y del tipo de equipo empleado. Sin embargo, si se analizan las preparaciones desde un punto de vista diferente, se puede observar que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia. Por eso, a continuación se procede a analizar el procedimiento de preparación de Slitters antes descrito en función de los cuatro pasos generales de un proceso de preparación de máquina.

#### **3.5.1. Preparación, ajuste post-proceso, comprobación de materiales y herramientas.**

Período en el cual el (los) operador (es) responsables del proceso de preparación se aseguran de que todos los componentes y herramientas están donde deben y funcionando correctamente. También incluye el período en el cual los componentes y herramientas se retiran y se guardan, o se limpia la maquinaria tras el proceso anterior. Dentro de ésta categoría entran actividades como la clasificación y el ordenamiento de las cuchillas circulares, discos separadores y cauchos. También la limpieza de las cuchillas y la prueba del filo de las cuchillas que

son actividades propias del montaje de cuchillas y discos separadores. De igual forma, actividades que realiza el operador al terminar la preparación de la Slitter como la limpieza del area de trabajo y la retirada de las herramientas sobrantes.

### **3.5.2. Montajes y desmontaje de partes y herramientas.**

Incluye la retirada de piezas y herramientas después de concluido un lote, y la colocación de las necesarias para el siguiente. Dentro de esta categoría entran actividades como la retirada de la tuercas hidráulicas, cuchillas circulares, discos separadores y cauchos. Así mismo, el montaje de cuchillas, separadores y tuercas hidráulicas.

### **3.5.3. Medidas y calibración (fijar condiciones).**

Comprende todas las medidas y calibraciones necesarias para realizar una operación de producción, como centrado, dimensionado, medición de presión y temperatura. Dentro de ésta categoría entran actividades como ajuste de las cuchillas circulares por medio de las tuercas hidráulicas.

#### **3.5.4. Pruebas y Ajustes.**

Los ajustes se efectúan tras realizar una pieza de prueba, y serán tanto más fáciles cuanto mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones de la máquina. En la preparación de la Slitter, existen ocasiones en que después del montaje y ajustes de las partes, se debe corregir la preparación (volver a calibrar) puesto que los flejes se producen fuera de las tolerancias permitidas y especificaciones definidas.

## **CAPÍTULO 4**

### **3. MEJORA DE LA PREPARACIÓN: APLICACIÓN DEL SMED**

#### **3.1. Generalidades**

El desarrollo de este capítulo implica un análisis detallado de la operación propia de preparación, que conlleve a determinar los principales problemas que ocasionan los altos tiempos de preparación. Para el análisis se hará uso de herramientas de ingeniería tales como: estudios de tiempos, gráficos de pareto, diagramas y layout.

Con la fase de análisis concluida, siendo ésta básicamente una fase de familiarización de la operación de preparación, se está en capacidad de definir cuales son los principales problemas de la operación, los cuales pueden ser métodos de trabajo practicados de forma errónea o a su vez prácticas erróneamente consideradas dentro del método de trabajo.

Lo que se persigue es encontrar mejoras simples y lógicas que solo pueden ser definidas luego de un estudio de este tipo. El desarrollo de las diversas mejoras tendrá un impacto positivo sobre el tiempo

empleado para las preparaciones de las Slitters, reduciéndolo de forma considerable y a un costo plenamente justificable.

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

La preparación de las Slitters posee diversas actividades indispensables para una apropiada preparación. Pero entre éstas, se debe definir cuales se “realizan” actualmente de forma interna y cuales de manera externa, cuales se “deberían” realizar de forma interna y cuales externa, y finalmente que actividades internas se “podrían” transformar a externa. Para esto, hay que conocer perfectamente y al detalle las condiciones reales de cada uno de los pasos que actualmente se ejecutan durante las preparaciones de las Slitters.

La mejor forma para alcanzar este objetivo es a través de un análisis de operaciones o de producción que permita más adelante reducir el tiempo empleado en las preparaciones por medio de la metodología propuesta por el sistema SMED.

#### **3.2.1. Análisis de Operación o de Producción**

Antes de empezar con el análisis de operaciones es importante tener una perspectiva práctica de la situación presente como

línea de base. La tabla 9 muestra los tiempos actuales de preparación y los tiempos de Producción de los primeros 8 meses del año 2004 de las dos Slitters existentes en la planta de conformado. Como se mencionó en el Capítulo 1, estos valores no son completamente fiables puesto que no son producto de un estudio válido, pero proporcionan una idea de la situación actual.

Asimismo, en el Capítulo 3 se puntualizó que ambas Slitters son exactamente igual en su estructura física con pequeñas diferencias, lo que hace que el procedimiento de preparación se mantenga exactamente igual para ambas máquinas.

La diferencia que muestran los datos de la tabla 10, se debe a que en la Slitter 2 por lo general se producen lotes de mayor tamaño, debido a la capacidad del desenrollador que también es mayor, y es por ésta razón que en la Slitter 2 se realizan preparaciones con menor frecuencia.

Por tanto, es importante señalar que el estudio que se desarrollará a continuación, estará basado en la operación de preparación de la Slitter 1, por ser la máquina donde más



impacto se tendría, sin que las mejoras desarrolladas dejen de ser aplicables para la Slitter 2.

TABLA 10

TABLA DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN

MES	SLITTER	Tiempo Total Producción	No. Preparaciones	Tiempo Promedio de Preparación	% Tiempo Total de Preparación
Enero 2004	Slitter 1	226.68 Hr	84	68.84 min	42.52%
	Slitter 2	126.73 Hr	28	64.74 min	23.84%
Febrero 2004	Slitter 1	229.05 Hr	77	66.58 min	37.30%
	Slitter 2	129.80 Hr	22	65.62 min	18.54%
Marzo 2004	Slitter 1	233.82 Hr	83	64.94 min	38.42%
	Slitter 2	148.07 Hr	30	62.46 min	21.09%
Abril 2004	Slitter 1	180.09 Hr	71	63.55 min	41.76%
	Slitter 2	76.51 Hr	15	62.20 min	20.32%
Mayo 2004	Slitter 1	174.71 Hr	71	63.48 min	43.00%
	Slitter 2	67.14 Hr	13	61.29 min	19.78%
Junio 2004	Slitter 1	134.60 Hr	63	53.10 min	41.42%
	Slitter 2	82.25 Hr	25	51.72 min	26.20%
Julio 2004	Slitter 1	156.91 Hr	73	56.32 min	43.67%
	Slitter 2	26.75 Hr	6	60.00 min	22.43%
Agosto 2004	Slitter 1	124.18 Hr	65	55.38 min	48.32%
	Slitter 2	65.15 Hr	19	55.26 min	26.86%

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.

Para realizar el Análisis P-Q se tomaron las Órdenes de Corte de bobinas de acero de la fábrica, correspondiente a los doce meses del año 2004. Esta información se la tabuló para obtener cuales eran los productos (desarrollos - anchos de los flejes

medidos en milímetros) que se mandan a producir en las Slitters con mayor frecuencia.

El Apéndice E muestra una tabla de cantidades específicas de productos con los 100 desarrollos más producidos durante el 2004 por las Slitters, y sus respectivas cantidades. La figura 4.1 muestra el Análisis P-Q, el cual es una representación grafica de los datos listados en el Apéndice E.

115

Gráfico de Análisis P-Q

Unidade

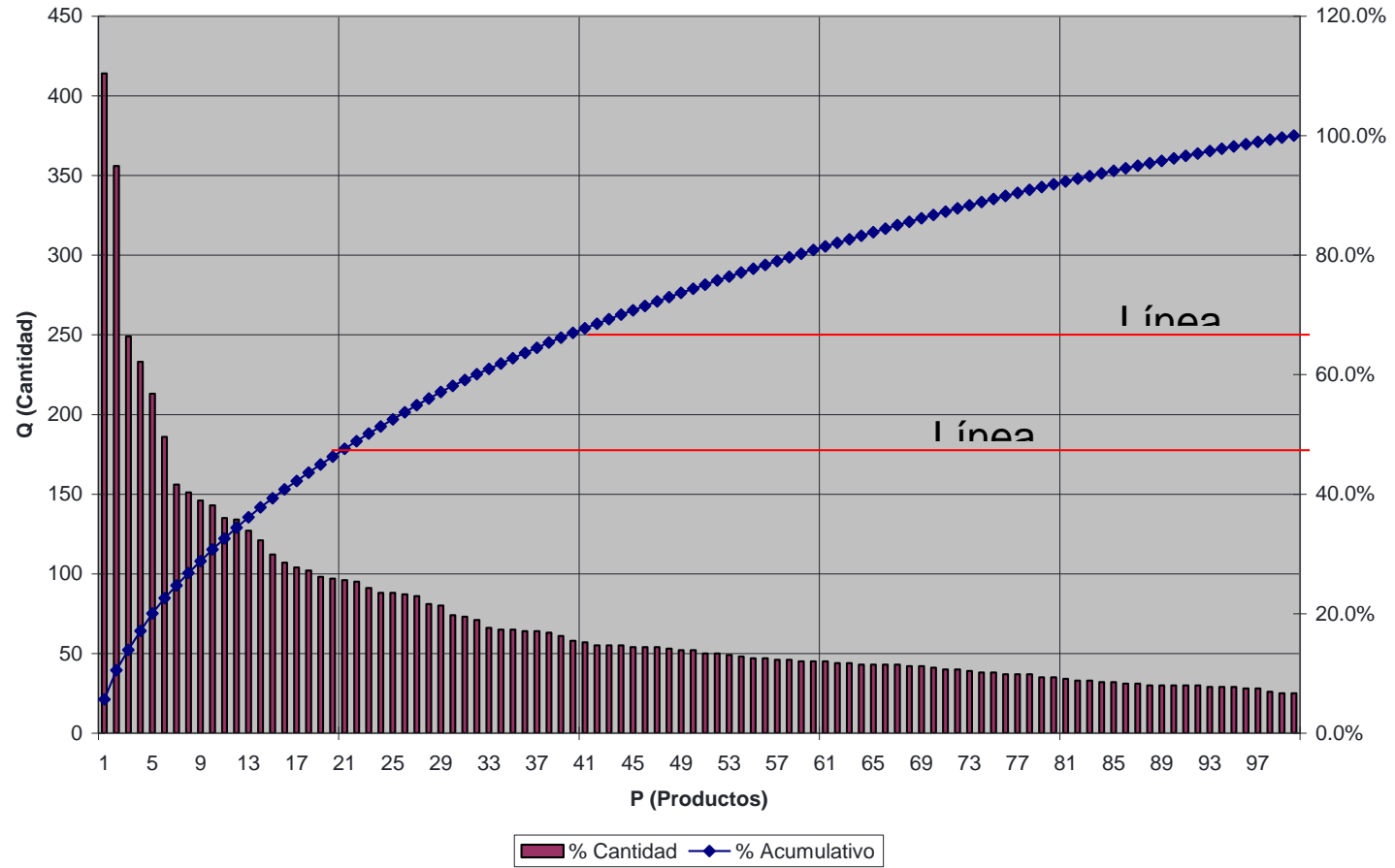


FIGURA 4.1 GRÁFICO DE ANÁLISIS P-Q

Con el gráfico listo, primero se debe determinar si la línea de producción, que para este caso particular se trata de los centros de trabajo de corte de bobinas de acero “Slitters”, es una línea de amplia variedad y pequeños lotes, basándose en las líneas de proporciones mostradas en el gráfico de la figura 4.1.

La línea de relación 2:8 (regla del 80/20) significa que el primer 20% de productos debe corresponder al 80% de la cantidad de producto total. Si hay 100 diferentes productos, esto significa que el 20% de ellos (exactamente 20) debe incluir el 80% de la cantidad de producto total. Observando la escala de porcentajes del lado derecho de la tabla del Apéndice E, se puede apreciar que los primeros 20 productos abarcan solamente un 46,3% de la cantidad de producto total; por tanto, la proporción 2:8 no se aplica en este caso.

Nuevamente, este caso no es aplicable para la categoría 3:7, siendo así, para la relación 4:6. Para satisfacer esta categoría, los 40 primeros productos deben abarcar alrededor del 60% de la cantidad de producto total. En este caso abarca el 67% y es

por tanto la categoría que más se ajusta. Esto significa que la línea de producción de flejes o corte de bobinas de acero puede ser considerada como una línea de producción de pequeños lotes y amplia variedad. Puesto que un pequeño grupo de productos no genera la mayor parte de la producción, la producción se encuentra repartida para una mayor cantidad de productos con volúmenes bajos de producción para cada tipo producto (4).

Siguiendo con el análisis de operaciones, se puede acotar que éste se encuentra basado en un estudio de tiempos validado por una herramienta de ingeniería -el Muestro del Trabajo- que consiste en una serie de observaciones aleatorias que tienden a medir el porcentaje del tiempo promedio de las demoras y elementos de trabajo de una operación, que para el caso presente sería el tiempo empleado en las preparaciones, considerando todas y cada una de las actividades específicas para ejecutar la misma.

El proceso para el estudio de tiempos comenzó con una definición clara del problema, se empezó por determinar con

exactitud que información se necesitaba. Para esto, se realizó una inspección preliminar, observando la operación de preparación por varios días para obtener una lista precisa y detallada de los elementos que iban a ser medidos con el estudio.

Como resultado de esto, se diseñó un formato empleado para registrar las observaciones hechas durante el transcurso del muestreo de trabajo. En el Apéndice F se muestra el formato utilizado para dicho estudio.

Para registrar las observaciones sobre una base que no siga un patrón definido se utilizó una tabla de números aleatorios a los cuales posteriormente se les asignaría unidades de tiempos. La tabla de números fue generada por la función “=ALEATORIO()” de la hoja de cálculo EXCEL y ordenados de forma ascendente. En el Apéndice G se muestra la tabla de números aleatorios utilizada para seis estudios diferentes de tiempos y un estudio piloto inicial.

Para empezar con el estudio de tiempos, fue necesario definir la frecuencia de las observaciones y el tiempo de las rondas. Al ser la operación de preparación un trabajo no repetitivo el cual ocurre muy pocas veces en el día, fue necesario realizar varias observaciones por cada operación con un espaciamiento muy corto entre observaciones.

Por tanto, para tener una cantidad de observaciones que englobe la mayor cantidad de detalles, y puesto que se presumía que la preparación de la Slitter duraba solamente un poco más de una hora según los registros históricos de tiempo, se dividió a la hora en 120 intervalos fijos de 0.5 minutos cada uno. Esta consideración mejoró las posibilidades de tener todos los detalles de la preparación. El Apéndice H muestra una tabla de intervalos o períodos secuenciales que completan la hora y media de estudio.

Los intervalos de 0.5 minutos iniciando desde el instante 0:00:00 y siguiendo con 0:00:30, luego 0:01:00 y así consecutivamente se enumeran del 1 al 180, correspondiendo éste último número al instante 01:30:00, tiempo en el cual se

previó cubrir con todos los detalles que pueda contener una sola preparación de la Slitter.

Entonces, con la ayuda de un cronómetro puesto en marcha en el momento en que se iniciaba una preparación, se registraba una observación el instante en que la tabla de números aleatorios lo señalaba. Para cada observación se registró el elemento que estaba ocurriendo durante dicha observación.

Finalmente, para obtener el tamaño de la muestra se utilizó un método matemático basado en la teoría que se usa para el control estadístico de la calidad (5). Para esto, antes tuvo que realizarse un primer muestreo piloto, el cual se puede apreciar con la tabla 11.

El propósito del muestreo del trabajo es establecer el valor de "p" en la distribución binomial. Asimismo, "p" es el porcentaje de eventos de cualquier elemento seleccionado, y se expresa como fracción decimal y se debe seleccionar el elemento más importante.



TABLA 11  
MUESTREO PILOTO PARA OBTENCION DE TAMAÑO DE MUESTRA

PROCESO:	<i>Corte bobinas</i>	OPERACIÓN:	<i>Preparación</i>
OBSERVADOR:	<i>Willie Córdoba</i>	DURACIÓN:	<i>78 min</i>
OPERACIONES	No. Observac.	% Total	
Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	0	0.00%	
Barrer óxido del área de trabajo	5	4.81%	
Buscar guantes	0	0.00%	
Buscar herramientas	1	0.96%	
Retirar guías de la Slitter	1	0.96%	
Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	2	1.92%	
Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	2	1.92%	
Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	2	1.92%	
Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	1	0.96%	
Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	1	0.96%	
Retirar y ordenar cuchillas circulares	2	1.92%	
Limpiar cuchillas circulares (waipe)	4	3.85%	
Retirar y ordenar discos separadores	9	8.65%	
Retirar y ordenar cauchos	1	0.96%	
Halar grupo de cuchillas y discos separadores	2	1.92%	
Planear preparación	8	7.69%	
Cambiar de tipo de cuchillas circulares	5	4.81%	
Limpiar los ejes de corte	1	0.96%	
Verificar el filo de las cuchillas	3	2.88%	
Colocar cuchillas circulares	1	0.96%	
Buscar separadores	0	0.00%	
Corregir defectos de los discos separadores	0	0.00%	
Limpiar los discos separadores	5	4.81%	
Colocar los discos separadores	12	11.54%	
Caminar entre separadores y cauchos	4	3.85%	
Buscar cauchos	3	2.88%	
Colocar cauchos	10	9.62%	
Retirar cauchos inadecuados	1	0.96%	
Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	2	1.92%	
Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	1	0.96%	
Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	2	1.92%	
Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	1	0.96%	
Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	0	0.00%	
Cerrar ejes de cuchillas circulares	2	1.92%	

Para este caso, se seleccionó el elemento “colocar discos separadores” con 12 observaciones, divididas entre un total de 104 observaciones es igual a  $0,1154 = p$ .

Entonces,

$$p = 0.1154$$

$$1 - p = 0.8846$$

$$N = 104$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0.1154(0.8846)}{104}} = 0.03133$$

La fórmula que se usó para obtener N, el número de observaciones necesarias, es como sigue:

$$N = \frac{C^2 p(1-p)}{\sigma^2}$$

La tabla 12 muestra los valores de C para determinados niveles de confianza. Para este caso, se escogió un nivel de confianza del 95%.

TABLA 12  
TABLA DE NIVELES DE CONFIANZA

C (+/-)	Nivel de Confianza
1,000	68%
1,645	90%
1,960	95%
2,567	99%

Fuente: William K. Hodson, Maynard Manual del Ingeniero Industrial,  
McGraw Hill, Mexico 1996. **p. 4.49.**

Con los valores de  $p$ ,  $\sigma$  y C se procedió a calcular el tamaño de la muestra:

$$N = \frac{(1,96)^2 (0.1154)(0.8846)}{(0.03133)^2} = 399.5 \approx 400 \text{ Observaciones}$$

Teniendo conocimiento del número de muestras mínimas para alcanzar datos representativos y fiables, se empezó a realizar el estudio de tiempos. Para alcanzar tal tamaño de muestras, se tenía previsto que era necesario medir por lo menos 4 preparaciones completas.

No obstante, se midieron 2 preparaciones más de lo planeado. Esto se lo hizo con la única finalidad de tener una mayor exactitud y eliminar cualquier tipo de sesgo.

A lo largo del muestreo, se pudo determinar que no todas las actividades a la que hace referencia el formato para el registro de observaciones del Apéndice F están dentro de la categoría Elementos de Trabajo (T), puesto que algunas son actividades que encuadran dentro de las categorías de demoras como: Demoras Especiales (DES), Demoras Inevitables (DIN) y Demoras Personales (DPE).

Entonces, entre los elementos netos de trabajo (T), se tiene:

- Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)
- Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)
- Aflojar y retirar tuercas hidráulicas
- Retirar y ordenar cuchillas circulares
- Retirar y ordenar discos separadores
- Retirar y ordenar cauchos

- Halar grupo de cuchillas y discos separadores
- Colocar cuchillas circulares
- Colocar los discos separadores
- Colocar cauchos
- Colocar y apretar las tuercas hidráulicas
- Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)
- Bombear grasa a las tuercas hidráulicas
- Cerrar ejes de cuchillas circulares
- Ajustes y/o calibración (barretilla, grasa)

Entre las Demoras Inevitables (DIN), se tiene:

- Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)
- Barrer óxido del área de trabajo
- Retirar guías de la Slitter
- Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)
- Limpiar cuchillas circulares (waípe)
- Cambiar de tipo de cuchillas circulares

- Limpiar los ejes de corte
- Limpiar los discos separadores
- Llevar cuchillas sobrantes a la estantería
- Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)

Entre las Demoras Especiales (DES), se tiene:

- Buscar guantes
- Buscar herramientas
- Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos
- Planear preparación
- Verificar el filo de las cuchillas
- Buscar separadores
- Corregir defectos de los discos separadores
- Caminar entre separadores y cauchos
- Buscar cauchos
- Retirar cauchos inadecuados

- Rearmado / Post ajustes

Solo existe una categoría para Demoras Personales (DPE) designada con el mismo nombre.

La tabla 13 muestra todas las observaciones obtenidas para cada una de las actividades de la operación de preparación luego de los 6 estudios de muestreo.

Finalmente, antes de proceder a mostrar el resultado del estudio de tiempos, se debe indicar que con la duración de los elementos de trabajo, demoras especiales, inevitables y personales, fue posible calcular el tiempo estándar de la operación de preparación considerando Tolerancias por NPDF (abreviatura común para las tolerancias por necesidades personales, fatiga y demoras varias).

TABLA 13  
TOTAL OBSERVACIONES - ESTUDIO DE TIEMPOS

No	ACTIVIDADES	Tipó Actividad	Nº Observaciones
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	DIN	2
2	Barrer óxido del área de trabajo	DIN	25
4	Buscar guantes	DES	1
3	Buscar herramientas	DES	4
5	Retirar guías de la Slitter	DIN	2
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	T	8
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	T	14
8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	T	16
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	DIN	5
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	DES	12
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	T	6
12	Limpiar cuchillas circulares (waipe)	DIN	13
13	Retirar y ordenar discos separadores	T	30
14	Retirar y ordenar cauchos	T	2
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	T	5
16	Planear preparación	DES	42
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	DIN	34
18	Limpiar los ejes de corte	DIN	5
19	Verificar el filo de las cuchillas	DES	26
20	Colocar cuchillas circulares	T	10
21	Buscar separadores	DES	3
22	Corregir defectos de los discos separadores	DES	3
23	Limpiar los discos separadores	DIN	38
24	Colocar los discos separadores	T	57
25	Caminar entre separadores y cauchos	DES	24
26	Buscar cauchos	DES	18
27	Colocar cauchos	T	33
28	Retirar cauchos inadecuados	DES	7
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	DIN	8
30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	DIN	5
31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	T	16
32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	T	13
33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	T	8
34	Cerrar ejes de cuchillas circulares	T	6
35	Ajustes y/o calibración (varretilla, grasa)	T	33
36	Rearmado / Post ajustes	DES	33
37	Demoras personales	DPE	15
<b>Total</b>			582



Para calcular las tolerancias primero se suman las observaciones correspondientes a cada una de las categorías T, DES, DPE y DIN; luego, se calcula el porcentaje de cada categoría con respecto al total de las observaciones, para finalmente multiplicar estos porcentajes por el tiempo total del estudio que fue de 486.5 min. Con esto se obtiene el tiempo total incurrido en cada categoría.

La tabla 14 muestra un resumen generado del estudio de tiempos, donde se detalla claramente las observaciones, el porcentaje y el tiempo total en minutos para cada grupo.

TABLA 14  
RESUMEN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

RESUMEN DEL ESTUDIO			
CATEGORÍAS	OBSERVACIONES	%	TIEMPO
Elementos de Trabajo	257	44.16%	214.83 min
Demoras Especiales	168	28.87%	140.43 min
Demoras Inevitables	142	24.40%	118.70 min
Demoras Personales	15	2.58%	12.54 min
<i>Total</i>	582	100%	486.50 min

Luego se calculan las tolerancias para cada una de las demoras como la relación entre los tiempos de las demoras (DES, DIN y DPE) y el tiempo de los elementos de trabajo (T).

$$1) \text{ DemorasEspeciales} = \frac{140.43}{214.83} * 100 = 65.37\%$$

$$2) \text{ DemorasInevitables} = \frac{118.70}{214.83} * 100 = 55.25\%$$

$$3) \text{ DemorasPersonales} = \frac{12.54}{214.83} * 100 = 5.84\%$$

Por último, se determinó la tolerancia por fatiga empleando la siguiente fórmula (5):

$$\% \text{ fatiga} = \left( \frac{OL}{NS} - 1 \right) * 100$$

En donde, O= Tiempo de todos los elementos de trabajo

L= Factor de nivelación del desempeño

N= Número de productos

S= Tiempo nivelado por pieza

Para determinar L, se utilizó de la tabla de valoración del desempeño, a la que hace referencia la Técnica de Muestreo del Trabajo del Manual del Ingeniero Industrial (5), ver tabla 15.

TABLA 15  
TABLA DE VALORACIÓN DEL DESEMPEÑO

HABILIDAD			ESFUERZO		
0.28	A1 A2	SUPERHABILIDAD	0.25	A1 A2	EXCESIVO
0.19	B1 B2	EXCELENTE	0.18	B1 B2	EXCELENTE
0.09	C1 C2	BUENA	0.07	C1 C2	BUENO
0	D	PROMEDIO	0	D	PROMEDIO
-0.15	E1 E2	REGULAR	-0.12	E1 E2	REGULAR
-0.38	F1 F2	POBRE	-0.29	F1 F2	POBRE

**Fuente:** William K. Hodson, Maynard Manual del Ingeniero Industrial, McGraw Hill, Mexico 1996, p. 4.31.

El factor de nivelación del desempeño es la suma de 1,00 más la suma algebraica de los valores guías de nivelación positivos y negativos seleccionados de la tabla 15. Para este caso, se calificó al operador responsable de la operación de

preparación de la Slitter con una habilidad buena (C2) y un esfuerzo igual bueno (C2).

Entonces:

$$O = 486.5 \text{ min}$$

$$L = 1.05$$

$$N = 6 \text{ preparaciones}$$

$$S = 75 \text{ min (estimado)}$$

Por tanto:

$$\% \text{ fatiga} = \left( \frac{486.5 * 1.05}{6 * 75} - 1 \right) * 100 = 13.5\%$$

La figura 4.2 muestra el resultado del estudio de tiempos de la Operación de Preparación, la Tolerancia por NPDF y el Tiempo Estándar.

FECHA:		Febrero 2005		PROCESO:		Producción de Flejes	
OBSERVADOR:		Willie A. Córdova Hanna		OPERACIÓN:		Preparación	
TIEMPO TOTAL:		486.5 min		N° PREPARAC.:		6	
TOTAL OBSERV.:		582		FACTOR NIV.:		Habil. (C2), Esf (C2) 1.05	
No.	ACTIVIDADES	Tip Actividad	Nº Observaciones	% Actividad	Tiempo Total Actividad	Tiempo Actividad	
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	DIN	2	0.34%	1.67 min	0.28 min	
2	Barrer óxido del área de trabajo	DIN	25	4.30%	20.90 min	3.48 min	
4	Buscar guantes	DES	1	0.17%	0.84 min	0.14 min	
3	Buscar herramientas	DES	4	0.69%	3.34 min	0.56 min	
5	Retirar guías de la Slitter	DIN	2	0.34%	1.67 min	0.28 min	
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	T	8	1.37%	6.69 min	1.11 min	
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	T	14	2.41%	11.70 min	1.95 min	
8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	T	16	2.75%	13.37 min	2.23 min	
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	DIN	5	0.86%	4.18 min	0.70 min	
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	DES	12	2.06%	10.03 min	1.67 min	
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	T	6	1.03%	5.02 min	0.84 min	
12	Limpiar cuchillas circulares (waipe)	DIN	13	2.23%	10.87 min	1.81 min	
13	Retirar y ordenar discos separadores	T	30	5.15%	25.08 min	4.18 min	
14	Retirar y ordenar cauchos	T	2	0.34%	1.67 min	0.28 min	
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	T	5	0.86%	4.18 min	0.70 min	
16	Planear preparación	DES	42	7.22%	35.11 min	5.85 min	
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	DIN	34	5.84%	28.42 min	4.74 min	
18	Limpiar los ejes de corte	DIN	5	0.86%	4.18 min	0.70 min	
19	Verificar el filo de las cuchillas	DES	26	4.47%	21.73 min	3.62 min	
20	Colocar cuchillas circulares	T	10	1.72%	8.36 min	1.39 min	
21	Buscar separadores	DES	3	0.52%	2.51 min	0.42 min	
22	Corregir defectos de los discos separadores	DES	3	0.52%	2.51 min	0.42 min	
23	Limpiar los discos separadores	DIN	38	6.53%	31.76 min	5.29 min	
24	Colocar los discos separadores	T	57	9.79%	47.65 min	7.94 min	
25	Caminar entre separadores y cauchos	DES	24	4.12%	20.06 min	3.34 min	
26	Buscar cauchos	DES	18	3.09%	15.05 min	2.51 min	
27	Colocar cauchos	T	33	5.67%	27.59 min	4.60 min	
28	Retirar cauchos inadecuados	DES	7	1.20%	5.85 min	0.98 min	
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	DIN	8	1.37%	6.69 min	1.11 min	
30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	DIN	5	0.86%	4.18 min	0.70 min	
31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	T	16	2.75%	13.37 min	2.23 min	
32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	T	13	2.23%	10.87 min	1.81 min	
33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	T	8	1.37%	6.69 min	1.11 min	
34	Cerrar ejes de cuchillas circulares	T	6	1.03%	5.02 min	0.84 min	
35	Ajustes y/o calibración (varretilla, grasa)	T	33	5.67%	27.59 min	4.60 min	
36	Rearmado / Post ajustes	DES	33	5.67%	27.59 min	4.60 min	
37	Demoras personales	DPE	15	2.58%	12.54 min	2.09 min	
<b>Total</b>			582	100.00%	486.50 min	81.08 min	

Resumiendo, se tiene que el tiempo estándar de toda la operación es de 90.22 min. Para efecto del análisis se usarán los tiempos de las actividades sin estandarizar lo que da un tiempo total de 78.99 min sin considerar la demora personal.

Siguiendo con el análisis de operaciones, y finalizado el estudio de tiempos, es posible realizar un Gráfico de Análisis de Operaciones desde el punto de vista de las actividades elementales de las preparaciones: interna y externa. Este gráfico tiene por objeto señalar de forma gráfica las actividades que son realizadas de forma externa y las que son realizadas de manera interna en el procedimiento actual de preparación de Slitter. Además, indica que actividades son desperdicio, que

por tanto se deben tratar de eliminar o disminuir, y aunque toda la operación en sí es un desperdicio, se consideran elementos de trabajo solo a aquellas actividades que aporten realmente al objetivo de la operación, “preparar la Slitter”. Cualquier otra actividad es considerada como desperdicio, además de ser demoras. La figura 4.3 muestra el gráfico de análisis de operaciones, con cada una de las actividades para la preparación de la Slitter, el respectivo tiempo por actividad y la categoría a la que pertenece.

N°	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	Aflojar 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 (waípe)	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 filo 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	●		●	

Como se puede observar en el gráfico, todas las actividades para la preparación de la Slitter son parte de la preparación interna; no existe actividad alguna que sea externa, además, existe una gran cantidad de actividades definidas como desperdicio.

Para concluir con este análisis, es válido resaltar aquellas actividades que pueden realizarse externamente, pero que en la actualidad se están realizando erróneamente como parte de la preparación interna, y que como consecuencia genera que la Slitter permanezca parada durante un período de tiempo



mayor al necesario. Entre estas actividades se tienen las siguientes:

- **Actividad 9.** Traer mesa de herramientas
- **Actividad 16.** Planear preparación
- **Actividad 17.** Cambiar de tipo de cuchillas
- **Actividad 19.** Verificar el filo de cuchillas
- **Actividad 29.** Llevar cuchillas sobrantes a estantería
- **Actividad 30.** Retirar mesa de herramientas

Siendo uno de los objetivos del sistema SMED el tener la menor cantidad de preparaciones internas, se puede observar entonces, que existe una gran oportunidad para mejorar la preparación de la Slitter. Por esto, se han descrito brevemente a priori una variedad de posibles opciones mejoras, que más adelante serán desarrolladas a través de las fases del sistema SMED.

El siguiente paso del análisis de operaciones es diseñar un Gráfico de Eliminación del Desperdicio. Para esto, los

resultados del análisis deben ser encasillados dentro de los tres tipos de desperdicios siguientes (4):

**Desperdicio de Organización.-** El desperdicio de Organización se encuentra en los movimientos de búsqueda, ordenaciones, transporte, etc. que permitan al operador responsable organizarse para la siguiente preparación. También, son movimientos que se deben realizar por la mala organización y/o distribución del área de trabajo.

**Desperdicio de Reemplazo o Cambio.-** El desperdicio de reemplazo o de cambio se encuentra en aflojar o apretar ítems para el reemplazamiento. Los tipos mas comunes de desperdicio en el reemplazo se dan en las operaciones de aflojar y apretar pernos o tuercas.

**Desperdicio de Ajustes.-** Es el resultado de una adherencia deficiente a los estándares durante las operaciones de preparación.

En la figura 4.4 se aprecia el Gráfico de Eliminación del Desperdicio preparado para la operación de preparación de la Slitter. Básicamente, este gráfico muestra las actividades de la preparación con sus respectivos tiempos, agrupadas en categorías según los tipos desperdicios antes mencionados. Además, el gráfico detalla el porcentaje total de cada tipo de desperdicio con respecto a la duración total de la preparación.

DESPERDICIO	ACTIVIDADES		TIEMPO	
			min	%
<b>De Organización y Limpieza.</b>	1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	0.28 min	42.50%
	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	
	9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	0.70 min	
	10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	1.67 min	
	12	Limpiar cuchillas circulares (waipe)	1.81 min	
	16	Planear preparación	5.85 min	
	17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	4.74 min	
	18	Limpiar los ejes de corte	0.70 min	
	21	Buscar separadores	0.42 min	
	23	Limpiar los discos separadores	5.29 min	
	25	Caminar entre separadores y cauchos	3.34 min	
	26	Buscar cauchos	2.51 min	
	29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	1.11 min	
30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	0.70 min		
<b>De Reemplazo.</b>	6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	1.11 min	12.87%
	7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	1.95 min	
	8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	2.23 min	
	31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	2.23 min	
	32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	1.81 min	

Nótese, que las actividades clasificadas como desperdicio implican casi  $\frac{3}{4}$  del tiempo total de la preparación.

El fundamento de este análisis será la eliminación o reducción de los tres tipos de desperdicios de la preparación en la medida de lo posible.

Según se señaló por medio del “Procedimiento de preparación de la Slitter” en el Capítulo 3, se cuenta con dos personas para la preparación: un Operador Principal y un Ayudante. El primero es el responsable de la correcta preparación de la

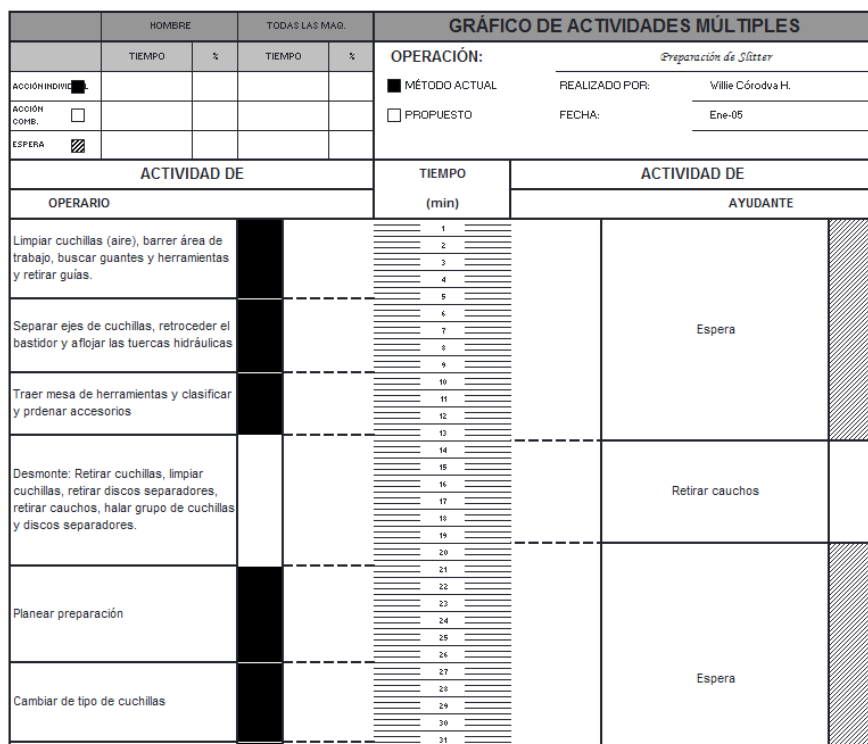
Slitter, ejecutando la mayor cantidad de tareas, recibiendo ayuda por parte del segundo solamente en la retirada de los cauchos y en el armado del eje de separadores.

El hecho de que exista un operador principal y un ayudante dentro del proceso, hace pensar efectivamente que el operador principal debe tener más tareas por ejecutar y con mayor importancia que el ayudante. Pero esto no justifica que gran parte del tiempo el ayudante pase desocupado; con varias holguras de tiempo entre las actividades que ejecuta, que se caracterizan por ser de corta duración. Con este criterio, es necesario determinar que tan eficiente está distribuida la carga de trabajo entre los trabajadores.

Por eso, con la ayuda del estudio de tiempos se pudo diseñar un Gráfico de Actividades Múltiples y un Gráfico de Combinación de Operaciones Estándares que muestran la forma como los operadores realizan la preparación de la Slitter en función del tiempo.

Ambos gráficos, tienen como objetivo determinar que combinación de operaciones producen el desperdicio mínimo y el de evitar el desperdicio por esperas de los operarios.

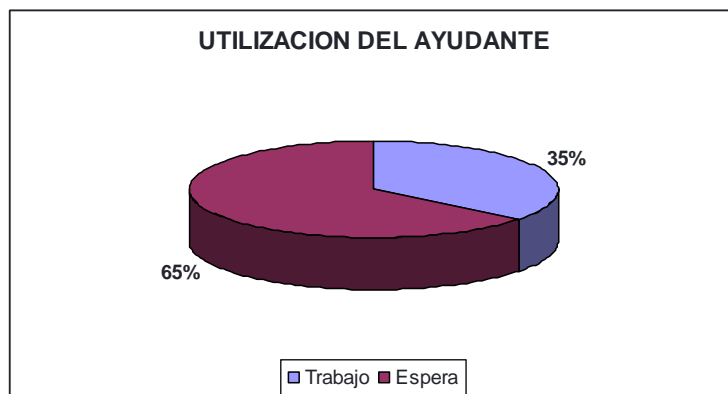
En la figura 4.5 se puede apreciar el Gráfico de Actividades Múltiples. Como se indicó con la descripción teórica de ésta herramienta en el Capítulo 2, las barras en color negro indican el intervalo de tiempo en que algunos de los dos operadores se encuentran trabajando solo; las barras en blanco indican una operación combinada, o sea, las actividades en donde ambos operarios participan de la acción. Por último, las barras con rayas diagonales muestran los instantes de tiempo en que alguno de los operarios se encuentra en espera a realizar alguna actividad.



Como lo indica claramente el gráfico de la figura 4.5, el operador principal pasa durante toda la operación de preparación totalmente ocupado y solo por un corto intervalo de tiempo realiza una acción combinada con el ayudante.

Contraria a ésta situación es lo que demuestra la sección del gráfico que hace referencia a las actividades que realiza el ayudante; como se puede apreciar existen diversos instantes de tiempo en que el mismo pasa a desocupado, a esperas de realizar las pocas actividades de las que es responsable.

La figura 4.6 esquematiza por medio de un gráfico de pastel el porcentaje de utilización del ayudante durante la operación de preparación de la Slitter.

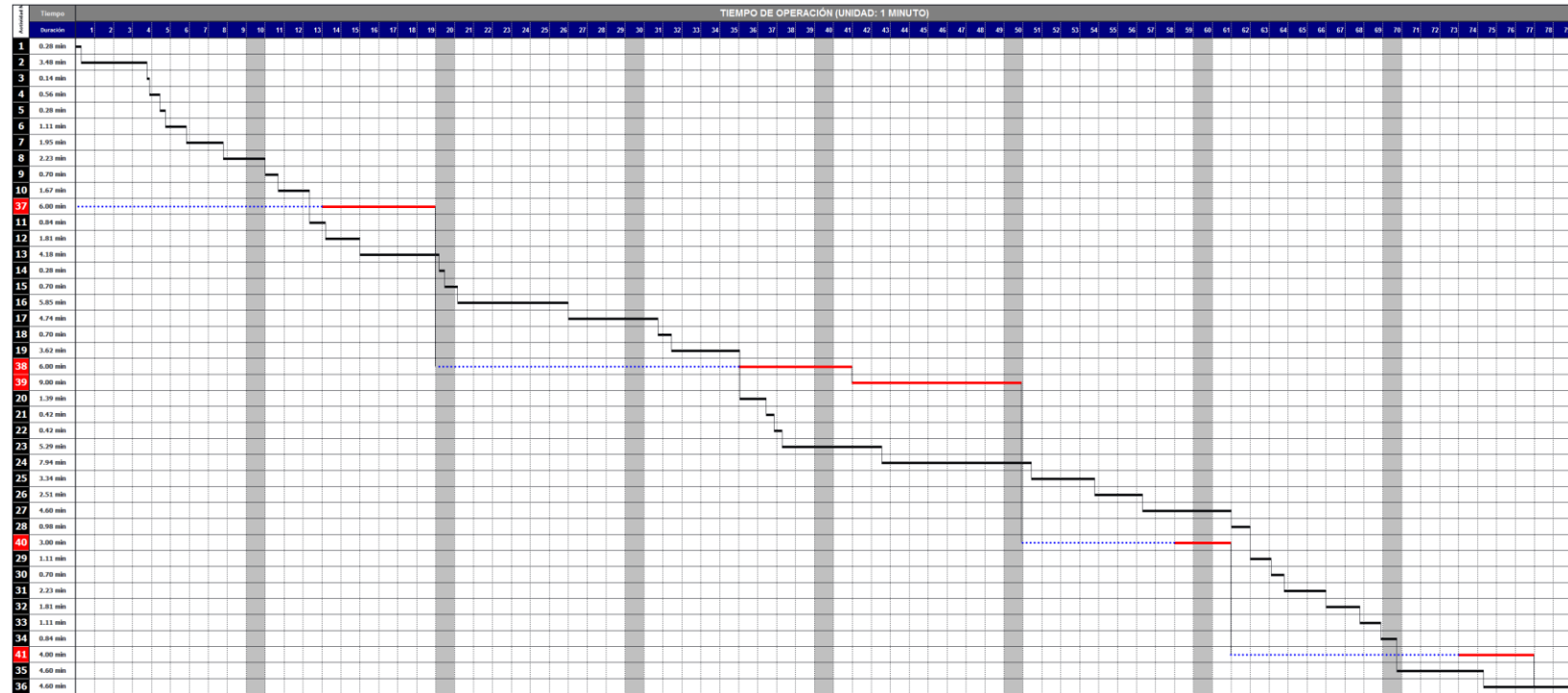


Cabe señalar, que el ayudante no está condicionado a que el operador principal finalice con alguna tarea para que él comience, es decir, no existen actividades concatenadas. Más bien, a causa de la holgura de tiempo que posee el ayudante, es que éste puede empezar con sus tareas en instantes de tiempos arbitrarios.



En la figura 4.7 se tiene el Gráfico de Combinación de Operaciones Estándares, el cual es también un gráfico muy práctico para reconocer la utilización de los operadores y el balance de la carga de trabajo.

Las líneas horizontales en color negro simbolizan las actividades que realiza el operador principal. Las líneas horizontales en color rojo, simbolizan las actividades que realiza el ayudante. Y las líneas punteadas en color azul, simbolizan las esperas que puedan ocurrir durante la preparación. El tamaño de las líneas depende de la duración de la actividad a la cual representa, puesto que se encuentran graficadas sobre una escala de tiempo, con el minuto como unidad de tiempo.



No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Ayudante
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	16	Planear preparación	21	Buscar separadores	26	Buscar cauchos	31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas
2	Barrer fondo del área de trabajo	7	Retorcer el batidor de la Sliiter (manivela)	12	Limpiar cuchillas circulares (vapeo)	17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	22	Corregir defectos de los discos separadores	27	Colocar cauchos	32	Mover el batidor de la Sliiter adelante (manivela)
3	Buscar guantes y herramientas	8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	13	Retirar y ordenar discos separadores	18	Limpiar los ejes de corte	23	Limpiar los discos separadores	28	Retirar cauchos inadecuados	33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas
4	Buscar herramientas	9	Tirar misa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc.)	14	Retirar y ordenar cauchos	19	Verificar el filo de las cuchillas	24	Colocar los discos separadores	29	Cerrar ejes de cuchillas circulares	34	Armar eje de separadores
5	Retirar guías de la Sliiter	10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	20	Colocar cuchillas circulares	25	Camnar entre separadores y cauchos	30	Retirar misa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	35	Ajustes y/o calibración (verretilla, grasa)
	Operador		Ayudante		Espera								

FIGURA 4.7 GRÁFICO DE COMBINACION DE OPERACIONES ESTANDARES

El Gráfico de Operaciones Combinadas Estándares, demuestra el hecho de que la serie de actividades que realiza el operador principal constituyen la ruta crítica de toda la operación de preparación. Esto significa que cualquier imprevisto o demora adicional que ocurra en cualquiera de esas actividades, provocaría un retraso de toda la preparación; lo ideal sería que ambos operarios acaben sus actividades al mismo tiempo. El gráfico también muestra fácilmente la holgura que mantiene el ayudante a través de toda la preparación.

Para finalizar con el Análisis de Operaciones se presenta a continuación por medio de la figura 4.8 una sección del Diagrama de Flujo de Recorrido presentado en el Plano 3, diseñado para analizar las rutas de desplazamientos que sigue el operador mientras realiza la operación de preparación. Los números representan el orden y/o la secuencia que siguen las actividades en la preparación de la Slitter. Estos son los mismos números con que fueron identificadas las actividades en el estudio de tiempos, y que se han venido llevando a lo

largo del análisis de operaciones en todos y cada uno de los gráficos de estudio.

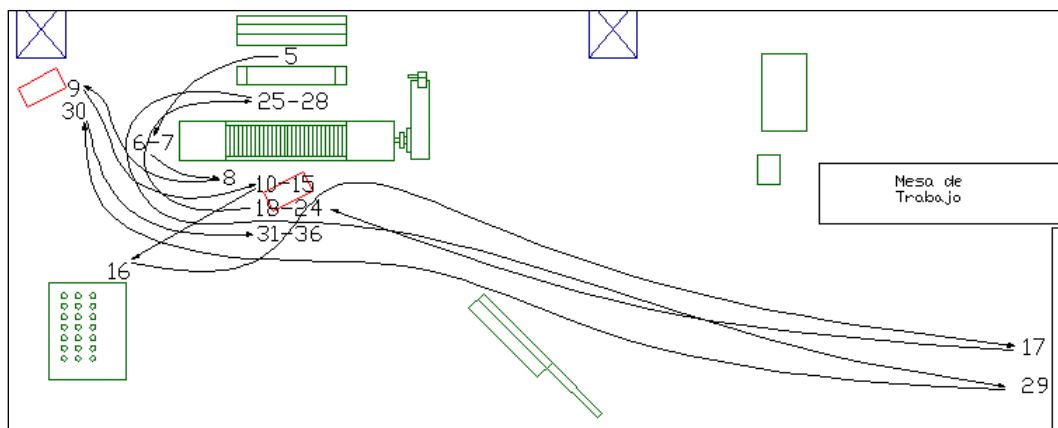


FIGURA 4.8 DIAGRAMA DE FLUJO DE RECORRIDO

Como se puede observar en la figura 4.8 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.

Como se mencionó anteriormente, en el Plano 3 se puede encontrar un plano correspondiente al Área de Corte de Bobinas de Acero sobre el cual se encuentra diagramado el Flujo de Recorrido que sigue la operación de Preparación. A

un costado de este gráfico se encuentra una tabla con las actividades de la preparación y su correspondiente representación numérica.

Teniendo como base este plano, se procede a describir 6 eventos que causan los diferentes cruces, retrocesos y recorridos excesivos.

- **Actividades 8/9/10.** Luego de retirar las tuercas hidráulicas, el operador principal debe alejarse de la zona de preparación unos 2 metros aproximadamente para recoger la mesa de herramientas y transportarla nuevamente dentro de la zona de preparación. Luego se procede a ordenar y clasificar las cuchillas circulares y los discos separadores.
- **Actividad 16.** En seguida de finalizar con el desmonte de las cuchillas circulares, discos separadores y cauchos, el operador debe alejarse de la zona de preparación unos 2 metros aproximadamente para planear el montaje de las cuchillas circulares y discos separadores.

- **Actividad 17.** Inmediatamente después de la planeación de la preparación, el operador debe transportar manualmente y en varios viajes (por lo menos 10) las cuchillas que se utilizaron en la producción precedente y cambiarlas por las nuevas cuchillas que se usaran en la producción siguiente. Por esta actividad, el operador debe recorrer aproximadamente unos 70 metros.
- **Actividades 25/26/27/28.** Durante el montaje de las cuchillas circulares y discos separadores se deben colocar los cauchos sobre los separadores; para esto, el operador debe realizar varios movimientos (por lo menos 10) al otro lado del eje de separadores, lugar donde se acostumbra colocar los cauchos durante la preparación. Por esta actividad, el operador debe recorrer aproximadamente unos 30 metros.
- **Actividad 29.** Terminado el montaje de cuchillas, separadores y cauchos, el operador debe transportar manualmente y en varios viajes (por lo menos 2) las cuchillas sobrantes a una estantería. Por esta actividad,

el operador debe recorrer aproximadamente unos 14 metros.

- **Actividad 30.** Luego de haber transportado las cuchillas sobrantes, el propio operador debe retirar la mesa de herramientas estando la máquina aún parada.

A través de toda la preparación el operador debe recorrer en total unos 150 metros aproximadamente. Como se explicó anteriormente, esto se debe a los diversos recorridos excesivos que realiza el operador para ejecutar sus actividades.

Como parte adicional al Análisis de Operaciones, se ha desarrollado un gráfico de Pareto para la operación de preparación con el objeto de determinar cuales son las actividades que más influyen en la duración de la operación.

En la tabla 16 se pueden observar las actividades para la preparación de la Slitter con sus respectivas duraciones y porcentajes. La figura 4.9 muestra el Gráfico de Pareto para la

operación. Como se puede observar tanto en la tabla como en el diagrama, las 8 primeras actividades representan más del 50% del tiempo total de la preparación, exactamente el 52.91%. Entre estas actividades se tiene: 1) colocar los discos separadores, 2) planear la preparación, 3) limpiar los discos separadores, 4) cambiar de tipo de cuchillas circulares, 5) colocar cauchos, 6) ajustes y/o calibración, 7) rearmado / post ajustes y 8) retirar discos separadores.

TABLA 16

TABLA DE ACTIVIDADES ACUMULADAS

No.	Actividades	Tiempo	% Tiempo	% Acumulativo
24	Colocar los discos separadores	7.94 min	10.05%	10.05%
16	Planear preparación	5.85 min	7.41%	17.46%
23	Limpiar los discos separadores	5.29 min	6.70%	24.16%
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	4.74 min	6.00%	30.16%
27	Colocar cauchos	4.60 min	5.82%	35.98%
35	Ajustes y/o calibración (barretilla, grasa)	4.60 min	5.82%	41.80%
36	Rearmado / Post ajustes	4.60 min	5.82%	47.62%
13	Retirar y ordenar discos separadores	4.18 min	5.29%	52.91%
19	Verificar el filo de las cuchillas	3.62 min	4.59%	57.50%
2	Barrer óxido del área de trabajo	3.48 min	4.41%	61.90%
25	Caminar entre separadores y cauchos	3.34 min	4.23%	66.14%
26	Buscar cauchos	2.51 min	3.17%	69.31%
8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	2.23 min	2.82%	72.13%
31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	2.23 min	2.82%	74.96%
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	1.95 min	2.47%	77.43%
12	Limpiar cuchillas circulares (waípe)	1.81 min	2.29%	79.72%
32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	1.81 min	2.29%	82.01%
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	1.67 min	2.12%	84.13%
20	Colocar cuchillas circulares	1.39 min	1.76%	85.89%
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	1.11 min	1.41%	87.30%
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	1.11 min	1.41%	88.71%
33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	1.11 min	1.41%	90.12%
28	Retirar cauchos inadecuados	0.98 min	1.23%	91.36%
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	0.84 min	1.06%	92.42%
34	Cerrar ejes de cuchillas circulares	0.84 min	1.06%	93.47%
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	0.70 min	0.88%	94.36%
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	0.70 min	0.88%	95.24%
18	Limpiar los ejes de corte	0.70 min	0.88%	96.12%





154

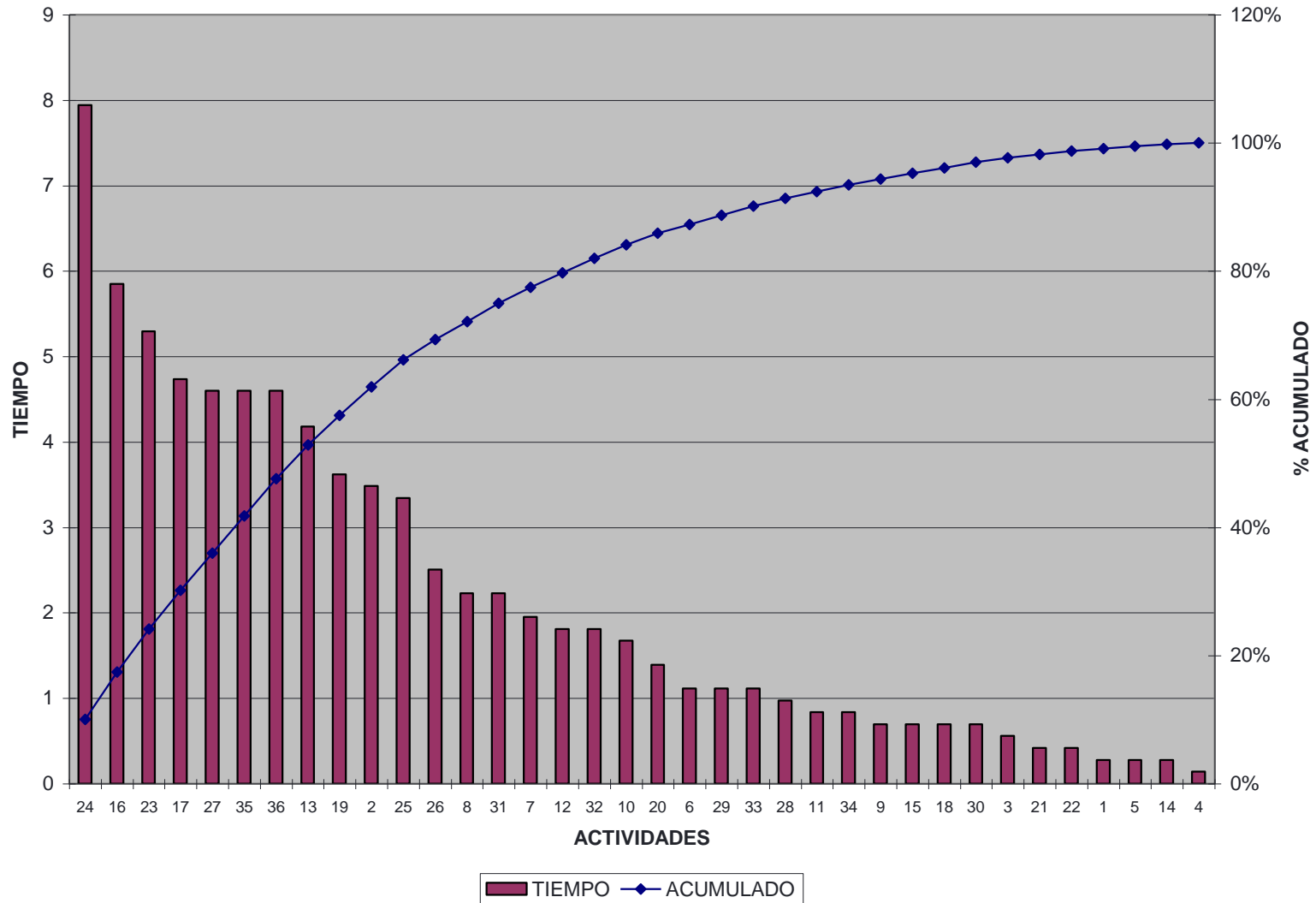


FIGURA 4.9 DIAGRAMA DE PARETO DE PREPARACION

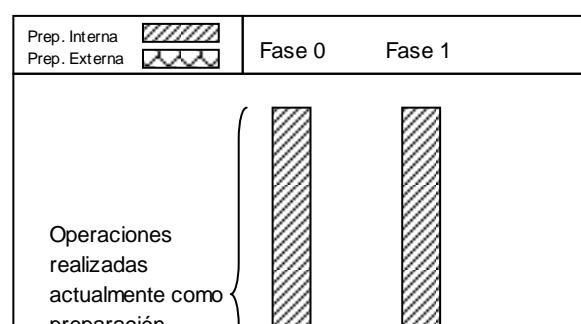
Estas actividades recibirán una atención especial para el desarrollo de mejoras conforme se vayan desplegando las fases del sistema SMED.

Con esto finaliza el análisis de operaciones, siendo el siguiente paso el desarrollo de las mejoras basados en la metodología del sistema SMED.

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

A través de esta fase, se busca encontrar maneras que permitan pasar aquellas actividades que erróneamente se realizan de forma interna a la preparación externa. Por eso, las mejoras se enfocarán básicamente en las 6 actividades resaltadas por medio del gráfico de la figura 4.3, puesto que son éstas las actividades que deben ser tratadas de forma contraria.

La figura 4.10 hace una referencia gráfica acerca de la evolución que sufrirá la operación de preparación de la Slitter considerando las actividades que serán abarcadas a través de la primera fase del sistema SMED.



### **3.3.1. Empleo de una lista de comprobación**

Con el Gráfico de Análisis de Operaciones de la figura 4.3 se pudo observar que una de las actividades que erróneamente se desarrollan dentro de la preparación interna es la Actividad 16 denominada como “Planeación de la Preparación”. Según el Análisis de Pareto basado en el Estudio de Tiempos ésta actividad es la segunda de mayor duración con 5.85 min. Por lo demás, cabe recordar que la planeación de la preparación forma parte del conjunto de actividades consideradas dentro de la categoría de Desperdicio de Organización y Limpieza, según como se observó con el Gráfico para la Eliminación del Desperdicio de la figura 4.4.

La planeación que actualmente realiza el operador implica el cálculo matemático de las tolerancias que se debe dejar en cada una de las secciones de corte tal como se explicó con el procedimiento analítico para la colocación de cuchillas circulares. Esta actividad requiere de habilidad numérica para realizar correctamente el cálculo de dichas tolerancias y concentración para no equivocarse en la colocación de los discos separadores al momento del montaje. El cálculo que efectúa el operador es mental y no lleva registro alguno que le permita ejecutar el montaje de forma paulatina con la opción de corroborar su trabajo.

Así pues, estas consideraciones restringen la posibilidad de que el operador pueda seguir ejecutando cualquier actividad de planeación y está claro que debe ser elaborada antes que comience la preparación.

Como solución a este problema se tiene el desarrollo y utilización de una "lista de comprobación" que reemplace la planeación realizada el operador. Esta lista deberá tener un formato establecido, acorde a las condiciones de trabajo y a la naturaleza del procedimiento de preparación. Específicamente debe señalar:

- Partes y componentes a utilizar
- Especificaciones, valores numéricos y/o parámetros para la preparación.

Conviene recordar que la lista de comprobación debe ser desarrollada antes de cada preparación, y la responsabilidad de su desarrollo podría recaer sobre el Departamento de Programación de la Producción de la Empresa.

Para que la lista sea de utilidad, ésta debe evitar que el operador asuma cualquier valor numérico y/o especificación, asimismo prescindir de la poca o mucha experiencia del operador para la toma de decisiones.

Por tanto, esta lista le debe indicar al operador lo siguiente:

- Especificaciones del material (Calidad y espesor de la bobina).
- Parámetro de Tolerancia.
- Tipo y cantidad de cuchillas a utilizar en cada eje.
- Tipos de discos separadores a utilizar.
- Estructura del montaje según el programa de corte (secuencia de cortes y tolerancia para el corte, etc.).

El Apéndice I expone el formato para la lista de comprobación que ha sido diseñado para la preparación de la Slitter. Esta lista por su naturaleza ha sido denominada como “Carta de Preparación”, puesto que cumple con dos objetivos:

- Ofrecer al operador la lista de parámetros y componentes necesarios para la preparación.
- Brindar al operador una guía completa para la preparación de la Slitter.

Con la carta de preparación el operador podrá ejecutar el montaje siguiendo solamente las especificaciones que en ella estén registradas para evitar cualquier desviación. Con esto se eliminará la actual “planeación de la preparación”, y por ende, la posibilidad de que el operador realice asunciones o que tome algún tipo de decisión cuando la máquina aún sigue detenida, simplemente se deberá limitar a ejecutar las indicaciones de la carta de preparación.

En el Apéndice J se anexa un instructivo que explica la utilización de la carta de preparación.

Para finalizar con este punto, es oportuno señalar que con ésta solución obviamente se elimina el recorrido excesivo causado por la actual actividad de planeación. Puesto que, una vez que el operador tenga anticipadamente la carta de preparación, no tendrá más necesidad de alejarse del área misma de preparación para preocuparse en repasar cuales serán los parámetros y/o valores numéricos que definan la siguiente preparación. Este desperdicio de recorrido en exceso fue expuesto como segundo punto dentro del análisis de Flujo de Recorrido con el Plano 3.

### **3.3.2. Realización de comprobaciones funcionales**

Las comprobaciones funcionales se realizan como preparación externa para determinar si un elemento o componente se encuentra en buen estado antes de una preparación de máquina. Para el caso de la preparación de la Slitter, la única verificación de estado que se realiza erróneamente como preparación interna es la verificación del filo de las cuchillas circulares (Actividad 19) según lo indica el Gráfico de Análisis de Operaciones en la figura 4.3. Además, constituye el noveno elemento de mayor duración con 3.62 min como lo señala el Gráfico de Pareto en la figura 4.9.



La verificación del filo de las cuchillas se realiza durante el montaje de las cuchillas circulares, e implica que el operario revise los bordes de cada una de las cuchillas que montará sobre los ejes. Debe tener en cuenta, que los bordes o filos en contacto de las cuchillas siempre deben ser los bordes afilados.

Las cuchillas circulares van perdiendo su filo a medida que se incrementa su utilización. Verificar si es que los bordes de las cuchillas aún se encuentran afilados, es una actividad que no agrega valor a la preparación y por tanto debe ser considerada como un desperdicio.

Por tanto, como recurso de mejora más no como solución, se plantea la necesidad de que las cuchillas circulares lleven una Hoja de Vida donde se registre información referente a la utilización de cada juego de cuchillas, y que con el tiempo permita:

- Determinar el tiempo máximo de uso de las cuchillas circulares sin que pierda su calidad de corte.
- Conocer de forma anticipada el momento exacto en que deben ser afiladas o rectificadas completamente las cuchillas.

En el Apéndice K se muestra el formato para la Hoja de Vida diseñado para controlar el mantenimiento de las cuchillas circulares. La intención de esta Hoja de Vida es llevar un registro perenne de las fechas en que han sido afiladas las cuchillas circulares, las horas trabajadas e información técnica que identifique cada juego de cuchillas.

Después de un tiempo suficiente y con la correcta gestión de la Hoja de Vida y de la información que se levante, se tendrá más de certeza para conocer que juegos de cuchillas se encuentra con el filo correcto y cuales necesitan una rectificación inmediata, pero ciertamente esto no eliminará por completo la “verificación del filo de las cuchillas”.

### **3.3.3. Mejora del transporte de útiles**

Es elemental conocer que todos los procedimientos de transporte deben llevarse a cabo como procedimiento externo, que pueden ser realizados de ser posible por el propio operador mientras la máquina funciona automáticamente, o bien por otro empleado asignado para el transporte. Para los casos en que es condición necesaria que la máquina esté detenida para realizar un transporte de piezas y componentes, resulta mejor tener: “un

empleado asignado para el transporte mientras el operador responsable de la preparación comete otros trabajos”.

Durante las preparaciones de las Slitters se efectúan 4 actividades de transporte, estas son:

- **Actividad 9:** Traer mesa de herramientas
- **Actividad 17:** Cambiar de tipo de cuchillas (transporte desde y hasta la estantería)
- **Actividad 29:** Llevar cuchillas sobrantes a estantería
- **Actividad 30:** Retirar mesa de herramientas

Según el Gráfico de Análisis de Operaciones todas estas actividades son ejecutadas erróneamente como parte de la preparación interna. Asimismo, el Gráfico de Eliminación del Desperdicio señala que dichos procedimientos de transporte son parte de los Desperdicios de Organización y Limpieza. Y tanto el Gráfico de Actividades Múltiples como el Gráfico de Combinación de Operaciones resaltan el hecho de que estos procedimientos de trasportes son realizados por el operador principal y por ende forman parte de la ruta crítica de la preparación. Como hecho importante a resaltar, la Actividad 17 es la cuarta de mayor

duración. En total, estos procedimientos de transporte implican una duración de 7.25 minutos.

El Transporte de la mesa de herramientas involucra traer y retirar la mesa hasta y desde el área de preparación. Pareciera que estas dos primeras actividades (actividades 9 y 30) están equívocamente realizadas de forma interna, pero esto se realiza así, puesto que no es posible aproximar la mesa dentro del área misma de preparación cuando la máquina está corriendo.

Cambiar de tipo de de cuchillas supone pasar de un juego de cuchillas a otro. El procedimiento completo consiste en:

- Esperar a que se termine de procesar el lote.
- Desmontar el juego de cuchillas de los ejes de corte.
- Llevar el juego de cuchillas salientes a la estantería.
- Traer un nuevo juego de cuchillas.

Por tanto, la actividad de llevar las cuchillas salientes a la estantería no es factible realizarla como preparación externa puesto a que debe de esperarse que la máquina este detenida para proceder a desmontar las cuchillas.

Resulta obvio mencionar, que sí es posible traer desde la estantería las cuchillas que servirán para la preparación y aproximarlas a la Slitter como parte de la preparación externa siempre y cuando se conozca con anterioridad la calidad del acero a cortar en la siguiente corrida de producción, puesto que este es el parámetro que define el tipo de cuchillas a utilizar, pero no es viable ubicarlas dentro del área misma de preparación mientras la Slitter esté corriendo.

Una vez finalizado el montaje de las cuchillas sobre los ejes de corte es necesario llevar las cuchillas sobrantes a la estantería. Como se puede notar, esta actividad también es parte de la preparación interna. Con todo lo mencionado anteriormente, se sugiere realizar el siguiente cambio:

- El transporte de la mesa de herramientas hasta y desde el área de preparación, el cambio de tipo de cuchillas y llevar las cuchillas sobrantes a la estantería lo debe realizar una persona diferente al operador responsable de la preparación de Slitter.

Pero de hecho, la actividad referida a “llevar las cuchillas sobrantes a la estantería, también puede ser realizada una vez que la máquina haya empezado a producir. Lo importante, es que el operador principal se despreocupe de realizar este tipo de

actividades; y siempre que un procedimiento de transporte sea factible realizarlo como parte de la preparación externa, deberá ser considerado como tal.

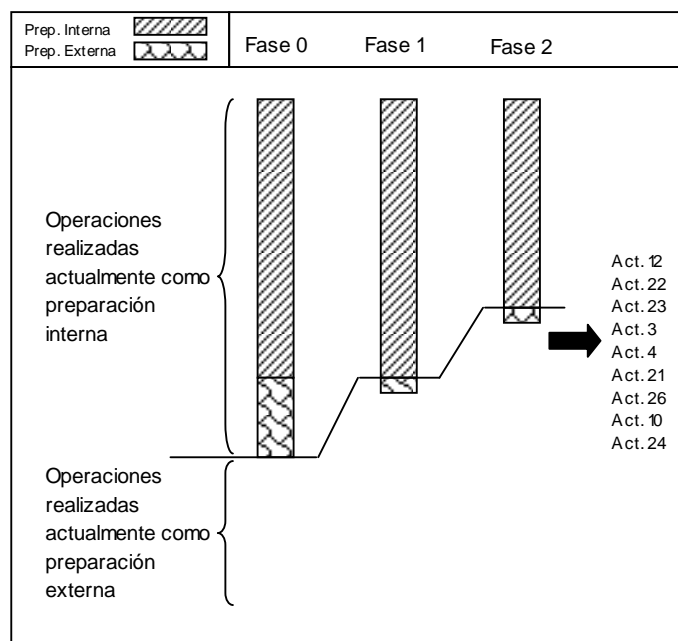
Lo que se consigue con estos cambios es que el operador principal pueda pasar a realizar otras actividades mientras una segunda persona se ocupa de ejecutar paralelamente los procedimientos de transporte. En consecuencia, este cambio extrae a estos procedimientos de transporte de la ruta crítica de la operación, lo que genera que el tiempo necesario para que el operador culmine con la preparación, disminuya en igual proporción de tiempo.

El problema de los transporte de útiles y su respectiva opción de mejora serán nuevamente retomados para su análisis dentro de la tercera fase del sistema SMED, puesto que ésta es una mejora del tipo llamada como “Operaciones en Paralelo”.

### **3.4. Segunda Etapa: Convertir la preparación interna en externa**

Esta fase del sistema SMED tiene por objeto reevaluar las operaciones para ver si algunas de las actividades están erróneamente consideradas como interna, y, buscar formas para convertir esos pasos en externos. De esta forma, se podrá contar con más actividades como parte de la preparación externa.

La figura 4.11 hace una referencia gráfica acerca de la evolución que sufrirá la operación de preparación de la Slitter considerando las actividades que serán abarcadas a través de la segunda fase del sistema SMED.



### 3.4.1. Preparación anticipada de las condiciones de operación

La limpieza de las cuchillas circulares y de los discos separadores (Actividades 12 y 23) se lleva usualmente a cabo como parte de la preparación interna de las Slitters, al igual que la corrección de defectos que puedan presentar los discos separadores (Actividad 22); además de las búsquedas de herramientas y componentes como guantes, separadores y cauchos a pesar de la clasificación y ordenamiento de estas

herramientas y componentes (Actividades 3, 4, 21, 26 y 10 respectivamente).

Como se pudo observar en el Gráfico de Análisis de Operaciones, las actividades arriba mencionadas son parte de la preparación interna, y mal estaría seguir considerándolas como tal. Por otra parte, todas éstas a excepción de la Actividad 22 forman parte del grupo de actividades denominadas como Desperdicio de Organización y Limpieza según el Gráfico para la Eliminación del Desperdicio. Sin embargo, la actividad más crítica de todas las señaladas es la “Limpieza de los discos separadores” que según el Análisis de Pareto es la tercera actividad de mayor duración con 5.29 minutos.

No tiene sentido que alguna o todas estas actividades sigan siendo realizadas por el operador durante la preparación interna, cuando el objetivo de cada una es: “dejar listos todos los componentes y herramientas antes de empezar con una preparación”. Además del hecho que éstas actividades así como el de la gran mayoría se encuentran dentro de la ruta crítica del procedimiento de preparación.

Así pues, la solución a este problema implica que una persona diferente al operador responsable de la preparación realice la limpieza anticipada de las cuchillas circulares y de los discos



separadores, pero antes éste debe esperar a que las cuchillas y discos sean desmontados de los ejes de corte. Asimismo, esta segunda persona se deberá hacer cargo de las cuchillas y discos que no están en uso y que reposan sobre la estantería o mesa. Así pues, se consigue que el operador se pueda desempeñar en otras actividades.

La misma solución se aplica para la corrección de defectos en los discos separadores.

Nuevamente, lo que se consigue con estos cambios es que el operador principal pueda pasar a realizar otras actividades mientras una segunda persona se ocupa de realizar la limpieza y la corrección de defectos. En consecuencia, este cambio extrae a las actividades 12, 22 y 23 de la ruta crítica de la operación, lo que genera que el tiempo necesario para que el operador culmine la preparación, disminuya en 7.52 min.

Esta medida es del tipo de mejoras correspondientes a actividades en paralelo y que solo pueden aplicarse cuando se tiene algún recurso subutilizado y en donde la carga de trabajo de la operación esta des balanceada, lo que ya fue demostrado

para este caso mediante el Grafico de Actividades Múltiples y el Grafico de Combinación de Operaciones.

Todas estas mejoras serán nuevamente retomadas para su análisis dentro de la tercera fase del sistema SMED, puesto que ésta es una mejora del tipo llamada como “Operaciones en Paralelo”.

Con respecto al resto de actividades que implican clasificación, ordenamientos y búsquedas, esta claro que son actividades que implican una acción anticipada, pero que su solución solo podrá ser mencionada dentro de la tercera fase del sistema.

### **3.4.2. Estandarización de funciones**

Estandarizar funciones tiene muchas ventajas en operaciones de preparación como éstas. La estandarización de funciones requiere estandarizar solo aquellas piezas cuyas funciones son necesarias desde el punto de vista de las operaciones de preparación. Se debe decidir que operaciones han de ser estandarizadas y debe distinguirse entre piezas que deben ser estandarizadas y piezas que necesitan cambios, en función de del impacto que pueda tener en la disminución del tiempo de preparación. Una estandarización de funciones eficiente requiere

del análisis de las funciones y el reemplazo del menor número posible de piezas (1). Con estas consideraciones, se puede mencionar que la actividad de mayor duración y que mayor impacto tiene sobre el tiempo total de preparación es la “Colocación de discos separadores (Actividad 24)” con una duración de 7.94 minutos.

Según se dijo dentro del “procedimiento analítico para la colocación de discos y cuchillas” y tal como se ejemplifica en el Apéndice D, la formación de los cortes y de las tolerancias para el corte sobre los ejes, es el resultado de ir colocando varios discos separadores de diferentes dimensiones hasta conseguir el ancho deseado. Esto requiere que el operador realice una gran cantidad de movimientos; siendo también la función más relevante pues una desviación en este procedimiento conllevaría a obtener productos fuera de norma.

Para este problema, la solución implica desarrollar discos calibrados que representen magnitudes fijas para los desarrollos (flejes) producidos con mayor frecuencia. Si se tuviesen discos separadores con las dimensiones exactas del corte y de las tolerancias para el corte, no habría manera que la intuición prevalezca; los discos calibrados permitirían lograr magnitudes iguales en situaciones posteriores; hasta es posible, que otras

personas monten la máquina con el mismo valor, además de reducirse el tiempo empleado para este procedimiento.

Por ejemplo, si se deseara formar un corte de 120 mm, en lugar de colocar 5 ó 6 discos separadores que conlleva a su vez realizar 5 ó 6 movimientos, sería mejor colocar un solo disco separador de 120 mm. Para este caso, estandarizar significa que el operador posea herramientas que le brinden la capacidad de preparar la Slitter con las mismas magnitudes en reiteradas ocasiones.

La colocación de discos separadores se efectúa según el Gráfico de Análisis de Operaciones como parte de la preparación interna. Aunque el objeto de esta fase es convertir ésta actividad a preparación externa, esto no será totalmente posible; puesto que, lo que se estandarizará serán los “discos separadores”, para que la función “colocación de discos” sea más corta dentro de la misma preparación interna. La herramienta en la que se apoyará el análisis para reconocer que discos serán estandarizados, es el Análisis de Producto Cantidad P-Q, expuesto al inicio de este capítulo.

Del Apéndice E, se han tomado y ubicado en una tabla mostrada mediante el Apéndice L, los 20 primeros desarrollos que se producen con mayor frecuencia. Puesto que los desarrollos o flejes son un subproducto para la elaboración de tubos, cañerías y perfiles, en la tabla a cada desarrollo se le ha adjuntado la lista de productos para los cuales son empleados dichos desarrollos, con sus respectivos espesores de fabricación, calidad de acero y el parámetro de tolerancia relacionado a la ejecución de la preparación.

Para cada desarrollo se calculó las dimensiones que deberían tener los discos separadores para el corte y la tolerancia para el corte (dos últimas columna de la tabla - Apéndice L), considerando su respectivo parámetro de tolerancia, el cual depende del espesor del acero que se vaya a cortar (las dimensiones están medidas en milímetros). Nótese, que deberían ser fabricados una cantidad importante de discos calibrados debido a que con cada desarrollo es posible fabricar varios productos solo con variar el espesor del acero. Por tanto, es importante señalar que es posible reducir considerablemente la variedad de calibres utilizando combinaciones de un número limitado de componentes.

Por ende, el siguiente paso es agrupar en familias y según su semejanza, las dimensiones calculadas que deberían tener los discos para el corte y tolerancia para el corte. En la tabla 16 se puede apreciar dicha agrupación. En estas tablas, cada fila representa una familia de desarrollos siendo la primera magnitud (izq.), el desarrollo base de donde se derivarán los demás. Es decir, en función de la magnitud base, se buscaron todas las combinaciones posibles que permitan armar el resto de desarrollos, con el objeto de minimizar el número total de discos separadores a fabricar.

TABLA 17  
AGRUPACION EN FAMILIAS

FAMILIA DE DESARROLLOS PARA EL CORTE				
31.5				
40.5	50.5	60.5	120.5	
38				
40	50	60	70	80
120	150	160	170	
95				
98	208			
147				
159.5				

FAMILIA DE DESARROLLOS PARA LA TOLERANCIA DE CORTE						
1.3						
10.3	20.3	30.3	90.3			
7.7						
19.7	29.7	39.7	49.7	89.7	119.7	129.7
9.8						
54.5						
64.7						
57.5	167.5					
67.8						
79.5	109.5	129.5				
106.7	116.7					
119.2	129.2					

a)

b)

Las dimensiones de los discos para el corte y para la tolerancia de corte se encuentran en la tabla 17 y 18, respectivamente.

TABLA 18  
SEPARADORES Y SUS COMBINACIONES (CORTE)

SEPARADORES	COMBINACIONES									
	50.5	60.5	120.5	60	70	80	150	160	170	98
40.5	+10	+20	+80+0.5							
50				+10	+20	+30				
120							+30	+40	+50	

TABLA 19  
SEPARADORES Y SUS COMBINACIONES (TOLER. CORTE)

SEPARADORES	COMBINACIONES											
	20.3	30.3	90.3	29.7	39.7	49.7	119.7	129.7	109.5	129.5	116.7	129.2
10.3	+10	+20	+80+0.3									
19.7				+10	+20	+30						
89.7							+30	+40				
79.5									+30	+50		
106.7=89.7+17											+89.7+27	
119.2												+10
54.5						SIN COMBINACION						
64.7						SIN COMBINACION						
57.5						SIN COMBINACION						
67.8						SIN COMBINACION						

Las magnitudes de la columna izquierda son los desarrollos básicos y las magnitudes de la fila superior son los desarrollos que se derivan de la base de cada familia. Por ejemplo, observando la tabla 18 se puede apreciar que para formar un desarrollo de 129.7 mm se puede usar el calibre de 89.7 mm más uno de 40 mm.

De las dimensiones mostradas mediante la tabla 16.b, los anchos 1.3 – 7.7 – 9.8, no se encuentran dentro de la tabla 17, puesto que éstas son dimensiones muy pequeñas que no

conlleven un esfuerzo y duración mayor, por consiguiente, no fueron incluidas dentro del análisis.

Ahora bien, como se puede apreciar en ambas tablas (17 y 18), para formar las diferentes combinaciones es necesario la utilización de discos separadores con dimensiones que se repiten de forma continua. Estas dimensiones son: 10, 20, 30, 40 y 50, milímetros. La Slitter objeto de análisis posee discos separadores con todas estas dimensiones, pero como dato adicional, es preciso señalar la necesidad de fabricar discos separadores de 90 mm por la poca cantidad que existen al momento.

En el Apéndice M se muestra un inventario realizado para determinar el número de discos separadores que posee la Slitter.

Resumiendo, la solución implica fabricar por lo menos 4 discos separadores calibrados de las siguientes dimensiones:

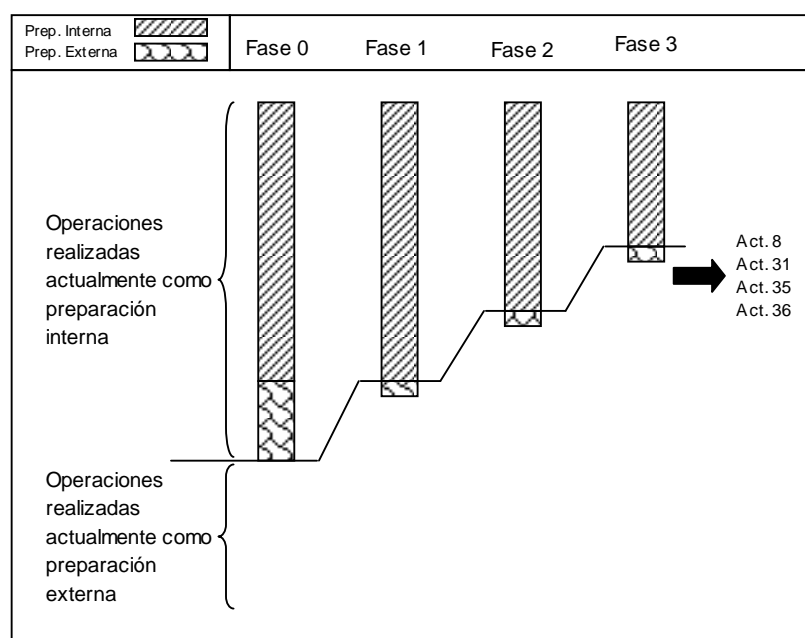
10.3 - 17 - 19.7 - 27 - 31.5 - 38 - 40.5 - 50 - 54.5 - 57.5 - 64.7 -  
67.8 - 79.5 - 89.7 - 90 - 119.2 - 120 milímetros.



Como consecuencia de la agilidad obtenida con la estandarización, se estima que la actividad de colocar los discos separadores podría ser un 50% más ágil.

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

A través de esta fase se trata de perfeccionar en la medida de lo posible las operaciones interna y externa, es decir, lo que se intenta es mejorar las actividades para que se puedan realizar de forma ágil sin necesidad de malgastar tiempo y energía en movimientos innecesarios. En esta tercera y última fase se tocarán mejoras que impliquen realizar operaciones en paralelo, utilización de anclajes funcionales, eliminación de ajustes y mecanización. La figura 4.12 hace una referencia gráfica acerca de la evolución que sufrirá la operación de preparación de la Slitter considerando las actividades que serán abarcadas a través de la tercera fase del sistema SMED.



**Operaciones en Paralelo.** La preparación de la Slitter lleva asociado invariablemente trabajos en varios frentes de la máquina. Cuando estas operaciones son realizadas por una sola persona, se malgasta continuamente movimiento mientras ésta se desplaza alrededor de la máquina. Las operaciones en paralelo que necesitan más de un operario ayudan mucho en acelerar este tipo de trabajos. Con dos personas, una operación que lleva doce minutos no será completada en seis minutos, sino que, quizás, en cuatro minutos, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen.

Cuando se realiza una operación en paralelo, se debe poner atención especial en evitar esperas innecesarias, la planificación y el balance de la carga de trabajo de ambos operadores debe ser minuciosamente planificada de tal forma que uno y otro operador acaben casi al mismo tiempo. Los directores y/o jefes dicen a menudo que el tener personal insuficiente les impide realizar operaciones en paralelo. Este problema se elimina con el sistema SMED porque solo será necesaria una asistencia de pocos minutos, e incluso pueden ayudar los trabajadores no especializados, puesto que las operaciones a realizar son simples.

La asistencia puede ser proporcionada por el operador de una máquina automática, por alguien que aproveche un tiempo vacío entre operaciones, o por el supervisor de turno. Con un poco de inventiva pueden encontrarse muchos métodos (1).

En la segunda fase del sistema SMED se dejó expreso que ciertas actividades deberían ser realizadas con la asistencia de una segunda persona y que serían abarcadas dentro de ésta tercera fase del SMED. Por ende, a continuación se trae nuevamente a análisis esas actividades para ser estudiadas bajo el concepto de las Operaciones en Paralelo. Estas actividades son:

- **Actividad 9.** Traer mesa de herramientas.
- **Actividad 12.** Limpieza de cuchillas circulares.
- **Actividad 17.** Cambiar de tipo de cuchillas circulares.
- **Actividad 22.** Corregir defectos de los discos separadores.
- **Actividad 23.** Limpieza de discos separadores.
- **Actividad 29.** Llevar cuchillas sobrantes a la estantería.
- **Actividad 30.** Retirar mesa de herramientas.

Las actividades 9, 17, 29 y 30 son procedimientos de transporte, mientras que el resto (actividades 12, 22 y 23) son actividades que

necesariamente deben realizarse para dejar listo las condiciones necesarias para una preparación.

Según se mostró por medio de la figura 4.6, el porcentaje de utilización del ayudante es apenas el 35% del tiempo total que el operador principal se demora en realizar la preparación de la Slitter. Así mismo, el Gráfico de Actividades Múltiples de la figura 4.5 y el Gráfico de Combinación de Operaciones Estándares de la Figura 4.7, denotan además lo mal balanceada que se encuentra todo el procedimiento de preparación, resultando en una marcada ruta crítica generada por parte del operador principal.

La solución a este doble problema, es pasar la responsabilidad de las todas las actividades antes mencionadas, desde el operador principal hacia el ayudante del área, de tal forma que la carga de ambos quede mejor balanceada, o por lo menos descargar algo de trabajo al operador.

Hay que tener muy en consideración, que todas éstas actividades serán eliminadas pero de la responsabilidad del operador, y por ende, desaparecerán solo de la actual ruta crítica de la preparación, y ciertamente no hay que olvidar que las mismas seguirán existiendo y

siendo ejecutadas por el ayudante. Esto será más adelante esquematizado.

Es importante señalar que, con el solo hecho de pasar todos los procedimientos de transporte (Actividades 9, 17, 29 y 30) a responsabilidad de una segunda persona para que sean realizadas de forma paralela, según se lo plantea con la solución, se eliminan los retrocesos, cruces y recorridos excesivos que fueron indicados en el análisis realizado con el Diagrama de Flujo de Recorrido de la figura 4.8.

Cabe reiterar, que para pasar las actividades 12, 22, 23 se debe tener en consideración ciertos cambios necesarios para que ésta solución sea práctica, las cuales se mencionan a continuación:

- Tanto, para la limpieza de las cuchillas circulares, como para limpieza y corrección de los defectos de los discos separadores, es preciso contar con una mesa adecuada para realizar este tipo de procedimientos, para que, mientras el operador realiza el desmonte, el ayudante paralelamente realice lo a él asignado.
- La retirada de los cauchos debe ser responsabilidad total del operador principal.

- Los cauchos deberán ser ubicados (ordenados) del mismo lado que se encuentra la mesa de herramientas, a un costado, ya no del lado opuesto.

Mediante el estudio de tiempos se mostró que existe una actividad denominada “retirar y ordenar cauchos (Act. 14)” y que es realizada por parte del operador principal; esta actividad es producto de una aislada asistencia que brinda el mismo al ayudante cuando este no se demuestra ágil en su función, pero en definitiva son las mismas tareas, pero actualmente sobre el ayudante es en quien recae la total responsabilidad de su ejecución.

El ayudante de la preparación se demora actualmente un tiempo aproximado de 7 minutos en culminar con la retirada de los cauchos. Por tanto, al pasar ésta labor a manos del operador, se estima que el mismo deberá demorarse igual cantidad de tiempo.

Nótese además, que con el cambio mencionado a través del último punto, se eliminan los retrocesos, cruces y recorridos excesivos productos de la actividad 25 “caminar entre separadores y cauchos”, que fueron mencionados en el cuarto punto del análisis realizado con el Diagrama de Flujo de Recorrido de la figura 4.8.

Un nuevo gráfico de Actividades Múltiples y de Combinación de Operaciones será desarrollado y presentado dentro del capítulo 5, para esquematizar el resultado de todas las mejoras.

**Utilización de anclajes funcionales.** Un anclaje funcional es un dispositivo de sujeción que sirve para mantener objetos fijos en su sitio con un esfuerzo mínimo. Según el sistema SMED, las tuercas hidráulicas de la Slitter utilizadas para asegurar las cuchillas circulares y los discos separadores a los ejes de corte son un método directo de sujeción.

Las tuercas hidráulicas constan de dos elementos básicos: un aro de acero con rosca interior provisto de una ranura circular en una de sus caras, y un pistón anular que va insertado en la ranura del aro. Dos juntas colocadas entre el aro y el pistón sirven como obturaciones. Cuando el aceite se bombea a la cámara de presión, la fuerza que empuja al pistón es suficiente para hacer presión sobre las cuchillas circulares y discos separadores. Las tuercas hidráulicas están provistas de dos agujeros roscados para la conexión de los conductos de aceite; uno de ellos situado en la cara lateral y el otro, en la superficie cilíndrica exterior. Las tuercas tienen roscas métricas trapeciales ISO mecanizadas con tolerancia 7H (ISO 2901 – 1977). La rosca correspondiente a los ejes de corte están mecanizadas con tolerancia 7e (ISO 2901 – 1977). Los aros de las tuercas son de acero templable

y los pistones anulares son de acero al cromo. Las tuercas se introducen a través de las roscas situadas al final de los ejes de corte. En el plano 4 se puede apreciar el esquema de las tuercas hidráulicas (6).

El sistema SMED hace un análisis acerca de éste tipo de accesorios, con el cual se menciona que si la rosca de una tuerca tiene quince hilos, no podrá apretarse hasta que la tuerca sea girada quince veces, siendo en realidad la última vuelta la que aprieta la tuerca y la primera la que lo suelta. Las restantes catorce vueltas son un despilfarro (1).

Para el caso de la preparación de la Slitter, aflojar y retirar (Actividad 8) y/o colocar y apretar (Actividad 31) las tuercas hidráulicas son actividades que implican un despilfarro total de movimientos y una demora de 2.23 minutos cada una, o sea, en total 4.46 minutos. Son actividades internas que necesariamente deben ser mejoradas, y son parte de las actividades consideradas dentro del grupo de Desperdicio de Reemplazo, como se puede apreciar en la figura 4.4.

Es necesario señalar, que por la estructura de la Slitter, las tuercas hidráulicas no soportan carga alguna (fuerza) en dirección radial, o sea, no existe componente del peso tanto de las tuercas como de las cuchillas y discos, puesto que las cuchillas y los discos se encuentran



asentados sobre un par de ejes horizontales, los que han sido llamados hasta ahora “ejes de corte”. Por tanto, si bien es cierto que las tuercas hidráulicas son un mecanismo de sujeción para las cuchillas y discos, su principal función es el de regular y calibrar las tolerancias para el corte establecido entre las cuchillas circulares.

La solución es desarrollar tuercas hidráulicas con el método de una sola vuelta. Para esto, se debe:

- Mecanizar ranuras a lo largo de la rosca de las tuercas hidráulicas para dividirla en tres secciones.
- Mecanizar ranuras equivalentes en la rosca de los ejes de corte, procurando dejar intactos los últimos dos o tres hilos.
- Para continuar el proceso de montaje, se debe insertar los salientes de los ejes de corte con las ranuras de las tuercas hidráulicas. Después cada tuerca se hace simplemente deslizar hasta su posición final.
- La tuerca se aprieta con una sola vuelta.

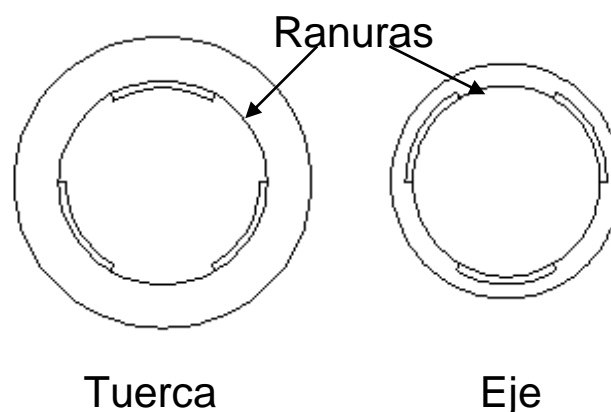


FIGURA 4.13 TUERCA Y EJE ACANALADO

Según se dijo, para este caso particular no existe componente de cargas en ejes radiales, entonces no es necesario mantener el área de fricción efectiva entre las roscas de los ejes y de las tuercas, por tanto, tampoco es preciso considerar la prolongación de la parte hembra del anclaje, o sea, la tuerca hidráulica.

Se estima, que con esta mejora se podría reducir el tiempo empleado para las actividades 8 y 31 en un 80%, por la agilidad que se obtiene en montar las tuercas con una sola vuelta.

**Eliminación de ajustes.** Los ajustes, operaciones de prueba, rearmados suponen normalmente un considerable porcentaje del tiempo de preparación. Eliminarlos, conducirá siempre a grandes ahorros de tiempo. Los ajustes y operaciones de prueba son un mal necesario a causa de centrados imprecisos, mal dimensionado, etc. actividades típicas del procedimiento de preparación interna. Es importante reconocer que los ajustes no son una operación independiente. Para eliminarlos, se debe retroceder un paso y mejorar los estados iniciales de la preparación interna.

Eliminar los ajustes requiere abandonar la confianza en la intuición al preparar máquinas para producción. Los juicios intuitivos pueden tener alguna clase de validez, pero continúan siendo inexactos y no tienen la misma precisión como los montajes con valores constantes. Siempre que se realicen posicionamientos en base a la intuición, no hay modo de evitar operaciones de prueba. El paso inicial para eliminar los ajustes es hacer calibraciones. Cuando la intuición prevalece, no hay manera de representar magnitudes fijas. Las calibraciones superan este problema, logrando magnitudes iguales en situaciones posteriores; hasta es posible, que otras personas monten la máquina en el mismo valor.

Fue por este motivo que se desarrolló dentro de la segunda fase del sistema la estandarización de los discos separadores. Nótese, que con la estandarización se elimina la necesidad de realizar ajustes después de finalizado el montaje de las cuchillas y discos sobre el eje de corte, por ende, ambas ideas tiene mucha relación.

Pero, es muy común encontrar dentro de las fábricas, que los trabajadores se enorgullecen de cuan frecuente, inteligente y rápidamente pueden hacer ajustes. Esto es, por supuesto, una destreza importante, pero no se deben perder de vista las mejoras que puedan hacer innecesarios los ajustes.

Aunque parezca trivial, los trabajadores cometen a menudo errores sumando y restando, con lo que a su vez se necesita un tiempo adicional para comprobar todas las operaciones.

Entonces, cabe recordar que el desarrollo de la “carta de preparación” dentro la primera fase del sistema elimina la posibilidad de asunciones y cálculos mentales por parte del operador, puesto que debe regirse a las indicaciones que en ella se describan.

Así pues, la estandarización de los discos separadores y la carta de preparación, tiene un impacto directo sobre dos actividades con duraciones significativas, eliminándolas del procedimiento de preparación, estas son:

- **Actividad 35:** Ajustes y/o calibración
- **Actividad 36:** Rearmado / Post ajustes

La primera y la segunda actividad con duración similares de 4.60 minutos ocupan la 6ta y 7ma posición dentro del Pareto, es decir, se ha podido reducir la preparación en 9.2 minutos.

**Mecanización.** Mecanizar una preparación ineficiente proporcionará reducciones de tiempo, pero hará muy poco para remediar los defectos básicos de una preparación mal diseñada.

La preparación de la Slitter, dentro del conjunto de actividades identificadas como Desperdicio de Organización y Limpieza, cuenta con un grupo que son actividades netas de búsquedas. Estas, fueron abarcadas durante la segunda fase del sistema, donde se dijo que eran procedimientos para una “preparación anticipada de condiciones de operación”. Estas son:

- **Actividad 3:** Buscar guantes
- **Actividad 4:** Buscar herramientas
- **Actividad 10:** Clasificación y ordenamiento de componentes
- **Actividad 21:** Buscar separadores
- **Actividad 26:** Buscar cauchos

La solución que ahorra la labor de personas en el problema de búsquedas de medios o componentes para las preparaciones de máquinas, es un “carro especializado” que posea una estructura tal como para albergar todos los medios necesarios para una preparación (4).

Los medios que se usan en la preparación de la Slitter, y que se han venido mencionando a través de toda la presente tesis, son:

- Cuchillas circulares
- Discos separadores
- Cauchos

Además de estos, se tiene la utilización de guantes, barretillas, trapos, waipes, etc.

Actualmente, la operación cuenta con una mesa de herramienta inadecuada para la finalidad para la cual tuvo que haber sido diseñada. La principal desventaja que posee esta mesa de herramientas es el poco espacio y la poca cantidad de divisiones o compartimientos que permitan almacenar todos los medios de forma ordenada y con esto se logre agilizar el trabajo.

Para el diseño y desarrollo del nuevo carro de herramientas, se debe tener en consideración que el mismo tiene que poseer áreas específicas y suficientemente espaciales como para albergar cada uno de los elementos antes mencionados. Se recomienda además, utilizar

un portaútil giratorio en la parte superior del carro equipado con un transportador de rodillos de ser posible, por ser un método común y bastante apropiado para manejar útiles de pequeño y mediano tamaño, como las cuchillas circulares y los discos separadores.

Como se recordará, mediante las mejoras de las operaciones en paralelo, se pasó la responsabilidad de la limpieza de las cuchillas y discos separadores al ayudante. Por ende, la idea de que el nuevo carrito posea un portaútil giratorio sería conveniente, puesto que, el portaútil proporcionará el espacio para efectuar la limpieza y un mecanismo para mejorar la organización. Con un portaútil instalado en la nueva mesa de herramientas, el ayudante solo tendrá que ir escogiendo los componentes, ejecutando su limpieza y colocándolos en el correspondiente compartimiento. De ser posible, el carro podría contar hasta con dos portaútiles giratorios dependiendo su diseño (7).

Además de los medios antes mencionados, existe una herramienta más que debe ser tomada en cuenta por el papel que desempeña para la correcta ejecución de la preparación de la Slitter, se refiere a la carta de preparación. La nueva mesa de herramientas debe tener un lugar destinado para el almacenamiento de la carta de preparación y que este al alcance del operador.

Como es conocido, cuando se va a realizar una preparación que implica un cambio en la calidad del acero (de Laminado en caliente a Laminado en frío/Galvanizado o viceversa), es necesario realizar también el “cambio de cuchillas circulares” (Actividad 17). Las cuchillas circulares se manejan por juegos, dependiendo de sus dimensiones. El problema de este procedimiento de transporte, es que su traslado es manual, convirtiendo a esta operación en una operación ineficiente, puesto que no se tiene en cuenta el concepto de carga unitaria para el traslado de las 25 a 30 cuchillas necesarias en una preparación.

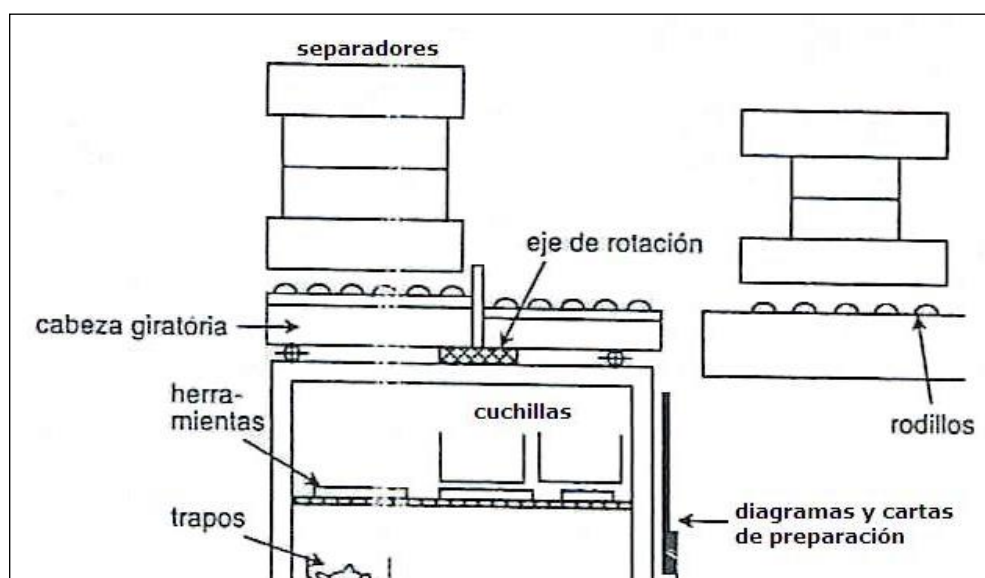
Por esta razón, aprovechando el mejoramiento de la mesa de herramientas, se puede agilizar el transporte de las cuchillas, procedimiento que ahora es parte de la responsabilidad del ayudante (cambio sugerido como medida de las operaciones en paralelo), mediante la construcción de canastillas que sirvan como rack para el almacenamiento y transportación de las cuchillas circulares, las cuales podrán ser movilizadas por el puente grúa cercano a la Slitter por el peso que estas soportarán.

Como se puede apreciar mediante el Plano 2, las cuchillas circulares presentan diferentes dimensiones. En general, existen cuchillas de 15 mm y 20 mm de espesor; y, de 300 de diámetro exterior la de mayor tamaño. Las canastillas podrían albergar hasta 15 cuchillas, con lo cual se necesitarían tan solo dos canastillas para transportar el juego



completo, de no más de 30 a 35 cm. por lado; con esto, lógicamente también se debe proveer a la mesa de un espacio donde asentar las canastillas una vez se realice su diseño.

Mediante este último punto, se ha tratado la mecanización como una opción de mejora. Cabe indicar, que la propuesta presentada no es una mecanización completa, entiéndase con mecanización a la automatización o introducción de componentes o equipos mecánicos que faciliten una operación. Simplemente, se ha tratado de introducir métodos mecánicos tales como el portaútiles giratorio o la misma mesa de herramienta, a formar parte del nuevo procedimiento de preparación, motivo por el cual se han abarcado estas mejoras dentro de la mecanización. La figura 4.14 es un ejemplo de un carro especializado para preparaciones, en el cual se puede apreciar el portaútil giratorio y los diferentes compartimientos para las herramientas y componentes. Una vez que sea aplicada esta mejora, la empresa deberá realizar su propio diseño del carro según sus requerimientos.



### **3.6. Costos de aplicación del sistema SMED**

Antes de pensar en la implementación de las mejoras desarrolladas, es necesario comprobar la viabilidad económica del proyecto, considerando tanto los ahorros estimados producto de la mejora, como los costos que se generan por la aplicación de dicha mejora. Utilizando indicadores como el VAN (valor actual neto) y la TIR (tasa interna de retorno) se evaluará el proyecto comparando el ahorro con el monto de la inversión.

#### **Calculo del Ahorro**

Al disminuir los tiempos de preparación de la Slitter se podrá elevar la productividad de este centro como principal beneficio producto de un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada de la Slitter.

Asumiendo que se quisiera mantener el mismo nivel de producción actual, un aumento en la productividad involucra una disminución en el tiempo de operación de la Slitter, es decir ahorros de recurso de personal (horas extras).

También es válido pensar que con una mayor capacidad de producción, el nivel de inventario de producto en proceso (flejes) podría disminuir, lo que llevaría a obtener ahorros por mantenimiento de inventario. Lamentablemente, la empresa no cuenta con la suficiente información como para realizar una estimación válida acerca de este ahorro.

El tiempo de preparación de la Slitter es de 78.99 minutos según el estudio de tiempos, y por lo general en un día normal de labores se realizan en promedio 3 preparaciones. Para calcular el tiempo de preparación anual se tiene:

$$\text{Tpo.Preparación Anual} = \text{Tpo.Preparación} \times \text{No.Preparaciones/día} \times \text{Días laborables/año}$$

$$\text{Tpo.Preparación} = 78,99 \text{ minutos}$$

No.Preparación./día = 3

Días laborables/año = 6 días/sem x 52 sem/año = 312 días

Entonces,

Tpo.Preparación.Anual =  $(78,99/60) \times 3 \times 312 = 1232,24$  hrs. prep./año

Tpo.Preparación.Inicial = 78,99 min.

Tpo.Preparación.Final = 39,99 min.

Por regla de tres, se tiene que se ha alcanzado una reducción del 49,37%. Entonces:

Aho.Tpo. =  $1232,24 \text{ hrs} \times 0,4937 = 608,35$  hrs/año

Las Slitters cuentan con dos operarios: el principal y su ayudante, ambos realizan la preparación y el monitoreo de la operación de la máquina. Particularmente, las Slitter son los únicos centros de la planta que trabajan de lunes a viernes 12 horas y los sábados 8 horas. Esto significa que al mes a cada Slitter hay que reconocerle 88 horas con un 50% de recargo (\$1.24 y \$0.93 para sueldos de \$200 y \$150, respectivamente) y 32 horas con un 100% de recargo (\$1.66 y \$1.24 para sueldos de \$200 y \$150, respectivamente) por concepto de horas extras.

Por tanto, el gasto incurrido al año por concepto de horas extras en la Slitter es igual a:

Gto.Hrs.Ext. =  $(88h \times (1,24\$/h + 0,93\$/h) + 32h \times (1,66\$/h + 1,24\$/h)) \times 12 \text{ mes} = \$3405,12$  equivalente a 1440 hrs. extras al año.

Con una reducción al año de 608,35 horas al año, se tiene por regla de tres que el ahorro de mano de obra es: **\$1438,57 /año**

### **Inversión en mejoras**

Antes de realizar cualquier cálculo, es preciso señalar cuales son las mejoras que implican una inversión considerable de dinero; entre estas se tiene:

- Maquinado de las tuercas hidráulicas y de los ejes de corte para la formación de las ranuras.
- Construcción de los discos separadores calibrados.
- Construcción de la nueva mesa de herramientas.

Puesto que la empresa cuenta con su propio taller de máquinas y herramientas y de soldadura, no será necesario trasladar estos trabajos a talleres externos, sin embargo, la cotización de dichas labores fue

hecha en algunos talleres, con lo cual se obtuvieron valores referenciales para cada uno, los que son mostrados a continuación:

- El maquinado del par de tuercas hidráulicas con sus respectivos ejes tiene un costo de \$100,00.
- La construcción de los discos separadores calibrados tiene un costo de \$2.100,00.
- Finalmente, la construcción de la nueva mesa de herramientas tiene un costo de \$250,00.

Por tanto, la inversión total única asciende a un valor de **\$2.450,00**.

### **Evaluación de la mejora**

Según el Jefe de Personal de la empresa, los sueldos y salarios aumentan a una tasa anual de 5% aproximadamente. Con este dato, se calcularán los ahorros correspondientes para los primeros 3 años, necesarios para la evaluación financiera de la mejora mediante el VAN (valor actual neto) y la TIR (tasa interna de retorno), para lo cual se utilizará la hoja de calculo EXCEL.

Año 1 = \$ 1438,57

Año 2 = \$ 1510,49

Año 3 = \$ 1586,02

El VAN se calcula utilizando la siguiente ecuación (8):

$$VAN = -IN + \frac{A1}{(i+1)} + \frac{A2}{(i+1)^2} + \dots + \frac{An}{(i+1)^n}$$

Donde,

IN= Inversión Inicial

An = Ahorro en el año "n"

i = Interés expresado como fracción = 0,12

Luego del reemplazo de los valores, el ahorro neto en termino de valor actual es: **VAN=\$1.167,50**. Con los mismos valores, asumiendo el valor del VAN = 0, y despejando i, se tiene que: **TIR=37,66%**.

## CAPÍTULO 5

### 4. RESULTADOS

En este capítulo se tratará sobre las reducciones de tiempo alcanzadas y otros efectos del sistema SMED.

#### 4.1. Tiempo Ahorrado con la aplicación del SMED

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. Con éstas últimas se hace referencia a las actividades que fueron abarcadas como operaciones en paralelo. La tabla 15 muestra las reducciones de tiempo alcanzadas para el procedimiento de preparación de Slitter.

TABLA 20

#### PREPARACIÓN DE SLITTER DESPUES 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	
2	Barrer óxido del área de trabajo	3.48 min	3.48 min	
3	Buscar guantes	0.14 min	0.00 min	
4	Buscar herramientas	0.56 min	0.00 min	
5	Retirar guías de la Slitter	0.28 min	0.28 min	
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	1.11 min	1.11 min	
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	1.95 min	1.95 min	
8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	2.23 min	0.44 min	
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	0.70 min	0.00 min	
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	1.67 min	0.00 min	
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	0.84 min	0.84 min	
12	Limpiar cuchillas circulares (waípe)	1.81 min	0.00 min	
13	Retirar y ordenar discos separadores	4.18 min	4.18 min	
14	Retirar y ordenar cauchos	0.28 min	7.28 min	
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	0.70 min	0.70 min	
16	Planear preparación	5.85 min	0.00 min	
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	4.74 min	0.00 min	
18	Limpiar los ejes de corte	0.70 min	0.70 min	
19	Verificar el filo de las cuchillas	3.62 min	3.62 min	
20	Colocar cuchillas circulares	1.39 min	1.39 min	
21	Buscar separadores	0.42 min	0.00 min	
22	Corregir defectos de los discos separadores	0.42 min	0.00 min	
23	Limpiar los discos separadores	5.29 min	0.00 min	
24	Colocar los discos separadores	7.94 min	3.97 min	



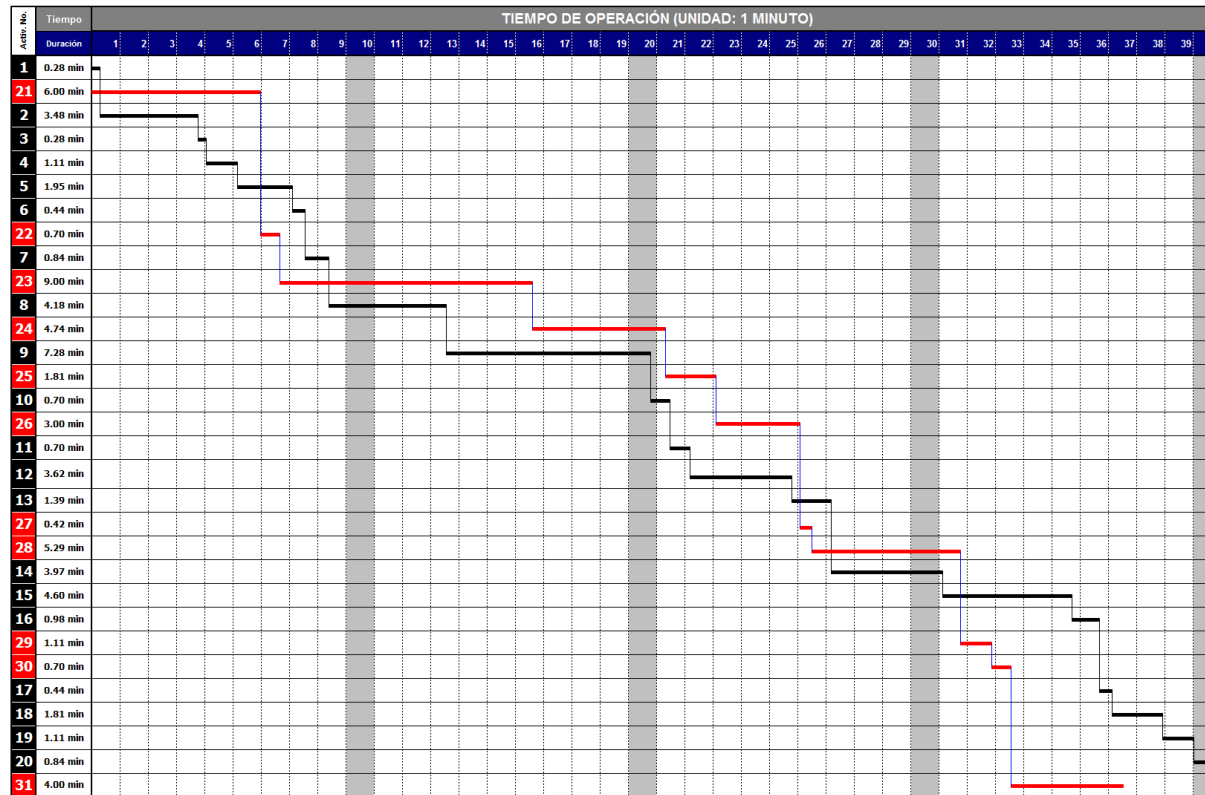
Antes de la aplicación del sistema SMED, la preparación de la Slitter podía ser culminada por el operador principal en 78,99 minutos. Ahora al mismo operador le basta con 39,99 minutos para finalizar dicha operación, esto significa una reducción del 49.37%.

Todos estos cambios pueden ser apreciados por los nuevos gráficos de Actividades Múltiples y de Combinación de Operaciones desarrollados para esquematizar el estado del procedimiento de preparación después de las mejoras y que son presentados a través de la figura 5.1 y 5.2, respectivamente. Como se recordará, ambos gráficos, tienen como objetivo determinar que combinación de operaciones producen un desperdicio mínimo por esperas de operarios.

Estos gráficos son las bases para la aplicación en el campo de todas las mejoras. Son los que ofrecen una visión general acerca del orden y de la secuencia con que se debe ser llevado a cabo el procedimiento de preparación mejorado.

	HOMBRE		TODAS		GRÁFICO DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES		
	TIEMPO	%	TIEMPO	%	OPERACIÓN: <i>Preparación de Slitter - Mejorada</i>		
ACCIÓN INDIVIDUAL ■					<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL	REALIZADO POR:	Willie Córdova H.
ACCIÓN COMB. □					<input checked="" type="checkbox"/> PROPUESTO	FECHA:	Abril 2005
ESPERA ▨							
ACTIVIDAD DE					TIEMPO	ACTIVIDAD DE	





No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Operador	No.	Actividad/Ayudante	No.	Actividad/Ayudante
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	6	Alojar y retirar tuercas hidráulicas	11	Limpiar los ejes de corte	16	Retirar cauchos inadecuados	21	Desarmar eje de separadores	26	Montar eje de separadores
2	Barrer óxido del área de trabajo	7	Retirar y ordenar cuchillas circulares	12	Verificar el filo de las cuchillas circulares	17	Colocar y apretar tuercas hidráulicas	22	Traer mesa de herramientas	27	Corregir defectos de los discos separadores
3	Retirar guías de la Slitter	8	Retirar y ordenar discos separadores	13	Colocar cuchillas circulares	18	Adelantar el bastidor de la Slitter	23	Armar eje de separadores	28	Limpiar los discos separadores
4	Separar ejes de cuchillas circulares	9	Retirar y ordenar cauchos	14	Colocar discos separadores	19	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	24	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería
5	Retroceder el bastidor de la Slitter	10	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	15	Colocar cauchos	20	Cerrar ejes de cuchillas circulares	25	Limpiar cuchillas circulares	30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)
										31	Montar bobina

Operador ————— Ayudante ————— Espera .....

FIGURA 5.2 GRÁFICO DE COMBINACION DE OPERACIONES ESTÁNDARES DESPUES DE LA MEJORA

Comparando los gráficos mostrados anteriormente con los presentados en el capítulo 4, se puede apreciar que en el procedimiento de preparación ya casi no existe tiempo ocioso por parte del ayudante, de hecho, la carga de trabajo se encuentra mejor balanceada, y ya no existen esperas innecesarias por parte de ninguno de los operadores.

Algo más interesante de resaltar, es el hecho de que ambos operadores acaban casi al mismo tiempo sus respectivas tareas, lo que no sucedía anteriormente. Este hecho demuestra que el procedimiento en general se encuentra mejor planificado.

Ahora el operador culmina sus actividades a los 39,99 minutos de empezado el procedimiento, y el ayudante finalizado a los 36,77 minutos. Este detalle puede ser visto claramente por medio de la figura 5.2.

En definitiva, de las dos actividades de más larga duración del procedimiento de preparación que fueron: Colocación de discos separadores y Planeación de la preparación, la primera actividad fue reducida en un 50% y la segunda fue eliminada totalmente de la operación, al igual que los ajustes / calibración y los rearmados y post ajustes. Solo entre estas actividades se ha conseguido una reducción

de 19,02 minutos de los 78,99 minutos que duraba toda el procedimiento.

Para finalizar con este punto, la figura 5.3 muestra la evolución que ha tenido el procedimiento de preparación a lo largo de las fases del sistema SMED.

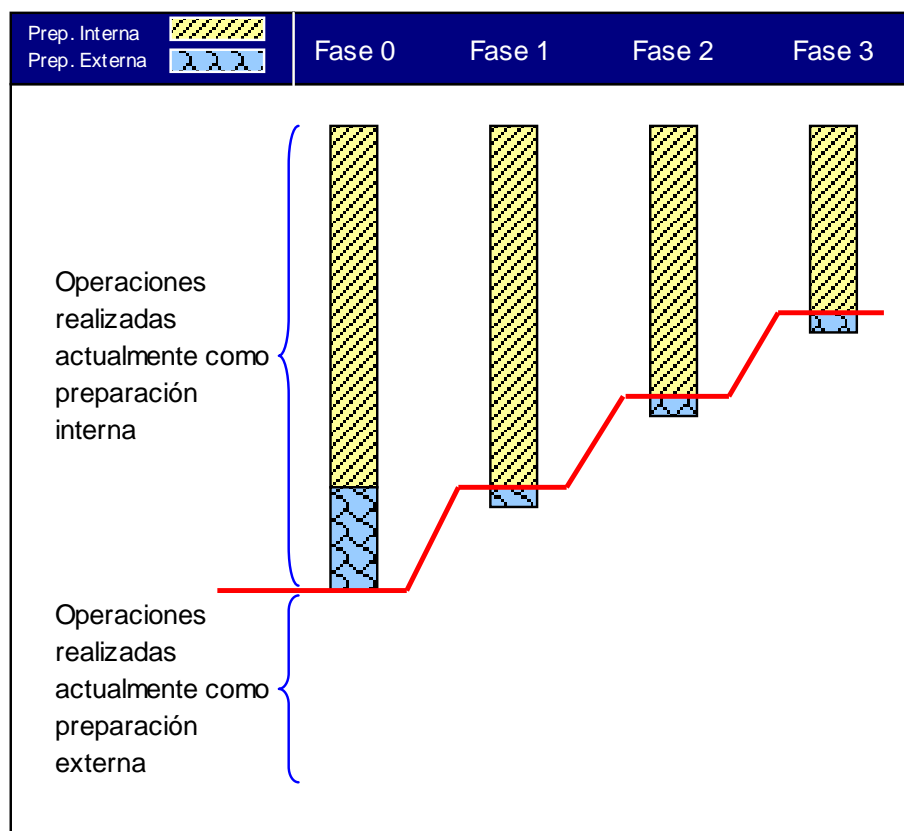


FIGURA 5.3 EVOLUCION DEL PROCEDIMIENTO DE PREPARACION

Al inicio no existía actividad alguna que sea parte de la preparación externa, a pesar de que se sabía de su existencia, ninguna se desarrollaba como tal.

Luego con la fase 1, se pasó una de las actividades identificadas mediante la fase 0 a formar parte de la preparación externa, el resto fueron eliminadas del procedimiento y/o de la responsabilidad del operador.

Asimismo, con la fase 2 del sistema se mejoró una de las actividades mediante la estandarización. Otras, fueron eliminadas del procedimiento y/o de la responsabilidad del operador.

Finalmente, con la fase 3 se mejoraron algunas actividades por medio de anclajes funcionales, se resaltaron eliminación de actividades producto de la eliminación de ajustes y la mecanización.

#### **4.2. Otros efectos del SMED**

##### **Incremento de las tasas de trabajo y de la capacidad productiva**

Si los tiempos de preparación se reducen drásticamente, entonces las tasa de trabajo se incrementaran y la productividad crecerá no obstante el aumento del número de operaciones de preparación. Un aumento en

la productividad significa mayor flexibilidad y rapidez para responder a la demanda de los demás centros de trabajo.

Se puede calcular el aumento de productividad relacionando el tiempo de producción actual en una jornada de 12 horas, con el tiempo de producción estimado en las mismas 12 horas.

Jornada laboral = 12 horas

No. Prep. Diarias = 3

Duración Preparación = 78,99 minutos ó 1,3165 horas

Entonces, de la jornada de 12 horas el tiempo neto de producción es:

Tiempo Neto Producción = 12 hrs. – 3 \* 1,3165 hrs. = 8,05 hrs.

Luego de las mejoras, el tiempo de preparación estimado quedó en 39,99 minutos. Por tanto, el nuevo tiempo de producción neto será:

Tiempo producción estimado = 12 hrs. – 3 \* 0,6665 hrs. = 10 hrs.

Entonces, el aumento de productividad es **24,22%**

**Producción con stock mínimo**

Tal como se demostró mediante el Análisis Producto Cantidad P-Q, la línea de producción de flejes o corte de bobinas de acero es una línea de producción de pequeño volumen y de alta diversidad. Por supuesto, los stocks desaparecen o por lo menos disminuyen para este tipo de líneas de producción cuando también se producen en pequeñas series y alta diversidad. Pero por otro lado, esto conduce irremediablemente a un sustancial incremento en el número de las operaciones de preparación que deben realizarse.

Sin embargo, con la posible reducción alcanzada mediante el desarrollo de la presente tesis, de 78,99 a 39,99 minutos, la situación cambia considerablemente. Por eso, el sistema SMED es el único método para alcanzar una producción en pequeñas series y alta diversidad con niveles mínimos de stock.

Y cuando se adopta un sistema de producción que minimiza los stocks, pueden esperarse los siguientes efectos:

- Se incrementan las tasas de rotación del capital
- Un uso más eficiente de la planta
- Se reducen o eliminan los deterioros de los stocks.

### **Incremento de la calidad**



También mejora la calidad, en cuanto que las condiciones operacionales se regulan con anticipación y se estandarizan los procedimientos y/o componentes.

### **Reducción de los plazos de fabricación**

El plazo de fabricación puede acortarse con la producción en pequeños lotes, utilizando tiempos de procesos estandarizados y operaciones de flujo pieza a pieza, que permitan eliminarse las esperas de los lotes por entrar a un proceso o las esperas de piezas para pasar al siguiente proceso mientras se completa el lote entero. Pero reducir el tamaño de los lotes conlleva a incrementar el número de operaciones de preparación. A través del sistema SMED, los plazos de fabricación pueden acortarse considerablemente aun cuando el número de preparaciones se incremente.

### **Incrementar la flexibilidad de la producción**

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.

Con esto culmina la descripción de los efectos que se podrían alcanzar con la adopción del sistema SMED.

## CAPÍTULO 6

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

1. Antes del desarrollo de la presente tesis, los directores de la empresa no conocían ni aplicaban herramientas de mejoramiento continuo tales como el sistema SMED para el progreso de las operaciones de preparación, y por tanto, el personal de planta debe adquirir la experiencia suficiente para ejecutar éstas y otras implementaciones.
2. Debido al mayor número de preparaciones que se realizan en la Slitter 1, la relación entre su tiempo total de preparación y el tiempo total de producción es mayor que el de la Slitter 2. Esto llevó a

aplicar la metodología propuesta en la tesis a la Slitter 1 y expandirla a la otra Slitter del sistema.

3. Dentro de la operación de preparación existen diversas oportunidades de mejora puesto que el total de sus actividades son parte de la preparación interna.
4. De los 2 operadores con que cuenta el procedimiento de preparación, el operador principal es quien mayor responsabilidad y tareas tiene por ejecutar, lo que denota que el procedimiento entero no ostenta de una adecuada planificación, por ende, la carga de trabajo entre ambos se encuentra mal balanceada.
5. A causa de la mala planificación de la operación de preparación y de la no tan eficiente distribución del área de trabajo se realizan diversos recorridos excesivos, retrocesos y cruces.
6. Es importante que el operador posea habilidad, destreza y experiencia para desarrollar su trabajo, pero aun así, no es totalmente viable encomendar actividades que impliquen cálculos, toma de decisión y hasta intuición, más aún cuando esto puede repercutir directamente en la calidad del producto.
7. No se lleva una gestión apropiada sobre componentes y partes indispensables para la preparación de las Slitters, tal es el caso de las cuchillas circulares y discos separadores.
8. Los directores de la planta no conocen la importancia que tiene tratar los procedimientos de transporte como parte de la preparación

externa, al igual que con la preparación anticipada de condiciones de operación.

### **Recomendaciones**

1. Realizar reuniones con el personal de planta con el objeto de revisar que los parámetros de tolerancia se encuentren correctamente definidos, pues de la exactitud de estos valores dependerá la validez que pueda tener la estandarización de los discos separadores.
2. Capacitar al personal en herramientas de mejora continua tales como el sistema SMED, para realizar estudios similares al desarrollado con la presente tesis en los demás centros de trabajo de la empresa, con la finalidad de alcanzar un sistema de producción flexible que se adapte a las fluctuaciones de la demanda.
3. 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. Se recomienda adjuntar a éste procedimiento un Diagrama de Actividades en donde se pueda apreciar las responsabilidades de cada operador en función de tiempo.
4. 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.

5. Realizar una mejor gestión de la programación de las órdenes de corte para evitar los continuos cambios de ordenes de laminado en frío laminado en caliente, los cuales igualmente generan sucesivos cambios de juegos de cuchillas.

Con lo antes expuesto, es importante señalar que el tiempo requerido para ejecutar la preparación de la Slitter podría reducirse aún más si se analiza en detalle las siguientes opciones de mejora:

6. Desarrollar un algoritmo que sea el generador de la carta de preparación y que permita programar las órdenes de corte optimizando la utilización de las bobinas en función de la demanda de los demás centros de trabajo de la empresa. Como tal, debe también asignar y optimizar la utilización de recursos tales como los discos separadores y cuchillas circulares.
7. 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. Para esto, se recomienda además, colocar señales tales como timbres o luces que indiquen la necesidad de la participación del ayudante en alguna otra actividad.

8. 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.
9. 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, para lo cual se podría hacer uso del Análisis P-Q.

## APENDICE A

### REGISTRO DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DICIEMBRE 2003 – ABRIL 2004

CENTRO	DICIEMBRE						ENERO						FEBRERO						MARZO						ABRIL					
	T. MACHUCADO (horas)	T. CARGA Y DESCARGA (horas)	T. PREPARACION (horas)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	Σ PREPARACION	T. MACHUCADO (horas)	T. CARGA Y DESCARGA (horas)	T. PREPARACION (horas)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	Σ PREPARACION	T. MACHUCADO (horas)	T. CARGA Y DESCARGA (horas)	T. PREPARACION (horas)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	Σ PREPARACION	T. MACHUCADO (horas)	T. CARGA Y DESCARGA (horas)	T. PREPARACION (horas)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	Σ PREPARACION	T. MACHUCADO (horas)	T. CARGA Y DESCARGA (horas)	T. PREPARACION (horas)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	Σ PREPARACION
CORTADORA 1	32.35	27.51	73.72	60	73.72	55.19%	33.33	90.91	36.38	84	68.84	42.52%	43.51	100.1	85.44	77	66.58	37.30%	44.47	33.51	83.84	83	64.34	38.42%	23.06	81.83	75.2	71	63.55	41.76%
CORTADORA 2	21.43	28.04	24.1	21	68.86	32.73%	25.39	71.13	30.21	28	64.74	23.84%	32.54	73.2	24.06	22	65.62	18.54%	39.04	77.8	31.23	30	62.46	21.09%	13.76	41.2	15.55	15	62.20	20.32%
PERFILADORA 1	105.18	42.06	30.65	14	131.36	17.23%	104.3	22.48	33.27	18	130.90	23.65%	126.85	23.95	26.34	11	143.67	14.87%	123.5	23.08	23.65	17	104.65	16.82%	124.18	15.46	28.88	13	133.23	17.14%
PERFILADORA 2	71.04	0	28.63	17	101.05	28.72%	60.35	24.41	10.37	4	164.55	11.46%	51.15	18.14	7.25	2	217.50	3.47%	34.33	28.8	18.08	6	180.80	12.80%	36.3	26.04	4.75	1	285.00	3.66%
PERFILADORA 3	111.71	20.5	17.05	7	146.14	11.42%	102.7	41.45	17.38	6	178.80	11.03%	105.38	35.05	3	5	108.00	6.00%	123.2	40.33	12.08	6	120.80	6.65%	114.63	25.55	13.08	8	143.10	11.98%
TUBERA 1	107.5	0	45.07	28	36.58	29.54%	125.21	0	46.31	21	134.03	27.25%	111.58	0	31.82	14	136.37	22.19%	123.8	0	33.74	20	119.22	24.30%	133.95	0	44.53	18	148.43	24.14%
TUBERA 2	30.83	77.42	31.63	18	105.43	15.82%	58.57	14.84	26.83	13	124.11	26.81%	66.08	14.28	20.57	3	137.13	20.38%	76.42	13.66	17.56	8	131.70	15.45%	81.73	11.23	15.07	3	100.47	13.35%
TUBERA 3	116.68	56.63	33.6	20	100.80	16.08%	135	0	32.31	11	173.51	13.60%	127.85	0	23.06	3	153.73	15.28%	111.03	0	34.8	15	139.20	23.85%	71.85	0	23.71	10	142.26	24.81%
TUBERA 4	0	63.14	0	0	0.00	0.00%	32.01	25	16.58	6	165.80	22.53%	107.08	30.1	15.32	4	223.80	10.05%	63.33	16.27	28.34	12	141.70	26.11%	58.46	15.41	28.68	10	172.08	27.97%
ALISADORA 1	137.3	73.84	20.85	42	23.73	8.96%	146.3	67.09	25.15	54	27.34	10.54%	130.67	93	24.46	51	28.78	9.86%	104.37	31.24	20.96	41	30.67	9.68%	31.38	31.06	8.4	16	3150	11.76%
ALISADORA 2	73.43	0	17.77	27	33.43	18.27%	60.73	60.8	14.43	34	25.46	10.61%	63.56	46.41	14.71	23	30.43	11.80%	76.6	53.65	22.84	33	35.14	14.36%	68.18	43.24	21.53	26	43.66	15.43%
GUILLOTINA	0	0	0	0	0.00	0.00%	105	8.5	7.25	21	20.71	6.00%	140	3.3	13.06	22	35.62	8.04%	134.87	13.75	16.5	22	45.00	3.33%	147.03	25.08	8.75	19	27.63	4.84%
PLEGADORA	0	0	0	0	0.00	0.00%	86	26.74	3.04	13	41.72	7.42%	35	25.05	10.05	13	46.38	7.72%	157.36	13.55	18.8	20	56.40	3.58%	100.53	36.47	12.74	13	58.80	8.51%

## APENDICE A

### REGISTRO DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN ABRIL 2004 – AGOSTO 2004

CENTRO	MAYO						JUNIO						JULIO						AGOSTO					
	T. MAQUIMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. PREPARACION (Hores)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	% PREPARACION	T. MAQUIMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. PREPARACION (Hores)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	% PREPARACION	T. MAQUIMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. PREPARACION (Hores)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	% PREPARACION	T. MAQUIMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. PREPARACION (Hores)	Nº PREPARACIONES	T.prom. PREPARACION UNIT. (min)	% PREPARACION
CORTADORA 1	36.95	62.64	75.12	71	63.48	43.00%	33.65	45.2	55.75	63	53.10	41.42%	31.67	56.72	68.52	73	56.32	43.67%	20.68	43.5	60	65	55.38	48.32%
CORTADORA 2	19.91	33.95	13.28	13	61.29	19.78%	23.47	37.23	2155	25	5172	26.20%	6.25	14.5	6	6	60.00	22.43%	15.15	32.5	17.5	19	55.26	26.86%
PERFILADORA 1	86.67	10.02	11.91	6	119.10	10.97%	85.95	9.21	29.8	12	149.00	23.85%	67.34	3.32	27	12	135.00	26.05%	86.52	12.75	24.83	13	114.60	20.01%
PERFILADORA 2	76.98	19.85	13.92	5	167.04	12.57%	61.21	18.6	15.75	5	189.00	16.48%	58.44	16.4	21.33	8	159.38	22.18%	63.64	19.1	10.25	4	153.75	11.02%
PERFILADORA 3	32.59	7.3	16	7	137.14	28.63%	66.43	23.73	21.9	9	146.00	19.54%	56.81	13.4	15.3	8	114.75	17.89%	59.18	17.77	21.25	9	141.67	21.64%
TUBERA 1	85.87	0	27.08	18	90.27	23.98%	101.9	0	32.35	20	97.05	24.10%	30.59	0	35.58	18	118.60	28.20%	118.31	0	30.4	23	79.30	20.44%
TUBERA 2	37.82	5.1	18.17	11	93.11	29.74%	69.19	3.5	18.25	11	99.55	18.83%	65.43	10.46	20.1	11	109.64	20.94%	62.83	3.45	24.4	14	104.57	25.24%
TUBERA 3	124.28	0	21.83	11	119.07	14.94%	137.92	0	22.7	8	170.25	14.13%	117.48	0	26.1	12	130.50	18.18%	75.81	0	21.15	11	115.36	21.81%
TUBERA 4	56.09	11.58	25.41	5	304.92	27.30%	32.06	6.35	22.35	5	268.20	36.78%	10.3	1.05	4.25	1	255.00	27.24%	22.47	3.05	23.08	6	230.80	47.49%
ALISADORA 1	62.88	51.09	14.75	44	20.11	11.46%	66.81	57.03	10.29	31	19.92	7.67%	58.6	57.29	15.75	47	20.11	11.96%	40.62	36.4	8.25	28	17.68	9.68%
ALISADORA 2	49.07	45.69	11.59	18	38.63	10.90%	22.6	25.42	11.56	14	49.54	19.40%	38.25	29.76	21.96	25	52.70	24.41%	59.17	38.88	98	33	69.08	27.93%
GUILLOTINA	103.23	4.92	12.75	15	51.00	10.55%	181.11	17.23	18	20	54.00	8.92%	151.88	12.76	23.42	31	45.33	12.45%	115.1	41.32	29.3	48	36.63	15.78%
PLEGADORA	60.32	13.33	10.67	11	58.20	12.65%	143.77	6.11	11.9	14	51.00	5.49%	137.52	43.69	16.74	27	37.20	8.46%	100.76	35.47	13.72	19	43.33	9.15%



## APENDICE A

### REGISTRO DE HORAS LABORABLES Y HORAS EXTRAS FEBRERO 2004 – AGOSTO 2004

CENTRO	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS	TOTA DE HORAS LABORALES	DIAS LABORALES	HORAS EXTRAS
CORTADORA 1	460	41	132	484	43	140	336	31	88	240	22	64	202	22	26	216	24	24	176	20	16
CORTADORA 2	182	18	38	286	24	94	132	22	16	180	20	20	180	22	4	48	6	0	128	16	0
PERFILADORA 1	323	30	83	270	24	78	256	23	72	168	21	0	202	22	26	176	22	0	186	21	18
PERFILADORA 2	178	19	26	212	23	28	228	22	52	170	20	10	176	22	0	144	18	0	168	21	0
PERFILADORA 3	226	21	58	264	23	80	230	21	62	162	20	2	190	22	14	142	17	6	172	18	28
TUBERA 1	230	21	62	246	20	86	238	23	54	160	20	0	206	22	30	196	22	20	210	22	34
TUBERA 2	146	17	10	132	20	32	134	21	26	160	20	0	176	22	0	176	22	0	160	20	0
TUBERA 3	228	21	60	262	23	78	170	21	2	208	20	48	228	22	52	188	22	13	152	19	0
TUBERA 4	230	21	62	260	23	76	224	21	56	220	21	52	168	22	-8	40	5	0	104	13	0
ALISADORA 1	454	40	134	390	33	126	178	21	10	232	21	64	215	23	31	226	23	42	170	21	2
ALISADORA 2	224	21	56	292	27	76	282	24	30	134	20	34	188	22	12	162	20	2	222	22	46
GUILLOTINA	232	21	64	298	27	82	262	23	78	168	21	0	308	28	84	272	25	72	246	24	54
PLEGADORA	178	18	34	232	23	48	212	21	44	160	20	0	244	26	36	212	23	28	214	21	46

## APENDICE A

### REGISTRO DE TIEMPOS PRODUCTIVOS, IMPRODUCTIVOS Y EFICIENCIAS DICIEMBRE 2003 – ABRIL 2004

CENTRO	DICIEMBRE						ENERO						FEBRERO						MARZO						ABRIL					
	T. MABUIMADO (Horas)	T. PREPARACION (Horas)	T. CARGA Y DESCARGA (Horas)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MABUIMADO (Horas)	T. ARMADO (Horas)	T. CARGA Y DESCARGA (Horas)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MABUIMADO (Horas)	T. ARMADO (Horas)	T. CARGA Y DESCARGA (Horas)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MABUIMADO (Horas)	T. ARMADO (Horas)	T. CARGA Y DESCARGA (Horas)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MABUIMADO (Horas)	T. ARMADO (Horas)	T. CARGA Y DESCARGA (Horas)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA
COR. PROIM	32,05	73,72	77,42	173,01	362,5	30,3%	33,33	36,38	30,91	247,32	474	27,5%	43,51	85,44	100,1	230,95	460	31,2%	44,47	83,84	33,51	250,18	484	23,7%	23,06	75,2	81,83	155,31	336	31,2%
COR. IPAC	21,49	24,1	58,63	177,28	281,5	28,5%	25,39	30,21	71,13	91,77	218,5	44,2%	32,54	24,06	73,2	52,2	182	58,1%	33,04	31,23	77,8	137,93	286	40,3%	19,76	15,55	41,2	115,49	192	31,8%
PERF. IPAC	105,18	30,65	27,51	76,16	239,5	55,4%	104,3	33,27	22,48	65,95	232	54,6%	126,85	26,34	23,35	145,86	323	46,7%	123,5	23,65	23,08	93,77	270	54,3%	124,18	28,88	15,46	87,48	256	54,5%
PERF. MEP	71,04	28,63	28,04	57,29	185	53,6%	60,35	10,97	24,41	55,27	151	56,1%	51,15	7,25	18,14	101,46	178	38,9%	94,39	18,08	28,8	70,73	212	58,1%	98,9	4,75	26,04	98,31	228	54,8%
PERF. BRAD.	111,71	17,05	42,06	117,18	288	53,4%	102,7	17,88	41,45	62,97	225	64,1%	105,98	9	35,05	75,97	226	62,4%	129,2	12,08	40,39	82,33	264	64,2%	114,69	19,08	25,55	70,68	230	61,0%
TUB. 2KU	107,5	45,07	0	71,43	224	48,0%	125,21	46,31	0	59,88	232	54,0%	111,58	31,82	0	86,6	230	48,5%	123,8	33,74	0	82,46	246	50,3%	139,35	44,53	0	53,52	238	58,8%
TUB. 1KMIL	30,89	31,63	20,5	72,98	216	51,6%	58,57	26,89	14,84	53,2	153,5	47,8%	66,08	20,57	14,28	45,07	146	55,0%	76,42	17,56	13,66	78,36	192	50,0%	81,73	15,07	11,23	85,37	194	47,3%
TUB. 1 KU	116,68	33,6	0	65,72	216	54,0%	135	32,31	0	65,09	233	57,3%	127,85	23,06	0	77,09	228	56,1%	111,09	34,8	0	116,11	262	42,4%	71,85	23,71	0	74,44	170	42,3%
TUB. BRADBURY	0	0	0	0	0	0,0%	32,01	16,58	25	98,41	172	33,1%	107,08	15,32	30,1	77,5	230	59,6%	63,93	28,34	16,27	151,46	260	30,8%	58,46	28,68	15,41	121,45	224	33,0%
ALIS. PROIM	137,9	20,85	63,14	187,11	409	43,2%	146,3	25,15	67,09	255,46	434	43,2%	130,67	24,46	33	205,87	454	43,3%	104,37	20,36	31,24	173,43	390	50,2%	31,98	8,4	31,06	106,56	178	35,4%
ALIS. CAUFFIEL	73,43	17,77	73,84	102,4	273,5	56,1%	60,79	14,43	60,8	111,98	248	49,0%	63,56	14,71	46,41	39,32	224	43,1%	76,6	22,84	59,65	132,91	292	46,7%	68,18	21,53	43,24	143,05	282	41,6%
GUILLOTINA	0	0	0	0	0	0,0%	105	7,25	8,5	81,25	202	56,2%	140	13,06	3,3	63,64	232	64,4%	134,87	16,5	13,75	132,88	298	43,3%	147,09	8,75	25,08	81,08	262	65,7%
PLEGADORA	0	0	0	0	0	0,0%	86	3,04	26,74	58,22	180	62,6%	95	10,05	25,05	47,9	178	67,4%	157,96	18,8	19,55	35,69	232	76,5%	100,53	12,74	36,47	62,26	212	64,6%

## APENDICE A

### REGISTRO DE TIEMPOS PRODUCTIVOS, IMPRODUCTIVOS Y EFICIENCIAS ABRIL 2004 – AGOSTO 2004

CENTRO	MAYO						JUNIO						JULIO						AGOSTO					
	T. MAQUINADO (Hores)	T. ARMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MAQUINADO (Hores)	T. ARMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MAQUINADO (Hores)	T. ARMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA	T. MAQUINADO (Hores)	T. ARMADO (Hores)	T. CARGA Y DESCAGA (Hores)	T. IMPROD.	TOTAL HORAS TRABAJADAS	EFICIENCIA
<b>COR. PROIN</b>	36,35	75,12	62,64	65,23	240	41,5%	33,65	55,75	45,2	61,4	202	39,0%	31,67	68,52	56,72	59,09	216	40,3%	20,68	60	43,5	51,82	176	36,5%
<b>COR. IPAC</b>	19,91	13,28	33,35	112,86	180	29,3%	23,47	21,55	37,23	97,75	180	33,7%	6,25	6	14,5	21,25	48	43,2%	15,15	17,5	32,5	62,85	128	37,2%
<b>PERF. IPAC</b>	86,67	11,91	10,02	55,4	164	59,0%	85,35	29,8	9,21	77,04	202	47,1%	67,34	27	9,32	72,34	176	43,6%	86,52	24,83	12,75	61,9	186	53,4%
<b>PERF. MEP</b>	76,98	13,92	19,85	59,25	170	57,0%	61,21	15,75	18,6	80,44	176	45,3%	58,44	21,33	16,4	47,83	144	52,0%	63,64	10,25	19,1	75,01	168	49,3%
<b>PERF. BRAD.</b>	32,59	16	7,3	106,11	162	24,6%	66,43	21,9	23,73	77,34	190	47,5%	56,81	15,3	13,4	56,49	142	49,4%	59,18	21,25	17,77	73,8	172	44,7%
<b>TUB. 2KU</b>	85,87	27,08	0	47,05	160	53,7%	101,9	32,35	0	71,75	206	49,5%	90,59	35,58	0	69,83	196	46,2%	118,31	90,4	0	61,29	210	56,3%
<b>TUB. IKMIL</b>	37,82	18,17	5,1	98,31	160	26,8%	69,19	18,25	9,5	79,06	176	44,7%	65,43	20,1	10,46	80,01	176	43,1%	62,83	24,4	9,45	63,32	160	45,2%
<b>TUB. 1 KU</b>	124,28	21,83	0	61,69	208	59,8%	137,92	22,7	0	67,38	228	60,5%	117,48	26,1	0	45,42	189	62,2%	75,81	21,15	0	55,04	152	49,9%
<b>TUB. BRADBURY</b>	56,09	25,41	11,58	126,92	220	30,8%	32,06	22,35	6,35	107,24	168	22,9%	10,3	4,25	1,05	24,4	40	28,4%	22,47	23,08	3,05	55,4	104	24,5%
<b>ALIS. PROIN</b>	62,88	14,75	51,09	103,28	232	49,1%	66,81	10,29	57,03	80,87	215	57,6%	58,6	15,75	57,29	94,36	226	51,3%	40,62	8,25	36,4	84,73	170	45,3%
<b>ALIS. CAUFFIEL</b>	43,07	11,59	45,69	87,65	194	48,8%	22,6	11,56	25,42	128,42	188	25,5%	38,25	21,96	29,76	72,03	162	42,0%	59,17	38	38,88	85,95	222	44,2%
<b>GUILLOTINA</b>	103,23	12,75	4,92	43,1	164	65,3%	181,11	18	17,23	91,66	308	64,4%	151,88	23,42	12,76	83,34	272	60,5%	115,1	29,3	41,32	60,28	246	63,6%
<b>PLEGADORA</b>	60,32	10,67	13,33	75,68	160	46,0%	143,77	11,9	61,1	27,23	244	84,0%	137,52	16,74	43,69	14,05	212	85,5%	100,76	13,72	35,47	64,05	214	63,7%

## APENDICE B

### NORMAS DE LOS PRINCIPALES ACEROS UTILIZADOS POR LA EMPRESA

#### ACERO LAMINADO EN CALIENTE: ESTRUCTURAL

Composición Química				
% C	% Mn	% P	% S	% Si
0.10 - 0.26	0.35 - 1.35	0.04 max.	0.05 max.	0.05 max. ó 0.18<Si<0.30

Propiedades Mecánicas		
Esfuerzo tracción [Mpa]	Esfuerzo fluencia [Mpa]	% Alargamiento
300 min.	165 min.	20 min.

#### ASTM A 36

Composición Química				
C	Mn	P	S	Si
0.26 max.	[0.60 - 1.35]	0.04 max.	0.05 max.	0.40 max.

Propiedades Mecánicas			
Ruptura	Fluencia	% EI 8	% EI 2
400 - 550	250 min.	20 min.	21 - 23 min.

## APENDICE B

### ACERO LAMINADO EN CALIENTE: COMERCIAL

Composición Química				
% C	% Mn	% P	% S	% Si
0.02 - 0.15	0.20 - 0.65	0.04 max.	0.05 max.	0.05 max. o 0.18 < Si < 0.30

Propiedades Mecánicas		
Esfuerzo tracción [Mpa]	Esfuerzo fluencia [Mpa]	% Alargamiento
260 min.	[165 min.]	24 min.

### ASTM A 569 TIPO A

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.10 max.	0.60 max	0.03 max.	0.035 max.

Propiedades Mecánicas	
Fluencia	% El 2
[205 - 345 min.]	[25 min.]

### ASTM A 569 TIPO B

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.02 - 0.15	0.60 max	0.03 max.	0.035 max.

Propiedades Mecánicas	
Fluencia	% El 2
[205 - 345 min.]	[25 min.]

### JIS G 3132 SPHT – 1

Composición Química				
C	Mn	P	S	Si
0.10 max.	0.25 - 0.50	0.04 max.	0.04 max.	0.04 max.

Propiedades Mecánicas	
Ruptura	% El 2
274 min.	30 - 35 min.

**APENDICE B**  
**ACERO LAMINADO EN FRIO: COMERCIAL**

Composición Química				
% C	% Mn	% P	% S	% Si
0.02 - 0.15	0.30 - 0.65	0.045 max.	0.05 max.	0.05 max. ó 0.18<Si<0.30

Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo tracción [Mpa]	Esfuerzo fluencia [Mpa]	% Alargamiento	Dureza
			[HRB]
260 min.	140 min.	28 min.	60 max.

**JIS G 3141 SPCC – SD**

Composición Química				
C	Mn	P	S	Si
0.12 max.	0.45 max.	0.04 max.	0.045 max.	[0.10 max.]

Propiedades Mecánicas		
Ruptura	% EI 2	Dureza
274 min.	32 - 39 min.	[60 HRB max.]

**ASTM A 366 TIPO A**

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.10 max.	0.60 max.	0.03 max.	0.035 max.

Propiedades Mecánicas		
Ruptura	% EI 2	Dureza
140 - 275	30 min.	60 HRB max.

**ASTM A 366 TIPO B**

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.02 - 0.15	0.60 max.	0.03 max.	0.035 max.

Propiedades Mecánicas		
Ruptura	% EI 2	Dureza
140 - 275	30 min.	60 HRB max.

**ACERO GALVANIZADO COMERCIAL**

## APENDICE B

Composición Química				
% C	% Mn	% P	% S	% Si
0.05 - 0.15	0.35 - 0.65	0.04 max.	0.05 max.	0.05 % max. ó 0.18<Si<0.30

Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo tracción [Mpa]	Esfuerzo fluencia [Mpa]	% Alargamiento	Dureza [HRB]
270 min.	170 - 380	20 min.	60 max.

### ASTM A 653 CS TIPO A

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.10 max.	0.60 max.	0.03 max.	0.035 max.

Propiedades Mecánicas		
Fluencia	% El 2	Dureza
170 - 380	20 min.	[60 HRB max.]

### ASTM A 653 CS TIPO B

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.02 - 0.15	0.60 max.	0.03 max.	0.035 max.

Propiedades Mecánicas		
Fluencia	% El 2	Dureza
205 - 380	20 min.	[60 HRB max.]

## APENDICE B

### ACERO LAMINADO EN CALIENTE PARA PLANCHAS

#### ASTM A 570 Gr 36

Composición Química			
C	Mn	P	S
0.25 max.	1.35 max.	0.035 max.	0.04 max.

Propiedades Mecánicas			
Ruptura	Fluencia	% El 8	% El 2
365 - 400 min.	250 min.	16 min.	16 - 22 min.

#### ASTM A 283 Gr C

Composición Química				
C	Mn	P	S	Si
0.24 max.	0.90 max.	0.035 max.	0.04 max.	0.40 max.

Propiedades Mecánicas			
Ruptura	Fluencia	% El 8	% El 2
380 - 515	205 min.	22 min.	25 min.

#### ASTM A 588 Gr A

Composición Química						
C	Mn	P	S	Si	Cr	V
0.19 max.	0.80 - 1.25	0.04 max.	0.05 max.	0.30 - 0.65	0.40 - 0.65	0.02 - 0.10

Propiedades Mecánicas			
Ruptura	Fluencia	% El 8	% El 2
485 min.	345 min.	18 min.	21 min.

#### ASTM 131 Gr A

Composición Química				
C	Mn	P	S	Si
0.23 max.	0.70 - 1.35	0.035 max.	0.04 max.	[0.35 max.]

Propiedades Mecánicas			
Ruptura	Fluencia	% El 8	% El 2
400 - 490	235 min.	21 min.	24 min.



## APÉNDICE C

### ESPECIFICACION TÉCNICA DE LAS CUCHILLAS CIRCULARES

Corta desde 0.4 hasta 1.9 mm

Resistencia a la tracción: 60000psi (431 Mpa)

Dureza: Hrc 58/59

Acero: Norma DIN W 1.2379 equivalente a la AISI D2

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)					
C	Si	Mn	Cr	Mo	V
1,55	0,30	0,30	11,50	0,70	1,00

Acero ledeburítico al 12% de cromo, de mínima variación dimensional; buena tenacidad. Aplicaciones tales como herramientas de corte de gran rendimiento (matrices y punzones), herramientas para la técnica de estampado, herramientas para trabajar madera, cizallas para cortar poco espesor, herramientas para laminar, herramientas para estirar, para embutido profundo y extrusión en frío, para la industria farmacéutica y de cerámica, rodillos para laminar en frío (rodillos de trabajo) para trenes de laminación de cajas múltiples, herramientas de medición, moldes pequeños para material plástico que exigen gran resistencia al desgaste.

## APÉNDICE C

### ESPECIFICACION TÉCNICA DE LOS DISCOS SEPARADORES

Acero AISI 1045

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)			
C	Mn	P (max)	S (max)
0.43 – 0.50	0,60 – 0.90	0.040	0.050

Resistencia a la tracción		Límite de fluencia		Alargamiento	Dureza B.
Kgf / mm <sup>2</sup>	Mpa	Kgf/mm <sup>2</sup>	Mpa	%	
68,7	673,7	42,2	413,8	23	215

Acero de medio carbono con buena maquinabilidad, de uso general para la construcción de todo tipo de piezas mecánicas como ejes, motores eléctricos, cuñas, martillos, chavetas, etc. En plancha se utiliza donde hay mayor resistencia a ruptura y abrasión. Puede ser suministrado trefilado.

## APÉNDICE D

**EJEMPLO: “Preparación de la Slitter, para procesar flejes de 405.6 mm de ancho, utilizando una Bobina L/F de 0.7 mm de espesor”.**

Partiendo de los parámetros iniciales, se pueden determinar los parámetros variables, los cuales se muestran a continuación:

Parámetros Básicos.

Calidad de la Bobina: Acero Laminado en Frío

Espesor de la Bobina: 0.7 mm

Parámetros Variables.

Tipo de Cuchillas Circulares: Cuchillas para cortar acero laminado en frío de 15 mm de espesor (ver capítulo 3, tabla 7).

Tolerancia: 0.2 mm (ver capítulo 3, tabla 8).

Espacio/Margen Superior: 20 mm (ver capítulo 3, tabla 9).

Espacio/Margen Inferior: 35 mm (ver capítulo 3, tabla 9).

## APÉNDICE D

Una vez obtenidos estos valores se procede a hacer lo siguiente:

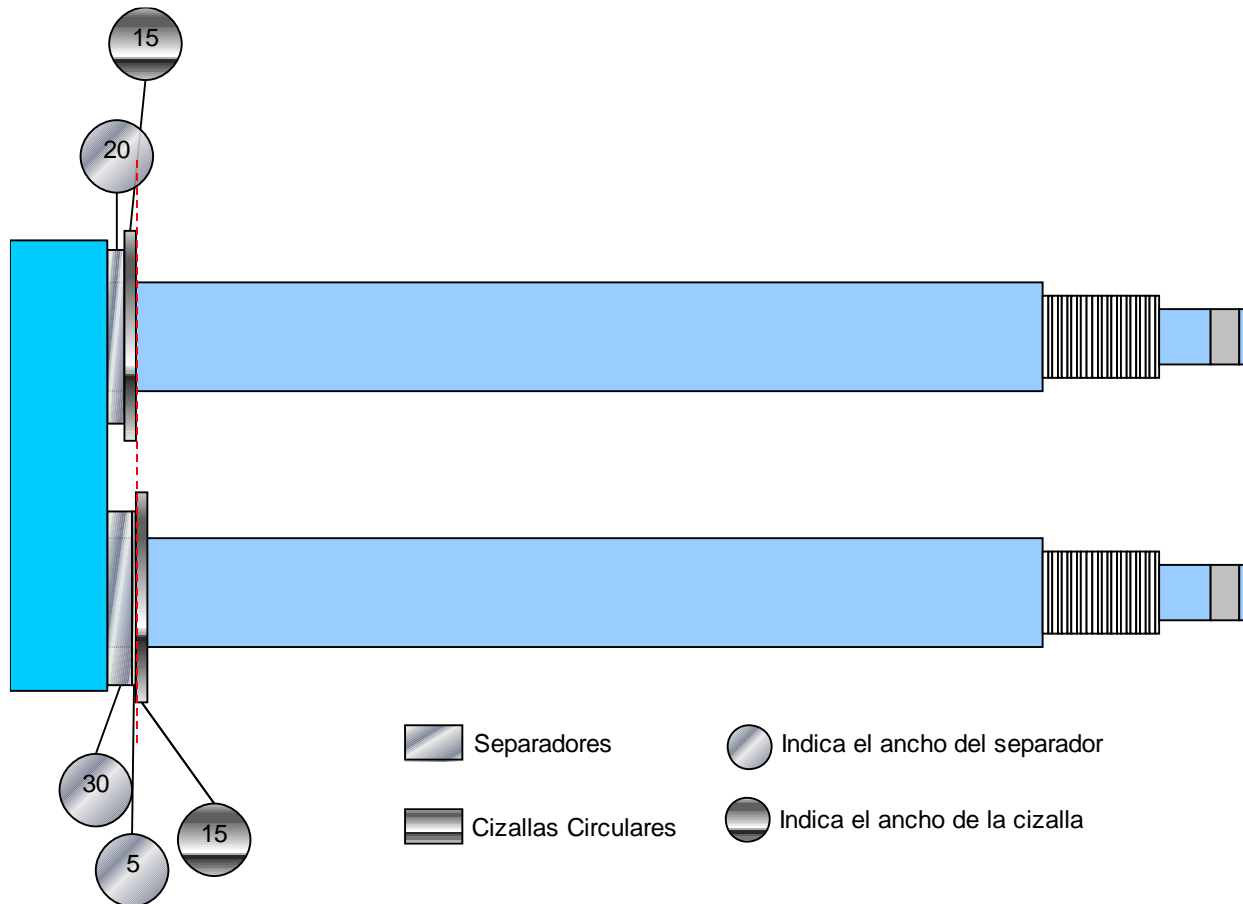
1. Para formar el Espacio o Margen Superior se deben colocar discos separadores en el eje de corte (eje superior) de tal forma que la suma de los anchos de los discos separadores sea igual a 20 mm.
2. Para formar el Espacio o Margen Inferior se deben colocar discos separadores en el eje de corte (eje inferior) de tal forma que la suma de los anchos de los discos separadores sea igual a 35mm.

El responsable de la operación puede optar por colocar discos separadores de diferentes dimensiones (ver plano 2) tanto en el eje superior como inferior siempre y cuando no sobrepase las medidas establecidas.

3. Se montan sobre los ejes de corte el primer par de cuchillas circulares de 15 mm, una sobre cada eje.

La figura F.1 muestra el orden en que fueron colocados los discos separadores sobre los ejes de corte. Los números encerrados en círculos indican el ancho del disco separador.

## APÉNDICE D



**FIGURA F.1 COLOCACION DE LAS CUCHILLAS Y SEPARADORES SOBRE LOS EJES I**



## APÉNDICE D

Nótese que los espacios o márgenes del comienzo de los ejes permiten que los filos internos y externos del primer par de cuchillas circulares se alineen perfectamente. La línea roja punteada presenta el detalle.

4. Se procede a determinar LT (ver capítulo 3, fórmula 1):

$$LT = \text{Ancho de Fleje} = 405.6 \text{ mm}$$

Con este valor se conoce a priori que se deben colocar en el eje superior discos separadores de diferentes dimensiones (ver plano 2) seguido de la primera cuchilla circular, de manera que la suma de las dimensiones de los discos sea igual a 405.6 mm. A continuación del último disco separador se debe ubicar una segunda cuchilla circular. El siguiente arreglo puede ser una forma de ubicar discos separadores después de la primera cuchilla.

$$LT = 0.3 + 0.3 + 5 + 100 + 100 + 30 + 30 + 40 + 30 + 20 + 50 = 405.6 \text{ mm}$$

5. Se procede a calcular L1 (ver capítulo 3, fórmula 2):

## APÉNDICE D

$$L1 = 405.6 - 0.2 = 405.4 \text{ mm}$$

Con L1 calculado se sabe que la longitud a formar en el eje inferior debe ser igual 405.4mm. No obstante, no hay que olvidar que en este eje se debe tener en consideración las dimensiones de las 2 cuchillas dentro de esta longitud, puesto que éstas también participan dentro del arreglo y deben ser tomadas en cuenta como un par de discos separadores de 15 mm cada una. Por esta razón se procede a calcular L2.

6. Se calcula L2 (ver capítulo 3, formula 3):

$$L2 = 405.6 - 0.2 - 2 \times (15) = 375.4 \text{ mm}$$

Con L2 calculado, se conoce que a partir de la primera cuchilla del eje inferior se debe colocar discos separadores de diferentes dimensiones (plano 2) de tal forma que la suma de los anchos de los discos separadores sea igual a 375.4 mm, para posteriormente montar la siguiente cuchilla circular. El siguiente arreglo puede ser una forma de ubicar discos separadores:



## APÉNDICE D

$$L2 = 0.4 + 5 + 90 + 100 + 50 + 50 + 30 + 50 = 375.4 \text{ mm}$$

Por lo tanto:

$$L1 = 0.4 + 5 + 90 + 100 + 50 + 50 + 30 + 50 + 2 \times (15) = 405.4 \text{ mm}$$

La figura F.2 muestra la forma como quedaron colocados los separadores.

Este procedimiento se repite para preparar las siguientes secciones. La metodología principal queda de la siguiente manera:

1. Colocar el primer par de cuchillas. Una en el eje inferior y otra en el eje superior.
2. Partiendo de la primera cuchilla circular del eje superior y usando la fórmula 1 se ubican separadores hasta formar el ancho del fleje real LT.
3. Partiendo de la primera cuchilla circular del eje inferior y usando la fórmula 2 y 3 se ubican separadores hasta formar la longitud L2.
4. Se colocan el segundo par de cuchillas, nuevamente una en el eje inferior y otra en el eje superior.

## APÉNDICE D

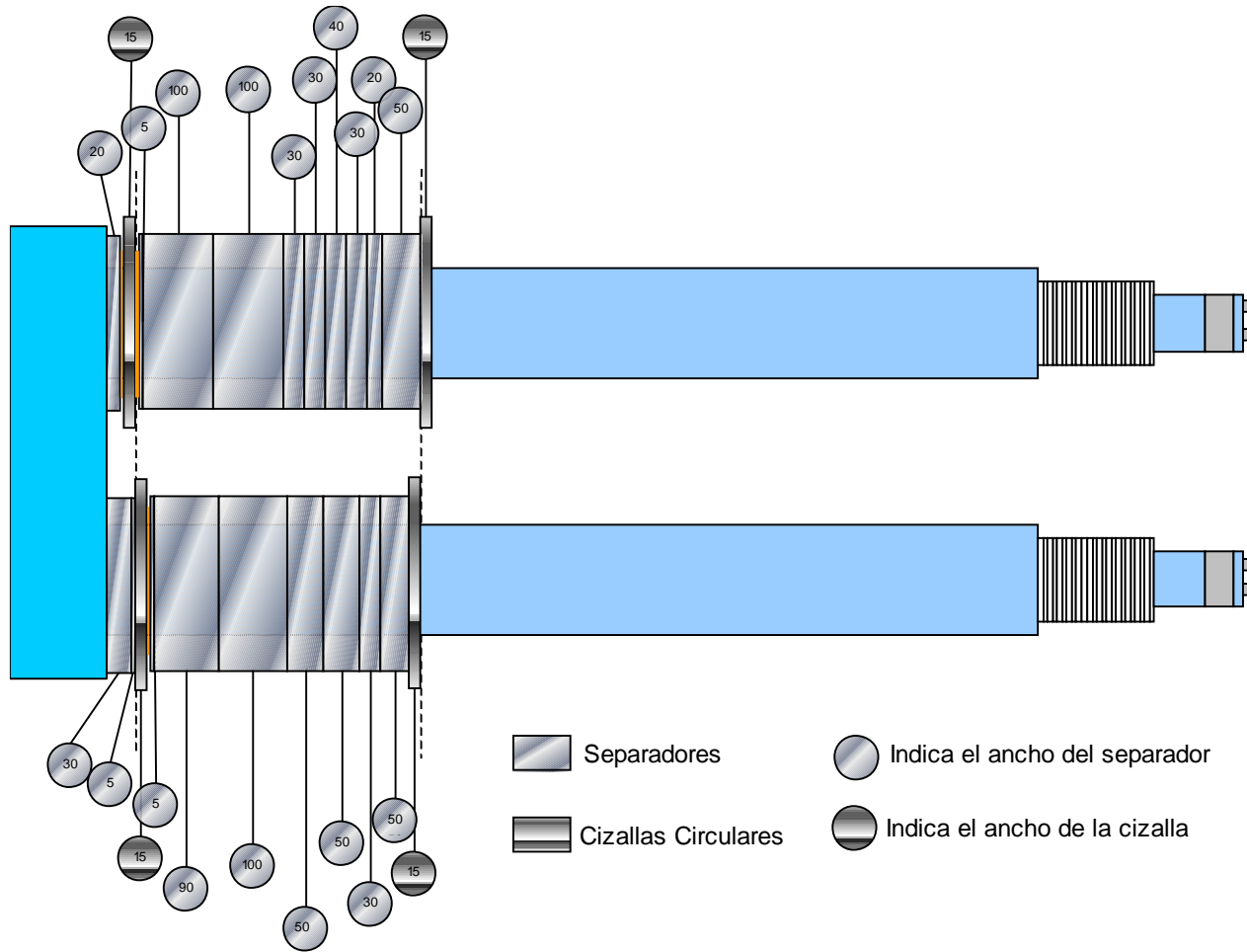


FIGURA F.2 COLOCACION DE LAS CUCHILLAS Y SEPARADORES SOBRE LOS EJES II



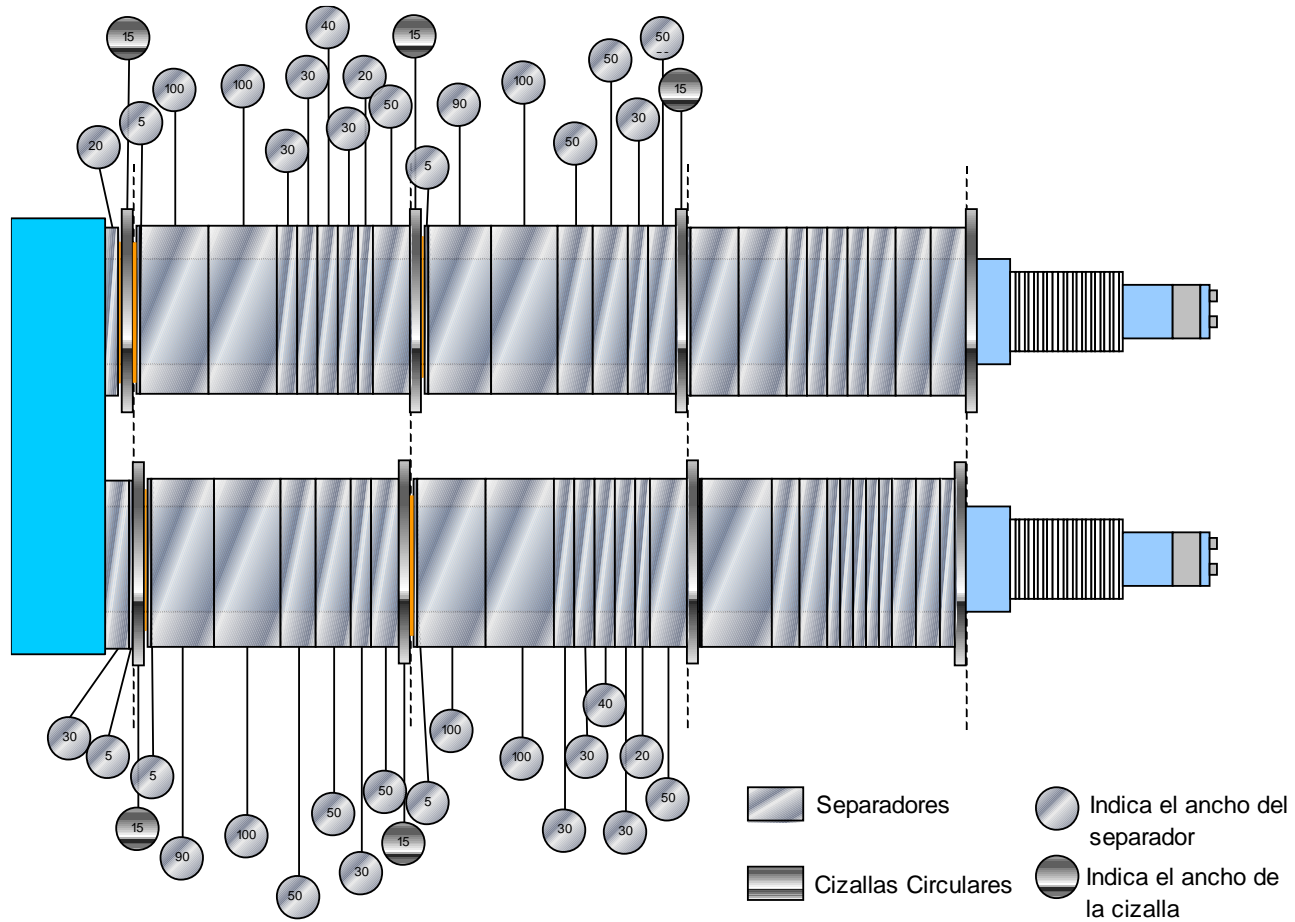
## APÉNDICE D

5. Se repite el proceso, partiendo ahora del eje inferior.

La figura F.3 muestra terminada la fase de ubicación de cuchillas y separadores. Es importante señalar que en cada sección de separadores deberán ir colocándose los cauchos, los cuales serán los que amortigüen el paso de los flejes a través de las cuchillas. Como se dijo anteriormente el procedimiento para ubicar las cuchillas y separadores debe ser en zig zag, puesto que las cuchillas superiores que antes quedaban al ras con la cara exterior de las cuchillas inferiores, ahora serán las cuchillas que irán en la parte interior.

Nótese la diferencia que existe entre el segundo par de cuchillas que se ubicaron en los ejes. La cuchilla del eje superior no es parte de la longitud total o ancho del fleje, puesto que esta ya fue formada en su totalidad con separadores diversos. Mientras que la cuchilla del eje inferior, mas los separadores detrás de ella, y conjuntamente con la primera cuchilla inferior son parte de la longitud L1.

## APÉNDICE D



**FIGURA F.3 COLOCACION DE LAS CUCHILLAS Y SEPARADORES SOBRE LOS EJES III**

## APENDICE E

### TABLA DE CANTIDADES ESPECÍFICAS DE PRODUCTOS

No.	Producto (Desarrollo-mm)	Cantidad	% Cantidad	% Acumulativo
1	50	414	5.66%	5.7%
2	98	356	4.87%	10.5%
3	40.5	249	3.40%	13.9%
4	60.5	233	3.19%	17.1%
5	120	213	2.91%	20.0%
6	170	186	2.54%	22.6%
7	60	156	2.13%	24.7%
8	160	151	2.06%	26.8%
9	95	146	2.00%	28.8%
10	120.5	143	1.95%	30.7%
11	31.5	135	1.85%	32.6%
12	150	134	1.83%	34.4%
13	40	127	1.74%	36.1%
14	38	121	1.65%	37.8%
15	208	112	1.53%	39.3%
16	50.5	107	1.46%	40.8%
17	70	104	1.42%	42.2%
18	80	102	1.39%	43.6%
19	147	98	1.34%	44.9%
20	159.5	97	1.33%	46.3%
21	148	96	1.31%	47.6%
22	100	95	1.30%	48.9%
23	81	91	1.24%	50.1%
24	70.5	88	1.20%	51.3%
25	64.5	88	1.20%	52.5%
26	119.5	87	1.19%	53.7%
27	78	86	1.18%	54.9%
28	51	81	1.11%	56.0%
29	161	80	1.09%	57.1%
30	74	74	1.01%	58.1%
31	81.5	73	1.00%	59.1%
32	170.5	71	0.97%	60.1%
33	99	66	0.90%	61.0%
34	118	65	0.89%	61.9%
35	99.5	65	0.89%	62.7%
36	101	64	0.87%	63.6%
37	71	64	0.87%	64.5%
38	57.5	63	0.86%	65.4%
39	79	61	0.83%	66.2%
40	80.5	58	0.79%	67.0%
41	97.5	57	0.78%	67.8%
42	39	55	0.75%	68.5%
43	138.5	55	0.75%	69.3%
44	46.2	55	0.75%	70.0%
45	121	54	0.74%	70.8%
46	96.5	54	0.74%	71.5%
47	79.5	54	0.74%	72.2%

## APENDICE E

48	87	53	0.72%	73.0%
49	185	52	0.71%	73.7%
50	37	52	0.71%	74.4%
51	121.5	50	0.68%	75.1%
52	76.5	50	0.68%	75.7%
53	65	49	0.67%	76.4%
54	94	48	0.66%	77.1%
55	138	47	0.64%	77.7%
56	102.5	47	0.64%	78.4%
57	119	46	0.63%	79.0%
58	51.5	46	0.63%	79.6%
59	201	45	0.62%	80.2%
60	190	45	0.62%	80.8%
61	151	45	0.62%	81.5%
62	225	44	0.60%	82.1%
63	55	44	0.60%	82.7%
64	232	43	0.59%	83.3%
65	195.5	43	0.59%	83.8%
66	77.5	43	0.59%	84.4%
67	171	43	0.59%	85.0%
68	285	42	0.57%	85.6%
69	61.5	42	0.57%	86.2%
70	188.5	41	0.56%	86.7%
71	75	40	0.55%	87.3%
72	103	40	0.55%	87.8%
73	58	39	0.53%	88.4%
74	251	38	0.52%	88.9%
75	53	38	0.52%	89.4%
76	41	37	0.51%	89.9%
77	157.5	37	0.51%	90.4%
78	143	37	0.51%	90.9%
79	187	35	0.48%	91.4%
80	37.5	35	0.48%	91.9%
81	90	34	0.46%	92.3%
82	117	33	0.45%	92.8%
83	61	33	0.45%	93.2%
84	35	32	0.44%	93.7%
85	130.5	32	0.44%	94.1%
86	284	31	0.42%	94.5%
87	234	31	0.42%	95.0%
88	171.5	30	0.41%	95.4%
89	161.5	30	0.41%	95.8%
90	159	30	0.41%	96.2%
91	100.5	30	0.41%	96.6%
92	98.5	30	0.41%	97.0%
93	82	29	0.40%	97.4%
94	184	29	0.40%	97.8%
95	102	29	0.40%	98.2%
96	385	28	0.38%	98.6%
97	197.5	28	0.38%	99.0%
98	208.5	26	0.36%	99.3%
99	235	25	0.34%	99.7%
100	73	25	0.34%	100.0%
	Total	7315	100.00%	

## APENDICE F

### FORMATO PARA REGISTRAR OBSERVACIONES

PROCESO		OPERACIÓN
OBSERVADOR		DURACIÓN ESTUDIO
N°	OPERACIONES	No. OBSERVACIONES
1	Limpiar cuchillas circulares (aire a presión)	
2	Barrer óxido del área de trabajo	
3	Buscar guantes	
4	Buscar herramientas	
5	Retirar guías de la Slitter	
6	Separar ejes de cuchillas circulares (manivela)	
7	Retroceder el bastidor de la Slitter (manivela)	
8	Aflojar y retirar tuercas hidráulicas	
9	Traer mesa de herramientas (cuchillas, separadores, cauchos, etc)	
10	Clasificación y ordenamiento de cuchillas, separadores y cauchos	
11	Retirar y ordenar cuchillas circulares	
12	Limpiar cuchillas circulares (waipe)	
13	Retirar y ordenar discos separadores	
14	Retirar y ordenar cauchos	
15	Halar grupo de cuchillas y discos separadores	
16	Planear preparación	
17	Cambiar de tipo de cuchillas circulares	
18	Limpiar los ejes de corte	
19	Verificar el filo de las cuchillas	
20	Colocar cuchillas circulares	
21	Buscar separadores	
22	Corregir defectos de los discos separadores	
23	Limpiar los discos separadores	
24	Colocar los discos separadores	
25	Caminar entre separadores y cauchos	
26	Buscar cauchos	
27	Colocar cauchos	
28	Retirar cauchos inadecuados	
29	Llevar cuchillas sobrantes a la estantería	
30	Retirar mesa de herramientas (separadores, cuchillas, cauchos)	
31	Colocar y apretar las tuercas hidráulicas	
32	Mover el bastidor de la Slitter adelante (manivela)	
33	Bombear grasa a las tuercas hidráulicas	
34	Cerrar ejes de cuchillas circulares	
35	Ajustes y/o calibración (barretilla, grasa)	



## APÉNDICE G

### TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

NUMEROS ALEATORIOS													
Nº	PILOTO	Nº	ESTUDIO 1	Nº	ESTUDIO 2	Nº	ESTUDIO 3	Nº	ESTUDIO 4	Nº	ESTUDIO 5	Nº	ESTUDIO 6
1	0.001	1	0.001	1	0.001	1	0.001	1	0.002	1	0.001	1	0.005
2	0.003	2	0.002	2	0.004	2	0.003	2	0.005	2	0.004	2	0.006
3	0.004	3	0.003	3	0.005	3	0.004	3	0.008	3	0.005	3	0.008
4	0.005	4	0.004	4	0.006	4	0.005	4	0.010	4	0.010	4	0.010
5	0.006	5	0.005	5	0.008	5	0.006	5	0.011	5	0.011	5	0.011
6	0.009	6	0.007	6	0.010	6	0.008	6	0.012	6	0.012	6	0.013
7	0.010	7	0.008	7	0.011	7	0.009	7	0.013	7	0.014	7	0.015
8	0.011	8	0.009	8	0.013	8	0.010	8	0.016	8	0.015	8	0.016
9	0.014	9	0.011	9	0.014	9	0.011	9	0.019	9	0.018	9	0.017
10	0.016	10	0.015	10	0.015	10	0.012	10	0.021	10	0.020	10	0.018
11	0.017	11	0.017	11	0.017	11	0.013	11	0.023	11	0.021	11	0.019
12	0.018	12	0.018	12	0.019	12	0.014	12	0.024	12	0.023	12	0.022
13	0.019	13	0.020	13	0.020	13	0.016	13	0.025	13	0.025	13	0.023
14	0.020	14	0.022	14	0.021	14	0.018	14	0.027	14	0.026	14	0.025
15	0.023	15	0.026	15	0.023	15	0.020	15	0.028	15	0.027	15	0.026
16	0.025	16	0.028	16	0.024	16	0.022	16	0.029	16	0.028	16	0.029
17	0.026	17	0.029	17	0.025	17	0.023	17	0.030	17	0.031	17	0.030
18	0.028	18	0.030	18	0.026	18	0.024	18	0.031	18	0.034	18	0.031
19	0.029	19	0.031	19	0.027	19	0.028	19	0.033	19	0.036	19	0.036
20	0.030	20	0.035	20	0.028	20	0.031	20	0.034	20	0.037	20	0.040
21	0.031	21	0.038	21	0.030	21	0.032	21	0.035	21	0.038	21	0.042
22	0.032	22	0.039	22	0.032	22	0.035	22	0.036	22	0.040	22	0.045
23	0.033	23	0.041	23	0.033	23	0.037	23	0.038	23	0.041	23	0.047
24	0.034	24	0.042	24	0.034	24	0.039	24	0.039	24	0.042	24	0.048
25	0.035	25	0.044	25	0.036	25	0.040	25	0.041	25	0.043	25	0.050
26	0.036	26	0.045	26	0.037	26	0.042	26	0.043	26	0.044	26	0.051
27	0.037	27	0.046	27	0.038	27	0.043	27	0.045	27	0.045	27	0.052
28	0.040	28	0.049	28	0.039	28	0.046	28	0.048	28	0.047	28	0.054
29	0.042	29	0.050	29	0.041	29	0.047	29	0.050	29	0.049	29	0.055
30	0.043	30	0.051	30	0.042	30	0.048	30	0.052	30	0.051	30	0.056
31	0.044	31	0.052	31	0.043	31	0.051	31	0.053	31	0.054	31	0.057
32	0.048	32	0.053	32	0.044	32	0.052	32	0.054	32	0.055	32	0.057
33	0.050	33	0.054	33	0.048	33	0.057	33	0.055	33	0.056	33	0.060
34	0.051	34	0.057	34	0.049	34	0.058	34	0.056	34	0.058	34	0.061
35	0.052	35	0.058	35	0.050	35	0.059	35	0.058	35	0.059	35	0.063
36	0.053	36	0.059	36	0.052	36	0.060	36	0.059	36	0.060	36	0.064
37	0.055	37	0.060	37	0.055	37	0.061	37	0.060	37	0.063	37	0.065
38	0.056	38	0.062	38	0.057	38	0.062	38	0.062	38	0.064	38	0.067
39	0.057	39	0.063	39	0.058	39	0.064	39	0.065	39	0.067	39	0.068
40	0.058	40	0.064	40	0.059	40	0.066	40	0.067	40	0.068	40	0.070
41	0.059	41	0.065	41	0.061	41	0.067	41	0.068	41	0.071	41	0.071
42	0.060	42	0.067	42	0.062	42	0.070	42	0.071	42	0.073	42	0.072
43	0.061	43	0.068	43	0.065	43	0.073	43	0.072	43	0.074	43	0.073
44	0.062	44	0.070	44	0.067	44	0.074	44	0.073	44	0.076	44	0.077
45	0.063	45	0.071	45	0.068	45	0.075	45	0.074	45	0.079	45	0.080
46	0.064	46	0.074	46	0.069	46	0.076	46	0.075	46	0.080	46	0.082
47	0.065	47	0.075	47	0.071	47	0.080	47	0.076	47	0.081	47	0.083
48	0.068	48	0.076	48	0.072	48	0.082	48	0.079	48	0.082	48	0.085
49	0.072	49	0.078	49	0.074	49	0.083	49	0.082	49	0.083	49	0.090
50	0.074	50	0.079	50	0.076	50	0.084	50	0.083	50	0.085	50	0.091
51	0.075	51	0.080	51	0.077	51	0.085	51	0.084	51	0.087	51	0.092
52	0.076	52	0.084	52	0.078	52	0.088	52	0.085	52	0.088	52	0.093
53	0.077	53	0.089	53	0.079	53	0.089	53	0.087	53	0.092	53	0.094
54	0.078	54	0.090	54	0.080	54	0.090	54	0.088	54	0.094	54	0.095
55	0.079	55	0.091	55	0.082	55	0.092	55	0.089	55	0.096	55	0.097



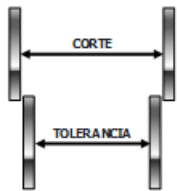
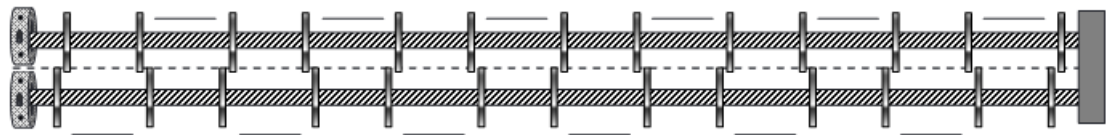
## APENDICE H

### TABLA DE INTERVALOS O PERÍODOS SECUENCIALES

PERIODOS							
1	0:00:30	46	0:23:00	91	0:45:30	136	1:08:00
2	0:01:00	47	0:23:30	92	0:46:00	137	1:08:30
3	0:01:30	48	0:24:00	93	0:46:30	138	1:09:00
4	0:02:00	49	0:24:30	94	0:47:00	139	1:09:30
5	0:02:30	50	0:25:00	95	0:47:30	140	1:10:00
6	0:03:00	51	0:25:30	96	0:48:00	141	1:10:30
7	0:03:30	52	0:26:00	97	0:48:30	142	1:11:00
8	0:04:00	53	0:26:30	98	0:49:00	143	1:11:30
9	0:04:30	54	0:27:00	99	0:49:30	144	1:12:00
10	0:05:00	55	0:27:30	100	0:50:00	145	1:12:30
11	0:05:30	56	0:28:00	101	0:50:30	146	1:13:00
12	0:06:00	57	0:28:30	102	0:51:00	147	1:13:30
13	0:06:30	58	0:29:00	103	0:51:30	148	1:14:00
14	0:07:00	59	0:29:30	104	0:52:00	149	1:14:30
15	0:07:30	60	0:30:00	105	0:52:30	150	1:15:00
16	0:08:00	61	0:30:30	106	0:53:00	151	1:15:30
17	0:08:30	62	0:31:00	107	0:53:30	152	1:16:00
18	0:09:00	63	0:31:30	108	0:54:00	153	1:16:30
19	0:09:30	64	0:32:00	109	0:54:30	154	1:17:00
20	0:10:00	65	0:32:30	110	0:55:00	155	1:17:30
21	0:10:30	66	0:33:00	111	0:55:30	156	1:18:00
22	0:11:00	67	0:33:30	112	0:56:00	157	1:18:30
23	0:11:30	68	0:34:00	113	0:56:30	158	1:19:00
24	0:12:00	69	0:34:30	114	0:57:00	159	1:19:30
25	0:12:30	70	0:35:00	115	0:57:30	160	1:20:00
26	0:13:00	71	0:35:30	116	0:58:00	161	1:20:30
27	0:13:30	72	0:36:00	117	0:58:30	162	1:21:00
28	0:14:00	73	0:36:30	118	0:59:00	163	1:21:30
29	0:14:30	74	0:37:00	119	0:59:30	164	1:22:00
30	0:15:00	75	0:37:30	120	1:00:00	165	1:22:30
31	0:15:30	76	0:38:00	121	1:00:30	166	1:23:00
32	0:16:00	77	0:38:30	122	1:01:00	167	1:23:30
33	0:16:30	78	0:39:00	123	1:01:30	168	1:24:00
34	0:17:00	79	0:39:30	124	1:02:00	169	1:24:30
35	0:17:30	80	0:40:00	125	1:02:30	170	1:25:00
36	0:18:00	81	0:40:30	126	1:03:00	171	1:25:30
37	0:18:30	82	0:41:00	127	1:03:30	172	1:26:00
38	0:19:00	83	0:41:30	128	1:04:00	173	1:26:30
39	0:19:30	84	0:42:00	129	1:04:30	174	1:27:00
40	0:20:00	85	0:42:30	130	1:05:00	175	1:27:30
41	0:20:30	86	0:43:00	131	1:05:30	176	1:28:00
42	0:21:00	87	0:43:30	132	1:06:00	177	1:28:30
43	0:21:30	88	0:44:00	133	1:06:30	178	1:29:00
44	0:22:00	89	0:44:30	134	1:07:00	179	1:29:30
45	0:22:30	90	0:45:00	135	1:07:30	180	1:30:00

## APENDICE I

### FORMATO PARA CARTA DE PREPARACIÓN

<b>CALIDAD</b> <input type="checkbox"/> L/C <input type="checkbox"/> L/F - G.V.	<b>CUCHILLAS</b> <b>EJE SUPERIOR</b> <input type="checkbox"/> 15 mm <input type="checkbox"/> 20 mm  <b>EJE INFERIOR</b> <input type="checkbox"/> 15 mm <input type="checkbox"/> 20 mm	<b>CANT</b> <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>  <b>CANT</b> <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>						
<b>ESPESOR:</b> _____		<b>TOLERANCIA:</b> _____						
<b>SEPARADORES</b>								
<input type="checkbox"/> 0.1 mm	<input type="checkbox"/> 0.4 mm	<input type="checkbox"/> 0.7 mm	<input type="checkbox"/> 2 mm	<input type="checkbox"/> 5 mm	<input type="checkbox"/> 8 mm	<input type="checkbox"/> 20 mm	<input type="checkbox"/> 35 mm	<input type="checkbox"/> 70 mm
<input type="checkbox"/> 0.2 mm	<input type="checkbox"/> 0.5 mm	<input type="checkbox"/> 1 mm	<input type="checkbox"/> 3 mm	<input type="checkbox"/> 6 mm	<input type="checkbox"/> 9 mm	<input type="checkbox"/> 25 mm	<input type="checkbox"/> 40 mm	<input type="checkbox"/> 90 mm
<input type="checkbox"/> 0.3 mm	<input type="checkbox"/> 0.6 mm	<input type="checkbox"/> 1.5 mm	<input type="checkbox"/> 4 mm	<input type="checkbox"/> 7 mm	<input type="checkbox"/> 10 mm	<input type="checkbox"/> 30 mm	<input type="checkbox"/> 50 mm	<input type="checkbox"/> 100 mm
<b>PROGRAMA DE CORTE</b>								
								
SEC	CORTE	DISCOS SEPARADORES	TOLERANC	DISCOS SEPARADORES				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

## APENDICE J

### INSTRUCTIVO: USO DE LA CARTA DE PREPARACIÓN

Mediante este instructivo se pretende establecer el mecanismo para la correcta utilización de la carta de preparación en base a lo que se puede apreciar a través del formato “Carta de Preparación”, mediante los siguientes lineamientos:

- a) La carta de preparación debe ser entregada completamente llena en todas sus áreas al operador de la Slitter.
- b) En el área que indica “calidad” se debe marcar el casillero correspondiente a la calidad de la bobina que se vaya a procesar.
- c) En las áreas que indican “Eje superior” y “Eje inferior” se debe marcar los tipos y la cantidad de cuchillas circulares que se van a utilizar en cada eje de corte.
- d) En el área que indica “espesor” se debe registrar el espesor de la bobina que se vaya a procesar.
- e) En el área que correspondiente a “tolerancia” se debe indicar la tolerancia propia para el espesor del material.
- f) La sección “separadores” se debe utilizar para marcar los tipos de discos separadores que utilizará el operador durante la preparación de la Slitter.

## APENDICE J

- g) En el área destinada para el “programa de corte” se debe señalar sobre cada una de las secciones del esquema, la secuencia con que el operador deberá ir formando los desarrollos sobre los ejes.
- h) En la parte final del formato, se registrará de forma secuencial según el esquema que se señala en el literal g:
- el desarrollo (corte) y los discos separadores que se montarán para dicho desarrollo, y,
  - la tolerancia para el corte y los discos separadores que se montarán para dicho desarrollo.

Con estos lineamientos, la persona encargado del desarrollo de la carta de preparación, contará con una referencia válida para evitar desviaciones con respecto a la utilización de dicho documento.



## APENDICE L

### TABLA DE DESARROLLOS Y PARAMETROS DE PREPARACIÓN

No.	Desarrollo	Producto	Dimensiones	Espesores de Fabricación					Calidad Acero	Parámetro Tolerancia	Corte	Tolerancia Corte
1	50	Tubo Mecánico Redondo	5/8	1.05	1.1				LF	0.3	50	19.7
2	98	Tubo Estructural Redondo	1 1/4	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	98	57.5
	98	Tubo Estructural Cuadrado	25x25	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	98	57.5
	98	Tubo Mecánico Cuadrado	25x25	0.73	0.75				LF	0.2	98	67.8
3	40.5	Tubo	1/2	0.75					LF	0.2	40.5	10.3
4	60.5	Tubo Mecánico Redondo	3/4	0.85	0.9				LF	0.2	60.5	30.3
	60.5	Tubo Mecánico Cuadrado	15x15	0.85	0.9				LF	0.2	60.5	30.3
5	120	Correa	60x30x10	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	120	79.5
	120	Tubo Mecánico Redondo	1 1/2	1.05	1.1				LF	0.3	120	89.7
	120	Tubo Mecánico Cuadrado	30x30	1.05	1.1				LF	0.3	120	89.7
	120	Tubo Mecánico Rectangular	40x20	1.05	1.1				LF	0.3	120	89.7
6	170	Correa	60x40x15	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	170	129.5
7	60	Tubo Mecánico Redondo	3/4	1.05	1.1				LF	0.3	60	29.7
8	160	Tubo Mecánico Redondo	2	1.05	1.1				LF	0.3	160	129.7
9	95	Ángulo	50x50	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	95	54.5
	95	Tubo Mecánico Cuadrado	25x25	1.35	1.4				LF	0.3	95	64.7
10	120.5	Tubo Mecánico Redondo	1 1/2	0.85	0.9				LF	0.2	120.5	90.3
	120.5	Tubo Mecánico Cuadrado	30x30	0.85	0.9				LF	0.2	120.5	90.3
	120.5	Tubo Mecánico Rectangular	40x20	0.85	0.9				LF	0.2	120.5	90.3
11	31.5	Zuncho		0.75	0.8				LF	0.2	31.5	1.3
12	150	Tubo Estructural Redondo	1 7/8	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	150	109.5
	150	Tubo Est. Red. GV. para pos	1 1/2	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	150	109.5
	150	Tubo Mecánico Redondo	1 7/8	1.05	1.1				LF	0.3	150	119.7
13	40	Tubo Mecánico Redondo	1/2	0.85	0.9				LF	0.2	40	9.8
14	38	Canal	20x10	1.1					LF	0.3	38	7.7
15	208	Correa	100x50x15	1.8	1.85	1.9	1.95	2	LC	0.5	208	167.5
16	50.5	Tubo Mecánico Redondo	5/8	0.85	0.9	1			LF	0.2	50.5	20.3
17	70	Tubo Mecánico Redondo	7/8	1.05	1.1				LF	0.3	70	39.7
	70	Tubo Mecánico Rectangular	12x25	1.05	1.1				LF	0.3	70	39.7
18	80	Tubo Mecánico Redondo	1	1.05	1.1				LF	0.3	80	49.7
19	147	Tubo Estructural Cuadrado	1 1/2	1.5					LC	0.3	147	106.7
	147	Tubo Estructural Rectangular	25x50	1.5					LC	0.3	147	106.7
	147	Tubo Mecánico Cuadrado	1 1/2	1.35	1.4				LF	0.3	147	116.7
	147	Tubo Mecánico Rectangular	25x50	1.35	1.4				LF	0.3	147	116.7
20	159.5	Tubo Estructural Redondo	2	1.5					LC	0.3	159.5	119.2
	159.5	Tubo Mecánico Redondo	2	1.35	1.4				LF	0.3	159.5	129.2



## APENDICE M

### INVENTARIO DE DISCOS SEPARADORES

DIMENSIONES	EN USO	OBSOLETAS
0.2 mm	16	4
0.3 mm	13	20
0.4 mm	2	10
0.5 mm	14	14
0.6 mm		23
0.7 mm		2
1 mm	18	
1.5 mm	13	
2 mm	5	
3 mm	13	
4 mm	9	
5 mm	15	
6 mm	10	
7 mm	10	
8 mm	0	
9 mm	0	
10 mm	9	
20 mm	13	
25 mm	2	
30 mm	10	
35 mm	3	2
40 mm	7	
50 mm	9	1
70 mm	5	
90 mm	2	1
100 mm	6	

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Shingo Shigeo, Una Revolución en la producción: el sistema SMED, TGP–Productivity, Madrid 1990.
2. Centro de Estudios del Medio Ambiente (CEMA), Auditoria Ambiental de las Instalaciones de la Planta Industrial IPAC S.A., Guayaquil 2000.
3. Manual de aceros de IPAC S.A.
4. SEKINE KENICHI, Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas, Productivity Press, Madrid 1993.
5. William K. Hodson, Maynard Manual del Ingeniero Industrial, McGraw Hill, Mexico 1996.
6. SKF, Catalogo General de Productos 4000-SP, Stamperia Artistica Nazionale, 1989.
7. Dileep R. Sule, Instalaciones de Manufactura: Ubicación, Planeación y Diseño, Thomson Learning, Mexico 2001.
8. Gabriel Baca Urbina, Evaluación de Proyectos, McGraw Hill, Mexico 1995.