

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE PIEZAS TROQUELADAS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL
P R E S E N T A :
OMAR ALEJANDRO LLANES BRICEÑO



**DIRECTOR DE TESIS:
M. EN C. JUAN JOSÉ OBREGÓN ÁNDRIA**

MÉXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

“Yo soy yo y mis circunstancias”

A mis circunstancias por haberme llevado por caminos no convencionales que me enriquecieron como ingeniero y como persona.

A las personas que no creyeron en mí y me crearon dudas (“solo por medio de la duda se llega a la verdad”), facilitándome valorar a aquellas que si creyeron en mí.

A mis tíos Jorge y Hellen por el apoyo cuándo más lo necesite en éstos últimos años y por darme la posibilidad de tener más oportunidades. (Han sido un ejemplo de vida para mi).

A mis amigos de la facultad por los momentos agradables que pasar juntos y por darme un respiro (Eric, Félix, Isis, Lore, Jonny, Ivonne, Toño, Walls, Anaís (Pecas), Juanjo, Isra, Jero, Nidya, Antar, Mariana, Luis, Christian, Yovanna, Sergio, Karla, Fátima, Fhara.....y la lista sigue)

A los que no están (Lore, Alicia, Alejandro Cadaval y Titita) porque su ausencia me pesó mucho pero me enseñó que la vida continua para los que se quedan.

A mis mentores y guías: Profesora Alcántara, Cohach Martín, Torres H. Arnulfo Andrade, Félix Núñez, Alejandro Cadaval, Gonzalo Zepeda, Antonio Cordero y Juan José Obregón por su paciencia, dedicación y orientación.

A los amigos que con sus pláticas y convivencia me transmitieron energía para continuar con ingeniería y tener mayor pasión en mis acciones: Toño, Beatriz, Consuelo, Dianna, Carmen, Yúmari y Berbie.

A los amigos Ale, Caro, Wolke, Analis, Carmen, Jedeón, Carlos Vieyra, Lety, Lizbeth, Eloina, Eloisa, Izumi, Lore, Luchis, Zoe.

A los amigos de aquí: Carlos del monte, Cafaggi, Julieta, Avril, Beatriz, Tania

A los amigos de los scouts Carlos, Gabo, Alejandro, Diego, Luis Miguel, Bety, Rocio, Rebeca, Conejo, Claudia, Lizeth.

A los amigos del americano. (Equipo de "Condorez Prepa" y los "Escorpiones rojos")

A Toño por su gran amistad, buenas pláticas filosoficas, su escucha y sobre todo su gran amistad.

A los "Edronitas" y sus familias (Carmen, Barbie, Adriana, Jo) que cambiaron mi paradigma mostrándome un mundo distinto al mío el cual me gustó.

A los profesores de la facultad de quienes tuve la fortuna de aprender lo que sé de ingeniería y otras cosas quizá más importantes.

A Ana Rosa a quien en su vida las circunstancias no le fueron favorables y que ahora si los son.

A la empresa en la que se realizó el trabajo y su gente por darme la oportunidad de aprender de ellos.

En resumen a todos ellos con quienes conviví durante el tiempo que estudié ingeniería industrial.

Si bien ya mencioné a “mi profe de calidad” Juan José Obregón me gustaría mencionarlo otra vez. Admiro su dedicación como profesor y ha sido un ejemplo para mi, (quiero ser profesor dentro de algún tiempo y él es uno de los mejores modelos que he tenido), es de los pocos profesores que he conocido que se interesa por sus estudiantes en pensamiento obra y omisión.

El contenido de su materia se disfruta y se aprende por la forma en lo que expone, introduce una filosofía de vida que impulsa a sus estudiantes a ser mejores y la respalda con sus acciones en clase.

Un ejemplo quizá ilustre lo que hay detrás de lo que estoy diciendo sobre él, es de los pocos que lee todos los trabajos con puntos y comas (corrige signos de puntuación, presentación y estructura de los trabajos), se aprende los nombres de todos sus alumnos por lo que cuando entrega los trabajos va al lugar del estudiante, lo ve a los ojos, le hace un comentario sobre su trabajo, dejando abierta la posibilidad de una reflexión si así lo considera oportuno. Siempre se presenta con saco “por el respeto que se merecen sus estudiantes”.

Tuve la oportunidad de que me recomendara temas de estudio adicionales o libros a los del tema de su curso y todos me han sido de gran ayuda tanto en lo laboral como en lo personal.

Dos cursos después de haber tomado clase con él se acordaba de mí, sus consejos siempre me ayudaron a tomar decisiones o entender la situación en la que me encontraba, me brindó apoyo para realizar esta tesis y sin pedir nada que le beneficiara directamente a cambio.

Por ello Gracias!!

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1 MARCO DE REFERENCIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1 LA EMPRESA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1.1 Datos generales de la empresa:.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2 La Línea BKS.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2 LA TEORÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.2.1 Manufactura Esbelta	¡Error! Marcador no definido.
1.2.2 Herramienta 5's.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2.3 Cambio rápido / SMED	¡Error! Marcador no definido.
1.2.4 Otras herramientas de la manufactura esbelta.....	¡Error! Marcador no definido.
2 PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1 DEMANDA DE LOS CLIENTES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.1 Necesidades generales	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2 Tiempos de producción.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2 EL CAMPO DE ESTUDIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2.1 Consigna para el estudio de la línea BKS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3 ESTUDIO DEL PROCESO EN LA LÍNEA BKS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1 Planteamiento y objetivos del estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2 Metodología para el estudio en la línea BKS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4 ÁREAS ESPECÍFICAS PARA EL ESTUDIO EN LA LÍNEA BKS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3 ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1 EQUIPO AUXILIAR Y ÁREA DE TRABAJO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1.1 Equipo auxiliar	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2 Área de trabajo.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2 ESTUDIO DE LOS PROCESOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1 Preparar las máquinas para la producción.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2 Operaciones de mantenimiento en caso de falla	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3 Vigilar la calidad del producto.....	¡Error! Marcador no definido.

3.3	CONTROL DEL PROCESO Y CAPTURA DE DATOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4	ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1	ESTRUCTURA DE LAS PROPUESTAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2	PROPUESTAS REFERENTES A LOS PROCESOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.1	<i>Cambio de troquel</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.2	<i>La mesa auxiliar</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.3	<i>Centrado de los troqueles</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.4	<i>Carpetas de ajuste:.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.5	<i>Componente de fijación del troquel a la mesa de trabajo.</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.6	<i>Reaprovisionamiento y ajuste de la lámina</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.7	<i>Personal auxiliar en el reaprovisionamiento de lámina y cambio de troqueles.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.8	<i>Tamaño de rollos.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.9	<i>Cambiar los componentes del regulador.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.2.10	<i>Ajuste del cabezal e introducción de la lámina al troquel... ¡Error! Marcador no definido.</i>	
4.3	PROPUESTAS REFERENTES A LOS EQUIPOS AUXILIARES Y EL ÁREA DE TRABAJO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.1	<i>Redistribución de las estaciones de lámina y rodacargas.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.3.2	<i>Incremento de la limpieza y orden del área de trabajo</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
4.4	PROPUESTA PARA LA CAPTURA DE DATOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.4.1	<i>Estrategia de captura para SAP.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
5	RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.1	DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE FABRICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.1.1	<i>Disminución de tiempos muertos por distracciones</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
5.1.2	<i>Reducción del tiempo que toman las operaciones internas.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
5.1.3	<i>Reducción del tiempo que toman las operaciones externas.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
5.2	MAYOR CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.3	AUMENTO EN LA LIMPIEZA Y DISCIPLINA EN EL ÁREA DE TRABAJO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.4	CAPTURA DE DATOS PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA SAP	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.5	REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DEL LOTE DE PRODUCCIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6	CONCLUSIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

5.6	CONCLUSIONES SOBRE LOS OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO:	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.7	CONCLUSIONES SOBRE LA IMPORTANCIA DE ESTUDIOS TIPO EN LA PLANTA 1.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.8	CONCLUSIONES PERSONALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6	FUENTES DE CONSULTA:	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2	MESOGRAFÍA:	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2.1	<i>Criterio de clasificación de las empresas</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
6.2.2	<i>Manufactura esbelta y sus técnicas:</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
6.3	OTRAS FUENTES CONSULTADAS:	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Clasificación de las empresas por su tamaño	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2:	Manufactura esbelta (beneficios y síntomas)	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3:	Beneficios de ordenar (5's)	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4:	Comparación de la filosofía "Justo a tiempo" frente a la "Convencional";	¡Error! Marcador no de
Tabla 5:	Características de los rollos de lámina	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6:	Ponderación de los tornillos de fijación	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7:	Oportunidades de mejora y sugerencias de cambio referentes al orden y la limpieza del área de trabajo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8:	Diferencias en la duración de la actividad según el modelo;	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9:	Formación de grupos para calcular el tiempo	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Línea de producción BKS	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2: Celda de la línea BKS	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3: Distribución del Departamento de hebillas.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4: Sistema jalar	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5: Sistema Justo a tiempo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6: Mantenimiento Productivo Total (PTM)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7: Comportamiento de los tiempos de producción....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8: Porcentaje de pedidos atrasados.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9: Tiempos de fabricación por línea de producción ..	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10: Orden de los troqueles	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11: Localización del troquel para su montaje	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12: Centrado del troquel.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13: Ajuste de la máquina.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14: Perforaciones en la mesa de trabajo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15: Cajas con tornillos y bloques de fijación	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16: Ligas en el regulador del paso de lámina.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17: Diagrama ¿por qué - por qué? de los tiempos de	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18: Diagrama cómo-cómo aplicado a la reducción de tiempos de producción de la línea BKS	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20: Diagrama causa – efecto de la demora en el cambio del troquel	¡Error! Marcador no definido.
Figura 21: Regla de decisión para programar los pedidos atrasados en la línea BKS	¡Error! Marcador no
Figura 22: Ayudas visuales en la mesa de trabajo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 23: Tornillos especiales para fijación.....	¡Error! Marcador no definido.

- Figura 24: Dispositivos universales de fijación.....; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 26: Diagrama Causa efecto aplicado al ajuste y cambio de lámina; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 27: Distribución de los rodacargas y estaciones de lámina; **Error! Marcador no definido.**
- Figura 28: Obtención del indicador de la productividad total de la línea; **Error! Marcador no definido.**
- Figure 29: Elementos que intervienen en el indicador de la efectividad; **Error! Marcador no definido.**

Introducción

Las empresas nacionales se enfrentaron a la apertura del mercado global que ha generado un ambiente cada vez más competitivo acentuando la necesidad de ingenieros industriales que contribuyan a aumentar la productividad de las industrias nacionales.

Este estudio es una muy pequeña contribución para amentar la productividad de una empresa dedicada a la fabricación de piezas troqueladas, el estudio se concentra en una de sus líneas de producción la línea BKS, debido a que es una de las líneas que presenta un mayor número de lotes de producción atrasados y el volumen de productos que maneja. En el Capítulo 1 se describe a la empresa y dicha línea de producción mientras que en el Capítulo 2 se describe la situación actual a la que se enfrenta.

El estudio surgió cuando la empresa decidió capturar la información necesaria para alimentar y activar el módulo de planeación de la producción del sistema ERP-SAP debido a que la necesidad de sus clientes por recibir sus pedidos a tiempo cobró mayor importancia y cuando se realizó la implantación del sistema se redujeron los tiempos de producción aún al implantarse el sistema de forma incompleta.

Al empezar el análisis de la situación para identificar la línea de producción en la que se empezaría a obtener los datos y cómo se obtendrían, se identificaron una serie de irregularidades en el proceso que puso de manifiesto la necesidad de un análisis más minucioso del proceso antes de la captura de los datos.

Para realizar el estudio de los procesos se tomó como referencia las herramientas y teorías que componen la filosofía de la Manufactura esbelta, una breve introducción a esa filosofía se presenta en el Capítulo 1, a partir de esas herramientas se realizó un análisis crítico de las áreas de oportunidad, que componen el tercero de los capítulos, en él se identificó que los retrasos se

generaban por: una secuencia de operación en la que la máquina permanecía inactiva más tiempo del necesario, es decir la máquina se ponía en estado de paro para realizarse operaciones externas (operaciones que para realizarse no es necesario que la máquina permanezca inactiva) y que las operaciones internas (operaciones que para realizarse es necesario que la máquina permanezca inactiva) tomaban demasiado tiempo. Adicional a esto se identificó que los equipos auxiliares eran insuficientes y su ubicación no era la más adecuada; que faltaba orden y organización en el área de trabajo y que las herramientas eran inadecuadas para la aplicación que se les daba, entre otras causas.

A partir del diagnóstico de esa situación se elaboraron una serie de propuestas que buscaron cumplir con los objetivos: Identificar las áreas de oportunidad de la línea BKS; Elaborar un conjunto de propuestas para la reducción de los tiempos de producción; Proponer un mecanismo para la captura de los datos necesarios para la alimentación de SAP; Proponer un sistema para evaluar la productividad de la línea BKS; Reducir el tamaño del lote mínimo de producción e Identificar si se justifica realizar estudios similares en otras áreas para aumentar la productividad de la planta.

Las propuestas que se presentaron consistieron en:

1. Reducir el tiempo que toma el cambio de troquel por medio de:

Una regla de decisión para programar los productos en la línea BKS, la introducción de una mesa auxiliar para los troqueles y herramientas, un control del estado del troquel antes de su almacenamiento; la estandarización de los parámetros de ajuste de la máquina; la introducción de ayudas visuales para el ajuste y dispositivos especiales para agilizar la fijación y remoción del troquel

2. Facilitar el reaprovisionamiento de lámina y ajuste de componentes

Contar con el apoyo de una persona auxiliar para la preparación del equipo e insumos necesarios para realizar las operaciones internas; la estandarización del

tamaño de los rollos de lámina; la reubicación de las estaciones de lámina y de los rodacargas; el cambio de los componentes del regulador del paso de lámina y la introducción de controles visuales para los ajustes del paso de lámina y el cabezal

3. Observaciones varias sobre el equipo auxiliar y área de trabajo

La reubicación de las estaciones de lámina y de los rodacargas, la introducción de un sistema 5's, y una serie de observaciones sobre la limpieza y el orden en el área de trabajo

4. Una propuesta sobre la forma en que se pueden obtener los datos para alimentar el sistema MRP-SAP

Un formato para realizar la captura de datos para alimentar el sistema SAP y la formación de grupos de troqueles representativos para tomar los tiempos de preparación del cambio del troquel.

Una serie de indicadores de la productividad para establecer e identificar las desviaciones de la productividad generada en la línea BKS.

Los resultados que se obtuvieron de esas propuestas se pueden traducir en cerca de 40 lotes adicionales al mes, por lo que si en se realizaran estudios similares en las distintas líneas de producción el número de pedidos atrasados se reduciría a tal grado de eliminar los pedidos atrasados que se tienen actualmente.

Con esas propuestas se consiguieron los objetivos planteados y se sentaron las bases para realizar estudios similares en otras líneas de producción que forman parte de la planta lo que se expone en el Capítulo 6 referente a las conclusiones.

1

Marco de Referencia

Este capítulo cuenta con dos secciones: En la primera se expone la empresa en la que se realiza este trabajo y en la segunda se muestran las teorías que sirvieron como referencia para la elaboración del estudio.

En la primera sección se expone el tamaño de la empresa, su historia y situación actual, así como una descripción del funcionamiento y localización de la línea de troquelado “BKS” que es una de las líneas de producción de la planta en donde se realizó el trabajo.

El representante de la empresa solicitó que en este trabajo no se hiciera referencia a la empresa por su nombre y se tuviera discreción con los datos que se presentarán, por lo que sólo se presentan los datos generales.

En la segunda sección se exponen los conceptos y directrices de la “Manufactura Esbelta”, teoría que se utilizó como referencia para analizar la situación actual de la línea de producción BKS y elaborar las propuestas.

El contenido de las herramientas de la manufactura esbelta se expondrán con un mayor detalle ya que sus conceptos se emplearán en los siguientes capítulos.

1.1 La empresa

1.1.1 Datos generales de la empresa:

El representante de la empresa en la que se realizó éste trabajo solicitó que no se revelara el nombre de la empresa y se fuera discreto con el uso de los datos obtenidos, por lo que sólo se presentarán algunos datos generales.

La empresa pertenece al ramo metal-mecánico, se especializa en el troquelado para la producción de piezas pequeñas; el doblado de alambre de acero y de aluminio para productos ferreteros, y en la fundición en cámara caliente¹ de Zamac² para la elaboración de piezas de pequeño peso.

La empresa cuenta con dos plantas:

La que se denominará “Planta 1” que es en la cual se realizó el trabajo, produce piezas a partir de alambre y productos troquelados así como la combinación de estos dos productos. Tiene como principal mercado la industria ferretera y la industria del vestido y la industria del calzado.

La que se denominará “Planta 2” dedicada a la fundición de Zamac cuyos principales productos son hebillas y productos relacionados con la moda del vestido y el calzado.

Este trabajo se realiza en una línea de producción de piezas troqueladas que forma parte de la “Planta 1”, a la cual se le conoce dentro de la planta como “Línea BKS”, esto debido a que los modelos de las prensas troqueladoras tienen ese nombre.

¹ Existen dos tipos de fundición a presión (Die Cast) en función de la temperatura a la que se funde el metal.

1) El de cámara caliente, en el cual el contenedor del metal fundido es parte de la máquina, tiene temperaturas de fundición menor al tipo 2) Cámara fría, en el que el recipiente está alejado de la máquina para evitar el deterioro de los componentes de la máquina por las temperaturas más elevadas de fundición.

² El Zamac es una aleación compuesta principalmente de Zinc y Aluminio.

Se tiene que la Secretaría de Economía clasifica a las empresas en micro, pequeñas, medianas y grandes según el número de empleados y los ingresos anuales que percibe, dicha clasificación y los criterios para el sector industrial se muestran en la Tabla 1: “Clasificación de las empresas por su tamaño”³

Según esa clasificación la empresa es considerada grande ya que en ella trabajan 250 personas de forma fija y alrededor de 50 operadores temporales, además el volumen de ventas anuales es mayor a los \$20' 000, 000.

<i>Clasificación de las empresas según el número de empleados/ volumen de ventas anuales</i>		
Denominación	Número de empleados	Volumen de ventas anuales
Micro	1 a15	Hasta 900, 000
Pequeña	16 a 100	Hasta 9' 000, 000
Mediana	101 a 150	Hasta 20' 000, 000
Grande	251 o más	Más de 20' 000, 000

Tabla 1: Clasificación de las empresas por su tamaño

La historia de la empresa

En los 1950's la empresa inició operaciones en el sur del Distrito Federal en la Delegación Iztapalapa en colindancia con la Delegación Coyoacán, con capital nacional proporcionado por un socio único. Se atendió al mercado de las hebillas troqueladas con las primeras máquinas de troqueladoras de la “Planta 1”.

En los 1960's se incursionó en el mercado de los productos fabricados con alambre introduciendo también productos ferreteros y convirtiéndose rápidamente en los líderes de ese sector.

³ Fuente: Página de Internet de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social: www.stps.gob.mx.

En los 1970's las ganancias se reinvirtieron en otras máquinas troqueladoras consolidándose desde entonces como empresa líder en el mercado de componentes metálicos para el vestido y el calzado.

En los años 1980's inició operaciones la "Planta 2" (fundición de Zamac) con máquinas para la fundición a presión y máquinas de fundición centrífugas.

En los 1990's se introdujeron las líneas de conformado de piezas base alambre de aluminio y se actualiza el taller mecánico con las máquinas más modernas del mercado, lo que le da la capacidad de producir sus propios moldes, troqueles y herramientas con gran precisión.

En esa década se comercializan y distribuyen en México productos chinos y en el año 2000 se invierte en un sistema Enterprise Resources Planning (ERP) de la compañía SAP⁴, pero por la naturaleza de las operaciones y el tiempo que se dispuso para su implantación, el sistema tiene varias aplicaciones que no fueron habilitadas en su totalidad.

El sistema ERP permite tener control sobre las cantidades de productos que solicitan los clientes por lo que se reducen los inventarios considerablemente.

En el 2006 la empresa es líder en productos ferreteros y en piezas metálicas del calzado y del vestido; cuenta con más de 20 máquinas de fundición a presión de Zamac, cerca de 50 máquinas de troquelado, conformado de piezas con alambre de acero y de aluminio, tiene varias líneas de acabados por galvanoplastia y un taller mecánico capaz de producir con gran precisión sus propios troqueles, moldes y herramental.

Actualmente la empresa ve como una posibilidad maquilar productos industriales a productores nacionales para amortiguar el impacto de la competencia de los productos chinos.

⁴ SAP es el nombre de la compañía que diseñó el ERP. La empresa SAP tomó el nombre del acrónimo de Systems applications in data processing. A partir de este ahora usaremos "ERP-SAP" hacer referencia a este sistema

1.1.2 La Línea BKS

La línea de producción BKS está en el departamento de hebillas de la planta 1", se compone de seis celdas de trabajo cada una con una prensa troqueladora de 13 toneladas y equipos periféricos. La figura 1: "Línea de producción BKS" es una fotografía de la línea de producción BKS:



Figura 1: Línea de producción BKS

Cada celda de trabajo mostrada en la Figura 2: "Celda de la línea BKS" cuenta con un alimentador de lámina que se compone de un devanador (parecido a un molino) y de un control que libera lámina suficiente para la operación (barra a la derecha del devanador).

Las celdas cuentan con una caja para recibir el producto terminado, un bote para recibir los recortes de la lámina (sobrante de la lámina) y una lámpara usada a contraluz para ver los recortes de lámina que pudieran permanecer en el interior del troquel.

Adicionalmente se cuenta con tomas de aire comprimido para realizar la limpieza del interior del troquel.



Figura 2: Celda de la línea BKS

Además del equipo correspondiente a cada celda, se tiene equipo y áreas compartidas con las otras celdas de trabajo como:

- a. Herramientas y guantes de carnaza
- b. Tijeras de corte de lámina
- c. Escurridor de rollos de lámina

Con otras líneas del mismo departamento se comparte el:

- a. Cuarto de reparación de troqueles
- b. Almacén de troqueles 1
- c. Almacén de troqueles 2
- d. Zona para la acumulación de recorte de lámina
- e. Rodacargas

Con otros departamentos se comparten:

- a. Planta soldadora
- b. Piedra esmeril
- c. Taladro de mano con accionamiento neumático

En la Figura 3: “Distribución del departamento de Hebillas”, se muestra la línea BKS, la distribución de las celdas de trabajo, el equipo empleado en la línea de producción BKS (rodacargas) y los almacenes virtuales de lámina.

La materia prima (rollos de lámina) la proporciona el “Almacén de lámina y alambre” y se coloca en “almacenes virtuales de lámina” para evitar que el operador de las líneas de producción tenga que desplazarse hasta el almacén de lámina y alambre.

Los troqueles del departamento de hebillas se guardan en uno de los dos almacenes: el Almacén 1 que alberga los troqueles de mayor tamaño, mientras que el Almacén 2 aloja los troqueles más pequeños.

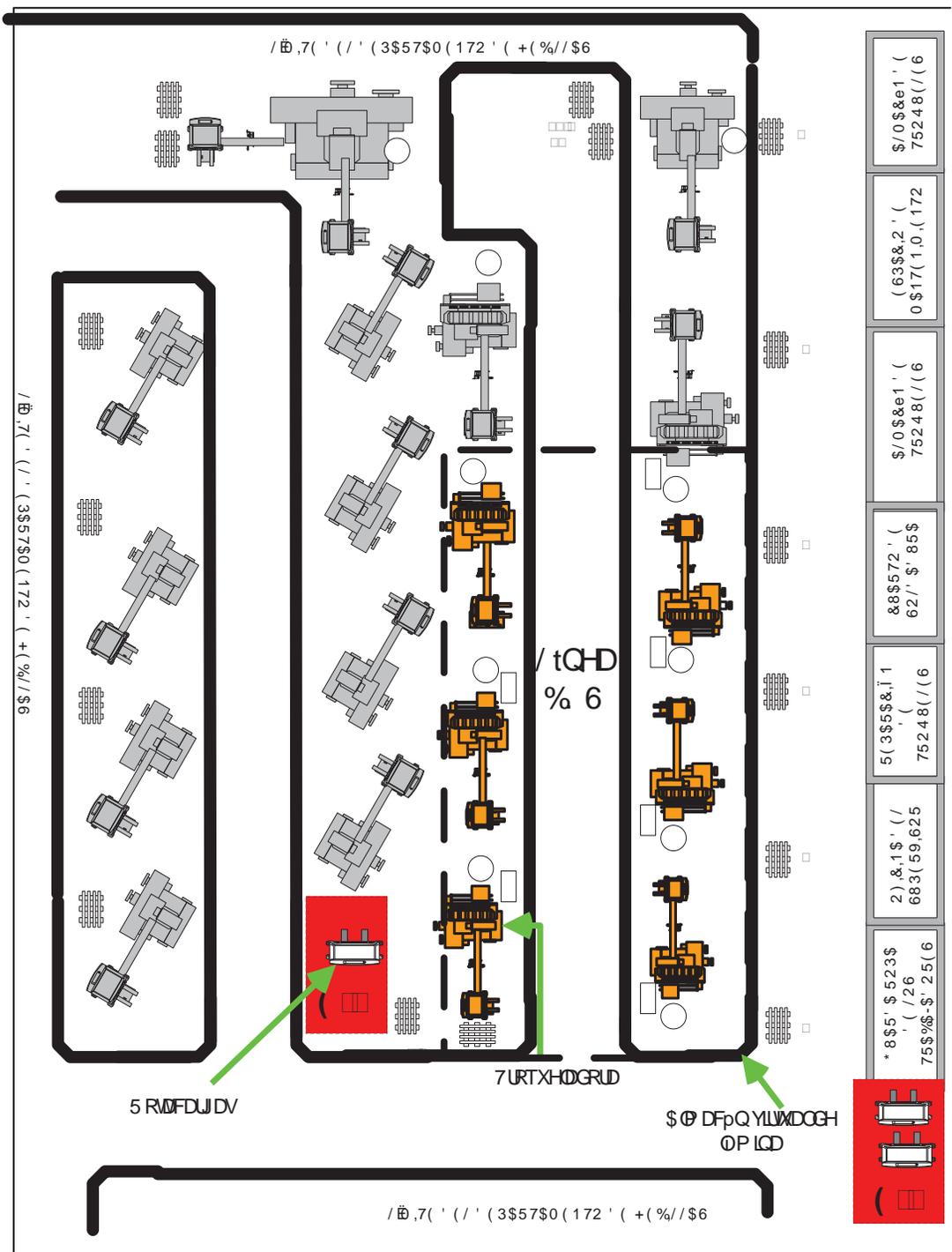
La operación de la línea BKS está a cargo de tres operadores quienes tienen las siguientes responsabilidades:

- 1) Preparar las máquinas para la producción:
 - i. Montar y desmontar los troqueles para la producción,
 - ii. Reaprovisionar la lámina
 - iii. Realizar algunos ajustes a las máquinas
 - iv. Ajustar el paso de la lámina⁵
 - v. Ajustar el cabezal

- 2) Dar mantenimiento al herramental de los troqueles en caso de falla
 - i. Desarmar troquel
 - ii. Armar y desarmar el troquel
 - iii. Cambiar partes
 - iv. Afilar herramental

- 3) Vigilar la calidad del producto

⁵ El paso de lámina es la cantidad de lámina con que se alimenta a la prensa troqueladora en cada golpe



88\$572' (62/' \$' 85\$'	5(3\$5\$&.1' (75248(/(6	2) &.1\$' (/ 683(59,625'	* 88\$5' \$ 523\$' (/26' 75\$%\$- \$' 2.5(6
\$/0\$&e1' (75248(/(6	88\$572' (62/' \$' 85\$'	\$Ø DFpQ YLWMDOGH ØP IQD	(
(63\$&.2' (0\$17(1.0.(172	5(3\$5\$&.1' (75248(/(6	5 RMDFDJ DV	7URT XHDGRUD
\$/0\$&e1' (75248(/(6	2) &.1\$' (/ 683(59,625'	5 RMDFDJ DV	5 RMDFDJ DV
\$/0\$&e1' (75248(/(6	88\$572' (62/' \$' 85\$'	5 RMDFDJ DV	5 RMDFDJ DV

Figura 3: Distribución del Departamento de hebillas

1.2 La teoría

1.2.1 Manufactura Esbelta.

La manufactura esbelta es una filosofía para la producción originada en el Japón, fue el resultado de la investigación y aplicación de conocimientos para hacer más flexibles las celdas de trabajo por medio del control del flujo y almacenamiento de las materias primas, eliminando las operaciones que no agregan valor al producto y mejorando los procesos para hacer más eficientes sus operaciones.

El objetivo es aumentar o mantener el margen de utilidad por medio de la mejora continua de los procesos al eliminar todo tipo de despilfarro y aumentar la calidad del producto, reduciendo el costo de producción y el tiempo de entrega del producto.

Algunos de los mayores exponentes de la filosofía de la manufactura esbelta son los llamados “Gurúes de la calidad” ya que ambas filosofías convergen en sus objetivos y métodos, entre algunos de esos personajes se encuentran: William E. Deming, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo.

El beneficio de la manufactura esbelta:

La manufactura esbelta aplica una serie de herramientas para lograr su objetivo, cada una de ellas involucra una actitud y filosofía por sí misma, por lo que los beneficios que se obtienen están en función de las herramientas que se empleen.

Es común que si una empresa tiene síntomas o problemas que una o varias de las herramientas de la manufactura flexible pueden solucionar, se aplique sólo esa o esas herramientas.

Los beneficios que se obtienen con aplicar más de una herramienta generan una sinergia que sobrepasa la suma de los beneficios que cada una de las herramientas generaría por sí misma.

En términos generales, el uso de las herramientas de la manufactura esbelta es deseable cuando se buscan los beneficios, o se observan los síntomas mostrados en la tabla 2: “Manufactura esbelta (beneficios y síntomas)”

Manufactura Esbelta	
Beneficios	Síntomas de su necesidad
Calidad del producto	Devoluciones y rechazos del producto
Menos mano de obra	Mano de obra no balanceada con el ritmo de producción
Reducción del tiempo de entrega	Retrasos en los tiempos de entrega
Reducción de inventarios	Sobreproducción y altos niveles en los inventarios
Mayor eficiencia de los equipos	Equipos subutilizados o sobre utilizados
Disminución de los desperdicios	Mermas, retrabajos y desperdicios

Tabla 2: Manufactura esbelta (beneficios y síntomas)

Algunas de las herramientas de la filosofía de la manufactura esbelta se muestran a continuación y se desarrollarán a continuación debido a que son empleadas para este trabajo.

Herramientas de la Manufactura Esbelta:

1. 5's*
2. Justo a tiempo
3. Kan-ban
4. Células de manufactura
5. Control visual*
6. Sistema jalar (JAT o JIT)
7. Mantenimiento Productivo Total
8. Concepto de productividad total efectiva de los equipos (PTEE)
9. Producción Nivelada (Heijunka)
10. Verificación de proceso (Jidoka)
11. Dispositivos “Poka Yoke”
12. Indicador Visual (Andon)
13. Cambio rápido de modelo (SMED)*
14. Mejora continua (Kaizen)
15. Diagrama causa-Efecto
16. Diagrama ¿Porqué – porqué?
17. Diagrama ¿Cómo – cómo?

1.2.2 Herramienta 5's

Ésta herramienta es útil cuando existe desorganización, una pobre limpieza en el área de trabajo y una baja moral. Su objetivo es lograr la eficiencia de las personas en los centros de trabajo.

Actualmente algunas empresas han adaptado este sistema añadiendo una o más "S" al modelo original manteniendo su esencia, por lo que es común encontrar en las empresas sistemas llamados 5's +1, 6's, 6's +1, 7's o 9's.

Entre los beneficios que la herramienta 5's tiene para el área de trabajo se encuentran:

Mayor calidad del producto y de vida de los trabajadores; tiempos de respuesta más cortos; mejor estado de los equipos de trabajo; generación o mantenimiento de una cultura laboral provechosa para el trabajador y para la empresa, y la reducción de mermas y productos que no cumplen las especificaciones.

El nombre de las 5'S proviene de la inicial de los términos japoneses:

- **Seiri**: Clasificación o Seleccionar
- **Seiton**: Organización
- **Seiso**: Limpieza
- **Seiketsu** : Estandarizar
- **Shitsuke**: Disciplina o mantenimiento

Estos términos se refieren a un conjunto de acciones que se emprenden para conseguir y mantener el área de trabajo organizada, limpia y más segura.

Estas acciones repercuten al aumentar la calidad de vida de quienes participan e incrementa la productividad de la estación de trabajo. La descripción del tipo de acciones que implica cada una de las "s" es:

1's Clasificar (Seiri)

Se resume en retirar del área de trabajo todo lo que no se emplea regularmente. Al desechar todo lo que no se ocupa se obtiene mayor espacio en el área de trabajo y ayuda a eliminar la actitud "por si acaso".

Clasificar consiste en:

Separar lo que realmente sirve de lo que no sirve y lo que es estrictamente necesario. Eliminar lo excesivo y separarlo de lo restante de acuerdo con su uso, naturaleza y necesidad. Colocar las herramientas de forma que se acceda a ellas de forma rápida y fácil. Eliminar elementos que pueden poner en riesgo la seguridad del trabajador o del equipo y eliminar información innecesaria y que puede inducir a errores de interpretación.

Clasificar tiene entre sus ventajas:

Liberar espacio útil en planta; reducir los tiempos de acceso al material, herramientas y otros elementos; mejorar el control visual de los inventarios; evitar pérdidas de productos deteriorados por su exposición a un ambiente no adecuado; facilita controlar de forma visual el funcionamiento de las máquinas, de los trabajadores y los niveles de inventario.

2's Ordenar (Seiton)

Ordenar se resume en "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".

El orden se logra por medio de la delimitación de las áreas de trabajo, así como el lugar de los instrumentos empleados para las operaciones.

El ordenar consiste en:

Habilitar un sitio adecuado para los elementos empleados para realizar el trabajo rutinario, de tal modo que sea fácil su acceso y su retorno a ese lugar; distinguir un sitio adecuado para los elementos que se emplean con poca frecuencia y designar un lugar para los elementos que sólo se usan esporádicamente

En el caso de maquinaria, introducir elementos visuales, sensoriales o físicos en los equipos para aumentar la seguridad del operario y el correcto funcionamiento del equipo.

Emplear un sistema para identificar las instalaciones de electricidad, tubería, aire comprimido, etc. Capacitar al operador sobre los componentes de los equipos de producción con los que trabaja y la forma de identificar sus fallas.

Algunos de los beneficios que se obtiene al ordenar se muestran en la Tabla 2: “Beneficios de ordenar (5's)”

Para el trabajador	Para la organización
Facilita la localización de los elementos requeridos para realizar el trabajo	Controlar de forma visual los niveles de inventario
Previene accidentes	Se evitan pérdidas por errores en la producción
Crea la imagen de orden y responsabilidad	Crea la imagen de orden y responsabilidad
Se dispone de mayor espacio para realizar el trabajo	Prevención de fallas en los equipos por medio su identificación temprana
El aseo y limpieza se facilitan	Mejora la productividad de la empresa
Aumenta la seguridad del operario	Se conserva y utiliza el conocimiento de los trabajadores
Mejora la estética del área de trabajo	Aumenta el cumplimiento de las órdenes

Tabla 3: Beneficios de ordenar (5's)

3'S Limpieza (Seiso)

El concepto "Seiso" se refiere a algo más que la limpieza ya que implica inspección de las condiciones de la máquina o elemento que se está limpiando, el examen de la máquina se efectúa de forma rutinaria al terminar las actividades de producción.

El limpiar consiste en:

Que el operador limpie el área de trabajo y sus máquinas como parte de la rutina de la jornada de trabajo, al tiempo que realiza la limpieza da mantenimiento al equipo (limpieza y mantenimientos para él son sinónimos), por ello el operador debe tener conocimiento sobre el correcto funcionamiento de las partes del equipo para monitorear su buen estado.

Limpiar tiene los beneficios:

Reducir el riesgo de accidentes y fallos en el equipo. Aumentar la efectividad del equipo evitando posibles daños, eliminar desperdicios ocasionados por fugas y por último, el trabajador desarrolla un sentido de pertenencia con su equipo y maquinaria

4'S Estandarización (Seiketsu)

La estandarización es definir cómo se considera que las "s" anteriores deben aplicarse para tener un parámetro de consulta y evaluar los avances.

El estandarizar consiste en:

Elaborar los procedimientos, normas o reglamentos para aplicar las tres primeras "S" por escrito, en los cuales se pueden incluir fotografías o ayudas visuales para que cualquiera pueda verificar que se realizan correctamente.

Los manuales o normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad y procedimiento a seguir en caso de irregularidades. En estos manuales se indican las normas de ajuste de las máquinas.

Estandarizar tiene los beneficios:

Mantenerse y mejorarse el estado de limpieza y funcionamiento que se logró con las "S" anteriores; enseñar cómo se deben elaborar las normas; hacer un acervo del conocimiento; evitar errores de limpieza; discriminar el tipo de mantenimiento necesario y que los operadores adquieran mayor responsabilidad y aumente su compromiso.

5´S Disciplina (Shitsuke)

Consiste en seguir el estándar establecido y corregir las desviaciones.

Para lograrlo, se realizan visitas no programadas, revisiones periódicas, y sobre todo compromiso por parte de los operadores.

Consiste en elaborar un programa para revisar que se esté llevando a cabo como se acordó lo expuesto en la "s" anteriores. Dicho programa y la ejecución del mismo, es elaborado y ejecutado por los propios trabajadores y operarios.

Entre los beneficios que ofrece "Shitsuke" se encuentran el promover la creación de hábitos, fortalecimiento del compromiso y la disciplina entre otros.

1.2.3 Cambio rápido / SMED

Cambio rápido (“Quick Exchange”) es una metodología para reducir el tiempo que toma hacer los ajustes del herramental y los componentes de línea de producción para cambiar la fabricación de un producto a otro en menos de un minuto, por lo que se conoce también como “Single Minute Exchange Dies” (SMED).

La historia del SMED:

En el Japón en 1950, Toyota solicitó al Dr. Shingeo Shingo que realizara un estudio para reducir el tiempo que tomaba cambiar el troquel de unas prensas que eran un cuello de botella en la línea de producción. El Dr. Shingo realizó el estudio siguiendo a los operarios y al troquel durante todo el proceso; con sus resultados y propuestas redujo el tiempo de cambio de troqueles de cuatro horas a menos de una hora.

En 1969, el reto que se logró fue que el tiempo se redujera a un solo dígito de minutos (menos de 10), por ello la técnica de estudio que desarrollo y perfeccionó para lograrlo lleva el nombre de “Single Minute Exchange Dies” y es conocido como SMED.

La metodología del SMED

Shingeo Shingo identificó tres tipos de operación: aquellas que se ejecutaban cuando la máquina estaba inactiva (“Operaciones internas”), las operaciones que se ejecutaban cuando la máquina estaba en operación (“Operaciones externas”) y las operaciones que no intervenían en el resultado del proceso y por tanto se podían eliminar sin que se afectara el resultado final (“Operaciones demora”).

Su primer paso fue eliminar las etapas demora; el segundo, reducir el número de operaciones que se ejecutaban cuando la máquina estaba inactiva, suprimiéndolas o ejecutándolas durante la operación de la máquina. Por último, redujo la duración de las operaciones cuando la máquina está inactiva por medio

de dispositivos, procedimientos o herramientas especiales. (Relacionándose con los sistemas Poka-Yoke⁶). Entre las acciones que realizó en esos pasos se encuentran estos ejemplos genéricos:

Eliminar demoras:

Reordenó la secuencia de las operaciones para lograr un flujo de trabajo más suave y eliminar los tiempos muertos. Suprimió algunas operaciones que no afectaban en el resultado del producto.

Mejorar las operaciones externas:

Redujo la cantidad de piezas a ajustar (por ejemplo empleando uno o dos tornillos para la fijación del troquel en lugar de cuatro); uniformó las medidas de las piezas para evitar su selección. Acercó las partes, componentes y las herramientas al lugar en donde se trabaja. Aplicó controles visuales para que el operador pudiera identificar a simple vista el nivel de inventarios, correcta operación o ajuste de las partes. Convirtió algunas operaciones a operaciones externas, que en el caso de los dispositivos que se empleaban para las prensas consistía en calentar los dados. Acercó el material a procesar e introdujo controles visuales para determinar su nivel con facilidad. Organizó el lugar y diseñó dispositivos para el control de herramientas que permitían su organización.

Simplificar los pasos internos:

Diseñó herramientas especiales para que facilitaran la operación modificando las herramientas con las que se contaba. Introdujo el uso de *clamps*⁷ y de pernos para sustituir los tornillos. Propuso el uso de plantillas para el ajuste de las piezas.

⁶ Los sistemas poka-yoke conocidos como sistemas a prueba de errores, son dispositivos para evitar que se realicen las operaciones indebidamente)

⁷ No hay una traducción aceptable del término, se refiere a un dispositivo de fijación fácil de poner y quitar ya que tiene un dispositivo parecido a un broche.

En el movimiento de los troqueles, sustituyó el uso de grúas por carros que proporcionaban mayor precisión en los movimientos. Con dispositivos y piezas universales eliminó que se tuvieran que seleccionar las piezas.

Control de avances

Los resultados que se obtuvieron con las mejoras se medían y el proceso se estandarizaba una vez que se había logrado el tiempo meta. Propuso que el proceso se estudiara periódicamente para continuar reduciendo el tiempo y propuso la elaboración de un programa en el que se establecieran las metas de tiempo a alcanzar cuando se cambiaba el molde.

Qué ventajas tiene el SMED

De la experiencia se identificó que al reducir el tiempo de montaje de los troqueles se reducía el tiempo de entrega; que es una herramienta de competitividad ya que se puede ofrecer una gama más amplia de productos para satisfacer la demanda de los clientes; que se emplea un número menor de componentes por lo que se requiere un control más sencillo en los inventarios y que se reducen indirectamente los costos al reducir y simplificar el control de los inventarios y reducir los tiempos. El proceso se monitorea constantemente por lo que se tiene un mayor control del proceso al tiempo que se acumula experiencia que permanece en la estación de trabajo.

Los dispositivos que se emplean son la base para el sistema Poka-yoke (a prueba de errores) por lo que se aumenta la calidad del producto al tiempo que se reducen los riesgos de accidentes.

El trabajador forma parte del proceso de reducción de tiempos de cambio de molde por lo que adquiere un sentido de pertenencia y genera un sentimiento de logro que se ve reflejado en un cambio de su actitud.

1.2.4 Otras herramientas de la manufactura esbelta

Kanban y el Sistema jalar

Kanban es una herramienta originada en el Japón para comunicar por medio de un indicador visual a la estación de trabajo anterior sobre la necesidad de material para producir un lote de producto, lo que permite tener un mayor control sobre la calidad de los productos, el flujo de trabajo, las materias primas y productos en proceso de fabricación; evitando así trabajos innecesarios y la sobreproducción.

Esta herramienta se basa en la filosofía de jalar, que consiste en generar una orden de producción sólo cuando existe una necesidad en firma (para un pedido) y se indica a la celda de trabajo anterior que se necesita más materia prima la cual a su vez le indicará lo mismo a la celda anterior. Esa comunicación, en el caso del Kanban, se logra por medio de dos tarjetas, la de producción y la de transporte.

Con el uso de esta herramienta se previene la realización de trabajos innecesarios y la sobreproducción; se tiene un mayor control de las materias primas y se identifican inmediatamente los problemas de falta de calidad en los productos y la etapa que los genera, lo que se representa en la figura 4: “Sistema Jalar”⁸.

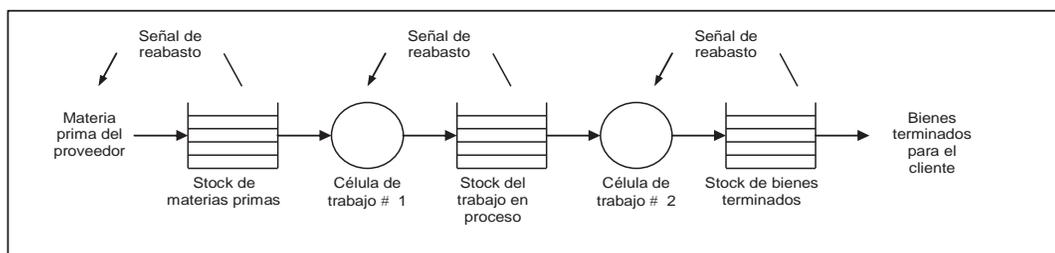


Figura 4: Sistema jalar

⁸ Figura tomada de la página <http://www.monografias.com/manufact-esbelta/manufact-esbelta.shtml#herram>

En esta herramienta todos los trabajos deben seguir la secuencia predeterminada, sólo se permite el enviar a la estación siguiente productos con la calidad requerida (la calidad del producto en esa etapa del proceso es responsabilidad del operario) y en caso de existir algún problema se hace saber inmediatamente a todos los involucrados, sólo se puede transportar o producir el producto con la autorización que brinda la tarjeta Kanban, los lotes deben ser pequeños y su número no debe exceder una cantidad preestablecida, sólo se produce la cantidad indicada en la tarjeta. La línea de producción que conforma la celda de trabajo debe estar balanceada para que el flujo en toda la línea sea constante.

Es poco recomendable emplear el Kanban cuando el flujo no es uniforme, la mezcla de productos fabricados es inestable, la preparación de las máquinas toma mucho tiempo en relación con el tiempo de producción, el sistema de producción no se ha estabilizado (hay fluctuaciones debido a constantes paros no previstos en las máquinas) o si existe poca comunicación entre ventas y producción.

Justo a tiempo

Los sistemas “Justo a tiempo” tuvieron su origen en el Japón al complementar una técnica de control de inventarios del proceso llamada “Kanban”, en la que se vigila de forma estricta los niveles de inventario en los almacenes y en las celdas de trabajo.

El Justo a tiempo es una filosofía que tiene como idea básica el producir la cantidad de bienes solicitados en el momento en el que se genera la demanda para evitar la generación de inventarios.

Se base en el concepto de tirón, donde sólo la demanda del mercado genera una orden de producción que jala los lotes de productos de las celdas de trabajo. Al aplicar el concepto de tirón se reduce la necesidad de inventarios, los cuales

esconden ineficiencias en el sistema de producción como problemas de calidad, cuellos de botella, demanda volátil, previsiones inexactas, proveedores poco fiables, entre otros, por lo que al aplicar un sistema de este tipo se reducen los desperdicios y se reduce el tiempo de producción.

Esta filosofía contrasta con el sistema tradicional de empujar donde se producen partidas anticipadas de los productos y luego se intenta colocarlas en el mercado, algunas diferencias entre estos dos sistemas se muestran en la tabla 4: "Comparación de filosofía Justo a Tiempo frente a la convencional".

Problema	Filosofía convencional	Filosofía del Justo a Tiempo
Calidad contra costo	Menos costo con calidad aceptable	Calidad consistente y cada vez mejor
Existencias	Grandes existencias para obtener: -Descuentos por volumen -Economías de escala - Stocks de seguridad	Bajas existencias con un flujo continuo fiable y rápido
Flexibilidad	Largos plazos de entrega Flexibilidad mínima	Plazos de entrega cortos Gran flexibilidad
Tamaño del lote de producción	Grandes y esporádicos	Pequeños y frecuentes
Transporte	Mínimo costo a un nivel aceptable	Fiabilidad en el transporte
Proveedores y clientes	Duras negociaciones (adversarios) Muchos (por si uno falla u ofrece un mejor precio)	Asociaciones a largo plazo (Beneficios mutuos y confianza en la relación)
Mano de obra	Gran plantilla, Intercambiable, a el costo más bajo que se pueda	Poca gente multifuncional y bien preparada, procurarlos
Programación de la producción	Producir luego vender Con grandes variaciones en la carga de trabajo	Vender, luego producir Anticipada y estricta Mantenimiento de un flujo suave y líneas balanceadas
Comunicación	Poca y en secreto	Abierta y continua
Orientación	Orientación a los costos	Orientada al servicio del cliente y os costos

Tabla 4: Comparación de la filosofía "Justo a tiempo" frente a la "Convencional"

Entre los beneficios que ofrece el implantar esta filosofía se encuentran: la reducción de los recursos empleados para satisfacer la demanda, aumento en la calidad de los productos ya que está se puede identificar con mayor facilidad en dónde se producen los productos no conformes, eliminar la sobreproducción que

se refleja en los costos de almacenamiento; elimina la incertidumbres sobre la cantidad de productos que se tienen que producir para resarcir aquellos productos que no cumplieron las especificaciones; mano de obra más comprometida, capacitada y eficiente al formar una relación a largo plazo con ella (personas que pueden operar más de una máquina, mejor pagada y procurada por la empresa, lo que origina un sentimiento de pertenencia por parte del operario); facilita el proceso de mejora continua; relaciones sólidas con clientes y proveedores que derivan en alianzas ofreciendo ventajas competitivas. La figura 5: “Sistema Justo a Tiempo” muestra la interacción que tiene las áreas que lo componen.

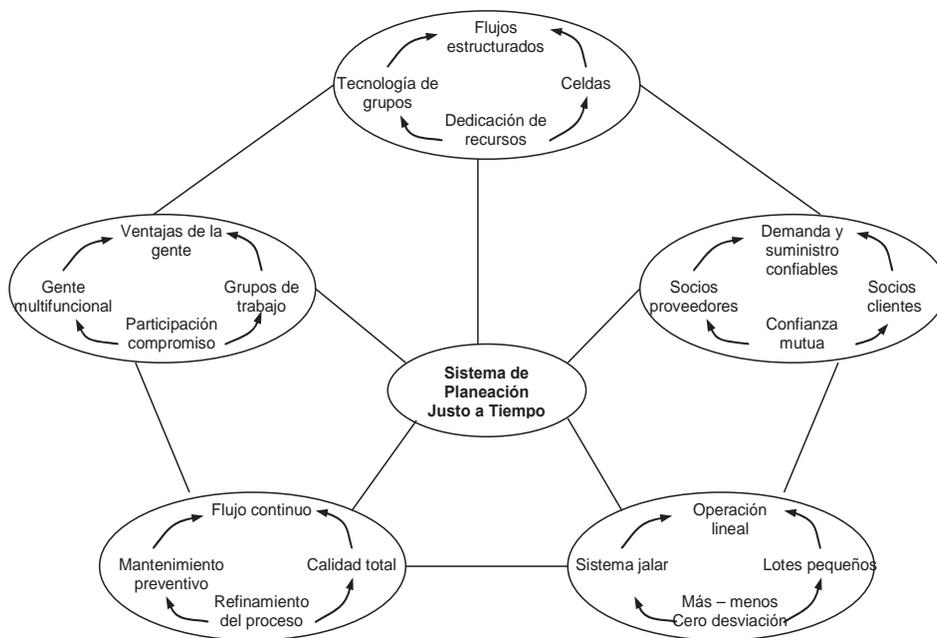


Figura 5: Sistema Justo a tiempo

Células de manufactura

Las células de manufactura es una distribución de las máquinas relativamente nueva, en la cual diversas máquinas son agrupadas para simular el flujo de la planta en un área menor, con lo que se reducen las operaciones de transporte al tiempo que se gana flexibilidad, reduciendo las colas de espera.

Esta configuración de la planta tiene entre sus ventajas que el control del flujo del producto en proceso se facilita en cada celda, por lo que se obtiene mayor limpieza y orden en el área de trabajo, se aumenta la calidad en los productos, se sustituyen los grandes almacenes de materias primas por pequeños almacenes de materia en proceso y se eliminan los equipos para el desplazamiento del producto como son bandas transportadoras.

Los requisitos para tener disponer las máquinas en celdas de trabajo son: Tiempo de montaje y preparación bajos, lotes de producción pequeños en volúmenes suficientes, que se distingan familias de productos (productos que seguirán la misma secuencia), personal capacitado para operar distintas máquinas, un tiempo de operación en cada etapa de trabajo balanceado

Las características de este tipo de sistemas son: una mayor dependencia de la gente en lugar de dependencia a las máquinas, equipo flexible en lugar de máquinas de grandes capacidades una distribución compacta.

Control visual

Un control visual es una representación de un estándar por medio de un elemento gráfico o físico fácil de identificar (de color o numérico entre otros) se utiliza para informar de una manera fácil el lugar de un elemento; los puntos a lubricar en las máquinas, el tipo de lubricante y su frecuencia de aplicación; la ubicación y cantidad de los materiales de producción, el ajuste de las máquinas, la correcta operación de las máquinas o sus componentes, las actividades que se sugieren se realicen en un equipo o proceso de trabajo y el apriete de los tornillos entre otros.

Producción Nivelada (Heijunka)

Heijunka, o Producción Nivelada es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La esencia de la técnica es producir lotes pequeños de muchos modelos en periodo cortos de tiempo en lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia.

Verificación de proceso (Jidoka)

La palabra "Jidoka" significa verificación en el proceso, se resume en aseguramiento de la calidad, aprovechamiento del tiempo y de la mano de obra; dentro de un proceso se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso.

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción y compara la producción con esos estándares, si existe alguna diferencia la producción se detiene para evitar que se produzcan más productos defectuosos y corregir el problema.

Indicador Visual (Andon)

Se compone de alarmas por medio de sonidos o dispositivos visuales para mostrar el estado de las máquinas a partir de las cuales se indica el tipo de apoyo que se requiere.

Mejora continua (Kaizen)

La mejora continua proviene de dos palabras japoneses: "Kai" que significa modificación y "Zen" que quiere decir para mejorar ("cambio para mejorar") Su ejecución requiere de un equipo conformado por personal de distintas áreas que tiene por objetivo incrementar la productividad.

Tiene varios objetivos los cuales referentes a la modificación del proceso que se buscan satisfacer en un periodo de tiempo predeterminado. El proceso de mejora es gradual y constantes mientras que la innovación busca cambios radicales en el proceso.

En este tipo de sistemas se busca eliminar todo tipo de desperdicios y para lograrlo se debe involucrarse en el proceso; todos los participantes colaboran y son iguales mientras dura el proyecto; el proyecto se realiza con los recursos con los que se cuentan (no se dispone de más recursos); se puede realizar en cualquier área pero se orienta hacia el proceso, principalmente a aquellos que generan un valor agregado; las mejoras son pequeñas pero por su número hacen una gran diferencia en el total; se basa en una cultura de trabajo en equipo, auto-disciplina y prácticas de sugerencias individuales o de grupo; el aprendizaje se logra mediante el hacer, más que en teorías; toda la información que se recopila durante el proyecto se publica por lo que está al alcance de todo el que lo desee analizar.

Dispositivos para prevenir errores (Poka Yoke)

Los sistemas Poka Yoke se refieren a dispositivos a prueba de errores, es decir para evitar que se comenten errores o los hace evidentes para que se corrijan inmediatamente; proviene del japonés "poka" (error inadvertido) y "yoke" (evitar). La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto.

Existen dos tipos de sistemas los que evitan que la operación continúe apagando las máquinas o deteniendo el proceso y los que advierte de las anomalías ocurridas mediante sonidos o controles visuales.

Este tipo de sistemas es más fácil comprender por medio de ejemplos, por ello se exponen a continuación algunos de ellos con los que es común encontrarse todos los días:

1. Los cepillos de dientes con una banda azul que se decolora con el uso indicando que se debe remplazar.
2. Un foco que se prende en el auto acompañada por un sonido, señalando que no se ha colocado los cinturones de seguridad o que una puerta está abierta
3. Los sartenes con un punto que adquiere una tonalidad roja con el calor
4. Perforación en la tapa de algunas plumas para permitir la respiración en caso de que un niño la trague
5. Las ollas presto que no permiten el cierre de la válvula hasta que la tapa este bien colocada
6. El bloqueo de las teclas de los teléfonos celulares después de no usarlos por unos segundos para evitar que se marque un número por accidente (se tienen que oprimir una serie de teclas para reactivarlo)
7. El no poder encender el auto si no está en neutral
8. Las barras en los estacionamientos indicando la altura máxima
9. El punto rojo en los bastones de seguridad de los autos

Características principales de un buen sistema Poka Yoke:

Son simples y baratos. Si son demasiado complicados o caros, su uso no será rentable

Son parte del proceso. Son parte del proceso, llevan a cabo "100%" de la inspección

Son puestos cerca o en el lugar donde ocurre el error. Proporcionan feedback rápidamente par que los errores puedan corregirse

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es un sistema para incrementar y mantener los niveles de productividad en todas las áreas de la organización. Para lograrlo aplica diversos subsistemas que en su aplicación emplean una serie de técnicas y filosofías como los son herramientas de la calidad.

La esencia de este sistema consiste en aumentar sistemáticamente la productividad en todas las áreas que componen la planta con una visión global de la misma. Sus principales metas son aumentar la flexibilidad y capacidad de respuesta; reducir los costos operativos, tanto administrativos como en planta; generar y mantener el conocimiento dentro de cada área; aprovechar los recursos al máximo reduciendo todo tipo de subutilización, generar o adquirir tecnología de punta y el generar una serie de ventajas competitivas. Esto se representa en la Figura 6: “Mantenimiento Productivo Total” (PTM)

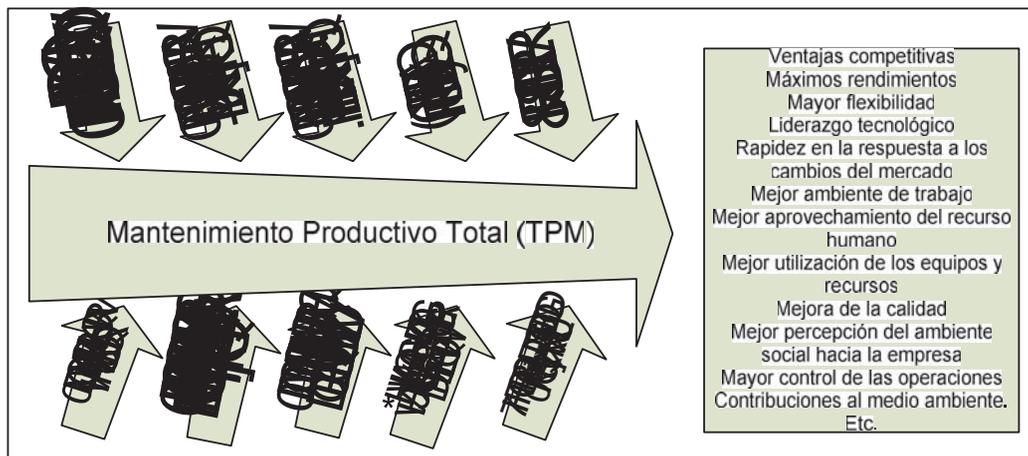


Figura 6: Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Concepto de productividad total efectiva de los equipos (PTEE)

Es una herramienta que sirve para ponderar de forma numérica la productividad de la planta e indicar de forma general las áreas de oportunidad en las que se deben trabajar para aumentar la productividad de los equipos.

Toma como referencia una serie de relaciones del tiempo que un equipo permanece inactivo por fallas; cambio de modelos y ajustes; retrabajos pérdida de velocidad así como el porcentaje de utilización del equipo en relación al tiempo disponible en calendario.

Los indicadores se obtienen de forma diaria en cada estación de trabajo y a partir de ellos se forma el global de la planta.

Diagrama ¿Porqué-¿Porqué?

Esta herramienta tiene como propósito proporcionar un método alternativo para identificar las causas principales de un problema, al tiempo que se explora en forma creativa las diversas causas en lugar de saltar a la “causa obvia”.

A partir de la selección de un problema se utiliza el diagrama “porqué-porqué” para analizar las causas de un problema, cada paso se realiza preguntando porqué, para lo que se realizan tantos pasos como sean necesarios, las respuestas a la pregunta “¿porqué?” conducen a las causas diversas del problema.

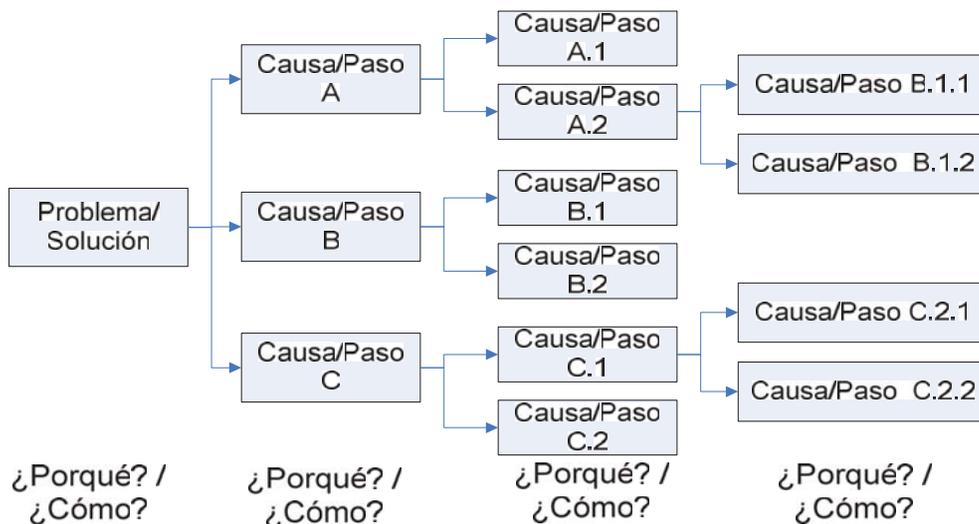


Figura 7: Diagrama ¿Porqué -¿Porqué? / ¿Cómo - ¿Cómo?

Diagrama ¿Cómo-¿Cómo? (Cadena medios-fin)

Ayuda a determinar los pasos específicos que deben seguirse para implantar una solución al tiempo que explora en forma creativa y considera varias soluciones alternativas en lugar de saltar a la “solución obvia”.

El procedimiento seguido es que a partir de una solución propuesta se analicen posibles formas de acción (alternativas) en cada etapa usando un diagrama “¿Cómo-¿Cómo?; cada paso se realiza preguntando “¿cómo?” realizando tantos pasos como sean necesarios. Se enlistan las ventajas y desventajas así como la probabilidad de éxito para cada alternativa y se selecciona la más adecuada.

2

Planteamiento de la situación actual

En este capítulo se exponen las necesidades de los clientes y la medida en que estas se satisfacen. Se quiere hacer algo respecto a la demora en los tiempos de entrega y en el porcentaje de pedidos atrasados ya que son las principales demandas de los clientes.

En ese contexto se analizan los registros de las líneas de producción resaltando el área de “Doblado” por no tener incrementos en el tiempo de producción y la línea “BKS” con los incrementos más elevados.

Se determina que hay distintos factores que ocasionan el retraso de los pedidos pero, a petición del representante de la empresa, sólo se estudiarán los asociados al proceso, particularmente en la línea BKS.

El estudio del proceso de la línea BKS busca identificar las áreas de oportunidad para cumplir con los objetivos fijados, entre los que se encuentran: reducir los tiempos de entrega, recolectar los datos para el sistema ERP-SAP, supervisar los procesos y adicionalmente, reducir el tamaño mínimo del lote de producción, y la elaboración de una serie de sugerencias sobre las áreas de Mantenimiento, Planeación y Materias primas.

Por último se expone la metodología seguida para el estudio de la línea BKS, la elaboración de las propuestas y una introducción a las áreas específicas de estudio.

2.1 Demanda de los clientes

2.1.1 Necesidades generales

La empresa, como cualquier otra requiere satisfacer las demandas de sus clientes para sobrevivir y crecer, en este caso las demandas son: calidad del producto; flexibilidad en el tamaño de los lotes de producción, y tiempo de entrega corto y confiable, todo esto a un precio aceptable.

La calidad de los productos que se fabrican en la empresa es reconocida por sus clientes, quienes han estado dispuestos a pagar por ella cerca del veinte por ciento por arriba del precio de los competidores y por sus comentarios se sabe que están dispuestos a seguir pagando esa cantidad adicional.

La flexibilidad se refiere a la tendencia a solicitar lotes cada vez más pequeños. Esta necesidad está insatisfecha ya que los lotes de producción siguen siendo grandes por el costo que implica hacer un cambio en relación con el valor de las piezas producidas.

La demanda más grande de los clientes se refiere a tiempos de entrega cortos y fechas de entrega confiables. Para los productos de línea se da un plazo de cinco días y se tiene un inventario de treinta días para atender la demanda de esos productos inmediatamente; para los productos especiales se da un plazo de treinta días y sólo se producen las cantidades que se solicitan.

2.1.2 Tiempos de producción

El representante de la empresa expuso que su principal preocupación radica en que las fechas de entrega no se cumplen y que esto deteriora la relación con los clientes, crea una imagen nociva de la empresa que es difícil de modificar y además explica que la frecuencia de los retrasos es cada vez mayor

La idea de alimentar el sistema ERP-SAP

La idea que predominaba en los directivos de la empresa para poder cumplir con los tiempos de entrega era compilar la información necesaria (tiempos de producción) para alimentar el sistema ERP-SAP y así activar los módulos que sirven para programar la fabricación; esa idea estaba basada en la reducción de tiempos que se obtuvo con la implantación incompleta de ERP-SAP años atrás.

El tiempo de producción se redujo cuando se implantó el ERP-SAP ya que se tuvo un mayor control de las cantidades solicitadas permitiendo producir sólo lo necesario, sin embargo el ERP-SAP no se ha explotado en su totalidad ya que durante la implantación no se tuvo la información necesaria para alimentar todo el sistema.

Cuando el ERP-SAP cuenta con toda la información sobre el proceso, indica cuándo se ha de empezar en cada etapa del proceso la elaboración de cada producto, optimando los recursos para entregar los pedidos solicitados en el tiempo acordado. Si el ERP-SAP al hacer los cálculos de fechas de inicio y fin de la producción identifica que la capacidad en alguna etapa se ha superado o no se cuenta con los recursos necesarios para satisfacer la demanda, envía una alerta para reprogramar las fechas de entrega o asignar más recursos.

La operación actual del ERP-SAP en la Planta 1

Al implantarse el ERP-SAP de forma incompleta, su utilidad consiste solamente en indicar la cantidad de producto que está en espera de ser producido en las estaciones de trabajo y la cantidad de materia prima que se requiere para cumplir con los pedidos. Por eso se tiene una persona encargada de la planeación y control de la producción que establece la secuencia de los productos que entrarán a cada estación de trabajo considerando solamente la fecha de vencimiento del pedido.

Estrictamente hablando, para iniciar la producción de un lote en una estación de trabajo se debe tomar en cuenta la fecha en que se debe entregar el producto terminado, el tiempo que se ha de esperar para que los productos que se están produciendo o se fabricarán antes se terminen de producir, el tiempo que tardará el producto en recorrer las otras celdas de trabajo y el tiempo que tomará la fabricación del producto en la celda de trabajo para la cual se está programando.

Sin embargo no existe un registro detallado sobre los tiempos de producción de cada celda en la Planta 1 y con la información que se cuenta sólo se puede dar un estimado del tiempo de producción, que se basa en la experiencia de los supervisores y del planeador, estimados que tienen márgenes muy amplios (diferencias de días) y en muchas ocasiones son incorrectos o inaplicables.

Información de los registros históricos

Los registros de producción con los que se cuenta indican el número de golpes por minuto que puede dar cada máquina y el día en que inició y terminó la producción de algunos productos, faltan por estimar un tiempo predeterminado de preparación de la máquina, de mantenimiento y de ajuste en cada una de las celdas de trabajo. Por otro lado se cuenta con los registros de ventas con información sobre los pedidos que no se entregaron a tiempo.

Los registros de ventas y de producción se emplearon para determinar si era correcta la suposición de que los tiempos de producción y el número de retrasos estaban en aumento. Como se mostrará a continuación, ambas suposiciones eran correctas y con esos mismos datos se trató de encontrar información pertinente sobre la situación referente a los retrasos y determinar las posibles causas

En la “Figura 8: Comportamiento de los tiempos de producción” muestra de forma aproximada el tiempo que se tardó en elaborar una unidad de producto durante el año anterior.

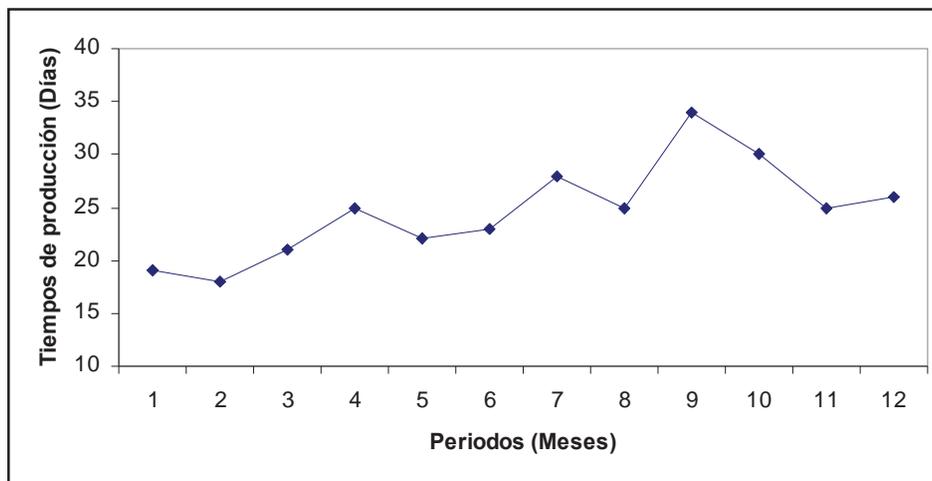


Figura 1: Comportamiento de los tiempos de producción

Durante ese mismo año el número de pedidos por mes fue cercano a los quinientos y el porcentaje de pedidos atrasados se muestra en la Figura 9: “Porcentaje de pedidos atrasados”. En ambos casos se puede apreciar una pequeña tendencia de crecimiento, con un promedio de 23% por periodo.

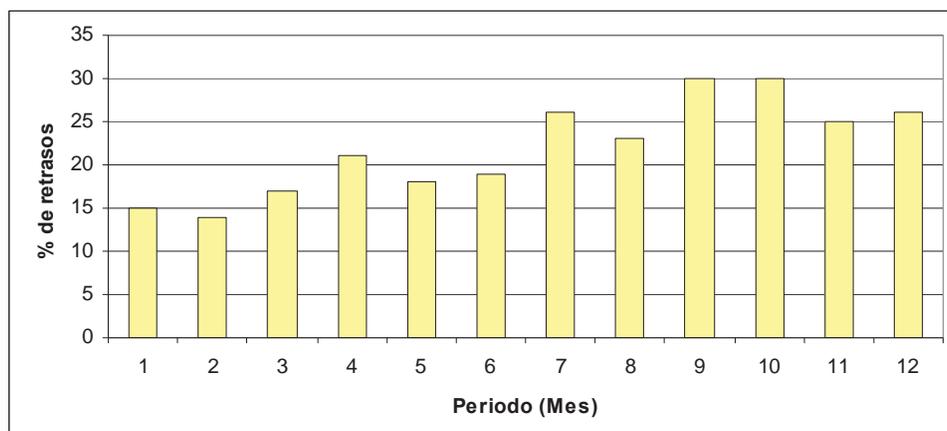


Figura 2: Porcentaje de pedidos atrasados

Se cuenta con las máquinas antiguas, se han adquirido otras nuevas y la cantidad de mano de obra se ha mantenido constante en términos generales, además se sabe que la demanda de productos ha disminuido en los últimos años por lo que se descarta la posibilidad de que los retrasos en los pedidos sea por una falta de capacidad instalada.

Los incrementos en los tiempos de la producción se registraron en casi todas las máquinas durante los doce últimos periodos, excepto algunas máquinas del departamento de Doblado. También sobresalieron las máquinas de la línea BKS que es una de las líneas con mayores volúmenes de producción y que presentó los tiempos de producción más elevados. Esto se puede observar en la “Figura 10: Tiempos de fabricación por línea de producción”

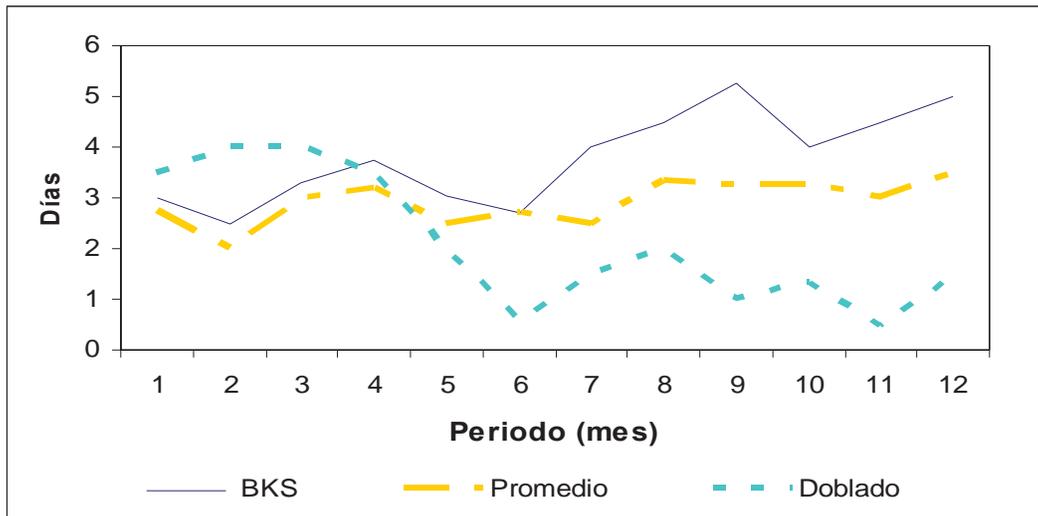


Figura 3: Tiempos de fabricación por línea de producción

Por lo antes expuesto, se reconoció que hay un incremento en los tiempos de producción de hasta tres días en todas las máquinas excepto doblado y que la situación se acentúa en las máquinas de la línea BKS las cuales reportan los incrementos más elevados; esta situación se refleja en el número de días de atraso en la entrega de los pedidos que va desde uno hasta veinticinco.

2.2 El campo de estudio

Para determinar un área específica de estudio se rastrearon los pedidos atrasados en los últimos tres meses, registrando y agrupando las que se presumían como supuestas causas, entre ellas se encontraban: la liberación a destiempo de las ordenes de trabajo, fallas de la maquinaria, falta de personal, falta de materias primas y tiempos elevados en la producción.

2.2.1 Consigna para el estudio de la línea BKS

El representante de la empresa pidió que el estudio se realizara sobre los procesos de producción, en particular de la línea BKS y que cuando mucho incluyeran algunas recomendaciones sobre el área de mantenimiento, materias primas, falta de personal y planeación de la producción debido a que:

- 1) El departamento de mantenimiento está en las primeras etapas de un proyecto para reducir la frecuencia con que las máquinas permanecen inactivas debido a fallas en el equipo y para acortar el tiempo de reparación, se espera que como parte del resultado de ese estudio se eliminen los paros de máquinas no programados por fallas del equipo.

- 2) Las causas de los retrasos asociados al área de materias primas tiene una frecuencia de aparición baja y en su mayoría los problemas que derivaron en retrasos de eran imputables al proveedor, además no se deseaba intervenir en esa área debido a que hay un encargado del departamento de materias primas.

- 3) La liberación de las órdenes de trabajo es responsabilidad del planeador quien tiene margen de error por no contar con un tiempo predeterminado de fabricación.

- 4) Las causas imputables al proceso tienen la mayor frecuencia de aparición y un análisis de los procesos puede servir también para obtener los datos para alimentar los módulos del sistema SAP, evitando así la liberación a destiempo de órdenes de trabajo.

- 5) La línea BKS es la línea con mayores incrementos en los tiempos de entrega y en ella se maneja uno de los volúmenes de producción más elevados.

A petición del representante de la empresa, se definió el área de estudio como “un incremento del tiempo de fabricación”, descartando las otras áreas de estudio. Se identificó que todas las máquinas incrementaron el tiempo de fabricación, excepto algunas máquinas, la mayoría del departamento de Doblado, por lo que analizó lo que había ocurrido ahí para, de ser posible emularlo en las otras líneas de producción y en particular la línea BKS.

Simultáneamente se analizaba la forma en que se iniciaría la toma de datos en caso de aceptar la idea de alimentar el sistema ERP-SAP, por lo que se observaba el proceso de la línea BKS.

Durante la observación de ese proceso se identificaron grandes variaciones en el tiempo que tomaba cada etapa y algo similar ocurría en las líneas de los otros departamentos, por lo que la idea de recopilar los datos era inapropiada en esas condiciones ya que el proceso requería estabilizarse antes de iniciar la captura de los datos.

Se observó que los tiempos de producción en el departamento de Doblado disminuyeron a partir del segundo y tercer periodo como se muestra en la (Figura 10), se identificó que el personal de mantenimiento solicitó a un ingeniero de taller mecánico que tomara las medidas de algunas piezas de varias máquinas como parte de las medidas para elaborar su programa de mantenimiento.

El ingeniero aprovechó para realizar algunas modificaciones del diseño cuando tomó las medidas de las piezas por lo que el proceso de ajuste de esas máquinas cambió y tuvo que explicar el nuevo proceso a los operadores, el ingeniero tomó ciertas medidas de desempeño y los supervisaba periódicamente para asegurarse que se llevaba a cabo el proceso como él lo había propuesto.

De entre todas las máquinas de ese departamento en las que el ingeniero trabajó, sólo aquellas en las que se había modificado el proceso por los ajustes presentaban una diferencia que consistía en una reducción del tiempo de producción.

Se preguntó al supervisor de ese departamento quien explicó que se había puesto mayor énfasis en la supervisión porque había cambiado el proceso considerablemente para operar las máquinas en las que hubo cambios significativos. Ese era el único cambio identificado es decir “se había modificado considerablemente el proceso y su ejecución se supervisaba” por lo que se investigó más sobre los cambios que se habían realizado.

El ingeniero explicó que antes de hacer las modificaciones los operadores desperdiciaban tiempo en ir por la materia prima y en algunas etapas del proceso ya que se realizaban en una secuencia inapropiada, también señaló que había determinado un nivel de producción operando la máquina él mismo durante un periodo y que exigía que los operadores cumplieran ese nivel de producción.

Los cambios que realizó se referían a una nueva distribución de la zona de trabajo, una nueva secuencia de operaciones, cambios en algunas piezas de la maquinaria y un parámetro del producto que definía la cantidad de producto a obtener por unidad de tiempo.

Al simular la situación antes de la modificación del proceso y después de la modificación, se determinó que esos cambios eran la causa principal de la reducción del tiempo de producción, lo que reforzaba la decisión de realizar un estudio de los procesos en lugar de la captura de datos.

2.3 Estudio del proceso en la línea BKS

2.3.1 Planteamiento y objetivos del estudio

La situación en estudio se define como “un incremento en el tiempo que dura el proceso de producción de la línea BKS asociado directamente a las operaciones de ese proceso, que en el último año reporta incrementos en el tiempo de producción que van desde un incremento cero, hasta de cinco días”. Los objetivos de este trabajo se clasifican de la siguiente forma, marcando la pauta sobre el alcance de este trabajo.

Objetivos obligatorios:

- 1) Identificar las áreas de oportunidad de la línea BKS
- 2) Elaborar un conjunto de propuestas para la reducción de los tiempos de producción.
- 3) Proponer un mecanismo para la captura de los datos necesarios para la alimentación de SAP
- 4) Proponer un sistema para evaluar la productividad de la línea BKS

Objetivos deseables:

- 5) Reducir el tamaño del lote mínimo de producción;
- 6) Identificar si se justifica realizar estudios similares en otras áreas para aumentar la productividad de la planta.

De la experiencia analizada en el departamento de doblado se definen como alcance de las propuestas la localización y adquisición de herramientas y equipos auxiliares; pequeñas modificaciones en los troqueles sin que se afecte el producto final, la secuencia del proceso realizado por el operario y especificaciones de las materias primas (lámina de acero) suministrada por el departamento de almacén de lámina y alambre.

2.3.2 Metodología para el estudio en la línea BKS

Se observó el proceso para lograr su entendimiento durante un periodo de una semana; a partir de las herramientas empleadas en las mejores prácticas se fijarán las directrices que servirán para elaborar el diagnóstico de la situación en la línea BKS y permitirán identificar las áreas así como las etapas del proceso en las que el “debiera ser” y la realidad difieren, llamándoles a esas áreas o etapas “áreas de oportunidad”.

Se recolectará y analizará información pertinente sobre las áreas de oportunidad así como se definirán los objetivos específicos para cada una de ellas; se elaborará una serie de propuestas para cumplir dichos objetivos y se evaluarán para determinar el grado de su conveniencia; en caso de decidir su implantación, los resultado obtenidos se evaluarán.

Por último se señalarán aquellas áreas que puedan ser de interés para estudios posteriores y que repercutan en la reducción del tiempo de fabricación y de entrega de los productos, o que aumenten la productividad de la planta en términos generales.

2.4 Áreas específicas para el estudio en la línea BKS

De la experiencia obtenida por el estudio realizado en el departamento de Doblado y la observación del proceso de la línea de producción BKS, se determinó que las áreas específicas del estudio serían:

1. Equipo auxiliar y áreas de trabajo
2. Proceso realizado por el operador
3. Control del proceso y captura de datos

En el área “Equipo auxiliar y áreas de trabajo” se tuvo como guía para aumentar el orden y la limpieza del área de trabajo a la técnica de las 5’s, con esas directrices se analizarán: el orden dentro de las instalaciones, el lugar asignado para las herramientas y el equipo auxiliar en función de su uso; la limpieza del área de trabajo, y el grado en que los equipos son suficientes para el uso que se les da.

Entre la frontera del análisis de los “equipos auxiliares y áreas de trabajo” y la de los “procesos realizados por el operador”, se encuentran los componentes de fijación, que según lo expuesto en el apartado del Cambio Rápido (SMED), la aplicación de esta técnica puede contribuir a los objetivos referentes a la reducción de tiempos de producción y a la disminución del tamaño mínimo de producción.

En el estudio de los procesos se analiza la secuencia de las operaciones y se evaluará si existen actividades superfluas teniendo como principal guía la teoría de “Cambio rápido” (SMED) y los principios del análisis de los procesos, con lo que se espera satisfacer los objetivos denominados obligatorios y contribuir a los deseables.

Para llevar un control de proceso se tomará como guía los indicadores de la Productividad Total efectiva de los Equipos (PTEE). Para capturar los datos para alimentar el sistema ERP-SAP se deben capturar para alimentar el sistema SAP se identificarán las condiciones para que la toma de datos se facilite, analizando la información ya disponible.

Por último, en donde sea pertinente se aplicarán dispositivos de prevención de errores tomando como guía los sistemas (Poka-yoke,) controles visuales, indicadores visuales (Andon) y todo esto tomando por medio de un ambiente de mejora continua (Kaisen).

3

Análisis crítico de las áreas de oportunidad

En este capítulo se exponen las áreas de oportunidad sobre los componentes del equipo auxiliar del departamento de hebillas (herramientas, rodacargas y las estaciones de lámina) por lo que se refiere al orden y a la disponibilidad

Se analiza la limpieza y el orden dentro del área de trabajo, que comprende las señalizaciones, el cuidado hacia las máquinas y la posible existencia de reglamentos y manuales de procedimientos.

Tomando como referencia “Cambio rápido” (SMED) se identifican las “Operaciones externas” y “Operaciones internas” del proceso lo que se contrasta con el proceso actual de cambio del troquel. También se identifican los componentes que pueden ordenarse para facilitar su uso y las oportunidades para mejorar la limpieza del área de trabajo.

Se describe la información del proceso en la línea BKS que requiere el departamento de Mantenimiento, el de planeación y para la alimentación del ERP-SAP así como para la elaboración de los indicadores que componen la herramienta de medición de la “Productividad Total de los Equipos” (PTEE).

3.1 Equipo auxiliar y área de trabajo

El análisis de ésta área de estudio toma como guía lo expuesto el apartado de las 5's del marco de referencia para evaluar las condiciones del área de trabajo y el uso apropiado de los equipos auxiliares.

Entre los equipos auxiliares de trabajo que se analizaron se encuentran las herramientas, rodacargas, estaciones de los rollos de lámina, y los troqueles. Referentes al área de trabajo se analizan la máquina en sí, las señalizaciones y delimitaciones del área de trabajo, así como las indicaciones de los componentes eléctricos, de aire comprimido e instalación eléctrica entre otros. Por último se identificó la ausencia de manuales, procedimientos y reglamentos en la planta y en la línea BKS por lo que no está estandarizada la forma en que se efectúan las operaciones.

3.1.1 Equipo auxiliar

Herramientas

Las herramientas con las que se cuenta en la línea BKS son dos llaves españolas, dos llaves de estrías, dos llaves perico y algunas llaves Allen, estas se emplean en el cuarto de reparaciones para unir o separar los componentes del troquel, mientras que en la celda de trabajo se emplean para realizar los ajustes de la máquina y para el montaje o desmontaje de los troqueles.

Las herramientas resultan insuficientes por ser utilizadas en las seis las máquinas que componen la línea de producción BKS por todos los operadores y el supervisor. Además a falta de un lugar específico para su almacenamiento, es común que se les encuentre en el sitio donde se ocuparon por última vez, por lo que los usuarios tienen que buscar en las celdas de trabajo, en el cuarto de

reparaciones, o preguntar a sus compañeros en dónde se encuentran dichas herramientas, consumiendo tiempo de producción y distrayendo a los operadores.

Las llaves tipo perico son las más solicitadas por los operarios cuando se trabaja en las máquinas debido a que las cabezas de los tornillos tienen distintos tamaños; paradójicamente, el uso de este tipo de llaves es inapropiado para la fijación ya que deterioran los tornillos dificultando su remoción y son poco prácticas debido al poco espacio que hay entre el bastidor y el troquel.

Se concluye que la cantidad de herramientas es insuficiente, son inadecuadas para el uso que se les da y que no existe un espacio definido para su almacenamiento de acuerdo con su uso

Rodacargas

Los rodacargas son carritos que se usan para transportar cargas pesadas que cuentan con un elevador manual para poder igualar diferentes alturas, permitiendo que el objeto que se transporta se arrastre en lugar de ser cargado.

Los rodacargas en la línea BKS se usan para transportar los troqueles a los almacenes, a las máquinas y al cuarto de reparación, así como para transportar los rollos de lámina de las estaciones virtuales de lámina a la máquina.

En el departamento de hebillas, que es el contiene a la línea BKS, hay tres rodacargas los cuales permanecen en la celda de trabajo o en el cuarto de reparación durante el montaje, desmontaje y reparación de los troqueles, resultando insuficientes para las necesidades del departamento, por lo que es común que los operadores requieran de esperar a que se desocupe uno de ellos.

Las ruedas de los rodacargas de la línea BKS son de metal y tienen una cara lisa, por lo que vibran y tienen giros repentinos en zonas en las que el piso es irregular

lo que pone en riesgo la seguridad de los operadores y de las máquinas en general.

En el departamento de hebillas hay dos lugares establecidos para albergar los rodacargas, sin embargo en algunas ocasiones estos no se respetan por lo que es común encontrar todos los rodacargas sólo en una de esas estaciones.

Las estaciones en donde se encuentran los rodacargas se encuentran en un extremo del departamento lo que provoca que la distancia que tiene que recorrer el operador para acceder a ellas sea mayor, esto se puede apreciar en la figura 3: “Distribución del departamento de hebillas” de la página 15, donde se simbolizan esas estaciones con la letra “E”. Como la frecuencia de uso de los rodacargas es alta las estaciones deberían estar tan próximas como sea posible a todas las máquinas que acuden a ella, es decir lo más cercana al centro como sea posible.

Se concluye entonces que el número de rodacargas es insuficiente para la operación de las líneas de producción, y que la localización de las estaciones donde se colocan los rodacargas no es la apropiada.

Estaciones de los rollos de lámina.

El personal de materias primas mantiene unos pequeños inventarios de lámina dentro del departamento de hebillas y en los otros departamentos los cuales resurte constantemente; dichos inventarios se mantienen en una estructura metálica a la que se denominan “estaciones virtuales de los rollos de lámina”, las cuales permiten que el personal del almacén de materias primas tenga un sencillo control visual de las cantidades de lámina con las que se cuenta.

Los inventarios que se mantienen en las estaciones virtuales de lámina tienen por objeto evitar que los operadores tengan que desplazarse hasta el almacén de materias primas por los rollos.

Los rollos de lámina se transportan a las celdas de trabajo de la línea BKS cada vez que el rollo con el que se está produciendo se ha terminado, lo que ocurre aproximadamente cada hora en cada una de las celdas de trabajo, por lo que se realizan en total cerca de cincuenta y cuatro viajes al día de una de las máquinas a uno de esos almacenes virtuales.

Para transportar un rollo a la celda de trabajo se requiere de un rodacargas, por lo que el operador tiene que ir por él y después ir a la estación de lámina para llevar el rollo a la máquina. La ubicación de esos almacenes de lámina debería ser tal que se encuentre entre la trayectoria más corta de la estación de rodacargas a la máquina, sin embargo el suministro de lámina se realiza por el pasillo interior y como se puede observar en la Figura 3 “Distribución del departamento de hebillas” de la página 15, (la mayoría de las estaciones de lámina se encuentran entre las máquinas y las oficinas), cuando el operador recurre a las estaciones de lámina que en la figura 3 se numeraron desde el 1 al 7, el operador tiene que recorrer prácticamente toda la línea de producción BKS antes de tomar el rollo y después recorrerla nuevamente para dirigirse a la máquina.

Se concluye que la distribución de las estaciones de lámina en la línea BKS no es la óptima para las operaciones que ahí se realizan.

3.1.2 Área de trabajo

Limpieza

El mantenimiento de la limpieza de la planta es pobre en términos generales; esto se muestra en las situaciones siguientes las cuales buscan exponer el desinterés que predomina en la línea de producción BKS, el departamento de hebillas y la planta en general por este punto. Como consecuencia de ello se tienen condiciones inseguras y una imagen negativa del área de trabajo y de quienes trabajan en ella.

Salidas de material de las máquinas

En todas las máquinas hay adaptaciones para las salidas de material que consisten en una lámina doblada sostenida por alambres que permite que las piezas terminadas o los recortes de lámina se canalicen a un contenedor empleando la gravedad. Ese tipo de adaptaciones por estar suspendidas por alambres son inestables, ya que las orillas de la lámina con que se fabricaron tienen filos y pone en riesgo la seguridad del operador.

En algunas ocasiones la fuerza de expulsión sobre las piezas y los recortes de lámina provocan que no se siga el canal que las conduce al contenedor destinado para ello, por lo que después se tienen que recoger aquellas piezas que no cayeron en el contenedor; es común que para amortiguar la salida y para obligar a los recortes así como a las piezas terminadas a seguir la trayectoria deseada se coloque un trapo extendido en la salida de piezas de las máquina, dando una imagen de descuido.

Charcos de aceite en el piso

El herramental (punzones) al hacer contacto con la lámina para dar la forma de la pieza, genera fricción que produce calor de una magnitud tal que puede alcanzar temperaturas capaces de reducir la vida útil del herramental, por lo que se emplea aceite para evitar fricción y reducir la temperatura, además los rollos de lámina tienen una capa de aceite que se le coloca en el almacén que evita que se oxide durante su almacenamiento.

Todo el piso de la Planta 1 tiene aceite en el piso debido a las cantidades de aceite que se manejan, en algunas zonas el piso se torna resbaladizo lo que pone en riesgo la seguridad y ya ha ocasionado accidentes del personal sin consecuencias graves.

El aceite en el piso se ve acentuado en la base de las máquinas en donde se forman charcos de aceite y su remoción implica el uso de trapos que generan una mala impresión y estos, una vez saturados de aceite se tienen que confinar para cumplir las leyes medioambientales, lo que tiene un costo elevado.

Se tienen cajas plásticas que se usan para recibir y transportar los productos terminados y los recortes de lámina, a falta de cajas en buenas condiciones se emplean algunas con perforaciones en su base, las cuales dejan escapar recortes y producto terminado cuando son arrastradas, por lo que es común encontrar producto terminado y recortes de lámina en el piso en toda la planta. Además el arrastre de las cajas ha deteriorado el piso haciéndolo rugoso lo que dificulta el manejo de los rodacargas.

En términos generales no se procura el mantenimiento de la limpieza de las máquinas, esto se puede observar en la caída de pintura y aparición de óxido en la base de las mismas; en la acumulación de grasa, aceite, recortes de lámina y suciedad en las cavidades de las máquinas y en algunas adaptaciones que se realizaron para salir de un apuro y que terminado el apuro se dejaron de esa forma, tales como son uniones de cables, fijación de componentes con alambres, sustitución de piezas, etc.

Se concluye en esta sección que la limpieza del área de trabajo es pobre, por lo que hace perder tiempo a los operadores, se deteriora la seguridad tanto del equipo como de los operadores y da una imagen de descuido.

Almacenes de troqueles

Se ha descrito la falta de orden de las herramientas y rodacargas, ahora corresponde el análisis de los almacenes de troqueles.

Se cuenta con dos almacenes para los troqueles, uno para los pequeños y medianos que corresponden a máquinas de la línea de producción BKS y un almacén para los troqueles grandes de las otras máquinas.

Los troqueles tienen grabado o pintado el nombre de la pieza que se fabrica con ellos para su identificación y están dispuestos en almacenes según su tamaño; cuando se toma un troquel que se encuentra en la parte posterior del anaquel se requiere desplazar los troqueles que se encuentran en el frente.

La pintura o los grabados con que se identifica el troquel era ilegible lo que dificultaba su identificación, se cuenta con troqueles que no se han empleado desde hace años y que se encuentran en mal estado.

Anteriormente se había dispuesto un orden para su colocación, sin embargo con la introducción de nuevos troqueles se perdió esa organización y se redujo el espacio. Esto tuvo como consecuencia que actualmente el orden de los troqueles en el anaquel sea prácticamente nulo y que se dificulte su localización.

La fotografía mostrada en la Figura 11: “Orden de los troqueles” muestra un anaquel de los troqueles que ha perdido su orden, en él se pueden apreciar las inscripciones en los troqueles que se realizaron con pintura para identificarlos.



Figura 1: Orden de los troqueles

Al terminar el lote de producción el troquel se desmonta y se almacena sin revisar el estado del herramental, lo que deja abierta la posibilidad de que el herramental esté desgastado y en el próximo lote después de un breve periodo de operación produzca piezas con una calidad no adecuada, lo que implicará que se tendrá que parar la producción para desmontar el troquel y dar mantenimiento al herramental.

Se concluye que el orden en los almacenes de los troqueles se ha perdido, que las condiciones de las pinturas o marcas con que estos se identifican se ha deteriorado y que no se cuenta con un control del estado de los troqueles cuando estos se almacenan.

Señalizaciones y delimitaciones

Las indicaciones de tuberías, conexiones eléctricas rutas de evacuación, etc, en términos generales son claras y están en buen estado, sin embargo las líneas

que delimitan el área de trabajo y los pasillos se encuentran despintados y en algunas zonas se tiene una doble línea que se pintó para hacer el pasillo más amplio lo que genera confusión.

Se concluye que la señalización es la adecuada para las tuberías e instalaciones eléctricas sin embargo se puede delimitar las áreas de trabajo para evitar confusiones,

Manuales, procedimientos y normas

Se carece de manuales, procedimientos y normas que indiquen cómo se deben ejecutar las operaciones para su uniformidad y supervisión. Existe un reglamento interno de comportamiento, pero la mayoría de los trabajadores lo desconoce.

La capacitación se da de forma personal sin material de consulta que sirva como guía y cada operador tiene su propio proceso para ejecutar las operaciones, por lo que el conocimiento no se ha podido compartir y existe el riesgo de que se pierda cuando la gente se dedique a otras actividades.

En conclusión no existe una serie de manuales y normas de los procesos a seguir, un mecanismo para conservar el conocimiento generado en el área de trabajo e información suficiente para evaluar si la forma en que se realiza la operación es correcta o no.

3.2 Estudio de los procesos

Debido a que en todas las operaciones que realiza el operador se pueden considerar como operaciones de preparación de la máquina exceptuando la vigilancia de la calidad de los productos, el estudio de los procesos toma como punto de partida lo expuesto en la sección de cambio rápido (SMED) en el marco de referencia.

3.2.1 Preparar las máquinas para la producción

Montar y desmontar troquel

Montar el troquel consiste en colocar y fijar el troquel en la mesa de trabajo de la prensa; mientras que el desmontar el troquel consiste en quitar los componentes de fijación y retirar el troquel de la mesa de trabajo.

El proceso de desmontaje de troquel se realiza cuando se desea cambiar el modelo del producto en elaboración, cuando uno de los componentes del troquel se ha dañado o para su limpieza cuando se han atorado recortes de lámina en su interior. El proceso de montaje de troquel se realiza al iniciar la producción de un lote, después de alguna reparación del troquel o cuando está por comenzar la elaboración de un nuevo producto.

Los dos procesos que se narran a continuación se componen de varias operaciones que se han clasificado de la siguiente forma: Operaciones Internas (OI), Operaciones Externas (OE), y Operaciones de Demora (OD).

El operador va por un rodacargas, lo lleva al almacén de troqueles en donde localiza el troquel (Figura 12), lo coloca en el rodacargas y lo lleva a la celda de trabajo (OE).

Nivela la plancha del rodacargas con la mesa de trabajo (OE), coloca el troquel en la prensa deslizándolo a la mesa de trabajo o a las barras paralelas, según sea el caso (OI), transporta el rodacargas a su lugar y de regreso acerca un banco para sentarse y centrar el troquel (OD)



Figura 2: Localización del troquel para su montaje

Centra el troquel de una forma tosca en un inicio y conforme se acerca al centro aumenta la precisión de los sus movimientos, hasta apoyarse en un vernier para calcular los desplazamientos del troquel (OI).

Fija las barras paralelas y el troquel a la mesa de trabajo con calzas, tornillos y bloques metálicos para igualar alturas (OI), a los que se les denomina componentes de fijación

Por último realiza los ajustes correspondientes, “Ajuste del cabezal” “Ajuste de lámina” y “Ajuste del paso de lámina” (OI). Estas operaciones se pueden apreciar en la Figura 13: “Centrado del troquel”, y en la Figura 14: “Ajuste de la máquina”



Figura 3: Centrado del troquel



Figura 4: Ajuste de la máquina

El proceso de montaje y desmontaje del troquel se realiza entre 2 y 3 veces al día en cada máquina y cobra mayor importancia ya que siempre le seguirán los procesos de ajuste de cabezal, ajuste del paso de lámina y ajuste de lámina, esto para adecuar la prensa y la lámina a la forma en que se ajustó el troquel. Esos procesos se describirán en este capítulo más adelante.

Las áreas de oportunidad

Todas las operaciones descritas se realizan mientras la máquina está inactiva sin importar si la operación es interna o externa, se sabe por lo expuesto en el marco de referencia que el tiempo de cambio de troquel es susceptible de mejora.

En las “Operaciones Externas” los rodacargas son insuficientes y su localización es inadecuada. Teóricamente los troqueles están en anaqueles clasificados según su tamaño y tienen leyendas a colores que facilita su localización, sin embargo el orden del almacén de troqueles se ha perdido y la tinta de dichas leyendas está diluida.

Se identificó que algunas zonas del piso del departamento se encuentran en mal estado, por lo que el operador requiere de más tiempo par llevar el rodacargas con el troquel a la celda de trabajo para evitar accidentes.

En las operaciones internas no existen controles visuales para facilitar el centrado del troquel o facilitar los ajustes, por lo que cada vez que se centra el troquel cambian los parámetros de ajuste y se tienen que realizar los procesos: “Ajuste de lámina”, “Ajuste del paso de la lámina” y “Ajuste del Cabezal”.

Para la fijación del troquel se emplean tornillos que se introducen en la mesa de trabajo, los cuales carecen de uniformidad al tener distintos tipos de cabeza, diámetros y largo. El tamaño de las roscas de entrada de las barras paralelas, los troqueles y la mesa de trabajo en las que se colocan los tornillos varían en una misma mesa de trabajo, o troquel, o barra paralela.

Los bloques de fijación tienen distintas medidas, sirven para ajustar a las distintas alturas los troqueles y barras paralelas, pero al no estar clasificados se dificulta su búsqueda y selección. Con las calzas metálicas ocurre algo similar, no están ordenadas por lo que se dificulta su localización.

Un ejemplo de las variaciones en el tamaño de tornillos que puede albergar una mesa de trabajo, barras paralelas y el troquel se muestran en las siguientes ilustraciones de la Figura 15: “Perforaciones en la mesa de trabajo”

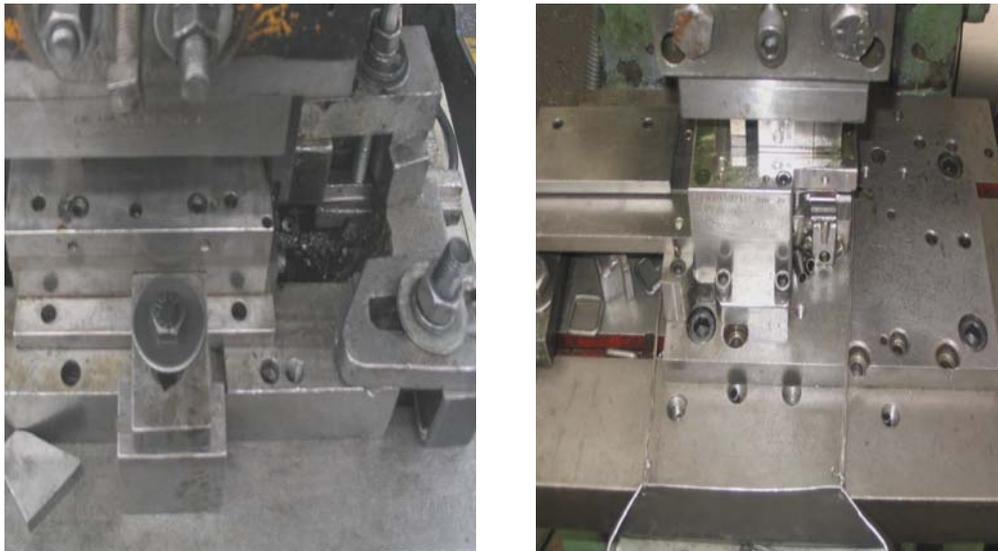


Figura 5: Perforaciones en la mesa de trabajo

Los bloques y los tornillos se encuentran en unas cajas de plástico en el almacén de troqueles, debido a que las piezas de fijación también se utilizan en otras máquinas del departamento y debido a que la caja es demasiado pesada para transportarla; el operador se desplaza en repetidas ocasiones al almacén de troqueles hasta encontrar una combinación de bloques, tornillos y calzas que ajusten las medidas necesarias.

Para la selección de los componentes de fijación el operador los selecciona primero por un estimado de su tamaño “a ojo” y luego por prueba y error. La Figura 16 “Caja con tornillos y bloques de fijación” muestra las cajas con los tornillos y bloques de fijación para ilustrar la dificultad de encontrar las piezas requeridas.

También se observa una dificultad para localizar y emplear las herramientas para colocar los dispositivos de fijación a la mesa de trabajo, como se expuso en secciones anteriores de este capítulo.



Figura 6: Cajas con tornillos y bloques de fijación

El tipo de herramientas empleadas para la fijación son llaves españolas y de estrías, las cuales no tienen un lugar asignado y por el espacio que hay entre el troquel y el bastidor se dificulta su manipulación para apretar o aflojar los tornillos. También se emplean herramientas del tipo llave perico, las que deterioran las caras de los tornillos y dificultan su fijación o remoción. El espacio que hay entre el bastidor y el molde es muy pequeño por lo que el operador tiene dificultad para apretar los tornillos que están junto al bastidor.

Por último, si se ha terminado la producción, al desmontarse el troquel éste se almacena sin revisar el estado del mismo, lo que deja abierta la posibilidad de que el herramental esté desgastado y próximo a producir piezas con una calidad no adecuada, lo que implicará que se tendrá que parar la producción para desmontar el troquel y dar mantenimiento al herramental, lo que produce un tiempo inactivo en la máquina y ocasiona que se tengan que desarmar el troquel. Sacar filo al herramental y volverlo a armar para su montaje.

Reaprovisionamiento de lámina:

El reaprovisionamiento de lámina consiste en colocar un nuevo rollo cuando se ha terminado el rollo con el cual se está produciendo y se realiza entre seis y siete veces al día en cada máquina.

Se realiza cuando el operador identifica que está por acabarse la lámina, por lo que permanece junto a la máquina para detenerla cuando el rollo se ha terminado (OD). Una vez parada la máquina, el operador va por el rodacargas y lo lleva a una “estación virtual de lámina” en donde toma un rollo de lámina y lo lleva a la celda de trabajo en donde se realizará el cambio (OE) por último inserta el rollo en el devanador¹ (OI).

El objetivo de que el operador espere a que se termine el rollo de lámina es para evitar que la máquina funcione sin lámina, poniendo en riesgo la seguridad de los operadores y de la misma máquina; sin embargo durante el tiempo en que se espera a que se termine el rollo los otros operadores están inactivos ya que es poco común que se realice el cambio de lámina en dos máquinas simultáneamente.

Los rollos de lámina tienen diversos tamaños que se pueden catalogar en chicos, medianos y grandes.

El tamaño de los rollos está en función del número de cortes que se requiere hacer en el “Almacén de lámina y de alambre” dadas las condiciones de las bobinas de lámina que proporciona el proveedor, ya que las bobinas pueden tener irregularidades en los bordes, abolladuras o manchas de óxido, entre otros; los cortes se realizan para aprovechar la mayor cantidad de lámina posible al tiempo que se satisface el programa de producción. Identificar las causas de la pobre condición en las bobinas de lámina que entrega el proveedor está fuera del alcance de éste estudio, por lo que sólo se presentará la sugerencia de hacer un estudio más detallado en un futuro.

¹ El devanador es el dispositivo automático de alimentación de lámina que se encuentra en la celda de trabajo

El tamaño del rollo de lámina determina la facilidad para manipularlo cuando se realiza un reaprovisionamiento de lámina y también determina la duración del ciclo en que la máquina permanece en operación. La tabla 5 muestra las características de los rollos:

Clasificación:	Diámetro: [cm.]	Peso: [Kg.]	Longitud: [m]
Chico	Menor a 50	Menor a 70	Menor a 300
Mediano	Entre 51 y 80	Entre 71 y 100	Entre 300 y 400
Grande	Mayores a 86	Mayor a 100	Más de 400

Tabla 1: Características de los rollos de lámina

Se identificó que los rollos pequeños eran fáciles de manipular por el operador, pero tenían la desventaja de que los ciclos de operación se reducían; por otro lado, para la manipulación de los rollos grandes se requería un esfuerzo adicional tal, que era necesario el apoyo de un operario extra.

En este proceso se identifica que las operaciones externas se realizan cuando la máquina está inactiva y que el orden del departamento afecta en que esas operaciones se dilaten y se dificulten más de lo necesario.

Ajuste de lámina

El ajuste de lámina consta de dos etapas, la primera de ellas consiste en introducir la lámina a un regulador que determina la cantidad de lámina que suministrará al troquel en cada golpe, y la segunda en introducir la lámina dentro del troquel.

“El ajuste de lámina” se realiza cuando se monta el troquel, o cuando se ha realizado un ajuste del cabezal, o cuando se ha perdido el ajuste del paso de lámina con el tiempo; o cuando se ha reaprovisionado con un nuevo rollo a la máquina

La primera etapa del ajuste consiste en introducir un cabo de la lámina a un regulador y modificar la distancia que se desplazará una parte móvil del regulador en relación con una fija, por medio de resortes y algunos tornillos.

A falta de controles visuales, medidas a seguir en el ajuste y resortes calibrados se emplean ligas de hule como sustitutos, lo que tiene la ventaja de facilitar el control sobre la cantidad de lámina que administrará el regulador, pero tiene la desventaja de que aquellas pierden fácilmente su elasticidad lo que ocasiona que el paso de la lámina se pierda.

En la Figura 17 “Ligas en el regulador del paso” muestra como se refuerza con ligas a los resortes para que se logre suministrar la cantidad de lámina requerida.

La segunda etapa es la más delicada para que el ajuste sea correcto, la lámina debe entrar recta, no debe tener ningún tipo de irregularidad, el troquel debe estar libre de recortes de lámina y se debe coordinar el qué el cabezal esté al final de la carrera (momento en qué se forma un espacio en el troquel para que entre la lámina) en el momento en que se introduce la lámina.



Figura 7: Ligas en el regulador del paso de lámina

No se sabe si la operación ha fallado hasta que se realizan una serie de pruebas, es común que se realicen entre tres y cinco intentos de ajuste de lámina antes de que la operación se dé por terminada.

No se realiza ninguna medición de la distancia entre componentes para hacer el ajuste en el alimentador, como tampoco cuando se introduce la lámina al troquel. Se concluye que en este proceso no se tienen controles para el ajuste y los dispositivos no son los adecuados.

Ajustar el Cabezal:

El ajuste del cabezal consiste en regular la altura a la que el punzón bajará, esto se logra por medio de una serie de bielas que determinan la altura en la que el punzón iniciará la carrera (recorrido realizado por el punzón) Este proceso se realiza cada vez que se monta el troquel o cuando se ha modificado la altura del troquel en la mesa de trabajo. En este proceso se carece de un control visual o referencia objetiva para realizar el ajuste, por lo que se pone en riesgo la seguridad del troquel por un mal ajuste, lo que puede derivar en rompimientos del punzón, daños de la matriz del troquel o daños en la misma prensa.

Por la naturaleza de esta operación todo el proceso se debe realizar cuando la máquina está inactiva por lo que todo el proceso se clasifica como una operación interna.

3.2.2 Operaciones de mantenimiento en caso de falla

Estos procesos consisten en desarmar y armar el troquel cuando la lámina se atora dentro del troquel o cuando el herramental ha perdido su filo lo que origina que se tenga que afilar o cambiar la componente dañada. Por ser reparaciones del troquel son operaciones externas (OE) y por tanto se deben realizar durante la actividad de la máquina, sin embargo la máquina está inactiva mientras se realizan.

Algunos recortes de lámina se quedan en el interior del troquel y si esos recortes llegan a obstruir el paso de la lámina esta se desviará de su posición recta lo que producirá que la lámina se atasque y se tenga que parar la máquina y en casos extremos cambiar el troquel si este se dañó.

La naturaleza de la operación de troquelado produce que algunos recortes se introduzcan en el troquel sin que la operación se vea alterada, sin embargo a mayor recortes de lámina dentro del troquel mayor es la probabilidad de que se presente un fallo, por ello, cuando la máquina para por algún motivo el operador extrae la mayor cantidad de recortes que se encuentran dentro del troquel por medio de un pequeño garfio imantado, como parte de la preparación de la máquina.

Ya que la cavidad del troquel impide visualizar en el interior del mismo por la naturaleza de su diseño, la operación requiere disciplina y cuidado por parte del operador, sin embargo los operadores muestran tener poca paciencia, lo que se atribuye a una falta de interés y a la monotonía de sus actividades en los tiempos activos de la máquina.

El que la lámina se atore dentro del troquel también está asociado a la alimentación de la lámina, que a su vez está relacionado con el ajuste de los componentes del dosificador de lámina en el que, cómo se mencionó en la sección anterior, no se cuenta con un apoyo visual para medir la distancia entre componentes para realizar el ajuste.

El afilado del herramental consiste en dar la forma original del punzón o a la matriz con una piedra esmeril, operaciones para la cual se requiere desarmar el troquel. La pérdida de filo es un proceso natural de la operación que se puede presentar con una frecuencia mayor si el troquel aloja recortes de lámina, un periodo natural antes de su afilado es de 5 días de uso constante.

El cambio de herramental se puede originar por desgaste natural de las piezas de corte o por su mal uso, es común que el herramental pueda durar varios años si se afila regularmente y no se rompe por atasque de lámina en el interior del troquel. El área de oportunidad en estos procesos consiste en realizarlos durante el periodo de actividad de la máquina evitando tiempos inactivos de la misma.

3.2.3 Vigilar la calidad del producto

El operador tiene entre sus funciones vigilar la calidad de los productos cuando la máquina está en operación, en caso de identificar una anomalía su obligación es separar la piezas que están saliendo con la característica no aceptable y avisar al supervisor, quien puede tomar la decisión de detener la producción o de continuarla con la característica señalada por el operador.

La vigilancia se logra por medio de un muestreo de las piezas producidas que realiza el operador a discreción, tanto en número como en frecuencia, este control es suficiente para asegurar que la calidad que se entrega a los clientes satisface sus expectativas.

En términos generales el proceso se considera adecuado para satisfacer los objetivos y no tiene un impacto directo en el tiempo de entrega.

3.3 Control del proceso y captura de datos

El control de los procesos tiene por objetivo obtener información oportuna y relevante sobre el proceso para identificar posibles desviaciones e identificar las causas que las ocasionan.

A falta de parámetros de comparación el primer paso es la captura de datos; debido a que hay más de un departamento involucrado en la captura de datos se intenta evitar la duplicidad de información por lo que a continuación se expone la información que requiere cada departamento y la forma en que la consigue actualmente.

Mantenimiento está realizando un proyecto para elaborar un programa de mantenimiento preventivo, por lo que solicita que sus técnicos llenen una orden de trabajo cada vez que se les solicita por el paro de una máquina. La información que ellos requieren es: el tiempo que toma a su personal realizar la reparación, la descripción de la falla, si esta falla es por la falla de alguna pieza la descripción de la pieza y la frecuencia con que la falla ocurre, para calcular su probabilidad de ocurrencia entre otros.

Planeación de la producción lleva un registro del número de golpes que ha realizado cada máquina para calcular el tiempo restante y programar la producción de los otros pedidos, así como el número de rollos que ha empleado para que el almacén de lámina sepa el tamaño y las cantidades de los rollos de lámina que ha de preparar. Esa información la elabora un superintendente quien recorre la planta anotando el número de golpes que lleva la máquina, el producto que se está fabricando y la hora en que se toma el registro. Adicionalmente le pide a los supervisores que anoten el número de rollos empleados durante el día para la producción y de esa forma entregar el reporte al departamento de lámina.

Para alimentar el sistema ERP-SAP la información que falta es el tiempo de preparación de la máquina, duración del ciclo de producción, recursos humanos necesarios, la programación del mantenimiento de las máquinas incluyendo su duración y datos generales para identificar las máquinas.

La información que se requiere para elaborar los indicadores que componen la “Productividad total efectiva de los equipos” (PTEE), herramienta que se expuso en el marco de referencia, es: tiempo disponible de las máquinas (tiempo calendario); tiempo empleado para los cambios de herramental; tiempo empleado por paros menores, piezas producidas en las máquinas en condiciones normales de funcionamiento, tiempo empleado para corregir piezas sin calidad (retrabajos); otros tiempos de paro.

4

Elaboración de las propuestas

En este capítulo se especifican las áreas de oportunidad de la línea BKS indicando sus causas así como estableciendo los objetivos obligatorios y deseables que se desean alcanzar.

Se plantean propuestas que cumplen con los objetivos obligatorios y se seleccionan aquellas que satisfacen en la mayor medida los objetivos deseados. Se identifican posibles consecuencias adversas que pudieran presentarse con su implantación y se establecen acciones contingentes. Por último se esboza un plan de implantación.

Las propuestas se enfocan en áreas distintas pero todas están dirigidas a la disminución del tiempo de producción en la línea BKS; aquellas relacionadas con los procesos tienen una repercusión directa en la reducción de los tiempos, mientras otras, especialmente las asociadas al área de trabajo y equipo auxiliar, tienen por objeto soportar las propuestas de los procesos al facilitar las operaciones periféricas.

La propuesta para la captura de datos se presenta de forma distinta, tiene por objetivo habilitar el sistema SAP y servir para contribuir a la elaboración de los indicadores de la productividad que sirvan para mantener un ritmo de producción acorde con la demanda de productos y para que en caso de presentarse las desviaciones entre el ritmo de producción requerido y el real se identifiquen con facilidad.

Las propuestas referentes a los procesos consiste en:

1. Reducir el tiempo que toma el cambio de troquel
 - Regla de decisión para programar los productos en la línea BKS
 - Introducción de una mesa auxiliar para los troqueles y herramientas
 - Control del estado del troquel antes de su almacenamiento
 - Estandarización de los parámetros de ajuste de la máquina
 - Ayudas visuales para el ajuste
 - Dispositivos especiales para agilizar la fijación y remoción del troquel

2. Facilitar el reaprovisionamiento de lámina y ajuste de componentes
 - Contar con el apoyo de una persona auxiliar para la preparación del equipo e insumos necesarios para realizar las operaciones internas.
 - Estandarización del tamaño de los rollos de lámina
 - Reubicación de las estaciones de lámina
 - Reubicación de los rodacargas
 - Cambio de los componentes del regulador del paso de lámina
 - Controles visuales para los ajustes del paso de lámina y el cabezal

3. Observaciones varias sobre el equipo auxiliar y área de trabajo
 - Reubicación de las estaciones de lámina y de los rodacargas
 - Introducción de un sistema 5's
 - Observaciones sobre la limpieza y el orden en el área de trabajo

La propuesta para realizar la captura de datos para alimentar el sistema SAP y controlar los niveles de producción consiste en identificar la información disponible y la necesaria. Respecto al tiempo que toma la preparación de la máquina en la operación de cambio de troquel: formar de grupos de troqueles con características similares y tomar las mediciones del tiempo correspondientes, para obtener la información sobre las otras operaciones e insumos: la elaboración de un formato para la captura de datos. Para controlar los niveles de productividad la elaboración de niveles de productividad.

4.1 Estructura de las propuestas

Para lograr el objetivo “Captura de los datos necesarios para la alimentación de SAP y para la supervisión del proceso” se analizó la información que ya se tenía en los departamentos de planeación y mantenimiento sobre la línea de producción BKS y se ideó un mecanismo para la captura de los datos restantes, así como el empleo que se le daría para el control de la productividad.

Para cumplir el objetivo “Reducir el tiempo de producción”, que actualmente llega a ser mayor a cuatro días debido a las causas que se presentan en la Figura 18: “Diagrama ¿porqué –porqué? del tiempo de producción de la línea BKS mayores a cuatro días” se elaboraron una serie de propuestas que se presentan a lo largo de éste capítulo.

La estrategia que se siguió para reducir el tiempo de producción, incluye la agilización de las operaciones internas y externas, reduciendo el número de fallas del troquel, la activación del módulo de producción del MRP y la vigilancia del ritmo de producción. Esa estrategia se muestra en la Figura 18: “Diagrama ¿cómo-cómo? aplicado a la reducción de tiempos de producción de la línea BKS”

De la figura 19 se observa que para evitar el tiempo inactivo de la máquina es necesario que todo el personal de la línea BKS tenga conciencia sobre la importancia de que las máquinas operen el mayor tiempo posible, por lo que la primera de las propuestas se refiere a este punto.

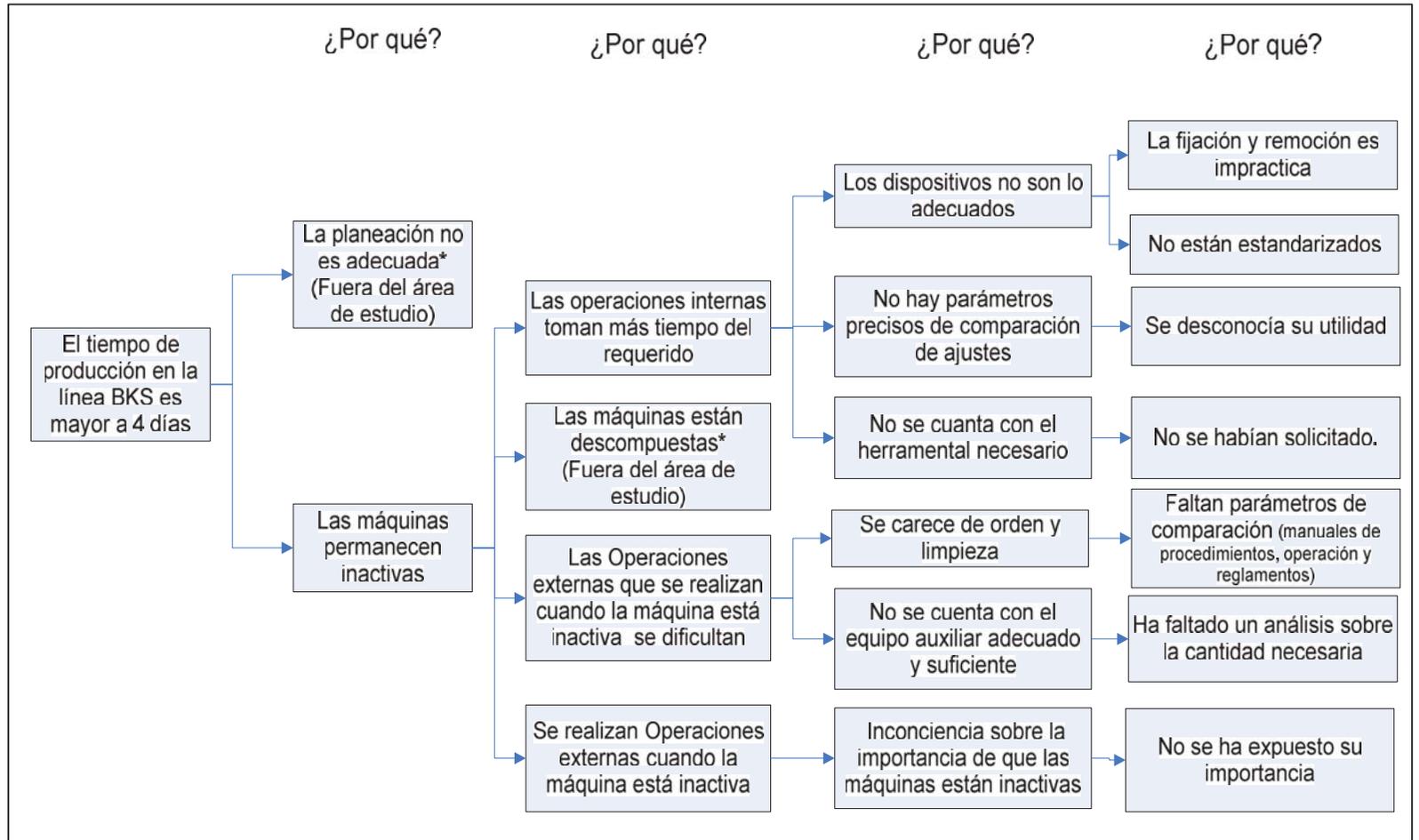


Figura 18 Diagrama ¿por qué - por qué? de los tiempos de producción en la línea BKS mayores a cuatro días

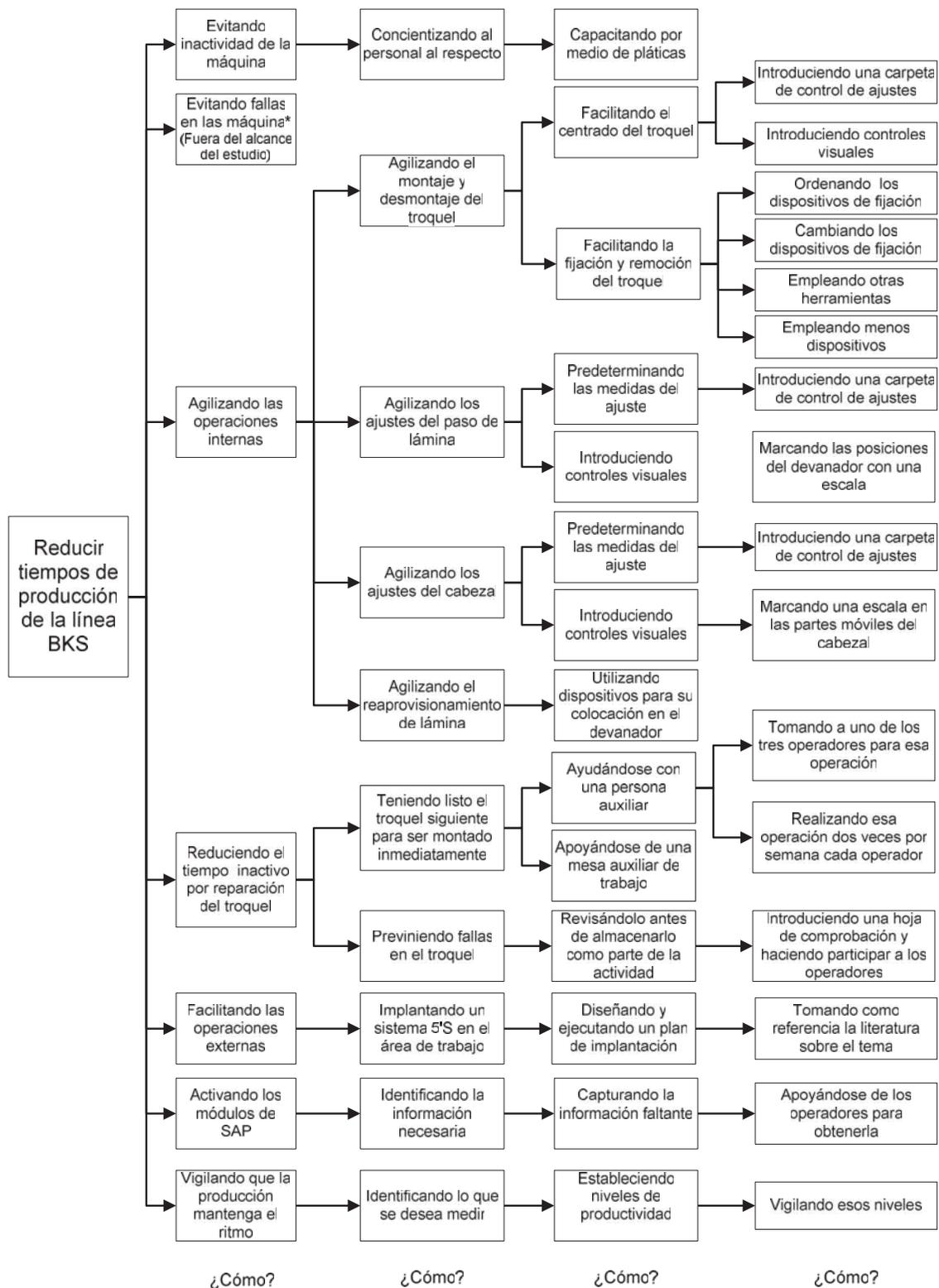


Figura 2: Diagrama cómo-cómo aplicado a la reducción de tiempos de producción de la línea BKS

Conciencia sobre la importancia de la inactividad de las máquinas.

El tiempo de producción está determinado por el tiempo de inactividad de la máquina, al dejar una máquina inactiva se está perdiendo la oportunidad de satisfacer el pedido de un cliente. En la línea BKS y en general en toda la planta, no existe una conciencia sobre esto, por lo que es muy común que durante la reparación, montaje o desmontaje de los troqueles y cambios de lámina se desperdicie tiempo que se podría ocupar para la producción.

La primera de las propuestas consiste en capacitar al personal sobre la importancia de mantener la máquina inactiva el menor tiempo posible; su primer y único objetivo es hacer conciencia en los trabajadores de que “el tiempo que una máquina permanece inactiva es productividad perdida por la empresa que les afecta a ellos mismos”.

La capacitación se puede impartir por medio de una junta con el personal de la línea BKS en donde se acentúe que el objetivo es reducir el tiempo de entrega de los productos y, para que se logre, la máquina debe estar en operación produciendo con la calidad, así como en la cantidad que se requiere.

Se aprovechará esta plática para informar sobre el estudio que se está realizando en la línea de producción BKS, para evitar posibles problemas con el sindicato debiera asistir a la reunión el representante sindical y extenderse una invitación al delegado sindical. La reunión se programaría con una semana de anticipación para asegurar que todo el personal de la línea BKS asista y se efectuaría diez minutos antes de que termine la jornada de trabajo, solicitando al área de Planeación que no se programen tiempos extras ese día; además se elaborará un cuadernillo con la información que se expondrá, el cual se entregará al iniciar la junta para que, en caso de que alguien falte a la reunión, pueda estar al tanto de lo que se expuso.

Para reforzar lo expuesto en los días siguientes se realizarán visitas sorpresa y se mostrará especial atención en que las máquinas permanezcan inactivas el menor tiempo posible.

4.2 Propuestas referentes a los procesos

Las propuestas relacionadas con los procesos tienen por objeto aumentar el número de piezas producidas por unidad de tiempo, lo que impacta directamente en la reducción del tiempo de producción. La presentación de las propuestas aborda tres rubros; el primero se refiere a las operaciones internas (operaciones que se tienen que realizar cuando la máquina está inactiva), el segundo está relacionado con las operaciones externas (operaciones que se realizan cuando la máquina está inactiva) y el tercer rubro comprende el área de trabajo así como el equipo auxiliar empleado en la línea de producción BKS.

Las propuestas relacionadas con las operaciones internas tienen por objeto agilizar ese tipo de operaciones para que la máquina permanezca inactiva el menor tiempo posible, aumentándose el número de piezas producidas por hora. Los procesos que se analizan en esa sección son el cambio de troquel, reaprovisionamiento de lámina, ajuste del cabezal, ajuste de la lámina e introducción de la lámina al troquel.

Las operaciones externas consisten en preparar lo necesario para efectuar las operaciones internas, por lo que las propuestas buscan agilizar esas operaciones externas de forma que se faciliten las operaciones internas, en ellas se encuentran las reparaciones del troquel, el control de ajustes, introducción de una mesa auxiliar de trabajo, controles visuales y una carpeta de control de ajustes.

Por último las propuestas relacionadas con el equipo auxiliar y el área de trabajo buscan agilizar indirectamente ambos tipos de operaciones permitiendo que la atención de los operadores se centre en las operaciones internas y externas; en ellas se aborda el orden del lugar, la limpieza, la estandarización y la disciplina entre otros.

4.2.1 Cambio de troquel

El objetivo del conjunto de estas propuestas busca reducir el tiempo que toma realizar el cambio del troquel, para efectuarlo en menos de diez minutos.

Para lograrlo se introduce una regla de decisión para programar los productos en la línea BKS de entre una lista de productos pendientes que proporciona el planeador de la producción; una mesa auxiliar en la que se colocan los troqueles en espera de ser montados; una hoja sobre el estado del troquel y las condiciones de ajuste así como una serie de modificaciones en lo que se refiere al centrado del troquel, las herramientas y dispositivos empleados para su fijación a la mesa de trabajo.

Una vez que el troquel ha dejado de hacer contacto con la mesa de trabajo empieza a correr el tiempo que es desperdiciado, si la razón es por una reparación del troquel, el tiempo inactivo puede durar desde veinte minutos, hasta horas e incluso días. Sí es por un cambio del modelo de producto se puede tardar alrededor de cuarenta minutos.

Las causas de que el cambio de troquel en la línea BKS tome desde unos minutos hasta horas o incluso días se exponen en la “Figura 20: Diagrama causas de la demora en el cambio de troquel”.

Programación de los productos

Es común que la máquina permanezca inactiva mientras se realiza alguna reparación del troquel u otras operaciones externas. La propuesta consiste en un criterio de decisión que indique que el troquel que sigue en una lista que el planeador de la producción entrega se monte apenas se desmonta otro, esto sin importar si el desmontaje se realizó para hacer reparaciones al herramental o porque se ha terminado la producción de ese producto. De esta forma se pueden hacer los ajustes al troquel mientras la máquina está trabajando, reduciendo así el tiempo que la máquina está inactiva durante las operaciones externas.

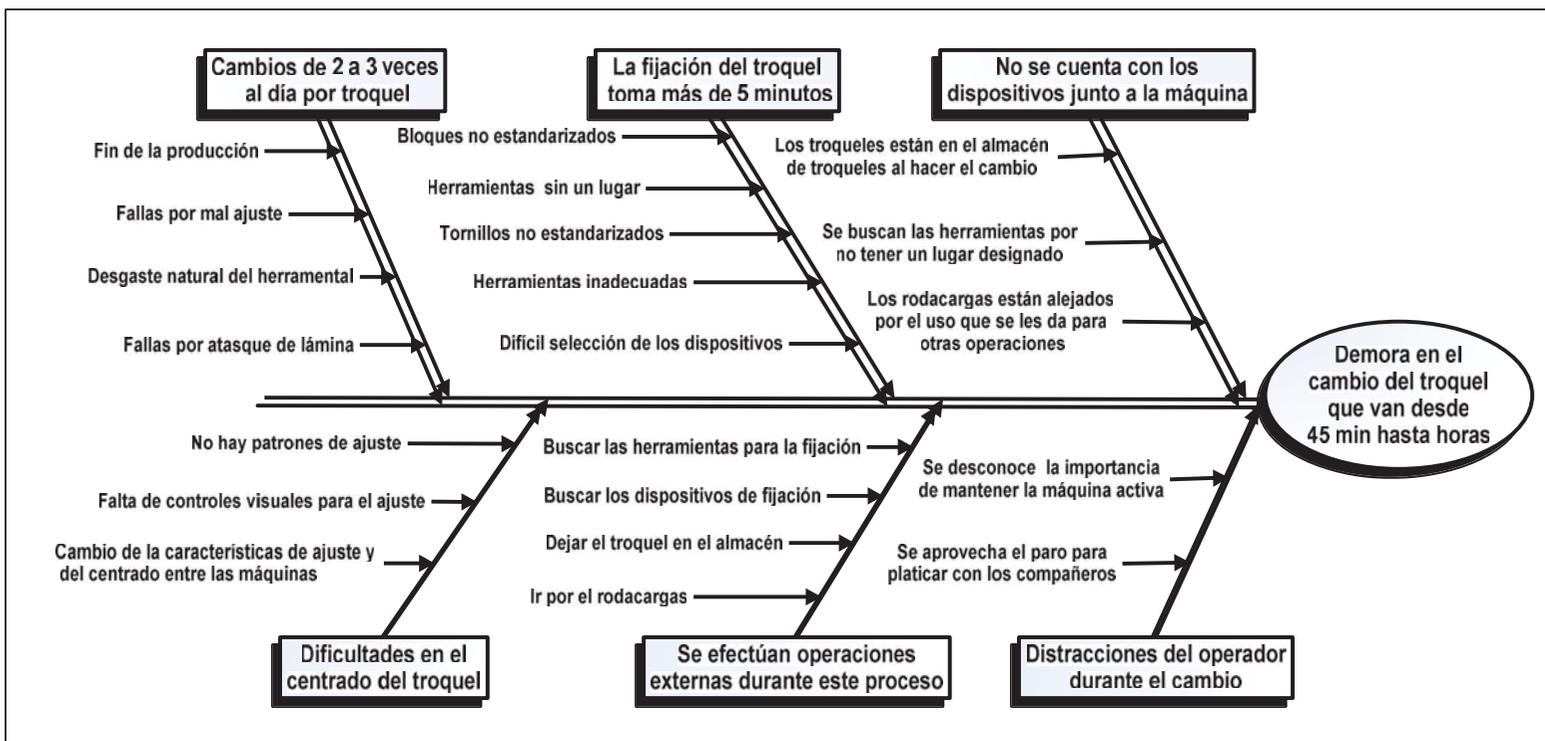


Figura 3: Diagrama causa – efecto de la demora en el cambio del troquel

Una posible consecuencia adversa consiste en que si el troquel que fue desmontado se estaba utilizando en la producción de un lote de producto que esta a punto de vencer o ha vencido podría retrasarlo aun más al tener que esperar a que otra de las máquinas se desocupe para terminar con su producción.

Para estos casos, como mediada de contingencia se aplica la regla de decisión que se muestra en la “Figura 22: Regla de decisión para programar los pedidos atrasados en la línea BKS”.

Cuando un lote está atrasado se le notifica al operador quién tendrá que investigar cuál es la situación de avance en los lotes de las otras máquinas, si el desmontaje es por “limpieza del troquel” (una operación que debe durar menos de 15 minutos después de la implantación de las propuestas) el troquel se montará en la misma máquina, aún cuando la máquina permanezca inactiva durante la reparación.

Si por el contrario la reparación tomará más de 15 minutos se coloca el troquel que está en la mesa auxiliar y, media hora antes de que termine la reparación se decidirá qué hacer con el troquel cuando termine de ser reparado:

- Si después de terminar la reparación, habrá una máquina disponible en un tiempo menor a una hora, el troquel se asignará a la máquina disponible.
- Si no la hay, se revisa si habrá una máquina disponible en la próxima media hora (durante el tiempo que el troquel está siendo reparado), en caso de haberla se asigna el troquel a ella, en caso contrario el troquel tendrá que esperar.

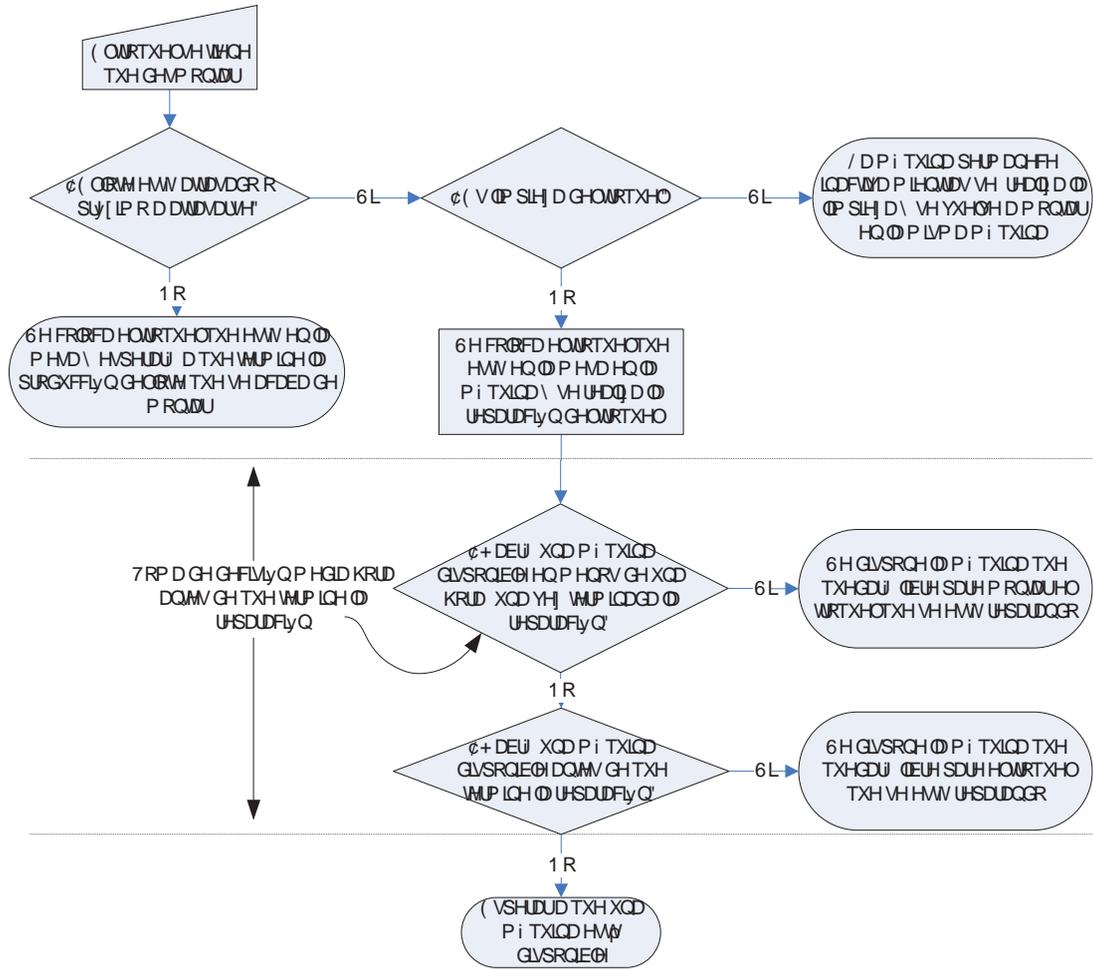


Figura 5: Regla de decisión para programar los pedidos atrasados en la línea BKS

Para la implantación de la propuesta se tendría que hablar con el planeador de la producción como se describió anteriormente y se tendría que contar con una persona auxiliar que esté al tanto de la programación de los productos y disponga de tiempo suficiente para estas actividades, propuesta que se expondrá más adelante en esta sección de propuestas.

4.2.2 La mesa auxiliar

El troquel que sigue en la lista de la programación se debe tener cerca de la máquina para realizar el cambio, sin embargo se tienen que ir por ellos al almacén mientras la máquina está inactiva. Con las herramientas existe un problema similar ya que por la frecuencia de uso deben estar cerca del área de trabajo, pero al no haber un lugar definido para ellas, se encuentran en todo el departamento, dificultándose su localización.

La propuesta consiste en la introducción de una mesa auxiliar para colocar el troquel en espera de ser montado, la cual puede aprovecharse para almacenar los componentes para la fijación y las herramientas al incorporar peldaños adicionales.

Una vez montado al troquel y poniendo la máquina en marcha, se coloca otro troquel en la mesa de trabajo para que apenas se desmonte uno, se disponga de otro para que trabaje la máquina. La colocación de las herramientas y dispositivos está en función de su uso; pero una vez que se determina un lugar, se marca en una esponja la forma de dichas herramientas para indicarlo y se pueda identificar fácilmente cuando una de ellas esté en uso.

La posible consecuencia adversa sería que la mesa auxiliar tendría que ser angosta por el poco espacio que hay en la celda de trabajo y con una altura igual a la mesa de trabajo para facilitar la operación, por lo que se corre el riesgo de que sea inestable, por lo que se recomienda se fije al piso.

Para la implantación se le expone la situación al encargado de mantenimiento quien cuenta con personal capacitado para soldar, y al encargado de lámina para que proporcione la lámina; se cuenta con unos perfiles metálicos lo suficientemente robustos para fabricar las mesas los cuales sobraron de obras anteriores de mantenimiento. La fabricación de las mesas tarda entre tres y cinco días y al hacerlas con los recursos de producción se evita que se requiera la autorización del área financiera de la empresa.

4.2.3 Centrado de los troqueles

Se comentó en el capítulo anterior que el troquel se centra en un inicio de una forma burda y después se realizan movimientos más precisos. Esto produce una pérdida de tiempo que puede tomar de uno a cinco minutos; los cambios de troquel se efectúan entre dos y tres veces al día en condiciones normales y si se tiene problemas al ajustarlo se puede aumentar el número de veces hasta seis o siete veces al día, lo que acumulado se traduce en veinte minutos al día por máquina solamente para esta actividad.

El objetivo de esta propuesta es reducir el tiempo a menos de un minuto con treinta segundos. La propuesta consiste en introducir una serie de líneas marcadas o dibujadas que formen escuadras en el interior de la mesa de trabajo como las mostradas en la “Figura 23: Ayudas visuales en la mesa de trabajo” si se sabe que, por ejemplo, debe estar a x [mm] de la línea A y a z [mm] de la línea 1, el operador puede centrar con ayuda de unas escuadras el troquel.

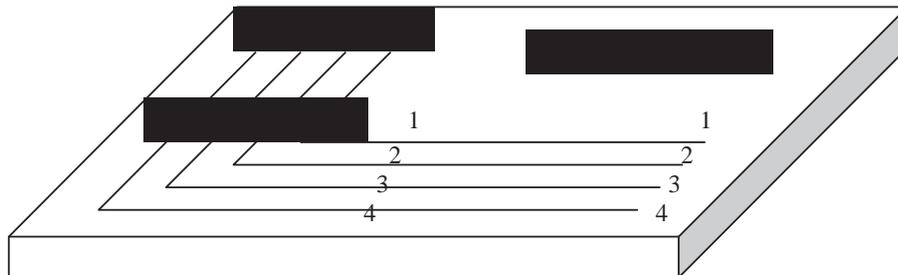


Figura 6: Ayudas visuales en la mesa de trabajo

Las posibles consecuencias adversas radican en que si se pintan las líneas éstas se borrarían con el arrastre de los troqueles, por lo que se sugiere marcar las mesas auxiliares. Otra consecuencia adversa está en que el centrado de los troqueles varía entre máquinas y sería imposible aprenderse los centrados para cada troquel.

Para la implantación se cuenta con las herramientas necesarias en el taller mecánico para hacer las marcaciones de las mesas, por lo que la propuesta se expondría a planeación y al encargado de taller mecánico para coordinar el desmontaje de las mesas de trabajo de forma que tome el menor tiempo posible.

Se requiere contar con la información sobre el ajuste de los troqueles para cada máquina por lo que se propone introducir una hoja de ajustes de la máquina por troquel la cual se discutirá a continuación.

4.2.4 Carpetas de ajuste:

Las carpetas de ajuste tendrían por objetivo almacenar la información referente a los troqueles y los ajustes de la máquina de forma que se prepare todo lo necesario antes de iniciar el montaje del troquel, por ejemplo determinar si la vida restante de los herramientas es suficiente para atender el lote, (en caso contrario se fabricaría un nuevo herramental), tener presente las distancias de las líneas guía a las que se debe colocar al troquel, etc.

La información que deben contener las carpetas es: las distancias para el centrado del troquel; los ajustes que se le hacen a las máquinas, como son el apriete de los tornillos y tipo de resortes entre otros; tiempos récord y tiempo esperado para cada actividad, así como datos de producción, el tipo de lámina empleado, el número de cavidades y el número de piezas por golpe, etc.

Hay información que cambia cada vez que se emplea el troquel, por ejemplo con el desgaste de la herramienta cambia el ajuste del cabezal, por ello se incorpora una hoja que incluye la parte cambiante del control en donde se señalan por ejemplo las condiciones del troquel y de ajuste del cabezal.

Para evitar que poco tiempo después del montaje del troquel existan paros por fallas en el herramental causados por su desgaste natural, se propone su revisión una vez que se han desmontado para su almacenamiento; las observaciones que

se hagan sobre el estado y sobre el número de golpes que se estima durará el herramental trabajando en condiciones normales, se deben incluir en la carpeta de control de ajustes.

Al poner el troquel en la mesa de trabajo se coloca la hoja de la carpeta correspondiente y una vez que el troquel se desmonta para su almacenamiento la hoja se regresa a la carpeta con las observaciones pertinentes. Una consecuencia adversa es el que se pierdan las hojas de trabajo por lo que la información que no cambia debe mantenerse también en otra carpeta que tendrá el departamento de planeación de la producción. Ambas carpetas deben contener datos para su rastreo y facilitar su grado de actualización¹.

La operación que toma más tiempo es la reparación del troquel, que consiste en el afilado del herramental o su cambio (para lo cual se requiere solicitar a taller mecánico su fabricación) por lo que se intenta reducir en la medida de lo posible este tipo de fallas.

4.2.5 Componente de fijación del troquel a la mesa de trabajo.

En el capítulo anterior se explicó la dificultad para seleccionar los adecuados dispositivos de fijación, que se componen de bloques, calzas y tornillos; se explicó que el mayor problema estaba en la selección de los bloques para lograr la altura deseada; en la selección de tornillos que se adaptaran a esos bloques y las herramientas que se emplean para los tornillos seleccionados.

EL objetivo obligatorio de esta propuesta consiste en disminuir el tiempo de fijación del troquel a menos de dos minutos, y como objetivos deseables el facilitar la operación de selección de los dispositivos y herramienta, ocupar el menor espacio posible en el almacén, al tiempo que se mantenga el orden e invertir la menor cantidad de dinero posible.

¹ La identificación para su rastreo está basada en los sistemas de calidad ISO, una descripción del contenido y la forma de actualización se describe en el libro “Calidad Total en Acción” citado en la bibliografía.

Uno de los principales problemas para la fijación del troquel es que las piezas no están estandarizadas, por lo que se pierde tiempo en su selección dentro del proceso; en el caso de los tornillos lo que se busca es identificar el modelo de tornillo más adecuado y contar solamente con ese tipo de tornillos.

Los tornillos se componen de dos partes, la cabeza y el cuerpo con cuerda. La literatura recomienda para este tipo de aplicaciones los tornillos con cabeza hexagonal o los de tipo Allen. El tipo de cuerpo puede variar pero se sabe que hay tonillos de fijación diseñados para facilitar su colocación y extracción, tres de estos modelos se muestran en la “Figura 24: Tornillos especiales para fijación”.



Tornillos de fijación	
Número	Tipo de tornillo
1	Normal
2	Cuerda corta
3	Cuerda corta maquinado
4	Presión

Figura 7: Tornillos especiales para fijación.

La comparación de estos tornillos para la aplicación en el montaje y el desmontaje de los troqueles se muestra en la tabla 6: “Ponderación de los tornillos de fijación”, de la cual se puede concluir que el tornillo más apropiado es el de cuerda corta que tarda entre cinco y doce segundos en ser colocado o ser extraído. Al fijar el troquel en cuatro puntos se estima un tiempo para la operación que varía entre 20 y 50 segundos, dejando casi de minuto a un minuto y medio para la colocación de los bloques de fijación y la manipulación de la herramienta.

Tipo de tornillo	Costo	Duración	Velocidad de fijación/ extracción	Seguridad de la fijación Ponderación 1-10
Normal	\$	+++++	20-30[seg.] /Tornillo	10
Presión	\$\$\$\$	+	3-7 [seg.] /Tornillo	2
Cuerda corta	\$\$	++++	5-12 [seg.] /Tornillo	9
Maquinado	\$\$\$	++++	5-12 [seg.] /Tornillo	8

Tabla 1: Ponderación de los tornillos de fijación

Una opción es fijar los troqueles con tres tornillos en lugar de cuatro para reducir aún más el tiempo, sin embargo no es posible en todos los troqueles debido a sus diseños, por lo que se incluye en la propuesta que se usen tres puntos de fijación en lugar de cuatro siempre que sea posible.

Para la selección de los bloques se cuenta con tres opciones:

- 1) Seleccionar un conjunto de bloques que se ajustan al troquel, marcarlos e introducirlos en una bolsa, la cual acompañará al troquel en su almacenamiento,. Esta opción produce que se emplee espacio del almacén y que se ponga en riesgo su orden.
- 2) Identificar las alturas de los bloques que ya se cuentan y marcar con un color las caras con altura iguales, para que al operador se le facilite su selección. La opción es económica, pero dificulta el orden de los bloques y reduce el espacio disponible.

3) Introducir juegos de bloques universales (dispositivos con los cuales se pueden lograr diversas alturas dentro de un rango con precisiones muy estrechas) El costo de los dispositivos es elevado, no se requiere selección de ningún tipo y se pueden incorporar los bloques como parte de las herramientas de trabajo de cada celda.

La tercera de las opciones es la que se propone como la más aceptable a pesar del costo de este tipo de dispositivos, ya que es la opción que más facilita la operación y da una sensación de orden y limpieza en el área de trabajo. (Ver “Figura 25 Dispositivos universales de fijación”)

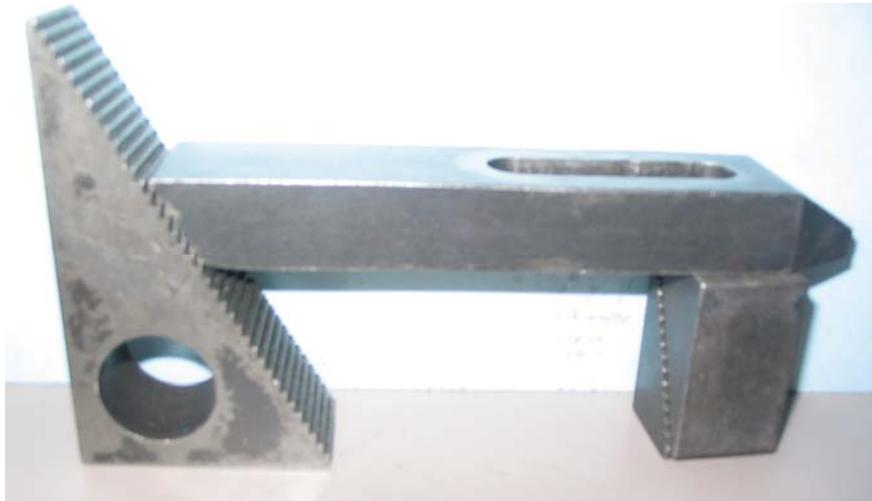


Figura 8: Dispositivos universales de fijación

El espacio que hay entre el bastidor y el troquel es pequeño por lo que el tipo de herramienta que se debe emplear en este tipo de operaciones debe tener un pequeño margen de movimiento. Las “llaves matraca” junto con las llaves Allen son las mejores candidatas, pero las llaves Allen aparecen como las herramientas más indicadas para la operación por su bajo costo.

4.2.6 Reaprovisionamiento y ajuste de la lámina

La siguiente serie de propuestas busca reducir el tiempo que la máquina permanece inactiva durante el reaprovisionamiento y ajuste de la lámina a una cantidad menor de 40 minutos al día por máquina. El tiempo que actualmente se emplea para estas dos actividades por máquina está entre 45 y 90 minutos, además de los tiempos que se emplean en operaciones externas que suman alrededor de una hora más.

El proceso de reaprovisionamiento de la lámina se realiza al terminarse el rollo de la lámina con que se alimenta la máquina, lo que ocurre con una frecuencia de seis a siete veces al día y la operación tiene una duración cercana a los 5 minutos, pero en ella se realizan operaciones externas como lo son el ir por el rodacargas o el rollo de lámina, lo que incrementan el tiempo de inactividad de la máquina a veinte minutos.

El proceso de ajuste del paso de la lámina dura de dos a cinco minutos y no involucra operaciones externas. Un tiempo similar se ocupa cuando se introduce la lámina en el troquel, después de los ajustes se realiza una serie de pruebas para comprobar que el ajuste fue correcto, si bien los tiempos que toman las operaciones de ajuste son adecuados, la dificultad de lograr hacer un ajuste correcto es tal que comúnmente se realizan entre tres y cinco intentos antes de que el ajuste sea el adecuado, por lo que los tiempos que puede llegar a consumir esta actividad y las pruebas, son cercanos a la hora.

Las causas de que el tiempo que se emplee para estas actividades de ajuste y reaprovisionamiento de lámina sea cercana a una hora y media se muestran en la “Figura 27: Diagrama causa-efecto Duración de una hora y treinta minutos en el ajuste y reaprovisionamiento de lámina”

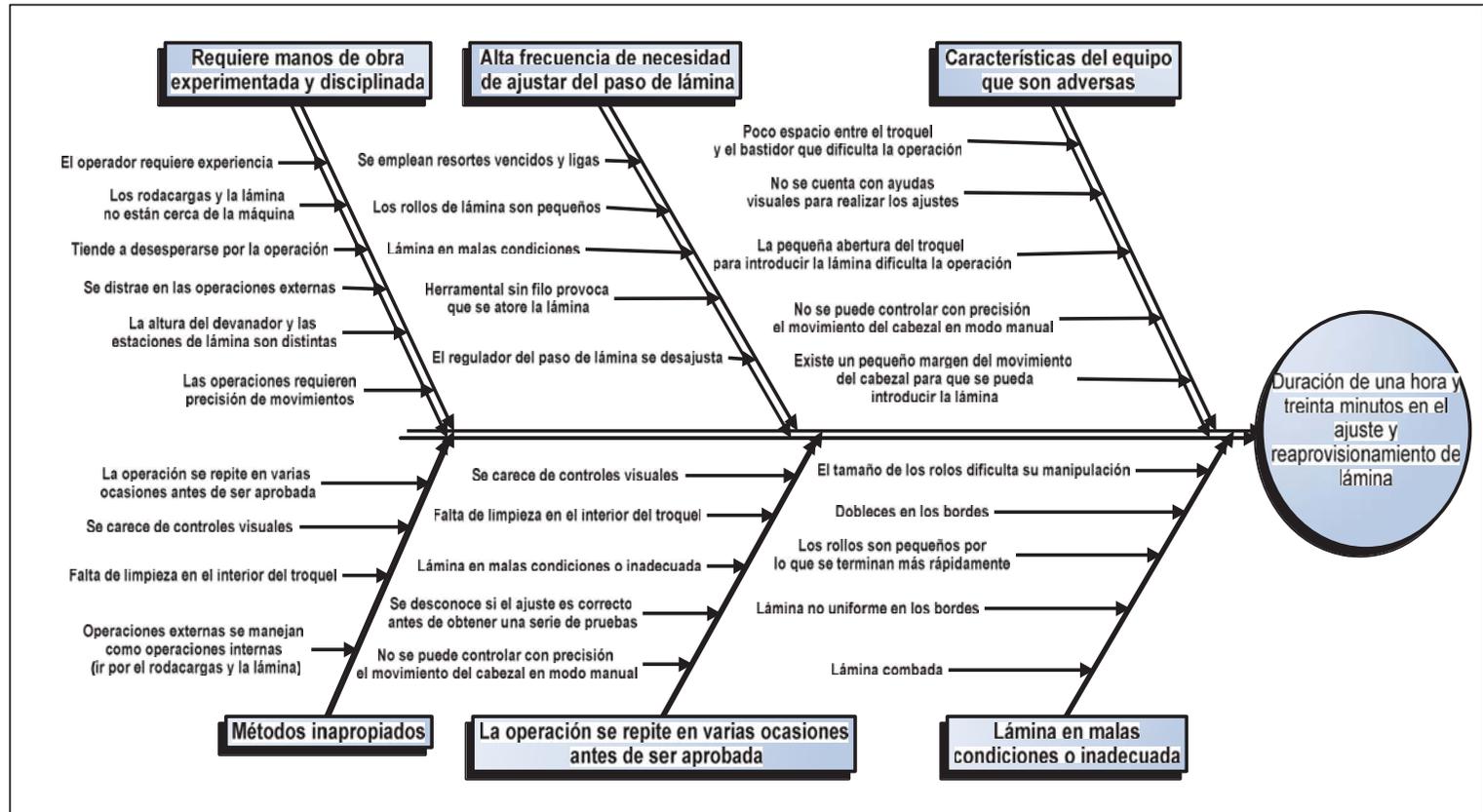


Figura 9: Diagrama Causa - efecto Duración de una hora y treinta minutos en el ajuste y reaprovisionamiento de lámina

Las propuestas para que el tiempo de inactividad de la máquina sea menor y se faciliten las operaciones externas consisten en: contar con un auxiliar que se encargue de la preparación del equipo para las operaciones internas; estandarizar el tamaño de los rollos para facilitar su manipulación; reubicar las estaciones de lámina y modificar su altura; cambiar las componentes deterioradas del regulador del paso de lámina; contar con un dispositivo para facilitar la introducción de los rollos de lámina al devanador, e introducir controles visuales para realizar los ajustes en el regulador del paso de lámina y en el cabezal.

4.2.7 Personal auxiliar en el reaprovisionamiento de lámina y cambio de troqueles.

Las propuestas tienen por objeto disminuir el tiempo que la máquina permanece inactiva durante el reaprovisionamiento de lámina a menos de un minuto para lo cual se propone que las operaciones externas se realicen durante el tiempo activo de la máquina, al tiempo que se facilitan por medio de la reubicación de las estaciones de lámina y rodacargas, así como un aumento de la cantidad de rodacargas y diseño de las estaciones de lámina.

Las operaciones estrictamente internas son: el quitar la corona de seguridad del devanador lo que toma entre cinco y diez segundos; la colocación del rollo de lámina en el devanador una vez que se igualó la altura del rodacargas con la barra del devanador en la que se coloca el rollo, lo que ocupa otros veinte segundos, y la colocación de la corona de seguridad, lo que toma entre cinco y diez segundos.

El operador permanece junto a la máquina hasta que el rollo de lámina se ha terminado por completo, para ir por el rodacargas con en el que transportará el rollo de lámina, esto para asegurar que la máquina no permanezca activa sin supervisión y se pueda producir algún accidente.

La propuesta consiste en contar con un auxiliar responsable de tener preparado el rodacargas con el rollo de lámina a la altura requerida y los troqueles en la mesa de trabajo, y en la medida de lo posible, ayudar en las operaciones de esos procesos.

Esa persona, que sería uno de los tres operadores de la línea BKS, se encargaría de monitorear el estado de la producción de las máquinas para identificar si alguna va a requerir un cambio de troquel o reaprovisionamiento de lámina, colocaría los troqueles en las mesas de trabajo y auxiliaría en el montaje y desmontaje de los troqueles.

Las consecuencias adversas de la propuesta son que la carga de trabajo del auxiliar y del operador difiere, por lo que podría haber molestias, para evitarlas se propone que el puesto de auxiliar sea ocupado por cada operador cada tercer día y que su disposición para realizar estas actividades sea considerada en el sistema de compensación basada en categorías con el que cuenta la empresa. Como se tendrían otras funciones que involucran una planeación al cambiar las actividades, se podría generar problemas con el sindicato, por lo que se expondría la situación al delegado sindical para llegar a un acuerdo que permita que se apruebe ese tipo de actividades.

4.2.8 Tamaño de rollos.

La propuesta consiste en manejar un tamaño de rollo estándar y con un tamaño tal que se permita su manipulación con un operador.

Existen distintos tamaños de rollos, los chicos son fáciles de manipular pero al contener menos lámina, la frecuencia con que se reaprovisiona la máquina es mayor (6 a 8 veces al día); los rollos grandes son difíciles de manipular pero disminuye la frecuencia con que se reaprovisiona la máquina (4 a 5 veces al día).

El tamaño mayor de los rollos para que pueda ser manipulado por un solo operador, sin que se ponga en riesgo su seguridad, tiene como características:

Diámetro entre 70-80 [cm.]

Peso entre 85-95 [Kg.]

Longitud entre 370 y 390 [m].

Al tener un tamaño estándar se facilitan los cálculos para determinar cuánto tiempo durará el rollo de lámina y por consiguiente saber a priori cuándo se tendrá que realizar el reaprovisionamiento facilitando la programación de actividades del auxiliar de operaciones de la propuesta anterior.

4.2.9 Cambiar los componentes del regulador

El regulador del paso de lámina está conectado con el cabezal para que suministre una cantidad de lámina en un momento específico, esa conexión se logra por medio de una barra que “jala” una parte del regulador que libera el paso de la lámina, y un conjunto de resortes “frena” la cantidad que está suministrándose; a falta de resortes en buen estado se emplean ligas plásticas que hacen la función de los resortes, sin embargo, pierden su elasticidad con facilidad y provocan que se suministre más lámina de la requerida atascándola en el interior del troquel.

La propuesta consiste en eliminar el uso de ligas por medio de la introducción de resortes graduados, para evitar la pérdida del paso del lámina y el atasco de lámina en el troquel. En la propuesta estos resortes forman parte del equipo que permanece junto a la máquina (en la mesa auxiliar del troquel), dichos componentes se prueban regularmente (los primeros días de cada mes) y en caso de no cumplir con las especificaciones se cambian. La posible consecuencia adversa es que no se cuente en el almacén con los resortes necesarios, por lo que se le solicitaría al encargado que tuviera un inventario de seguridad suficientemente grande (el costo de los resortes es bajo, menos de \$20 por resorte, y el volumen que ocupan es pequeño, por lo que no afecta tener un inventario grande de estos componentes).

4.2.10 Ajuste del cabezal e introducción de la lámina al troquel

La propuesta para estas operaciones consiste en la introducción de ayudas visuales.

Se ha comentado en secciones anteriores sobre las ayudas visuales en los ajustes, en el caso de los tornillos las ayudas consisten en marcas las cuales igualan la cabeza del tornillo con su apriete. La operación de ajuste del cabezal consiste en apretar una serie de tornillos y graduar el deslizamiento entre cilindros concéntricos, las ayudas visuales consisten en marcas en los perímetros de los cilindros para lograr las dimensiones requeridas. Para identificar las dimensiones requeridas se expuso el uso de una serie de hojas de control de ajustes.

Al tener esas ayudas visuales el operador no tiene que realizar pruebas cada vez que afloja o aprieta un componente, ya que coloca todos los componentes según las condiciones que señala la hoja de control (lo que se facilita con las ayudas visuales) y realiza una serie de pruebas para verificar que la calidad del producto es la adecuada para liberar la máquina.

4.3 *Propuestas referentes a los equipos auxiliares y el área de trabajo*

En el capítulo anterior se expuso que los rodacargas son insuficientes y que por la frecuencia de uso, no son las adecuadas las localizaciones de las estaciones en donde se encuentran las estaciones de lámina y los rodacargas.

En esta sección también se habla de la limpieza del área de trabajo así como de su orden, para lo que se propone la introducción de un sistema 5's y se hacen varias propuestas relacionadas con la limpieza y el orden del lugar de trabajo.

4.3.1 Redistribución de las estaciones de lámina y rodacargas

La propuesta de localización de esas estaciones se muestra en la “Figura 28 Distribución de los rodacargas y estaciones de lámina”, en la cual se ha incluido otra estación de rodacargas la “E-3” (en donde iría un rodacargas adicional) y se han colocado las estaciones de lámina cerca de las celdas de trabajo.

Adicionalmente se incluyen las mesas auxiliares de trabajo para los troqueles y las herramientas. Para esta propuesta no se identificaron posibles consecuencias adversas.

4.3.2 Incremento de la limpieza y orden del área de trabajo

Las propuestas relacionadas con este tema tienen por objetivo obligatorio una mayor organización y limpieza, así como por objetivo deseable aumentar la moral del personal.

En el capítulo anterior se expuso que la limpieza en el área de trabajo es pobre, no existe un orden para los equipos auxiliares y se carece de manuales de procesos de operación y reglamentos que indiquen cómo “debería” mantenerse el área de trabajo.

La propuesta consiste en implantar un sistema 5´S en la línea BKS. La implantación de este tipo de sistemas se comentó en el marco de referencia de este trabajo; sin embargo para una descripción más detallada de los pasos que se siguen para su implantación, se sigue consultando la bibliografía.

En la línea de producción BKS se han tenido grandes demostraciones de creatividad al adaptar recursos disponibles para el suministro de aceite o en improvisaciones para el mejor desempeño de las máquinas entre otros casos, sin embargo no se han procurado de tal forma que se genere una imagen de orden y limpieza, por lo que se hacen las recomendaciones que se muestran en la tabla

7: “Oportunidad de mejora y sugerencia de cambio” sobre situaciones específicas relacionadas con el orden y la limpieza del área de trabajo.

Oportunidad de mejora	Sugerencia
Fijación con alambre de los componentes de la máquina	Emplear los tornillos, resortes y dispositivos diseñados para ese fin
Unión de cables sin aislamiento	Empleo de conectores plásticos o cinta de aislar en su defecto
Dosificador de grasa improvisado con una botella de refresco	Cortar la botella, pintarla y rotularla
Adaptaciones con lámina y alambre para las salidas de material	Eliminar filos y remachar las salidas para evitar el uso de alambre
Charcos de aceite en el piso	Uso de charolas de recuperación y limpieza diaria de la máquina
Cajas de plástico en mal estado	Clasificación y eliminación de éstas, reposición con cajas en buen estado
Arrastre de cajas que deteriora el piso	Uso de diablitos
Pintura caída de las máquinas y marcas de óxido	Lijado de las partes con óxido y aplicación de una capa de pintura
Suciedad de las máquinas	Limpieza diaria de las máquinas
Falta de delimitación de las áreas de trabajo	Pintar las líneas divisorias de pasillos y áreas de trabajo
Falta de patrones de comparación para la limpieza y el orden	Elaboración de manuales y reglamentos con fotografías
Pérdida de orden en el almacén de troqueles	Señalización de los troqueles que deben estar en cada estante

Tabla 2: Oportunidades de mejora y sugerencias de cambio referentes al orden y la limpieza del área de trabajo

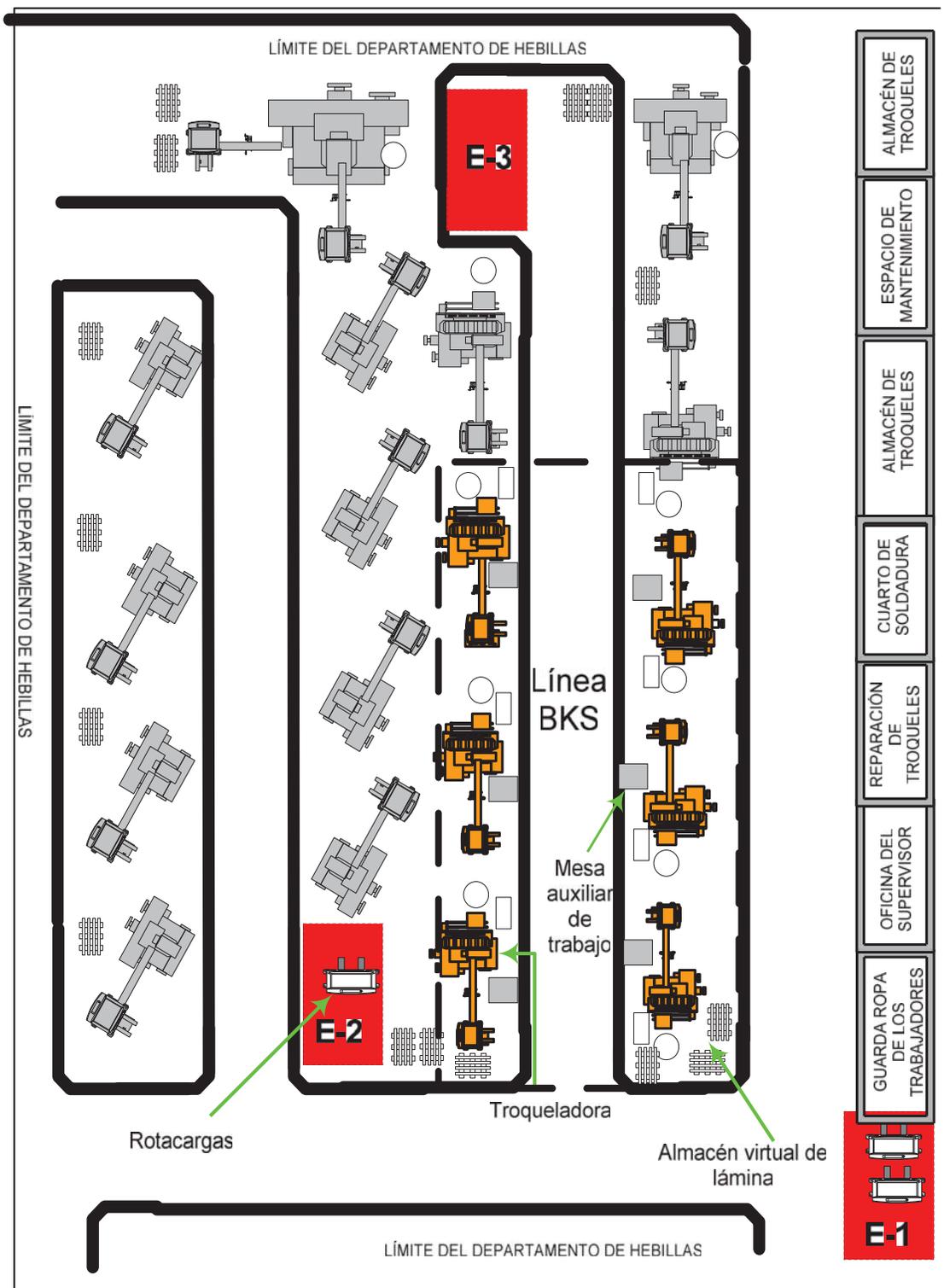


Figura 11: Distribución de los rodacargas y estaciones de lámina

4.4 Propuesta para la captura de datos

Los objetivos obligatorios de esta sección son: La captura de datos para la alimentación del sistema SAP para activar los módulos de planeación y elaborar una serie de indicadores del número de piezas obtenidas por unidad de tiempo, por lo que se incluye el desempeño del equipo, el tiempo empleado por el operador para cada actividad y los costos de la no calidad.

Se mencionó que la idea de los administrativos para reducir el tiempo de producción era la implantación de los módulos de SAP, idea que originó este proyecto; la información que se requiere para este fin consiste en la cantidad de materia prima que se utiliza para cada lote de producción en cada una de las máquinas, el tiempo de preparación de cada máquina para cada modelo y la mano de obra empleada.

Por otro lado se requieren indicadores sobre la productividad de la línea BKS por máquina sobre el número de productos por día en unidades comparables, el tiempo empleado para la preparación de las máquinas desglosado en cada uno de los procesos internos, el tiempo de inactividad de las máquinas y los recursos empleados (mano de obra y lámina).

Adicionalmente como parte del programa de mejora continua en lo que se refiere a la disminución de tiempos que toman los procesos, se requiere identificar el tiempo de los procesos, y suficiente información para definir las áreas de estudio para concentrar los esfuerzos de mejora en dichas áreas.

4.4.1 Estrategia de captura para SAP

La administración desea que se tenga la información necesaria para implantar el sistema en un año y para que el sistema de SAP funcione se requiere la información de todos los modelos de productos o de lo contrario el sistema daría aproximaciones que podrían ser inaplicables para lograr dar una fecha de producción acertada.

Se cuenta con un registro histórico de producción, en el que se indica el número de golpes por minuto de cada máquina para cada productos, por lo que falta determinar la cantidad de materia prima empleada, la cantidad del recurso humano empleado y el tiempo de preparación, sin embargo no toda esa información se requiere capturar con gran precisión ya que al alimentar el sistema se indica un margen de error que ajusta el sistema el cual se puede predeterminar desde el 20% hasta el 1% en los recursos empleados.

El determinar la cantidad de materia prima empleada no juega un papel importante en la alimentación de SAP, su principal función es servir de control para auxiliar al encargado del almacén de lámina cuándo y cuánta lámina solicitar, por lo que se puede dar un aproximado sin que esto impacte significativamente las operaciones.

La cantidad de recursos humanos empleados sirve para calcular el costo de la pieza y en segundo lugar para identificar si se cuenta con el personal suficiente para cumplir la demanda; SAP se creó para calcular la mano de obra en unidades de horas; sin embargo en nuestro país se trabaja por jornadas de ocho horas y la mano de obra está sobrada en la empresa como en muchas de las empresas nacionales, por lo que un buen aproximado para obtener el costo de mano de obra en cada pieza se puede obtener dividiendo el sueldo del operario entre el número de piezas producidas en un día, esto sin que se afecte el resultado de la operación.

Para el fin que se busca es fundamental determinar el tiempo de preparación de la máquina y no se puede dar de una forma aproximada, por lo que el reto se centra en obtener con precisión esta información en poco tiempo.

El tiempo de preparación de las máquinas se compone de operaciones cuya duración en algunos casos es igual para cualquier producto y otras que cambia según el modelo como se muestra en la tabla 8: “Diferencias en la duración de la actividad según el modelo”

Operación	Diferencia en tiempo según el modelo
Montar y desmontar los troqueles.	Sí
Reaprovisionar la lámina	No
Ajustar el paso de la lámina	Sí
Ajustar el cabezal	No

Tabla 3: Diferencias en la duración de la actividad según el modelo

Por lo tanto el objetivo se reduce al cálculo de tiempo del montaje y desmontaje del troquel, así como el ajuste del paso de la lámina de todos los troqueles en menos de un año.

Existen cerca de 1000 modelos distintos que se fabrican en la línea BKS de los cuales sólo de un 20% de esos modelos se reciben solicitudes cada mes, por otro lado hay productos de los que no se han recibido solicitudes en años. Hay algunos troqueles con características físicas similares, por lo que también lo son en los tiempos de preparación de montaje y desmontaje del troquel, así como el ajuste del paso de la lámina.

Las características que hacen diferente el tiempo que toma el montaje y el desmontaje del troquel son su: volumen, su peso y la posibilidad de emplear tres puntos de fijación en lugar de cuatro.

A partir de 30 grupos² de troqueles que se obtuvieron combinando el volumen y el peso, se determinó el tiempo que toman las operaciones del montaje y desmontaje del troquel tomando un ejemplar de cada grupo, ya que todos los elementos que pertenecen a ese grupo deben tomar el mismo tiempo en realizar el desmontaje o el montaje del troquel; esos grupos se muestran en la tabla 9 “Formación de grupos para calcular el tiempo de montaje o desmontaje del troquel”.

Volumen	Largo			Ancho			Alto		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Peso	Menor a 10 Kg.			Entre 10 y 15 KG			Mayor a 15 Kg		
Grupo	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18
	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25	G26	G27
Otro ³	G29			G29			G30		

Tabla 4: Formación de grupos para calcular el tiempo del montaje o desmontaje del troquel.

De forma similar se analizaron las características que hacen que el tiempo de ajuste de paso sea distinto, las cuales son: el volumen en el interior del troquel, es decir el juego que hay entre el punzón y la matriz, así como la abertura por donde se introduce la lámina, obteniendo 18 grupos distintos.

Elaboración de los índices de productividad.

Se desea tener un control sobre el ritmo de producción en la línea de producción BKS, para ello se requiere obtener información sobre los tiempos que dura cada operación para la fabricación de cada lote en cada máquina, el desempeño de cada máquina y el costo asociado a la no calidad del producto; se desea que la captura de esos datos se obtenga con facilidad al menor costo posible.

² De forma independiente se determinó si se fijan con 3 o 4 componentes, al saber cuánto tiempo tarda la colocación y extracción de los componentes de fijación en un punto.

³ Algunos troqueles tienen características especiales como partes que sobresalen, por lo que no se les puede especificar en un grupo definido

Para lograr esos objetivos se plantean las opciones: 1) Hacer un muestreo aleatorio 2) Contar con una persona cuya única función sea tomar los tiempos de cada actividad y 3) Confiar en el operador para que él registre sus propios tiempos.

La captura de la información sobre la duración de cada uno de los procesos es una tarea que requiere la presencia de una persona que esté junto al proceso, por lo que la primera de las opciones se descartó ya que de esa forma sólo se obtendría la información de algunos de los procesos, y no sería significativo por la cantidad de productos que se maneja en la línea BKS.

La segunda de las opciones cumple los objetivos obligatorios, sin embargo añade un costo adicional que la hace no aceptable, dejando como única opción a la tercera de las propuestas, que cumple en cierta medida todos los objetivos.

Las posibles consecuencias adversas de esta opción se encuentran en que los operadores podrían mentir en sus tiempos, sin embargo el tiempo de producción es constante y se puede determinar el número de golpes que dio la máquina por el número de piezas obtenidas, la resta del tiempo activo menos el tiempo que indica el trabajador que empleó para realizar las actividades puede dar cero idealmente, sin embargo en la realidad debe diferir una cantidad que se considere aceptable por ejemplo 30 minutos. En función de lo avanzado del sistema esa "holgura" se puede hacer cada vez más estrecha, y al notar alguna desviación considerable se vigilará al operador para identificar en dónde está el error en la medición de los tiempos.

Otra consecuencia adversa es que el operador no registre la información que se le solicita cuando realiza la operación, por lo que el supervisor tendrá la responsabilidad de vigilar que se llenen los datos solicitados.

5

Resultados

Este capítulo muestra los beneficios que se obtuvieron con las propuestas en lo que se refiere a la reducción de tiempos de fabricación, el control sobre la producción y la captura de datos para alimentar el sistema MRP de la marca SAP con el que ya cuenta la empresa.

Para reducir el tiempo de fabricación se creó una conciencia de la importancia de mantener las máquinas activas y se eliminaron una serie de actividades que distraían a los operarios; algunas operaciones internas se convirtieron en operaciones externas y ambos tipos de operaciones se agilizaron.

Por medio de la generación de manuales de operación y por una serie de índices de la productividad los cuales muestran el desempeño de los integrantes de cada área y el conjunto de actividades que desempeñan cotidianamente se logró un mayor control de la productividad, los cuales sirven de guía para identificar las áreas que demandan mayor atención en programas posteriores de mejora continua.

Con el formato y la metodología que se elaboró para realizar la captura de los datos faltantes para que el sistema MRP, los datos se podrán obtener en un periodo no mayor a cinco meses.

Los resultados de las propuestas incluyen la disminución de tiempos muertos por distracciones, la disminución de tiempo que toma ejecutar las operaciones internas (cuando la máquina está inactiva), la reducción del tiempo que toman las operaciones externas, mayor control sobre la productividad y un la operación de un mecanismo para la captura de datos para alimentar el sistema MRP de la compañía SAP.

1.1 Disminución de los tiempos de fabricación

1.1.1 Disminución de tiempos muertos por distracciones

Las pláticas que se mantuvieron con los operadores de la línea BKS sobre la importancia de que las máquinas permanezcan activas el mayor tiempo posible empezó a dar resultados inmediatamente, los operadores se mostraban atentos cuando una máquina se encontraba inactiva y se redujo el número de distracciones que aumentaban el tiempo inactivo de las máquinas.

Asignar a una persona para la preparación de los troqueles, los rollos de lámina y ajuste contribuyó a que se redujeran las distracciones debido a que en su mayoría estas se generaban cuando el operador realizaba las actividades de preparación de las máquinas (al ir por el rodacargas, el troquel y la lámina entre otros).

Con la introducción de un programa de limpieza y orden en el área de trabajo se consiguió que las herramientas tuvieran un lugar específico y accesible por lo que los operadores redujeron el número de distracciones que se generaban al buscar las herramientas, el equipo auxiliar (rodacargas), los troqueles y los componentes de fijación.

1.1.2 Reducción del tiempo que toman las operaciones internas

La introducción de las ayudas visuales en las mesas de trabajo redujo el tiempo que se emplea para la operación de centrado del troquel desde cinco minutos al día por máquina a sólo un minuto por máquina por lo que se aumentó el tiempo activo de producción 90 minutos, lo que se puede traducir a 6 lotes producidos al mes de 4 000 piezas cada uno.

Otra de las propuestas que contribuyó a la reducción del tiempo que toman las operaciones denominadas internas fue la introducción de controles visuales en los componentes de la maquina para facilitar los ajustes de los tornillos, posición del regulador del paso de lámina, altura del cabeza, así como la operación de centrado del troquel por medio de unas líneas en mesa de trabajo que sirven de guía. Esas ayudas visuales en conjunto con la información contenida en las carpetas designadas para indicar el correcto ajuste de los componentes, redujeron el tiempo de preparación de la máquina en 20 minutos al día en cada máquina lo que se traduce en 25 lotes de producción de 4 000 piezas cada uno al mes.

La introducción de dispositivos estandarizados y diseñados para la fijación de los troqueles, así como el incremento en el número de juegos de herramientas adecuadas para la colocación y remoción de los troqueles facilitó el montaje y desmontaje del troquel reduciendo el tiempo que toman esas operaciones internas contribuyendo a la producción de las cantidades descritas anteriormente.

Al contar con una persona que auxilia al operador en el ajuste del cabezal, el montaje del troquel, el ajuste de lámina y el desmontaje del troquel; se contribuyó a que se redujera el tiempo que la máquina permanece inactiva; además esa persona cuenta con la información sobre la programación de la producción, por lo que tiene preparados los troqueles para su montaje al igual que los rollos de lámina con los cuales se obtendrá el siguiente lote de producción eliminándose operaciones externas del proceso y agilizando las actividades internas, la

introducción de la regla de decisión que se propuso para decidir montar o desmontar el troquel mostró tener ventajas ya que los productos permanecieron menos tiempo en espera de empezar la producción y por tanto se redujo el tiempo de producción

La introducción de dispositivos con mayor resistencia en el regulador del paso de la lámina (resortes en lugar de ligas) redujo el número de veces que el paso de la alimentación de la lámina se pierde, reduciéndose el tiempo que la máquina permanece inactiva debido a este tipo de fallas lo que se ponderó en 2 lotes de 2000 piezas al mes adicionales.

La revisión del estado del troquel antes de su almacenamiento permitió que se identificara un troquel en malas condiciones con lo que se redujo la frecuencia de que se tuviera que parar la producción por falta de filo en el troquel o herramental lo que se ponderó en 3 lotes de producción de 4000 piezas al mes.

1.1.3 Reducción del tiempo que toman las operaciones externas

El asignar un lugar para los dispositivos de fijación, las herramientas y el equipo auxiliar agilizó las operaciones externas e internas ya que el operador no se distrae en la búsqueda de estas.

La nueva distribución de las estaciones de lámina y las estaciones de los rodacargas redujo la distancia que el operador y auxiliar deben desplazarse para reaprovisionar de lámina a las máquinas y para transportar los troqueles ya sea del almacén a la máquina, de la máquina al almacén, de la máquina al cuarto de reparaciones o del cuarto de reparaciones al almacén.

El tamaño de los rollos de lámina facilitó su manipulación reduciendo el tiempo que el auxiliar dedica a esta actividad por lo que puede realizar otras operaciones al tiempo que se reduce la posibilidad de accidentes

La introducción de una mesa auxiliar permitió que la persona encargada de las actividades auxiliares pudiera administrar su tiempo para colocar el troquel que se indica como siguiente en la programación sin que esto repercutiera en un incremento del tiempo inactivo de la máquina, esto se ponderó en 4 lotes de producción al mes de 4 000 piezas.

La revisión del estado del troquel antes del almacenamiento permitió identificar que para la cantidad solicitada para algunos lotes de producción, los troqueles requerían de un ajuste por lo que se pudo administrar el tiempo para afilar el herramental o fabricar el herramental en el taller mecánico lo que se ponderó en 3 lotes de producción de 4 000 piezas al mes.

Se identificó que los operadores realizaban las mismas operaciones de forma distinta al obtener la información para elaborar los manuales de operación; se seleccionaron las prácticas de los operadores que mostraron tener los mejores resultados y con la introducción de dichas prácticas se obtuvieron reducciones de los tiempos que toman los procesos, por lo que ahora se cuenta con un parámetro de referencia para evaluar el desempeño del operador basado en las mejores prácticas de ese departamento.

1.2 Mayor control de la productividad

Con la introducción de los manuales de procedimientos se cuenta con un parámetro para evaluar la correcta ejecución de las operaciones y se facilitará la capacitación del personal que ingrese al área.

Se elaboraron indicadores de la productividad que sirven como referencia a los operadores para medir su desempeño y a los administrativos para identificar las áreas en las que se debe poner más énfasis para disminuir los tiempos de producción.

Esos indicadores sirven a su vez para evaluar la productividad total de la línea de producción de la forma en que se muestra en la Figura 29: “Obtención del indicador de la productividad total de la línea” que por un lado evalúa la productividad de cada actividad y por otro la productividad total de la línea tomando como base el máximo que se pudiese llegar a obtener.

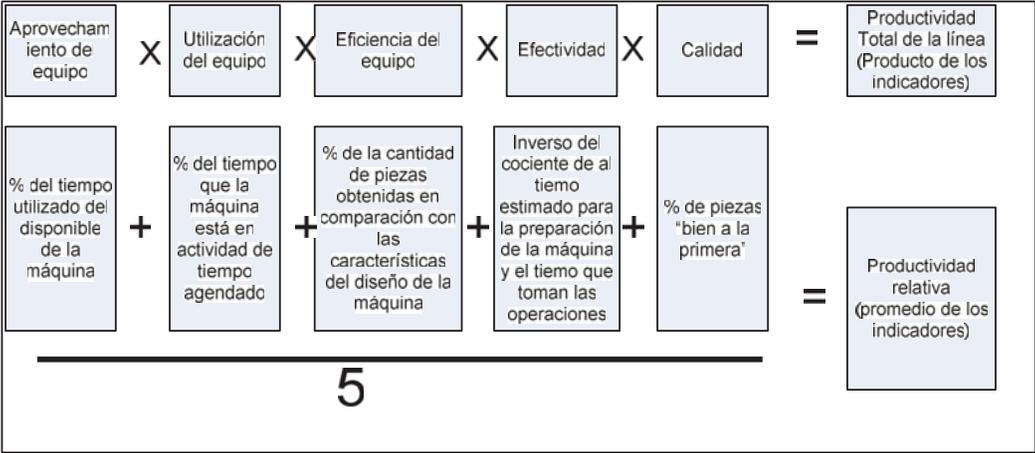


Figura 1: Obtención del indicador de la productividad total de la línea

A partir de los índices de la productividad se puede responder a preguntas referentes al aprovechamiento de los equipos, su utilización, la eficiencia en la operación, el tiempo que se emplea el equipo en cada una de las actividades y el tiempo que se desperdicia al no hacer las cosas bien a la primera, traducido en piezas que se podrían producir.

El indicador del aprovechamiento del equipo se refiere al tiempo que se podría ocupar el equipo según lo indicado en el calendario (porcentaje del tiempo de los días hábiles en los que se programa el equipo para su operación), a partir de este indicador el personal de planeación de la producción puede determinar si los tiempos extra son necesario o es más conveniente programar un día adicional de producción.

El indicador de la utilización del equipo mide la disponibilidad de los equipos debido a paros no programados, esta información es útil para acotar el plan de acción al área de mantenimiento; en este indicador se evalúa el tiempo que no se produce por fallas del motor o del sistema de transmisión de potencia.

El indicador de la eficiencia del equipo mide la pérdida de velocidad del equipo durante la operación en relación con el número máximo de golpes por minuto que la máquina ha proporcionado. Este indicador sirve al área de mantenimiento para indicar cuándo es necesario identificar esas causas y tomar las medidas pertinentes.

El indicador de la calidad a la primera permite evaluar el costo de la no calidad en las piezas acentuando la importancia de que las piezas producidas salgan bien a la primera, en él se incluye el tiempo perdido también en etapas subsiguientes del proceso.

El indicador de efectividad del equipo muestra el tiempo empleado para cada actividad interna, al manejarse de forma diaria y de forma personal proporciona información al supervisor sobre el desempeño de máquina y al operador le indica su nivel de desempeño. Este indicador está dividido en las operaciones que se realizan para la preparación de la máquina (Figura 30), de manera que se puede determinar con facilidad el área de oportunidad en la que el operador puede prestar mayor atención para mejorar su desempeño.

Las actividades internas que componen este indicador son:

1. Tiempo empleado en el reaprovisionamiento de lámina.
2. Tiempo empleado en el cambio del troquel.
3. Tiempo empleado en el ajuste del paso de lámina.

4. Tiempo empleado en el ajuste del cabezal.
5. Tiempo empleado para la limpieza del troquel.

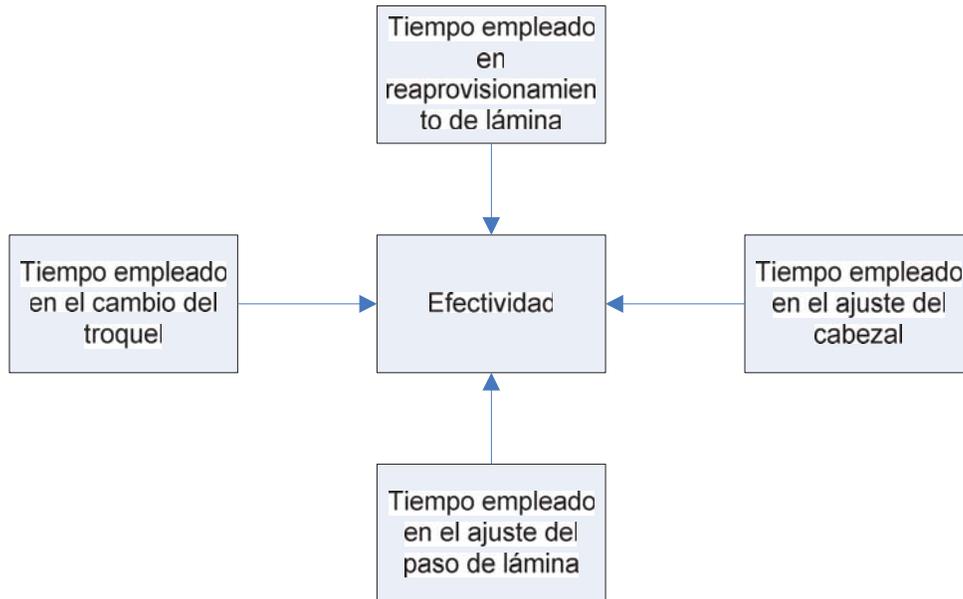


Figure 2: Elementos que intervienen en el indicador de la efectividad

1.3 Aumento en la limpieza y disciplina en el área de trabajo

La introducción de un sistema 5's permite que la limpieza, orden y seguridad del área de trabajo aumente reduciéndose la frecuencia de fallas en las máquinas y el número de accidentes.

El espacio útil del área de trabajo aumentó, se redujo el tiempo de acceso a las herramientas y materias primas, se facilitó el control visual de los inventarios y del funcionamiento de las máquinas y se creó una imagen de orden y de limpieza. También se espera que se tenga un impacto positivo en la actitud de los trabajadores.

Al tener una mayor limpieza y un mayor orden, se facilitó el cumplimiento de los lineamientos impuestos por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, evitándose amonestaciones y posibles multas.

1.4 Captura de datos para la alimentación del sistema SAP

Se elaboró el formato para la captura de la información necesaria para los indicadores de la productividad y para la alimentación del sistema SAP, se estima que el recopilar la información necesaria para habilitar el sistema tomará aproximadamente medio año.

La metodología que se planteó para recolectar la información (agrupar los troqueles en grupos para calcular los tiempos y recursos necesarios representativos de cada grupo) facilitó la captura de datos, sin embargo debido a que se espera que se observen reducciones del tiempo de fabricación, los tiempos de preparación se deberán calcular nuevamente en aproximadamente seis meses, por lo que los datos obtenidos serán obsoletos y se tendrá que realizar las mediciones nuevamente.

1.5 Reducción del tamaño del lote de producción

En el Capítulo 2 se expuso que una de las demandas de los clientes consiste en la reducción del tamaño del lote mínimo. Al reducir el tiempo de preparación de la máquina por cambio de troquel, el cambiar el modelo de un producto tiene un costo menor por lo que la administración ha aceptado reducir el tamaño del lote de producción a 3 000 pzs. Esto tendrá como consecuencias que se pueda aumentar el tamaño del mercado al que atiende la empresa y aumentar la satisfacción de los clientes.

6

Conclusiones

En el primer capítulo se presentaron los datos generales de la empresa y se planteó el marco de referencia que se emplearía en el trabajo.

En el segundo capítulo se describió la situación actual de la empresa y las razones para hacer el estudio en la línea BKS

En el tercer capítulo se analizaron con mayor detalle las áreas de oportunidad y en el cuarto se elaboraron las propuestas para dar una solución a la situación problemática que se identificó.

En el quinto capítulo se mostraron los resultados obtenidos y esperados con la implantación de las propuestas.

En este último capítulo se concluye que se han cumplido de forma positiva a los objetivos planteados en este trabajo y también se hace una serie de conclusiones marginales y en tono de opinión personal obtenidas de la elaboración del mismo.

6.1 Conclusiones sobre los objetivos de este trabajo:

El diagnóstico que se presentó en el Capítulo 3 sobre las áreas de oportunidad fue suficiente para explicar gran parte del número de pedidos atrasados; las propuestas generadas a partir de ese análisis fueron suficientes para aumentar la productividad de la línea de producción BKS con lo que se redujo el tiempo de fabricación de las piezas y el número de pedidos atrasados, lo que se satisfacen los dos primeros de los objetivos denominados obligatorios.

El mecanismo para capturar los datos necesarios para alimentar el sistema MRP-SAP demostró ser efectivo; parte de los datos que se obtuvieron dejaron de ser válidos después de implantación de las propuestas ya que los tiempos de preparación de las máquinas se redujeron sin embargo el mecanismo sigue vigente, por lo que será necesario realizar el análisis de los tiempos de preparación nuevamente a pesar de que se considera que el tercero de los objetivos se ha cumplido.

Los indicadores de la productividad que se propusieron son suficientes para medir la utilización de las máquinas por lo que se considera que el cuarto de los objetivos obligatorios se ha satisfecho.

El tamaño del lote de producción se redujo a 3000 piezas por lo que se considera que ese objetivo también se ha cumplido. Se puede concluir que los objetivos propuestos para este trabajo se han cumplido.

6.2 Conclusiones sobre la importancia de estudios tipo en la planta 1.

El estudio que se realizó sirvió para demostrar la necesidad de este tipo de estudios en las distintas líneas de producción que conforman la planta 1 de la empresa para satisfacer las demandas de los clientes en lo que respecta a la calidad, el tiempo de entrega así como el tamaño del lote de producción; también demostró que los resultados de estos estudios impactan indirectamente al costo de fabricación (por lo que si en algún momento la dirección lo considera adecuado podrá ofertar sus productos a un precio menor). Sin duda este estudio fue modesto al igual que sus resultados pero se espera que con la experiencia que se genere de estudios similares en la empresa, esta se verá beneficiada en mayor medida.

6.3 Conclusiones personales

Las siguientes conclusiones son al margen de este trabajo y con tono de opinión; surgieron a modo de reflexión sobre el estudio realizado como tal, desde su concepción hasta la redacción del mismo.

Al indagar sobre el tipo de técnica a aplicar se descubrió un universo de técnicas que iban desde el estudio de tiempos y movimientos hasta las que componen la filosofía de la manufactura esbelta empleadas en este trabajo. Dentro de ese universo, seleccionar la más apropiada fue en un momento confuso, entre las técnicas existentes algunas se muestran compatibles, otras incompatibles y algunas otras complementarias. Sin duda el contar con nociones de un mayor número de técnicas puede facilitar el enfoque para abordar un problema, pero seleccionar el enfoque más apropiado en función de la cultura organizacional y la situación propia de la empresa sólo con una pequeña perspectiva general de la técnica puede complicarse; además, como cualquier habilidad, también se

involucra la experiencia de quien realiza el estudio para la aplicación de la técnica. En este caso las técnicas se simplificaron y se contó con suficiente asesoría para seleccionar las más sencillas lo que facilitó enormemente el trabajo.

El tiempo de producción se redujo a partir de sencillas modificaciones en el proceso, las herramientas y el equipo auxiliar; la mayoría de los resultados obtenidos de esas modificaciones resultaron simplemente de exponer su necesidad, se concluye entonces que un pilar fundamental para conseguir los objetivos (en este caso reducir los tiempos de fabricación) es el comunicar lo que se desea obtener y cómo se obtendrá a los involucrados (en este caso reducir el tiempo que la máquina permanecía inactiva).

La experiencia de la administración sugería que el sistema SAP podía ayudarles a reducir los tiempos de entrega por lo que existió un sesgo para decidir por la alimentación del sistema frente al estudio de los proceso, sin embargo la reducción de los tiempos de entrega para este trabajo fue independiente del sistema SAP. Se concluye que si bien la experiencia es útil para enfrentar una situación problemática, también puede ser una trampa al no analizar la situación en su conjunto.

La empresa ha trabajado sin una serie de parámetros que le indiquen su desempeño en la operación, y ha encontrado formas de mantenerse en un nivel competitivo, situación privilegiada lograda al atendiendo a nichos de mercado de alto valor agregado, inversión en equipos con tecnología de punta, etc., sin embargo la creciente competencia nacional e internacional está obligando a la empresa a tomar otras medidas y se espera que se siga con una tendencia de crecimiento en la competitividad, Se concluye entonces que la empresa para mantenerse en un nivel de competitividad adecuado ha invertir también en el estudio para la mejora de los procesos.

Para llevar a cabo el reto de realizar ese tipo de estudios en cada una de las líneas de producción y áreas de la empresa (mantenimiento y planeación) se recomienda se forme un comité que tenga como función planear y ejecutar los estudios con lo que se conseguiría un mayor compromiso del personal que ahí labora. Sin duda al comprometerse la dirección y el personal administrativo dentro de la planta se lograrán no sólo el cumplimiento de las fechas de entrega, la reducción en el plazo de entrega que actualmente se maneja sino un incremento en la productividad de la empresa en su conjunto, de la satisfacción del cliente y del personal que labora en la empresa.

Por último para acabar con estas conclusiones personales, la dificultad para realizar un trabajo de este tipo está en la claridad de las ideas sobre lo que se desea hacer y cómo hacerlo. Por lo que quizá el mejor aprendizaje de este trabajo es tener claro lo que se desea hacer y porqué se desea hacerlo antes de empezar a hacer y tener la suficiente disciplina para llevarlo a cabo

Fuentes de consulta:

7.1 Bibliografía consultada:

RODRIGUEZ VALENCIA, Joaquin. ***Sinopsis de auditoría administrativa. 7ª edición.*** México: Trillas 1995

RODRIGUEZ VALENCIA, Joaquin. ***Estudio de sistemas y procedimientos administrativos. 6ª edición.*** México: ECAFSA Thomson Learning, 2002

SIPPER, Daniel; BULFIN Jr, Robert. ***“Planeación y control de la producción”;*** México: McGraw-Hill, 1998.

SHUMANTH, David. ***Ingeniería y administración de la productividad: Medición, evaluación, planeación y mejoramiento de la productividad en las organizaciones de manufactura y de servicio;*** México: McGraw-Hill, 1998.

MEREDITH, Jack. ***Administración de operaciones. 2ª edición.*** México: Limusa Wiley, 1999

MUNDEL, Marvin. ***Estudio de tiempos y movimientos. 9ª edición.*** México: CECSA

REDDY, Ram; REDDY, Sabine. ***Supply chains to virtual integration.*** EEUA: McGraw-Hill.2001

Christopher, Martin. Logística y aprovisionamiento: ***Cómo reducir costes, stoks y mejorar los servicios.*** Barcelona: Folio, Colección Financial Times. 1994

PINDER, Pinder; MACADAM, Stuart. ***Sea su propio consultor: guía para desarrollar una consultoría interna eficaz.*** Barcelona: Folio, Colección Financial Times. 1994

BUFFA, Elwood S. ***Dirección de operaciones: problemas y modelos.*** México: Limusa Wiley, 1973

WARRICK; ZAWACKI, Robert ***Supervisory Management: Understanding behavior and managing for results.*** EEUA N.Y.: Harper & Row, Publishers 1984

HABICHT, Frank. *Las máquinas herramientas modernas*. México: CECSA, 1982

LESIKAR, Raymond; FLATLEY, Marie. *Basic Business Communication 10^o Edition*. EUA: McGraw-Hill.2005

MALISHEV; NIKOLAIEV; SHUVALOV. *Tecnología de los metales*. México: Editorial Mir. 1987

KEPNER, Charles H.; TREGOE, Benjamín B. *El directivo racional: enfoque sistémico para la resolución de problemas y la toma de decisiones*. México: McGraw-Hill.1975

Munro Faure, Lesley;. *La calidad total en acción: guía para implementar un sistema de gestión de la calidad total*. Barcelona: Folio, Colección Financial Times. 1994

Manual interno para la implantación y difusión del programa 5's +1 de Grupo Modelo

7.2 *Mesografía*¹:

7.2.1 Criterio de clasificación de las empresas

Secretaría del Trabajo y Previsión Social:

<http://www.stps.gob.mx>

http://www.stps.gob.mx/03_sub_capacita/02_dgc/vinculacion/programaacd v.htm

Página personal de Genaro Sánchez Barajas ensayo sobre las PyME

<http://www.prd.org.mx/ierd/Ci8/gsb1.htm>

7.2.2 Manufactura esbelta y sus técnicas:

ITS MSolutions

<http://www.itsmsolutions.com>

<http://www.itsmsolutions.com/newsletters/DITYvol2iss19.htm>

Thinking Faster

<http://workingsmarter.typepad.com>

http://workingsmarter.typepad.com/my_weblog/2005/09/why_ask_why.html

Six Sigma:

¹ Actualizadas hasta diciembre de 2006

<http://www.isixsigma.com>
<http://www.isixsigma.com/library/content/c020610a.asp>

Management for the rest of us
<http://www.mftrou.com/kaoru-ishikawa.html>

Office of Organizational Excellence
<http://quality.enr.state.nc.us/tools/fishbone.htm>

Cambio rápido:

The productivity Factory:
<http://smed.tpfeurope.com/>

Pdp Online:
<http://www.geocities.com/parthadeb/smed.html>

Six Sigma:
<http://finance.isixsigma.com/dictionary/SMED-701.htm>

Papa kaizen.com

http://www.tpmonline.com/papakaizen/articls_on_lean_manufacturing_strategies/smed.htm
http://www.tpmonline.com/papakaizen/articls_on_lean_manufacturing_strategies

Vorne:
http://www.vorne.com/solutions/learning_center/smed_quick_changeover.htm

Levinson Productivity Sistem
<http://www.ct-yankee.com/lean/smed.html>

The Manager Mentor:
<http://www.themanagementor.com/EnlightenmentorAreas/mfg/SupplyChain/smedtechnique.htm>

Manufactura esbelta:

Productivity de México:
<http://www.productivity.com.mx/Frames%20Tecnologias/Frame%20Manufactura%20Esbelta.htm>

UNED Fundación Omar Dengo:
<http://claudiogutierrez.com/bid-fod-uned/bylinsky.html>

Notas sobre la Manufactura flexible de la Universidad Antioquia de Colombia

<http://ingenieria.udea.edu.co/CURSOS/DOCUM/manufacturaflexible%28opcional%29.doc>

Data-Driven Soluciones de calidad y Manufactura:

http://www.data-driven.com.mx/5_2_Diccionarios.htm#manufactura

Monografías.com

<http://www.monografias.com/trabajos14/manufact-esbelta/manufact-esbelta.shtml#herram>

El prisma.com

http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/balanceodelinea/www.monografias.com

ECC ejecutivos en consultoría y capacitación.

<http://www.lean-6sigma.com>

Ceroaverías.com

<http://www.ceroaverias.com/>

FredHarriman.com

<http://www.fredharriman.com/service/glossary/tps.html>

Foro temático: Jidoka nivelación de la producción (Artículo de Bonilla Bravo, Carlos Alexis)

<http://www.puntolog.com/foro/buzon/messages/6023.htm>

Ser humano y trabajo (Artículo Cambio para mejorar de Imai, Masaaki.)

<http://www.sht.com.ar/archivo/Management/Kaizen.htm>

Gurus online (Artículo: Masaaki Imai. El caza desperdicios entra en escena)

<http://www.gurusonline.tv/es/conteudos/imai.asp#topo>

Kaizen Institute

<http://www.kaizen-institute.com/>

Poka Yoke

Productivity:

<http://www.productivity.com.mx/Frames%20Tecnologias/Frame%20Poka%20Yoke.htm>

Wikipedia:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Poka-yoke>

John Grout's Poka-Yoke Page:

<http://csob.berry.edu/faculty/jgrout/pokayoke.shtml>
<http://www.mistakeproofing.com/>

Justo a tiempo

Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Just_In_Time

Página personal de Raymond A. Jacobs profesor de Ashland University, Ashland, Ohio

<http://personal.ashland.edu/~rjacobs/m503jit.html>

Lean Six Sigma: Lean manufacturing secret Revealed

http://www.beyondlean.com/kanban_es.html

Socconini consultores en productividad

www.socconini.com/kanban.html

5's

Página personal de Carlos Baquedano Venegas. Director Departamento de Administración. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Concepción. Chile.

<http://www2.udec.cl/~cbaqueda/admpos/kan.htm>

Servicios de ingeniería y mantenimiento autónomo

http://mx.geocities.com/sima_tpm/SimaKanban.htm

7.3 Otras fuentes consultadas:

Apuntes del curso "Calidad" impartida por el M en C Juan José Obregón Andría en la Facultad de Ingeniería del la U.N.A.M en el semestre 2004-2

Asesoría del M en C Juan José Obregón Andría

Asesoría del Ing. Luis Edgardo Llanes Briceño