



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Mejora de las Operaciones de Preparación de Máquinas
Conformadoras de Paneles, en una Empresa Metalmecánica,
mediante el Sistema SMED”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentado por:

Jairon Andrés Fernández Morocho

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2014

DEDICATORIA

A MIS PADRES, A MIS
AMIGOS Y A LAS
PERSONAS QUE ME
BRINDARON SU
APOYO AL
RECORRER ESTE
CAMINO.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, que siempre ha estado apoyándome y a todas aquellas personas que de una u otra manera han ayudado en la realización de este proyecto, en especial al Ing. César Calderón, por su respaldo incondicional.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Kléber Barcia V.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Dr. Kléber Barcia V.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. María Denise Rodríguez Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

Jairon Andrés Fernández Morocho

RESUMEN

El presente proyecto consiste en un estudio para definir mejoras en los procesos de cambio de los equipos de panelación, mediante el uso del sistema SMED (Single Minute Exchange of Die); de tal forma que se reduzcan los tiempos de para y aumente el porcentaje de actividades productivas.

La empresa donde se desarrolla el estudio es una metalmecánica, que luego de un cambio en la distribución de su planta y la compra de maquinaria, ha afrontado la reducción de la capacidad real de producción de sus equipos.

Es así, que el estudio empezó con un diagnóstico situacional sobre las operaciones de producción de la planta, buscando la validación del supuesto de que las operaciones de preparación eran las principales actividades que menguaban la capacidad productiva de los equipos. Por lo tanto, una vez comprobada la tesis, se dio paso a la implementación del sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) como herramienta de mejora, haciendo uso de las diferentes herramientas de análisis para conocer en detalle cada una de las actividades que conforman los procesos de preparación de las máquinas, principalmente en los equipos de panelación, prioridad definida por la alta gerencia, al ser éstos los de mayor carga de trabajo en la planta.

El siguiente paso consistió en la recolección de la información de las actividades de preparación, identificadas como las principales causantes de la

reducción de la capacidad productiva de los equipos. Cada operación se dividió en elementos de proceso, para los cuales se establecieron las herramientas y personal utilizados; así como el tiempo promedio empleado en su realización. Además, se consideró clasificar los elementos en aquellos que agregan y no agregan valor respecto al desarrollo eficiente de las actividades en estudio.

Así también, se desarrollaron diagramas de recorrido como complementos de análisis de los procesos de preparación. De esta forma, se logró obtener una visión más objetiva y profunda sobre el impacto de los desperdicios en el desarrollo de las operaciones de preparación.

Por otra parte, la tasa de producción promedio de los equipos fue otra de las variables claves, consideradas en la recolección de información.

Una vez definido, direccionar el estudio a las actividades de cambio y preparación de los equipos, se consideró el uso de la herramienta SMED como instrumento de mejora; debido a esto, se realizó el análisis de los elementos de proceso clasificándolos en preparaciones internas y externas del equipo. En este caso resultó, que todas las actividades estaban siendo desarrolladas como preparación interna, lo que evidenció la necesidad de mejorar estos procesos.

La separación de las actividades de preparación externas e internas fue el siguiente paso dado en el estudio. Buscando la forma de establecer nuevos

métodos de trabajo basados en la metodología SMED, se crearon instructivos de trabajo y una lista de comprobación, para asegurar que aquellos elementos de proceso relacionados con la preparación externa, ajustes post-proceso y verificación de materiales se realicen mientras los equipos están en funcionamiento.

Así también, fue precisa la reevaluación de las operaciones para convertir los elementos de preparación internas en externas. Con esto se verificó si alguno de estos estaba siendo desarrollado erróneamente como actividad interna. Además, con ayuda del personal de mantenimiento, se determinaron las posibles formas para convertir estos pasos en actividades externas.

En la tercera etapa se buscó el perfeccionamiento de todas actividades de cambio analizadas, desarrollando mejoras elementales en las preparaciones, tanto internas como externas. Mediante una sesión de lluvia de ideas, se establecieron propuestas buscando principalmente la eliminación de las actividades que no agregan valor y una reducción de tiempo de las actividades que no agregan valor pero que son necesarias para el desarrollo de las actividades en estudio. Entre las propuestas planteadas, destacan: la creación de una zona de almacenamiento de puentes grúas y elementos de transporte; así como, la adecuación y el establecimiento de un sistema de pre-ajuste de los rieles del apilador de la máquina; por último, se planteó el desarrollo de un sistema de ajuste y calibración, de escala-micrómetro, para los pasos del

rollformer, el cual será utilizado cada vez que sea necesario realizar un cambio de formato.

Una vez establecidas las mejoras, se cuantificó la reducción del tiempo dedicado a las operaciones de preparación. Vale destacar que se obtuvieron grandes mejoras de los procesos en estudio; por ejemplo, el tiempo empleado en el desarrollo de la operación de cambio de bobina pudo ser disminuido de 41,55 a 9,86 minutos; además, la operación de empaque de producto terminado pudo ser desarrollada mientras el equipo estaba en funcionamiento y solo tomó 3,99 minutos, el 53% del tiempo de proceso inicial; de igual forma, el tiempo dedicado al retiro de producto terminado, se redujo de 23,60 a 4,80 minutos.

Además, se generaron impactos significativos a nivel del aumento de la capacidad productiva de la máquina en la que se desarrolló el estudio. Vale destacar, que solo con la implementación de algunas de las mejoras planteadas en la primera y segunda etapa del sistema SMED, se logró un aumento del 33% de la capacidad productiva y un incremento del 12% del tiempo productivo del equipo.

Además, se espera una reducción del tiempo de para de los equipos por cambios y preparaciones de 6,53 horas para un día total de trabajo (24 horas). Esto representa una disminución del 73% del tiempo utilizado en las preparaciones antes de SMED.

De igual forma, se desarrolló un análisis de beneficio/costo, referente al ingreso por venta adicional generado por la implementación del sistema SMED. Se logró establecer un retorno en ingreso por venta de \$ 194,12 dólares por cada dólar gastado en el proyecto de mejora; dejando claro el potencial que tiene la herramienta SMED, no solo para mejorar las condiciones de un proceso productivo, sino además, para elevar la rentabilidad de una empresa.

Como conclusión, se puede decir que mediante un enfoque científico y haciendo uso de las herramientas adecuadas, como el sistema SMED, se han logrado establecer las acciones efectivas para mejorar los procesos de cambio de los equipos de conformado de paneles; de tal forma, que se redujo el tiempo de para de los equipos, se aumentó el porcentaje de las actividades productivas; y con esto, se logró el aumento de la capacidad productiva del área.

Por otra parte, es recomendable capacitar, involucrar e incentivar al personal sobre el desarrollo de programas de mejora continua, tales como el sistema SMED, para realizar estudios similares, en los demás centros de trabajo de la planta, con el objetivo de mejorar la capacidad productiva de los equipos, mejorar las condiciones de trabajo y establecer un sistema de producción más flexible que pueda responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	XI
ABREVIATURAS.....	XVI
SIMBOLOGÍA.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Objetivos del Proyecto.....	6
1.3 Metodología Usada en el Desarrollo del Proyecto.....	6
1.4 Planteamiento y Justificación del Problema.....	9
1.5 Estructura del Proyecto.....	13

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Reseña Histórica del SMED.....	16
2.2 Fundamentos del Sistema SMED.....	20
2.3 Fundamentos del Muestreo del Trabajo.....	24
2.4 Descripción Teórica de las Herramientas Utilizadas.....	33
2.4.1 Diagrama de Pareto.....	33
2.4.2 Diagrama de Flujo.....	34
2.4.3 Diagrama de Recorrido.....	37
2.4.4 Lluvia de Ideas.....	39

CAPÍTULO 3

3. ESQUEMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA.....	41
3.1 Información General de la Empresa.....	41
3.2 Descripción de los Procesos Productivos de la Empresa.....	43
3.2.1 Materia Prima Utilizada.....	44
3.2.2 Transporte y Almacenamiento de la Materia Prima.....	46
3.2.3 Procesos de Fabricación de la Planta.....	47

3.3 Descripción de la Estructura Interna de las Operaciones de Producción de los Equipos de Conformado de Paneles “PANELADORAS”	52
3.4 Descripción Específica de las Actividades de Preparación en Estudio.....	55
3.4.1 Elementos Principales del Equipo de Conformado de Paneles.....	55
3.4.2 Cambio de Bobina y Ajustes del Equipo.....	60
3.4.3 Empaque del Lote Terminado.....	66
3.4.4 Retiro del Lote Fabricado de la Línea de Producción.....	67

CAPÍTULO 4

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS CRÍTICAS.....	71
4.1 Desarrollo del Muestro de Trabajo.....	71
4.1.1 Planificación del Muestreo de Trabajo.....	77
4.1.2 Resultados Obtenidos Sobre el Porcentaje de Tiempo Improductivo de los Equipos.....	86
4.1.3 Identificación de las Actividades Improductivas más Representativas.....	87
4.2 Desarrollo del Sistema SMED.....	89

4.2.1	Generalidades.....	89
4.2.2	Análisis de Operación.....	90
4.2.3	Etapa Preliminar: Identificación de las Preparaciones Interna y Externa.....	131
4.2.4	Primera Etapa: Separación de la Preparación Interna y Externa.....	136
4.2.5	Segunda Etapa: Convertir la Preparación Interna en Externa.....	141
4.2.6	Tercera Etapa: Perfeccionar Todos los Aspectos de las Operaciones de Preparación.....	147

CAPÍTULO 5

5.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	174
5.1	Estimación de los Efectos Generados por las Mejoras Desarrolladas Mediante el Sistema SMED.....	174
5.2	Estimación de los Beneficios Monetarios Obtenidos por la Implementación de las Mejoras Desarrolladas.....	197

CAPÍTULO 6

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	200
6.1	Conclusiones.....	200

6.2 Recomendaciones.....	201
--------------------------	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Metodología del Proyecto.....	6
Figura 2.1 Fases Conceptuales para la Mejora de Preparaciones.....	20
Figura 2.2 Fases Conceptuales para la Mejora de Preparaciones.....	21
Figura 2.3 Formulario para Muestreo del Trabajo.....	31
Figura 2.4 Porcentaje Acumulado de Tiempo de Corte.....	32
Figura 2.5 Análisis de Pareto.....	34
Figura 2.6 Diagrama de Flujo del Proceso.....	36
Figura 2.7 Diagrama de Recorrido.....	38
Figura 3.1 Flujo Esquemático de las Operaciones de Producción de Planta.....	43
Figura 3.2 Almacenamiento de Bobinas de Acero.....	47
Figura 3.3 Equipo de Corte Longitudinal (SLITTER).....	48
Figura 3.4 Equipo de Conformado de Perfiles (PERFILADORA).....	49
Figura 3.5 Equipo de Corte Transversal.....	50
Figura 3.6 Equipo de Conformado de Paneles (PANELADORA).....	51

Figura 3.7	Diagrama de Flujo de Operaciones del Equipo de Conformado de Paneles (PANELADORA).....	52
Figura 3.8	Elaboración de Base para el Apilamiento.....	54
Figura 3.9	Apilamiento de Producto Terminado.....	54
Figura 3.10	Desbobinador – COIL CAR.....	57
Figura 3.11	Esquema de Rollformer, Proceso de Conformado.....	58
Figura 3.12	Panel de Control del Equipo.....	59
Figura 3.13	Apilador de Producto Terminado.....	60
Figura 3.14	Requisitos de la Norma INEN 2221.....	65
Figura 4.1	Gráfico Acumulativo de Control del Porcentaje de Actividades Improductivas, Máquina (PAN01).....	86
Figura 4.2	Requisitos de la Norma INEN 2221.....	99
Figura 4.3	Sistema de Apilamiento de Producto Terminado.....	100
Figura 4.4	Tijera Corta-Zunchos.....	110
Figura 4.5	Mandos de Control, PAN01.....	113
Figura 4.6	Sistema de Guías de Entrada de Cizalla y Rollformer, PAN01.....	114
Figura 4.7	Gráfico de Elementos de Tiempo de Cambio de Bobina.....	117
Figura 4.8	Zona de Almacenamiento de Utensilios de Pintura.....	121
Figura 4.9	Elementos de Tiempo de Empaque de Producto Terminado.....	123
Figura 4.10	Gráfico de Elementos de Tiempo de Proceso de Retiro de Producto Terminado.....	130
Figura 4.11	Evolución SMED de Proceso de Cambio de Bobina.....	138

Figura 4.12	Evolución SMED de Proceso de Empaque de Producto Terminado.....	139
Figura 4.13	Evolución SMED de Proceso de Retiro de Producto Terminado de la Línea.....	140
Figura 4.14	Zona de Apilamiento PAN 01.....	145
Figura 4.15	Mejora a Desarrollar en Zona de Apilamiento PAN 01.....	146
Figura 4.16	Clasificación de Actividades de Preparación Externa de Cambio de Bobina.....	148
Figura 4.17	Diseño de Área de Apertura.....	150
Figura 4.18	Ubicación de Área de Apertura.....	151
Figura 4.19	Tablero de Comprobación.....	152
Figura 4.20	Ubicación de Tablero de Comprobación.....	153
Figura 4.21	Zona de Almacenamiento de Puente Grúa.....	154
Figura 4.22	Clasificación de Actividades de Preparación Interna de Cambio de Bobina.....	155
Figura 4.23	Plantilla de Calibración de Pasos.....	156
Figura 4.24	Sistema de Calibración de Pasos (Escala).....	157
Figura 4.25	Sistema de Calibración de Pasos (Micrómetro).....	158
Figura 4.26	Sistema de Posicionamiento del Área de Apilamiento.....	160
Figura 4.27	Sistema de Guías de Apilador PAN01.....	161
Figura 4.28	Mesa de Medición de Control de Calidad.....	162
Figura 4.29	Sistema de Calibración de Guías de Alimentación.....	163
Figura 4.30	Clasificación de Actividades de Preparación Externa de Proceso de Empaque de Producto Terminado.....	164

Figura 4.31	Tablero de Comprobación.....	165
Figura 4.32	Clasificación de Actividades de Preparación Externa de Retiro de Producto Terminado de la Línea.....	167
Figura 4.33	Ubicación de Área de Almacenamiento de Puente Grúa.....	168
Figura 4.34	Ubicación de Zonas de Almacenamiento de Soportes de Madera.....	169
Figura 4.35	Zona de Almacenamiento de Soportes de Madera.....	169
Figura 4.36	Ubicación y Modelo de Soporte de Almacenamiento de Cadenas.....	170
Figura 4.37	Zona de Almacenamiento de Elementos de Transportación.....	171
Figura 4.38	Clasificación de Actividades de Preparación Interna de Retiro de Producto Terminado de la Línea.....	172
Figura 5.1	Diagrama de Gantt de Actividades Internas.....	184
Figura 5.2	Diagrama de Gantt de Actividades de Preparación Interna....	192

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1	Porcentaje de Tiempo Improductivo de Máquinas Paneladoras.....10
Tabla 2	Porcentaje Acumulado de Tiempo Improductivo de Máquinas Paneladoras.....78
Tabla 3	Tamaños de Muestras de Equipos de Conformado.....80
Tabla 4	Turnos de Trabajo de Planta.....80
Tabla 5	Número de Días Disponibles para el Muestreo.....81
Tabla 6	Número de Observaciones Diarias de Muestreo.....82
Tabla 7	Tabla Resumen del Porcentaje Acumulado de Actividades Improductivas, Máquina (PAN01).....85
Tabla 8	Tabla Resumen del Porcentaje de Actividades Improductivas de los Equipos.....87
Tabla 9	Carga de Trabajo Mensual (Kg/mes).....91
Tabla 10	Tabla Resumen de Análisis de Operación de Empaque de Producto Terminado.....122
Tabla 11	Tabla Resumen de Análisis de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea.....129

Tabla 12	Actividades de Preparación Interna y Externa de Operación de Cambio de Bobina.....	132
Tabla 13	Actividades de Preparación Interna y Externa de Operación de Empaque de Producto Terminado.....	133
Tabla 14	Actividades de Preparación Interna y Externa de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea.....	133
Tabla 15	Elementos de Preparación Externa de Operación de Cambio de Bobina.....	134
Tabla 16	Elementos de Preparación Externa de Operación de Empaque de Producto Terminado.....	135
Tabla 17	Elementos de Preparación Externa de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea	135
Tabla 18	Elementos de Preparación Interna de Operación de Cambio de Bobina	141
Tabla 19	Elementos de Preparación Interna de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea	144
Tabla 20	Reducción de Tiempo de Operación de Cambio de Bobina, Primera Etapa del Sistema SMED.....	175
Tabla 21	Reducción de Tiempo de Operación de Empaque de Producto Terminado, Primera Etapa del Sistema SMED.....	176
Tabla 22	Reducción de Tiempo de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea, Primera Etapa del Sistema SMED.....	177
Tabla 23	Estimación de Tiempo de Retiro de Núcleo de Acero.....	178
Tabla 24	Reducción de Tiempo de Operación de Cambio de Bobina, Segunda Etapa del Sistema SMED.....	180

Tabla 25	Reducción de Tiempo de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea, Segunda Etapa del Sistema SMED.....	181
Tabla 26	Estimación de Tiempo de Preparación del Equipo.....	183
Tabla 27	Reducción de Tiempo de Operación de Cambio de Bobina, Tercera Etapa del Sistema SMED.....	187
Tabla 28	Reducción de Tiempo de Operación de Empaque de Producto Terminado, Tercera Etapa del Sistema SMED.....	189
Tabla 29	Reducción de Tiempo de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea, Tercera Etapa del Sistema SMED.....	193
Tabla 30	Incremento de la Tasa de Producción Efectiva Diaria de la Máquina PAN01.....	194
Tabla 31	Incremento del Porcentaje de Actividades Productivas de la Máquina PAN01.....	195
Tabla 32	Tiempo Empleado en Actividades de Preparación Antes de SMED.....	195
Tabla 33	Tiempo Empleado en Actividades de Preparación Mediante SMED.....	196
Tabla 34	Costo de Implementación de Sistema SMED.....	198
Tabla 35	Relación Beneficio/ Costo de la Implementación SMED.....	199

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de procesos de fabricación más flexibles que puedan satisfacer la variabilidad de la demanda, reducir los costos de fabricación y aumentar la productividad de los equipos, es uno de los principales puntos de interés en las organizaciones, hoy en día.

El sistema SMED (Single-Minute Exchange of Die), es la alternativa perfecta para alcanzar la flexibilidad y el aumento de la productividad de las líneas, ya que permite reducir los tiempos de cambio y calibración de los equipos de forma drástica, mediante el desarrollo de procedimientos simples y eficientes.

La empresa donde se desarrollará la presente tesis es una metalmecánica dedicada a la fabricación de productos de acero para sistemas constructivos livianos, la cual ha venido afrontado la reducción de la capacidad real de producción de sus equipos. Debido a esto, la alta gerencia aprobó la realización de un estudio que permita identificar las causas representativas que generan dicho problema, para establecer medidas que busquen su reducción o eliminación; con principal interés en las máquinas conformadoras de paneles, quienes poseen la mayor carga de trabajo de la planta.

De esta forma, el estudio inició con el análisis de los procesos de fabricación de la planta, mediante técnicas de muestreo y gráficas de Pareto, para determinar las causas que generan la mayor reducción de la capacidad

productiva de los equipos, siendo las operaciones de preparación identificadas como tales.

De esta forma, la segunda parte del estudio se enfocó en el análisis profundo de las operaciones de preparación, haciendo uso de las técnicas de estudios de tiempo y diagramas de flujo y recorrido. Así también, se estableció el uso del sistema SMED como herramienta de mejora, desarrollando de manera adecuada las diferentes etapas que lo constituyen. De esta manera, se plantearon propuestas de mejora a lo largo de dichas etapas.

Por lo que se puede decir, que el objetivo de este estudio es definir mejoras en los procesos de cambio de los equipos de panelación, mediante el uso del sistema SMED (Single Minute Exchange of Die); de tal forma que se reduzcan los tiempos de para, aumente el porcentaje de actividades productivas; y por ende se incremente la capacidad productiva de las máquinas.

Las mejoras serán planteadas para cada uno de los elementos que conforman las operaciones de preparación; se presentará además, la estimación de los efectos esperados, en cuanto a la reducción del tiempo dedicado a dichas actividades.

De igual forma, una vez definidas las mejoras para las actividades de preparación, se realizará el cálculo de la reducción final de tiempo de los procesos de preparación en estudio; así también, se presentarán los beneficios generados, cuantificados en: disminución del tiempo de

preparación, aumento del tiempo productivo del equipo, y por ende, de su capacidad productiva, además de los ingresos adicionales esperados por venta.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

La empresa donde se desarrollará la presente tesis es una metalmecánica, que luego de un cambio en la distribución de su planta y la compra de maquinaria, ha afrontado la reducción de la capacidad real de producción de sus equipos. En años anteriores, se realizó un estudio de muestreo de trabajo, determinándose de esta forma el porcentaje de tiempo productivo e improductivo de los equipos.

En la actualidad, debido al cambio de las condiciones del estudio y la sospecha de la reducción del porcentaje de tiempo productivo de las

máquinas, la alta gerencia ha decidido que se realice la actualización del muestreo de trabajo, que además de comprobar los supuestos, permita identificar las causas representativas que generan dicho problema, para establecer medidas que busquen su reducción o eliminación.

Además, el jefe de planta supone que, tal vez, las principales causas que menguan la capacidad real de las máquinas, son las operaciones de cambio de calibración de las máquinas, así que, se ha pedido el principal enfoque en dichas actividades, sobre todo en las máquinas conformadoras de paneles, ya que son los equipos con mayor carga de trabajo en la planta.

Por lo que de ser este el caso, el desarrollo del sistema SMED (Single-Minute Exchange of Die), en los procedimientos de cambio y calibración de los equipos de planta, será de vital importancia para la solución de los inconvenientes descritos, ya que es una herramienta que permite reducir los tiempos de cambio y calibración de los equipos de forma drástica, mediante el desarrollo de procedimientos simples y eficientes; generando grandes aumentos de la capacidad real de producción de los equipos, mayor flexibilidad frente a la demanda, reducción de costos de producción y el incremento de la competitividad y nivel de servicio de las empresas.

1.2. Objetivo del Proyecto

El objetivo de la tesis es definir mejoras en el proceso de cambio de los equipos, denominados paneladoras, mediante el uso de la herramienta SMED; de tal forma que se reduzcan los tiempos de para y aumente el porcentaje de actividades productivas en el área.

1.3. Metodología Usada en el Desarrollo del Proyecto

A continuación se presenta un flujo de proceso que revela la metodología a emplear en el desarrollo de la tesis.

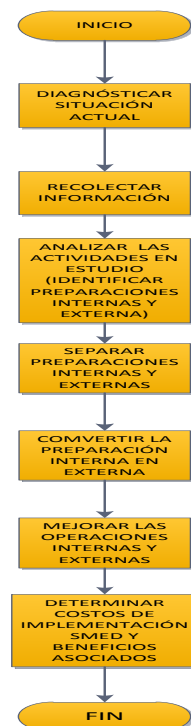


FIGURA 1.1 Metodología del Proyecto

Diagnóstico situacional sobre las operaciones de producción de la planta. En esta etapa se realizó un muestreo de trabajo para determinar el % de actividades productivas e improductivas de las máquinas paneladoras. Además, se buscó identificar las actividades de para más representativas de las máquinas.

Recolección de la información de las actividades de para representativas detectadas. Vale mencionar que en esta etapa, se identificó que las actividades de para más representativas son aquellas referentes a los procesos de cambio y calibración de los equipos. Por lo que se recolectó información, dividiendo éstas en elementos, para los cuales se determinaron las herramientas y personal utilizados, así como también, el tiempo promedio empleado en su realización. La observación directa de las operaciones y la entrevista a los operadores fueron las herramientas utilizadas en esta fase.

Por otra parte, la tasa de producción promedio de los equipos fue otra de las variables claves, consideradas en la recolección de información.

Análisis de las actividades en estudio (identificación de preparaciones internas y externas). Una vez definido, direccionar el estudio a las actividades de cambio y calibración de los equipos, se

consideró el uso de la herramienta SMED como instrumento de mejora; debido a esto, se realizó el análisis de los elementos clasificándolos en preparaciones internas y externas del equipo.

Además, se consideró clasificar los elementos en aquellos que agregan valor y no agregan valor para el desarrollo eficiente de las actividades en estudio.

Separación de las actividades en externas e internas. En esta etapa se realizó la diferenciación de preparaciones externas e internas observadas, estableciendo la necesidad de crear un instructivo y una lista de comprobación, para asegurar que aquellos elementos relacionados con preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales se realicen mientras los equipos están en funcionamiento.

Convertir la preparación interna en externa. En esta etapa se realizó una reevaluación de las operaciones para verificar si alguna de estas estaba considerada erróneamente como interna. Además, mediante el asesoramiento del personal de mantenimiento, se determinaron las posibles formas para convertir estos pasos en externos.

Mejora de las operaciones externas e internas. En esta fase se buscó el perfeccionamiento de todas actividades de cambio

analizadas, desarrollando mejoras elementales en las preparaciones, tanto internas como externas. Para esto, se realizó una lluvia de ideas con los operadores de las máquinas, jefes de producción, coordinador de calidad, personal de mantenimiento y jefe de seguridad y salud ocupacional.

Se establecieron propuestas buscando la eliminación de las actividades que no agregan valor y una reducción de tiempo de las actividades que no agregan valor pero que son necesarias para el desarrollo de las actividades de estudio.

Establecimiento de costo y beneficios asociados a la implementación de las propuestas de mejora. Por último, se realizó un análisis costo-beneficio de las propuestas de mejora definidas. El enfoque utilizado para mostrar los beneficios asociados, hace referencia al número de productos, directos para la venta, que se pueden producir con el ahorro de tiempo en las actividades de cambio y calibración analizadas.

1.4. Planteamiento y Justificación del Problema

Tal como se observa en la siguiente tabla, el alto porcentaje de actividades improductivas observado en el muestreo de trabajo, la alta velocidad de los equipos, así como la fabricación de los paneles en grupos de 200 a 500 unidades; muestran claramente que la

producción normal de los productos lleva consigo múltiples preparaciones y pequeños tamaños de lote, generando una gran reducción de la capacidad real de los equipos, largos plazos de entrega, poca flexibilidad ante los cambios de la demanda; y por ende, un bajo nivel de servicio.

TABLA 1

Porcentaje de Tiempo Improductivo de Máquinas Paneladoras

ÁREA DE PANELES	Máquinas	turno	% de actividades improdx maqxturno	tasa de producción(seg/ unidad)	Características del producto	
	ÁREA DE PANELES	PAN 01	1	47%	11,83	0,3
2			46%	1400		longitud (mm)
3			66%	Galvalume		material
PAN 02		1	74%	20,07	0,4	espesor (mm)
		2	65%		7900	longitud (mm)
		3	78%		Prepintado	material
PAN 03		1	39%	60	0,5	espesor (mm)
		2	60%		3600	longitud (mm)
		3	65%		Prepintado	material
PAN 04	1	88%	12,5	0,65	espesor (mm)	
	2	62%		4930	longitud (mm)	
	3	85%		Galvanizado	Material	
RESUMEN						
PROMEDIO TOTAL DEL ÁREA DEL % ACT. IMPRODUCTIVAS x TURNO	1	54%				
	2	58%				
	3	72%				

Por otra parte, en la planta se cree erróneamente que la duración de las operaciones de preparación depende de la destreza de los operadores y que solo algunos pueden desarrollar ciertas actividades

de forma eficiente; por lo que no se han tomado medidas para definir un método de trabajo, controlar el tiempo empleado, y menos aún reducirlo. Aportando, de esta manera, a la generación de largos periodos de cambio y la baja productividad de las líneas.

También, cabe indicar que por lo general la planta trabaja tres turnos de 8 horas de lunes a viernes, pero en los últimos meses se han armado dos turnos los días sábados y un turno los domingos para poder satisfacer los requerimientos de demanda, generando gastos adicionales en transporte, alimentación y pago de horas extras a los empleados.

Por consiguiente, reducir los tiempos de preparación de las máquinas y definir procedimientos simples y eficientes, son los factores claves para resolver las dificultades por las que están pasando las líneas en cuanto a productividad, eficiencia en costos y mejora de servicio se refiere.

Es aquí, donde el conjunto de teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio en menos de diez minutos, conocido como sistema SMED (Single-Minute Exchange of Die), se transforma en la herramienta perfecta para afrontar este dilema.

Tal como lo establece el creador de esta metodología, el señor Shigeo Chingo, en su libro (Una revolución en la producción: El

sistema SMED, 1985). El sistema SMED tiene por objetivo, literalmente, reducir el tiempo de preparación de los equipos a menos de diez minutos, aunque esto de forma particular no se logre en todos los casos, ha quedado demostrado que son usualmente posibles dramáticas reducciones de tiempo [1].

El sistema SMED permite:

- Incrementar las tasas de trabajo de las máquinas y la capacidad productiva.
- Eliminar errores de preparación.
- Mejorar la calidad.
- Incrementar la seguridad, haciendo más simples las operaciones de preparación.
- Reducir los tiempos de preparación.
- Reducir los costos de fabricación.
- Mejorar la actitud de los operadores.
- Disminuir el nivel de entrenamiento requerido.

Por último, se puede decir que el aumento de la capacidad real de producción de los equipos, mediante la reducción de los tiempos de cambio y calibración, es el principal justificativo para el desarrollo de la presente tesis, buscando desarrollar procesos más flexibles que puedan satisfacer la variabilidad de la demanda, reducir los costos de

fabricación y aumentar la productividad de los equipos. Beneficios que, como ya es bien sabido, se pueden obtener mediante el desarrollo del sistema SMED.

1.5. Estructura del Proyecto

La presente tesis está constituida de seis capítulos, cuyo primer capítulo se ha venido desarrollando a lo largo de este escrito, los siguientes capítulos se describen a continuación:

Capítulo 2

Marco Teórico. En este capítulo se describen las diferentes herramientas utilizadas, se presenta su reseña histórica y marco teórico, con un enfoque especial en el sistema SMED, ya que este es el pilar fundamental de la presente tesis.

Capítulo 3

Esquematización de los Procesos de Producción de la Planta. En este capítulo, se muestran los datos generales de la empresa, se describen los diferentes procesos productivos que se realizan, así como las operaciones implícitas, haciendo hincapié en aquellas realizadas en las líneas seleccionadas, y que además muestran ser representativas, respecto al alto porcentaje de improductividad de los equipos, obtenido en el muestreo.

Capítulo 4

Identificación de las Actividades Improductivas Críticas. En este capítulo, se realiza la descripción clara de la recolección de la información, el análisis de los datos, así como el desarrollo de cada una de las fases del sistema SMED en las actividades identificadas como críticas mediante el muestreo de trabajo.

Capítulo 5

Resultados Obtenidos. En este capítulo se presentan y cuantifican los beneficios obtenidos por el desarrollo de la metodología SMED. Se han de presentar datos estimados de los efectos generados por esta herramienta como: % de aumento en la capacidad productiva diaria, % de aumento de las actividades productivas del o los equipos seleccionados, la reducción de tiempo de las operaciones de preparación analizadas y la ganancia que ha de generarse con la implementación de las mejoras obtenidas mediante el sistema SMED.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones. En este capítulo se presentan las conclusiones del estudio realizado, considerando los objetivos inicialmente planteados, así también se realizan recomendaciones y

propuestas para el desarrollo del sistema SMED en las demás máquinas y áreas de la planta.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Reseña Histórica del SMED

El SMED dio sus primeros pasos en la primavera de 1950, en la planta de Toyo Kogyo de Mazda, en Hiroshima, de la mano del Ing. Mecánico Shigeo Shingo; quien fue contratado para dirigir un estudio de mejora de eficiencia en la fábrica. El objetivo era eliminar los cuellos de botella provocados por las grandes prensas de moldeado de carrocerías que no trabajaban a capacidad plena, estas venían funcionando las 24 horas y se les había asignado los empleados más diestros, así que se creía que la única manera de aumentar la productividad era adquiriendo más maquinaria. Realizando un análisis

de producción, el creador de este revolucionario sistema se dio cuenta de que las operaciones de preparación se podían clasificar en dos tipos fundamentalmente diferentes [1].

Preparación interna (IED), operaciones que pueden realizarse sólo cuando una máquina está parada.

Preparación externa (OED), operaciones que pueden realizarse mientras la máquina está en operación.

El Sr. Shigeo estaba convencido que era absurdo realizar las preparaciones externas mientras los equipos estaba parados, así estableció, junto con los jefes de sección a cargo, diferentes medidas para realizar dichas actividades mientras las máquinas estaban en funcionamiento. Esto elevó la eficiencia alrededor de un 50% y el cuello de botella se desvaneció.

En el verano de 1957, se encomendó al Sr. Shingeo Shingo un estudio en los astilleros de Mitsubishi Heavy Industries en Hiroshima. El problema era que una gran cepilladora, utilizada para mecanizar bancadas de motores diésel, no trabajaba a su capacidad, así que se quería hacer más eficiente la operación.

Después de realizar un análisis de producción, el Sr. Shingo determinó que una de las operaciones de preparación, realizada en la propia mesa de la cepilladora, reducía considerablemente la tasa de producción, por lo que se decidió colocar una segunda mesa para realizar dicha operación separadamente, mientras la máquina estaba en funcionamiento. Esto generó un aumento de productividad del 40%.

De esta forma, se concibió el concepto de convertir una preparación interna en externa, aunque en aquel momento, como lo confiesa el autor, no se percibió como tal. “Siento una cosa: si hubiese percibido en aquella época la tremenda importancia de convertir una preparación interna en otra externa, el concepto SMED habría sido perfeccionado una docena de años antes”.

En 1969, se presentó un nuevo proyecto de mejora, esta vez fue en la fábrica de Toyota Motor Company. En esta planta se tenía una prensa de 1000 toneladas que requería cuatro horas para el cambio de útiles y preparación. En Alemania, la empresa Volkswagen había estado realizando preparaciones en una prensa similar en dos horas; por lo que se le había pedido al Sr. Suguria, director de la división, mejorar ese tiempo [1].

Tras seis meses de arduo trabajo, se logró reducir el tiempo de preparación a 90 minutos realizando la separación y mejora de las operaciones externas e internas (OED e IED). Esto fue un gran éxito, pero la dirección de Toyota había pensado en un desafío aún más grande. Reducir el tiempo de preparación hasta menos de tres minutos. Esto llevo al Sr. Shigeo a pensar que la única forma de realizar tal cosa, era convirtiendo las IED en OED. Utilizando este nuevo enfoque se logró cumplir con el objetivo, luego de tres meses de esfuerzos.

Convencido de que cualquier preparación podría ser realizada en menos de diez minutos el Sr. Shigeo Shingo bautizó este concepto como <<Cambio de útiles en menos de diez minutos >>, o SMED (single-minute Exchange of die).

A partir de ese momento, el sistema SMED fue adoptado en todas las fábricas de Toyota, evolucionó a lo largo de los años y se ha constituido en uno los elementos principales del Sistema de Producción Toyota y la filosofía LEAN.

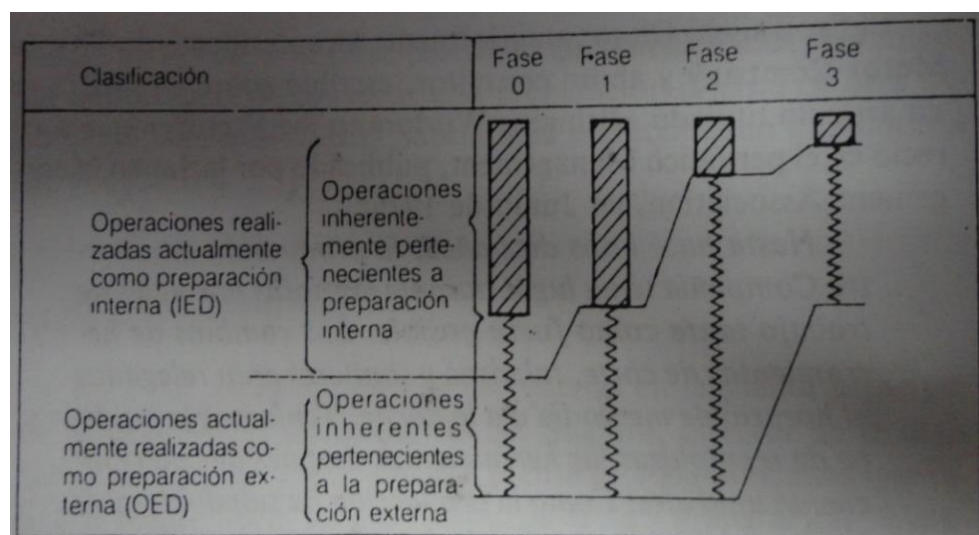
Por último, cabe mencionar que el desarrollo del sistema SMED tomó 19 años en total, por lo que está basado en teorías y años de experimentación práctica; convirtiéndose en una aproximación

científica a la reducción del tiempo de preparación de equipos que puede ser aplicada en cualquier fábrica y a cualquier máquina.

2.2. Fundamentos del Sistema SMED

El sistema SMED involucra cuatro etapas en la mejora de las operaciones de preparación, sin embargo, es de resaltar que éstas se pueden alcanzar en cada una de las fases del proceso [1].

La figura 2.1 y 2.2 muestra las etapas antes mencionadas.



Fuente: SHINGO SHIGEO, Una Revolución en la Producción: el Sistema SMED, Productivity Press, Madrid 1985, p. 31.

FIGURA 2.1. Fases Conceptuales para la Mejora de Preparaciones

Procedimientos de preparación: pasos básicos	Fase 0		Fase 1		Fase 2		Fase 3	
	IED	OED	IED	OED	IED	OED	IED	OED
Preparación y verificaciones de material en bruto, herramientas y fijación accesorios	~~~~~			~~~~~		~~~~~		~~~~~
Montaje & retirada de útiles, cuchillas, etc.	■		■		■	~	■	~
Centrado, dimensionado, fijación de condiciones operativas	■		■		■	~	■	~
Proceso de ensayos Ajustes	■		■		■		■	
Total	■~~~~~		■~~~~~		■~~~~~	~~~~~	■~~~~~	

Fuente: SHINGO SHIGEO, Una Revolución en la Producción: el Sistema SMED, Productivity Press, Madrid 1985, p. 31.

FIGURA 2.2. Fases Conceptuales para la Mejora de Preparaciones

A continuación, se realiza una descripción de cada una de las fases del proceso de mejora de la preparación de los equipos.

Etapa Preliminar: No están diferenciadas las preparaciones interna y externa. Tradicionalmente, en las operaciones de cambio y preparación, se confunden las operaciones internas con las externas y lo que se puede realizar de manera externa se hace internamente, permaneciendo, como consecuencia, las máquinas paradas durante grandes periodos de tiempo.

En esta etapa, se debe elaborar un análisis profundo de las condiciones reales de la fábrica y de los procesos de producción, esto se puede realizar mediante diferentes técnicas como son: el estudio cronométrico, el estudio de trabajo por muestras, entrevistas a los trabajadores involucrados y la grabación en video de la operación de preparación completa. Este último método es extremadamente eficaz si se presentan los resultados a los operadores y se les da la oportunidad de expresar sus opiniones, a menudo aparecen ideas útiles que pueden ser aplicadas inmediatamente.

Primera Etapa: Separación de la preparación interna y externa.

Diferenciación entre las operaciones de preparación interna y externa es el paso más importante en el establecimiento del sistema SMED. Todas las personas están de acuerdo en que la comprobación y mantenimiento de útiles, la preparación de las piezas, y demás operaciones análogas se pueden realizar cuando la máquina está en funcionamiento, sin embargo esto no es lo que ocurre en la realidad.

Si se realiza un esfuerzo científico para tratar la mayor parte de las operaciones de preparación como externas, se obtendrán grandes reducciones de tiempos de para, entre un 30 al 50 %. Tal como lo establece el Sr. Shigeo Shingo “el dominar la distinción entre

preparación interna y externa es el pasaporte para alcanzar el SMED”.

Segunda Etapa: Convertir la preparación interna en externa. Se pueden obtener enormes reducciones simplemente separando las operaciones de preparación interna y externa, sin embargo, esto no es suficiente para alcanzar los objetivos SMED.

Esta segunda etapa comprende dos conceptos importantes, así los menciona el Sr Shigeo Shingo en su libro una revolución en la producción: el sistema SMED, estos son:

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

Es importante considerar que aquellas operaciones que se realizan de forma interna pueden a menudo ser convertidas en externas, si se analiza su verdadera función.

Tercera Etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación. En esta última etapa, se deben concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y externa. Cabe resaltar que la segunda y tercera etapa, pueden desarrollarse de forma

simultánea, e involucran dos conceptos importantes que son: el análisis y la realización.

2.3. Fundamentos del Muestreo del Trabajo

El muestreo del trabajo es una de las técnicas del estudio de tiempo que se utiliza para investigar las proporciones del tiempo total que se dedican a las diferentes actividades que constituyen una tarea a una situación de trabajo [2].

El muestreo de trabajo permite determinar la utilización de los equipos y/o operadores, holguras debido a las condiciones y políticas de la planta, y estándares de producción.

Vale indicar que estos mismos resultados pueden ser obtenidos mediante la técnica de estudio de tiempo cronométrico, pero el muestreo brinda la oportunidad de obtener esta información de manera más ágil y a un menor costo.

En un muestreo de trabajo se toma un gran número de observaciones en intervalos aleatorios. La razón entre las observaciones de una operación específica y el número de observaciones totales se aproxima al porcentaje de tiempo que el proceso se encuentra en ese estado de actividad. "Por ejemplo, si 1000 observaciones tomadas en intervalos al azar durante varias semanas muestran que una máquina

automática de atornillado operaba en 700 de ellas y permanecía inactiva por diferentes razones en 300 casos, el tiempo ocioso de la máquina sería de 30% de la jornada de trabajo” [2].

Como su nombre lo indica, la técnica se basa en un muestreo, esto implica que para obtener datos confiables es necesario tomar una gran cantidad de observaciones y el periodo de medición debe representar las condiciones típicas del trabajo.

A continuación se presentan algunas de las ventajas del muestreo de trabajo sobre el estudio de tiempo cronométrico:

- No requiere la observación directa del analista durante largos periodos de tiempo.
- El operario no está sujeto a largos periodos de observaciones cronometradas.
- Un solo analista puede estudiar con facilidad las operaciones de una brigada.

Teoría Estadística del Muestreo de Trabajo. El muestreo de trabajo se basa fundamentalmente en dos conceptos estadísticos: el primero denominado experimento Bernoulli, en el que se define que en instante dado un evento puede mostrar solo dos posibles resultados, estar presente o ausente; y el segundo que establece que al realizar

n veces este tipo de experimentos, la probabilidad de que x veces ocurra el evento de interés está dada por la siguiente expresión, conocida como distribución binomial [3].

$$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}$$

Dónde:

p= probabilidad individual del evento.

q= 1-p= probabilidad individual de que no se dé el evento.

n= número de observaciones realizadas.

Cabe resaltar, que cuando n es grande, como es el caso del muestreo de trabajo en se toma una gran cantidad de observaciones, la distribución binomial se puede aproximar a una distribución normal,

con media p y desviación estándar $\sqrt{\frac{p*q}{n}}$. (1)

Lo que se busca en un muestreo de trabajo es estimar el valor de p tomando una muestra de tamaño n. Para esto se hace uso de los conceptos elementales del muestreo estadístico como son: el grado de confianza, el error muestral y el intervalo de confianza para proporciones.

Estos conceptos pueden utilizarse para determinar el tamaño de muestra necesario que permite estimar el valor de \bar{p} con cierto grado de precisión respecto al p poblacional.

Ya que la desviación estándar para proporciones viene dada por la siguiente expresión:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p*q}{n}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2)$$

Y el error muestral del intervalo de confianza para proporciones (l) está definido por:

$$l = z_{\alpha/2} * \sigma_p = z_{\alpha/2} * \sqrt{p * q/n} \quad (3)$$

Donde $z_{\alpha/2}$ corresponde a un valor de zeta, tomado de una distribución normal estándar $N(0,1)$, que deja a su derecha un área debajo de la curva de $\alpha/2$.

Además, si se considera un nivel de confianza del 95%, dándole a α un valor de 0,05 y por lo tanto a $z_{\alpha/2}$ 1,96, la expresión para obtener el valor adecuado de n queda como:

$$n = 3,84 * (p * q/l^2) \quad (4)$$

Planeación de Estudio de Muestreo de Trabajo. Antes de realizar un estudio de muestreo de trabajo se requiere de una planificación detallada. Para esto se inicia con una estimación preliminar de los valores de p y q , ya sea mediante datos históricos o por un muestreo inicial del área de dos o tres días.

Una vez realizadas las estimaciones preliminares, se puede determinar la exactitud deseada de los resultados, así como el número de observaciones requeridas y la frecuencia de medición. La última actividad consiste en la elaboración del formato del estudio y las gráficas para el control diario.

Determinación de Número Necesario de Observaciones. Como se puede observar en la ecuación (4), el tamaño de la muestra está definido por la exactitud de los resultados a obtener, así, mientras más grande sea el número de observaciones, mayor validez tendrán los datos obtenidos.

Determinación de la Frecuencia de Observación. La frecuencia con que se toman los datos, está influenciada por el tamaño de muestra requerido y la cantidad de días disponibles para realizar el estudio. “Por ejemplo, para completar 3.600 observaciones en 20 días calendarios, el analista debería obtener aproximadamente $3600/20=180$ observaciones por día” [2].

Aunque vale considerar que en la práctica la frecuencia de la observaciones también es afectada por la naturaleza del trabajo y el número de analistas disponibles para el estudio. Por ejemplo, si sólo se cuenta con un analista para acumular los datos obtenidos en el ejemplo anterior, no sería práctico que este individuo realizara 180 observaciones diarias.

Por otra parte, una vez obtenido el número de observaciones diarias requeridas, deben definirse los periodos de tiempo en que se tomarán los datos, así como la duración de los recorridos que se realizarán en la planta, al momento de ejecutar el muestreo. Para obtener una muestra representativa se necesita tomar observaciones a todas horas del día, de manera aleatoria. Existen diferentes técnicas para generar aleatoriedad en los momentos en los que se realizan las mediciones. Una de ellas es generar números aleatorios y asignarles valores relativos de tiempo, que representarán la hora, minutos o segundo en se deben tomar las muestras.

Por último, ya que el estudio debe incluir las fluctuaciones normales de la producción, es preciso que sea lo suficientemente largo. Por lo general un muestreo se realiza en periodos de tiempo que abarcan dos a cuatro semanas.

Determinación de Utilización de Máquinas y Operarios. Se puede utilizar el muestreo de trabajo para determinar la utilización de máquinas y operarios. Así, lo muestran los autores Niebel y Freivalds, en su libro Ingeniería industrial: método, estándares y diseño del trabajo; mediante el siguiente ejemplo [2]:

Considere un taller de maquinaria pesada, que incluye 14 máquinas para un estudio que busca determinar la utilización de los equipos y el porcentaje de tiempo dedicado a la operación de corte.

En el estudio se tomaron aproximadamente 3000 observaciones, para obtener la exactitud deseada. Se diseñó un formulario de muestreo de trabajo, tal se muestra, parte de éste, en la figura 2.3; para registrar los 16 posibles estados en los que podían encontrarse las 14 máquinas.

Se estableció un patrón aleatorio de 6 observaciones de los 14 equipos para cada uno de los 36 turnos necesarios para recolectar los datos.

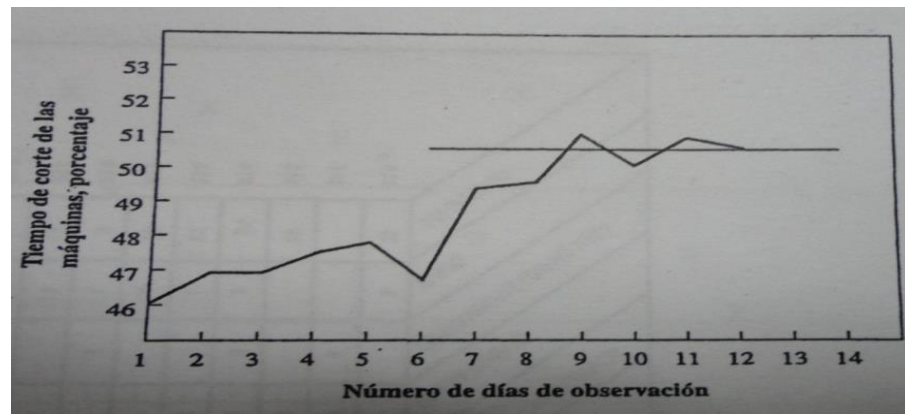
Para el control diario de la proporción de tiempo, en que el taller se encontraba en la operación de corte, se utilizó una gráfica del porcentaje acumulado, como se muestra en la figura 2.4. Al inicio del estudio se calculó la razón de todas las observaciones anteriores de corte sobre el total de observaciones tomadas a la fecha. En el

décimo día el porcentaje de tiempo de corte empezó a estabilizarse en 50.5%.

Estudio de muestreo del trabajo														
Taller principal de reparaciones										Número de personas que trabajan en el estudio _____				
Comentarios _____														
Núm. de obs.	Tiempo aleatorio	Ocurrencias productivas							Ocurrencias no productivas					
		Maquinado	Soldadura	Ajuste de tubos	Mano de obra general	Elect.	Carpin.	Limpieza	Tomar herramientas	Affilar herramientas	Espera de trabajo	Espera de grúa	Conferencia de supervisor	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
	Total													

Fuente: NIEBEL Y FREIVALDS, Ingeniería Industrial. Métodos Estándares y Diseño del Trabajo, México, p. 451.

FIGURA 2.3. Formulario para Muestreo del Trabajo



Fuente: NIEBEL Y FREIVALDS, Ingeniería Industrial. Métodos Estándares y Diseño del Trabajo, México 2009, p. 456.

FIGURA 2.4. Porcentaje Acumulado de Tiempo de Corte

Una vez tomadas las 3024 observaciones, se dividió la suma de todas las observaciones de cada categoría entre el número total de observaciones, lo que dio como resultado el porcentaje que representa la distribución del tiempo de corte, el tiempo de preparación y las diferentes operaciones y demoras enlistadas.

En el apéndice A se muestran una hoja resumen de los resultados obtenidos, en ésta se puede observar que el tiempo de corte está alrededor del 50.7%. El porcentaje de tiempo destinado a demoras fue de 8.7%, mientras que los valores para la preparación y manejo de herramientas fue de 9.6% y 10.8%, respectivamente.

Como se puede observar el muestreo de trabajo es una poderosa herramienta de mejora, ya que permite definir las actividades críticas

en las cuales al desarrollar mejores métodos de trabajo se puede incrementar el tiempo dedicado a las operaciones netamente productivas.

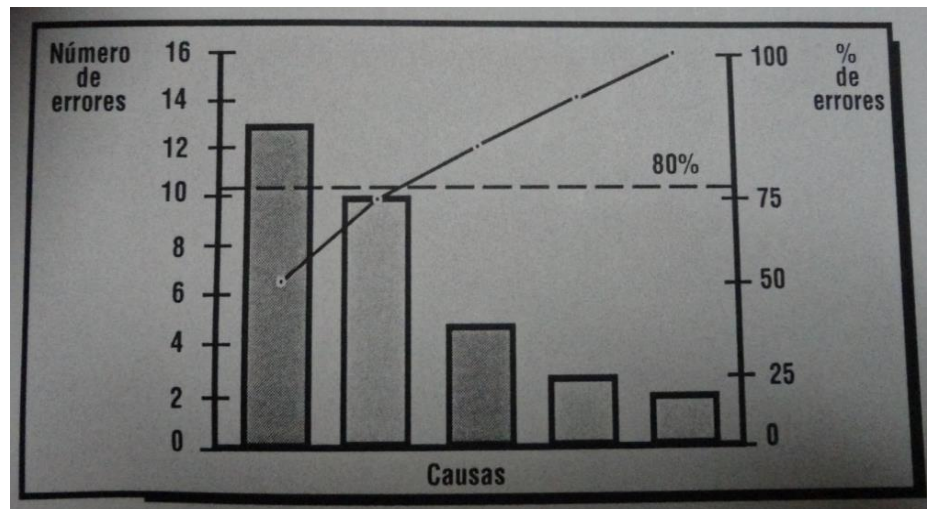
2.4. Descripción Teórica de las Herramientas Utilizadas

2.4.1. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto parte del concepto denominado regla 80-20, desarrollado por el economista Vilfredo Pareto en el año de 1906 para explicar la concentración de la riqueza en Italia [2].

Pareto determinó que el 80% de la riqueza se concentraba en el 20% de la población de Italia. A largo de los años se ha observado el mismo comportamiento en un sin número de fenómenos de carácter económico, social, tecnológico, logístico, productivo y de calidad.

Como se puede observar en la figura 2.5, el diagrama de Pareto consiste en una especie de gráfica de barras en la que las causas de un problema o fenómeno son medidas en una misma escala y luego se ordenan de manera ascendente, como una distribución acumulativa. Por lo general, el 20% de dichas causas acumulan el 80% de los efectos del problema en estudio.



Fuente: Steve Smith, ¡Resuelva ese Problema! Herramientas para el Desarrollo Continuo, México 2000, p. 65.

FIGURA 2.5. Análisis de Pareto

Cabe resaltar que esta técnica permite enfocar el mayor esfuerzo en aquellas pocas causas que generan la mayor parte de los problemas. “Lo primero es lo primero, es el eslogan en el que se basa un diagrama de Pareto” [4].

2.4.2. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo es especialmente utilizado para registrar las actividades que generan costos ocultos, como son las distancias recorridas innecesariamente, los retrasos y los almacenamientos temporales; dando un mayor detalle sobre un proceso en estudio, que cualquier otra herramienta utilizada [2].

Debido a esto, requiere de varios símbolos adicionales a los de operación e inspección, utilizados normalmente en los diagramas de operación. Una flecha significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro, exceptuando aquellos movimientos realizados durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se da cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la estación de trabajo próxima. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual indica que una parte se guarda y protege en un determinado lugar. Como se puede observar en la figura 2.6, los cinco símbolos, anteriormente descritos, forman el conjunto estándar de gráficos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos.

En el diagrama de flujo de procesos, se registra información como: título del flujo, número de parte, descripción detallada del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre del analista.

Se debe describir cada evento del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado y registrar los tiempos asignados

para las operaciones, retrasos y las distancias de transporte. Por último, se conectan los círculos con una línea vertical.

Página 1 de 1

Ubicación: Dorben Ad Agency		Resumen			
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha 1-26-98		Operación	4		
Operador: J.S. Analista: A. F.		Transporte	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados Método: (Presente) Propuesto Tipo: (Trabajador) Material Máquina		Retrasos	4		
		Inspección	0		
Comentarios:		Almacenamiento	2		
		Tiempo (min)			
		Distancia (pies)	340		
Costo					

Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método
Cuarto con la existencia de materiales	○ ◇ D □ ●			
Hacia el cuarto de recopilación	○ ● D □ ▽		100	
Ordenar los estantes por tipo	○ ◇ ● □ ▽			
Ordenar cuatro hojas	● ◇ D □ ▽			
Apilar	○ ◇ ● □ ▽			
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20	
Empujar, doblar, rayar	● ◇ D □ ▽			
Apilar	○ ◇ ● □ ▽			
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20	
Poner la grapa	● ◇ D □ ▽			
Apilar	○ ◇ ● □ ▽			
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200	
Colocar la dirección	● ◇ D □ ▽			
A la bolsa del correo	○ ◇ D □ ▽			

Fuente: NIEBEL Y FREIVALDS, Ingeniería Industrial. Métodos Estándares y Diseño del Trabajo, México 2009, p.30.

FIGURA 2.6. Diagrama de Flujo del Proceso

Se debe describir cada evento del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado y registrar los tiempos asignados

para las operaciones, retrasos y las distancias de transporte. Por último, se conectan los círculos con una línea vertical.

Ya que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos implícitos en el proceso, ofrece información suficiente para la reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. De igual forma, puesto que se registran las distancias recorridas, esta herramienta permite identificar las maneras como se puede mejorar la distribución de una planta.

2.4.3. Diagrama de Recorrido

El diagrama de recorrido es una representación gráfica de las áreas de la planta, involucradas en el proceso bosquejado en el diagrama de flujo, pudiendo observar de forma clara el movimiento del material de una actividad a otra [2].

Cuando se realiza un diagrama de recorrido se identifica cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. Para indicar la dirección del flujo, se grafican pequeñas flechas periódicamente a lo largo de la línea de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para señalar líneas de flujo en más de una parte.

Como se puede observar en la figura 2.7, el diagrama de recorrido presenta un complemento útil del diagrama de flujo de proceso, debido a que indica la trayectoria de los materiales y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta.

2.4.4. Lluvia de Ideas

La lluvia de ideas es una herramienta de trabajo de grupo que fomenta la creatividad y la participación, generando una lista de ideas adecuadas para la resolución de un problema [5].

Por lo general, se estructura de la siguiente forma:

Existe un líder, quien define el propósito de la sesión de lluvia de ideas y maneja el desarrollo de la misma en consecuencia.

Además, se define un facilitador, quien se encarga de velar por el cumplimiento de las reglas establecidas en la sesión lluvia de ideas y realiza las contribuciones de los participantes.

Se establecen los miembros, quienes aportan todas las posibles sugerencias para la resolución de un problema en estudio.

Por último, se establecen las reglas con las que se regirá la sesión. A continuación se presentan algunas de las más utilizadas.

- Establecer claramente el propósito de la reunión.
- Definir los turnos, formas o secuencias mediante las cuales se realizan las sugerencias.
- Presentar las ideas sin criticarlas ni evaluarlas o explicarlas en ese momento.

CAPÍTULO 3

3. ESQUEMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA

3.1. Información General de la Empresa

La empresa se constituyó en el año 1994; en el año 2004 pasa a ser una unidad de negocios de ACERIAS DE COLOMBIA, empresa multinacional concentrada en el sector industrial de los aceros planos y revestidos.

La empresa, ha consolidado su liderazgo en volumen y calidad, gracias a su constante innovación de productos y mejoramiento continuo de los

servicios, marcando hitos importantes en la industria del acero para cubiertas y productos de acero, a través de su historia.

En la actualidad, para satisfacer las necesidades del mercado de la construcción y de la industria metalmecánica, cuenta con productos fabricados en la planta y otros importados de varios países del mundo, complementando un portafolio de productos modernos, versátiles y económicos para sistemas constructivos.

Por lo que cuenta con una gama de productos. Entre los que se fabrican en la planta, se tienen: láminas de acero, perfiles estructurales, perfiles para sistemas constructivos livianos, flejes y cubiertas de acero planas y curvas.

Por otra parte, la empresa tiene por misión:

“Cubrimos con acero las ideas de nuestros clientes, las necesidades del mercado con innovación, tecnología y desarrollo, generando respaldo y tranquilidad”.

“Cúbrase de Tranquilidad, Cúbrase de Acero”

Además, maneja todas sus operaciones estratégicas en pro de su visión:

“En el 2017 seremos los líderes del mercado por nuestra capacidad de entregar soluciones confiables de acero, a tiempo y con calidad, con el apoyo de nuestra gente y tecnología; siendo responsables con nuestros colaboradores, el entorno y accionistas”.

La empresa se encuentra ubicada en el Km 16 ½ de la Vía a Daule, en el sector cercano a la Penitenciaría del Litoral de Guayaquil.

3.2. Descripción de los Procesos Productivos de la Empresa.

La figura 3.1 muestra el esquema de los procesos productivos de la planta.

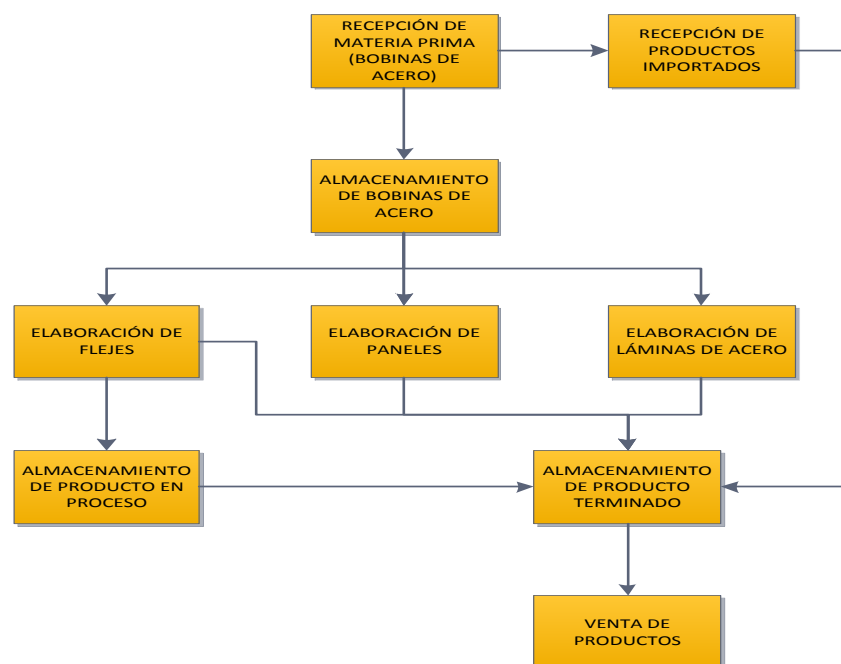


FIGURA 3.1. Flujo Esquemático de las Operaciones de Producción de Planta

3.2.1. Materia Prima Utilizada

El inicio del proceso productivo, consiste en la compra y recepción de la materia prima, que en este caso consiste en bobinas de acero, generalmente utilizadas en la industria automotriz en carrocerías y estructuras, en la fabricación de tubos, perfiles, plataformas y en la construcción en general.

Se manejan tres tipos de acero como materia prima, estos son:

- Acero negro laminado en caliente.
- Acero negro laminado en frío.
- Acero con recubrimiento: Galvalume, Galvanizado y Prepintado.
- Acero laminado en frío.

Acero Negro Laminado en Frío. El acero laminado en frío, que se maneja en la planta, es de recocido en campana con posterior temple mecánico. Cumple con las especificaciones de la norma ASTM A568. Es de bajo carbono. Se utilizan espesores desde 0.45 hasta 1.9 mm. Esta materia prima llega en bobinas de 1220 mm de ancho que pesan entre cuatro a seis toneladas.

Acero Negro Laminado en Caliente. El acero laminado en caliente, que se maneja en la planta, es de bajo carbono y

cumple con las especificaciones de la norma ASTM A568. Se utilizan espesores de 1.5 hasta 1.9 mm. Entra en la categoría de aceros estructurales, por el rango de espesor (1.3-13 mm). Es utilizado para la elaboración de perfiles.

Acero con Recubrimiento Galvanizado. En el proceso productivo se utiliza el acero Galvanizado por inmersión en caliente con tensonivelado, con flor regular LGR y recubrimiento G60. Cumple con las especificaciones de la norma ASTM A653. Se utilizan espesores desde 0.45 hasta 2 mm. De igual forma, esta materia prima llega en bobinas de 1220 mm de ancho que pesan entre cuatro a seis toneladas.

Además, las bobinas vienen protegidas con cobertores metálicos y plásticos, también cuenta con un líquido preservante, para prevenir la oxidación del recubrimiento.

Acero con Recubrimiento Galvalume. En los procesos de producción de la planta, se utiliza el acero con recubrimiento Galvalume, que posee una alta reflectividad térmica y lumínica, por lo que generalmente es usado para la elaboración de paneles. Cumple con las especificaciones de la norma ASTM A792. Se utilizan espesores desde 0.25 hasta 0.6 mm. De igual

forma, esta materia prima llega en bobinas de 1220 mm de ancho. Pesan entre cuatro a seis toneladas.

Además Las bobinas vienen protegidas con cobertores metálicos y plásticos, también cuentan con un líquido preservante, para prevenir la oxidación del recubrimiento.

Acero con Recubrimiento Prepintado. Se utilizan espesores desde 0.3 hasta 0.5 mm. De igual forma, esta materia prima llega en bobinas de 1220 mm de ancho. Pesan entre cuatro a seis toneladas.

Las bobinas vienen protegidas con cobertores metálicos y plástico, además de líquido preservante, para prevenir la oxidación del recubrimiento.

3.2.2. Transporte y Almacenamiento de la Materia Prima

El Transporte de las bobinas a la zona de almacenamiento, se realiza por medio de montacargas y puentes grúas. El método de almacenamiento es el apilamiento, como se puede observar en la figura 3.2.



FIGURA 3.2. Almacenamiento de Bobinas de Acero

3.2.3. Procesos de Fabricación de la Planta

La siguiente parte del proceso productivo lo constituyen las diferentes líneas de producción que posee la empresa.

Proceso de Corte Longitudinal. En esta parte del proceso se utilizan los aceros: negro, prepintado y galvanizado.

La mayor parte del producto elaborado en esta línea es utilizado como materia prima para la elaboración de perfiles, tanto estructurales como livianos. También, se venden flejes prepintados y galvanizados como producto final.

El proceso se realiza en una máquina de corte longitudinal, llamada Slitter. Aquí, la bobina es colocada en un tambor

giratorio, que desenrolla el material llevándolo hacia unas cuchillas, reguladas según el ancho del fleje o flejes a elaborar, que cortan el material de forma longitudinal. Al final de la línea se encuentra otro tambor giratorio denominado Rebobinador, que se encarga de enrollar el material cortado.



FIGURA 3.3. Equipo de Corte Longitudinal (SLITTER)

Una vez que se ha elaborado la cantidad adecuada de flejes, estos son empacados y desmontados del rebobinador con, ayuda del propio rebobinador y un brazo hidráulico.

Por último, los flejes son retirados del brazo hidráulico y colocados en el área de almacenamiento.

Proceso de Conformado de Perfiles. El proceso de conformado de perfiles inicia con el montaje de la materia prima en el desbobinador, esta puede ser: fleje de acero negro laminado en frío o caliente y fleje de acero galvanizado.

Una vez que el fleje es montado, se enhebra el material en la cizalla que corta el material según la longitud definida en la programación de producción. El material cortado pasa por un sistema de rodillos de conformado, denominado Rollformer, que se encarga de darle la forma adecuada.

Por último, los perfiles son agrupados, empaquetados y llevados a la zona de almacenamiento de producto terminado, con ayuda de un puente grúa.



**FIGURA 3.4. Equipo de Conformado de Perfiles
(PERFILADORA)**

Proceso de Elaboración de Láminas de Acero. La máquina donde se realiza este proceso se conoce como línea de corte transversal.

El proceso inicia con el montaje de la bobina, que en este caso, puede ser de acero negro laminado en frío, galvanizado o galvalume.

Una vez montado el material, se enhebra hasta llevarlo a la cizalla que realiza un corte transversal, fabricando de esta forma la lámina. Los rodillos de la máquina mueven el producto terminado hacia la zona de apilamiento.

Una vez que se ha fabricado el número adecuado de láminas se procede a empaclar el material y transportarlo, con ayuda del puente grúa, al área de almacenamiento.



FIGURA 3.5. Equipo de Corte Transversal

Proceso de Elaboración de Paneles. Las máquinas que realizan este proceso se denominan paneladoras.

El proceso inicia con el montaje de la bobina en el desbobinador, se desenrolla el material hasta llevarlo a la cizalla y los rodillos del Rollformer. Se conforma el material, dándole la geometría adecuada. La cizalla corta el material una vez que se ha conformado la longitud correcta. Ya conformado el panel, se procede a apilarlo con ayuda de un sistema hidráulico, denominado apilador. Se realizan generalmente paquetes de 200 unidades. Estos se empacan y se retiran con ayuda del puente grúa.



**FIGURA 3.6. Equipo de Conformado de Paneles
(PANELADORA)**

3.3.Descripción de la Estructura Interna de las Operaciones de Producción de los Equipos de Conformado de Paneles “PANELADORAS”.

El diagrama de flujo de la figura 3.7 muestra cada una de las actividades de operación de los equipos para la elaboración de paneles.

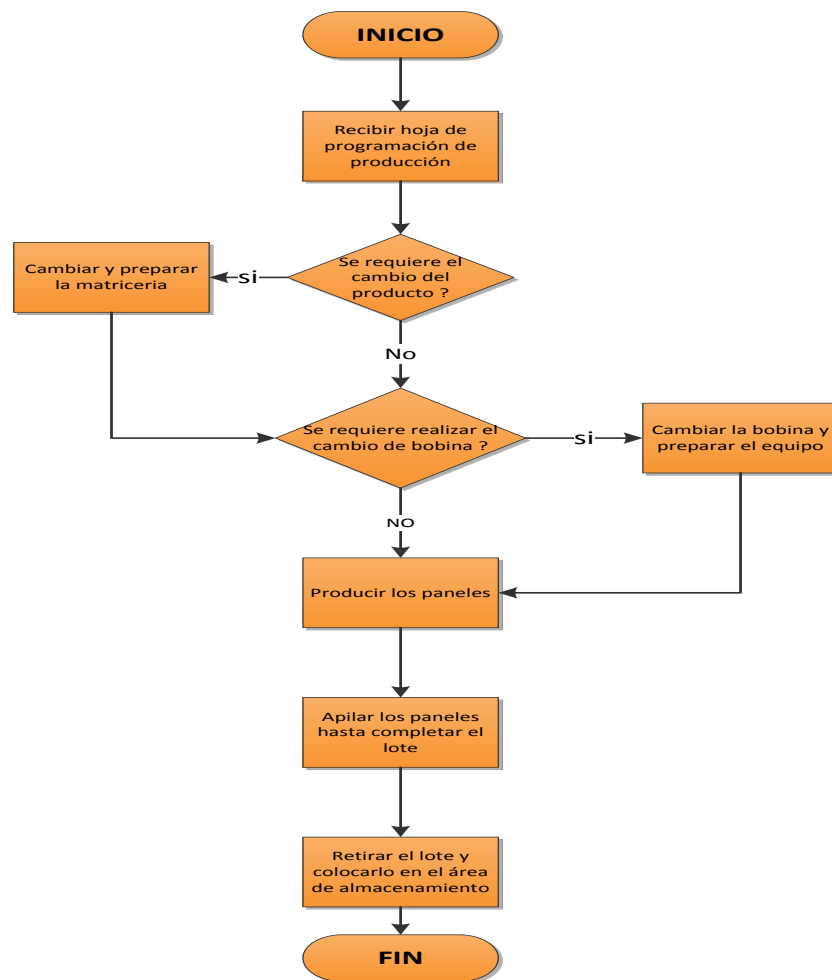


FIGURA 3.7. Diagrama de Flujo de Operaciones del Equipo de Conformado de Paneles (PANELADORA).

Recepción de la Hoja de Programación. Comienza con la recepción de la hoja de programación de la producción en donde se indica el producto a fabricar, la cantidad requerida, así también, se definen los parámetros del producto como: material, espesor y longitud del panel.

Preparación del Equipo. Ya definido el producto a fabricar, se establece la necesidad de realizar el cambio de producto, requiriendo para esto el cambio y la calibración de la matricería del Rollformer. Para esta operación se utilizan un operador y un ayudante, quienes cambian la configuración de los rodillos según el panel a fabricar.

Cambio de Bobina y Ajuste del Equipo. En caso de que no esté colocada una bobina en el desbobinador del equipo, se monta una y se realizan todas las operaciones necesarias para obtener un producto terminado conforme a las especificaciones del producto y el cliente. Este proceso será estudiado de forma precisa más adelante.

Apilamiento del Panel Conformado. Tal como se puede observar en la figura, para el apilamiento se elabora una base sobre la que caen los paneles fabricados. Esta se conforma con los rechazos de producto terminado y se coloca sobre los rieles utilizados para retirar el material una vez terminado un lote.



FIGURA 3.8. Elaboración de Base para el Apilamiento

El producto conformado se apila uno sobre otro con un aparato denominado apilador, que consiste en un sistema hidráulico que sube y baja unas aletas sobre los cuales se desliza el panel. Una vez que la plancha está colocada en el lugar adecuado, se presiona el botón correspondiente que baja las aletas, el producto cae por gravedad sobre la base elaborada.



FIGURA 3.9. Apilamiento de Producto Terminado

Retiro del Producto Terminado. Una vez fabricada la cantidad adecuada del producto, en este caso para la paneladora PAN01 es de 200 unidades, si se fabrica para distribución, se procede a retirar el lote, con ayuda del puente grúa, y colocarlo en el área de almacenamiento correspondiente.

3.4. Descripción Específica de las Actividades de Preparación en Estudio.

3.4.1. Elementos Principales del Equipo de Conformado de Paneles

Antes de realizar la descripción de las actividades de preparación en estudio, es necesario presentar los elementos principales del equipo de conformado de paneles.

Básicamente el equipo de panelación consta de cinco partes principales, estos son:

- Desbobinador - COIL CAR.
- Alimentador - Cizalla.
- Rollfomer.
- Panel de control.
- Apilador.

Desbobinador - COILCAR. El COIL CAR y desbobinador son los elementos utilizados para el montaje de la bobina en la máquina, el primero es un carro en donde se coloca la bobina para poder transportarla al desbobinador. El sistema es netamente hidráulico.

El elemento donde se monta la bobina, se conoce como tambor. Éste, posee accesorios para ajustar o desajustar la bobina denominados uñas. Cuando se inserta la bobina en el tambor se cierran las uñas y una vez colocada se abren para ajustarla al desbobinador.

También, es importante mencionar que los componentes principales del desbobinador hidráulico son el motor de desaceleración, motor de la estación de la bomba hidráulica y mandril de estante de alimentación.

Alimentador-Cizalla. La cizalla consta de un sistema de alimentación conformado por un conjunto de rodillos montados en dos filas, entre las cuales se enhebra el material. La principal función del alimentador es alisar la lámina de acero para que la cizalla realice un corte transversal preciso.

Además, para prevenir los movimientos transversales de la plancha al momento del corte, el alimentador posee un sistema

de guías de alimentación que se ajustan, de forma manual, al ancho del material.

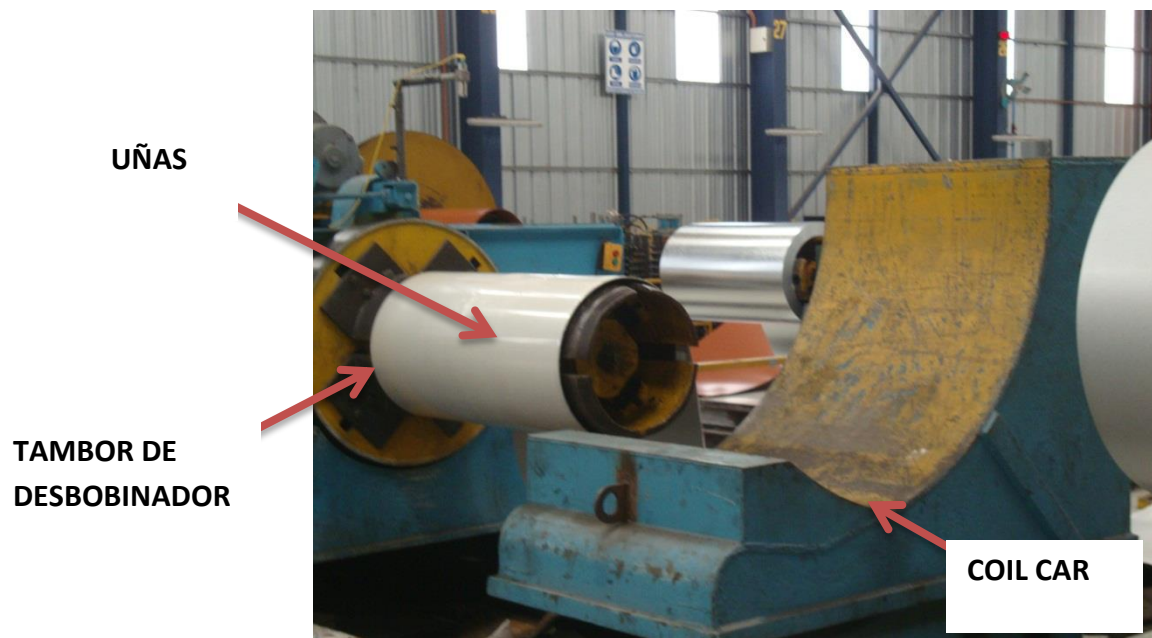
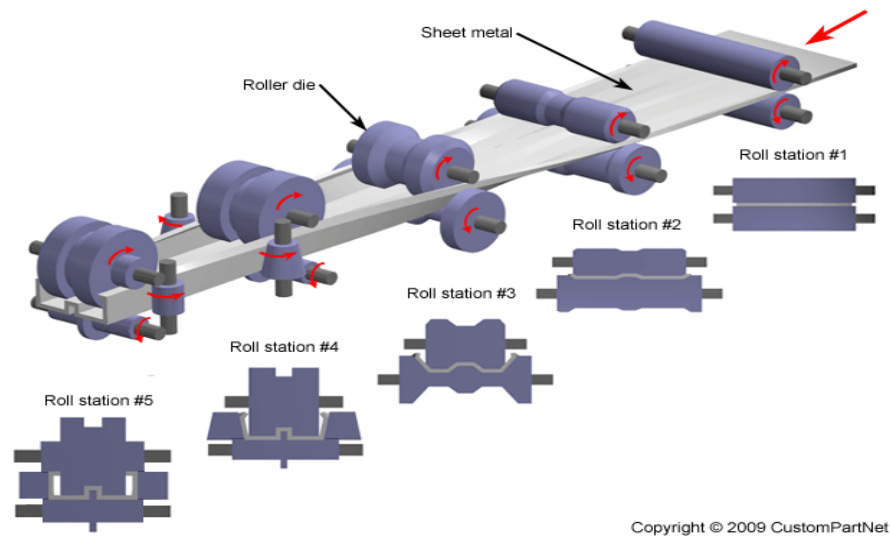


FIGURA 3.10. Desbobinador – COIL CAR

Rollformer. El rollformer consiste en un conjunto de rodillos montados en soportes consecutivos, entre los cuales pasa el material. Cada conjunto de rodillos realiza una operación de conformado a la vez. La conformación del panel se realiza de forma incremental hasta obtener la geometría deseada, tal como se observa en la figura 3.11.



Fuente: CustomPartNet, 2009.

FIGURA 3.11. Esquema de Rollformer, Proceso de Conformado

Panel de control. El panel del control consiste en un sistema de controles analógicos y de tipo táctil. Es la interfaz entre el operario y la máquina, permite ingresar los parámetros de fabricación a la máquina como: longitud del panel, cantidad. Además permite accionar y operar cada de forma independiente cada uno de los elementos de la máquina.



FIGURA 3.12. Panel de Control del Equipo

Apilador. El apilador es un tipo de equipo el cual puede recibir y apilar productos terminados. La máquina apiladora incluye principalmente un motor y el cuerpo principal del apilador.

Consta de aletas sobre las cuales se desplaza el producto terminado, una vez que se encuentra en la posición adecuada las aletas se abren dejando caer el material sobre una base o cama que se coloca sobre un sistema de rieles, que permite retirar los paneles del apilador una vez que se elaborado un lote de 200 unidades.



FIGURA 3.13. Apilador de Producto Terminado

Una vez que se han presentado los elementos principales del equipo de panelación, se realiza la descripción específica de cada uno de los elementos que forman las operaciones de preparación que más tiempo consumen del periodo de producción en la planta.

3.4.2. Cambio de Bobina y Ajustes del Equipo

Retirar el Núcleo de Acero. El proceso inicia con el retiro del núcleo de acero, proveniente de la bobina utilizada, que queda ajustada en el tambor del desbobinador.

El retiro del producto terminado es un conjunto de actividades que comprende, el traer el puente grúa al área de trabajo, enganchar el elemento adecuado al puente, llevar el puente grúa

al desbobinador, desmontar el núcleo, colocarlo en el puente y llevarlo a la zona de almacenamiento.

Para el desmontaje del núcleo se procede a cerrar las uñas del tambor, con ayuda de los botones colocados en el desbobinador. Se coloca el puente grúa al lado del desbobinador. De forma manual se quita el núcleo del desbobinador y se monta en el puente grúa. Con el control remoto se mueve el puente a la zona donde se ha de colocar el núcleo retirado. Se desengancha el núcleo y se voltea de tal forma que quede en la posición denominada “ojo al cielo”.

Traer el Puente Grúa al Área de Trabajo. Para esto, el operador verifica que el puente grúa esté libre de operación, en caso de no estarlo, espera a que esté disponible. Procede a tomar el control del puente, confirma que el puente tenga el elemento adecuado, caso contrario, lleva el puente donde esté el gancho y realiza el cambio de los elementos. Por último, mueve el puente a la zona donde lo requiere.

Traer Herramientas al Área de Trabajo. Este elemento está constituido por las acciones que realiza el operador al buscar, tomar y mover al área de trabajo las herramientas que necesita.

Cabe indicar, que para el proceso de cambio la principal herramienta a utilizar es la tijera corta-zunchos.

Enganchar la Bobina al Puente Grúa. Con ayuda del control remoto se manipula el puente grúa de tal forma que el elemento se incrusta en el orificio de la bobina. Se eleva el puente hasta que la bobina se ajusta por gravedad al gancho o elemento.

Mover el Puente Grúa al Área de Apertura de Bobinas. En este caso, con ayuda del control remoto, se mueve la bobina a la parte más cercana de las puertas de salida de la planta, donde se encuentran los contenedores de desechos.

Desenganchar la Bobina. Con ayuda del puente grúa, se coloca en el piso la bobina, se baja el puente hasta que el elemento se desajusta. Se procede a retirar el gancho del orificio de la bobina y colocarlo en un lugar adecuado.

Quitar Zunchos de la Bobina. Se cortan los zunchos de la bobina, utilizando para esto la tijera corta-zunchos, y se retiran de forma manual.

Quitar Envoltura de la Bobina. Se quitan los cobertores metálicos extremos, las láminas del exterior e interior de la bobina, se desprende la envoltura plástica exterior e interior. Se

engancha la bobina, se eleva aproximadamente 1.5 metros y se deja que todos los desechos caigan por gravedad.

Retirar Desechos de Envoltura. Se toman y retiran los desechos a los contenedores respectivos, se realizan los viajes que sean necesarios para el área quede limpia.

Además, Cabe resaltar que existen dos tipos de contenedores uno para desechos metálicos y otro para desechos plásticos.

Mover la Bobina al COIL CAR. Ya enganchada la bobina nuevamente al puente grúa se mueve al COIL CAR. Con ayuda del control del puente, se manipula para colocarla cuidadosamente en la bandeja del COIL CAR.

Colocar y Ajustar la Bobina en el Desbobinador. Con ayuda del control manual del COIL CAR, se mueve e introduce la bobina en el tambor del desbobinador. Utilizando los botones del desbobinador se abren las uñas ajustando de esta forma la bobina.

Colocar el Puente Grúa en un Lugar Adecuado. Una vez colocada y ajustada la bobina al desbobinador, el operador retira el puente grúa junto con el elemento a un lugar adecuado. Por lo

general, se coloca cerca del área de almacenamiento de materia prima.

Desenrollar la Bobina. En caso de poseerlo se quita el zuncho de la bobina, esta se gira con ayuda de la botonera del desbobinador. Se desenrolla el material hasta llevarlo a las guías del alimentador de la cizalla.

Ajustar el Material en las Guías. De forma manual se toma el extremo de la lámina y se incrusta en las guías del alimentador de la cizalla, se regula el ancho de ser necesario. En el panel de control de la máquina se presionan los botones respectivos para enhebrar el material en los rodillos de alimentación y llevarlo a la cizalla.

Ajuste del Equipo. Se procede a realizar la preparación manual del equipo. Con ayuda del sistema de controles del panel se encera la cizalla, se definen los parámetros de fabricación del producto, estos son: longitud del panel, cantidad a fabricar y % de velocidad de los rodillos de alimentación; y se envía a fabricar una plancha de prueba para realizar el control de calidad.

Cabe resaltar, que existen cierta variación implícita en el ancho de la bobina, por lo que en cierta ocasiones se deben regular las guías de entrada del Rollformer.

Realizar el Control de Calidad del Producto. En el control de calidad del producto se miden las características de calidad del producto y se verifica que se encuentren dentro de los parámetros establecidos por la norma INEN 2221, sobre la fabricación de paneles de acero. Por lo general, los parámetros que se miden los siguientes:

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PRODUCTO					
GRAFICO					
1.- DIMENSIONES A CONTROLAR (mm)					
Ref.	Características	Nominal	Tolerancia	Máximo	Mínimo
A	Ancho Útil	1055	± 5	1060	1050
B	Ancho Total	1120	± 5	1125	1115
C	Altura de Cresta	19	± 1.5	20.5	17.5
D	Ancho de Cresta	56	± 3	59	53
E	Distancia entre crestas	176	± 3	179	173

Fuente: Manual de SGC-ROOF, Especificaciones de Producto, 2012.

FIGURA 3.14. Requisitos de la Norma INEN 2221

Para la medición de las especificaciones mostradas en la figura 3.14 se utilizan herramientas como: flexómetro, calibrador pie de rey y micrómetro. Los datos obtenidos se comparan con los parámetros establecidos por la norma. En caso de que alguna de las características de la plancha fabricada este fuera de los límites de especificación, se realizan los ajustes necesarios en la

máquina, ya sea en el Rollformer o las guías, hasta obtener un producto conforme.

3.4.3. Empaque del Lote Terminado

Retiro del Lote Fabricado del Apilador del Equipo. El proceso inicia, con el retiro de los tacos de madera utilizados para el ajuste de la cama; después, de forma manual, se quita el lote terminado del apilador, deslizando el material por los rieles colocados debajo de la base.

Traer Herramientas y Materiales al Área de Trabajo. Este elemento está constituido por las acciones que realiza el operador al buscar, tomar y mover al área de trabajo las herramientas y materiales que necesita para el embalaje del equipo.

Cabe resaltar, que para realizar el empaque del producto terminado se utilizan los materiales como: rollo de zuncho, pintura esmalte, hebillas de acero y rollo de fleje para elaborar refuerzos a colocar en las caras laterales del material a fabricar, como protección.

Además, las herramientas utilizadas en este proceso son: brocha, tijera, tenazas, zunchadora y hebillas para flejes.

Cortar Refuerzos y/o Zunchos. El operador corta, con ayuda de la tijera, el rollo de zunchos, también elabora los refuerzos cortado pequeños pedazos del fleje destinado para este propósito.

Cabe mencionar, que se elabora la cantidad suficiente, tanto de refuerzos y zunchos, para realizar el empaque del lote fabricado.

Zunchar el Lote Fabricado. El operador colocar los zunchos por debajo del material distanciados adecuadamente uno de otro, junta los extremos de cada zuncho, coloca la hebilla y coloca los refuerzos en las caras laterales del lote. Con ayuda de la zunchadora se aprieta el zuncho al material y con las tenazas se ajusta la hebilla, grapando de esta forma los flejes.

Pintar Extremos del Material. Con ayuda de una brocha el operador pinta los extremos del material. El color de la pintura depende del espesor del material.

3.4.4. Retiro del Lote Fabricado de la Línea de Producción

Para el retiro del lote fabricado las principales herramientas a utilizar son:

- Eslingas o barras metálicas, utilizadas como soportes para transportar el material.

- Listones de madera, utilizados como soportes de almacenamiento del producto terminado.

Traer Herramientas Soportes de Transportación al Área de Trabajo. Una vez que el lote está empacado. El operario deja el área de trabajo para buscar, tomar y mover al apilador de la máquina las eslingas, las barras metálicas y las coloca debajo del lote fabricado.

Traer el Puente Grúa al Área de Trabajo. Para esto, el operador verifica que el puente grúa esté libre de operación, en caso de no estarlo, espera a que esté disponible. Procede a tomar el control del puente, confirma que el puente tenga el elemento adecuado, caso contrario, lleva el puente donde esté el gancho y realiza el cambio de los elementos. Por último, mueve el puente a la zona donde lo requiere.

Enganchar el Lote al Puente Grúa. Con ayuda del control remoto, el operario manipula el puente grúa de tal forma que el elemento queda colocado paralelamente sobre el lote, baja el puente grúa y engancha los soportes al elemento utilizado para el transporte del producto terminado. Se eleva el puente hasta que el material se ajusta por gravedad al gancho.

Cabe descartar, que se considera que el producto fabricado está correctamente enganchado cuando éste, visto de forma lateral, se observa recto. En caso de no estarlo, el operador ajusta nuevamente el lote al puente grúa, enganchando y verificando el material hasta que quede listo para su transportación al área de almacenamiento.

Mover Material al Área de Almacenamiento. En este caso, con ayuda del control remoto, se mueve el lote enganchado a la zona de almacenamiento respectivo.

Arreglar Área de Almacenamiento. Una vez que el operador mueve el material a la zona donde se ha de almacenar, coloca los listones de madera, estos previenen el deterioro del producto al no permitir el contacto con el piso; en caso de que no estén disponibles, procede a buscar, tomar y mover los listones necesarios al área de almacenamiento.

Acomodar el Lote Fabricado. Este elemento consiste en colocar el lote sobre los listones de madera de tal manera que quede recto. Además, se verifica que los soportes de almacenamiento estén correctamente alejados entre sí, caso contrario se manipula el puente, con ayuda del control remoto, hasta que el material queda correctamente almacenado.

Desenganchar el Lote y Enganchar los Soportes de Transportación. El operador, quita los soportes de transportación colocados debajo del lote y los engancha nuevamente al elemento del puente grúa.

Colocar el Puente Grúa en un Lugar Adecuado. Una vez colocada y ajustada el lote fabricado en la zona respectiva, el operador retira el puente grúa junto con el elemento y los soportes a un lugar adecuado. Por lo general, se coloca cerca de los apiladores de los equipos.

CAPÍTULO 4

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS CRÍTICAS.

4.1. Desarrollo del Muestreo de Trabajo

Como ya se definió anteriormente, el siguiente trabajo responde a la necesidad de establecer el porcentaje de tiempo productivo e improductivo de los equipos de conformado de paneles, además de identificar aquellas actividades que menguan la capacidad real de producción de los equipos.

La planta trabaja en tres turnos de ocho horas, por lo que se espera obtener un valor estimado sobre el porcentaje de actividades productivas e improductivas de los equipos, para cada uno de estos.

Otro tema de interés, es comprobar la existencia de actividades improductivas comunes, es decir, aquellas que parecen afectar, de forma representativa, el rendimiento de los equipos en los tres turnos de trabajo. Es así, que como paso inicial, se realizó una serie de entrevistas a los operadores y supervisores de planta, para identificar y definir aquellas posibles actividades que generan la reducción de la capacidad productiva y el aumento del tiempo improductivo en los equipos, obteniéndose la siguiente información.

Conformado de Bases y Tapas. Máquina está produciendo paneles que serán usados como bases o tapas.

Sin Orden de Producción. Máquina no tiene programación de producción en el turno.

Cambio de Bobina. Consiste en buscar el puente grúa, colocar gancho, buscar bobina/ fleje, enganchar y mover bobina a lugar adecuado para abrir, abrir bobina, botar desechos, mover bobina al COIL CAR ,colocar bobina en COIL CAR, llevar puente grúa a lugar adecuado, colocar bobina en el desbobinador, cortar zunchos, desenrollar material hasta las guías de la cizalla.

Retirar Producto Terminado de la Línea. Va desde que el producto está listo para su extracción, éste puede estar zunchado, embalado o ajustado adecuadamente en el pallet; consiste en: tomar el puente

grúa, colocar el elemento al gancho (cabos de acero, araña transportadora, c portabobinas), llevar el puente a la línea, enganchar el producto terminado al puente, transportar el producto a la zona de almacenamiento, desenganchar el producto terminado, por último, colocar puente grúa en el lugar adecuado.

Ajustes Menores por el Cambio de Bobina. Consiste en, el paro de máquina por razones varias de poca duración, (ajustar pernos, ajustar rieles, colocar tubos de plástico, enhebrado del material en el rollformer, desbobinador, reclasificación de material).

Empacar Producto Terminado. Consiste en colocar zunchos, embalar o ajustar adecuadamente el producto terminado para su retiro de la línea.

Mantenimiento de Impresora. Consiste en realizar la limpieza de la boquilla del disparador de la tinta, ya que sin este mantenimiento ésta tiende a obstruirse.

Programación de Impresora. Se registran los datos a imprimir en el panel, como: nombre del producto, longitud, número de plancha, etc.

Programación de Máquina. Se registran los parámetros de producción, estos pueden ser: cantidad de producto a fabricar, longitud de producto, etc.

Reproceso de Producto Terminado. Se realiza la recuperación de material que tuvo fallas de longitud. De forma manual se da la longitud adecuada.

Recalibración / Obstrucción de Matricería. Ajuste de matricería que toma más de diez minutos.

Medición de Control de Calidad. El operador para la máquina para medir las especificaciones del producto (uso de flexómetro y micrómetro).

Puente Grúa Ocupado. Se da cuando se requiere sacar material de la línea o realizar un cambio de bobina y el puente está siendo utilizado por personal de otra línea o área (despacho, mantenimiento).

Elemento Ocupado. Se da cuando se requiere sacar material de la línea o realizar un cambio de bobina/ fleje y el elemento a colocar en el gancho (cabos de acero, araña transportadora, c portabobinas) está siendo utilizado por personal de otra línea o área (despachos, mantenimiento).

Operador y/o Ayudante van al Baño/ Tomar Agua. Se para el equipo porque el operador y/o ayudante van al baño o a tomar agua.

Etiquetar Paquetes Elaborados. Se coloca la etiqueta identificación en el paquete terminado.

Traer Insumos al Área. El operador para el equipo y deja el área para traer algún insumo que requiere, como desengrasante, cartucho de tinta o solvente, etc.

Operador va a Oficina de Planta. El operador se acerca a la oficina de planta para comunicar algún inconveniente o despejar alguna duda sobre el trabajo programado.

Operador y/o Ayudante Almorzando. El Operador para el equipo antes de la hora establecida para ir a almorzar o se toma más del tiempo permitido (30 min.).

Operador Ayudando en otra Línea. El operador ayuda a una línea vecina de forma esporádica.

Traer Herramientas al Área. Operador ausente debido a que fue a buscar herramientas para embalar, abrir bobinas o hacer ajustes en la máquina.

Ingresar Producción en el Sistema. El operador para el equipo para reportar, en el sistema, la orden de producción elaborada.

Limpieza de Máquina / Planta. Se para el equipo para realizar la limpieza respectiva, se da la última media hora del turno para realizar esta actividad.

Mantenimiento Correctivo / Preventivo del Equipo. El equipo está detenido debido a un mantenimiento, ya sea este correctivo o planificado.

Cambio y Calibración del Equipo. Se realiza el cambio de matricería del rollformer, incluye además la calibración implícita realizada para obtener producto conforme.

Calibración de Guías de Entrada. Se realiza el ajuste de las guías de entrada ya sea del alimentador de la cizalla o del rollformer.

Desincronización de Máquina. Se para el equipo por un desajuste de velocidad entre el desbobinador y el rollformer.

Reunión de Personal. El personal se reúne con supervisor en la planta.

Cambio de Turno. Los operadores salientes ponen al tanto sobre el estado de la programación, máquina o materiales; a operadores entrantes.

Falla de Materia Prima. La máquina está parada debido a que se detectaron inconformidades en la materia prima que se iba a producir o se estaba produciendo.

Una vez definidas las causas potenciales generadoras del tiempo improductivo en los equipos, se procedió a establecer la cantidad de días disponibles para realizar el estudio, el número de observaciones requeridas para cada uno de los turnos, la frecuencia y los momentos aleatorios de las mediciones.

Cada una de estas actividades se describe de forma detallada en la etapa de planificación del muestreo de trabajo, tal como se observa a continuación.

4.1.1. Planificación del Muestreo de Trabajo

Como es bien sabido, un analista de estudio de tiempos, mediante muestreo, debe cubrir ciertos aspectos, antes de lanzarse a tomar mediciones en la planta. La primera parte, de la etapa de planificación, consiste en realizar una estimación preliminar de las actividades a medir, para esto se realiza una prueba piloto de tres o cuatro días. El siguiente paso, consiste en definir la exactitud de los resultados, que puede ser expresada como una tolerancia o límite de error dentro de un nivel de confianza dado. Una vez culminada esta etapa, se estima el número de observaciones a tomar, se define el bloque de tiempo en que se realizará el estudio, la frecuencia de las

mediciones, el diseño del formulario donde se han de tabular los datos, así como las gráficas de control que a utilizar.

Determinación del Número Necesario de Observaciones

Para determinar el número de observaciones adecuado, se realizó una prueba piloto de muestreo de trabajo en el segundo turno, durante tres días, obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 2.

TABLA 2

Porcentaje Acumulado de Tiempo Improductivo de Máquinas Paneladoras

		DIAS		
		1	2	3
PAN 01	# Observaciones de Act. Impro	21	24	25
	# observaciones totales	32	35,00	33,00
	promedio diario	0,66	0,69	0,76
	Acumulado obsr. Act. Impro	21	45	70
	Acumulado obsr. Totales	32	67	100
	Promedio acumulado	0,66	0,67	0,70
PAN 02	# Observaciones de Act. Impro	23	31	23
	# observaciones totales	32	34	36
	promedio diario	0,72	0,91	0,64
	Acumulado obsr. Act. Impro	23	54	77
	Acumulado obsr. Totales	32	66	102
	Promedio acumulado	0,72	0,82	0,75
PAN 03	# Observaciones de Act. Impro	12	26	36
	# observaciones totales	34	36	36
	promedio diario	0,35	0,72	1,00
	Acumulado obsr. Act. Impro	12	38	74
	Acumulado obsr. Totales	34	70	106
	Promedio acumulado	0,35	0,54	0,70
PAN 04	# Observaciones de Act. Impro	23	31	31
	# observaciones totales	29	32	35
	promedio diario	0,79	0,97	0,89
	Acumulado obsr. Act. Impro	23	54	85
	Acumulado obsr. Totales	29	61	96
	Promedio acumulado	0,79	0,89	0,89

Cabe indicar, que el principal objetivo de la prueba piloto es la obtención de los valores de proporción acumulados del tiempo improductivo de cada una de las máquinas, ya que con esta información es posible determinar el tamaño de muestra adecuado, considerando un nivel de confianza y error muestral deseado.

Es así, que tomando en cuenta el gran tamaño de las muestras recogidas en la prueba piloto ($N > 90$), es posible aproximar la distribución binomial que poseen los datos a una distribución normal con media p . Cabe indicar, que los valores p corresponden a los promedios acumulados del porcentaje de tiempo improductivo de los equipos, obtenidos en el muestreo de trabajo piloto. La desviación estándar queda definida por la

expresión $\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$.

Gracias a esto, se puede hacer uso de la siguiente fórmula, para obtener el tamaño de muestra deseado, considerando un nivel de confianza de 95% y una exactitud de estimación de 3,5% del valor real.

$$n = 3,84 * (p * q / l^2)$$

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.

TABLA 3**Tamaños de Muestras de Equipos de Conformado**

MÁQUINA	TAMAÑO DE MUESTRA
PAN01	659
PAN02	580
PAN03	661
PAN04	318

Es imprescindible mencionar, que el tamaño de muestra a utilizar, finalmente, en el muestreo de trabajo, corresponde al máximo valor obtenido en la prueba piloto. Como se puede observar en la tabla 3 este es de 661 observaciones.

Por otra parte, cabe aclarar que se desarrolló el muestreo de trabajo para cada uno de los turnos de la planta, por lo que la información referente a estos se presenta a continuación.

TABLA 4**Turnos de Trabajo de Planta**

DESCRIPCIÓN DE TURNOS DE TRABAJO	
# TURNO	PERIODO
1	24:00 - 8:00
2	8:00- 16:00
3	16:00-24:00

Además, es importante mencionar que ya que el muestreo de trabajo del primer turno requería de mediciones a altas horas de

la madrugada, se redujo la cantidad de días disponibles a cinco, así como el número de observaciones a tomar.

La tabla 5 presenta los días disponibles de estudio para cada uno de los turnos de trabajo.

TABLA 5

Número de Días Disponibles para el Muestreo

# TURNO	DÍAS DISPONIBLES DE MEDICIÓN
1	5
2	17
3	17

Determinación de la Frecuencia y Momentos Aleatorios de las Observaciones.

Tomando en cuenta que la cantidad de días disponibles para realizar el muestreo, del segundo y tercer turno, es de aproximadamente diecisiete, se realizaron simulaciones para definir la tasa diaria de observaciones a tomar, buscando obtener el tamaño de muestra requerido en el plazo establecido.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 6.

TABLA 6**Número de Observaciones Diarias de Muestreo**

Tamaño de muestra	661	Obrs.
N° de obsr./ hr	5	Obrs.
N° de obsr./ día	38	Obrs.
N° de días de obsr.	17	Días

Tal como se muestra en la tabla 6, las observaciones diarias necesarias para obtener el tamaño de muestra en el plazo establecido son de 38. Con una tasa promedio de 5 mediciones por hora.

Una vez definidas las observaciones diarias a tomar en el estudio, se deben establecer los momentos aleatorios diarios en que se realizarán las mismas. Para esto se desarrolló una herramienta xls, denominada “generador de momentos aleatorios”, con el siguiente código fuente.

Código Fuente:

```
Function HMS(hora_inicial, tiempo_p, periodo, aleatorio)
```

```
Min = (hora_inicial - Int(hora_inicial)) * 100
```

```
min_decimal = Application.WorksheetFunction.RoundUp(tiempo_p *  
periodo + aleatorio + tiempo_p + Min, 0)
```



```
If min_decimal < 60 Then
HMS = (Int(hora_inicial) & "hr." & min_decimal & "min.")
Else
While min_decimal >= 60
hora_inicial = hora_inicial + 1
min_decimal = min_decimal - 60
Wend
HMS = (Int(hora_inicial) & "hr." & min_decimal & "min.")
End If
End Function
```

Los datos a ingresar en la herramienta son:

- El tiempo total diario disponible, registrado en minutos.
- El número de observaciones diarias necesarias.
- Una lista de números aleatorios de rango 15, utilizando la fórmula de Excel, = ALEATORIO ()*15.
- El tiempo estimado de recorrido, es decir el tiempo que toma realizar una ronda de observaciones en los equipos. Por lo general, se mide desde que el observador sale de la oficina, realiza las mediciones respectivas y regresa al punto de partida. Por medio de la prueba piloto se definió un tiempo adecuado de 13 min.

- La hora inicial del muestreo, registrada en formato número.

Gracias a esta herramienta fue posible obtener los momentos aleatorios de todo un día de muestreo, evitando el engorroso proceso de tener que estimarlos uno a uno. En el apéndice B se presenta un ejemplo de un día de trabajo.

Diseño de Formulario y Gráficas de Control

Para el diseño de formulario se consideró un formato que permitiera el registro de las observaciones de las máquinas en estudio, el ingreso de información adicional como: nombre del analista, fecha de muestreo, turno de trabajo; y además mostrará los momentos aleatorios de medición. En el apéndice B se presenta la herramienta desarrollada.

Además, a lo largo del muestreo se utilizó un gráfico acumulativo de control para la proporción diaria de actividades improductivas registrada en cada uno de los equipos. Dicha gráfica se obtiene al sumar diariamente el número de actividades improductivas registradas hasta la fecha y dividirlo para el total observaciones registradas hasta dicho periodo. Lo que se busca es identificar el momento en el que la variable en estudio empieza a estabilizarse en un valor determinado, asegurando de esta forma un valor fiable; además es útil para

realizar el recalcu del tamaño de muestra, una vez que se ha medido un periodo más grande de tiempo en comparación a la prueba piloto, buscando, de igual forma, obtener un valor de p mucho más confiable.

A continuación, se presenta la tabla 7 que resume la proporción acumulada de las actividades improductivas de una de las máquinas, además se muestra el respectivo gráfico de control; a modo de ejemplo.

TABLA 7

Resumen del Porcentaje Acumulado de Actividades Improductivas, máquina (PAN01)

		días																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PAN 01	# observaciones de act. Impro	1,00	9,00	8,00	16,00	9,00	15,00	14,00	12,00	15,00	12,00	13,00	-	20,00	13,00	24,00	12,00	6,00
	# observaciones totales	1,00	14,00	10,00	22,00	21,00	23,00	23,00	15,00	22,00	22,00	20,00	-	20,00	19,00	27,00	28,00	16,00
	promedio diario	1,00	0,64	0,80	0,73	0,43	0,65	0,61	0,80	0,68	0,55	0,65	#DNI!	1,00	0,68	0,89	0,43	0,38
	acumulado obsr. Act. Impro	1	10	18	34	43	58	72	84	99	111	124	124	144	157	181	193	199
	Acumulado obsr. Totales	1	15	25	47	68	91	114	129	151	173	193	193	213	232	259	287	303
	Promedio acumulado	1,00	0,67	0,72	0,72	0,63	0,64	0,63	0,65	0,66	0,64	0,64	0,64	0,68	0,68	0,70	0,67	0,66

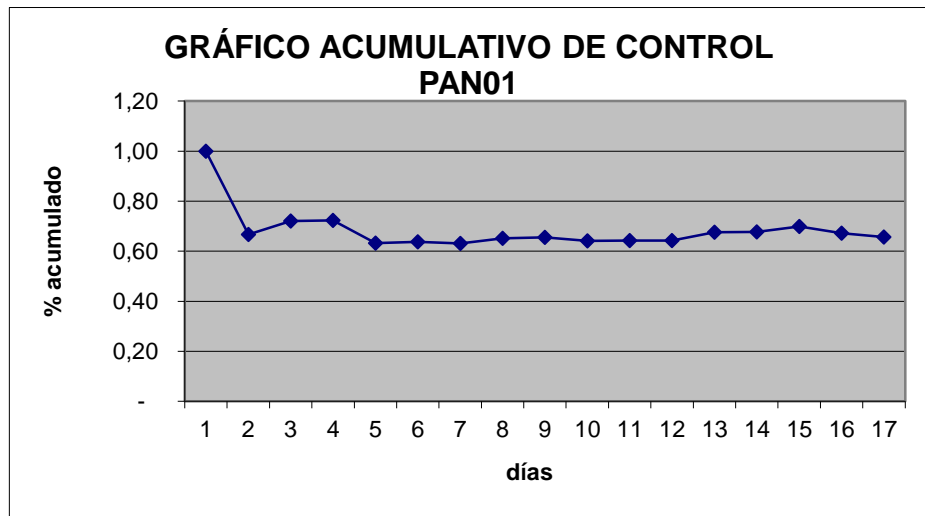


FIGURA 4.1. Gráfico Acumulativo de Control del Porcentaje de Actividades Improductivas, Máquina (PAN01)

4.1.2. Resultados Obtenidos sobre el Porcentaje de Tiempo Improductivo de los Equipos

La tabla 8 presenta los resultados obtenidos sobre el porcentaje de actividades improductivas de las máquinas para cada de los turnos de trabajo, así como su valor global considerando todas las observaciones tomadas en el estudio.

Como se puede observar, el equipo con un mayor porcentaje de tiempo dedicado a actividades improductivas corresponde a la conformadora 02, tras de ésta, se encuentra la línea PAN04, seguida de la PAN01 y 03.

TABLA 8

Resumen del Porcentaje de Actividades Improductivas de los Equipos

		TURNO	Acumulado obsr. Act. Improductivas	Acumulado obsr. Totales	% de actividades improductivas x máquina x turno
líneas de paneles	PAN01	1	80	172	47%
		2	180	390	46%
		3	199	303	66%
	TOTAL		459	865	53%
	PAN02	1	68	92	74%
		2	254	390	65%
		3	189	242	78%
	TOTAL		511	724	71%
	PAN03	1	65	168	39%
		2	150	279	54%
	TOTAL		215	447	48%
	PAN04	2	182	292	62%
		3	113	133	85%
TOTAL		295	425	69%	

4.1.3. Identificación de las Actividades Improductivas más Representativas.

Como parte final del estudio se identificaron las actividades improductivas representativas con ayuda del diagrama de Pareto y su regla 80:20.

Esta herramienta permitió definir el 20% de actividades que generaban el 80 % del tiempo improductivo, obteniéndose los

resultados, mostrados en los apéndices C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M y N, para cada máquina en cada uno de los tres turnos.

Como se puede observar en los apéndices correspondientes, en cada uno de los equipos aparecen las actividades de cambio de bobina, retirar y empacar el producto terminado, como las principales causas que generan la mayor porción de tiempo improductivo, dejando claro que una mejora en la reducción del tiempo dedicado a estas operaciones generará un gran impacto en el porcentaje de tiempo productivo, y por ende un representativo aumento en la capacidad productiva del equipo.

Es así como, una vez definidas las actividades que producen el mayor porcentaje de improductividad en los equipos, se debe establecer la técnica a utilizar para reducir o eliminar el tiempo dedicado a estas operaciones.

Por consiguiente, si se realiza un ligero análisis sobre las actividades mencionadas, se puede observar claramente que estas corresponden a las operaciones de cambio y preparación de equipos, por lo que la mejor herramienta para afrontar la reducción del tiempo improductivo y el aumento de la capacidad de producción de los equipos, es el sistema SMED, del Sr. Shigeo Shingo.

4.2. Desarrollo del Sistema SMED

4.2.1. Generalidades

En esta parte del escrito, se realiza un análisis detallado de las operaciones, que tienen un mayor efecto sobre la reducción de la capacidad productiva y el alto porcentaje de tiempos improductivos de los equipos, identificadas mediante el muestreo de trabajo. Lo que se busca es determinar las causas generadoras del alto porcentaje de tiempo dedicado a estas actividades.

Para esto, se hará uso de herramientas como: diagramas de flujo, diagramas de recorrido y técnicas de estudio de tiempos.

Una vez concluida la etapa de análisis se estará en capacidad; primero, de establecer si las causas del inconveniente se deben principalmente a métodos de trabajo practicados de forma errónea o a su vez prácticas erróneamente consideradas dentro de los métodos actuales de preparación; y segundo, desarrollar mejoras sencillas, lógicas y efectivas para la reducción o eliminación de los problemas encontrados a un costo justificable.

4.2.2. Análisis de Operación

Inicialmente, cabe mencionar que las operaciones de preparación elegidas para el análisis son: cambio de bobina, empacado y retiro de producto terminado, ya que estas resultaron generar la mayor cantidad de tiempo improductivo en los equipos.

Las operaciones de preparación en estudio, poseen diversas actividades indispensables para su apropiado desarrollo.

Pero entre éstas, se debe definir cuales se “realizan” actualmente de forma interna y cuáles 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 los equipos de conformado de paneles.

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

Por otra parte, ya que las operaciones de preparación de las máquinas son muy similares, se realizará el análisis y el desarrollo del sistema SMED, en una de éstas, buscando definir una estructura que permita, en el futuro, desarrollar esta metodología en los demás equipos.

Por consiguiente, el equipo a elegir es aquel que posee la mayor cantidad de carga de trabajo, ya que un aumento en su capacidad de producción y la reducción de tiempo improductivo, generará un mayor beneficio económico a la empresa.

La tabla 9 muestra la carga de trabajo mensual de los equipos, expresada en kilogramos a conformar.

TABLA 9

Carga de Trabajo Mensual (Kg/mes)

EQUIPO	KG	% de carga del área
PAN01	537,282.91	47%
PAN02	186,184.26	16%
PAN03	144,181.88	13%
PAN04	279,755.76	24%
TOTAL	1,147,404.81	

Como se puede observar en la tabla 9, la máquina con la mayor cantidad de carga de trabajo mensual corresponde a la

conformadora de paneles PAN01, con 537,282.91 kg de conformado y un 47% del total de carga del área. Por lo tanto, esta es la máquina donde se ha de desarrollar el análisis de operación y el sistema SMED.

Antes de continuar con el desarrollo del presente trabajo, es importante aclarar que el análisis de operación a realizar, se basa en un estudio de tiempos mediante un muestreo estadístico, cuyos objetivos son:

- Obtener el valor promedio de cada uno de los elementos tiempo que conforman los procesos de preparación en estudio, de forma que al sumar cada uno de estos se obtenga el tiempo total promedio de dichas actividades.
- Identificar los elementos que toman un mayor tiempo y que agregan una alta variabilidad al proceso.
- Poder distinguir cuáles de estas actividades agregan valor a las operaciones de preparación. Entiéndase como actividad que agrega valor a aquella que permite realizar de manera eficiente el proceso en estudio.
- Por último, identificar las actividades de preparación que se realizan con el equipo apagado (internas) y las que se realizan con el equipo trabajando (externas).

Teniendo claro los objetivos a alcanzar, como paso inicial, se realizó, durante dos días la observación en planta de las operaciones de preparación en estudio, buscando recoger información suficiente para diagramar los diferentes elementos involucrados en los procesos; así también, establecer el número de operadores, materiales y equipos, utilizados en su ejecución.

A continuación, se describe cada uno de los elementos en los que se dividieron los procesos de preparación en estudio.

Operación de Preparación de Cambio de Bobina

Enganchar Elemento al Puente Grúa. Este es el elemento inicial del proceso, consiste en las actividades que realiza el operador por colocar el elemento, adecuado para el transporte de bobinas, al puente grúa. En este caso, el elemento a utilizar es el gancho de transportación tipo J.

Este elemento comprende los movimientos que realiza el operador por buscar el gancho adecuado, llevar el puente grúa hasta éste, y engancharlo.

Mover Puente Grúa al Área de Trabajo. Una vez, que el elemento correcto ha sido enganchado al puente grúa, este se lleva al lugar de trabajo, con ayuda del control remoto.

Retirar el Núcleo. Vale aclarar que las bobinas de materia prima poseen un cilindro de acero, el mismo que debe ser retirado del desbobinador una vez que el material ha sido consumido en su totalidad. Generalmente a este elemento se lo conoce como núcleo de bobina.

Este elemento de proceso comprende las actividades de desajustar el núcleo del cilindro del desbobinador, enganchar éste al puente grúa, llevarlo hasta el área de almacenamiento, desengancharlo y colocarlo en una posición adecuada.

Mover Puente Grúa al Área de Almacenamiento. Una vez que el puente grúa queda libre, se lleva a la zona de almacenamiento de bobinas, para enganchar la bobina a utilizar.

Enganchar la Bobina al Puente Grúa. Una vez que se lleva el puente grúa a la zona de almacenamiento de bobinas, se procede a enganchar la bobina a montar en la línea.

Mover la Bobina al Área de Apertura. Esta actividad consiste en mover la bobina al área de apertura, con ayuda del puente grúa.

Desenganchar Bobina. Se coloca la bobina en el piso y se retira el elemento transportador del interior del núcleo, por último, se coloca el puente grúa en un lugar lo suficientemente alejado para que no estorbe al momento de realizar las operaciones de apertura.

Traer Herramientas. Una vez que la bobina se encuentra en la zona de apertura, el operador necesita traer la tijera cortazunchos para retirar estos de la envoltura de la bobina.

Esta actividad comprende los elementos: decidir, buscar y traer las herramientas.

Quitar Zunchos. Comprende la actividad de cortar, con ayuda de la tijera, los zunchos con los que vienen protegidas las bobinas de acero.

Quitar envoltura. Este elemento consiste en retirar las envolturas, tanto, metálicas como plásticas, con las que vienen protegidas las bobinas de acero.

Por lo general éstas se componen de: dos protectores laterales, denominados cobertores, una lámina principal que envuelve el cuerpo de la bobina, y una lámina interior que recubre el núcleo.

La envoltura plástica posee una lámina principal que envuelve el cuerpo de la bobina y una lámina interior que envuelve el núcleo.

Las envolturas que quedan en buen estado, después de este proceso, son almacenadas para su posterior uso en la línea de corte transversal LCT01, como material de empaque.

Retirar Desechos de Envoltura. Este elemento comprende todos los recorridos que realiza el operador por llevar los desechos generados, al lugar donde se encuentran sus respectivos contenedores.

Mover Bobina al COIL CAR. Este elemento comprende las operaciones de enganchar el puente grúa a la bobina, mover ésta al área de trabajo y colocarla en el COIL CAR.

Colocar y Ajustar la Bobina en el Desbobinador. Para esta parte del proceso, con ayuda del COIL CAR, se mueve la

bobina hasta el desbobinador y se incrusta la misma en el cilindro hidráulico.

Con ayuda de la botonera de control del desbobinador, se enciende el sistema hidráulico y se abren las uñas del cilindro del desbobinador, ajustando de esta forma la bobina.

Retirar el Puente Grúa del Área. Ya que el puente grúa queda libre después de que se coloca la bobina, éste es retirado a un lugar cercano al área de almacenamiento.

Desenrollar Bobina. Este elemento comprende el corte del zuncho colocado en la bobina, además de tomar el extremo de la bobina, y con ayuda del desenrollador, llevarlo hasta las guías de entrada de los rodillos de alimentación de la cizalla.

Enhebrar el Material en las Cizalla. Esta parte del proceso comprende desde que el operador incrusta el material en las guías de los rodillos de alimentación, ajusta las guías al ancho de la bobina, acciona los rodillos y lleva la materia prima a la posición de corte de la cizalla.

Calibración y Ajuste del Equipo. En esta parte del proceso, el operador, alinea el material a la cizalla, realizando un corte de encerado, y ajusta las guías de entrada del Rollformer al ancho

de la bobina. En el panel de control del equipo, se realiza el registro de los parámetros de fabricación, estos son:

- Longitud del panel a fabricar registrada en milímetros.
- Cantidad a fabricar.
- T_c , tiempo entre corte, este puede ser de 2 a 4 segundos.
- % velocidad del alimentador, como base se registra 48%.

Además, se realiza el registro de los parámetros de impresión, que por norma, está obligado a llevar el producto final, estos son: nombre del producto, longitud, fecha de fabricación y número de planchas a fabricar.

Por último, se fabrica una lámina de prueba accionando los equipos que componen la línea, estos son: rollformer, apilador, banda transportadora y desbobinador.

Realizar el Control de Calidad del Producto Terminado.

Una vez fabricado el panel de prueba se realiza la medición de los parámetros de calidad, que se describen en la figura 4.2.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PRODUCTO					
GRAFICO					
1.- DIMENSIONES A CONTROLAR (mm)					
Ref.	Características	Nominal	Tolerancia	Máximo	Mínimo
A	Ancho Útil	1055	± 5	1060	1050
B	Ancho Total	1120	± 5	1125	1115
C	Altura de Cresta	19	± 1.5	20.5	17.5
D	Ancho de Cresta	56	± 3	59	53
E	Distancia entre crestas	176	± 3	179	173

Fuente: Manual de SGC-ROOF, Especificaciones de Producto, 2012.

FIGURA 4.2. Requisitos de la Norma INEN 2221

Las herramientas de control de calidad utilizadas son: Micrómetro, vernier con pie de rey y flexómetro.

Por último, vale mencionar que en esta operación puede darse el caso de que se deba calibrar y ajustar nuevamente el equipo, debido a que algún parámetro medido en el panel de prueba no se encuentre dentro de los requisitos establecidos por la norma INEN 2221. Este nuevo tiempo de ajuste se carga al elemento correspondiente.

Ajustar Apilamiento Inicial. Este elemento comprende los ajustes que realiza el operador al final de la línea de conformado, algunos como mover los rieles y cuñas de madera,

buscando adecuar de mejor manera la base del lote al tamaño de los paneles a fabricar.

De igual forma, se busca que los paneles conformados caigan dentro de los límites de la base elaborada.

La figura 4.3 muestra el sistema de apilamiento mencionado.

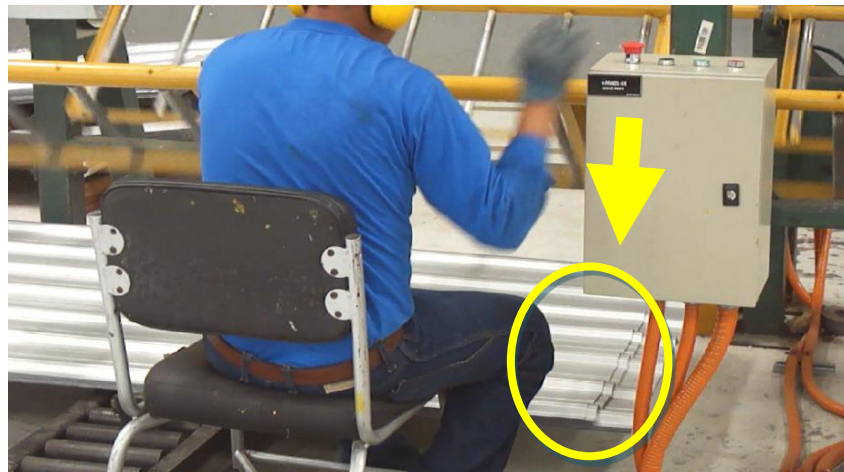


FIGURA 4.3. Sistema de Apilamiento de Producto Terminado

Operación de Preparación de Retiro de Producto Terminado

Traer las Cadenas al Área de Trabajo. Este elemento comprende el buscar, tomar y mover al área de trabajo, las barras metálicas que serán utilizadas como soportes para enganchar el paquete elaborado al puente grúa.

Cambiar Elemento de Transportación. En ciertos casos, el elemento del puente debe ser cambiado debido a que este no es el adecuado para realizar la transportación. Para esto el operador, busca el elemento correcto, toma el puente grúa y lo lleva hasta la zona donde se encuentra dicho elemento, desengancha el gancho inadecuado y luego engancha el correcto.

Traer el Puente Grúa al Área de Trabajo. Este elemento consiste en buscar, tomar y mover el puente grúa al área de trabajo.

Enganchar el Paquete al Puente Grúa. Esta actividad consiste en colocar los soportes debajo del material, colocar el puente grúa sobre el paquete y enganchar las barras metálicas al elemento de transportación.

Mediante prueba y error se engancha de forma correcta el paquete, este debe permanecer suspendido completamente horizontal para poder ser transportado con seguridad.

Mover el Producto Terminado al Área de Almacenamiento. Para esto, el operador, con ayuda del control, mueve el puente cargado al área de almacenamiento de producto terminado.

Arreglar Zona de Almacenamiento. Una vez que el operador está listo para colocar el paquete en su lugar de almacenamiento, debe buscar los listones de madera que son utilizados como soportes.

Este elemento consiste en buscar, tomar y colocar en el lugar de almacenamiento los listones de madera utilizados como soportes.

Colocar el Producto Terminado en el Lugar de Almacenamiento. Consiste en colocar el paquete sobre los listones de madera, de forma que no exista el riesgo de que éste se caiga.

Desenganchar el Producto Terminado. Una vez colocado de forma adecuada el paquete, este se desengancha del puente. Los soportes de transportación que quedan libres, vuelven a ser enganchados al puente grúa.

Mover el puente grúa a una zona adecuada. Este elemento consiste en ubicar el puente grúa, junto con el gancho y los soportes, en un lugar cercano a espera de la próxima salida de material.

Armado de Base de Lote de Producto Terminado. Esta parte del proceso, consiste en la elaboración de la base en donde se han de ir apilando los paneles fabricados.

Para esto, se hace uso de tacos de madera que se colocan dentro de los rieles para evitar que los paneles se muevan al caer de las aletas del apilador.

Además, se utilizan pequeños pedazos de panel, denominados tapas, que se colocan encima de los rieles, como elementos de protección ante la manipulación de los lotes con el puente grúa.

Los elementos que pertenecen a esta actividad son: ajustar rieles, colocar las tapas y ajustar la base según la longitud del panel a fabricar.

Realizar el Control de Calidad del Producto Terminado.

Debido a las medidas de control de calidad de la empresa, cada vez que se realiza un paquete, deben medirse las especificaciones del producto, debido a esto el elemento medición de control de calidad, aparece también, en esta operación de preparación.

Ajustar Apilamiento Inicial. Este elemento comprende los ajustes que realiza el operador al final de la línea de

conformado, algunos como mover los rieles y cuñas de madera, buscando adecuar de mejor manera la base del lote al tamaño de los paneles a fabricar.

De igual forma, se busca que los paneles conformados caigan del apilador dentro de los límites de la base elaborada.

Operación de Preparación de Empaque de Producto Terminado

Traer Herramientas al Área de Trabajo. Este elemento comprende las actividades que realiza el operador, como: buscar, tomar y mover al sitio de trabajo las herramientas y materiales a utilizar en el empaquetado del lote final.

Cortar Zunchos / Refuerzos. Consiste en quitar de un rollo de fleje de acero la cantidad suficiente de zunchos para realizar el empaque del producto final.

Los refuerzos, son pequeñas láminas de acero que se colocan en las caras laterales del material, esto evita que el zuncho corte o estropee los paneles. De igual manera, estos son obtenidos de un pequeño rollo de fleje ubicado cerca del apilador, donde se realiza la operación de empaque.

Pintar los Extremos del Material. Consiste en pintar los extremos del material, como señales que indican el espesor del mismo. Para realizar esta actividad se utiliza una brocha y un tarro de pintura esmalte que permanece cerca del apilador.

Colocar Tapas de Protección. En esta parte del proceso se toman pequeños pedazos de paneles inservibles, que se colocan encima del lote a modo de protección. Comprende las actividades buscar, tomar mover y colocar las tapas sobre el lote fabricado.

Zunchar el Lote de Producto Terminado. Consiste en colocar los zunchos y refuerzos en el lote terminado, para luego, apretar y grapar los zunchos, elaborando de esta forma el paquete final de producto terminado.

Cabe indicar, que las herramientas utilizadas en esta actividad son: grapas metálicas, zunchadora y tenazas.

Continuando con el estudio, el proceso de medición consistió en tomar el tiempo de cada uno de los elementos de las operaciones de preparación, hasta obtener una muestra mayor a 30 para cada uno de estos. Este tamaño de muestra permitió aproximar la distribución de los datos a una normal [3], con lo

cual se pudo obtener el error muestral del estudio, utilizando la siguiente fórmula [3].

$$e = (Z_{\alpha/2} * \sigma / \sqrt{n})$$

Donde el valor promedio final corresponde a la suma de los tiempos promedios de los elementos que conforman la operación de preparación [3].

Así también, la desviación estándar final corresponde a la suma de las desviaciones estándar individuales de cada uno de los elementos que conforman la operación de preparación [3].

Continuando con el proceso de medición, para la recolección de la información, se elaboró una plantilla, la misma se muestra en el apéndice O. Además, se gestionó la compra de un cronómetro y un tablero.

Los resultados obtenidos para cada una de las operaciones de preparación en estudio se presentan a continuación.

Como se observa en el apéndice P la operación de cambio de bobina tiene un tiempo de duración 41,55 +- 6,76 min; además, se puede decir que está compuesta por 19 elementos de tiempo, aunque queda pendiente definir si todos estos corresponden a actividades que agregan valor al proceso.

Por lo tanto, la siguiente parte del análisis consiste en identificar cuáles de estas actividades constituyen elementos de trabajo neto, es decir, que agregan valor a la operación, y cuales son realmente desperdicios y demoras de proceso.

Para esto se realizó una identificación individual de los elementos de operación, definiendo si es una actividad que agrega o no valor, además se estableció el tipo de desperdicio al que pertenece, según la filosofía Lean Manufacturing [6].

Análisis de Elementos de Operación de Cambio de Bobina.

Enganchar Elemento al Puente Grúa. Lo que se puede decir de esta actividad es que constituye una serie de movimientos innecesarios que realiza el operador y por tanto una actividad que no agrega valor al proceso. En el área de paneladoras existen 2 puentes grúas, que son utilizados tanto por el personal de despachos como de producción, y aunque en cierta forma, ya se han definido en qué tipo de operaciones usarse cada uno, aún no se ha establecido quienes son los responsables de los mismos y además quien tiene prioridad sobre el uso de estos. Por lo general el área de despacho es quien utiliza los puentes y realiza el cambio de los ganchos en función de los productos que debe despachar, y cuando la

actividad de preparación de producción difiere de la actividad que realiza o realizó despachos con los puentes, se da este tipo de desperdicio.

Mover el Puente Grúa al Área de Trabajo. De igual forma este elemento constituye una serie de movimientos innecesarios que realiza el operador, ya que obedece a la carencia de un lugar específico, cerca de las líneas de producción, donde colocar los puentes después de ser utilizados. Por lo tanto, esta actividad no agrega valor al proceso.

Retirar Núcleo de Acero. A pesar de que esta actividad no agrega valor al proceso, ya que su método de realización es ineficiente; es necesario, debido a que el núcleo es un elemento de la materia prima que ayuda a que la bobina se ajuste de forma adecuada a las uñas del desbobinador. Además, el retiro del área del núcleo se realiza para evitar algún accidente.

Mover el Puente Grúa al Área de Almacenamiento de Bobinas. De igual forma este elemento no agrega valor al proceso, ya que obedece a la carencia de un lugar específico, cerca del área de almacenamiento de bobinas, donde colocar los puentes para realizar el retiro de la bobina. A pesar de que

este elemento no se puede eliminar es posible una reducción de tiempo.

Enganchar Bobina al Puente Grúa. Este elemento constituye una actividad que agrega valor al proceso ya que se realiza con las herramientas diseñadas para este tipo, como son el gancho tipo J y el puente grúa con capacidad de 10 toneladas; además el área de almacenamiento está configurado, de tal forma, que facilita la extracción de la bobina. Por otro lado, el tiempo dedicado a esta actividad es muy bajo.

Mover Bobina al Área de Apertura. A pesar de que este elemento constituye un desperdicio; es necesario, debido a que la falta de espacio físico en la planta no permite realizar las actividades subsecuentes cerca de las líneas de producción.

Desenganchar Bobina. Este elemento constituye una actividad que agrega valor al proceso ya que se realiza con las herramientas diseñadas para este tipo, como son el gancho tipo J y el puente grúa con capacidad de 10 toneladas. Así mismo, el tiempo dedicado a esta actividad es muy bajo.

Traer Herramientas. Este elemento es uno de los principales desperdicios que se observa en el proceso. Corresponde a

todas las actividades que realiza el operador para obtener las herramientas que necesita en la operación de preparación.

Generalmente, el operador nota que no posee las herramientas, justo en el momento en que las requiere; debido a esto, debe dejar el área de trabajo para ir a buscarlas; el problema se agrava cuando éstas se encuentran en líneas alejadas al área, como las perfiladoras o las líneas de corte, o más aún, cuando nadie sabe dónde se encuentran.

Quitar Zunchos. Se puede decir que este elemento constituye una actividad que agrega valor al proceso, ya que realiza con la ayuda de una herramienta diseñada para realizar el corte de los zunchos, la tijera corta-zunchos.

La figura 4.4 presenta la tijera en mención.



FIGURA 4.4. Tijera Corta-Zunchos

Quitar Envoltura. A pesar que es una de las operaciones de trabajo neto del proceso, es una actividad que no se realiza de forma eficiente, el operador improvisa herramientas, como los pequeños pedazos de metal que utiliza para cortar la envoltura plástica de la bobina, además, según lo observado, queda claro que no está definida la forma correcta y segura de realizar esta actividad. Es por esto que este elemento puede ser catalogado como un elemento que no agrega valor pero es necesario.

Retirar Desechos del Área. Este elemento es otro de los principales desperdicios del proceso. El tiempo que toma el mover los desperdicios es considerable, alrededor de 3,71 min, como se pudo observar en el estudio de tiempos realizado. Esto se debe principalmente, a lo alejados que se encuentran los contenedores de desechos respecto al área donde se realiza la apertura de bobinas.

Mover Bobina al COIL CAR. Este elemento consiste en un desperdicio de transporte, pero, al realizarse de una manera eficiente, ya que utiliza el puente grúa y los ganchos diseños especialmente para el transporte de bobinas, se convierte en una actividad que agrega valor al proceso.

Colocar y Ajustar la Bobina al Desbobinador. Este elemento es parte del trabajo neto del proceso, por lo tanto es una actividad que agrega valor, además utiliza como herramienta de transporte un carro hidráulico, denominado COIL CAR; además el desbobinador cuenta con una central hidráulica que abre y cierra las uñas del cilindro donde se coloca la bobina, esto permite un fácil ajuste de la bobina al desenrollador.

Retirar el Puente Grúa. Esta es una actividad que no agrega valor al proceso, pero, considerando que se realiza para facilitar el desarrollo correcto de las actividades consecuentes, se puede catalogar como una operación necesaria.

Desenrollar la Bobina. A pesar de que se esta tarea es manual, se han establecido tres herramientas que ayudan a desarrollarla de manera eficiente. La primera consiste el conjunto de botones que posee el desbobinador, si se encuentra cerca de esta la operación resulta más eficiente. La segunda forma es utilizando el panel de control del equipo que se encuentra cerca de la cizalla y el ultimo método es la utilización de un pedal de mando. Debido a esto, se puede decir que esta operación agrega valor al proceso.

En la figura 4.5 se presentan los mandos de control, antes mencionados, que permiten desarrollar de manera eficiente esta actividad.



FIGURA 4.5. Mandos de Control, PAN01

Enhebrar el Material en las Guías. Esta actividad es una de las que posee un sin número de ajustes, principalmente al adecuar las guías de entrada al ancho de la lámina de la bobina. Para esto se utiliza un sistema de ajuste manual mediante pernos hexagonales y una manivela, la rapidez con que se realiza esta actividad depende mucho de la pericia del operador; además, el método utilizado es el de prueba y error. Debido a esto, se puede decir que esta actividad no agrega valor al proceso.

La figura 4.6 muestra el sistema de guías de entrada, tanto de la cizalla, como del rollformer.



FIGURA 4.6. Sistema de Guías de Entrada de Cizalla y Rollformer, PAN01

Ajuste y Calibración del Equipo. Para la realización de esta actividad se ha desarrollado un sistema de control de interface sencilla y eficiente, ya que da un control preciso sobre cada uno de los elementos de la máquina, como son: los rodillos alisadores de la cizalla, la cizalla, el rollformer, la banda transportadora, el desbobinador, junto con su central hidráulica; y el apilador.

Por otra parte, se han observado ciertos ajustes manuales, en los cuales la experiencia del operador juega un papel importante, esto tiene que ver, principalmente, con los ajustes realizados al rollformer.

El rollformer posee una serie de estaciones de conformado denominados pasos, cada uno de estos se pueden subir o bajar para atenuar o relajar, respectivamente, el conformado en el material.

Se dice que un panel está en óptimas condiciones cuando el conformado no es ni tan atenuado ni tan relajado, si el producto terminado se encuentra en alguno de los extremos, se deben realizar los ajustes al rollformer.

Para esto, estas estaciones de conformado cuentan con un sistema de ajuste manual que es simplemente una rosca que se ajusta o afloja dependiendo, si se quiere subir o bajar el paso.

Este sistema de ajuste no cuenta con ninguna clase de escala que establezca la cantidad de giros que se ha de dar a la rosca para obtener un correcto funcionamiento de los pasos al momento de conformar, así que el método empleado es de prueba y error, lo cual conlleva a retrasos en el proceso. Debido a esto, se puede decir que esta actividad no agrega valor al proceso pero es necesaria.

Control de Calidad del Producto Terminado. Ya que este elemento no es más que una inspección del producto final

representa un desperdicio del proceso, además, transgrede el fundamento de calidad total sobre obtener un producto conforme a la primera vez, por lo que se puede decir que es un elemento que no agrega valor al proceso, pero, considerando que estas líneas son de flujo continuo y por lo tanto no poseen procesos de fabricación intermedios, donde se puedan establecer controles para prevenir algún defecto en el producto final, es una actividad necesaria.

Ajustar Apilamiento Inicial. A pesar de que se utiliza un equipo diseñado para esta actividad, denominado apilador, se requieren de ajustes, que conllevan a pérdidas de tiempo, sobre todo en la adecuación de los rieles al tamaño del panel a fabricar, ya que esto se realiza de forma manual, moviendo los rieles y cuñas que se utilizan para anclar el material.

Otro de los ajustes observados, corresponde a mover la base elaborada, para que cuando el panel fabricado caiga del apilador, lo haga dentro de los límites de la base formada.

En el apéndice Q se muestra una tabla resumen del análisis realizado.

Si se complementa este enfoque con el muestreo estadístico realizado se puede tener una visión más profunda sobre el

impacto de los desperdicios en el desarrollo de la operación de preparación de cambio de bobina, como se muestra en la figura 4.7.



FIGURA 4.7. Gráfico de Elementos de Tiempo de Cambio de Bobina

Como se puede observar, existen ciertos elementos considerados desperdicios que toman una gran cantidad del tiempo total de la operación de preparación. Entre éstos, se tiene a aquellos que no agregan valor pero son necesarios en el proceso.

- Ajustes y calibración del equipo.
- Retirar núcleo
- Quitar envoltura

- Ajustar apilamiento inicial

Entre aquellos que no agregan valor se tiene:

- Retirar desechos de envoltura.
- Traer herramientas.
- Enganchar elemento al puente grúa.

Otro de los aspectos a resaltar es que la mayor parte de los desperdicios corresponden a los movimientos innecesarios y transportes que realiza el operador a lo largo de la operación de preparación.

Por lo tanto, para tener una idea más clara sobre las posibles causas de estos desperdicios, se desarrolló un diagrama de recorrido que muestra los movimientos y transportes que efectúa el operador mientras realiza la operación de preparación del equipo.

El diagrama de recorrido de la operación de preparación de cambio de bobina, se muestra en el apéndice R.

Esta información será de vital importancia para desarrollar la tercera etapa del sistema SMED, que busca mejorar las actividades internas y externa de las operaciones de preparación.

Análisis de Elementos de Operación de Empaque de Producto Terminado

En el apéndice S se presentan los resultados obtenidos del análisis de la operación de empaque del producto terminado.

Como se puede observar en el apéndice correspondientes el tiempo que toma la operación de preparación es de 8,49 +- 2,42 min., además, se puede decir que está compuesta por 5 elementos de tiempo; aunque aún no se ha establecido cuales de estos corresponden a actividades de trabajo neto, es decir, agregan valor al proceso.

Por lo tanto, la siguiente parte del análisis de esta operación consiste en identificar cuáles de estas actividades constituyen elementos de trabajo neto, es decir, que agregan valor a la operación, y cuales son realmente desperdicios y demoras de proceso.

Para esto se realizó una identificación individual de los elementos de operación, definiendo si es una actividad que agrega o no valor, además se estableció el tipo de desperdicio al que pertenece, según la filosofía Lean Manufacturing.

Traer Herramientas. Este elemento es uno de los principales desperdicios que se observa en el proceso. Corresponde a todas las actividades que realiza el operador para obtener las herramientas que necesita en la operación de preparación.

Generalmente, el operador nota que no posee las herramientas, justo en el momento en que las requiere; debido a esto, debe dejar el área de trabajo para ir a buscarlas; el problema se agrava cuando éstas se encuentran en líneas alejadas al área, como las perfiladoras o las líneas de corte; o más aún, cuando nadie sabe dónde se encuentran.

Cortar Zunchos / Refuerzos. A pesar de que esta es una actividad de trabajo dentro del proceso, requiere de una serie de ajustes que van desde tomar el rollo del fleje indicado, medir la longitud correcta y cortar, por lo que resulta ineficiente, debido a esto, se puede decir que es una actividad que no agrega valor pero es necesaria.

Pintar Extremo del Material. Esta actividad no agrega valor al proceso pero es necesaria, de igual forma es netamente manual y por lo general se ve afectada por la falta de insumos, ya que se pinta con una mezcla de pintura esmalte y diluyente. Otro de los inconvenientes tiene que ver con la contaminación

visual que genera este elemento, debido a que el área donde se almacena permanece sucia de pintura.

La figura 4.8 muestra lo antes mencionado.



FIGURA 4.8. Zona de Almacenamiento de Utensilios de Pintura

Colocar Tapas de Protección. Colocar tapas de protección es una actividad que agrega valor al proceso ya que se utiliza el apilador como herramienta, lo que evita pérdidas de tiempo y ayuda al operador a ser más eficiente.

Zunchar Producto Terminado. Se puede decir que esta es una actividad que agrega valor al proceso, ya que esta se realiza con las herramientas diseñadas para este propósito. Aunque no se descarta la posibilidad de establecer una nueva forma de realizar este elemento.

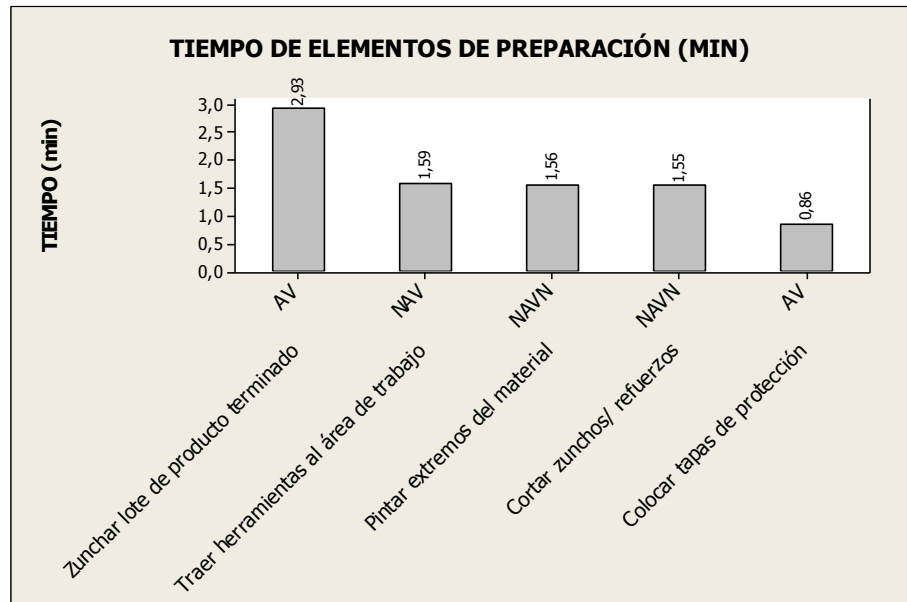
La tabla 10 muestra un resumen del análisis realizado.

TABLA 10

**Resumen de Análisis de Operación de Empaque de
Producto Terminado**

NÚMERO	ELEMENTOS	CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE DESPERDICIO
1	Traer herramientas al área de trabajo	NAV	Movimientos innecesarios
2	Cortar zunchos/ refuerzos	NAVN	Proceso
3	Pintar extremos del material	NAVN	Proceso
4	Colocar tapas de protección	AV	-----
5	Zunchar lote de producto terminado	AV	-----

Si se complementa este enfoque con el muestreo estadístico realizado, se puede tener una visión más profunda sobre el impacto de los desperdicios en el desarrollo de la operación de preparación, como se muestra en la figura 4.9.



**FIGURA 4.9. Elementos de Tiempo de Empaque de
Producto Terminado**

Como se puede observar, existen ciertos elementos considerados desperdicios que toman una considerable cantidad del tiempo total de la operación de preparación. Entre éstos, se tiene a aquellos que no agregan valor pero son necesarios en el proceso.

- Cortar zunchos y refuerzos
- Pintar extremos del material

Traer herramientas al área de trabajo, corresponde al elemento que no agrega valor al proceso.

Es importante destacar, que para tener una idea más clara sobre las posibles causas de estos desperdicios, se desarrollará, a continuación, un diagrama de recorrido que muestre los movimientos innecesarios que efectúa el operador mientras realiza la operación de preparación del equipo.

El diagrama de recorrido del proceso de empaque del producto terminado se presenta en el apéndice T.

Análisis de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea

En el apéndice U se presentan los resultados obtenidos del análisis de operación para el proceso de retiro del producto terminado de la línea.

Como se puede observar en el apéndice correspondiente, el tiempo que toma la operación de preparación es de 23,60 +- 4,61 min., además, se puede decir que está compuesta por 12 elementos de tiempo; aunque aún no se ha establecido cuales de éstos corresponden a actividades de trabajo neto, es decir, que agregan valor al proceso.

Por lo tanto, la siguiente parte del análisis de esta operación consiste en identificar cuáles de estas actividades constituyen

elementos de trabajo neto, es decir, que agregan valor a la operación, y cuales son realmente desperdicios y demoras de proceso.

Para esto, de igual forma que en los casos anteriores, se realizó una identificación individual de los elementos de operación, definiendo si es una actividad que agrega o no valor, además se estableció el tipo de desperdicio al que pertenece, según la filosofía Lean Manufacturing.

Traer Cadenas al Área de Trabajo. Considerando los movimientos innecesarios que realiza el operador al desarrollar este elemento, se puede decir que este no agrega valor al proceso.

Por lo general el operador, no se percata que no posee las cadenas, hasta que las necesita, por lo que debe ir a buscarlas y traerlas al área, lo que conlleva a una demora o pérdida de tiempo.

Cambiar Elemento de Transportación. Esta es otra de las actividades que no agregan valor al proceso pero es necesaria, ya que el puente grúa utilizado en esta actividad es compartido por las áreas de producción y despachos, además existen una

serie de elementos de transportación los cuales son utilizados dependiendo del peso y el largo de los paneles a mover.

Traer Puente Grúa al Área de Trabajo. Debido a la falta de un lugar establecido para colocar el puente grúa, este elemento genera una gran cantidad de movimientos innecesarios por parte del operador, debido a esto, se puede considerar a este elemento un desperdicio que no agrega valor al proceso.

Enganchar el Paquete al Puente Grúa. A pesar de que esta actividad se realiza haciendo uso de las herramientas diseñadas para este propósito, como son las cadenas y el gancho transportador, requiere de la pericia del operador, ya que se puede decir que el paquete está correctamente enganchado, cuando este permanece horizontal al realizar el levantamiento del producto. El método establecido para esta operación es de prueba y error, debido a esto, se puede establecer que este elemento no agrega valor pero es necesario.

Mover el Producto Terminado al Área de Almacenamiento. Este elemento consiste en un desperdicio de transporte, pero, al realizarse de una manera eficiente, ya que utiliza el puente grúa y los ganchos diseños especialmente para el transporte de

este tipo de carga, se convierte en una actividad que agrega valor al proceso.

Arreglar Zona de Almacenamiento. Considerando los movimientos innecesarios que realiza el operador al buscar, tomar y llevar a la zona de almacenamiento los listones de madera utilizados como soportes; se puede decir que este elemento no agrega valor al proceso.

Colocar el Producto Terminado en el Lugar de Almacenamiento. Considerando que este elemento se realiza con la ayuda de las herramientas adecuadas, se puede decir que agrega valor al proceso.

Desenganchar el Producto Terminado. A pesar de que este elemento es netamente manual, no requiere de una especial atención por parte del operador, toma muy poco tiempo de la operación de preparación, por lo que se puede decir que el método empleado es eficiente, y por lo tanto, agrega valor al proceso.

Mover el Puente Grúa a una Zona Adecuada. Esta es una actividad que no agrega valor al proceso, pero, considerando que se realiza para facilitar el desarrollo correcto de las

actividades consecuentes, se puede catalogar como una operación necesaria.

Armar Base de Lote de Fabricación. A pesar de que esta es una actividad de trabajo neto, requiere de varios ajustes por parte del operador, que van desde medir, mover y acondicionar los rieles; debido a esto se puede decir que es una actividad que no agrega valor pero es necesaria para el proceso.

Realizar el Control de Calidad del Producto Terminado. Ya que este elemento no es más que una inspección del producto final representa un desperdicio del proceso, además, transgrede el fundamento de calidad total sobre obtener un producto conforme a la primera vez, por lo que se puede decir que es un elemento que no agrega valor al proceso, pero, considerando que estas líneas son de flujo continuo y por lo tanto no poseen procesos de fabricación intermedios, donde se puedan establecer controles para prevenir algún defecto en el producto final, es una actividad necesaria.

Ajustar Apilamiento Inicial. A pesar de que se utiliza un equipo diseñado para esta actividad, denominado apilador, se requieren de ajustes, que conllevan a pérdidas de tiempo, sobre todo en la adecuación de los rieles al tamaño del panel a

fabricar, ya que esto se realiza de forma manual, moviendo los rieles y cuñas que se utilizan para anclar el material.

Otro de los ajustes observados, corresponde a mover la base elaborada, para que cuando caiga del apilador el panel fabricado, lo haga dentro de los límites de la base formada.

La tabla 11 muestra un resumen del análisis realizado.

TABLA 11

Resumen de Análisis de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea

N	ELEMENTOS	CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	TIPOS DE DESPERDICIO
1	Traer cadenas al área de trabajo	NAV	Movimientos innecesarios
2	Cambiar elemento de transportación	NAVN	Proceso
3	Traer puente grúa al área de trabajo	NAV	Movimientos innecesarios
4	Enganchar el paquete al puente grúa	NAVN	Proceso
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento	AV	-----
6	Arreglar zona de almacenamiento	NAV	Movimientos innecesarios
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento	AV	-----
8	Desenganchar el paquete terminado	AV	-----
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada	NAVN	Movimientos innecesarios
10	Armar base de lote de fabricación	NAVN	Proceso
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	NAVN	Proceso
12	Ajustar apilamiento inicial	NAVN	Proceso

Si se complementa este enfoque con el muestreo estadístico realizado, se tiene una visión más profunda sobre el impacto de los desperdicios en el desarrollo de la operación de preparación, como se muestra en la figura 4.10.

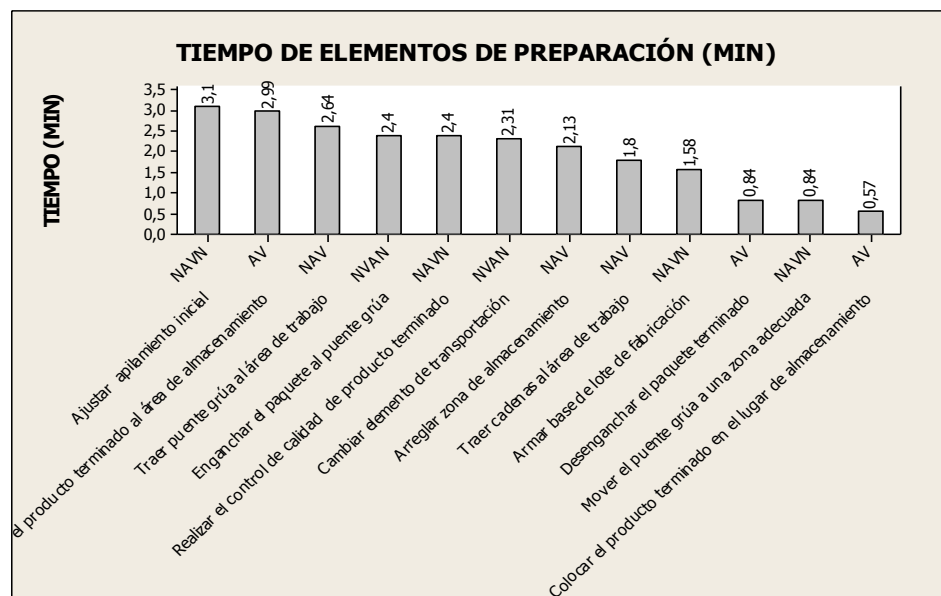


FIGURA 4.10. Gráfico de Elementos de Tiempo de Proceso de Retiro de Producto Terminado

Como se puede observar, existen ciertos elementos considerados desperdicios que toman una considerable cantidad del tiempo total de la operación de preparación. Entre éstos, se tiene a aquellos que no agregan valor pero son necesarios en el proceso.

- Ajustar apilamiento inicial

- Enganchar el paquete al puente grúa
- Realizar el control del producto terminado
- Cambiar elemento de transportación
- Armar base de lote de fabricación

Dentro de aquellos que no agregan valor al proceso, se tiene:

- Traer puente grúa al área de trabajo
- Arreglar zona de almacenamiento
- Traer cadena al área de trabajo

Vale mencionar que, tal como en los casos anteriores, para tener una idea más clara sobre las posibles desperdicios mencionados, se desarrolló un diagrama de recorrido que muestra los movimientos innecesarios que efectúa el operador mientras realiza la operación de preparación del equipo.

El diagrama de recorrido del proceso se presenta en el apéndice V.

4.2.3. Etapa Preliminar: Identificación de las Preparaciones Interna y Externa

Pues bien, ahora que ya se tiene un conocimiento más profundo sobre los elementos que constituyen las operaciones

de: cambio de bobina, empaque y retiro de producto terminado; pueden establecerse cuáles de éstos se desarrollan de forma externa e interna.

TABLA 12

Actividades de Preparación Interna y Externa de Operación de Cambio de Bobina

CAMBIO DE BOBINA			
ELEMENTOS		CATEGORI A	
		INTERNA	EXTE RNA
1	Enganchar elemento al puente grúa	X	
2	Mover puente grúa al área de trabajo	X	
3	Retirar Núcleo	X	
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas	X	
5	Enganchar bobina al puente grúa	X	
6	Mover bobina al área de apertura	X	
7	Desenganchar bobina	X	
8	Traer herramientas	X	
9	Quitar Zunchos	X	
10	Quitar envoltura	X	
11	Retirar desechos de envoltura	X	
12	Mover bobina al COIL CAR	X	
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador	X	
14	Retirar el puente grúa del área	X	
15	Desenrollar la bobina	X	
16	Enhebrar el material en la cizalla	X	
17	Ajuste y calibración del equipo	X	
18	Medición de control de calidad	X	
19	Ajustar apilamiento inicial	X	

TABLA 13

**Actividades de Preparación Interna y Externa de Operación
de Empaque de Producto Terminado**

EMPACAR PRODUCTO TERMINADO			
ELEMENTOS		CATEGORI A	
		INTERNA	EXTERNA
1	Traer herramientas al área de trabajo	X	
2	Cortar zunchos/ refuerzos	X	
3	Pintar extremos del material	X	
4	Colocar tapas de protección	X	
5	Zunchar lote de producto terminado	X	

TABLA 14

**Actividades de Preparación Interna y Externa de Operación
de Retiro de Producto Terminado de la Línea**

RETIRAR PRODUCTO TERMINADO DE LA LÍNEA			
ELEMENTOS		CATEGORI A	
		INTERNA	EXTERNA
1	Traer cadenas al área de trabajo	X	
2	Cambiar elemento de transportación	X	
3	Traer puente grúa al área de trabajo	X	
4	Enganchar el paquete al puente grúa	X	
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento	X	
6	Arreglar zona de almacenamiento	X	
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento	X	
8	Desenganchar el paquete terminado	X	
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada	X	
10	Armar base de lote de fabricación	X	
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	X	
12	Ajustar apilamiento inicial	X	

Como se puede observar en las tablas 12, 13 y 14; todas las actividades para la preparación del equipo de conformado de paneles PAN01 son parte de la preparación interna; no existe actividad alguna que sea externa.

Por lo tanto, es válido resaltar aquellas actividades que pueden realizarse externamente, pero que en la actualidad se están desarrollando erróneamente como parte de la preparación interna, y como consecuencia generan que el equipo de conformado PAN01 permanezca parado durante períodos de tiempo mayores a los necesarios. La tablas 15, 16 y 17 presentan dichas actividades.

TABLA 15

Elementos de Preparación Externa de Operación de Cambio de Bobina

N°	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD
1	Enganchar elemento al puente grúa	EXTERNA
2	Mover puente grúa al área de trabajo	EXTERNA
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas	EXTERNA
5	Enganchar bobina al puente grúa	EXTERNA
6	Mover bobina al área de apertura	EXTERNA
7	Desenganchar bobina	EXTERNA
8	Traer herramientas	EXTERNA
9	Quitar Zunchos	EXTERNA
10	Quitar envoltura	EXTERNA
11	Retirar desechos de envoltura	EXTERNA
12	Mover bobina al COIL CAR	EXTERNA
14	Retirar el puente grúa del área	EXTERNA

TABLA 16

**Elementos de Preparación Externa de Operación de
Empaque de Producto Terminado**

N°	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD
1	Traer herramientas al área de trabajo	EXTERNA
2	Cortar zunchos/ refuerzos	EXTERNA
3	Pintar extremos del material	EXTERNA
4	Colocar tapas de protección	EXTERNA
5	Zunchar lote de producto terminado	EXTERNA

TABLA 17

**Elementos de Preparación Externa de Operación de Retiro
de Producto Terminado de la Línea**

N°	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD
1	Traer cadenas al área de trabajo	EXTERNA
2	Cambiar elemento de transportación	EXTERNA
3	Traer puente grúa al área de trabajo	EXTERNA
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento	EXTERNA
6	Arreglar zona de almacenamiento	EXTERNA
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento	EXTERNA
8	Desenganchar el paquete terminado	EXTERNA
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada	EXTERNA

4.2.4. Primera Etapa: Separación de la Preparación Interna y Externa.

Esta etapa se enfoca en establecer mejoras que permitan desarrollar de forma externa aquellas actividades de preparación que erróneamente se realizan de manera interna.

Como se puede observar en la tabla 15 aparecen 12 elementos de la operación de cambio de bobina que pueden desarrollarse como preparación externa, donde, la mayor parte de estos están relacionados con los recorridos y transporte de materiales que realiza el operador al desarrollar el cambio.

Es por esto, que una de las opciones para lograr realizar las actividades de preparación externas como tales, es asignar un ayudante que desarrolle estos elementos. Vale resaltar que esto es posible, debido a que una de las ventajas que presenta el SMED es que no se requiere de un operador con experiencia, debido a la facilidad de las actividades a desarrollar [1].

Por otra parte, es de vital importancia sensibilizar tanto al operador como al ayudante sobre la mejora que se espera obtener en el proceso de preparación, dejando claro cuáles son

sus responsabilidades y el papel que juegan como principales protagonistas en este proyecto.

Debido a esto, se desarrolló un instructivo de trabajo basado en los elementos de preparación externa identificados en el proceso. Éste se centra en indicar los pasos a desarrollar en el proceso de preparación externa, así también, recomienda, por medio de un listado, la realización de la comprobación de las herramientas a utilizar. Dicho instructivo se presenta en el apéndice W.

La figura 4.11 muestra la mejora a obtenerse en el proceso de cambio de bobina, una vez que se separen las actividades de preparación internas y externas.

La separación de las actividades de preparación externa e interna también se realizó para las operaciones de empaque y retiro del producto terminado de la línea.

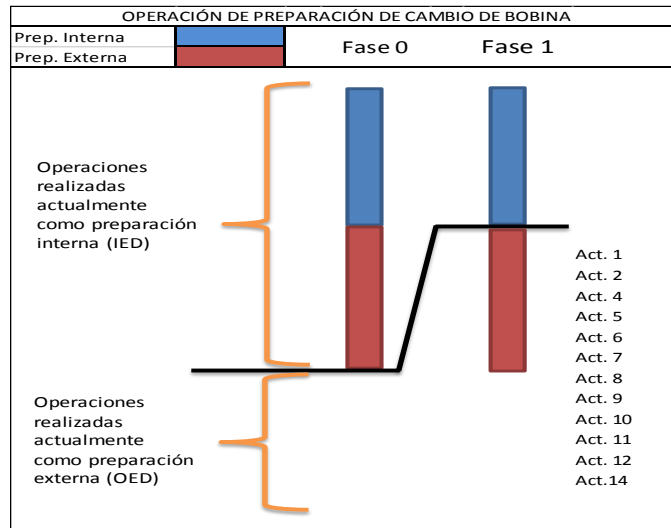


FIGURA 4.11. Evolución SMED de Proceso de Cambio de Bobina

El análisis de operación del proceso de empaque de producto terminado, reveló que todas las actividades que lo conforman pueden desarrollarse como actividades de preparación externa; es así, que el uso de un ayudante de operador para que realice éstas se vuelve una opción muy atractiva.

Al darse esto, la mejora del proceso de empaque del producto terminado, al separar las actividades de preparación externa e interna, sería la mostrada en la figura 4.12.

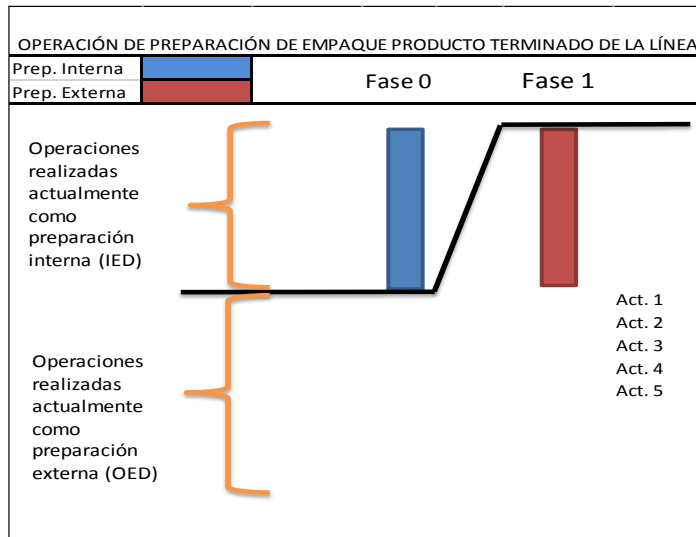


FIGURA 4.12. Evolución SMED de Proceso de Empaque de Producto Terminado

En el proceso de retirar el producto terminado de la línea, se determinó que 8 actividades pueden desarrollarse como elementos de preparación externas, y además, que la mayor de parte de éstas está relacionada con el transporte de útiles y los recorridos que realiza el operador al desarrollar la operación de preparación.

De igual forma que en los casos anteriores, el colocar una persona que ayude a realizar las actividades de preparación externa, parece ser la opción más viable.

La figura 4.13 muestra la mejora del proceso de preparación una vez que se realice la separación de las actividades externas e internas.

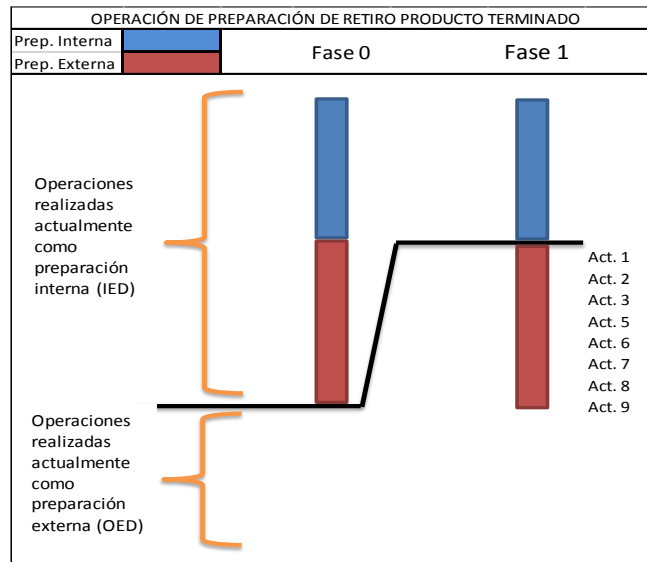


FIGURA 4.13. Evolución SMED de Proceso de Retiro de Producto Terminado de la Línea

Para lograr esto se estableció un instructivo de trabajo para las actividades de empaque y retiro del producto, buscando no solo que las actividades externas de preparación se realicen como tales, sino además, de que se desarrollen de manera eficiente. Así también, se creó una lista de comprobación de las herramientas y materiales a utilizar en las operaciones.

Vale indicar, que la lista de comprobación junto con el instructivo de trabajo se presenta en el apéndice X.

4.2.5. Segunda Etapa: Convertir la Preparación Interna en Externa

En esta etapa se buscan alternativas que permitan desarrollar las actividades de preparación interna como externa.

Para esto, se enlistaron las actividades de preparación interna identificadas en el análisis de operaciones.

TABLA 18

Elementos de Preparación Interna de Operación de Cambio de Bobina

N°	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD
3	Retirar Núcleo	INTERNA
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador	INTERNA
15	Desenrollar la bobina	INTERNA
16	Enhebrar el material en la cizalla	INTERNA
17	Ajuste y calibración del equipo	INTERNA
18	Realizar el control de calidad	INTERNA
19	Ajustar apilamiento inicial	INTERNA

A continuación, se realiza un análisis más profundo sobre las actividades en las que exista la posibilidad de convertir la preparación interna en externa.

Retirar el Núcleo de Acero. A pesar de que esta actividad requiere de la intervención del operador en la máquina, consta de varios elementos que pueden desarrollarse al final del proceso de preparación, como elementos de preparación externa, como son: enganchar el núcleo al puente grúa, llevarlo hasta el área de almacenamiento, desengancharlo y colocarlo en una posición adecuada.

Cabe resaltar, que para lograr esta mejora es necesario colocar un ayudante de operador para que realice estas actividades, como ya se ha venido planteando anteriormente.

De las actividades 13, 15, 16 y 17 mostradas en la tabla 18, considerando la información recolectada en el análisis de operaciones, se puede decir que ninguna de éstas pueden convertirse en actividades de preparación externas, debido a que necesariamente requieren la intervención del operador en el equipo; aunque se puede lograr una considerable reducción del tiempo dedicado a estos elementos mediante el establecimiento de operaciones en paralelo. Este último tema, será presentado con más detalle en la siguiente etapa de sistema SMED.

Realizar el Control de Calidad. A pesar de que esta actividad no requiere la intervención directa en el equipo; no puede desarrollarse ni antes ni después de la preparación, ya que corresponde a la verificación del cumplimiento de las especificaciones de calidad del producto terminado, tomando esto en cuenta, su conversión a un elemento de preparación externo, es improbable; aunque puede reducirse el tiempo de ejecución, mediante la implementación de operaciones en paralelo. Este último tema, se ampliará en la siguiente etapa del sistema SMED.

Ajustar el Apilamiento Inicial. De igual forma, a pesar de que este elemento no requiere la intervención directa en el equipo, corresponde a ajustes, que en este caso, necesitan realizarse con el equipo apagado para prevenir algún accidente, debido a que este elemento se desarrolla debajo del apilador del equipo.

La tabla 19 presenta las actividades de preparación interna del proceso de retiro de producto terminado de la línea, identificadas en el análisis de operación.

TABLA 19

**Elementos de Preparación Interna de Operación de Retiro
de Producto Terminado de la Línea**

N°	ELEMENTOS	TIPO DE ACTIVIDAD
4	Enganchar el paquete al puente grúa	INTERNA
10	Armar base de lote de fabricación	INTERNA
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	INTERNA
12	Ajustar apilamiento inicial	INTERNA

En esta ocasión, ya que los elementos mostrados en la tabla 19 no requieren de la intervención directa en la máquina, existe la posibilidad de que alguna pueda convertirse en una actividad de preparación externa. Para esto se realizará un análisis más profundo de las actividades mencionadas.

Enganchar el Producto Terminado. Una de las razones por la que se realiza esta actividad como un elemento interno, consiste en que la zona donde se toma el material queda muy cerca del área donde se realiza el apilamiento del producto final, por lo que la persona que se encuentra en este lugar, debe retirarse para prevenir algún accidente. La figura 4.14 ilustra lo antes mencionado.

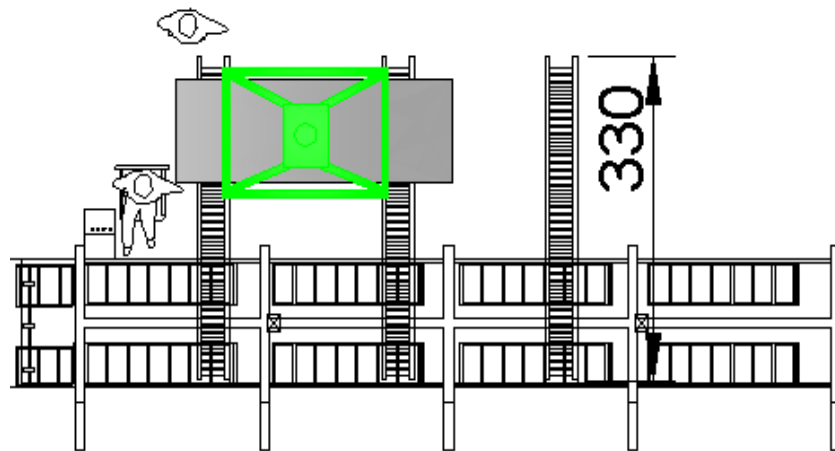
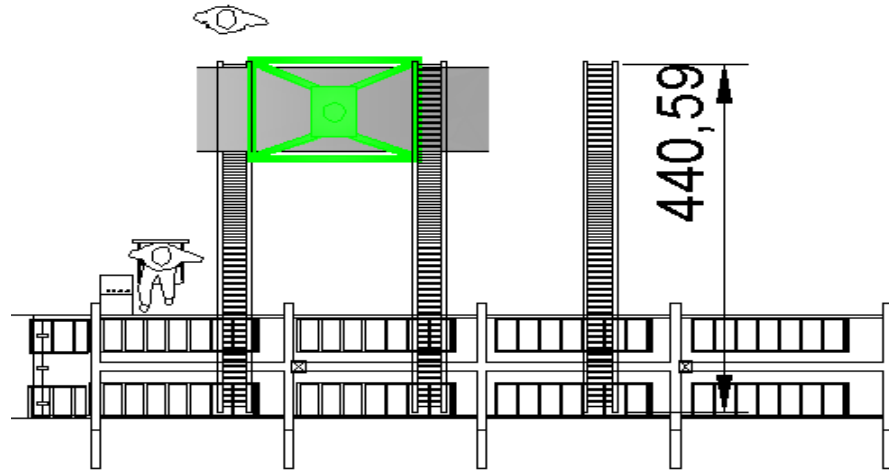


FIGURA 4.14. Zona de Apilamiento PAN 01

Una de las causas que generan este problema, es la longitud de los rieles en los cuales se colocan los paneles, el material no puede ser transportado más allá de esta zona, generando el inconveniente descrito; es por esto que la mejora planteada consiste en la construcción de rieles adicionales que permitan desarrollar esta actividad, al final de la preparación, sin necesidad de detener el equipo. La figura 4.15 ilustra la mejora a desarrollar.



**FIGURA 4.15. Mejora a Desarrollar en Zona de Apilamiento
PAN 01**

Como se puede observar el aumentar 110 centímetros de rieles permite reducir el riesgo de que la persona que se encuentra apilando el material sufra algún accidente, y permite desarrollar esta actividad de preparación netamente como un elemento externo.

Armar Base de Lote de Fabricación. A pesar de que no se requiere la intervención directa en la máquina para realizar esta actividad, se necesita que ésta permanezca apagada para prevenir algún accidente, debido a que este elemento se desarrolla debajo del apilador del equipo; aunque se tiene claro que es uno de los aspectos a mejorar en la operación de preparación.

Realizar el Control de Calidad. Como se estableció en el análisis desarrollado anteriormente, este elemento no puede convertirse en una actividad de preparación externa, aunque su tiempo de ejecución si puede ser reducido, mediante el establecimiento de operaciones en paralelo.

Ajustar el Apilamiento Inicial. De igual forma, como se estableció en el análisis desarrollado anteriormente, esta actividad no puede convertirse en una actividad de preparación externa; aunque se tiene claro que es uno de los aspectos a mejorar en el proceso de preparación del equipo.

4.2.6. Tercera Etapa: Perfeccionar Todos los Aspectos de las Operaciones de Preparación.

En esta última etapa se intentarán establecer métodos que permitan desarrollar tanto las actividades de preparación externa e interna de una forma eficiente, reduciendo drásticamente el tiempo dedicado a las operaciones de preparación estudiadas a lo largo de este escrito, vale indicar que las mejoras planteadas son fruto de una sesión de lluvia de ideas, donde participaron autoridades de la empresa, como: gerente de planta, coordinador de calidad, coordinador de

seguridad y salud ocupacional, coordinador de mantenimiento y supervisores de turno.

Como primera etapa se realiza una clasificación de las actividades de preparación externa que toman el mayor tiempo en el proceso de cambio de bobina; categorizando aquellas que agrega y no agregan valor. Vale indicar que las mejoras a plantear se enfocarán en estas últimas.

La figura 4.16 presenta la clasificación de las actividades de preparación externa de la operación de cambio de bobina.

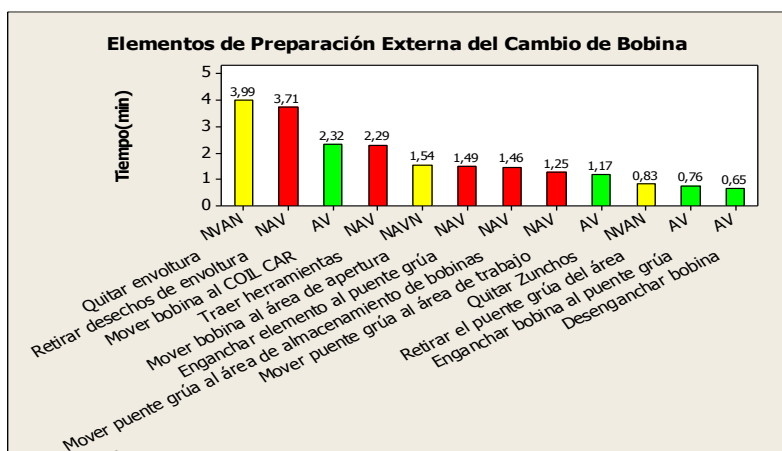


FIGURA 4.16. Clasificación de Actividades de Preparación Externa de Cambio de Bobina

Una vez realizada la clasificación de las actividades, se irán estableciendo mejoras en aquellas que toman una considerable

cantidad de tiempo y están catalogadas como elementos NAV o NAVN.

Por lo tanto, la primera actividad a tratar corresponde a la actividad 11, que es retirar desechos de envoltura.

Retirar Desechos de Envoltura. Como se determinó en el análisis de operación realizado la principal causa para que este elemento tome tanto tiempo y haya sido catalogado como una actividad que no agrega valor, se debe principalmente a los largos recorridos que tiene que realizar el operador al desarrollar la misma, así lo demuestra el diagrama de recorrido realizado (ver apéndice R).

Debido a esto, una de las mejoras planteadas es la creación de una zona de apertura de bobinas, debidamente adecuada con contenedores necesarios para que el operador no deba dejar el área para retirar los desechos de envoltura. Dicha área debe estar ubicada cerca de las puertas de salida del galpón para facilitar la extracción de los contenedores una vez que estos se llenen; además los contenedores deben ser lo suficientemente grandes, para soportar los desechos generados por los tres turnos de trabajo; otras de las cuestiones a considerar es que la envoltura que cubre la bobina, está compuesta por diferentes

materiales que no se pueden mezclar, ya que son vendidos como chatarra, entre estos tenemos: metal, papel y plásticos. Además, entre los elementos plásticos se tiene la envoltura interna, elemento que es utilizado como material de empaque en la línea de corte transversal, LCT01.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se realizó el diseño del área como se presenta en la figura 4.17.

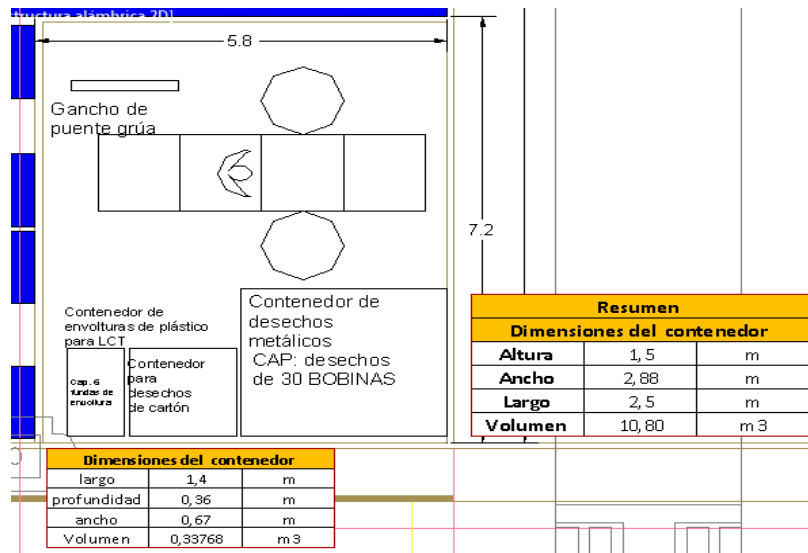


FIGURA 4.17. Diseño de Área de Apertura



FIGURA 4.18. Ubicación de Área de Apertura

Como se puede observar, el espacio de apertura de bobinas está colocado en la zona cerca de las puertas de salida del galpón; aunque reduce el área de almacenamiento de bobinas, se buscó que el impacto sea mínimo, obteniéndose una reducción del 11% del total de metros cuadrados. Consta de tres contenedores uno para materiales metálicos, otro para guardar las envolturas plásticas, utilizadas en el proceso de empaque de la línea de corte LCT01; y uno restante para depositar los desechos generales que se generen. Vale resaltar que los contenedores tienen la capacidad para albergar los desechos que se crean en los tres turnos de trabajo.



FIGURA 4.20. Ubicación de Tablero de Comprobación

Enganchar Elemento al Puente Grúa. Como se presentó en el análisis de operación esta actividad obedece a la falta de una política sobre el uso de los puentes grúas que se encuentran en el área. Es por esto, que se estableció, junto con el departamento de despacho, una política sobre el uso del puente grúa, asignando específicamente uno de éstos para transportar las bobinas al momento de realizar el cambio. Solo será utilizado para otros propósitos en casos excepcionales, por ejemplo, en las operaciones de mantenimiento.

Mover Puente Grúa a las Áreas de Trabajo y Almacenamiento de Bobinas. Como se indicó en el análisis de operación, estos elementos se dan por la falta de un lugar específico, donde colocar el puente grúa después de ser utilizado. Para esto se estableció una zona de cerca de las líneas de producción y del área de almacenamiento donde se

colocará el puente grúa una vez libre. La figura 4.21 muestra la ubicación de dicha zona.

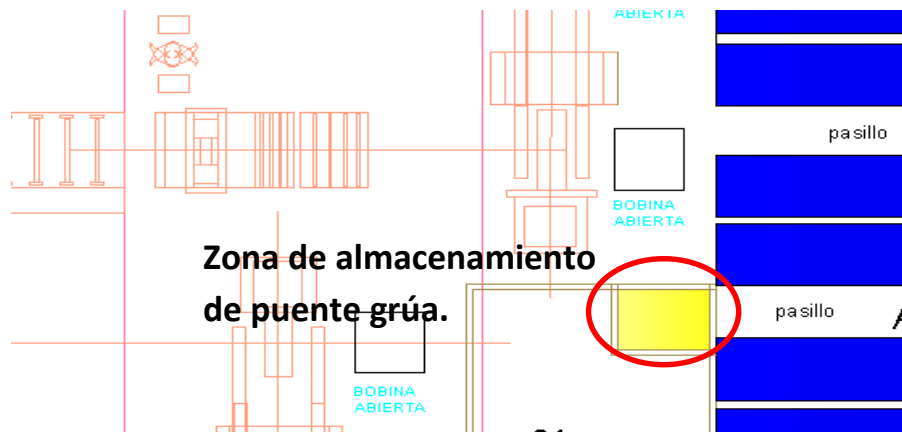
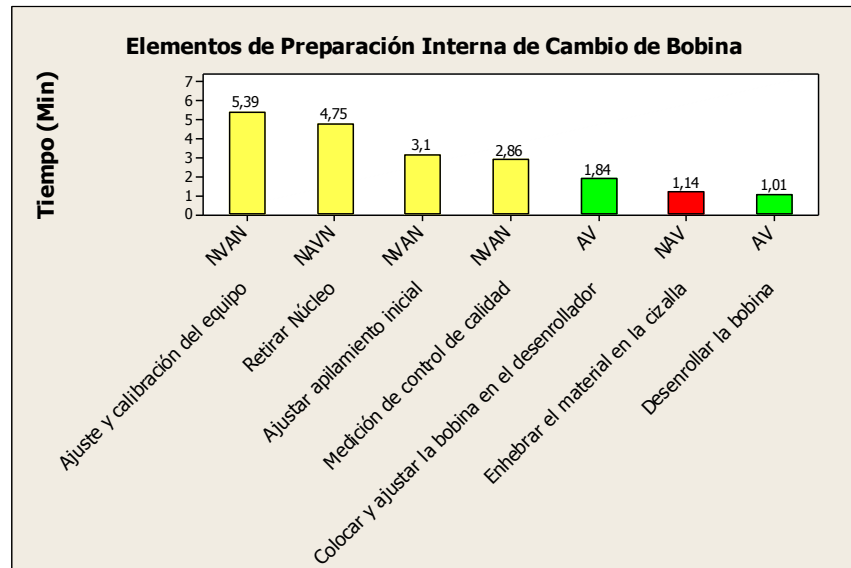


FIGURA 4.21. Zona de Almacenamiento de Puente Grúa

Quitar Envoltura. Tomando en cuenta el análisis realizado, se consideró de vital importancia dejar claro cuáles son los pasos a seguir para desarrollar esta actividad de forma segura y eficiente; debido a esto se recolectó la información necesaria, entrevistando a los operadores de línea de mayor experiencia, para instaurar un método estandarizado de retiro de envolturas de bobinas. Éste se incluyó en el instructivo de trabajo, presentado en el apéndice W.

Se realizó el mismo análisis con las actividades de preparación interna del cambio de bobina.



**FIGURA 4.22. Clasificación de Actividades de Preparación
Interna de Cambio de Bobina**

Ajuste y Calibración del Equipo. Considerando la información obtenida, las causas por las cuales esta actividad toma gran cantidad del tiempo de preparación son los ajustes que el operador realiza en los pasos del rollformer.

Por lo tanto, se planteó el desarrollo de un sistema de calibración de pasos, que utiliza una plantilla de ajuste para cada una de las configuraciones de la matricería de la máquina, en ésta consta la siguiente información: producto a conformar, ancho de bobina, tipo de recubrimiento, espesor y grado del material, fecha y nombre del responsable del ajuste; por último,

presenta la configuración individual de los pasos, observaciones y el perfil de conformación.

La figura 4.23 presenta la plantilla desarrollada.

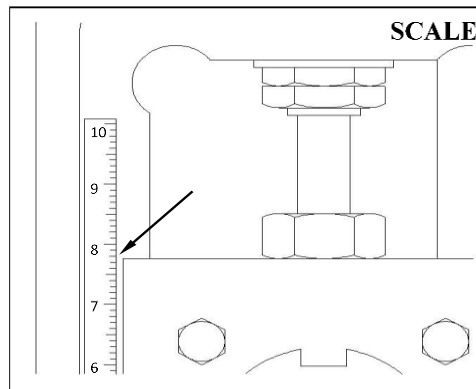
PLANTILLA DE CALIBRACIÓN DE PASOS			
PRODUCTO	_____	FECHA	_____
ANCHO DE BOBINA	_____		
MATERIAL	_____	RESPONSABLE	_____
ESPESOR	_____		
GRADO	_____		
# PASO	INTERIOR	EXTERIOR	OBSERVACIONES
1	7,779	7,779	
2	7,779	7,779	
3	7,779	7,779	
4	7,779	7,779	
5	7,779	7,779	
6	7,779	7,779	
7	7,779	7,779	
8	7,779	7,779	
9	7,779	7,779	
10	7,779	7,779	
11	7,779	7,779	
12	7,779	7,779	
13	7,779	7,779	
14	7,779	7,779	
15	7,779	7,779	
16	7,779	7,779	
17	7,779	7,779	
18	7,779	7,779	

FIGURA 4.23. Plantilla de Calibración de Pasos

La configuración de pasos observada en la plantilla se logra mediante la instalación de un sistema de calibración de pasos regla-micrómetro [7].

Como su nombre lo indica, este sistema consta de una regla y un micrómetro, los cuales se colocan en cada uno de los pasos de la matricería. Como se mencionó anteriormente, la calibración de los pasos está dada por la información mostrada en la plantilla de configuración.

Por ejemplo, para el primer paso, si se observa en la plantilla, el valor es de 7,779. Dicho valor está relacionado a la escala del sistema de calibración a colocar en el paso. El número 7 indica que el eje superior de la matricería debe ser posicionado en la marca 7 de la regla. El 0,7 significa que el eje debe ser ajustado a la séptima línea por encima de la marca 7. Tal como se observa en la figura 4.24.



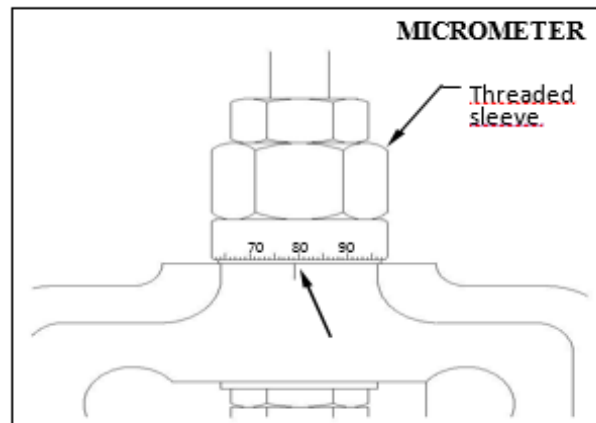
FUENTE: Single or Dual Level Roll Former Operation and Maintenance Manual, Metal Construction Association, 2009

FIGURA 4.24. Sistema de Calibración de Pasos (Escala)

Vale mencionar, que el ajuste del eje se realiza girando la rosca principal del paso, con ayuda de una llave hexagonal. Así también, es importante tener en cuenta que una vuelta completa de 360° grados en la rosca mueve el eje una línea en la escala.

La porción 79 del valor de configuración del paso hace referencia al micrómetro. Éste afina la calibración del paso. De igual forma, se mueve la rosca principal hasta obtener el valor deseado en el micrómetro.

La figura 4.25 ilustra lo antes mencionado.



FUENTE: Single or Dual Level Roll Former Operation and Maintenance Manual, Metal Construction Association, 2009

**FIGURA 4.25. Sistema de Calibración de Pasos
(Micrómetro)**

Retirar Núcleo. Se puede decir, según los análisis desarrollados, que esta actividad está compuesta por diferentes elementos que no necesariamente requieren la intervención en la máquina, actividades como: enganchar el núcleo al puente grúa, llevarlo hasta el área de almacenamiento, desengancharlo y colocarlo en una posición adecuada, pueden ser desarrolladas por otra persona que no sea el operador, dejando a éste libre para que realice otras operaciones, así también, la ejecución de dichas actividades pueden ser rezagadas hasta el final de la preparación, una vez que la máquina esté operativa.

En resumen, la mejora planteada consiste en la reducción de los elementos que conforman esta operación, dejando solo el desajuste del núcleo del desbobinador, como actividad de preparación interna, las demás actividades, serán ejecutadas como elementos de preparación externa, una vez que el equipo esté trabajando, y serán realizadas por un ayudante, dejando libre al operador para que maneje el equipo; tal como se mencionó en la etapa segunda etapa del sistema SMED.

Ajustar el Apilamiento Inicial. Básicamente este elemento de ajuste viene dado por la falta de precisión de su actividad

predecesora que es la de armar la base para el apilamiento de los paneles; tomando esto en cuenta se planteó el desarrollo de un sistema para afinar esta operación, evitando de esta forma los ajustes iniciales del apilamiento.

Para esto se planteó la creación de un sistema de posicionamiento, marcando las zonas donde se han de colocar los rieles y las bases para el apilamiento, considerando las longitudes de los paneles de mayor demanda (3, 6 y 8 metros).

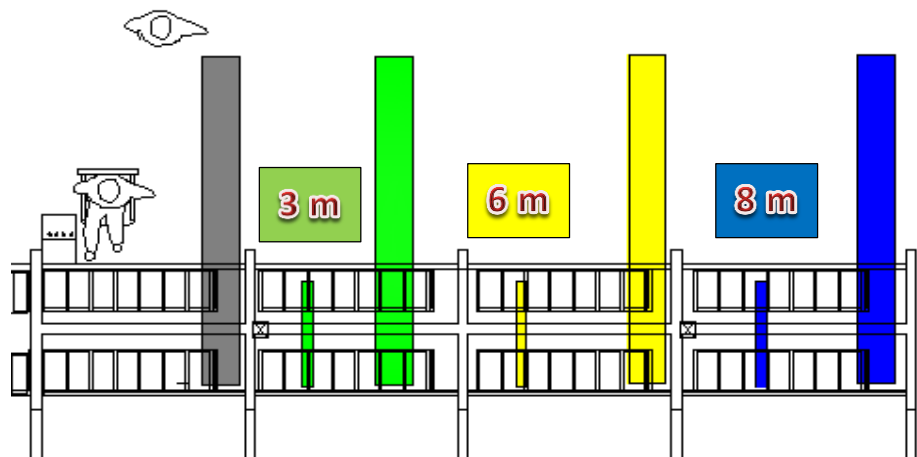


FIGURA 4.26. Sistema de Posicionamiento del Área de Apilamiento

Otra de las mejoras planteadas consiste en la colocación de unas guías en las aletas del apilador. Estas impedirán el deslizamiento no deseado del panel, además de permitir que el

operador tenga un mayor control sobre el mismo, evitando de esta forma que éste caiga fuera de la base elaborada.

La figura 4.27 muestra el sistema de guías desarrollado para el apilamiento del producto terminado.

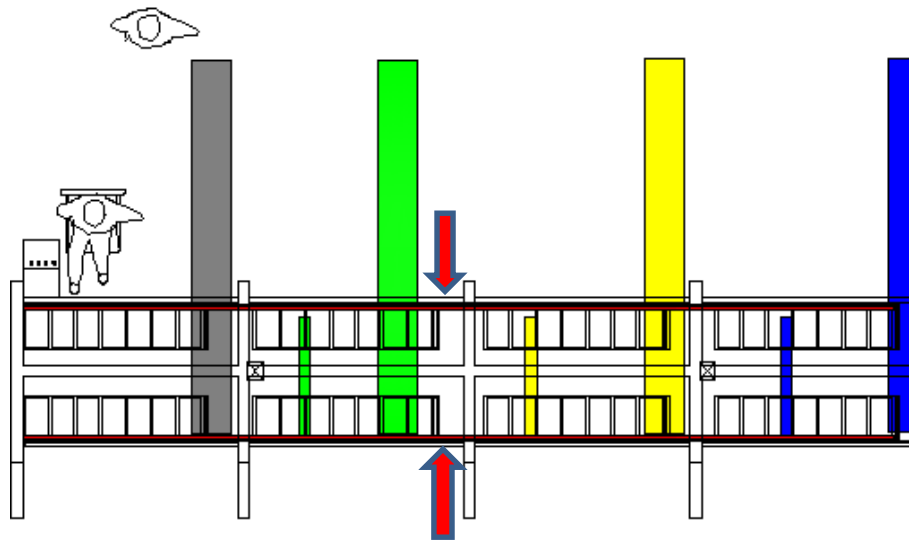


FIGURA 4.27. Sistema de Guías de Apilador PAN01

Se espera que con estas acciones se eliminen los ajustes iniciales del apilamiento.

Medición de Control de Calidad. Esta operación puede ser desarrollada en paralelo, por un ayudante, mientras el operador realiza otra actividad de preparación; así también, ya que la medición de control de calidad se realiza sobre la banda transportadora, limitando la posibilidad de realizar otras actividades de preparación en la máquina, se propone la

construcción de una mesa de medición, cerca del área de trabajo, de 3 metros de largo por 1,22 metros de ancho con relieves extremos en forma de L que servirán para controlar la ortogonabilidad y curvatura lateral del panel conformado. Por último, vale indicar que dicha herramienta de medición puede ser utilizada por las demás máquinas de conformado.

La figura 4.28 presenta la ubicación de la mesa de medición en el área de trabajo.



FIGURA 4.28. Mesa de Medición de Control de Calidad

Enhebrar el Material en la Cizalla. Como es bien sabido el método de ejecución de esta actividad es a prueba y error, por lo que se plantea el desarrollo de un sistema de calibración mediante una regla; la misma que se situará diagonal a las guías de entrada; de esta forma el operador podrá hacer uso de

la misma al momento de realizar algún debido a un cambio en el ancho de la lámina a conformar. Esto permite eliminar la incertidumbre y por lo tanto la cantidad de ajustes que se realizan en esta operación.

Vale mencionar, que se planea desarrollar este sistema tanto para las guías de entrada de la cizalla como para las del rollformer.

El sistema de escala para la calibración de las guías de alimentación se presenta en la figura 4.29.

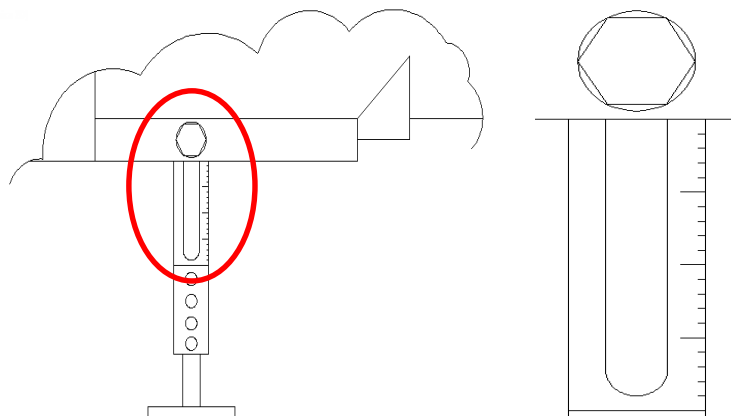


FIGURA 4.29. Sistema de Calibración de Guías de Alimentación

Así también, se plantean las mejoras de las actividades que conforman el proceso de empaque de producto terminado.

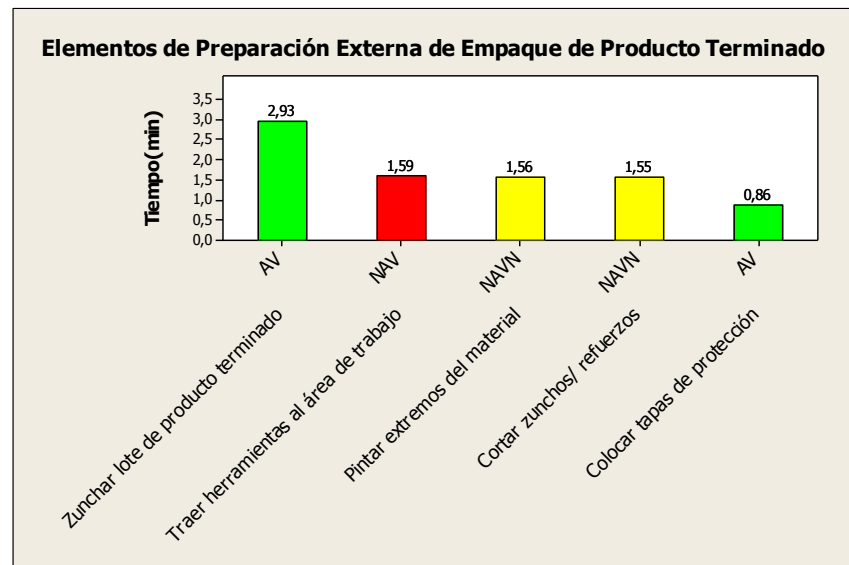


FIGURA 4.30. Clasificación de Actividades de Preparación Externa de Proceso de Empaque de Producto Terminado

Traer Herramientas al Área de Trabajo. Considerando el tiempo que pierde el operador al buscar, tomar y mover al sitio de trabajo las herramientas y materiales utilizados, se planteó la creación de una lista de comprobación, buscando que las herramientas a utilizar se encuentren disponibles al momento de realizar el empaquetamiento del producto final.

Para esto se identificaron las herramientas utilizadas en la operación de preparación, estas son:

- Refuerzos.
- Rollo de zunchos.
- Zunchadora.

- Pintura.
- Diluyente.

Vale indicar, que dicha lista se incluyó en el instructivo de trabajo presentado en el apéndice X.

Así también, se estableció la inclusión de herramientas como la zunchadora en el tablero de comprobación desarrollado para la operación de cambio de bobina.

El nuevo tablero de comprobación se presenta en la figura 4.31.

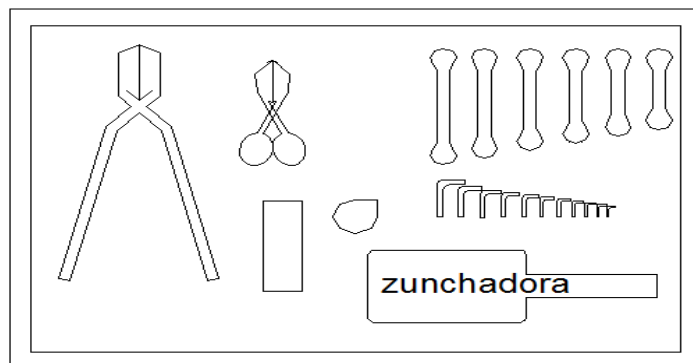


FIGURA 4.31. Tablero de Comprobación

Pintar Extremos del Material. Para este elemento se estableció la inclusión, en la lista de comprobación mencionada anteriormente, de los materiales usados en esta actividad, como son: la pintura y su disolvente; buscando de

igual forma, que estos estén siempre disponibles al momento de desarrollar esta actividad.

Por otra parte para la contaminación visual que generan estos materiales en el área, se planteó la creación de unas bandejas en donde serán almacenados, evitando que estos manchen el área de trabajo.

Cortar Zunchos / Refuerzos. Teniendo en cuenta el considerable tiempo que le toma al operador realizar este elemento, se planteó la compra de un nuevo tipo de máquina para zunchar, el cual no necesita del corte del zuncho, ya que es el propio equipo el que lo realiza. Además al tener un mayor control sobre el zunchado no se requieren los refuerzos como elementos de protección de los paneles. Esto eliminaría la carga que ejerce esta actividad sobre el tiempo total del proceso de empaque del producto terminado.

Zunchar Lote de Producto Terminado. Tomando en cuenta las diferentes actividades que tiene que realizar el operador para desarrollar esta operación, se planteó la mejora del método de zunchado, por lo que la máquina zunchadora, mencionada anteriormente, pasa a ser una gran propuesta, ya que permite ser más eficiente, debido a que no tiene la

necesidad de utilizar grapas, ni se tiene que posicionar el zuncho para hacer un zunchado adecuado.

La ficha técnica de la máquina zunchadora se presenta a en el apéndice Y.

De igual forma, se plantea la mejora de las actividades de preparación de retiro del producto terminado de la línea.

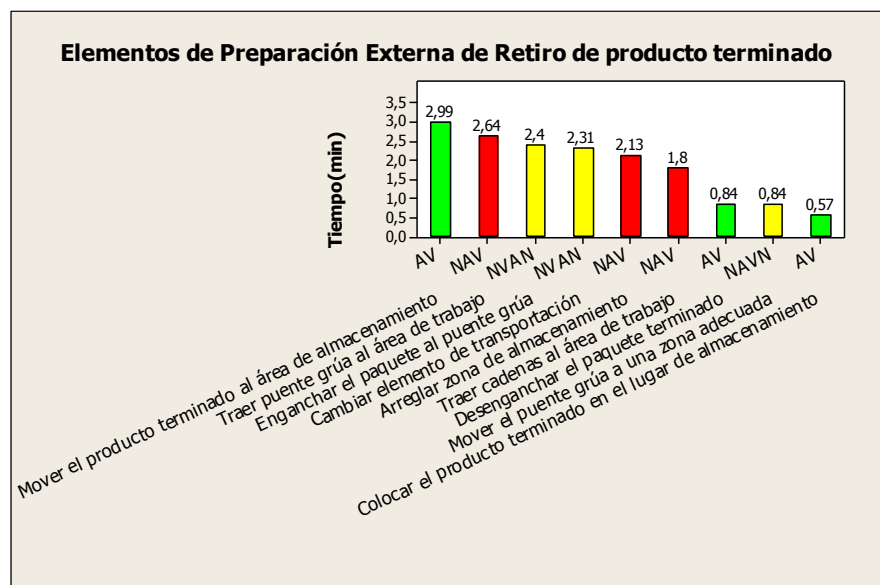


FIGURA 4.32. Clasificación de Actividades de Preparación Externa de Retiro de Producto Terminado de la Línea

Traer el Puente Grúa al Área de Trabajo. Tomando en cuenta que la generación de los retrasos en esta actividad se debe a la falta de un lugar adecuado donde colocar el puente grúa después de ser utilizado, se planteó el establecimiento de un

lugar específico para su almacenamiento; además, dicha medida quedó establecida como política de trabajo para el personal de las áreas de producción y despachos, quienes normalmente hacen uso del puente.

La ubicación del área de almacenamiento se presenta en la figura 4.33.

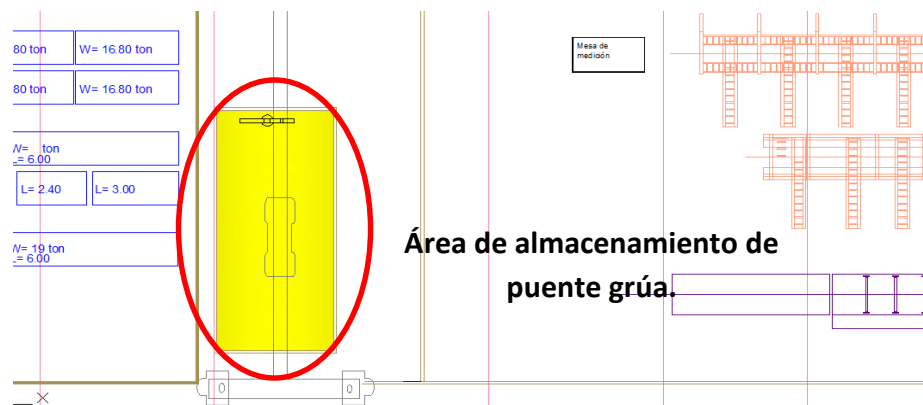


FIGURA 4.33. Ubicación de Área de Almacenamiento de Puente Grúa

Arreglar Zona de Almacenamiento. Como se observó en el análisis realizado, el operador pierde mucho tiempo al buscar, tomar y llevar los listones de madera, utilizados como soportes en esta operación; por lo tanto se estableció la creación de una zona de almacenaje donde se colocarán dichas herramientas; buscando que éstas estén siempre disponibles al momento de realizar la preparación. De igual forma esta medida pasó a ser

una política de trabajo tanto para el personal de producción como para el de despachos.

La figura 4.34 presenta la ubicación de las zonas de almacenamiento de los listones de madera.

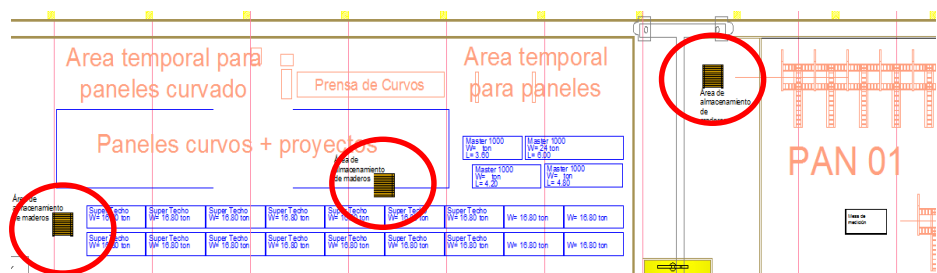


FIGURA 4.34. Ubicación de Zonas de Almacenamiento de Soportes de Madera

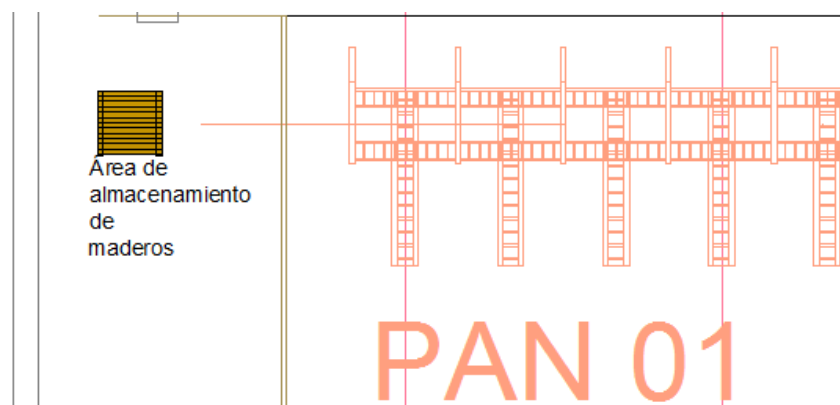


FIGURA 4.35. Zona de Almacenamiento de Soportes de Madera

Traer Cadenas al Área de Trabajo. De igual forma, se estableció una zona de almacenamiento, así como un soporte para estas herramientas, buscando la mejora de la

disponibilidad de las mismas al momento de realizar las actividades de preparación.

La figura 4.36 indica la ubicación del área designada para el almacenamiento de las cadenas utilizadas como soportes de transportación.

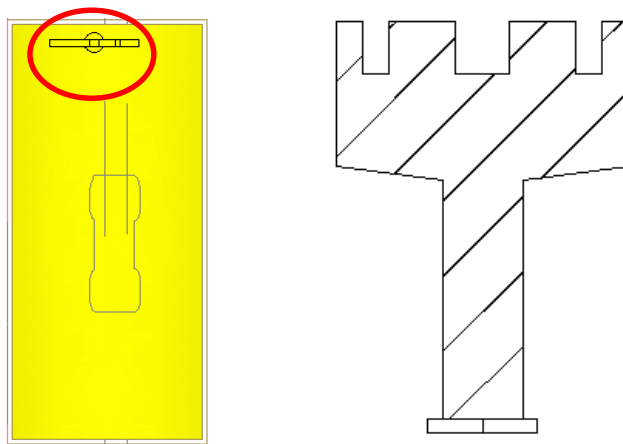


FIGURA 4.36. Ubicación y Modelo de Soporte de Almacenamiento de Cadenas

Ya que dicha área se encuentra en la misma zona designada para el almacenamiento del puente grúa, se espera que esta actividad pueda ser eliminada del proceso, al hacer que el operador al momento de tomar el puente grúa, también realice la extracción de las cadenas de transportación, reduciendo de esta forma las distancias recorridas y por ende el tiempo total de proceso.

Cambiar Elemento de Transportación. A pesar de que esta actividad no puede ser eliminada, debido a que se da por la naturaleza del trabajo y las diferentes longitudes de paneles que la planta fabrica, el tiempo dedicado a la misma puede reducirse, estableciendo zonas de fácil acceso y cercanas, tanto para el personal de despachos como para el de producción. Esto reduce las distancias que el operador tiene que recorrer para hacer el cambio de los elementos de transportación.

La figura 4.37, muestra la zona destinada al almacenamiento de los elementos de transportación.

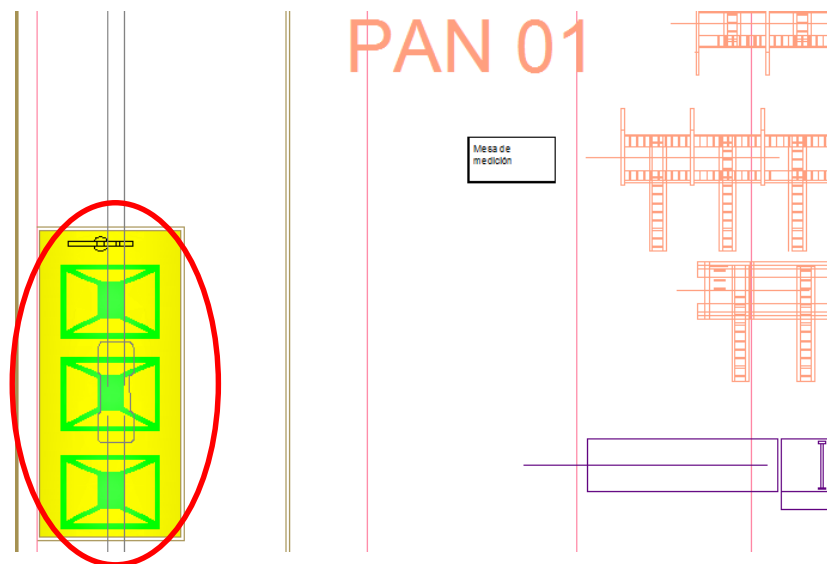


FIGURA 4.37. Zona de Almacenamiento de Elementos de Transportación

Así mismo, se presenta la mejora planteada para las actividades de preparación interna de la operación de retiro de producto terminado de la línea.

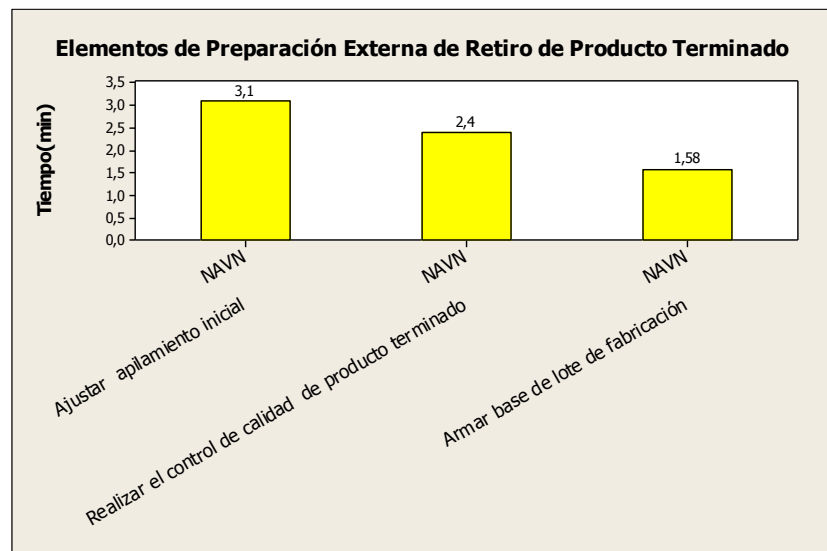


FIGURA 4.38. Clasificación de Actividades de Preparación Interna de Retiro de Producto Terminado de la Línea

Ajustar el Apilamiento Inicial. Como ya se mencionó anteriormente, este elemento de ajuste es consecuencia de la falta de precisión de su actividad predecesora, que en este caso es la de armar la base de lote de fabricación. Por lo tanto, la mejora planteada se enfoca en esta última operación, buscando la eliminación de los ajustes iniciales del apilamiento.

Armar la Base de Lote de Fabricación. La mejora desarrollada para este elemento ya se discutió con anterioridad.

Ésta consiste en la implementación de un sistema de posicionamiento, mediante marcas que indican la ubicación correcta de los rieles y las bases del lote, según la longitud del panel a fabricar; así también, se planteó la utilización de guías en las aletas del apilador para eliminar el deslizamiento no deseado del panel y tener un mayor control sobre éste al momento de realizar el apilamiento.

Medición de Control de Calidad. De igual forma, la mejora para esta actividad ya se planteó anteriormente. Ésta consiste en la construcción de una mesa de medición cerca del área de trabajo; además de permitir que un ayudante realice esta operación, dejando a la máquina y el operador libres para desarrollar otra actividad de preparación.

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. Estimación de los Efectos Generados por las Mejoras

Desarrolladas Mediante el Sistema SMED.

El efecto en cuanto a la reducción del tiempo dedicado a las operaciones de preparación en estudio, se presenta a continuación.

Se hace distinción del impacto generado en cada una de las etapas de implementación del sistema SMED.

Primera Etapa: Separación de la Preparación Interna y Externa.

TABLA 20

**Reducción de Tiempo de Operación de Cambio de Bobina,
Primera Etapa del Sistema SMED.**

N°	ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Enganchar elemento al puente grúa		EXTERNA	1,49
2	Mover puente grúa al área de trabajo		EXTERNA	1,25
3	Retirar Núcleo	4,75	INTERNA	
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas		EXTERNA	1,46
5	Enganchar bobina al puente grúa		EXTERNA	0,76
6	Mover bobina al área de apertura		EXTERNA	1,54
7	Desenganchar bobina		EXTERNA	0,65
8	Traer herramientas		EXTERNA	2,29
9	Quitar Zunchos		EXTERNA	1,17
10	Quitar envoltura		EXTERNA	3,99
11	Retirar desechos de envoltura		EXTERNA	3,71
12	Mover bobina al COIL CAR		EXTERNA	2,32
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador		1,84	INTERNA
14	Retirar el puente grúa del área		EXTERNA	0,83
15	Desenrollar la bobina	1,01	INTERNA	
16	Enhebrar el material en la cizalla	1,14	INTERNA	
17	Ajuste y calibración del equipo	5,39	INTERNA	
18	Medición de control de calidad	2,86	INTERNA	
19	Ajustar apilamiento inicial	3,1	INTERNA	
RESUMEN				
TIEMPO DE PREPARACIÓN		20,09	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	21,46
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.			52%	

Como se puede observar en la tabla 20, el desligar las actividades de preparación externa del proceso neto de cambio de bobina, permitió

reducir el tiempo de la operación de 41,55 a 20,09 minutos. Esto representa una reducción 52% del tiempo total de preparación.

TABLA 21

Reducción de Tiempo de Operación de Empaque de Producto Terminado, Primera Etapa del Sistema SMED.

ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
Traer herramientas al área de trabajo		EXTERNA	1,59
Cortar zunchos/ refuerzos		EXTERNA	1,55
Pintar extremos del material		EXTERNA	1,56
Colocar tapas de protección		EXTERNA	0,86
Zunchar lote de producto terminado		EXTERNA	2,93
RESUMEN			
TIEMPO DE PREPARACIÓN	0,00	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	8,49
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.	100%		

Como se puede observar en la tabla 21, todas la actividades que conforman el proceso de empaque del producto terminado, pueden ser establecidas como elementos de preparación externa, lo que genera una reducción del 100% de tiempo de para del equipo, debido al desarrollo de esta operación de preparación.

TABLA 22

Reducción de Tiempo de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea, Primera Etapa del Sistema SMED.

N°	ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Traer cadenas al área de trabajo		EXTERNA	1,8
2	Cambiar elemento de transportación		EXTERNA	2,31
3	Traer puente grúa al área de trabajo		EXTERNA	2,64
4	Enganchar el paquete al puente grúa	2,4	INTERNA	
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento		EXTERNA	2,99
6	Arreglar zona de almacenamiento		EXTERNA	2,13
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento		EXTERNA	0,57
8	Desenganchar el paquete terminado		EXTERNA	0,84
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada		EXTERNA	0,84
10	Armar base de lote de fabricación	1,58	INTERNA	
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	2,4	INTERNA	
12	Ajustar apilamiento inicial	3,1	INTERNA	
	RESUMEN			
	TIEMPO DE PREPARACIÓN	9,48	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	14,12
	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.		60%	

Tal como se observa en la tabla 22, al desligar las actividades de preparación externa del proceso de retiro de producto terminado de la línea, se puede reducir el tiempo de operación de 23,60 a 9,48 minutos, lo que representa una reducción del 60% del tiempo total de la operación de preparación.

Segunda Etapa: Convertir la Preparación Interna y Externa

A continuación, se cuantifica la reducción de tiempo de las operaciones de preparación en estudio, mediante las mejoras desarrolladas en esta etapa.

Operación de Cambio de Bobina.

En esta operación de preparación la actividad a mejorar correspondió al retiro del núcleo de acero de la bobina. Como se estableció anteriormente, a pesar de que esta actividad no puede ser convertida en un elemento de preparación externa, los elementos que la conforman sí; debido a esto se realizaron ensayos, con ayuda de los operadores, para estimar el tiempo que se dedica a cada uno de los elementos que la conforman, obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 23.

TABLA 23

Estimación de Tiempo de Retiro de Núcleo de Acero

ESTUDIO DE TIEMPO DE RETIRO DE NÚCLEO		
Elementos	Tiempo (min)	Categoría SMED
Enganchar Núcleo	1,32	Interna
Mover a Zona de Almacenamiento	2,27	Externa
Desenganchar el Núcleo	0,98	Externa
TIEMPO TOTAL	4,57	

Como se puede observar en la tabla 23, la única actividad en que la que necesariamente se debe detener el equipo, al momento de realizar el retiro del núcleo, corresponde a enganchar el núcleo, por lo que el resto de elementos deben ser ejecutados como elementos de preparación externa, al final del proceso de preparación, cuando la máquina se encuentre operativa; de ser este el caso, el retirar el núcleo sólo tomará 1,32 minutos, que es el tiempo de ejecución del elemento de preparación interna identificado.

Como se puede observar en la tabla 24, la mejora planteada en esta segunda etapa del sistema SMED, permite reducir el tiempo del proceso de cambio de bobina de 41,55 a 16,66 minutos. Esto genera una reducción del 60% del tiempo total de preparación.

Retiro de Producto Terminado de la Línea.

Para esta operación de preparación, se planteó la conversión de la actividad, enganchar el paquete al puente grúa, a un elemento de preparación externa.

Los efectos generados con esta mejora, respecto al tiempo dedicado a la operación de retiro de producto terminado de la línea, se presentan en la tabla 25.

TABLA 24

**Reducción de Tiempo de Operación de Cambio de bobina,
Segunda Etapa del Sistema SMED.**

N°	ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Enganchar elemento al puente grúa		EXTERNA	1,49
2	Mover puente grúa al área de trabajo		EXTERNA	1,25
3	Retirar Núcleo	1,32	INTERNA	
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas		EXTERNA	1,46
5	Enganchar bobina al puente grúa		EXTERNA	0,76
6	Mover bobina al área de apertura		EXTERNA	1,54
7	Desenganchar bobina		EXTERNA	0,65
8	Traer herramientas		EXTERNA	2,29
9	Quitar Zunchos		EXTERNA	1,17
10	Quitar envoltura		EXTERNA	3,99
11	Retirar desechos de envoltura		EXTERNA	3,71
12	Mover bobina al COIL CAR		EXTERNA	2,32
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador		1,84	INTERNA
14	Retirar el puente grúa del área		EXTERNA	0,83
15	Desenrollar la bobina	1,01	INTERNA	
16	Enhebrar el material en la cizalla	1,14	INTERNA	
17	Ajuste y calibración del equipo	5,39	INTERNA	
18	Medición de control de calidad	2,86	INTERNA	
19	Ajustar apilamiento inicial	3,1	INTERNA	
	Act. Ext. Retirar Núcleo		EXTERNA	3,43
RESUMEN				
	TIEMPO DE PREPARACIÓN	16,66	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	24,89
	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.	60%		

TABLA 25

Reducción de Tiempo de Operación de Retiro de Producto Terminado de la Línea, Segunda Etapa del Sistema SMED.

N°	ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Traer cadenas al área de trabajo		EXTERNA	1,8
2	Cambiar elemento de transportación		EXTERNA	2,31
3	Traer puente grúa al área de trabajo		EXTERNA	2,64
4	Enganchar el paquete al puente grúa		EXTERNA	2,4
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento		EXTERNA	2,99
6	Arreglar zona de almacenamiento		EXTERNA	2,13
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento		EXTERNA	0,57
8	Desenganchar el paquete terminado		EXTERNA	0,84
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada		EXTERNA	0,84
10	Armar base de lote de fabricación	1,58	INTERNA	
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	2,4	INTERNA	
12	Ajustar apilamiento inicial	3,1	INTERNA	
RESUMEN				
TIEMPO DE PREPARACIÓN		7,08	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	16,52
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.			70%	

Como se puede observar en la tabla 25, la mejora planteada en esta segunda etapa del sistema SMED, permite reducir el tiempo del proceso de retiro de producto terminado de 23,60 a 7,08 minutos. Esto genera una reducción del 70% del tiempo total de preparación.

Tercera Etapa: Perfeccionar Todos los Aspectos de las Operaciones de Preparación.

En esta etapa se estableció la mayor cantidad de cambios en las operaciones de preparación, concentrándose dichos cambios en las actividades de preparación interna, las cuales se realizan mientras el equipo está apagado; además de aquellas actividades externas que menguan la eficiencia de los procesos de preparación.

De igual forma, como se ha venido desarrollando, se presentan los efectos generados, mediante las mejoras planteadas en esta última etapa del sistema SMED, para cada una de las operaciones de preparación en estudio.

Para la actividad de cambio de bobina se establecieron los efectos generados por las mejoras planteadas en las actividades de preparación interna.

Ajuste y calibración del equipo. Se espera que con la inserción del sistema de calibración de pasos, se eliminen los ajustes realizados en la matricería del equipo durante la preparación.

Mediante ensayos realizados con los operarios de la línea, se logró estimar el tiempo de preparación del equipo, al implementar la mejora.

TABLA 26

Estimación de Tiempo de Preparación del Equipo

Elementos de actividad	Tiempo (min)
Encerar cizalla	0,36
Registro de parámetros de fabricación	1,05
Registro de datos de impresión	0,55
Fabricación de Panel Prueba.	0,28
Tiempo Total	2,24

Como se puede observar en la tabla 26 al eliminar los ajustes de la matricería el tiempo dedicado a esta actividad se reduce de 5,39 a 2,24 minutos.

Además, vale indicar que debido a la simplicidad de los elementos que ahora componen esta actividad; estos pueden ser desarrollados por operadores con menor experiencia, eliminando de esta forma la dependencia que tiene la línea de producción al requerir al personal más experimentado para desarrollar la preparación del equipo.

Ajustar Apilamiento Inicial. Considerando las mejoras planteadas, como la construcción de las guías del apilador y el desarrollo de un sistema de posicionamiento para el armado de las bases del lote de fabricación; se espera la eliminación del tiempo dedicado a esta actividad de preparación.

Medición de control de calidad. A pesar de que no se buscó la reducción del tiempo dedicado a esta actividad, se establecieron mejoras, para realizar una mejor medición de los parámetros establecidos. Además, se espera que esta actividad sea desarrollada en paralelo por parte del ayudante de operador. El efecto generado se presenta a continuación.

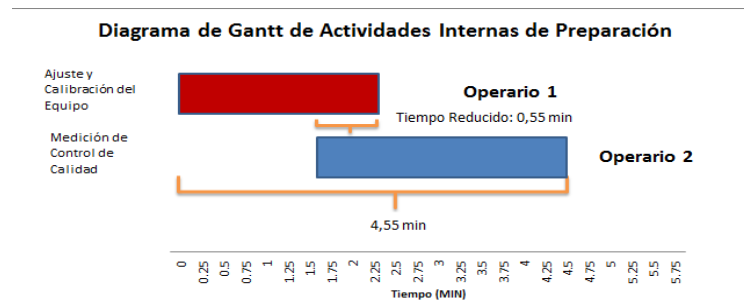


FIGURA 5.1. Diagrama de Gantt de Actividades Internas

Enhebrar el Material en la Cizalla. No se espera un cambio significativo sobre la reducción del tiempo dedicado a esta actividad, aunque, el hecho de establecer un sistema de calibración, reducirá los defectos de conformado y la necesidad de ajustes en la matricería que puedan darse por una imprecisa adecuación de las guías de alimentación, asegurando de esta forma el cumplimiento de los requisitos de producto y la producción eficiente de los paneles.

Actividades de preparación externa del cambio de bobina.

Las mejoras planteadas, buscando la reducción de tiempo, no dejan de lado las actividades de preparación externa identificadas, a pesar de que éstas no generan una real carga al tiempo de para del equipo al momento de desarrollar el proceso de cambio de bobina, son importantes para reducir: el desorden que pueda generarse durante el desarrollo de las operaciones, las pérdidas de tiempo, los riesgos y la fatiga que pueda llegar a afectar a los operarios.

Las estimaciones, referentes a la reducción del tiempo dedicado a estas actividades de preparación se presentan a continuación.

Quitar envoltura. Tomando en cuenta los ensayos realizados, se estima, que el tiempo de ejecución de esta actividad puede ser reducido a 1,83 minutos. Vale resaltar que el método de trabajo planteado tiene por objetivos el desarrollo eficiente de la operación y la reducción de los riesgos asociados a ésta.

Retirar desechos de envoltura. Tomando en cuenta el establecimiento de una zona de apertura de bobinas que cuente con los contenedores de desechos necesarios; se espera la eliminación de esta actividad del proceso de cambio.

Traer herramientas. Considerando la implementación de la lista de comprobación y del tablero de herramientas, se espera la eliminación de este ineficiente elemento de proceso de cambio.

Enganchar Elemento al Puente Grúa. Considerando las medidas tomadas, se espera la reducción de las ocurrencias de esta actividad durante el proceso de cambio; aunque, no así, su eliminación definitiva, debido a las condiciones del área y la naturaleza de las diferentes operaciones desarrolladas en ella.

Mover Puente Grúa a las Áreas de Trabajo y Almacenamiento de Bobinas. Como se planteó, la creación de una zona específica donde almacenar el puente grúa; permitirá eliminar estos elementos de proceso que menguan el desarrollo eficiente del cambio de bobina.

Como se puede observar en la tabla 27, las mejoras planteadas en esta tercera etapa del sistema SMED, permiten reducir el tiempo de proceso del cambio de bobina de 41,55 a 9,86 minutos. Esto genera una reducción del 76% del tiempo total de preparación.

TABLA 27

**Reducción de Tiempo de Operación de Cambio de bobina,
Tercera Etapa del Sistema SMED.**

N°	ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Enganchar elemento al puente grúa		EXTERNA	1,49
2	Mover puente grúa al área de trabajo		EXTERNA	0
3	Retirar Núcleo	1,32	INTERNA	
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas		EXTERNA	0
5	Enganchar bobina al puente grúa		EXTERNA	0,76
6	Mover bobina al área de apertura		EXTERNA	1,54
7	Desenganchar bobina		EXTERNA	0,65
8	Traer herramientas		EXTERNA	0
9	Quitar Zunchos		EXTERNA	1,17
10	Quitar envoltura		EXTERNA	1,83
11	Retirar desechos de envoltura		EXTERNA	0
12	Mover bobina al COIL CAR		EXTERNA	2,32
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador	1,84	INTERNA	
14	Retirar el puente grúa del área		EXTERNA	0,83
15	Desenrollar la bobina	1,01	INTERNA	
16	Enhebrar el material en la cizalla	1,14	INTERNA	
17	Ajuste y calibración del equipo	2,24	INTERNA	
18	Medición de control de calidad	2,31	INTERNA	
19	Ajustar apilamiento inicial	0	INTERNA	
	Act. Ext. Retirar Núcleo		EXTERNA	3,43
RESUMEN				
TIEMPO DE PREPARACIÓN		9,86	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	14,02
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.			76%	

Operación de Empaque de Producto Terminado

Continuando con el desarrollo de esta etapa del sistema SMED, es imprescindible mostrar los resultados observados mediante el afinamiento de las actividades de preparación externa del proceso de empaque de producto terminado.

Traer Herramientas al Área de Trabajo. Tomando en cuenta, las mejoras planteadas, como la creación de la lista y el tablero de comprobación, se espera la eliminación de esta actividad del proceso de empaque de producto terminado.

Pintar Extremos del Material. Aunque no se espera un cambio en el tiempo de ejecución de esta actividad, las acciones planteadas permitirán mejorar las condiciones del área de trabajo.

Cortar Zunchos / Refuerzos. Al utilizar el nuevo equipo de zunchado se espera la eliminación de esta actividad del proceso de empaque de producto terminado.

Zunchar Lote de Producto Terminado. Mediante los ensayos realizados se logró estimar la reducción de tiempo que se genera al utilizar el nuevo equipo de zunchado. Además, ya que este dispositivo permite un mayor control, reduce el riesgo de afectar el material al momento de realizar el empaquetamiento.

Es así, que se puede decir que el tiempo de zunchado, utilizando el nuevo equipo, se reduce a 1,57 minutos.

En la tabla 28, se presenta la reducción de tiempo del proceso de empaque de producto terminado, mediante las mejoras planteadas.

TABLA 28

Reducción de Tiempo de Operación de Empaque de Producto Terminado, Tercera Etapa del Sistema SMED.

ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
Traer herramientas al área de trabajo		EXTERNA	0,00
Cortar zunchos/ refuerzos		EXTERNA	0,00
Pintar extremos del material		EXTERNA	1,56
Colocar tapas de protección		EXTERNA	0,86
Zunchar lote de producto terminado		EXTERNA	1,57
RESUMEN			
TIEMPO DE PREPARACIÓN	0,00	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	3,99
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO DE PREPARACIÓN		100%	
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO DE PROCESO		53%	

Como se puede observar en la tabla 28, las mejoras planteadas en esta tercera etapa del sistema SMED, permiten reducir el tiempo de proceso de empaque de producto terminado de 8,49 a 3,99 minutos. Esto genera una reducción del 53% del tiempo de proceso.

Operación de Retiro de Producto Terminado

De igual forma, se describe el efecto generado, referente a la reducción de tiempo de la operación de retiro de producto terminado de la línea, mediante el perfeccionamiento de los elementos de preparación, en esta tercera etapa del sistema SMED.

Traer el Puente Grúa al Área de Trabajo. Considerando la creación de la zona de almacenamiento del puente grúa, se estimó, mediante ensayos, que el tiempo dedicado a esta actividad se puede reducir a 1,78 minutos.

Arreglar Zona de Almacenamiento. Tomando en cuenta la creación de las zonas de buffer de los soportes utilizados para el almacenaje de los paneles, se estimó que el tiempo dedicado a esta actividad puede ser reducido a 0,90 minutos.

Traer Cadenas al Área de Trabajo. Se espera la eliminación de esta actividad de proceso, al hacer que el operador realice la extracción de las cadenas al momento de llevar el puente grúa al área de trabajo. Aunque es claro el aumento en el tiempo de ejecución de la segunda actividad, esto se compensa con la reducción de tiempo obtenida.

Es así, que mediante ensayos, se estimó el aumento del tiempo de ejecución de la actividad de llevar el puente grúa al área de trabajo, al implementar la mejora mencionada. Éste es de 0,83 minutos.

Cambiar Elemento de Transportación. A pesar de que esta actividad no puede ser eliminada, se espera una considerable reducción del tiempo de ejecución, al eliminar los largos recorridos realizados por el operador, al buscar y tomar el elemento de transportación.

Mediante ensayos realizados se estimó que el tiempo dedicado a esta actividad puede ser reducido a 1 minuto.

Ajustar Apilamiento Inicial. Como ya se mencionó anteriormente, tomando en cuenta las mejoras planteadas, se espera la eliminación del tiempo dedicado a esta actividad de preparación.

Armar la Base de Lote de Fabricación. A pesar de que las mejoras desarrolladas para esta actividad difícilmente reducirán su tiempo de ejecución, el afinamiento de las diferentes operaciones que se realizan en ésta, permitirán la eliminación de los ajustes posteriores realizados en el equipo, como es el caso del ajuste de apilamiento inicial.

Medición de Control de Calidad. Ya que esta actividad será realizada en paralelo a la actividad de armar el lote de fabricación, gracias a la inclusión de un ayudante de operador, se espera la reducción casi total

de la carga que esta actividad ejerce sobre el tiempo de proceso de retiro de producto terminado de la línea. Tal como se muestra en el siguiente diagrama de Gantt.

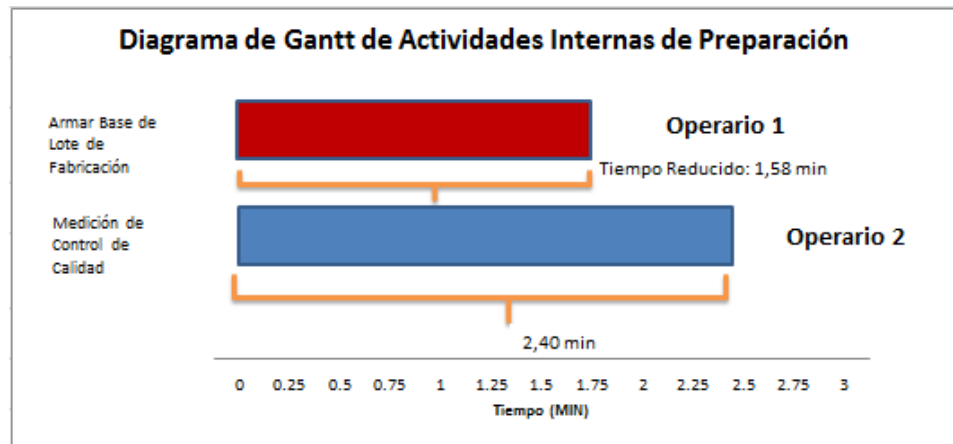


FIGURA 5.2. Diagrama de Gantt de Actividades de Preparación Interna

Como se puede observar en la tabla 29, las mejoras planteadas en esta tercera etapa del sistema SMED, permiten reducir el tiempo de proceso del retiro de producto terminado de la línea de 23,60 a 4,80 minutos. Esto genera una reducción del 80% del tiempo total de preparación.

TABLA 29

**Reducción de Tiempo de Operación de Retiro de Producto
Terminado de la Línea, Tercera Etapa del Sistema SMED.**

N°	ELEMENTOS	TIEMPO (MIN)	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Traer cadenas al área de trabajo		EXTERNA	0,00
2	Cambiar elemento de transportación		EXTERNA	1,00
3	Traer puente grúa al área de trabajo		EXTERNA	2,61
4	Enganchar el paquete al puente grúa	2,4	INTERNA	
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento		EXTERNA	2,99
6	Arreglar zona de almacenamiento		EXTERNA	0,9
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento		EXTERNA	0,57
8	Desenganchar el paquete terminado		EXTERNA	0,84
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada		EXTERNA	0,84
10	Armar base de lote de fabricación	1,58	INTERNA	
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	0,82	INTERNA	
12	Ajustar apilamiento inicial	0	INTERNA	
	RESUMEN			
	TIEMPO DE PREPARACIÓN	4,80	TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES EXTERNAS	9,75
	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE TIEMPO.	80%		

Efectos del sistema SMED

Incremento de la capacidad productiva

Con la reducción de los tiempos de preparación se espera un aumento de la capacidad productiva de la línea.

Esto puede ser corroborado con la tasa de producción observada en la tabla 30, una vez instauradas algunas de las mejoras planteadas en la primera y segunda etapa del sistema SMED.

TABLA 30

Incremento de la Tasa de Producción Efectiva Diaria de la Máquina PAN01

PANELADORA PAN01		
TASA DE PRODUCCIÓN (ANTES DE SMED)	TASA DE PRODUCCIÓN (SMED)	Incremento de la Tasa de Producción
Kg/día	Kg/día	%
26136,78	34883,46	33

Como se puede observar, existe un incremento del 33 % de la tasa de producción efectiva de la línea luego de la implementación de algunas de las mejoras planteadas mediante el sistema SMED.

Lo antes mencionado se complementa con el aumento observado en el porcentaje de las actividades productivas de la línea, tal como se muestra en la tabla 31.

Otros de los beneficios asociados al aumento de la capacidad productiva, tiene que ver con el incremento del tiempo productivo del equipo.

Es así, que considerando los tiempos de preparación identificados antes y después de la implementación del SMED, además del número de ocurrencias dado durante los tres turnos de trabajo; se obtiene el tiempo improductivo total, generado a lo largo de un día de trabajo. Las tablas 31 y 32 muestran lo antes mencionado.

TABLA 31

Incremento del Porcentaje de Actividades Productivas de la Máquina PAN01

PANELADORA PAN01	
% de actividades productivas (antes de SMED)	% de actividades productivas (SMED)
47%	60%

TABLA 32

Tiempo Empleado en Actividades de Preparación Antes de SMED

Operación de preparación	Tiempo (min)	# Ocurrencias X turno	Tiempo empleado (min)
Cambio de bobina	41,55	2	83,1
Empaque de PT	8,49	3	25,47
Retiro de PT	23,6	3	70,8
	Tiempo Total X turno (min)		179,37
	Tiempo Total (min)		538,11
	Tiempo Total (Hr)		8,97

TABLA 33

**Estimación de Tiempo Empleado en Actividades de Preparación
mediante SMED**

Operación de preparación	Tiempo (min)	# Ocurrencias X turno	Tiempo empleado (min)
Cambio de bobina	9,86	3	29,58
Empaque de PT	0	4	0
Retiro de PT	4,8	4	19,2
	Tiempo Total X turno (min)		48,78
	Tiempo Total (min)		146,34
	Tiempo Total (Hr)		2,44

Como se puede observar en las tablas 32 y 33, la implementación del sistema SMED, genera una reducción del 73% del tiempo empleado en las actividades de preparación en estudio. Esto crea un considerable incremento del tiempo productivo de la máquina PAN01 y por ende de los niveles de productividad de la planta.

Otros Efectos Asociados al Sistema SMED

Otro de los beneficios implícitos asociado al sistema SMED, consiste en que al incrementar las tasas de trabajo de los equipos, reduciendo los tiempos de preparación, es posible asegurar el cumplimiento de las fechas de entrega.

Además, ya que el sistema SMED simplifica y agiliza las operaciones de preparación y cambio de producto, es posible responder rápidamente a los cambios en la demanda.

Así también, la implementación del SMED, permite reducir la incidencia de defectos. Esto mejora la calidad de los productos.

Por lo tanto, se puede decir que cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, permiten mejorar el nivel de servicio de la empresa.

5.2. Estimación de los Beneficios Monetarios Obtenidos por la Implementación de las Mejoras Desarrolladas.

Por último, es necesario cuantificar los costos y beneficios asociados a la implementación del sistema SMED.

Para esto, mediante el asesoramiento del coordinador de mantenimiento, se establecieron estimaciones de los costos asociados a las mejoras planteadas, tal como se presenta en la tabla 34.

La cuantificación de los beneficios monetarios asociados a la implementación SMED, se relacionan con el aumento de la capacidad productiva del equipo.

Por lo tanto, se tiene que el número de horas de producción adicionales generadas para un día de trabajo es de 6,53 hr.

Además, tomando en cuenta que la capacidad productiva promedio de la máquina PAN01, para paneles de 0,30 milímetros de espesor, es de 778 metros de conformado/ hr; entonces, se puede decir que el producto adicional generado es de 5.080 metros de conformado.

TABLA 34

Costo de Implementación de Sistema SMED

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA SMED	
Ampliación de Rieles de Apilador.	\$ 1.120,00
Construcción de Contenedores para Área de Apertura de Bobina.	\$ 3.500,00
Implementación de Sistema de Calibración de Pasos de Matricería.	\$ 360,00
Implementación de Sistema de Calibración de Guías de Entrada (Cizalla y Rollformer).	\$ 160,00
Construcción de Soportes para el Almacenamiento de Cadenas.	\$ 250,00
Construcción de Mesa de Medición de Control de Calidad.	\$ 3.320,00
Construcción de Tablero de Comprobación de Herramientas.	\$ 250,00
Señalización de Área de Almacenamiento de Puente Grúa (Cambio de Bobina).	\$ 50,00
Señalización de Área de Almacenamiento de Puente Grúa (Retiro de Producto Terminado).	\$ 80,00
Construcción de Sistema de Guías para el Apilador.	\$ 280,00
Señalización de Marcas de Posicionamiento para Armado de Cama.	\$ 80,00
Costo Anual de Operarios Adicionales para la Línea.	\$ 23,796.51
COSTO TOTAL	\$ 33, 246.51

Ahora bien, si se considera que los paneles de longitud de 6 metros, son los de mayor demanda; y que además, cada uno de éstos se vende a 31,95 dólares; el beneficio monetario obtenido, como ingreso por venta, para un día de trabajo es de:

$$846 u * 31,95 = \$ 27.029,70$$

Considerando los costos de implementación de las mejoras desarrolladas y los beneficios monetarios asociados, se presenta el análisis de beneficio-costo en la tabla 35; concluyendo de esta forma con la descripción de los efectos que se podrían generar mediante la implantación del sistema SMED.

TABLA 35

Relación Beneficio/ Costo de la Implementación SMED

Beneficio Anual de Implementación SMED	
Ingreso x Venta Anual	\$ 6,487,128.00
Costo de Mejoras	\$ (9,450.00)
Costo Anual de Operarios Adicionales	\$ (23,796.51)
Beneficio Anual de Implementación SMED	\$ 6,453,881.49
Beneficio/ Costo	\$ 194.12

Como se puede observar en la tabla 35 la relación de beneficio / costo, establece un retorno de \$ 194,12, como ingreso por venta, por cada dólar gastado en las mejoras planteadas, mostrando el potencial que tiene el sistema SMED, no solo para mejorar las condiciones de un proceso productivo, sino además, para elevar la rentabilidad de una empresa.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se puede decir que mediante un enfoque científico y haciendo uso de las herramientas adecuadas, como el sistema SMED, se han logrado establecer las acciones efectivas para mejorar los procesos de cambio de los equipos de conformado de paneles; de tal forma, que se ha reducido el tiempo de parada, aumentado el porcentaje de las actividades productivas; y con esto, aumentado la capacidad productiva del área.

- El tiempo dedicado a las actividades improductivas más representativas pudo ser reducido. Esto generó un aumento considerable de la productividad de la línea.
- El porcentaje de tiempo improductivo se redujo notablemente, sólo con la implementación de la primera y segunda etapas del SMED.
- El resultado obtenido en el análisis de beneficio/ costo, establece un alto retorno, como ingreso por venta, por cada dólar gastado en las mejoras planteadas. Esto deja claro, el gran potencial que posee la línea en cuanto la generación de entradas de dinero, mediante el incremento de su capacidad productiva.
- El establecer procesos de preparación mucho más sencillos y ágiles, reduce la necesidad de personal experimentado para la línea, mejora las condiciones de trabajo, aumenta la calidad del producto terminado, reduce los plazos de entrega, aumenta la flexibilidad de producción; y por ende incrementa el nivel de servicio de la empresa.

6.2.Recomendaciones

- Capacitar, involucrar e incentivar al personal sobre el desarrollo de programas de mejora continua, tales como el sistema SMED, para realizar estudios similares al desarrollado, en los demás centros

de trabajo de la planta, con el objetivo de mejorar la capacidad de productiva de los equipos, mejorar las condiciones de trabajo y establecer un sistema de producción más flexible que pueda responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda.

- Se recomienda establecer un Plan de Mantenimiento Preventivo de los rodillos de conformado de la matricería para controlar el desgaste que puedan llegar a sufrir, asegurando de esta forma el correcto funcionamiento del sistema de calibración de pasos planteado.
- Se recomienda la pronta implementación de los instructivos de trabajo desarrollados para las actividades de preparación externas identificadas, para evitar alguna desviación en el proceso de mejora.
- Se hace hincapié a la alta gerencia de no desistir en la implementación de las acciones de mejorar desarrolladas en este trabajo de tesis; tomando en cuenta los beneficios identificados.

APÉNDICE A

HOJA RESUMEN DE MUESTREO DE TRABAJO

FECHA <u>7-15</u>																		
OBSERVADOR <u>Cuidd</u>																		
MÁQUINA	DIBUJO	CORTE	PREPARACIÓN	MÁQUINA INACTIVA	ESPERA GRÚA	ESPERA INSPECCIÓN	AYUDA A INSPECCIÓN	ESPERA HERRAMIENTA NO DISPONIBLE	ESPERA PROBLEMAS CON HERRAMIENTA	CONFERENCIA CON OTRO TURNO	MANIPULACIÓN DE HERRAMIENTA	TOMAR O AFILAR HERRAMIENTA	CONFERENCIA CON SUPERVISIÓN O INSPECCIÓN	ESPERA TRABAJO	QUITAR VIRUTAS LIMPIAR MESA	VARIOS	SIN OPERARIO	
20" VBM		101	7	14	2	3		1		2	37	5	3			6	35	216
16" VBM		102	34	14	15	3	1	1		1	28	5	1	3	4			216
28" VBM		119	34	10	5	5	2				18	2	1	2			18	216
12" VBM		109	24	12	13	6	1			3	26	6	2	3	3	2	6	216
16" CEPILLADORA		127	17	6	9	2					22		2	15		4	12	216
8" VBM		64	18	17	16	3				2	30	7	3			28	28	216
16" VBM		147	19	10	14	3	1				15	2			1	1	3	216
14" CEPILLADORA		140	8	5	7	2				2	17	3		3		11	18	216
72" TORNO		99	13	12	7	3				1	32	8	2			3	36	216
96" TORNO		89	9	29	18	11	1			2	29	8	3	4		3	10	216
96" TORNO		109	14	12	8	10		3	3		32	9	8	2		1	5	216
160" TORNO		72	34	13	14	6	2	1		4	21	3	3	1	1	4	37	216
11-1/2" CEPILLADORA		106	35	11	10	4				1	11	4	5	3	2	8	16	216
32" VBM		151	23	8	7	1				1	10	2	1	5	2	5		216
		1535	289	173	245	62	8	6	3	19	328	64	34	45	13	76	224	3024
	%	50.7	9.6	5.9	4.8	2.1	.3	.2	.1	.6	10.8	2.1	1.1	1.5	.4	2.5	7.4	100%

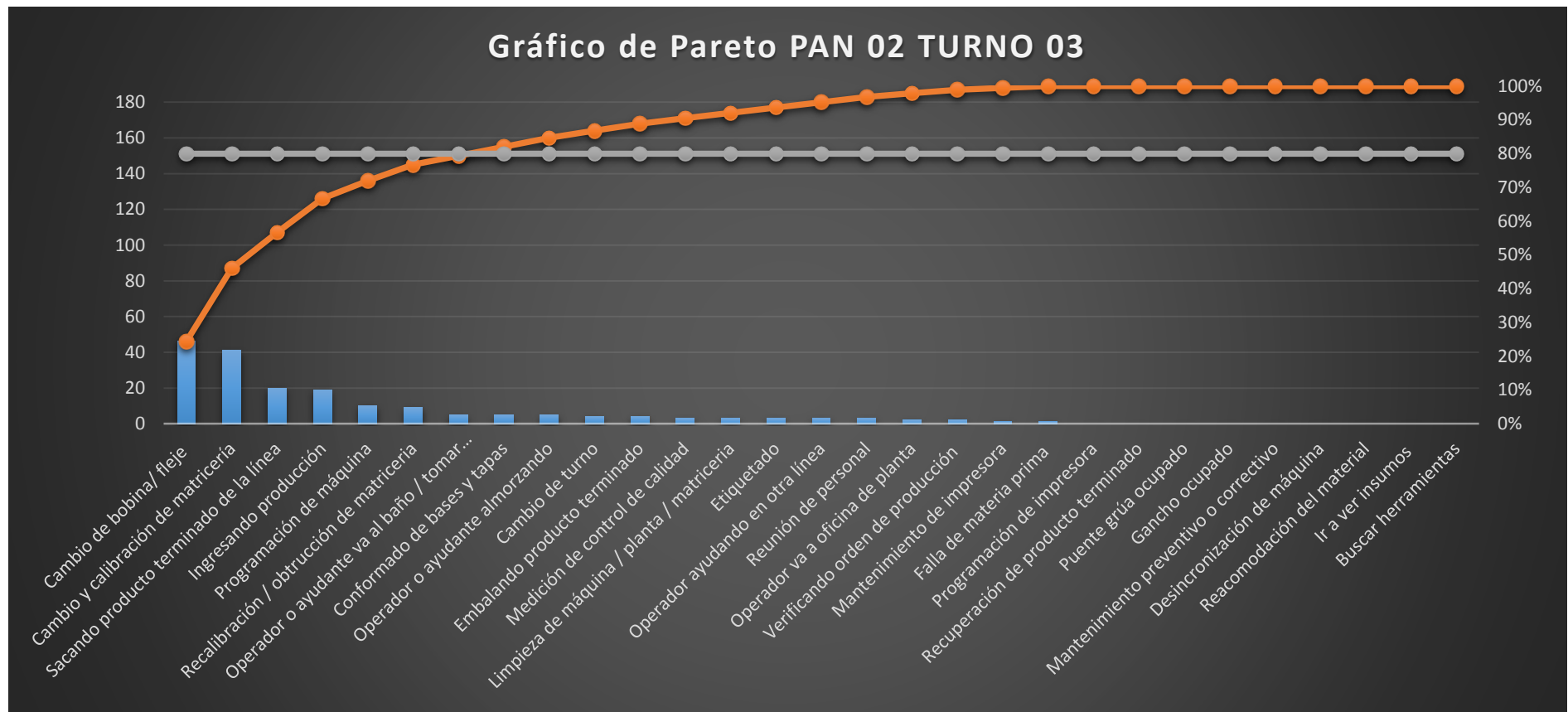
APÉNDICE C

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN01 TURNO 03



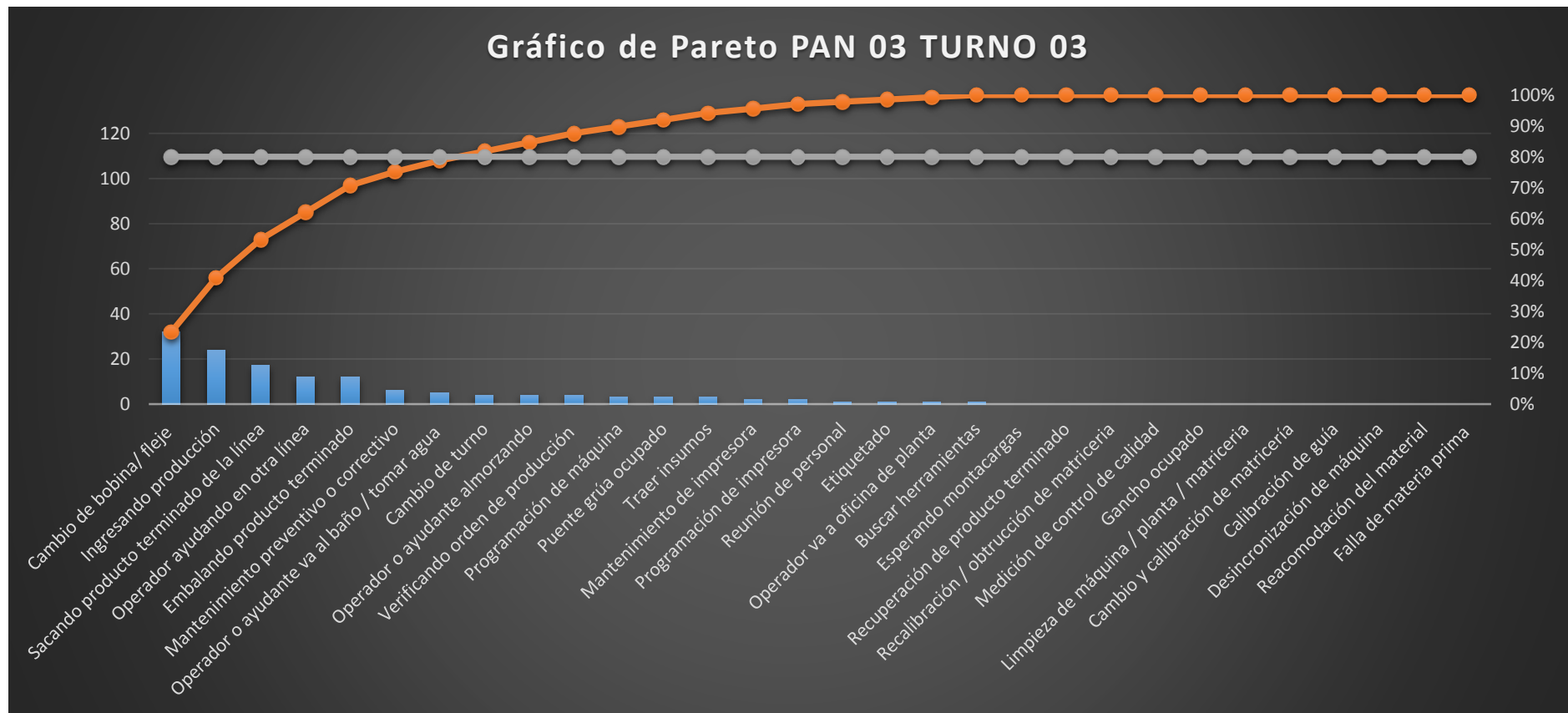
APÉNDICE D

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN02 TURNO 03



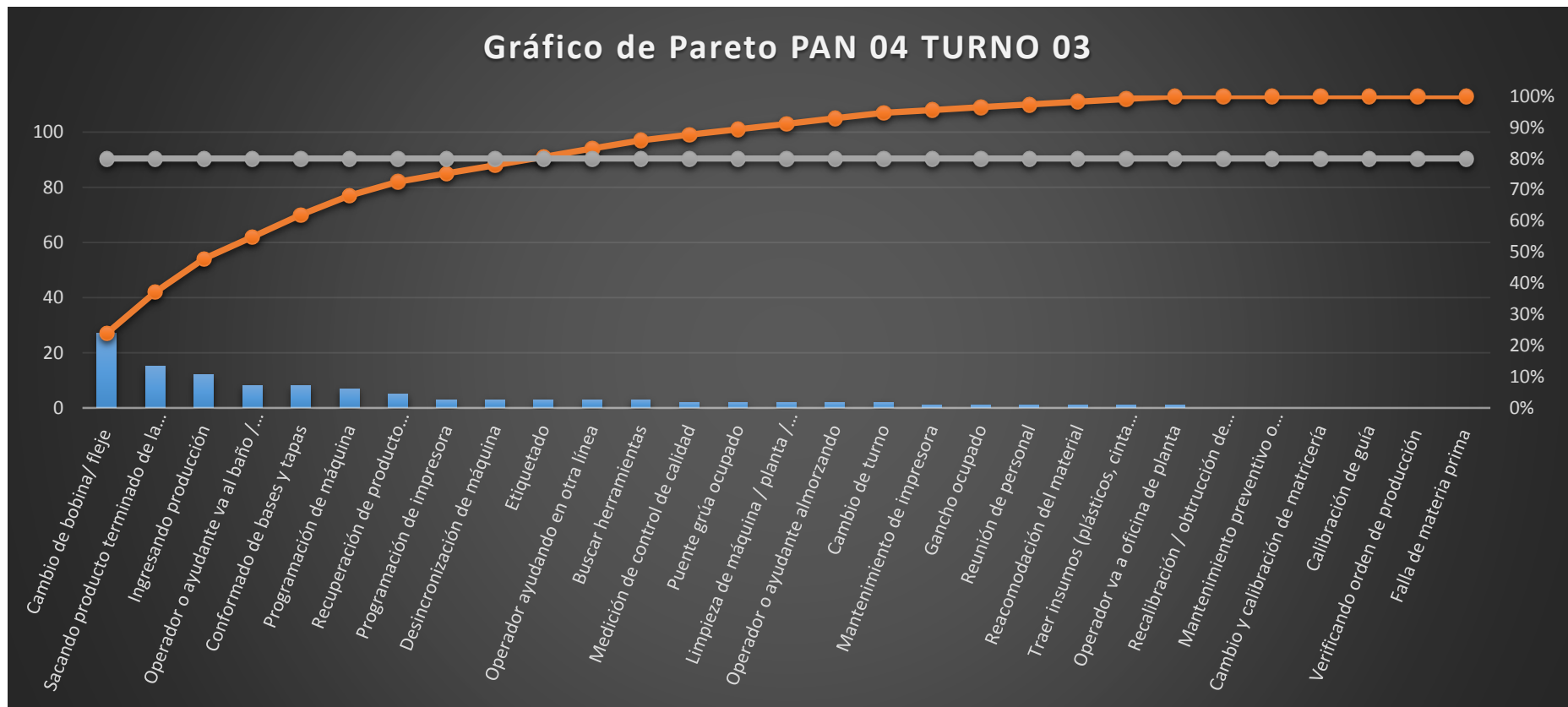
APÉNDICE E

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN03 TURNO 03



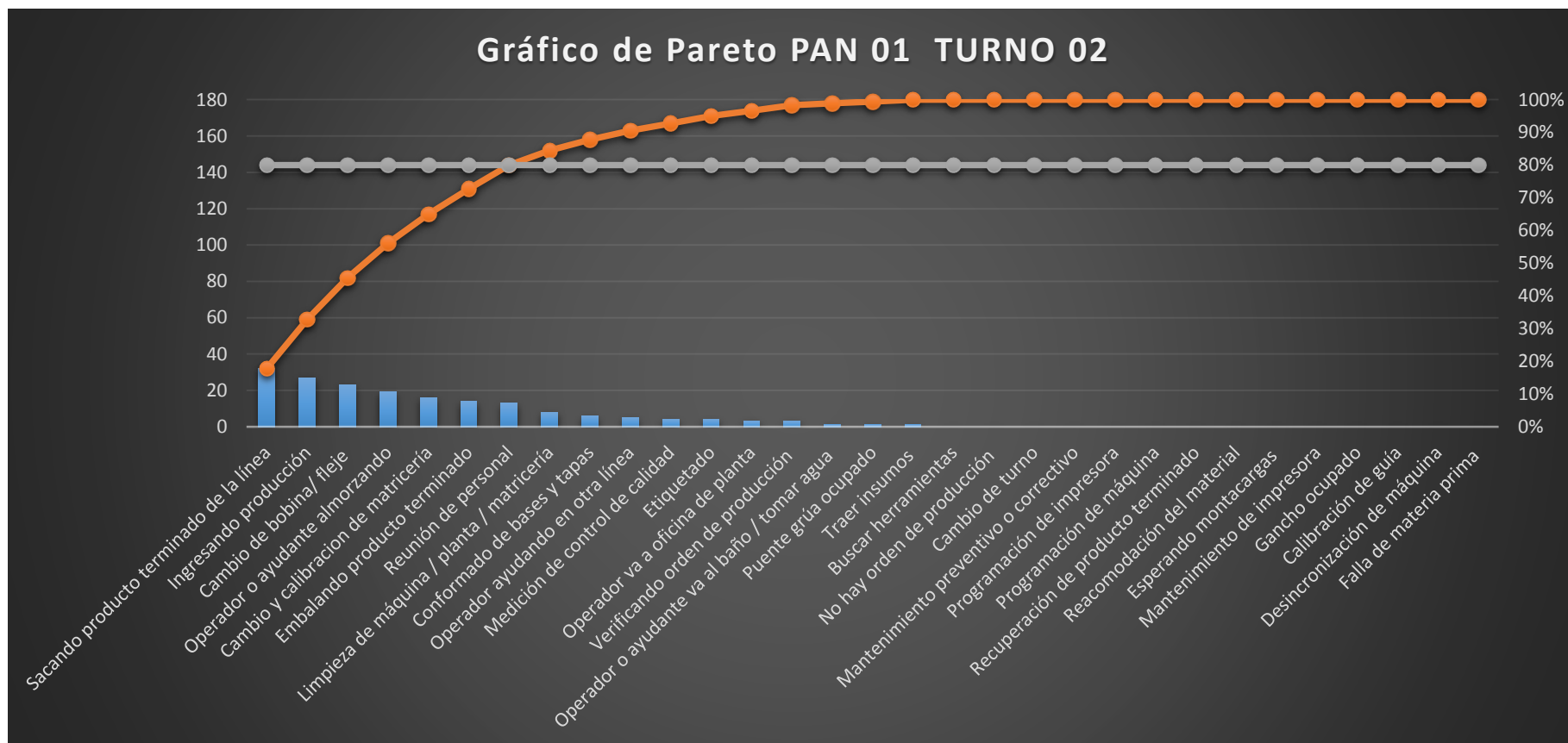
APÉNDICE F

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN04 TURNO 03



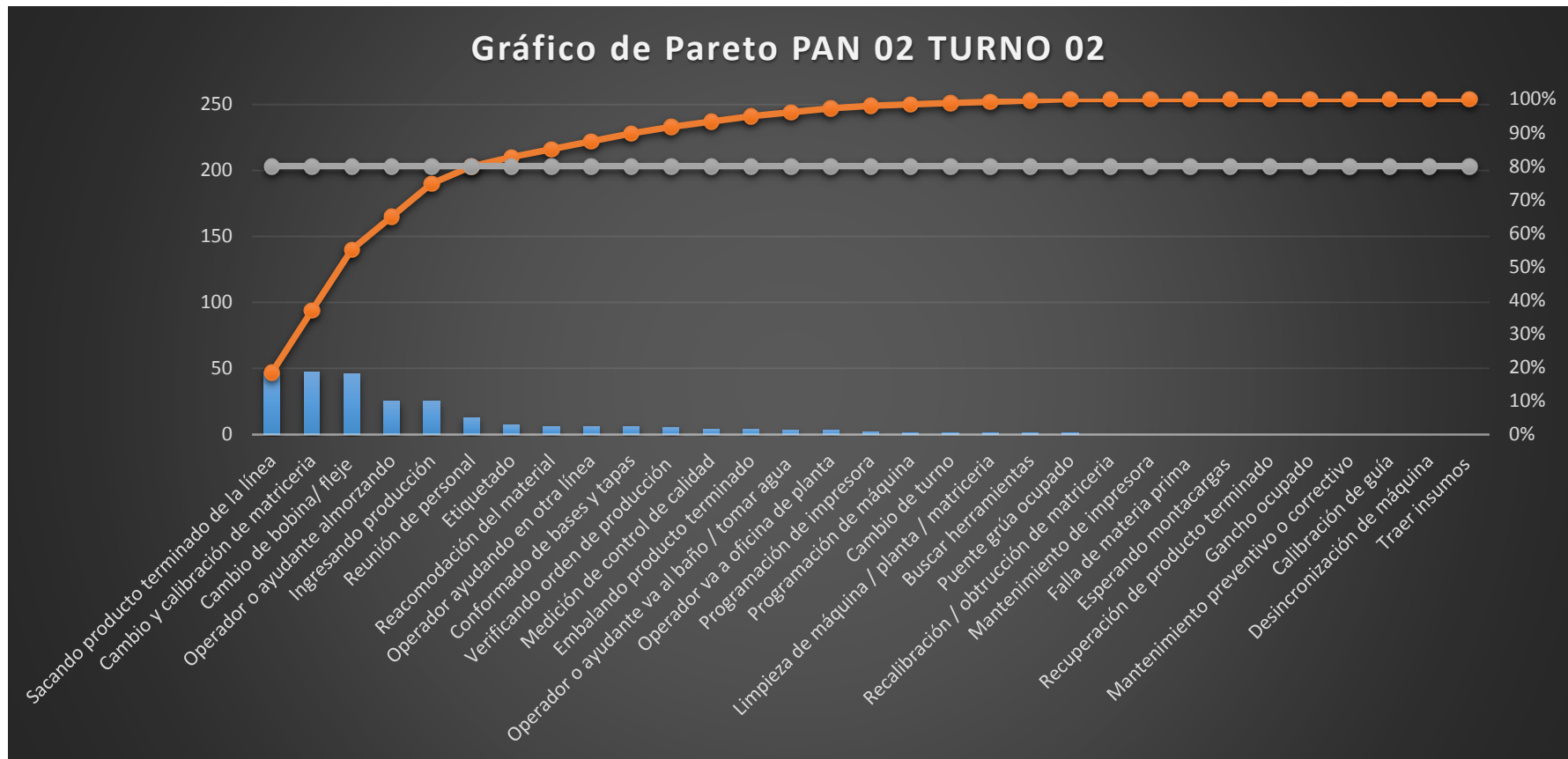
APÉNDICE G

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN01 TURNO 02



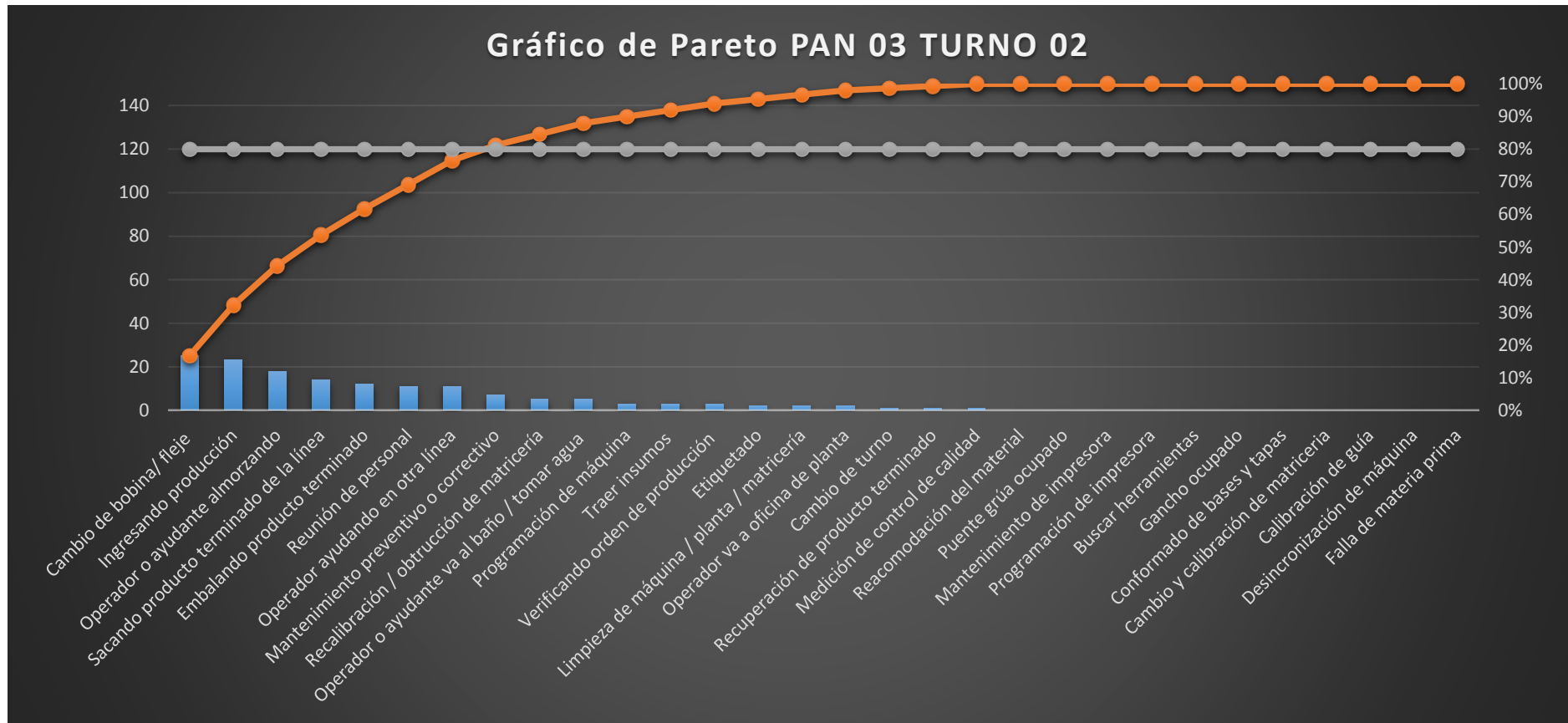
APÉNDICE H

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN02 TURNO 02



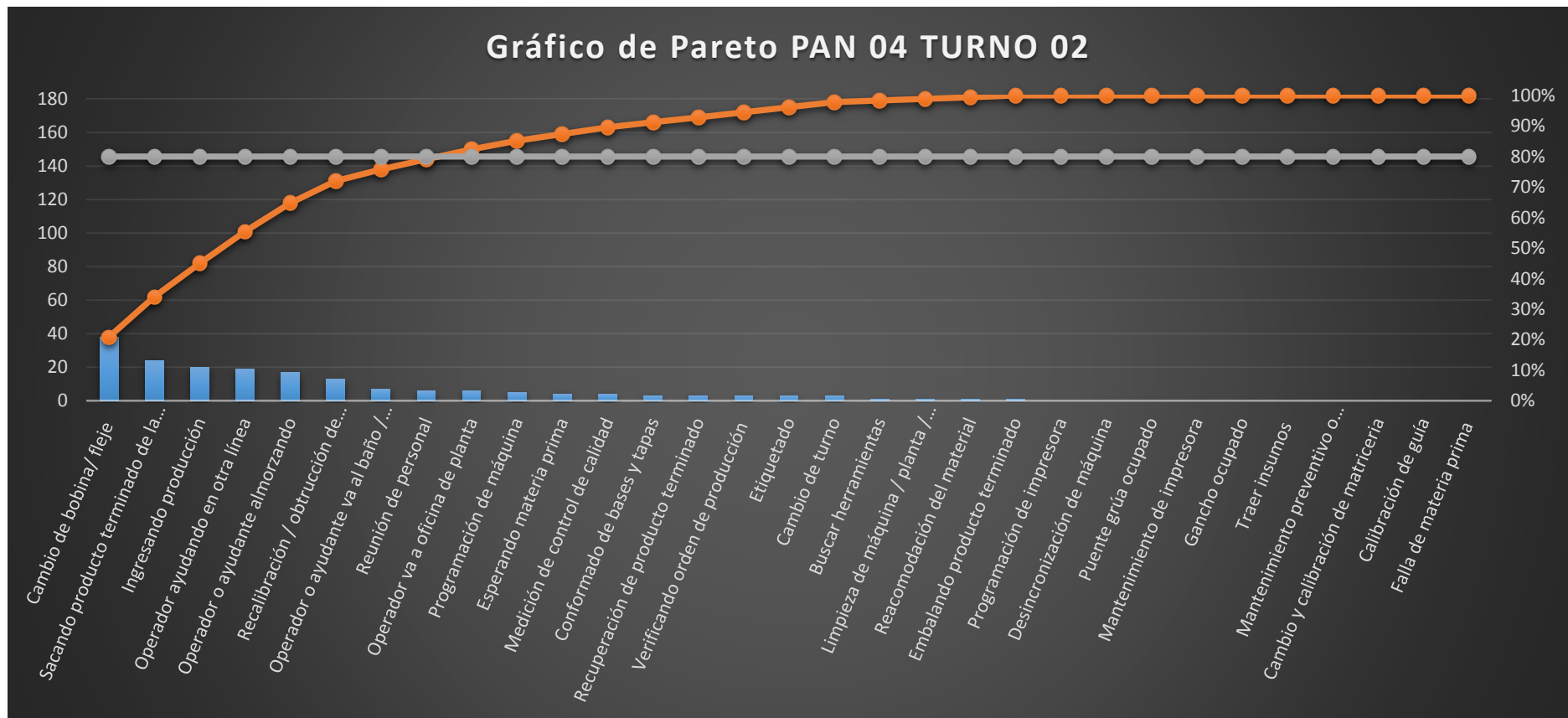
APÉNDICE I

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN03 TURNO 02



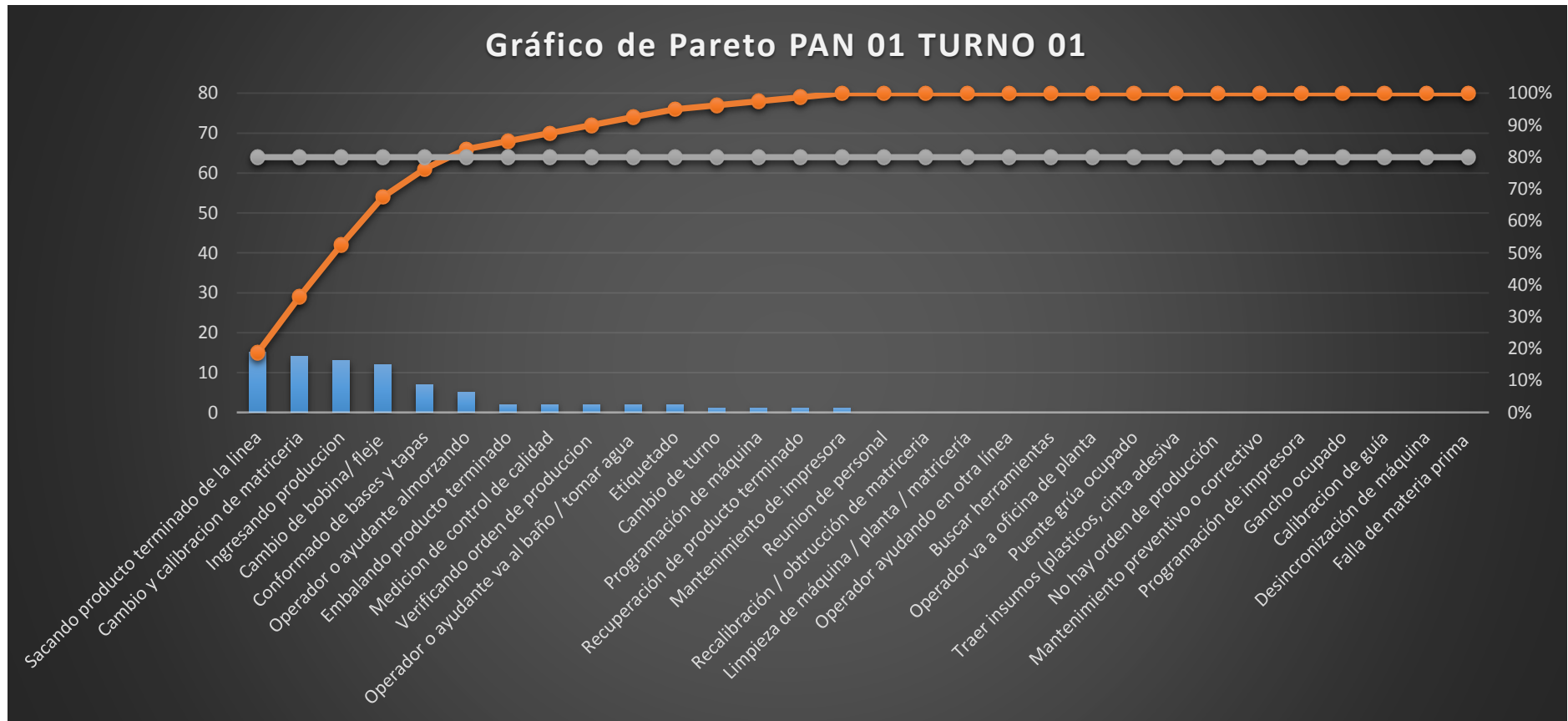
APÉNDICE J

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN04 TURNO 02



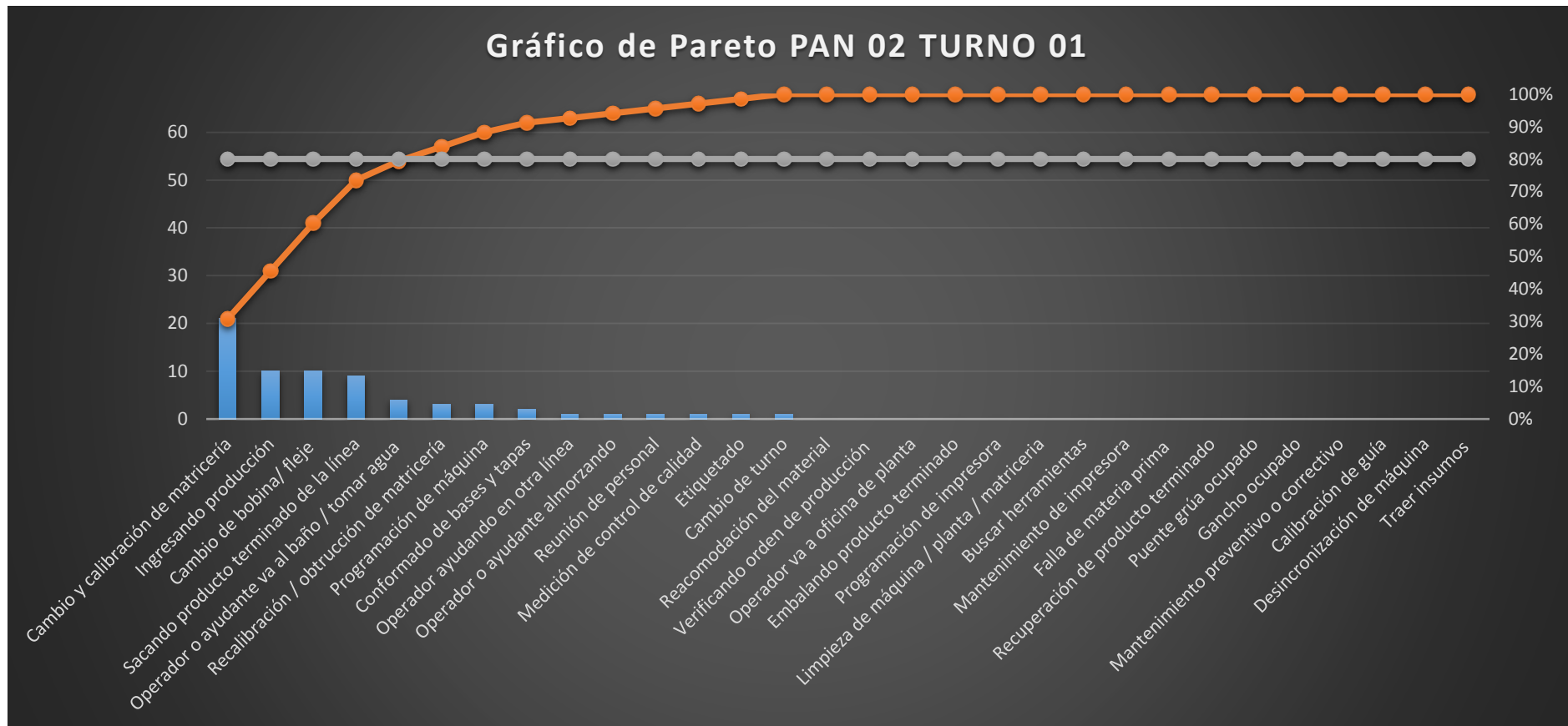
APÉNDICE K

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN01 TURNO 01



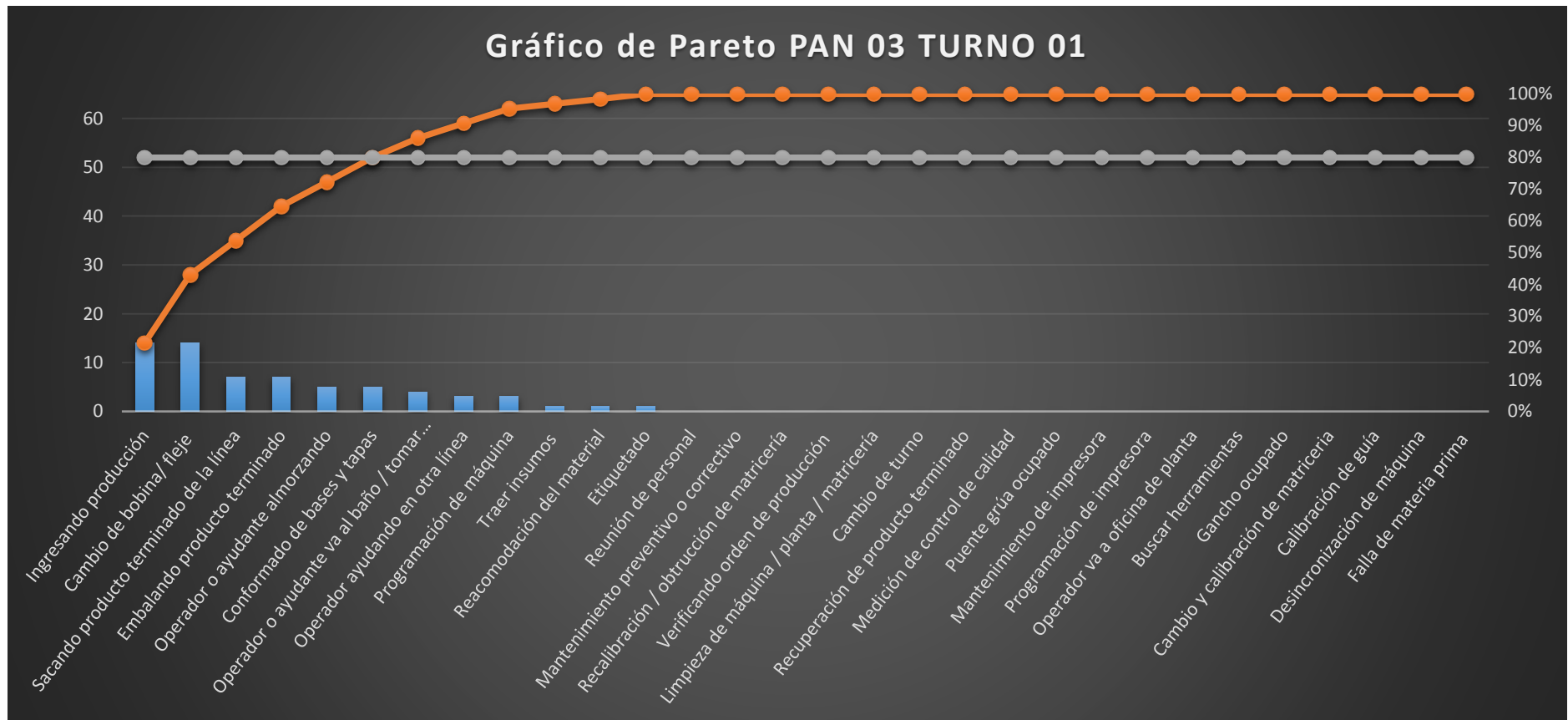
APÉNDICE L

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN02 TURNO 01



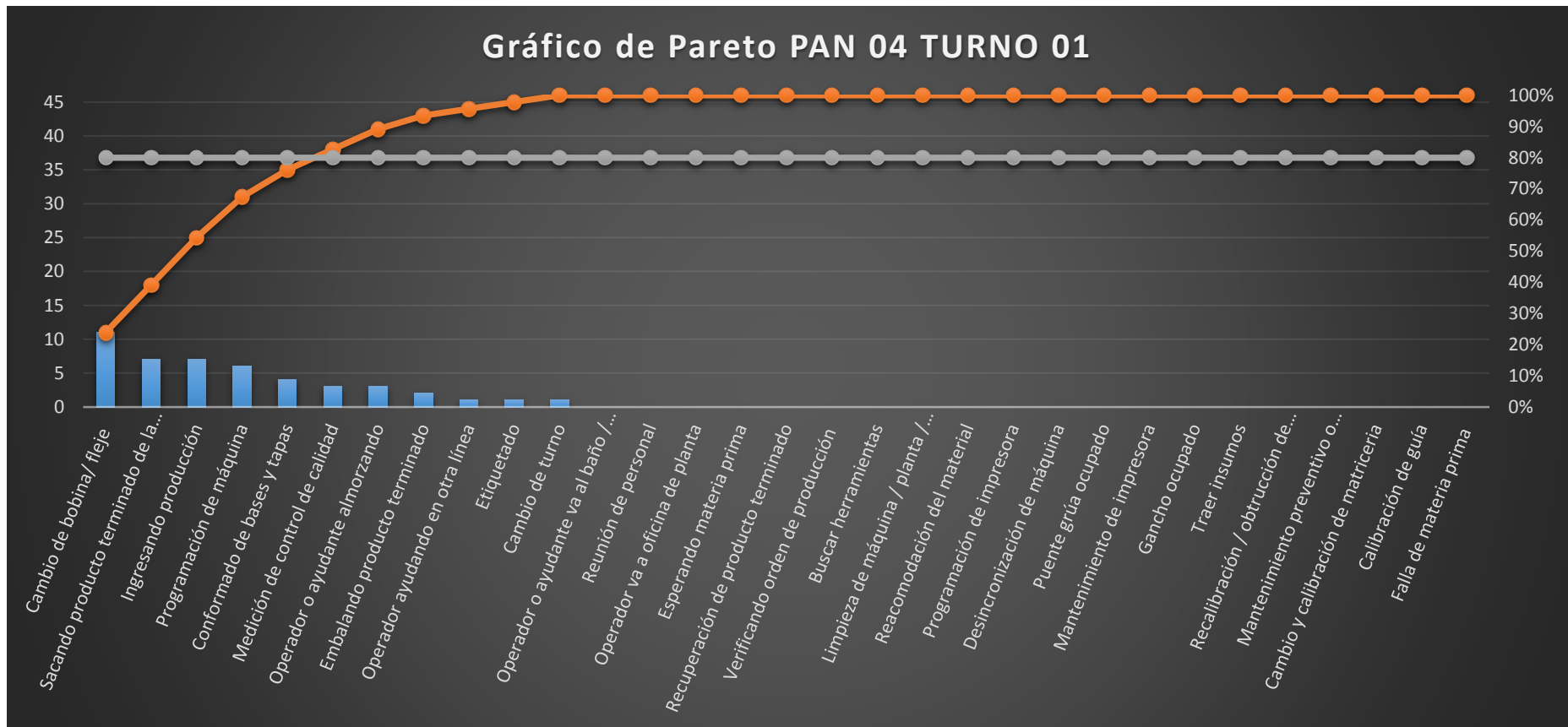
APÉNDICE M

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN03 TURNO 01



APÉNDICE N

GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS PAN04 TURNO 01



APÉNDICE P

TABLA DE TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN DE BOBINA

N°	ELEMENTOS	Tiempo promedio (min)	Tamaño de muestra (n)	Desviación estándar (min)	Varianza
1	Enganchar elemento al puente grúa	1,49	30,00	1,63	2,65
2	Mover puente grúa al área de trabajo	1,25	26,00	0,71	0,51
3	Retirar Núcleo de acero	4,75	30,00	2,32	5,36
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas	1,46	33,00	0,68	0,47
5	Enganchar bobina al puente grúa	0,76	33,00	0,49	0,24
6	Mover bobina al área de apertura	1,54	30,00	0,45	0,21
7	Desenganchar bobina	0,65	29,00	0,73	0,53
8	Traer herramientas	2,29	30,00	2,45	5,99
9	Quitar Zunchos	1,17	41,00	0,88	0,77
10	Quitar envoltura	3,99	32,00	1,96	3,85
11	Retirar desechos de envoltura	3,71	32,00	2,79	7,79
12	Mover bobina al COIL CAR	2,32	47,00	1,05	1,11
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador	1,84	44,00	1,43	2,03
14	Retirar el puente grúa del área	0,83	35,00	0,53	0,28
15	Desenrollar la bobina	1,01	30,00	0,71	0,50
16	Enhebrar el material en la cizalla	1,14	30,00	0,95	0,91
17	Ajuste y calibración del equipo	5,39	30,00	2,59	6,69
18	Medición de control de calidad	2,86	30,00	2,13	4,54
19	Ajustar apilamiento inicial	3,10	30,00	1,1	1,21
RESULTADOS OBTENIDOS		TIEMPO PROMEDIO TOTAL (MIN)	TAMAÑO DE MUESTRA PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (MIN)	VARIANZA TOTAL
		41,55	33,00	6,76	45,64

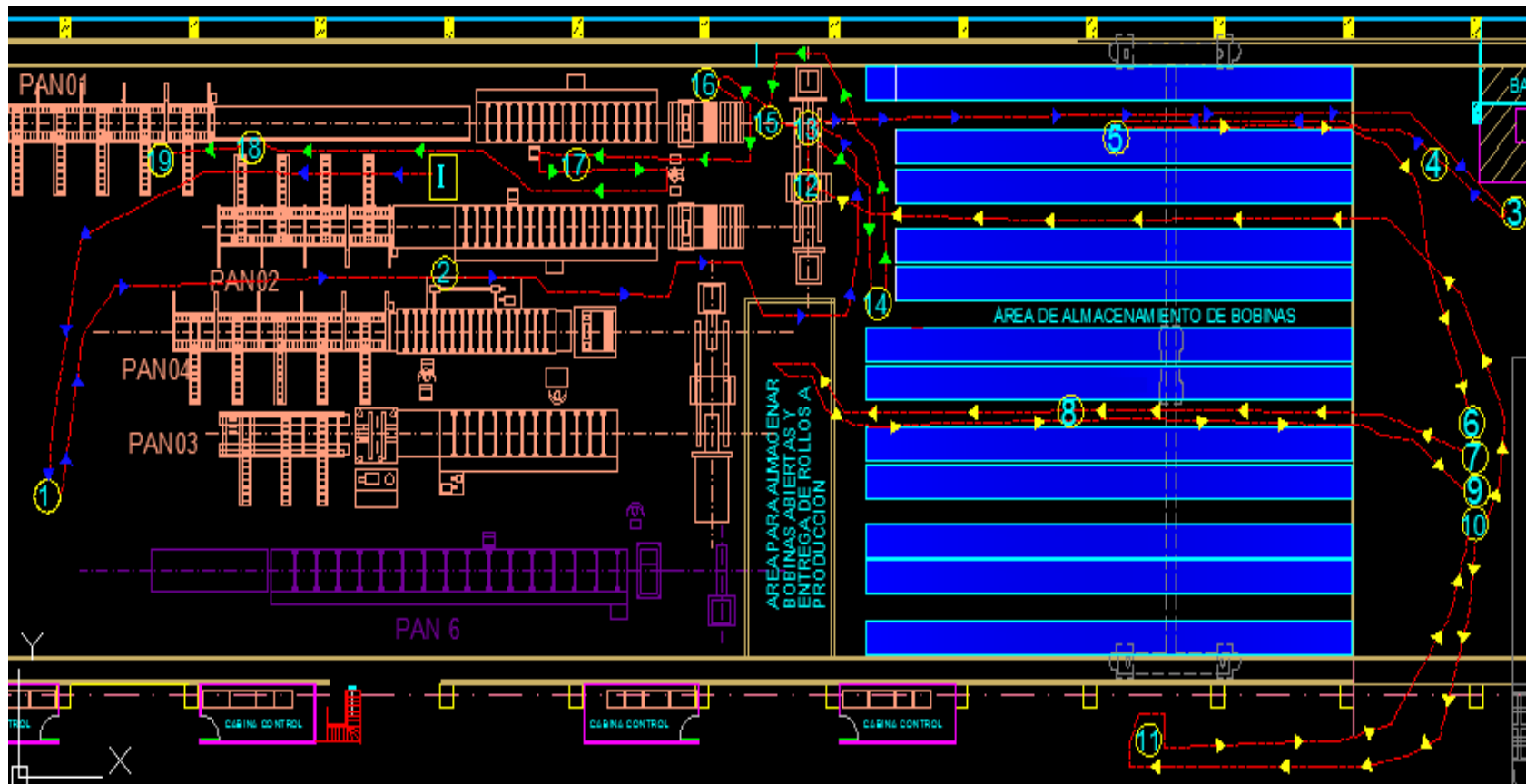
APÉNDICE Q

TABLA RESUMEN DE ANÁLISIS DE OPERACIÓN DE CAMBIO DE BOBINA

NÚMERO	ELEMENTOS	CASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE DESPERDICIO
1	Enganchar elemento al puente grúa	NAV	Movimientos innecesarios
2	Mover puente grúa al área de trabajo	NAV	Movimientos innecesarios
3	Retirar Núcleo	NAVN	Proceso
4	Mover puente grúa al área de almacenamiento de bobinas	NAV	Movimientos innecesarios
5	Enganchar bobina al puente grúa	AV	-----
6	Mover bobina al área de apertura	NAVN	Transporte
7	Desenganchar bobina	AV	-----
8	Traer herramientas	NAV	Movimientos innecesarios
9	Quitar Zunchos	AV	-----
10	Quitar envoltura	NAVN	Proceso
11	Retirar desechos de envoltura	NAV	Movimientos innecesarios
12	Mover bobina al COIL CAR	AV	Transporte
13	Colocar y ajustar la bobina en el desenrollador	AV	-----
14	Retirar el puente grúa del área	NAVN	Movimientos innecesarios
15	Desenrollar la bobina	AV	Proceso
16	Enhebrar el material en la cizalla	NAV	Proceso
17	Ajuste y calibración del equipo	NAVN	Proceso
18	Medición de control de calidad	NAVN	Proceso
19	Ajustar apilamiento inicial	NAVN	Proceso

APÉNDICE R

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE OPERACIÓN DE CAMBIO DE BOBINA



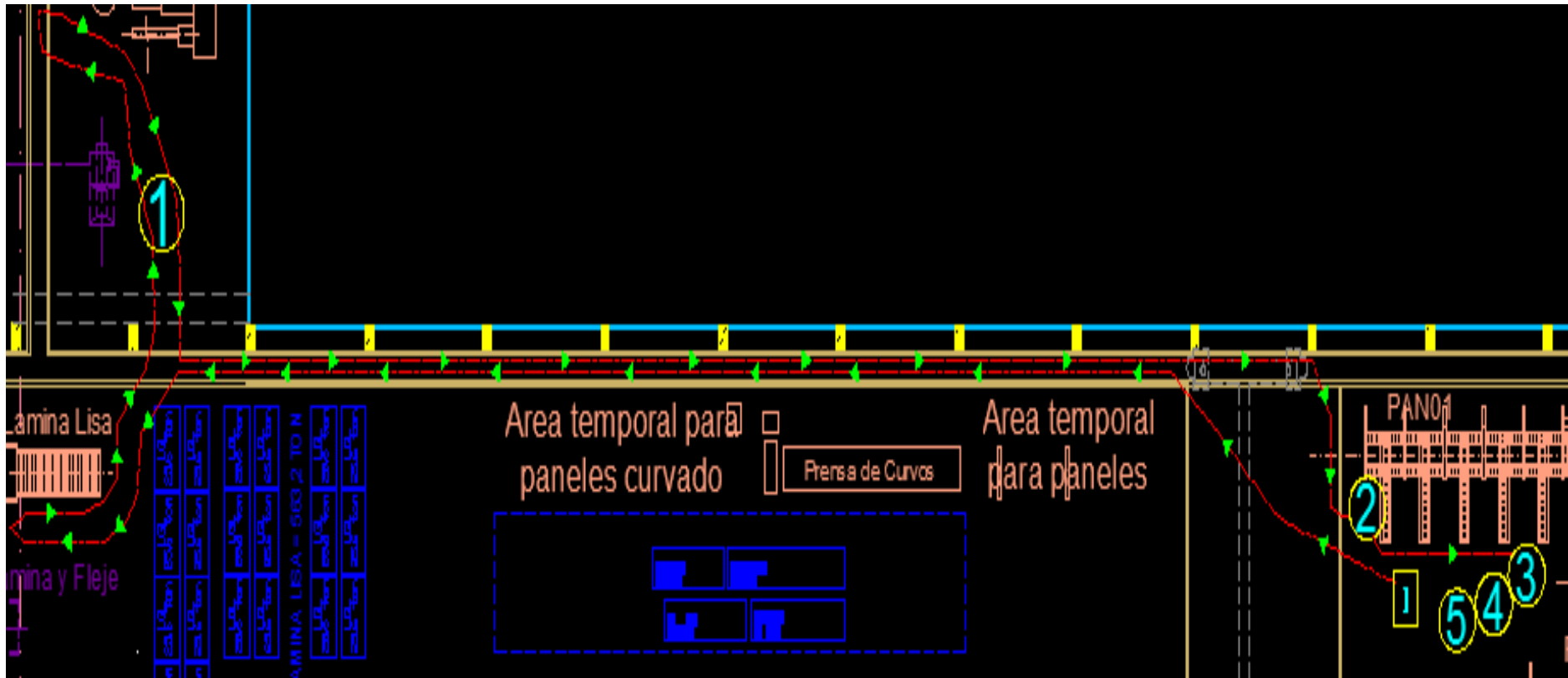
APÉNDICE S

TABLA DE TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN DE EMPAQUE DE
PRODUCTO TERMINADO

N°	Elementos	Tiempo promedio (min)	Tamaño de muestra (n)	Desviación estándar (min)	Varianza
1	Traer herramientas al área de trabajo	1,59	31,00	1,28	1,65
2	Cortar zunchos/ refuerzos	1,55	30,00	0,91	0,84
3	Pintar extremos del material	1,56	39,00	0,65	0,42
4	Colocar tapas de protección	0,86	33,00	0,49	0,24
5	Zunchar lote de producto terminado	2,93	35,00	1,64	2,70
RESULTADOS OBTENIDOS		TIEMPO PROMEDIO TOTAL (MIN)	TAMAÑO DE MUESTRA PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (MIN)	VARIANZA TOTAL
		8,49	33,00	2,42	5,84

APÉNDICE T

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE OPERACIÓN DE EMPAQUE DE PRODUCTO TERMINADO



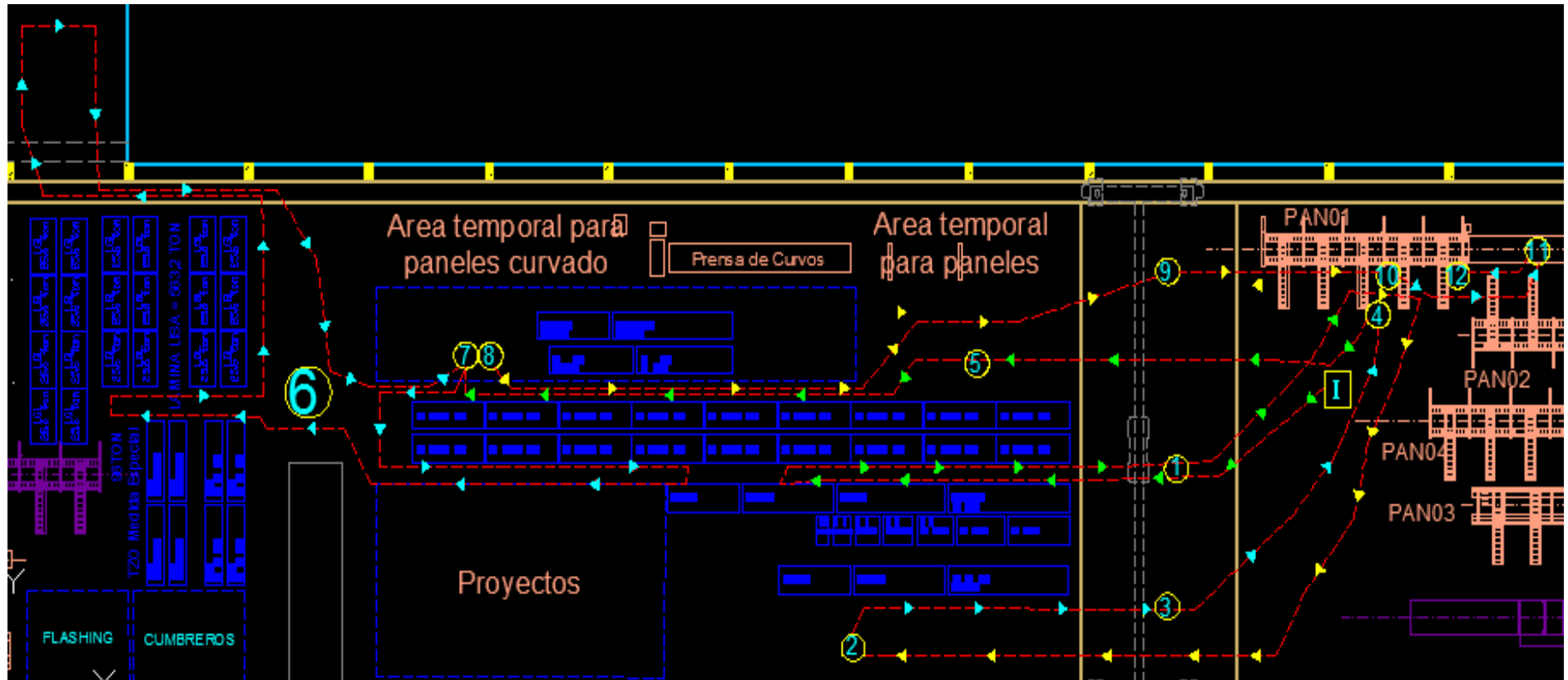
APÉNDICE U

TABLA DE TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN DE RETIRO DE
PRODUCTO TERMINADO DE LA LÍNEA

N°	Elementos	Tiempo promedio (MIN)	Tamaño de muestra	Desviación Estándar	Varianza
1	Traer cadenas al área de trabajo	1,80	30,00	1,37	1,88
2	Cambiar elemento de transportación	2,31	30,00	2,23	4,98
3	Traer puente grúa al área de trabajo	2,64	38,00	2,31	5,35
4	Enganchar el paquete al puente grúa	2,40	42,00	1,61	2,60
5	Mover el producto terminado al área de almacenamiento	2,99	45,00	1,28	1,64
6	Arreglar zona de almacenamiento	2,13	30,00	1,19	1,42
7	Colocar el producto terminado en el lugar de almacenamiento	0,57	30,00	0,33	0,11
8	Desenganchar el paquete terminado	0,84	36	0,53	0,28
9	Mover el puente grúa a una zona adecuada	0,84	30,00	0,56	0,32
10	Armar base de lote de fabricación	1,58	30,00	0,86	0,74
11	Realizar el control de calidad de producto terminado	2,40	31,00	0,90	0,81
12	Ajustar apilamiento inicial	3,10	30,00	1,10	1,21
RESULTADOS OBTENIDOS		TIEMPO PROMEDIO TOTAL (MIN)	TAMAÑO DE MUESTRA PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (MIN)	VARIANZA TOTAL
		23,60	34,00	4,61	21,30

APÉNDICE V

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE OPERACIÓN DE RETIRO DE PRODUCTO TERMINADO DE LA LÍNEA



APÉNDICE W

INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA LA APERTURA DE BOBINAS

	INSTRUCTIVO SEGURO DE TRABAJO	
	APERTURA DE BOBINAS	

EPP

Casco de Seguridad.

Guantes de Velcro

Orejeras

Botas de seguridad

RIESGOS

Cortes con filos de laminas

Golpes

Aplastamientos de manos y pies

Lesiones lumbares

El objetivo del presente instructivo es desarrollar un método eficiente que minimice el tiempo de PARA de la máquina por APERTURAR BOBINA .	
En caso de que el operador cuente con uno o más ayudantes las ACTIVIDADES DE APERTURA DE BOBINA serán realizadas ANTES DE DETENER EL EQUIPO .	
Verifique que posee las siguientes herramientas, antes de realizar cualquier actividad. TIJERA CORTA-ZUNCHOS GANCHO TIPO J. TIJERAS. CONTROL REMOTO DEL PUENTE GRÚA, CARGADO.	
APERTURA DE BOBINA	
1	Revisar hoja de programación de la producción para buscar la bobina adecuada.
3	En caso de que el puente grúa no cuente con el gancho o no posea el adecuado, enganchar el elemento correcto.
2	Tomar la tijera corta zunchos.
4	Llevar el puente grúa al área de almacenamiento de bobina.
5	Localizar la bobina adecuada.
6	Enganchar al puente grúa a la bobina a utilizar.
7	Mover la bobina lo más cerca posible de los contenedores de desechos.
8	Desenganchar la bobina y colocar el puente en un lugar adecuado.
9	Quitar los zunchos de la bobina con ayuda de la tijera.
10	Quitar cobertores extremos y cubierta metálica externa de la bobina.
11	Retirar cubiertas metálicas interior y laterales.
12	Con ayuda de la tijera cortar un pequeño pedazo de zuncho para utilizarlo como herramienta para cortar la envoltura plástica de la bobina.
13	Quitar la envoltura interior plástica, con ayuda del pedazo de zuncho.
14	Cortar envoltura plástica exterior.
15	Enganchar al puente grúa la bobina, levantarla y retirar la envoltura plástica.
16	Mover la bobina al carro transportador (COIL CAR).
17	Colocar el puente grúa en el lugar adecuado.
18	Regresar a la zona en donde se realizó la apertura de la bobina para retirar los desechos.
19	Si la envoltura plástica está en buen estado almacenarla, para que sea utilizada como material de empaque en la línea LCT01.
20	Retirar desechos de cartón, plásticos y metálicos, tratando de hacer la menor cantidad de viajes a los contenedores de desechos.
21	Colocar los desechos en los contenedores correspondientes.

APÉNDICE X

INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA EMPACAR Y RETIRAR PRODUCTO

	INSTRUCTIVO SEGURO DE TRABAJO	
	EMPACAR Y RETIRAR PRODUCTO TERMINADO	

EPP

Casco de Seguridad.
 Guantes de Velcro
 Orejeras
 Botas de seguridad

RIESGOS

Cortes con filos de laminas
 Golpes
 Aplastamientos de manos y pies
 Lesiones lumbares

El objetivo del presente instructivo es desarrollar un método eficiente que minimice el tiempo de **PARA** de la máquina por **EMPACAR O RETIRAR PRODUCTO TERMINADO DE LA LÍNEA.**

En caso de que el operador cuente con uno o más ayudantes, se debe buscar la forma de que todas las **ACTIVIDADES**, sean realizadas **ANTES DE DETENER EL EQUIPO** por **EMPACAR O RETIRAR PRODUCTO TERMINADO DE LA LÍNEA**

EMPACAR y RETIRAR PRODUCTO TERMINADO

1	Verificar que estén disponibles en el área los materiales a utilizar ROLLO DE ZUNCHO PINTURA Tener listas en el área las herramientas a utilizar, en este caso son: Para las actividades de empaque TIJERAS ZUNCHADORA Para retirar el producto terminado BARRAS METÁLICAS, CADENAS LISTONES DE MADERA.	REFUERZOS DILUYENTE TENAZAS CONTROL REMOTO DE PUENTE GRÚA, CARGADO ARAÑA TRANSPORTADORA ADECUADA
2	Tener listas en el área las herramientas a utilizar, en este caso son: Para las actividades de empaque Tijera, zunchadora, tenazas o máquina 2 en 1 (zunchadora-tenazas). Para retirar el producto terminado Soportes utilizados para transportar el material; según sea el caso estos pueden ser: Cabo de acero, Eslingas o Barras metálicas, puente grúa. Listones de madera utilizados como soporte de almacenamiento del producto terminado.	
3	Emballar producto terminado, si así se requiere.	
4	En caso de que el material deba ser zunchado, realizar las siguientes actividades: Cortar Zunchos. Si se requiere, cortar pequeños pedazos de metal para utilizarlos como refuerzos. Colocar refuerzos respectivos al producto terminado. Zunchar el producto terminado.	
5	Pintar los extremos del paquete elaborado que así lo requiera.	
6	Colocar los soportes respectivos debajo del paquete.	
7	Traer el puente grúa al área de trabajo.	
8	En caso de que el puente grúa no cuente con el gancho o no posea el adecuado, enganchar el elemento correcto.	
9	Enganchar el paquete elaborado al puente grúa.	
10	Transportar el paquete elaborado al lugar de almacenamiento	
11	Colocar el paquete en el lugar asignado.	
12	Ubicar el puente grúa, junto con el gancho y los soportes, en un lugar adecuado.	
13	Verificar que el producto terminado tenga su respectiva identificación.	

APÉNDICE Y

MÁQUINA ZUNCHADORA DE PAQUETES

SCM

Sealless Combination Tool for Steel Strapping



Made in the U.S.A.

Easy to operate

- Two-strap loading
- Manual slack pull
- Ergonomically designed to reduce operator fatigue
- Minimal sealing effort

Simple

- No feedwheel adjustments
- Simple cutter adjustments
- Wear parts can be replaced in minutes

Rugged

Manufactured with Signode proven alloys, the SCM is lightweight yet durable enough for the most demanding applications.

Specifications

Strapping:

Works with Signode Apex Plus™ and Magnus® strapping in sizes ranging from 1/2" x .017" to 3/4" x .025" (12.7 mm x 0.43 mm to 19.0 mm x 0.63 mm).

 **SIGNODE®**

3610 West Lake Avenue
Glenview, Illinois 60025

BIBLIOGRAFÍA

1. SHINGO, SH. Una Revolución en la Producción: El Sistema SMED, Productivity Press, Madrid 1985.
2. NIEBEL B.; FREIVALDS A. Ingeniería Industrial. Métodos Estándares y Diseño del Trabajo, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES; S.A. de C.V., México 2009.
3. WALPOLE, R., Probabilidad y Estadística para Ingenieros, Prentice-Hall Hispanoamérica S.A., México 1999.
4. REY SACRISTÁN, F., Técnicas de Resolución de Problemas, Criterios a Seguir en la Producción y el Mantenimiento, Fundación CONFEMETAL, Madrid 2003.

5. SMITH, S., ¡Resuelva ese problema! Herramientas para el Desarrollo Continuo, Ediciones Granica S.A., México 2000.

6. CUATRECASAS, LL., Lean Management: La Gestión Competitiva por Excelencia, Bresca Editorial, España 2010.

7. _____, Single or Dual Level Roll Former Operation and Maintenance Manual, Metal Construction Association, 2009.