



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA *SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE* (CAMBIO DE ÚTILES EN MENOS DE DIEZ MINUTOS) EN UNA MÁQUINA SOPLADORA DE BOTELLAS.

Walter Benjamín Dardón Díaz

Asesorado por: Ing. Mynor Armando Dardón Díaz

Guatemala, julio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA *SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE* (CAMBIO DE ÚTILES EN MENOS DE DIEZ MINUTOS) EN UNA MÁQUINA SOPLADORA DE BOTELLAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WALTER BENJAMÍN DARDÓN DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. MYNOR ARMANDO DARDÓN DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Alfonso René Aguilar Marroquín
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA *SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE* (CAMBIO DE ÚTILES EN MENOS DE DIEZ MINUTOS) EN UNA MÁQUINA SOPLADORA DE BOTELLAS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de Noviembre de 2004.

Walter Benjamín Dardón Díaz

DEDICATORIA

A Dios, creador de todas las cosas, “porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia” (proverbios 2:6).

Gracias Padre Santo por haber guiado mis pasos para completar esta meta en mi vida, por todas las bendiciones derramadas en mi familia, pero, sobre todo, por tu hijo Jesucristo redentor nuestro.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Que, de tal manera, nos ama, entregó a su hijo unigénito para que todo aquel que en Él crea no se pierda más tenga vida eterna.
- Mis padres** Armando Dardón y Aura Marina de Dardón, quienes me guiaron y enderezaron mis pasos durante los frágiles y delicados años de mi infancia, niñez y adolescencia. Gracias por los esfuerzos y el apoyo dado para realizar mis metas.
- Mi amada esposa** Brenda por su definida paciencia y apoyo para realizar este proyecto.
- Mi hija** Daniela, regalo de Dios y alegría en mi vida, quién me ha ayudado a comprender un poco sobre el inmenso amor de Dios para con nosotros.
- Mis hermanos** Mynor, Axel, Erick y Flor por su amistad y deseo de prosperidad en la realización de mis metas.

Y a todas las personas que, de una u otra forma, me proporcionaron su valiosa colaboración para realizar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. MARCO CONCEPTUAL: 1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia de la Industria.....	1
1.1.1. La revolución industrial.....	1
1.1.2. La administración científica.....	1
1.1.3. La evolución de la calidad en la industria.....	3
1.1.4. Últimas tendencias.....	6
1.2. El sistema SMED.....	6
1.2.1. Breve reseña histórica.....	6
1.2.2. Los tres pasos principales.....	8
1.2.2.1. Separación de la preparación interna de la externa.....	8
1.2.2.2. Conversión de las operaciones de preparación interna en externas.....	9
1.2.2.3. Refinamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparación.....	9
1.3. Descripción general del funcionamiento de un equipo extrusión-soplado.....	10
1.3.1. Descripción general de un cambio en una línea de	

extrusión-soplado de botellas.....	13
1.4. Antecedentes generales de la empresa.....	14
1.4.1. Ubicación.....	14
1.4.2. Misión.....	15
1.4.3. Visión.....	15
1.4.4. Organización.....	15
1.4.5. Razón social.....	17
1.4.6. Productos que elaboran.....	17
1.4.6.1. Productos líquidos en botella.....	18
1.4.6.1.1. Componentes del producto.....	18
1.4.6.1.2. Proceso de soplado de botellas.....	19

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA SOPLADORA

2.1. Medición de la Eficiencia actual de la línea.....	21
2.1.1. Elaboración de formato para toma de tiempos.....	21
2.1.2. Toma de tiempos por un período de 15 días.....	22
2.1.3. Elaboración de Diagramas de Pareto para determinar las causas más importantes de paro.....	23
2.1.4. Determinación de la eficiencia actual.....	23
2.2. Evaluación de los tiempos de cambios actuales y su frecuencia.....	24
2.2.1. Determinación del promedio de cambios por mes y el tiempo de máquina parada debido a cambios al mes.....	24
2.2.2. Determinación de tiempos promedio de cambio para color, molde y cabezal.....	25
2.3. Análisis del procedimiento actual de cambio de producto.....	25
2.3.1. Filmación de los procedimientos de cambio actual.....	25
2.3.1.1. Listado de actividades para un cambio de color.....	25
2.3.1.2. Listado de actividades para un cambio de molde.....	26
2.3.1.3. Listado de actividades para un cambio de cabezal.....	26

3. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS TIEMPOS DE CAMBIO

3.1. Separación de la preparación interna de la externa.....	29
3.1.1. Elaboración de diagramas hombre-máquina.....	29
3.1.1.1. Elaboración de diagrama hombre-máquina para cambio de color.....	30
3.1.1.2. Elaboración de diagrama hombre-máquina para cambio de molde.....	31
3.1.1.3. Elaboración de diagrama de hombre-máquina para cambio de cabezal.....	34
3.1.1.4. Determinación de actividades internas y externas para cambio de color.....	37
3.1.1.5. Determinación de actividades internas y externas para cambio de molde.....	37
3.1.1.6. Determinación de actividades internas y externas para cambio de cabezal.....	38
3.2. Conversión de las operaciones de preparación internas en externas..	38
3.2.1. Conversión de actividades internas en externas para cambio de color.....	39
3.2.2. Conversión de actividades internas en externas para cambio de molde.....	39
3.2.3. Conversión de actividades internas en externas para cambio de cabezal.....	41
3.2.4. Elaboración de cronograma de actividades a realizar para la conversión de actividades internas en externas.....	42
3.2.5. Elaboración de diagramas hombre-máquina con las mejoras sugeridas y estimación de los nuevos tiempos de cambio.....	43

3.3. Determinación del costo en la implementación de las mejoras sugeridas y su impacto estimado en el tiempo de disponibilidad del equipo, -reducción del tiempo de cambio -.....	48
3.4. Presentación a gerencia de los cambios sugeridos y los beneficios a obtener.....	49
4. IMPLEMENTACIÓN	
4.1. Implementación de mejoras sugeridas.....	51
4.2. Elaboración de nuevo procedimiento de cambio.....	51
4.2.1. Elaboración de procedimiento para cambio de color.....	51
4.2.2. Elaboración de procedimiento para cambio de molde.....	52
4.2.3. Elaboración de procedimiento para cambio de cabezal.....	53
4.3. Entrenamiento a operadores según nuevo procedimiento.....	54
4.4. Evaluación del cumplimiento del nuevo procedimiento.....	54
4.4.1. Elaboración de listas de chequeo.....	55
4.4.2. Verificación que las actividades se realicen de la forma planeada.....	55
4.4.3. Realización de los ajustes necesarios a los procedimientos con el fin de optimizar el tiempo de cambio.....	55
5. SEGUIMIENTO	
5.1. Medición de los resultados obtenidos.....	57
5.1.1. Medición de los nuevos tiempos de cambio.....	57
5.1.2. Elaboración de nuevos diagramas de pareto.....	58
5.1.3. Determinación de la nueva eficiencia debido a los cambios realizados....	59
5.1.4. Comparación de los resultados antes y después de la implementación...	59
5.1.5. Otros beneficios obtenidos debido a las mejoras implementadas.....	60
5.2. Presentación de resultados a gerencia.....	60

CONCLUSIONES 63
RECOMENDACIONES 65
BIBLIOGRAFÍA 67
ANEXOS... 69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Partes de una máquina sopladora de botellas.....	20
2. Diagrama de pareto línea Hesta HLS.....	23
3. Diagrama de hombre máquina para cambio de color.....	30
4. Diagrama de hombre máquina para cambio de molde.....	31
5. Diagrama de hombre máquina para cambio de cabezal.....	34
6. Diagrama de hombre máquina para cambio de color.....	43
7. Diagrama de hombre máquina para cambio de molde.....	43
8. Diagrama de hombre máquina para cambio de cabezal.....	46
9. Diagrama de pareto sopladora Hesta HLS.....	58

TABLAS

I. Datos de producción.....	22
II. Cronograma de actividades.....	42
III. Presupuesto de mejoras sugeridas.....	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Hrs.	Horas
SMED	Single Minute Exchange of Die - Cambio de útiles en menos de diez minutos -
PSI	Libras sobre pulgada cuadrada
mm	Milímetros
Q.	Quetzales
KW	Kilowatt
KW-H	Kilowatt-hora
Etc	Etcétera

GLOSARIO

Allen	Tornillos cabeza hexagonal.
Benchmark	Sistema de buscar quién es el mejor en algo e imitarlo.
Deflashing	Sistema usado en una sopladora de botellas para eliminar la rebaba de la botella.
Desbarbadores	Sistema usado en una sopladora de botellas para eliminar la rebaba de la botella.
Extrusión	Proceso por el cual el plástico es formado como un cilindro a temperaturas arriba de los 170°C.
Leak Tester	Dispositivo usado en una sopladora de botellas para comprobar que la botella que se está produciendo está libre de fugas.
Masterbatch	Pigmento usado en el proceso de soplado de botellas para darle color a las botellas.
Pareto	Gráfica utilizada para determinar las causas mayores de paro en una máquina.

Parison

Se le llama así al plástico fundido que sale en forma cilíndrica vertical hacia abajo en una máquina sopladora de botellas plásticas.

Stock

Cantidad de inventario disponible en bodega.

RESUMEN

La industria a nivel mundial ha evolucionado a grandes pasos durante las últimas décadas. Esto se debe al aumento de la competitividad derivado del surgimiento de nuevas industrias, las cuales tienen el propósito de ganar la preferencia de los clientes y por lo mismo buscan como satisfacer de mejor manera sus necesidades - precio, flexibilidad, calidad, etc -. Actualmente la mayoría de industrias han enfocado sus esfuerzos en mejorar el servicio al cliente y sus precios para ganar la preferencia del cliente.

El presente trabajo se enfoca en aplicar el sistema Single Minute Exchange of Die - cambio de útiles en menos de diez minutos - en una línea sopladora de botellas con el fin de reducir los tiempos de cambio de producto. Con esto se logra hacer más flexible la programación de producción y mejorar la eficiencia de la línea.

Para conocer acerca del funcionamiento de una línea sopladora de botellas, se ha incluido una breve explicación del proceso y de los pasos necesarios para realizar los cambios de producto. También, se explican los cambios realizados y las mejoras obtenidas después de la implementación.

Por último, se dejan algunas recomendaciones respecto de mejoras, las cuales podrían implementarse a futuro si fuera necesario seguir mejorando los tiempos de cambio.

OBJETIVOS

- **General**

Mejorar la productividad de una línea sopladora de botellas por medio de la implementación del sistema SMED.

- **Específicos**

1. Medir durante un período de 15 días los tiempos de paro de la línea sopladora de botellas con el fin de determinar la eficiencia actual y los tiempos promedio de cambio actuales.
2. Elaboración de diagramas de pareto para determinar las 5 causas más importantes de paros no planificados.
3. Realizar diagramas de hombre máquina para la operación actual de cambios de producto - cambios de color, cambios de molde y cambios de cabezal - con el fin de determinar los procedimientos de cambio actuales.
4. Analizar los procedimientos de cambio actuales con el fin de determinar las mejoras a realizar - conversión de actividades internas en externas - y ejecutar estas mejoras en un período menor de un mes.
5. Generar nuevos procedimientos de cambio y dar entrenamiento a los operadores del equipo con el fin de estandarizar las operaciones de cambio durante el primer trimestre del 2005.

6. Medir durante un período de 15 días los tiempos de paro de la línea sopladora de botellas con el fin de determinar, nuevamente, la eficiencia y los nuevos tiempos de cambio obtenidos después de la implementación de las mejoras.

7. Determinar el nuevo costo de producción después de la implementación de mejoras.

INTRODUCCIÓN

La industria en el ámbito mundial ha evolucionado a grandes pasos desde su inicio hasta nuestros días. Se puede observar que, al inicio de la industria, la inclinación era la producción en serie y vender todo lo que se producía, no importando tanto la productividad ni la calidad. Años después el científico Frederic Taylor realizó una serie de estudios buscando tener una mayor eficiencia al producir y logrando con el aporte de sus estudios una reducción considerable de los costos de fabricación. Después, la inclinación de la industria fue a darle un mayor enfoque a la calidad, debido a la globalización de los negocios y a la alta competitividad que esto trajo consigo.

Durante los últimos años, la competitividad de las empresas ha crecido y la exigencia de los clientes en cuanto a calidad, precio y excelente servicio ha crecido también. Ahora, los clientes son los que tienen el poder de elección de compra, ya que, existen muchas opciones y lo que les queda a las empresas manufactureras es tratar de complacer al máximo las exigencias de los clientes con el fin de lograr que su producto sea comprado. Teniendo esto en mente el científico japonés, Shigeo Shingo, desarrolló durante varios años estudios en diferentes empresas manufactureras con el fin de determinar oportunidades de mejora en productividad. Al final de su estudio, determinó que una de las mayores causas de baja productividad en las empresas era la realización de cambios de producto. Posteriormente, desarrollo un sistema llamado SMED - Single Minute Exchange Die por sus siglas en inglés cuya traducción al español es Cambio de Útiles en menos de diez minutos - que consiste en mejorar los procedimientos de cambio de producto con la finalidad de lograr que los

tiempos de cambio sean, dramáticamente, reducidos aumentando la productividad y flexibilidad en la producción.

Este trabajo de graduación tiene como finalidad implementar el sistema SMED en una línea sopladora de botellas dentro de una empresa manufacturera y demostrar los beneficios de esta implementación. Para cumplir con este fin primero se hará un análisis de la situación actual de la empresa y se determinarán los tiempos actuales de cambio de producto y su impacto en la productividad. Posteriormente, se analizarán los procedimientos de cambio actuales y aplicando el sistema SMED se identificarán las oportunidades de mejora. Por último, se implementarán las mejoras y se medirán los resultados obtenidos después de la implementación.

Es importante aclarar que aunque el nombre del sistema a implementar es “Cambio de Útiles en menos de diez minutos” los resultados en muchas ocasiones no se logran en ese tiempo, pero sí se logra un aumento considerable en la productividad y flexibilidad de los equipos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia de la Industria

La industria ha evolucionado grandemente desde sus inicios a finales del siglo XVIII. Como se explicará en los siguientes incisos, la industria ha evolucionado debido a las cambiantes demandas del cliente y del aumento de la oferta.

1.1.1. La Revolución Industrial

La Revolución Industrial se puede definir como el proceso de evolución que conduce a una sociedad desde una economía agrícola tradicional hasta otra caracterizada por procesos de producción mecanizados para fabricar bienes a gran escala. Este proceso se produce en distintas épocas dependiendo de cada país. Para los historiadores, el término Revolución Industrial es utilizado exclusivamente para comentar los cambios producidos en Inglaterra desde finales del siglo XVIII; para referirse a su expansión hacia otros países se refieren a la industrialización o desarrollo industrial de los mismos.

Algunos autores para referirse al desarrollo capitalista en el último tercio del siglo XX, con nuevas organizaciones empresariales, nuevas fuentes energéticas (electricidad, petróleo) y nuevos sistemas de financiación hablan de Segunda Revolución Industrial.

1.1.2. La administración científica

A la época de la evolución del pensamiento administrativo se le ha designado como la etapa científica, principalmente porque a finales del Siglo XIX e inicios del Siglo XX, varios autores se mostraron interesados en investigar desde el punto de vista "científico" la problemática que presentaban las empresas industriales, principalmente por la producción a gran escala y en forma estandarizada. Entre algunos de estos pensadores tenemos a Charles Babbage (1792-1872), H. Robinson Towne (1844-1924) y Joseph Wharthon (Siglo XIX).

Frederick Winslow Taylor (1856-1915), Ingeniero industrial de profesión, nació en Filadelfia, Estados Unidos de Norteamérica, y se le ha calificado como el "Padre de la Administración Científica", por haber investigado en forma sistemática las operaciones fabriles, sobre todo en el área de producción bajo el método científico.

El estudio de estas operaciones las realizó mediante la observación de los métodos utilizados por los obreros; de sus observaciones surgieron hipótesis para desarrollar mejores procedimientos y formas para trabajar. Experimentó sus hipótesis apoyado por los empleados fuera del horario normal de trabajo; los métodos que comprobó mejoraban la producción; fueron puestos en práctica en el trabajo cotidiano, previa capacitación de los operarios.

Frederick Taylor llegó a la conclusión que todo esto era aplicable a cualquier organización humana. Entre sus conclusiones se encuentran:

- a. No existía ningún sistema efectivo de trabajo.
- b. No había incentivos económicos para que los obreros mejoraran su trabajo.

- c. Las decisiones eran tomadas militar y empíricamente más que por conocimiento científico.
- d. Los trabajadores eran incorporados a su labor sin tomar en cuenta sus habilidades y aptitudes.

Frederick Taylor desarrolló métodos para organizar el trabajo, considerando los materiales, el equipo y las habilidades de cada individuo. Éstos se han llamado tiempos y movimientos, hoy conocidos como operaciones del proceso o sistema.

Publicó en 1911 un libro titulado "Principios de la Administración Científica", y se fundamenta en estos cuatro principios:

1. Sustitución de reglas prácticas por preceptos científicos.
2. Obtención de armonía, en lugar de discordia.
3. Cooperación en lugar del individualismo.
4. Selección científica, educación y desarrollo de los trabajadores.

La influencia de Taylor en el pensamiento administrativo fue y continúa siendo de gran trascendencia. En la actualidad está presente en todo el mundo, pero su enfoque ha sido modificado y humanizado.

1.1.3. La evolución de la calidad en la industria

En 1950 Japón buscaba reactivar su economía ya que esta quedó muy dañada luego de la segunda guerra mundial, por lo tanto estaban abiertos a varias opiniones para lograrlo. Es en esta época cuando Deming llega a Japón y les instruye sobre la importancia de la calidad y desarrolla el concepto de calidad total. Con el paso del tiempo los Estados Unidos se dio cuenta de los efectos de incluir la calidad en su producción, convirtiendo a Deming en el asesor y conferencista más buscado por grandes empresas

americanas. Fue tan grande su influencia que se creó el premio Deming, el cual es reconocido internacionalmente como premio a la calidad empresarial.

La vida de Deming no fue fácil. Nació el 14 de Octubre de 1900, en Sioux City, Iowa. Deming empezó a trabajar cuando tenía ocho en un pequeño hotel. A la edad de 17, ingresó a la Universidad de Wyoming donde estudio ingeniería, carrera que el mismo pagó. Obtuvo un doctorado en Físicas Matemáticas en la Universidad de Yale donde fue empleado como profesor. Su primer empleo profesional fue en el Departamento de Agricultura en Washington, D.C. Aquí conoció a Walter Shewhart, un estadístico para Laboratorios Bell y sus escritos impactaron su vida y se convirtieron en la base de sus enseñanzas.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Deming enseñó a los técnicos e ingenieros americanos estadísticas que pudieran mejorar la calidad de los materiales de guerra. Fue este trabajo el que atrajo la atención de los japoneses. Después de la guerra, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros buscó a Deming. En Julio de 1950, Deming se reunió con la Unión quién lo presentó con los administradores principales de las compañías japonesas. Durante los próximos treinta años, Deming dedicaría su tiempo y esfuerzo a la enseñanza de los Japoneses y se convirtió en un país con gran poder económico.

Los americanos se dieron cuenta que sus soluciones fáciles y rápidas no funcionaban. Al contrario de esto Deming estableció que utilizando técnicas estadísticas una compañía podía graficar como estaba funcionando un sistema para poder identificar con facilidad los errores y encontrar maneras para mejorar dicho proceso.

Los Catorce Puntos y Siete Pecados Mortales de Deming son los siguientes:

- a. Hacer constante el propósito de mejorar la calidad
- b. Adoptar la nueva filosofía
- c. Terminar con la dependencia de la inspección masiva
- d. Terminar con la práctica de decidir negocios en base al precio y no en base a la calidad
- e. Encontrar y resolver problemas para mejorar el sistema de producción y servicios, de manera constante y permanente.
- f. Instituir métodos modernos de entrenamiento en el trabajo
- g. Instituir supervisión con modernos métodos estadísticos.
- h. Expulsar de la organización el miedo
- i. Romper las barreras entre departamentos de apoyo y de línea.
- j. Eliminar metas numéricas, carteles y frases publicitarias que piden aumentar la productividad sin proporcionar métodos.
- k. Eliminar estándares de trabajo que estipulen cantidad y no calidad.
- l. Eliminar las barreras que impiden al trabajador hacer un buen trabajo
- m. Instituir un vigoroso programa de educación y entrenamiento
- n. Crear una estructura en la alta administración que impulse día a día los trece puntos anteriores.

Los Siete Pecados Mortales:

- a. Carencia de constancia en los propósitos
- b. Enfatizar ganancias a corto plazo y dividendos inmediatos
- c. Evaluación de rendimiento, calificación de mérito o revisión anual
- d. Movilidad de la administración principal
- e. Manejar una compañía basado solamente en las figuras visibles
- f. Costos médicos excesivos
- g. Costos de garantía excesivos.

Los logros de Deming son reconocidos mundialmente. Se ha logrado establecer que al utilizar los principios de Deming la calidad aumenta y por lo tanto bajan los costos y los ahorros se le pueden pasar al consumidor.

Cuando los clientes obtienen productos de calidad las compañías logran aumentar sus ingresos y al lograr esto la economía crece.

1.1.4. Últimas tendencias

Como hemos visto la industria ha tenido bastantes cambios desde su inicio hasta nuestros días, siendo los más importantes los aportes de Taylor en la parte de productividad y los de Deming en la parte de calidad. Hoy en día existen algunas nuevas formas de mejorar en la industria para poder ser más competitivos, dentro de estas últimas tendencias tenemos: TPM (Mantenimiento Productivo Total), Benchmark, SMED, JIT (Justo a tiempo), etc.

1.2. El sistema SMED

El SMED es un acrónimo (de los términos en lengua inglesa para Single Minute Exchange of Die) para la expresión Cambio de útiles en menos de diez minutos. El SMED es una teoría y conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de útiles y preparación de máquinas en menos de diez minutos. El SMED se desarrolló originalmente para mejorar las preparaciones y montajes para la producción de prensas y máquinas herramientas, pero sus principios se aplican a las preparaciones de máquinas en toda clase de procesos.

Es importante señalar que puede no ser posible alcanzar el rango de menos de diez minutos para todo tipo de preparaciones de máquinas, pero el SMED reduce dramáticamente los tiempos de cambio y preparación en casi todos los casos. La reducción de los tiempos de estas operaciones beneficia considerablemente a su empresa y a usted mismo.

1.2.1. Breve reseña histórica

Actualmente, los clientes desean una amplia variedad de productos en cantidades limitadas de cada tipo cuando las necesitan. Esperan elevada calidad, buen precio, y entregas rápidas. El SMED ayuda a las empresas a satisfacer esas necesidades con menos despilfarro haciendo efectiva en costes la producción de artículos en pequeñas cantidades, o lotes.

Muchas empresas producen artículos en grandes lotes simplemente porque los tiempos de cambio de útiles y preparación de las máquinas hacen demasiado costoso cambiar frecuentemente de serie de producto. La producción en grandes lotes tiene varias desventajas:

- a. Despilfarro de stocks: el almacenaje de lo que no se vende cuesta dinero e inmoviliza recursos de la empresa sin añadir valor al producto.
- b. Retraso: los clientes deben esperar a que la empresa produzca lotes enteros en vez de fabricar justamente las cantidades necesarias en cada momento.
- c. Declinación de la calidad: el almacenaje de productos no vendidos aumenta las oportunidades de que dichos artículos se estropeen o sufran daños, lo que aumenta los costes.

El SMED cambia el supuesto de que los cambios de útiles/preparaciones requieren mucho tiempo. Cuando los cambios de útiles pueden hacerse rápidamente, se hacen siempre que es necesario. Esto significa que las empresas pueden producir en pequeños lotes, lo que tiene muchas ventajas:

- a. Flexibilidad: las empresas pueden satisfacer cambiantes demandas de clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.
- b. Entregas rápidas: la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos y menos tiempos de espera para los clientes.

- c. Productividad más elevada: tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva las tasas de productividad.

1.2.2. Los tres pasos principales

El enfoque SMED de mejora de los cambios de útiles se implanta en tres fases:

Fase 1: Separación de la preparación interna y la externa

Fase 2: Conversión de preparación interna en externa

Fase 3: Refinamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparación.

1.2.2.1 Separación de la preparación interna de la externa

El paso más importante de la implantación del SMED es distinguir entre las operaciones de preparación internas y externas. Haciendo obvias las operaciones de preparación y transportes que pueden realizarse mientras la máquina funciona, el tiempo necesario para la preparación interna, con la máquina parada, puede usualmente reducirse de un 30 a un 50 por 100.

Ciertas tareas claramente pueden hacerse antes de que las máquinas se paren para cambiar el útil. Estas incluyen reunir al personal necesario, preparar piezas, útiles y herramientas, hacer reparaciones, y llevar útiles, herramientas y piezas cerca del equipo.

Sin embargo, en la práctica es sorprendente la frecuencia con la que se hacen estas tareas después de parar la máquina en vez de hacerlas mientras esta aun trabajando en el lote previo. Separar estas tareas y realizarlas como preparación externa puede reducir el tiempo de cambio de útil de un 30 a un 50 por 100.

1.2.2.2 Conversión de las operaciones de preparación interna en externas

En la fase 1 del SMED, las tareas que pueden realizarse mientras la máquina esta en funcionamiento se separan de las tareas que deben hacerse mientras la máquina esta parada. Pero la fase 1 por si sola no puede reducir el tiempo de preparación interna hasta el rango de menos de diez minutos. Para lograr esto, hay que poner en práctica la fase 2, conversión de preparación interna en externa.

Hay dos pasos en la fase 2:

- a. Observar las verdaderas funciones y propósitos de cada operación.
- b. Encontrar modos de convertir estas tareas de preparación interna en externa.

Un ejemplo de conversión de tareas de preparación interna en externa es el precalentamiento de moldes de fundición que siempre se habían calentado después de comenzar la preparación de la máquina. Otro ejemplo es convertir el centrado en tarea externa realizándolo fuera de la máquina sobre una plantilla estandarizada.

La clave para una ejecución bien lograda de la fase 2 es observar las operaciones actuales de preparación interna como si las estuviese viendo por primera vez. Debe estar precavido para que los viejos hábitos y supuestos asumidos no se interpongan en el camino para hacer los cambios.

1.2.2.3 Refinamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparación

Hasta ahora hemos aprendido que en la Fase 1 del SMED, las tareas de preparación interna se separan de las de preparación externa. A

continuación, en la Fase 2 se convierten en externas tantas de las tareas de preparación interna como sea posible, a ejecutar cuando la máquina esta aun funcionando.

Lo anterior nos lleva a la fase tercera y final del SMED, refinar todos los aspectos de las operaciones de preparación. En esta fase, se mejoran todas las operaciones de preparación externas e internas remanentes. Se hace esto observando cuidadosamente la función y propósito de cada elemento específico de la preparación. La práctica de la Fase 3 del SMED conduce casi en todos los casos los tiempos de preparación al rango de menos de diez minutos.

1.3. Descripción general del funcionamiento de un equipo extrusión-soplado

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban con resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), aceites (de semillas), derivados del almidón o el carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. En la actualidad la mayoría de los plásticos se elaboran con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo, normalmente fibras de vidrio o de carbono. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, un material compuesto de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera.

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y fluencia (conocido como deformación). La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica. Una de las operaciones más comunes es la extrusión. Una máquina de extrusión consiste en un aparato que bombea el plástico a través de un molde con la forma deseada. Los productos extrusionados, como por ejemplo los envases, tienen una sección llamada matriz con la forma del envase que se desea fabricar. La máquina de extrusión realiza otras operaciones, como moldeo por soplado o moldeo por inyección.

Otros procesos utilizados son el moldeo por compresión, en el que la presión empuja al plástico a adoptar una forma concreta, y el moldeo por transferencia, en el que un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde. El calandrado es otra técnica mediante la cual se forman láminas de plástico. Algunos plásticos, y en particular los que tienen una elevada resistencia a la temperatura, requieren procesos de fabricación especiales.

Para la obtención de artículos huecos por el proceso de soplado, la resina polimérica es alimentada a la tolva de un extrusor; de ahí pasar al interior del cañón, se plastifica y homogeneiza por medio del husillo con los pigmentos y otros aditivos que también hayan sido alimentados, siendo únicamente restringido el uso de cargas o refuerzos, ya que estos últimos generalmente provocan la ruptura de las paredes del artículo cuando está en la etapa de soplado.

El material ya homogéneo y completamente plastificado, pasa al dado que, de manera similar a la Extrusión de tubería, produce una preforma tubular con dimensiones de pared controladas para la pieza final cumpla con las dimensiones de espesor requeridas.

La producción de esta preforma (parison) debe ser invariablemente vertical y descendente, ya que no existe ninguna guía que pueda ofrecerle alguna otra orientación, mientras que el tiempo empleado desde que comienza a salir del dado hasta que tiene la dimensión precisa para continuar con el ciclo, está limitado al momento en que la primera porción de plástico extruído se enfríe, perdiendo características para ser moldeado.

Llegando a la longitud de preforma óptima, que es ligeramente mayor a la longitud del molde que forma la pieza final, entra en acción el mecanismo que cierra las dos parte del molde para dejar confinado el parison (preforma) en éste. Durante su movimiento, el molde además de rodear al parison, lo prensa por uno de sus extremos provocando el sellado de las paredes del tubo, debido a que el plástico se encuentra aún arriba de su temperatura de reblandecimiento.

El diseño del molde puede incluso cortar el material sobrante por debajo de éste, formando así, la característica línea o costura en la base de todo recipiente obtenido por extrusión-soplo. El otro extremo del parison permanece abierto, pues es necesario para las etapas posteriores.

En la tercera fase del proceso se introduce una boquilla por el extremo abierto del molde y en el interior del parison, se inyecta aire a presión, obligando a la preforma a extenderse hasta alcanzar las paredes del molde, donde se enfría y conserva la forma interior del molde. La boquilla de inyección del aire crea al mismo tiempo la estructura final de la boca y cuello del recipiente.

Es importante señalar que durante el proceso de expansión de la preforma hacia las paredes del molde, el espesor de la pared sufre una reducción por el aumento del área superficial.

En la última fase del ciclo de soplado, el molde se separa exponiendo al recipiente terminado a una temperatura en que es estable dimensionalmente, para ser entonces expulsado por su propio peso o por el aire a presión que aún se encuentra en su interior. Generalmente, el tiempo invertido en la dos últimas etapas tarda lo suficiente para que en el dado haya extruído y soplado una nueva preforma, siendo necesario que el molde recién liberado del producto tenga que moverse hacia la recepción del nuevo material, para iniciar un nuevo ciclo productivo.

1.3.1. Descripción general de un cambio en una línea de extrusión-soplado de botellas

En una línea de producción de botellas por el proceso de extrusión soplado existen varios tipos de cambio los cuales explicaremos a continuación:

- a. Cambio de color: Este tipo de cambio se refiere cuando en una línea de soplado de botellas se seguirá produciendo la misma botella, utilizando el mismo molde pero con diferente pigmento (parte de la materia prima).

El primer paso para esta operación consiste en purgar el material con el pigmento actual. Para esto hacemos que la máquina siga trabajando pero dejamos de alimentarle pigmento con el fin que la misma resina virgen sin pigmento realice una limpieza del color que estamos utilizando a lo largo de todo el usillo de extrusión y del cabezal. Esto normalmente lleva algunos minutos.

El segundo paso consiste en agregar el material con el nuevo pigmento. Cuando observamos que el material que esta saliendo del extrusor es ya un material sin color (pigmento) entonces podemos proceder a alimentar la máquina con el material del nuevo pigmento que deseamos producir. En algunos casos es necesario ajustar las temperaturas de la máquina para el nuevo pigmento.

- b. Cambio de Molde: Cuando deseamos producir un diferente tipo de botella entonces debemos realizar en la máquina un cambio de molde. Generalmente esto conlleva dos pasos: Desmontaje del molde actual y Montaje del molde deseado.
- c. Cambio de Cabezal: En algunos casos cuando deseamos producir un tipo de botella diferente también es necesario además de hacer el cambio de molde realizar un cambio de cabezal. Esto es debido a que en algunas máquinas se tiene la opción de poder producir botellas pequeñas y grandes, y para esto la cantidad de material necesario y las distancias de separación de las botellas dentro del molde hacen necesario que tengamos que realizar un cambio de cabezal de extrusión.

1.4. Antecedentes generales de la empresa

Este trabajo de graduación se desarrolló dentro de la Empresa Colgate Palmolive (C.A.) S.A., ubicada en la ciudad capital de Guatemala. Esta empresa es una subsidiaria de The Colgate Palmolive Company que tiene sus oficinas centrales ubicadas en la ciudad de Nueva York de los Estados Unidos de Norte América.

1.4.1. Ubicación

La empresa esta ubicada en la Avenida del Ferrocarril 49-65 Zona 12 de la ciudad capital de Guatemala.

1.4.2. Misión

La misión de la empresa se expresa a continuación:

“Nosotros, COLGATE PALMOLIVE CENTRO AMERICA, queremos ser los líderes en todas las categorías en que competimos. Nuestro éxito se basa en el talento de nuestros empleados, capaces de: un mejor servicio al cliente, fabricando los productos de mejor calidad a un costo competitivo, trabajando en armonía con nuestros compañeros y disfrutando nuestro trabajo.

Como subsidiaria, somos la universidad de los futuros gerentes de nuestra corporación.”

1.4.3. Visión

La visión de la empresa se expresa a continuación:

“Llegar a ser verdaderamente la mejor compañía global de productos de consumo”.

1.4.4. Organización

La empresa esta organizada por diferentes departamentos. Cada departamento tiene una función específica dentro de la empresa, lo cual se explica a continuación:

- a. Mercadeo: El objetivo primordial es asegurar que cada uno de los productos que comercializa la empresa cuente con los recursos y la atención necesarios para lograr un crecimiento en volumen de ventas, en la participación en el mercado, la satisfacción del cliente y la rentabilidad de cada una de las marcas.

- b. Manufactura: Comprende los departamentos relacionados con la producción, tales como compras, logística, ingeniería y servicios. Siendo todos responsables de proveer a los clientes y consumidores productos de optima calidad.

- c. Ventas: Su responsabilidad es la comercialización de todos lo productos y el aseguramiento de la presencia de los mismos en todos nuestros canales de distribución. Esta conformada por una fuerza de ventas con orientación de negocio y con capacidad profesional y empresarial para enfrentar los cambiantes retos del mercado.

- d. Finanzas: Controla el desarrollo de todas las actividades administrativas y financieras de la empresa, preservando el patrimonio de la compañía, maximizando el rendimiento financiero y asegurando la existencia de procesos administrativos y controles adecuados.

- e. Información tecnológica: Es responsable de la instalación y manejo de sistemas de información de toda la compañía, brindando soporte a los usuarios, creando e implementando programas que satisfagan las necesidades primordiales del negocio.

- f. Recursos humanos: Las personas son su principal recurso, la responsabilidad primordial de la dirección es el establecimiento e implementación de políticas de vanguardia en el área de recursos humanos que permitan atraer, entrenar, motivar y desarrollar a personal de alto potencial, para asegurarnos que la compañía mantenga su posición de liderazgo en el mercado. El propósito de estas políticas es que toda la gente desarrolle sus habilidades para desempeñar mejor su trabajo.

1.4.5. Razón social

Es una empresa dedicada a la importación, producción y comercialización de productos de consumo masivo.

1.4.6. Productos que elaboran

De acuerdo al mercado, los productos fabricados en Colgate Palmolive son clasificados en 5 categorías diferentes:

- a. Cuidado oral: Dentro de esta categoría se encuentran la Crema Dental Colgate, el cepillo dental Colgate, el hilo dental Colgate y el enjuague bucal Plax.
- b. Cuidado personal: Dentro de esta categoría se encuentran el jabón Palmolive, el shampoo Palmolive, el jabón Protex, El shampoo Mennen, La brillantina Parami, Los desodorantes Mennen, La línea baby de Mennen y el Analgésico Acción Plus.
- c. Cuidado de la ropa: Dentro de esta categoría se encuentran el detergente Vel Rosita y el suavizante de telas Suavitel.
- d. Cuidado del hogar y superficies: Dentro de esta categoría se encuentran el limpiador Ajax en Polvo, El lavaplatos líquido Axion, los limpiadores multipropósito marca Ajax, Fabuloso y Azistin, el lavaplatos en pasta Axion y los jabones Doña Blanca, Supremo y Potensol.
- e. Cuidado dietética para mascotas: Esta categoría se comercializa en Norteamérica y Europa principalmente.

1.4.6.1. Productos líquidos en botella

Dentro del área de manufactura se encuentra la planta de líquidos, donde se producen los limpiadores líquidos en botella y los suavizantes de tela en botella. La producción de estos productos se divide en dos áreas: el área de soplado de botellas y el área de llenado.

Dentro del área de soplado de botellas se encuentra la máquina sopladora de botellas marca Hesta HLS que se dedica a la producción de las siguientes botellas:

Botellas de Suavitel 500ml en todos sus colores

Botellas de Suavitel 1L en todos sus colores

Botellas de Suavitel 1.9L en todos sus colores

Botellas de Suavitel 3L y Ajax 3L en todos sus colores

Botellas de Suavitel 5L y Ajax 5L en todos sus colores

Es en esta máquina donde basaremos nuestro estudio.

1.4.6.1.1. Componentes del producto

Los componentes de los limpiadores líquidos en botella y suavizantes de telas en botella que se producen dentro de la planta de líquidos son:

- a. Corrugado
- b. Botella
- c. Líquido
- d. Etiqueta
- e. Tapa.

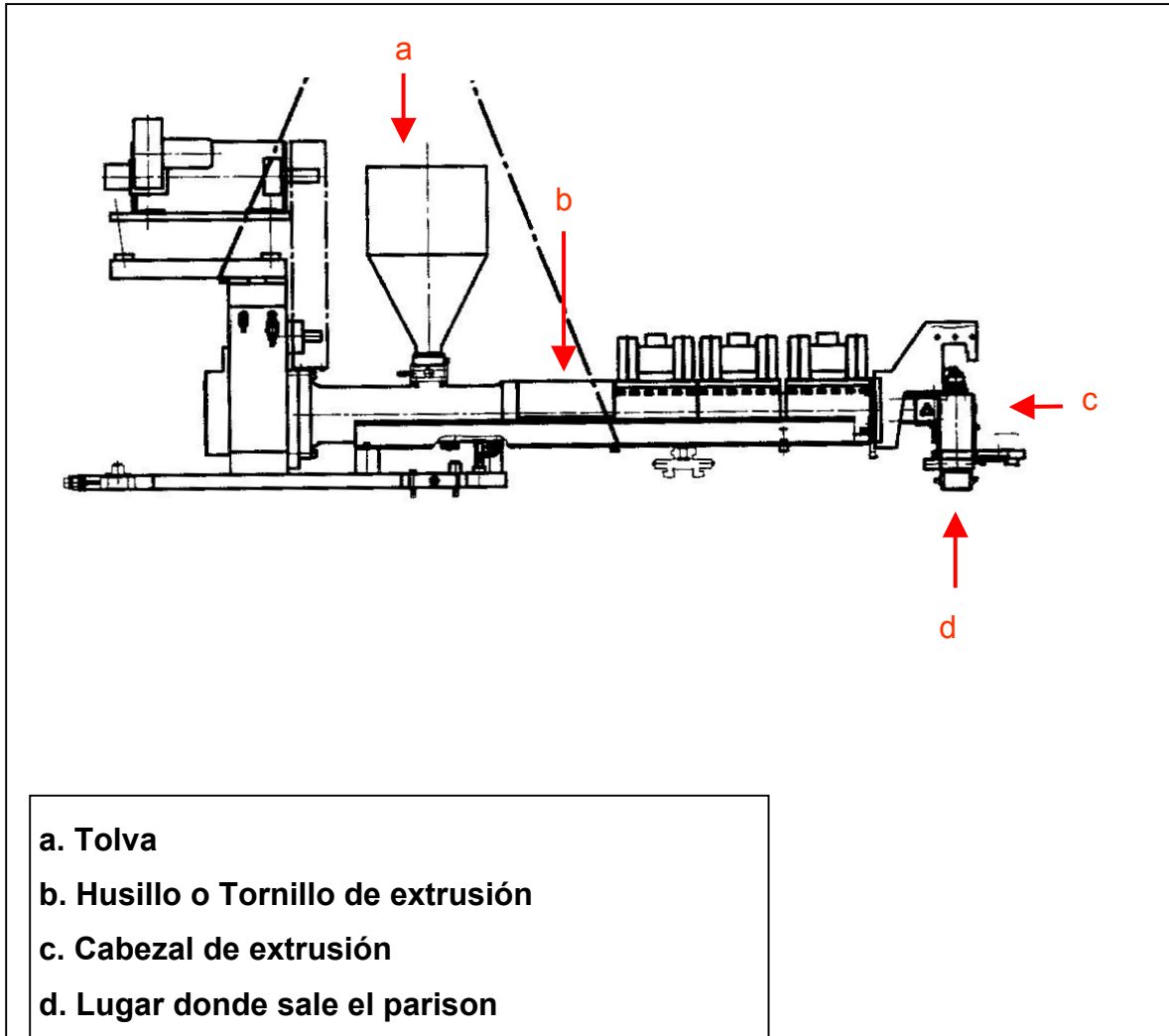
1.4.6.1.2. Proceso de soplado de botellas

Ya se ha explicado en uno de los incisos anteriores la teoría del proceso de soplado de botellas.

En resumen diremos que el proceso de soplado comienza al alimentar de resina y pigmento a la tolva de la máquina sopladora. Dentro de la máquina el usillo o tornillo de extrusión se encarga de movilizar el material a través del cañón donde el material es calentado por una serie de resistencias (las cuales se conocen como zonas de calefacción) hasta volverse líquido (a una temperatura aprox. 180°C) y por la misma acción del tornillo de extrusión el material ya líquido es empujado a través del cabezal (ubicado en la parte final del tornillo de extrusión) donde toma la forma de un tubo hueco que es expulsado al ambiente en dirección vertical hacia. Este tubo se le conoce como parison.

Una vez el parison ha tomado la longitud necesaria, el molde (compuesto por dos caras) en posición abierta es posicionado debajo del cabezal y es cerrado automáticamente, en este mismo instante es trasladado (conservando la posición de cierre) hacia la parte de debajo de los pines sopladores para que estos una vez posicionado el molde bajen e inicien el soplado del Parison que se encuentra aprisionado dentro del molde y por la acción del aire comprimido (a una presión aproximada de 100 PSI) el parison sea distribuido dentro del área disponible en las caras del molde. El molde internamente está provisto de un circuito de agua de refrigeración que provoca que el plástico comience a enfriarse y por ende a solidificarse ya con la forma de la botella que el molde posee. Al haberse enfriado lo suficiente, el molde se abre y permite que un juego de brazos mecánicos traslade los envase ya formados al área de desbarbado que es donde la máquina procede a eliminar la rebaba y transportar los envases hacia la bandeja de salida para que el operador pueda tomarlos y empacarlos. Estos envases ya empacados están listos para ser trasladados cuando sea requerido al área de llenado de botellas.

Figura 1. Partes de una máquina sopladora de botellas plásticas.



Fuente: Manual de operación sopladora Hesta HLS.

2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA SOPLADORA

En los siguientes incisos se generaran formatos para la toma de tiempos con los cuales se medirán los tiempos de paro no planificados por un período de 15 días. Con esta información se generaran diagramas de pareto para evidenciar las causas principales de paro. Se procederá a filmar los procedimientos actuales de cambio con el fin de listar las actividades actuales que comprenden un cambio.

2.1 Medición de la eficiencia actual de la línea

Para realizar la medición de la eficiencia actual de la línea observaremos la forma de trabajar en el área, haremos entrevistas tanto a los operadores como a los administradores para tener una idea de la administración del tiempo durante la operación del equipo y con esta información procederemos a realizar un formato que nos ayude a registrar con exactitud todos los tiempos tanto productivos como no productivos con el fin de establecer la eficiencia actual de la línea.

2.1.1 Elaboración de formato para toma de tiempos

Después de haber realizado las observaciones y entrevistas necesarias, se determino que se usaría un formato para la toma de tiempos tanto en paros planeados como en no planeados y donde se anotara también con detalle los pormenores durante el turno de trabajo. Este formato se puede observar en el anexo 1.

2.1.2 Toma de tiempos por un período de 15 días

Durante el período comprendido del 1 al 15 de enero de 2005 los resultados los podemos observar en la figura 2.

Tabla I. Datos de producción.

Producción Real	171,843
Producción Teórica	191,707

Paros Planeados	Minutos
Calentamiento	510
Check List	280
Reunión/Capacitación	213
Comidas	180
Limpieza	70
Sanitización	-
Mantenimiento Preventivo	-
Otros	-
TOTAL	1,253

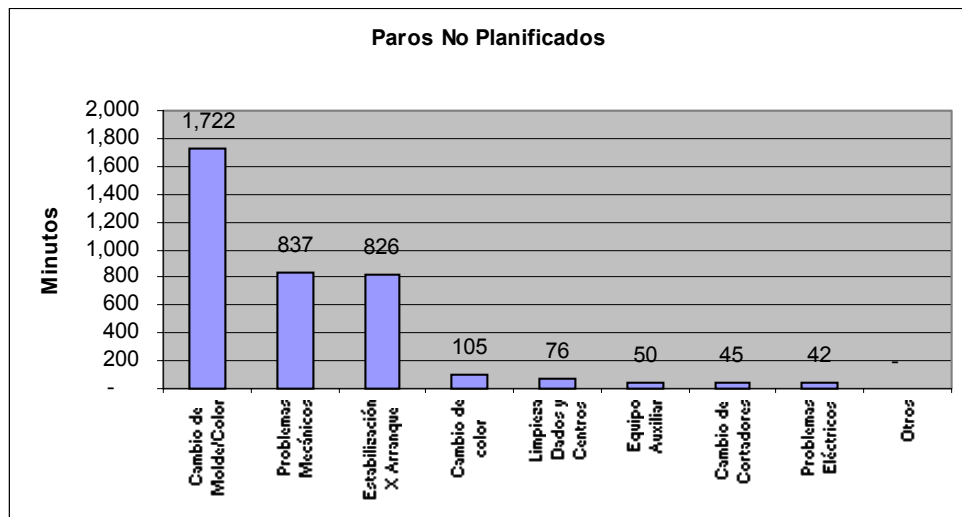
Paros no planeados	Minutos
Cambio de Molde/Color	1,722
Problemas Mecánicos	837
Estabilización X Arranque	826
Cambio de color	105
Limpieza Dados y Centros	76
Equipo Auxiliar	50
Cambio de Cortadores	45
Problemas Eléctricos	42
Otros	-
TOTAL	3,702

Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS durante el período del 1 al 15 de enero de 2005.

2.1.3 Elaboración de Diagramas de Pareto para determinar las causas más importantes de paro

Para estudiar mejor las causas de paro a continuación se presenta el diagrama de Pareto en la figura 3 para las causas de paro no planificado para la línea sopladora de botellas Hesta HLS durante el período del 1 al 15 de enero de 2005.

Figura 2. Diagrama de Pareto línea Hesta HLS.



Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS durante el período del 1 al 15 de enero de 2005.

2.1.4 Determinación de la eficiencia actual

Para poder realizar el cálculo de la eficiencia es necesario mencionar las fórmulas que utilizaremos para hacer este cálculo:

- Eficiencia = disponibilidad X desempeño X calidad
- Disponibilidad = tiempo real disponible / tiempo total programado
- Tiempo real disponible = tiempo total programado – tiempo perdido

d) Desempeño = producción real / producción teórica

e) Calidad = Unidades Producidas dentro de Especificaciones / Total Unidades Producidas

A continuación se hará el cálculo de la eficiencia actual de la línea:

Disponibilidad = 13,765 Minutos / 17,467 Minutos = 78.80%

Desempeño = 171,843 / 191,707 = 89.64 %

Calidad = 171,843 / 171,843 = 100%

Eficiencia = 78.80% X 89.64% X 100% = 71%

2.2 Evaluación de los tiempos de cambio actuales y su frecuencia

Dentro del período del 1 de Enero al 15 de Enero de 2005 se produjeron 10 botellas diferentes. Entre estos cambios tenemos los siguientes detalles:

4 Cambios de Molde Tiempo Total = 27.45 hrs. (Incluye 2 Cambios de Color y 2 Cambios de Cabezal)

5 Cambios de Color Tiempo Total = 1.25 hrs.

2.2.1 Determinación del promedio de cambios por mes y el tiempo de máquina parada debido a cambios al mes

Con los datos obtenidos durante los primeros 15 días de enero podemos decir que en un mes se producen aproximadamente 20 tipos diferentes de botellas y que el tiempo promedio perdido por cambios de presentación es alrededor de 57.40 horas de máquina parada.

2.2.2 Determinación de tiempos promedio de cambio para color, molde y cabezal

Con los datos recolectados podemos llegar a la siguiente conclusión:

- a) Cambios de molde: Se realizaron dos cambios de molde sin cambiar cabezal en un tiempo total de 10.91 hrs. El tiempo promedio de cambio de molde es de 5.46 horas.
- b) Cambios de cabezal: Se realizaron dos cambios de molde con cabezal en un tiempo de 16.54 horas. El tiempo promedio de cambio de molde con cabezal es de 8.27 horas.
- c) Cambios de color: Se realizaron cinco cambios de color en un tiempo total de 1.25 horas. El tiempo promedio por cambio de color es de 0.25 horas.

2.3 Análisis del procedimiento actual de cambio de producto

2.3.1 Filmación de los procedimientos de cambio actual

Se realizó una filmación de los pasos seguidos para realizar cada tipo de cambio en la línea con el objetivo de establecer los procedimientos actuales y encontrar oportunidades de mejora.

2.3.1.1 Listado de actividades para un cambio de color

Para realizar un cambio de color el operador de la máquina realiza las siguientes actividades.

- a) Dejar de alimentar material con masterbatch (pigmento)

- b) Preparar en un tonel vacío la mezcla de material (resina virgen + masterbatch) que se usara para la próxima botella a producir
- c) Iniciar a alimentar la máquina con la nueva mezcla

- d) Observar las botellas que salen hasta que se note que la nueva mezcla comienza a salir en la botella. A partir de este momento, el operador inicia a separar las botellas que salen de la máquina, las cuales lucen de ambos colores (el actual y el nuevo) y todas estas botellas las desecha hasta que el nuevo color se ha estabilizado (aproximadamente 15 minutos).

- e) Inicia producción de nueva botella

2.3.1.2 Listado de actividades para un cambio de molde

Para realizar un cambio de molde el operador realiza las siguientes actividades:

- a) Detiene la máquina
- b) Llena un permiso de trabajo seguro (Reglamentario)
- c) Desmonta/Monta molde (las dos caras)
- d) Desmonta/Monta dados y centros
- e) Desmonta/Monta resistencias de manga
- f) Desmonta/Monta puntas de soplado con sus respectivos cortadores
- g) Desmonta/Monta troqueles de desbarbado
- h) Desmonta/Monta Sujetadores de Envase.
- i) Estabilizar producción de nueva botella

2.3.1.3 Listado de actividades para un cambio de cabezal

Para realizar un cambio de cabezal el operador realiza las siguientes actividades:

- a) Desmonta Cabezal
- b) Desmonta Distribuidor 2
- c) Desmonta Distribuidor 1
- d) Monta Distribuidor 1
- e) Monta Distribuidor 2
- f) Monta Cabezal

3 PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS TIEMPOS DE CAMBIO

3.1 Separación de la preparación interna de la externa

Como se menciono anteriormente, una parte importante para lograr la reducción de tiempos de cambio es el analizar que actividades se realizan con la máquina parada (actividades internas) y cuales se pueden realizar con la máquina en producción. En los siguientes incisos se hará este análisis.

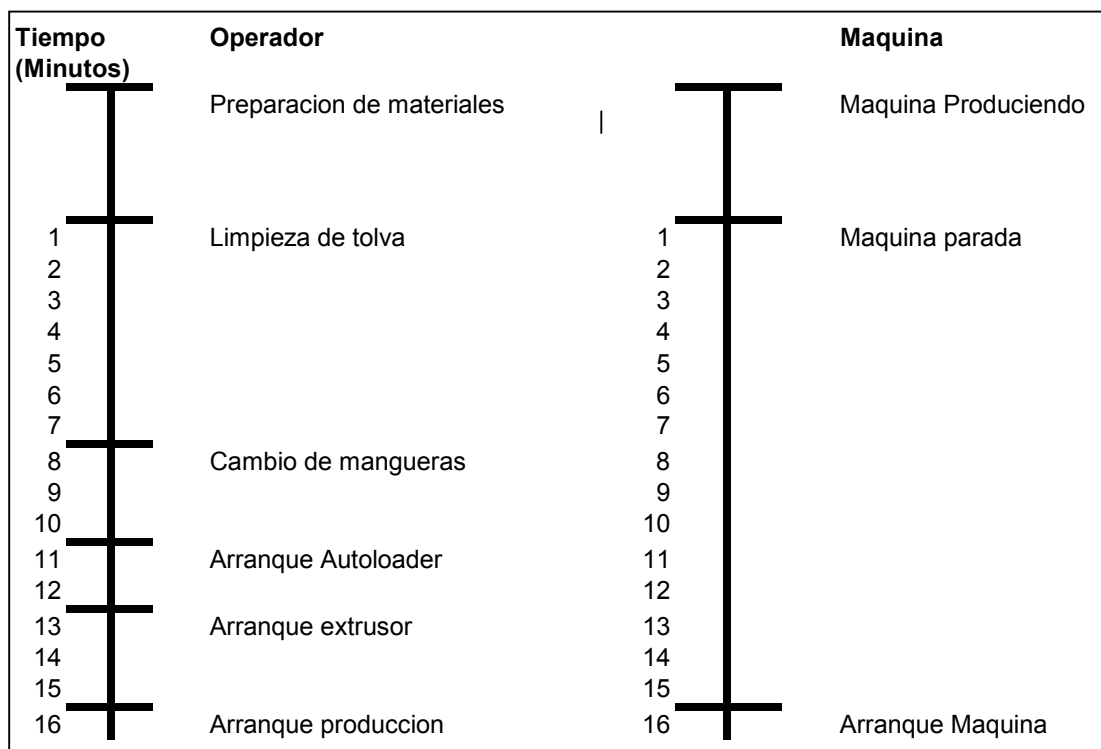
3.1.1 Elaboración de diagramas hombre-máquina

A continuación elaboraremos los diagramas de hombre-máquina para cada tipo de cambio con el fin de determinar y separar las actividades internas de las externas.

3.1.1.1 Elaboración de diagrama hombre-máquina para cambio de color

A continuación se presenta el diagrama de hombre-máquina para un cambio de color.

Figura 3. Diagrama de hombre-máquina para cambio de color.

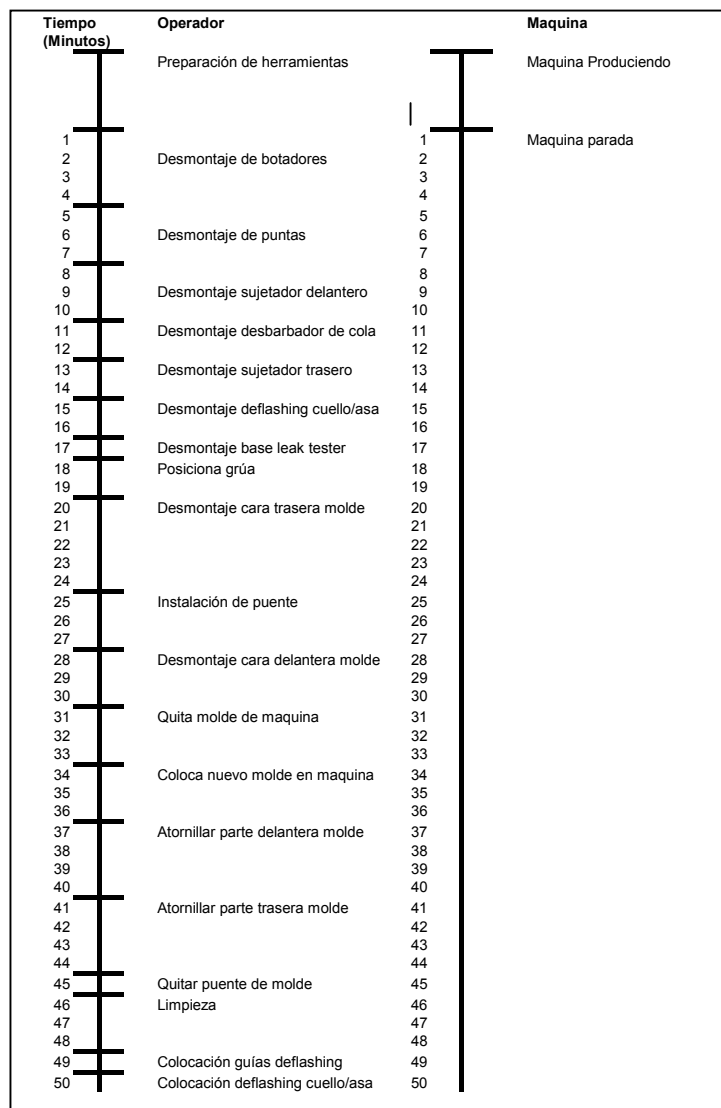


Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

3.1.1.2 Elaboración de diagrama hombre-máquina para cambio de molde

A continuación se presenta el diagrama hombre-máquina para un cambio de molde.

Figura 4. Diagrama de hombre-máquina para cambio de molde.



Continuación figura 4

51		51
52		52
53	Colocar sujetador envase trasero	53
54		54
55		55
56		56
57	Colocar sujetador envase delantero	57
58		58
59		59
60	Posicionar bloques puntas soplado	60
61		61
62		62
63		63
64		64
65		65
66		66
67		67
68		68
69		69
70		70
71		71
72		72
73		73
74	Montaje de putas de soplado	74
75		75
76		76
77	Colocar botadores en plancha	77
78		78
79		79
80		80
81		81
82	Colocar desbarbador de cola	82
83		83
84		84
85		85
86		86
87		87
88		88
89		89
90	Centrado de puntas de soplado	90
91		91
92		92
93	Colocar botadores en maquina	93
94		94
95		95
96		96
97	Colocar manguera de aire en asa	97
98		98
99		99
100		100
101	Cambio de dados y centros	101
102		102
103		103
104		104
105		105
106		106
107		107
108		108
109		109
110		110
111		111
112		112
113		113
114		114
115		115
116		116
117		117
118		118
119		119
120		120
121		121
122		122
123		123
124		124
125		125
126		126
127		127
128		128
129		129
130		130
131		131
132		132
133		133

Continuación figura 4

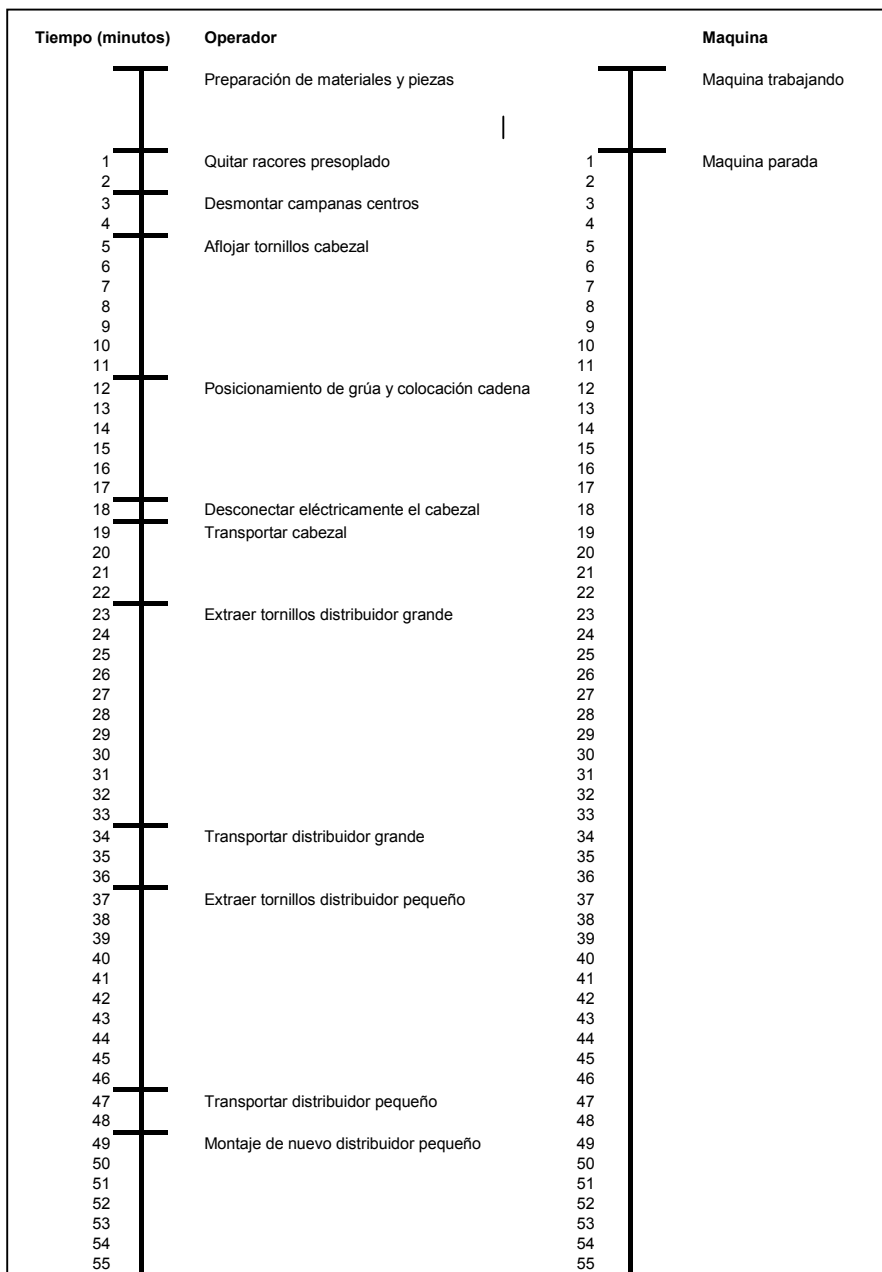
134		134
135		135
136		136
137		137
138		138
139		139
140		140
141		141
142		142
143		143
144		144
145		145
146		146
147		147
148		148
149		149
150	Graduación de altura de extrusor	150
151		151
152		152
153		153
154		154
155	Graduación sector de seguridad	155
156		156
157		157
158		158
159		159
160		160
161		161
162		162
163		163
164		164
165		165
166		166
167		167
168		168
169		169
170	Estabilización de maquina	170
171		171
172		172
173		173
174		174
175		175
176		176
177		177
178		178
179		179
180		180
181		181
182		182
183		183
184		184
185		185
186		186
187		187
188		188
189		189
190		190
191		191
192		192
193		193
194		194
195		195
196		196
197		197
198		198
199		199
200		200
201	Inicio de producción	201
		Arranque producción

Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

3.1.1.3 Elaboración de diagrama hombre-máquina para cambio de cabezal

A continuación se presenta el diagrama hombre-máquina para un cambio de molde.

Figura 5. Diagrama de hombre-máquina para cambio de cabezal.



Continuación figura 5

56		56
57		57
58		58
59		59
60		60
61		61
62	Montaje de nuevo distribuidor grande	62
63		63
64		64
65		65
66		66
67		67
68		68
69		69
70		70
71		71
72		72
73		73
74		74
75		75
76		76
77		77
78		78
79		79
80		80
81		81
82		82
83		83
84		84
85		85
86		86
87		87
88		88
89		89
90	Transporte de nuevo cabezal a maquina	90
91		91
92		92
93		93
94	Colocar nuevo cabezal en maquina	94
95		95
96		96
97		97
98		98
99		99
100		100
101		101
102		102
103		103
104		104
105		105
106		106
107		107
108		108
109		109
110		110
111		111
112		112
113		113
114		114
115		115
116		116
117		117
118		118
119		119
120		120
121		121
122		122
123		123
124		124
125		125
126		126
127		127
128		128
129		129
130		130
131		131

Continuación figura 5

132		132
133		133
134	Grabar parámetros en pantalla	134
135		135
136		136
137	Conexión de mangueras presoplado	137
138	Calentamiento de cabezal	138
139		139
140		140
141		141
142		142
143		143
144		144
145		145
146		146
147		147
148		148
149		149
150		150
151		151
152		152
153		153
154		154
155		155
156		156
157		157
158		158
159		159
160		160
161		161
162		162
163		163
164		164
165		165
166		166
167		167
168		168
169		169
170		170
171		171
172		172
173		173
174		174
175		175
176		176
177		177
178		178
179		179
180		180
181		181
182		182
183		183
184		184
185		185
186		186
187		187
188	Proceder a cambio de molde	188
189		189
		Maquina parada
		Proceder a cambio de molde

Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

3.1.1.4 Determinación de actividades internas y externas para cambio de color

Al analizar el diagrama de hombre máquina para el cambio de color se ha podido determinar las actividades internas y externas como se mencionan a continuación:

Actividades internas:

- a) Limpieza de tolva
- b) Cambio de mangueras
- c) Arranque de extrusor

Actividades Externas

- a) Preparación de materiales

3.1.1.5 Determinación de actividades internas y externas para cambio de molde

Después de haber analizado el diagrama de hombre máquina para el cambio de molde podemos separar de la siguiente forma las actividades internas de las externas:

Actividades internas:

- a) Limpieza de tolva
- b) Desmontaje/montaje de botadores
- c) Desmontaje/montaje de puntas
- d) Desmontaje/montaje de sujetadores
- e) Desmontaje/montaje de deflashing
- f) Desmontaje/montaje de leak tester

- g) Desmontaje/montaje de molde
- h) Posicionar bloques de puntas de soplado
- i) Cambio de dados y centros

Actividades externas:

- a) Preparación de materiales y piezas

3.1.1.6 Determinación de actividades internas y externas para cambio de cabezal

Después de analizar el diagrama de hombre máquina para un cambio de cabezal podemos separar las actividades internas de las externas de la siguiente manera:

Actividades Internas:

- a) Desmontaje/montaje de aire de soporte
- b) Desmontaje/montaje de cabezal
- c) Desmontaje/montaje de distribuidor grande
- d) Desmontaje/montaje de distribuidor pequeño
- e) Calentamiento del nuevo cabezal

Actividades externas:

- a) Preparación de materiales y piezas

3.2 Conversión de las operaciones de preparación internas en externas

A continuación se hará una propuesta para convertir las actividades internas en externas para cada tipo de cambio.

3.2.1 Conversión de actividades internas en externas para cambio de color

Se analizo en conjunto con el operador de la máquina si existiera alguna posibilidad de convertir alguna de las operaciones que se hacen en un cambio de color de interna a externa. Llegamos a la conclusión que se pueden hacer los siguientes cambios:

- a) Calcular el material que queda en la tolva para lograr que la máquina consuma todo el material y que al momento de realizar el cambio la tolva ya se encuentre casi vacía (para esto marcaremos el nivel en el visor de la tolva). Para lograr esto lo único que el operador debe hacer es apagar el alimentador automático de material.
- b) Al observar que la tolva de la máquina ya se encuentra prácticamente vacía, entonces el operador debe cambiar las mangueras de alimentación de material hacia el tonel de material nuevo (previamente preparado) y encender de inmediato el alimentador automático. Con esto la tolva de la máquina se comenzara a llenar con material nuevo cuando aun sigue trabajando.
- c) Al observar que las botellas están comenzando a salir con manchas del color del nuevo material, el operador debe apartar las mismas hasta que la botella salga con el nuevo color uniforme. En este punto se puede iniciar la producción del nuevo color de botella.

3.2.2 Conversión de actividades internas en externas para cambio de molde

En conjunto con el operador de la máquina y el mecánico de turno se analizo si era posible la conversión de algunas actividades internas en externas para un cambio de molde y se llevo a las siguientes propuestas:

- a) Colocar las guías al molde nuevo antes de parar la máquina. Para esto se tendrán que fabricar un juego de guías nuevas. Con esto se evitara perder tiempo en estar quitando las guías del molde viejo para después ponerlas en el molde nuevo.
- b) Construir un block especial con el objetivo de no tener que posicionar los blocks de puntas de soplado.
- c) Fabricar plancha de botadores para tener listos para montaje los botadores antes de parar la máquina ya que actualmente existe solo una plancha lo que provoca que al desmontar la plancha se pierda tiempo en cambiar los botadores de un molde por los del otro.
- d) Construir base para desbarbadores de cola. Esto con el objetivo de no perder el tiempo en quitar la base de los desbarbadores del molde viejo para ponérselo después a los desbarbadores del molde nuevo.
- e) Estandarizar tornillos allen de 10 milímetros. Actualmente se usan tornillos de 5, 6, 8 y 10 milímetros para sujeción de diferentes partes.
- f) Comprar un turbo neumático tipo pistola con todos sus accesorios para reducir el tiempo de quitar y poner tornillos. Actualmente para el procedimiento de cambio de molde se quitan y ponen alrededor 32 tornillos.
- g) Comprar y equipar un mueble con rodos con el objetivo de tener todas las herramientas y accesorios en forma ordenada y a la mano para no perder tiempo en buscarlos durante el proceso de cambio de molde. Al mismo tiempo equipar de un cinturón de herramientas de cambio al operador.

3.2.3 Conversión de actividades internas en externas para cambio de cabezal

A continuación se describen las actividades propuestas para convertir actividades internas en externas para un cambio de cabezal:

- a) Usar turbo neumático para quitar y poner tornillos. Este turbo se esta proponiendo comprar también para ser usado en los cambios de molde.
- b) Usar cadena con garfios soldados en las puntas con el fin de hacer un enganche fácil a las piezas con la grúa.
- c) Fabricación de carretilla para transporte de cabezal y distribuidores. Se recomienda que esta carretilla se haga un compartimiento para tener listos los tornillos a utilizar.
- d) Preparar un set completo de tornillos para montaje de piezas. La razón es que se observó que se pierde tiempo en limpiar los tornillos que se quitan para volverlos a usar con las piezas que se ponen.
- e) Identificación y reestructuración de conexiones eléctricas. Se observó que son muchas las resistencias y termopares que se deben conectar y desconectar y a veces el operador se equivoca en conectar cada cosa en su lugar. Para esto se recomienda unificar en una sola espiga todas las conexiones eléctricas del cabezal.
- f) Identificación de mangueras y reestructuración de interconexiones neumáticas con el fin de hacer la interconexión más rápida y ordenada.
- g) Fabricación de tablero de control de temperatura para calentamiento de piezas (distribuidores y cabezal) y para cambio de dados antes de para la máquina.

h) Implementar el uso de reglas graduadas para facilitar el posicionamiento de altura de cuchilla y extrusor para cada cambio.

3.2.4 Elaboración de cronograma de actividades a realizar para la conversión de actividades internas en externas

A continuación se presenta el cronograma de actividades para la transformación de actividades internas en externas:

Tabla II. Cronograma de actividades.

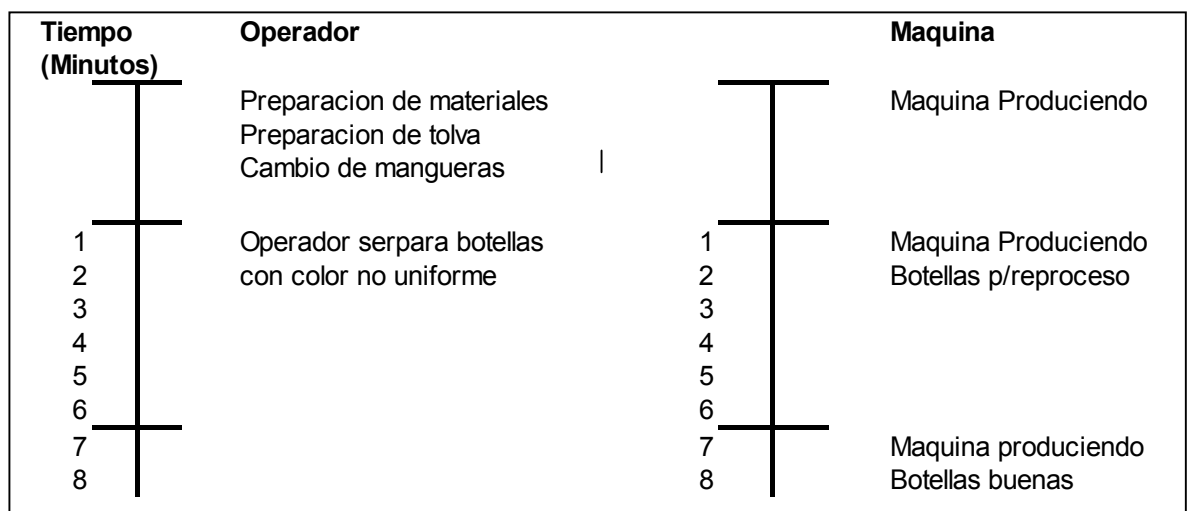
Actividad	Resp	Fecha
Generar Listado de Herramienta y Accesorios usados en los cambios de molde (tomar en cuenta la grasa grafitada, silicon, tornillos , turbo, etc) tomando en cuenta tambien las mejoras sugeridas en la revision del video. Comprar la Herramienta que hace falta.	R. Chavez	28-Feb
Diseñar y Fabricar mueble con medidas especificas para guardar exclusivamente las herramientas y accesorios especificos para el cambio (usar listado anteriormente mencionado). El mueble debe incluir un compartimiento para las herramientas que se usan para cambio de molde y otro compartimiento con las herramientas y accesorios que se usan para el cambio de cabezal. En este mueble deben de ir las herramientas y accesorios exclusivos para el cambio (es decir, que si solo se usan las llaves allen tipo "L" 10 y 14mm no deberiamos tener en el mueble las llaves allen "L" 11, 12 y 13mm). Acondicionar un lugar para la grasa, para los tornillos, para el silicon, etc. Este mueble debe llevar rodos y debe ser practico (a semejanza de las mesas que usan los cirujanos para las operaciones donde solo tienen los instrumentos que utilizara en la operacion de una forma ordenada).	E. Ovalle	28-Feb
Estandarizar tornillos de 8 a 10mm para la sujecion de los sujetadores de envases	R. Chavez	28-Feb
Comprar "TURBO" y "ACCESORIOS" de optimas medidas para usarlo en los cambios. Previo a esto se debe de realizar pruebas en la maquina para poder determinar el tipo de turbo y los accesorios optimos que debemos comprar.	R. Chavez	28-Feb
Reparar block de puntas de soplado. Reparar los alojamientos (surcos guias) y reparar los blocks (reinstalar pines que cazan con los surcos guias, para esto de preferencia hacer insertos de acero para que no se vuelvan a quebrar o dañar)	R. Chavez	28-Feb
Fabricar planchas de botadores para cada molde	R. Chavez	28-Feb
Fabricar base para todos los desbarbadores de cola, colocar guias a la base y perforar la base.	R. Chavez	28-Feb
Implementar sistema de garfios para sujecion de cabezal en polipastro.	E. Ovalle	28-Feb
Diseñar y Fabricar carretilla para transporte de cabezal y Distribuidores 1 y 2 que tenga compartimiento para sus tornillos.	R. Chavez	28-Feb
Cambiar tornillos de distribuidor parte 2 por tornillos hexagonales ya que los tornillos allen actuales de 17mm son dificiles de quitar y poner	R. Chavez	28-Feb
Reestructurar conexiones electricas e identificarlas	R. Chavez	28-Feb
Identificar manguera de presoplado para facilitar la conexion	E. Perez	28-Feb
Fabricacion de Tablero con Control de Temperatura para cambio de Dados antes de montar. Tambien sera usado para precalentamiento de cabezal y distribuidores. Revision de hexagonos en centros de todos los moldes para profundizarlos y asi evitar que se soben. Fabricacion de cuellos y turcas de fijacion para todos los dados.	R. Chavez	28-Feb
Implementar reglas graduadas para posicionar altura de cuchilla y extrusor para cada molde.	E. Ovalle	28-Feb
Fabricacion de Tapones Block de Pines con cavidad para o ring.	R. Chavez	28-Feb
Eliminar del aerea piezas obsoletas QUE NO SE USAN y ordenar los accesorios en el area que SI se USAN de manera que esten accesibles para los cambios.	R. Chavez	28-Feb

Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

3.2.5 Elaboración de diagramas hombre-máquina con las mejoras sugeridas y estimación de los nuevos tiempos de cambio

A continuación presentamos el diagrama hombre-máquina mejorado para un cambio de color:

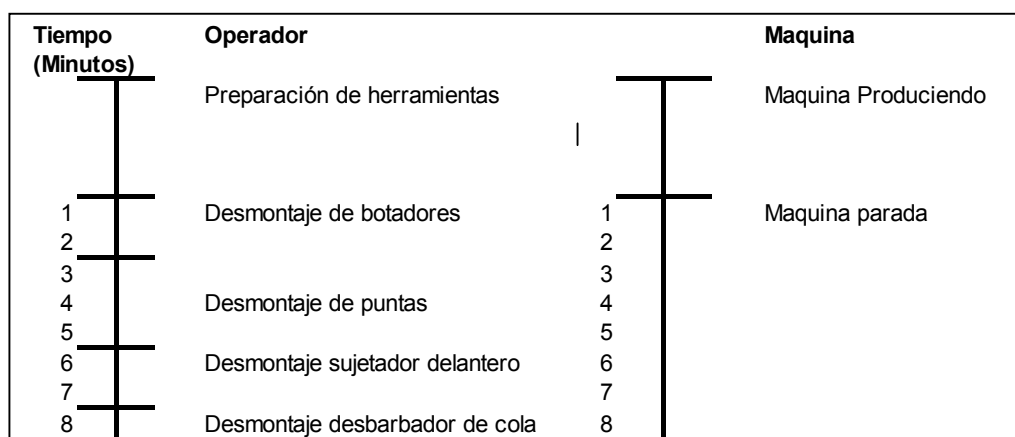
Figura 6. Diagrama de hombre-máquina para cambio de color.



Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

A continuación se presenta el diagrama hombre-máquina mejorado para un cambio de molde:

Figura 7. Diagrama de hombre-máquina para cambio de molde.



Continuación figura 7

9		9
10	Desmontaje sujetador trasero	10
11		11
12	Desmontaje deflashing cuello/asa	12
13		13
14	Desmontaje base leak tester	14
15	Posiciona grúa	15
16		16
17	Desmontaje cara trasera molde	17
18		18
19		19
20	Instalación de puente	20
21		21
22	Desmontaje cara delantera molde	22
23		23
24	Quita molde de maquina	24
25		25
26	Coloca nuevo molde en maquina	26
27		27
28	Atornillar parte delantera molde	28
29		29
30	Atornillar parte trasera molde	30
31		31
32	Quitar puente de molde	32
33	Limpieza	33
34		34
35	Colocación deflashing cuello/asa	35
36		36
37	Colocar sujetador envase trasero	37
38		38
39		39
40	Colocar sujetador envase delantero	40
41		41
42	Montaje de putas de soplado	42
43		43
44		44
45	Colocar desbarbador de cola	45
46		46
47		47
48		48
49	Centrado de puntas de soplado	49
50		50
51		51
52	Colocar botadores en maquina	52
53		53
54		54
55	Colocar manguera de aire en asa	55
56		56
57		57
58	Cambio de dados y centros	58
59		59
60		60
61		61
62		62
63		63
64		64
65		65
66		66

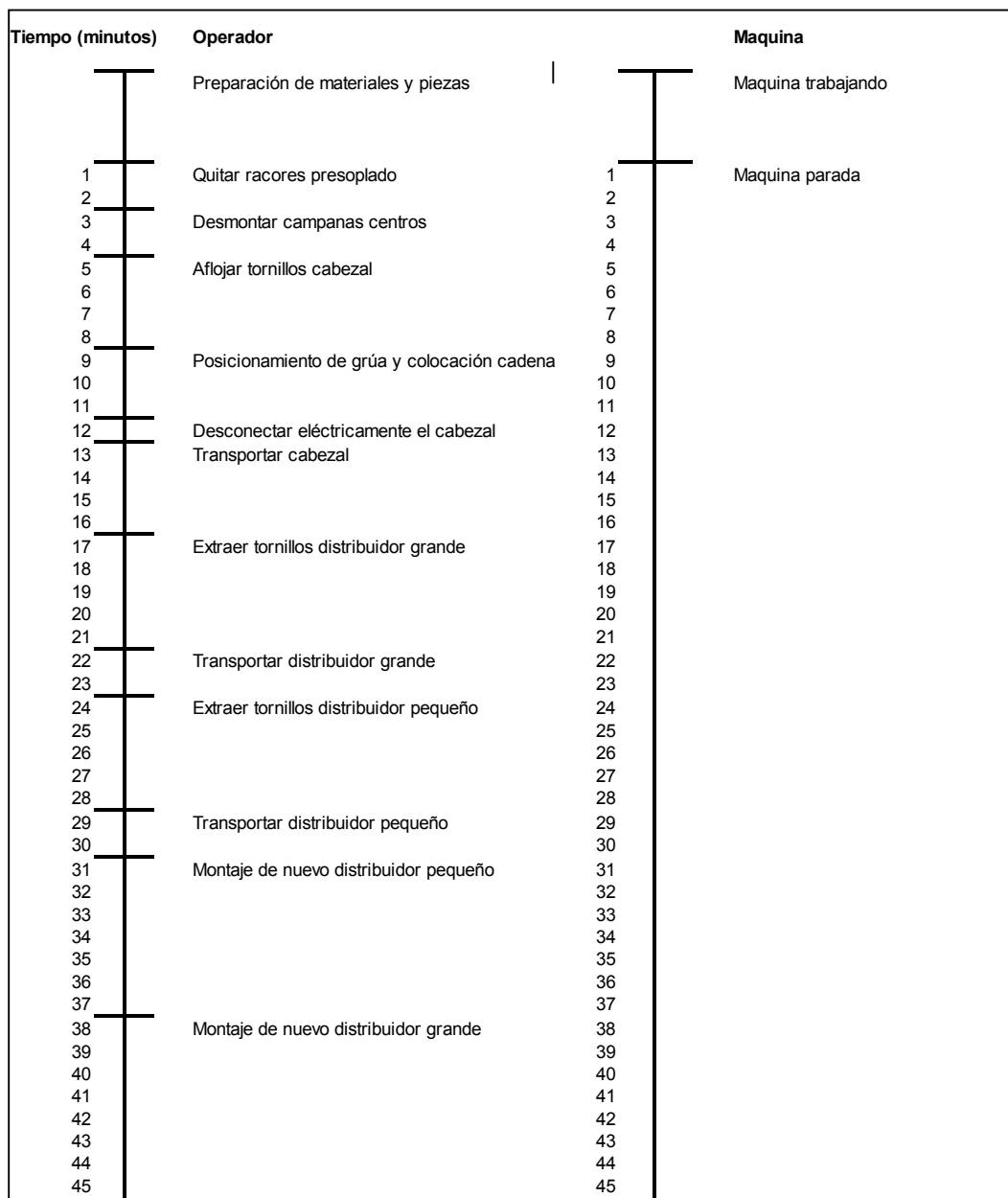
Continuación figura 7

67		67
68		68
69		69
70		70
71		71
72		72
73		73
74	Graduación de altura de extrusor	74
75		75
76		76
77	Graduación sector de seguridad	77
78		78
79		79
80		80
81		81
82		82
83		83
84		84
85		85
86		86
87		87
88		88
89		89
90		90
91		91
92	Estabilización de maquina	92
93		93
94		94
95		95
96		96
97		97
98		98
99		99
100		100
101		101
102		102
103		103
104		104
105		105
106		106
107		107
108		108
109		109
110		110
111		111
112		112
113		113
114		114
115		115
116		116
117		117
118		118
119		119
120		120
121		121
122		122
123	Inicio de producción	123
		Arranque producción

Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

A continuación presentamos el diagrama hombre-máquina mejorado para un cambio de cabezal:

Figura 8. Diagrama de hombre-máquina para cambio de cabezal.



Continuación figura 8

46		46	
47		47	
48		48	
49		49	
50		50	
51		51	
52	Transporte de nuevo cabezal a maquina	52	
53		53	
54		54	
55	Colocar nuevo cabezal en maquina	55	
56		56	
57		57	
58		58	
59		59	
60		60	
61		61	
62		62	
63		63	
64		64	
65		65	
66		66	
67		67	
68		68	
69		69	
70		70	
71		71	
72		72	
73		73	
74		74	
75		75	
76		76	
77		77	
78		78	
79		79	
80		80	
81	Grabar parámetros en pantalla	81	
82		82	
83		83	
84	Conexión de mangueras presoplado	84	
85	Calentamiento de cabezal	85	
86		86	
87		87	
88		88	
89		89	
90		90	
91		91	
92		92	
93		93	
94		94	
95		95	
96		96	
97		97	
98		98	
99		99	
100		100	
101		101	
102		102	
103		103	
104		104	
105		105	
106	Proceder a cambio de molde	106	Maquina parada
107		107	Proceder a cambio de molde

Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora de botellas Hesta HLS.

3.3 Determinación del costo en la implementación de las mejoras sugeridas y su impacto en el tiempo de disponibilidad del equipo.

Después de haber tomado tiempos durante un período de 15 días se han promediado los siguientes tiempos de cambio:

- a. Cambio de color = 15 minutos en promedio
- b. Cambio de molde = 5.46 horas en promedio
- c. Cambio de molde y cabezal = 8.27 horas en promedio

Como podemos observar posteriormente en los diagramas de hombre máquina con las mejoras propuestas creemos llegar a los siguientes tiempos de cambio:

- a. Cambio de color = 6 minutos
- b. Cambio de molde = 2.33 horas
- c. Cambio de molde y cabezal = 3.63 horas

Con estas mejoras esperamos gastar al mes 28.25 horas en cambios vs. 57.54 horas actuales. Esto significa que al mes podremos contar con 29.29 horas más de producción (poco más de un día). La tabla que mostraremos a continuación posee los datos de costos por la implementación de cada mejora sugerida.

Tabla III. Presupuesto de mejoras sugeridas.

Actividad	Gasto Q.
Diseñar y Fabricar mueble con medidas específicas para guardar exclusivamente las herramientas y accesorios específicos para el cambio (usar listado anteriormente mencionado). El mueble debe incluir un compartimiento para las herramientas que se usan para cambio de molde y otro compartimiento con las herramientas y accesorios que se usan para el cambio de cabezal. En este mueble deben de ir las herramientas y accesorios exclusivos para el cambio (es decir, que si solo se usan las llaves allen tipo "L" 10 y 14mm no deberíamos tener en el mueble las llaves allen "L" 11, 12 y 13mm). Acondicionar un lugar para la grasa, para los tornillos, para el silicón, etc. Este mueble debe llevar rodos y debe ser practico (a semejanza de las mesas que usan los cirujanos para las operaciones donde solo tienen los instrumentos que utilizara en la operación de una forma ordenada).	1,500
Estandarizar tornillos de 8 a 10mm para la sujeción de los sujetadores de envases	1,000
Comprar "TURBO" y "ACCESORIOS" de optimas medidas para usarlo en los cambios. Previo a esto se debe de realizar pruebas en la maquina para poder determinar el tipo de turbo y los accesorios óptimos que debemos comprar.	2,000
Reparar block de puntas de soplado. Reparar los alojamientos (surcos guías) y reparar los blocks (reinstalar pines que cazan con los surcos guías, para esto de preferencia hacer insertos de acero para que no se vuelvan a quebrar o dañar)	1,000
Fabricar planchas de botadores para cada molde	200
Fabricar base para todos los desbarbadores de cola, colocar guías a la base y perforar la base.	250
Implementar sistema de garfios para sujeción de cabezal en polipasto.	100
Diseñar y Fabricar carretilla para transporte de cabezal y Distribuidores 1 y 2 que tenga compartimiento para sus tornillos.	1,000
Cambiar tornillos de distribuidor parte 2 por tornillos hexagonales ya que los tornillos allen actuales de 17mm son difíciles de quitar y poner	100
Reestructurar interconexiones eléctricas	500
Identificar manguera de presoplado para facilitar la conexión	50
Fabricación de Tablero con Control de Temperatura para cambio de Dados antes de montar. Este tablero también servirá para el precalentamiento de distribuidores y cabezal Revisión de hexágonos en centros de todos los moldes para profundizarlos y así evitar que se soben. Fabricación de cuellos y turcas de fijación para todos los dados.	2,500
Implementar reglas graduadas para posicionar altura de cuchilla y extrusor para cada molde.	50
Fabricación de Tapones Block de Pines con cavidad para o ring.	250
TOTAL	10,500

Fuente: Datos recolectados en el departamento de líquidos.

3.4 Presentación a gerencia de los cambios sugeridos y los beneficios a obtener.

Se le presento a gerencia los cambios propuestos y los resultados que se esperaban obtener con el fin de conseguir aprobación para realizar el desembolso necesario para implementar las mejoras sugeridas. A gerencia le pareció atractivo el proyecto por lo que aprobaron realizar los gastos necesarios para realizar las mejoras propuestas.

4 IMPLEMENTACIÓN

4.1 Implementación de mejoras sugeridas

Después de la aprobación de gerencia se procedieron a realizar las mejoras recomendadas. La única mejora que no se pudo llevar a cabo fue la de fabricar un tablero eléctrico para acelerar el calentamiento del cabezal y distribuidores. Todas las demás mejoras pudieron hacerse.

4.2 Elaboración de nuevo procedimiento de cambio

Para poder llevar a cabo el entrenamiento de los operadores para que realizaran los cambios de presentación de acuerdo a las mejoras implementadas, fue necesaria la elaboración de procedimientos de cambio específicos que incluyeran éstas mejoras. En los incisos siguientes se encuentran detallados los procedimientos de cambio para cada tipo de cambio.

4.2.1 Elaboración de procedimiento para cambio de color

A continuación se detalla el procedimiento propuesto para el cambio de color:

- a. Preparar mezcla del nuevo color en un tonel limpio
- b. Detener alimentador automático
- c. Trasladar las mangueras de alimentación de material hacia el nuevo tonel
- d. Observar hasta que el nivel de material en la tolva alcance la marca roja en el visor de la tolva. Inmediatamente al haber alcanzado el nivel

marcado se debe encender nuevamente el alimentador automático de material.

- e. Se deben observar las botellas que salen y cuando se detecte la primera botella que sale con trazas del nuevo color se deben iniciar a apartar las botellas hasta que las mismas salgan con un color homogéneo y estable del nuevo color (aproximadamente de 4 a 6 minutos). Después de este tiempo la máquina se debe quedar trabajando ya con el nuevo color.

4.2.2 Elaboración de procedimiento para cambio de molde

A continuación se detalla el procedimiento propuesto para el cambio de molde:

- a. Realice de primero el procedimiento de cambio de color si aplica.
- b. Siga los procedimientos de seguridad establecidos por la empresa previo a la realización de esta tarea.
- c. Preparar herramienta, materiales y accesorios. El mueble tiene identificado y esta provisto de espacio para cada herramienta y útil de operación necesario para realizar el cambio. El operador debe colocarse el cinturón con la herramienta descrita que debe llevar el mismo.
- d. Asegurarse de alistar todas las piezas de cambio. Es importante que los botadores, desbarbadores de cola, guías de molde y puentes se encuentren ya colocados en el molde y accesorios que se van a montar ya se encuentren listos.
- e. Revisar que no exista daño en el molde, accesorios, herramienta y utensilios. Esto asegura que no se pierda tiempo cuando la máquina ya se encuentra parada.
- f. Detenga la máquina
- g. Realice el cambio de dados y centros.
- h. Desmonte botadores, puntas, sujetadores, desbarbadores y accesorios del leak tester. Para el desmontaje y montaje de estas piezas y del resto de piezas utilice el turbo neumático.

- i. Proceda a desmontar el molde. Primero desmonte la cara trasera y luego la delantera. Asegúrese de colocar la cadena de la grúa inmediatamente después de haber desatornillado la placa trasera.
- j. Proceda a montar el nuevo molde. Primero coloque la parte delantera y luego la trasera.
- k. Monte el leak tester, desbarbador, sujetadores, puntas y botadores.
- l. Monte puntas de soplado.
- m. Proceda a centrar las puntas de soplado con respecto al molde.
- n. Realice ajuste de altura de cuchilla y extrusor. Para esto siga las marcas colocadas en la máquina.
- o. Cargue los parámetros para la nueva botella.
- p. Inicie estabilización de producción.

4.2.3 Elaboración de procedimiento para cambio de cabezal

A continuación se detalla el procedimiento propuesto para el cambio de molde:

- a. Realice de primero el procedimiento de cambio de color si aplica.
- b. Siga los procedimientos de seguridad establecidos por la empresa previo a la realización de esta tarea.
- c. Preparar herramienta, materiales y accesorios. El mueble tiene identificado y esta provisto de espacio para cada herramienta y útil de operación necesario para realizar el cambio. El operador debe colocarse el cinturón con la herramienta descrita que debe llevar el mismo.
- d. Asegurarse de alistar todas las piezas de cambio. Es importante que los botadores, desbarbadores de cola, guías de molde y puentes se encuentren ya colocados en el molde y accesorios que se van a montar ya se encuentren listos.
- e. Revisar que no exista daño en el molde, cabezal, distribuidores, accesorios, herramienta y utensilios. Esto asegura que no se pierda tiempo cuando la máquina ya se encuentra parada.

- f. Coloque el cabezal a calentar en el tablero hasta que este haya alcanzado una temperatura de 180 grados centígrados. En este momento proceda con el cambio de dados y centros si aplica.
- g. Detenga la máquina
- h. Proceda con desmontaje de cabezal, distribuidor grande y distribuidor pequeño en ese orden. Para el desmontaje y montaje de piezas asegúrese de usar el turbo neumático.
- i. Proceda a montar el distribuidor pequeño, el distribuidor grande y el cabezal en ese orden.
- j. Asegúrese que el cabezal quedó bien montado y que eléctricamente esta bien conectado (esto lo puede verificar en la pantalla). Cerciórese que todas las zonas de temperatura hayan llegado al valor deseado.
- k. Realice el procedimiento de cambio de molde (inicie desde el paso g).

4.3 Entrenamiento a operadores según el nuevo procedimiento

A todos los operadores se les explicaron los nuevos procedimientos de cambio y las mejoras efectuadas. Se les explicó la importancia de cumplir con los procedimientos al pie de la letra para llegar a tener el éxito deseado con las mejoras.

4.4 Evaluación del cumplimiento del nuevo procedimiento

Se observó que aunque los operadores han tratado de seguir las instrucciones de cada procedimiento existen algunos de ellos que siguen trabajando de forma desordenada, es decir que no se preocupan de ordenar la herramienta y accesorios antes de realizar el cambio. También se observó que algunos de ellos han tenido problemas en los cambios por no haber revisado las piezas antes de montarlas, lo cual causa pérdida de tiempo cuando la pieza que se pretende montar tiene algún daño.

Por lo anterior se hablo nuevamente con los operadores para hacerles conciencia que deben ser ordenados y seguir las instrucciones del procedimiento al pie de la letra.

4.4.1 Elaboración de listas de chequeo

Para ayudar a que la tarea de revisión de herramientas, accesorios, piezas y útiles de operación sea más sencilla para los operadores, se procedió a realizar listas de chequeo para que ellos pudieran llenar antes, durante y posteriormente a la ejecución del cambio. En el anexo x se puede encontrar una copia de la lista de chequeo para cada tipo de cambio.

4.4.2 Verificación que las actividades se realicen de la forma planeada

Después de haber implementado las listas de chequeo se pudo verificar que los operadores estaban cumpliendo con los procedimientos al pie de la letra. La utilización de listas de chequeo es una herramienta que ha funcionado bien en otras empresas para que la gente encargada de realizar una operación no deje ninguna actividad sin realizar. También son una herramienta para registrar las actividades realizadas por el personal durante su turno de trabajo.

4.4.3 Realización de ajustes necesarios a los procedimientos con el fin de optimizar el tiempo de cambio

Únicamente fue necesario modificar los procedimientos para que incluyeran la tarea de llenar las listas de chequeo y la otra modificación que se tuvo que hacer fue con el pre-calentamiento del cabezal que por razones de fuerza mayor el tablero eléctrico para este fin no ha sido terminado todavía. Dentro de las recomendaciones se dejara el volver a incluir este

punto en el procedimiento de cambio de cabezal ya que esto nos ayudara en gran manera a reducir los tiempos de cambio de cabezal.

5 SEGUIMIENTO

A continuación se revisarán los resultados obtenidos después de la implementación de las mejoras y se analizará el impacto de éstas mejoras en la producción y productividad de la línea sopladora de botellas.

5.1 Medición de los resultados obtenidos

Antes de implementar las mejoras se había hecho un cálculo de reducir en un 49% los tiempos de cambio en general. A continuación se mostrarán los valores medidos durante 15 días después de haber implementado las mejoras sugeridas y se hará el cálculo de la nueva eficiencia.

5.1.1 Medición de los nuevos tiempos de cambio

Dentro del período del 1 al 15 de marzo de 2005 se produjeron 12 botellas diferentes. Entre estos cambios tenemos los siguientes detalles:

6 Cambios de Molde Tiempo Total = 24.91 hrs. (Incluye 2 Cambios de Color y 3 Cambios de Cabezal)

6 Cambios de Color Tiempo Total = 0.6 hrs.

:

Con los datos recolectados podemos llegar a la siguiente conclusión:

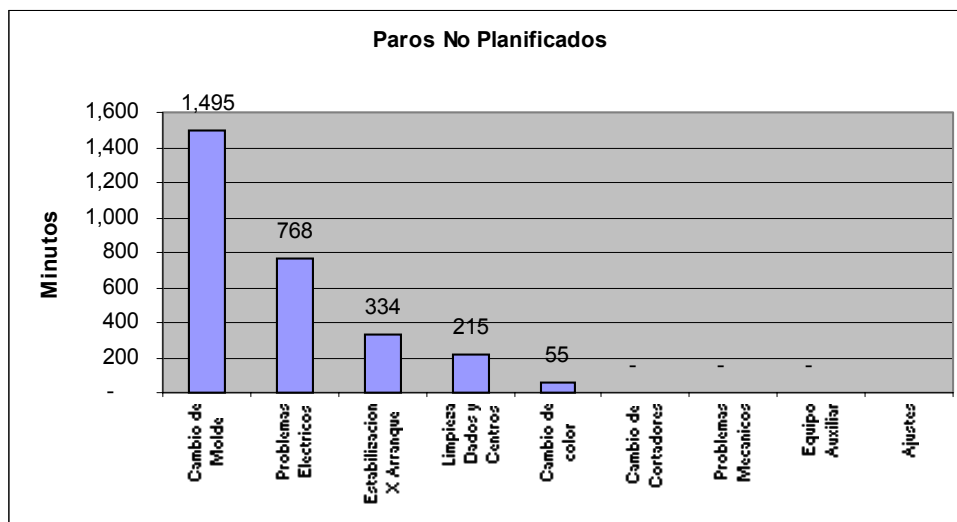
- a) Cambios de molde: Se realizaron tres cambios de molde sin cambiar cabezal en un tiempo total de 6.15 hrs. El tiempo promedio de cambio de molde es de 2.05 horas.

- b) Cambios de cabezal: Se realizaron tres cambios de molde con cabezal en un tiempo de 18.76 horas. El tiempo promedio de cambio de molde con cabezal es de 6.25 horas.
- c) Cambios de color: Se realizaron cinco cambios de color en un tiempo total de 0.6 horas. El tiempo promedio por cambio de color es de 0.1 horas.

5.1.2 Elaboración de nuevos diagramas de pareto

A continuación se presenta el diagrama de pareto en la figura 9 para las causas de paro no planificado para la línea sopladora de botellas Hesta HLS durante el período del 1 al 15 de marzo de 2005.

Figura 9. Diagrama de pareto sopladora Hesta HLS.



Fuente: Datos recolectados en la línea sopladora Hesta HLS.

Como se puede observar el tiempo de paro más alto sigue siendo el cambio de presentación. Es importante hacer notar que comparado con los datos iniciales se puede observar una disminución de los tiempos de paro por cambio de presentación de 1,722 a 1,495 minutos. También hay que

tomar en cuenta que durante la primera medición sólo se tuvieron 10 cambios de presentación y durante la segunda medición se tuvieron 12 cambios de presentación en un tiempo menor.

5.1.3 Determinación de la nueva eficiencia debido a los cambios realizados

A continuación se hará el cálculo de la nueva eficiencia de la línea con los cambios realizados:

$$\text{Disponibilidad} = 12,057 \text{ Minutos} / 14,954 \text{ Minutos} = 80.63\%$$

$$\text{Desempeño} = 192,472 / 214,720 = 95.80 \%$$

$$\text{Calidad} = 192,472 / 192,472 = 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = 80.63\% \times 95.80\% \times 100\% = 77.24\%$$

5.1.4 Comparación de los resultados antes y después de la implementación.

Después de haber analizado los datos obtenidos después de la implementación de las mejoras se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- a) Tiempos de cambio: Después de la implementación de las mejoras se observó una mejora en los tiempos de cambio de un 40% (60% para el cambio de color, 62% para cambio de molde y 24% para cambio de molde y cabezal)
- b) Eficiencia: A pesar que en el período después de la implementación de las mejoras hubieron más cambios de presentación la eficiencia incrementó de 71% a 77%.

5.1.5 Otros beneficios obtenidos debido a las mejoras implementadas

Entre otros beneficios adicionales obtenidos por las mejoras implementadas podemos mencionar los siguientes:

- a) Procedimientos de cambio estandarizados: Anteriormente no se contaba con procedimientos estandarizados de cambio. Esto provocaba que cada operador utilizara su propia manera de realizar los cambios y ésto provocaba que los tiempos de cambio no fueran siempre igual.
- b) Reducción de pérdidas de tiempo debido a desorganización. Con la implementación de hojas de chequeo se eliminaron las pérdidas de tiempo por no tener bien preparadas las herramientas y accesorios previos a los cambios.
- c) Con la elaboración de procedimientos escritos se hizo más fácil el dar capacitación a un nuevo empleado en el área.
- d) Mejor control de la producción esperada: Al tener procedimientos estandarizados es más fácil para el personal que administra las operaciones estimar las producciones por turno al tener tiempos estandarizados de cambio.
- e) El costo de producción se redujo derivado al tiempo que se ahorró tanto en maquinaria como en operario por trabajar menos horas en cambio de producto.

Ahorro en Mano de Obra = 29.29 hrs. X Q.16/1hr. = Q.468.64

Ahorro Energía E. = 200Kw X 29.29 hr. X Q.1.55/Kw-hr = Q. 9,054.12

Ahorro Total = Q.468.64+Q.9,054.12 = Q. 9,522.76

5.2 Presentación de resultados a gerencia

Después de haber mostrado a la gerencia los resultados obtenidos después de la implementación de las mejoras, quedaron muy complacidos con el trabajo realizado y esperan poder aplicar este método en las demás

líneas sopladoras que administran. Están muy interesados en que las mejoras se mantengan ya que últimamente han tenido serios problemas de incumplimiento de producción en esta línea ya que su utilización es alta.

CONCLUSIONES

1. La eficiencia medida antes de la implementación de los cambios fue de 71%. Generalmente, cuando se tiene un problema lo primero que se debe hacer es dimensionarlo. Fue importante esta parte ya que nos ayudó a comprobar que los cambios implementados fueran efectivos.
2. Con la ayuda de los diagramas de Pareto se pudo establecer que las principales causas de paro eran: los cambios de molde, los problemas mecánicos, las estabilizaciones por arranque, los cambios de color y la limpieza de dados y centros. Los diagramas de Pareto fueron una herramienta de mucha ayuda para enfocar los esfuerzos en las causas más importantes del problema. En este trabajo se pudo observar que la mayor causa de tiempo perdido de producción en la línea sopladora de botellas Hesta HLS es el tiempo que se invierte en los cambios de presentación. También, se observó que esta línea tiene una alta utilización y que los tiempos de paro por cambio de presentación afectan en gran manera el cumplimiento de entrega de producto.
3. Con la ayuda de los diagramas de hombre-máquina se lograron determinar los procedimientos de cambio usados por los operadores. Los diagramas de hombre-máquina son una herramienta que nos ayuda a visualizar la interrelación del operador con la maquinaria. En ellos se pudieron observar los tiempos muertos que existían en la línea y cómo el operador influía en una forma directa en ellos.
4. Con la ayuda de los diagramas de hombre-máquina fue fácil analizar los procedimientos de cambio actuales. Se identificaron dieciséis actividades de mejora, de las cuales se llevaron a cabo 15 en un período de un mes quedando solamente una actividad pendiente. El

presupuesto aprobado para realizar estas mejoras fue de Q.10,500.00 y el beneficio de estas mejoras se espera que compense la inversión en un corto plazo.

5. Después de llevar a cabo las actividades de mejora se generaron los nuevos procedimientos de cambio de molde, cabezal y color. Al tratar de implementarlos se tuvieron algunos problemas de incumplimiento por parte de los operadores, ya que, olvidaban realizar algunos pasos durante el procedimiento, pero después de la implementación de las listas de chequeo todo fue solucionado. Ahora los operadores están entrenados y los tiempos y procedimientos de cambio de presentación están estandarizados.
6. Después de la implementación de las mejoras y de los nuevos procedimientos de cambio de presentación se pudo observar que la eficiencia incremento de 71% a 77% y que los tiempos de cambio se redujeron en un 40% quedando estandarizados de la siguiente forma: 2.05 horas por cambio de molde, 6.25 horas por cambio de molde con cabezal y 0.1 horas por cambio de color.
7. Al finalizar este trabajo se pudo determinar que la empresa podría estar ahorrando, mensualmente, alrededor de Q.9,522.76 por la reducción de los tiempos de paro. Un costo oculto que hay que tomar en cuenta es el costo de oportunidad. Actualmente, esta línea tiene una utilización arriba del 80% lo que hace que trabaje veinticuatro horas al día, siete días a la semana. Más que ahorrar dinero la gerencia está preocupada en cumplir con los requerimientos de producción, pues, últimamente se han tenido problemas que han llevado inclusive a la pérdida de ventas por no tener disponibilidad de producto para despacho al cliente. Solamente, en un mes, se dejaron de vender más de cinco mil dólares a causa de que esta línea no pudo ser capaz de cumplir con la demanda de producción.

RECOMENDACIONES

1. Implementar lo más pronto posible un tablero eléctrico que permita la conexión del cabezal y distribuidores para su pre-calentamiento previo al cambio de cabezal. Con esto se logrará reducir aún más el tiempo de cambio de cabezal al evitar perder tiempo en calentamiento.
2. Evaluar con el proveedor del equipo la posibilidad de cambiar el sistema de cabezales y distribuidores por uno que sea de acople sencillo sin necesidad de utilizar tantos tornillos para el montaje y desmontaje.
3. Evaluar el implementar este método en las demás máquinas sopladoras. En un futuro, este método puede ser aplicado a todas las máquinas que se encuentran dentro de la empresa.
4. Implementar listas de chequeo en todas las operaciones donde exista la posibilidad que el operador pueda olvidar, algún paso importante de la operación.
5. Justificar la inversión en modificar las partes que sean necesarias de las máquinas para simplificar los procedimientos de cambio. Se pudo observar que la mayoría de máquinas dentro de la empresa pierden gran cantidad del tiempo en realizar cambios de presentación. Generalmente, este tiempo perdido se puede traducir en unidades de producto que se dejaron de producir. Esto impacta de mayor forma las líneas que tienen una alta utilización y están sujetas a realizar muchos cambios de presentación durante el mes.

6. Involucrar a los operarios y mecánicos en la realización de mejoras en las máquinas. Durante la realización de este trabajo se pudo notar que el personal que opera la máquina posee muy buenas ideas para mejorar y simplificar las tareas. Generalmente, lo que necesitan es un facilitador que los oriente y les provea los recursos necesarios para realizar los cambios.

7. Monitorear el cumplimiento de los procedimientos establecidos. Es importante hacer notar que los datos que se obtuvieron pueden mejorar a medida que el personal operativo adquiera experiencia en la ejecución de los procedimientos establecidos y por que no decirlo, posiblemente, hasta puedan mejorar los procedimientos propuestos en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **"Revolución Industrial,"** Enciclopedia Microsoft® Encarta®
<http://es.encarta.msn.com> © 1997-2005 Microsoft Corporation.
2. Koontz, Harold, **"Administración"**, 12ª Edición, Mc Graw Hill, México, 2003.
3. **Enciclopedia Analítica de la Ciencia**, ACADEMIC PRESS, 1995
Tercera Edición
Tomo IV, Págs.: 178-196
4. **Enciclopedia del Plástico**, IMPÍ,
México, 1998
Tomo I
Págs.: 3-53
5. **Enciclopedia Temática Estudiantil Océano**, OCÉANO
Barcelona, 1998,
Segunda Edición
Tomo VII, Págs.: 1234-1237
6. Shingo Shigeo, **Una revolución en la producción: El sistema SMED**,
TGP Hoshin-Prouctivity Press,
Madrid, 1990,
7. Rincón Córcoles Antonio, **La Industria de Plástico**,
RICHARDSON & LOKENSGARD,
México, 2000, Págs.: 230-357.

