

308917



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

21  
209

INCREMENTO EN LA EFICIENCIA DE UNA LINEA  
DE EMPAQUE DE LIQUIDOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: MECANICA

P R E S E N T A:

MARIO ALBERTO ISLAS GONZALEZ

DIRECTOR: ING. RODOLFO BRAVO DE LA PARRA

MEXICO, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**INDICE**

## INDICE

	Página
<u>Introducción.</u>	1
1. <u>Antecedentes.</u>	3
1.1 Necesidad de cambio.	4
1.2 Línea actual	5
2. <u>Teoría.</u>	6
2.1 Sistema de trabajo para modificar la línea	7
2.2 Conceptos	8
2.3 Objetivo de los cambios rápidos	9
2.4 Principios de los cambios rápidos	9
2.5 Desarrollo de la teoría	10
2.6 Etapas del programa de cambios rápidos	14
3. <u>Reorganización de la línea.</u>	15
3.1 Plan de trabajo	16
3.2 Desarrollo	17
4. <u>Entrenamiento del personal.</u>	27
4.1 Lineamientos	28
4.2 Sesión teórica del entrenamiento	29
4.3 Sesión práctica del entrenamiento	33
4.4 Avance del programa	35

<b>5. <u>Modificación de la maquinaria.</u></b>	<b>36</b>
<b>5.1 Bases</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Principios</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Plan de trabajo</b>	<b>38</b>
<b>5.4 Desarrollo</b>	<b>40</b>
<b>6. <u>Resultados y conclusiones.</u></b>	<b>70</b>
<b>6.1 Resultados</b>	<b>71</b>
<b>6.2 Conclusiones</b>	<b>73</b>
<b>6.3 Pasos siguientes</b>	<b>73</b>
<b><u>Bibliografía.</u></b>	<b>74</b>

## INTRODUCCION

## INTRODUCCION

Históricamente los esfuerzos de mejoramiento a los procesos se han enfocado a la etapa de transformación de la materia prima, es decir, a la etapa en que realmente se añade valor a un producto mediante la adición o cambio de las propiedades que las materias primas poseen.

Generalmente del tiempo total que toma desde que una materia prima entra a un proceso hasta que sale como producto terminado, la etapa de transformación toma sólo el 5%. Por lo que es evidente que si nos enfocamos a reducir el tiempo en las actividades que no añaden valor a los productos podremos obtener beneficios comerciales y competitivos significativos.

Dichos beneficios son ahora más que nunca de vital importancia pues vivimos en un México que se está transformando y tiene que competir en calidad, productividad y costo con países industrializados. Haciéndose necesario que aprendamos a usar el mejor de nuestros recursos: el hombre, desarrollando sistemas de trabajo que nos permitan tener líneas de producción flexibles y en constante mejoramiento derivadas de la experiencia, capacitación creatividad y plena utilización de nuestros trabajadores.

Teniendo esto en mente se desarrollará el presente trabajo, en el cual se estudiará la forma de modificar una línea de empaque de líquidos de manera que se convierta en una línea flexible, entendiendo lo anterior como la capacidad de cambiar rápidamente entre los diferentes productos que se manejan en dicha línea para así permitir que se puedan manejar mas productos y aumentar a la vez la eficiencia de la misma conservando (y si es posible disminuyendo) los recursos humanos y técnicos disponibles.

Debido a lo anterior, el estudio se centrará en atacar una de las etapas que no añaden valor al producto: el tiempo que se pierde en hacer ajustes y/o cambios entre los diferentes productos que se empacan en la misma línea.

**CAPITULO 1**  
**ANTECEDENTES**

## CAPITULO 1

### 1.1 Necesidad de cambio.

En la línea de empaque objeto del proyecto, se manejan 9 diferentes productos con una eficiencia (1) del 60%.

Por estrategia comercial, expansión del mercado y liderazgo se desarrollaron 6 nuevos productos que deben ser empacados en la misma línea. Siendo el principal reto aumentar la productividad a la vez que aumentar la eficiencia pues la producción debe hacerse en el mismo periodo de tiempo (cédulas mensuales) y con mayor número de productos.

Todo lo anterior se debe lograr conservando e inclusive disminuyendo (como se mencionó anteriormente) los recursos, es decir con la maquinaria y el personal existentes.

La eficiencia es medida de la siguiente manera:

$$(1) \quad N = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas programadas}} \cdot 100$$

N: Eficiencia (%)

$$\text{Horas trabajadas} = \frac{\text{Producción}}{\text{Velocidad de llenado} \cdot 60}$$

Producción: Unidades fabricadas diariamente [botellas].

Velocidad de llenado: Rapidez con la que se debe empaquetar en la línea, ésta es definida por el usuario [botellas/minuto].

Las horas programadas de empaque al mes son definidas por el usuario según las necesidades de producto en el mercado. Usualmente son las 24 horas del día durante todo el mes.

El único tiempo que se descuenta son días festivos, paros programados por falta de algún servicio externo que haya sido anunciado oportunamente o baja producción por falta de mercado.

## 1.2 Línea actual.

La línea cuenta actualmente con los siguientes elementos (personal y maquinaria) que intervienen en cada cambio de producto:

- 1 Operador de línea.
- 7 Empacadores.
- 1 Toiva surtidora de frasco.
- 1 Banda transportadora de frasco.
- 1 Llenadora (incluyendo una taponadora).
- 1 Banda transportadora de corrugado.
- 1 Encintadora de corrugado.

Cada cambio entre los diferentes productos toma un promedio de 2.5 hrs. realizándose en el mes aproximadamente 15 cambios. Se tiene lo siguiente:

Tiempo perdido por cambios = (# de cambios por mes)\*(tiempo perdido por cambio)

Tiempo perdido por cambios =  $15 * 2.5 = 37.5 \text{ hrs}$

Durante el cambio una sola persona se encarga de hacer el ajuste (el operador) y le asisten en tareas menores otras 7 personas.

Con el incremento en el número de productos a empacar, en el mes se tendrán un promedio de 35 cambios, lo que representa:

Tiempo perdido por cambios =  $35 * 2.5 = 87.5 \text{ hrs}$

Lo que disminuiría significativamente la eficiencia de la línea y por lo tanto el costo del producto se incrementaría pues para cubrir la cédula mensual se tendría que aumentar el número de horas extras de trabajo.

## **CAPITULO 2**

### **TEORIA**

## CAPITULO 2

### 2.1 Sistema de trabajo para modificar la línea.

Debido a que se ha detectado que en la línea de producción el principal problema para aumentar el número de productos a empacar es precisamente que el tiempo perdido para cambiar entre cada uno de ellos aumentaría a más del doble, se confirma la necesidad de disminuir dicho tiempo.

En la modificación de la línea habrá que considerar las dos partes que la conforman (ambas muy importantes), la humana y la técnica.

A la primera se le debe entender como la organización de los trabajadores en la línea, el rol de cada uno de ellos durante las diferentes etapas del proceso de empaque (cambios de versión, limpieza, etc). La segunda parte se refiere a la maquinaria, su operación y ajuste durante el trabajo normal y durante los cambios de versión.

Se tienen dos posibilidades para modificar la línea, la primera de ellas es la automatización de la línea, con la ventaja de la disminución del personal pero con la desventaja del alto costo que ello requiere. La segunda es modificar la maquinaria de manera que los trabajadores pierdan el menor tiempo posible al hacer ajustes.

Esta modificación de la maquinaria la han implementado con éxito las compañías automotrices Japonesas; específicamente se tiene el ejemplo de una planta metal-mecánica en la que se tenían problemas por la excesiva pérdida de tiempo en los ajustes al cambiar los dados para forja entre los diferentes productos (cofres, salpicaderas, etc) que ahí se hacen, se pidió la ayuda de un experto para analizar el problema y disminuir el tiempo perdido.

El producto se hace en 3 grandes prensas y tomaba más de un día el cambiar de un producto a otro ya que había que parar la producción, desmontar los tres juegos de dados (de la tres prensas), colocar los nuevos y calentar el sistema para hacer las primeras pruebas (con el desperdicio que esto causa).

El sistema que se diseñó para los cambios logró disminuir el tiempo a solo un minuto de cambio por prensa, mediante la separación de actividades como el precalentamiento de los dados de forja, colocación de posicionadores en la prensa de los dados para eliminar los ajustes y pruebas al montarlos etc.

Se logró que la línea no pare entre cambio y cambio lo que arroja un total de tiempo perdido de tres minutos entre un producto y otro (adicionalmente se eliminó el desperdicio).

De aquí nació el SMED (Single Minute Exchange of Die), "Cambio de dados de forja en un solo minuto" sistema de trabajo que se basa en separar las actividades que se pueden realizar antes del cambio de aquéllas que se tienen que realizar durante el mismo.

Hay que observar que en dicho sistema se considera la diferenciación entre las diferentes las actividades "mecánicas" durante un ajuste, sin embargo también se pueden diferenciar las actividades del personal en dicho ajuste.

Lo que hace necesario dividir en dos partes el proyecto: Modificación de la organización del personal y la modificación de la maquinaria, siendo un sistema de trabajo nuevo y un reto para la planta donde se encuentra la línea de empaque.

El sistema de trabajo se denomina "Cambios rápidos" para darlo a conocer al personal de la línea, y refleja el objetivo que se persigue al modificar el actual sistema de trabajo.

## 2.2 Conceptos.

A continuación se definen los conceptos básicos en los que se sustenta la teoría del SMED y que se aplicarán en el presente proyecto.

**Tiempo de ajuste:** Es el tiempo que toma hacer los cambios necesarios en una línea para cambiar de un producto a otro, este tiempo es medido desde que se disminuye la velocidad de la maquinaria para parar y hasta que se alcanza nuevamente la velocidad normal de trabajo.

Actividades externas: Conjunto de acciones necesarias para cambiar de un producto a otro que se pueden hacer con la maquinaria operando, por ejemplo reunir la herramienta que se usará para desmontar y montar piezas de la línea.

Actividades internas: Conjunto de acciones necesarias para cambiar de un producto a otro que se tiene que realizar con la maquinaria parada, por ejemplo desmontar las piezas de la maquinaria.

Actividades paralelas: Son aquellas actividades internas o externas que se pueden realizar simultáneamente y no dependen una de la otra, por ejemplo si dos personas reúnen la herramienta y las piezas necesarias para el cambio lo harán en menos tiempo ya que no necesitan que una acabe su actividad para continuar con la otra.

Cambio rápido: Forma organizada y en constante mejoramiento de trabajar durante un ajuste entre un producto y otro.

Velocidad de llenado: Velocidad a la que la maquinaria debe estar operando en condiciones normales de trabajo, es definida por el usuario.

### 2.3 Objetivo de los cambios rápidos.

El objetivo que se persigue es el de disminuir al menor tiempo posible el paro de la maquinaria durante los cambios entre productos separando las actividades internas de las externas, trabajando organizadamente y modificando la maquinaria para hacer más simple su ajuste.

### 2.4 Principios de los cambios rápidos.

Para que el sistema trabaje adecuadamente y se mantenga en constante mejoramiento es necesario tener en cuenta los siguientes principios y no perderlos nunca de vista:

- La meta siempre será no parar la línea entre un ajuste y otro.
- Siempre procurar eliminar el uso de herramienta, el mejor cambio es en el que no se usa herramienta alguna.
- Todo el personal de la línea tendrá una tarea (o tareas) asignadas durante el ajuste.
- El ajuste debe ser a tal grado sencillo que no se necesite entrenamiento para aprender a hacerlo, toda la información estará disponible en el lugar de trabajo y será muy sencilla de entender.

## 2.5 Desarrollo de la teoría.

Es importante recalcar que el tiempo de ajuste no es sólo aquel en el que la maquinaria esta parada, sino que se debe incluir el tiempo que se pierde al disminuir la velocidad para parar y el tiempo que se pierde en llegar otra vez a la velocidad de llenado con productos de buena calidad (fig. 2a).

Lo anterior nos debe llevar a lograr que el cambio de producto se haga sin disminuir velocidad para parar y al arrancar se debe hacer a la velocidad de llenado sin provocar desperdicio por pruebas (fig. 2.a.1)

Lo primero que se debe hacer es observar el ajuste que se pretende modificar y listar todas las actividades que comprende dicho cambio, así como el tiempo que toma cada una.

Posteriormente se deberán identificar las actividades internas y externas así como las que se están realizando paralelamente. Se deberán graficar en una tabla como la de la fig. 2b para tener una visión global del ajuste y el tiempo que toma en total.

Una vez hecho lo anterior, se deberá estudiar actividad por actividad y definir cuáles de las actividades internas se pueden volver externas, lo ideal es que todas las actividades se hagan externas pues esto significaría que la línea no pararía para cambiar de producto.

Se recomienda que de este paso en adelante se trabaje en equipo con el personal que está involucrado en los ajustes ya que los operadores siempre tienen ideas para mejorar el trabajo y poseen la experiencia necesaria en la maquinaria.

Cuando ya se tengan identificadas todas las actividades, se deben reorganizar en la tabla de la fig. 2b para optimizar el tiempo, colocar actividades internas, externas y procurar hacer las mas posibles paralelamente asignando las tareas a todo el personal de la línea empleándolos al máximo y eliminando los "expertos" de los cuales depende actualmente toda la operación.

Una vez reorganizada la línea, innovar las actividades internas y externas, procurar que se hagan de la manera más sencilla y rápida posible. Esto se logrará con la inventiva del personal del equipo de trabajo.

**Velocidad de la máquina**

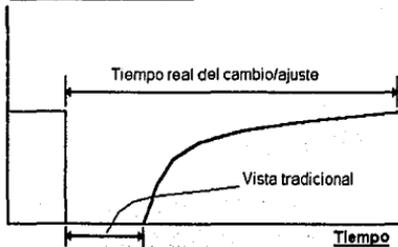


Fig. 2a

**Velocidad de la máquina**

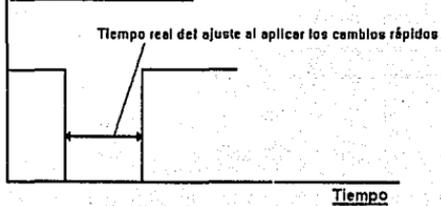


Fig. 2a.1

Tiempo/ Actividad	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	(min)	
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								

Fig. 2b

2.6 Etapas del programa de cambios rápidos.

Aunque este programa está contemplado para ser de mejoramiento continuo, se pueden diferenciar 4 etapas:

- Etapa preliminar: Las actividades durante un cambio están desorganizadas, no se distinguen actividades internas o externas.
- 1ª Etapa: Se separan las actividades internas de las externas.
- 2ª Etapa: Se convierten actividades internas a externas.
- 3ª Etapa: Se redefinen las actividades para disminuir el tiempo en que se realizan.

De la etapa número 3 es necesario regresar continuamente a la etapa número 2 para formar el ciclo de mejora continua, aportando siempre ahorro en el tiempo perdido (ver fig. 2c).

Preliminar	1	2	3
Actividades Internas y externas sin separación	Separación de actividades internas y externas	Convertir Actividades Internas a externas	Disminución de los tiempos de todas las actividades
EXT	EXT	EXT	EXT
INT	INT	INT	INT
EXT			
INT			

Fig.2c

**CAPITULO 3**  
**REORGANIZACION DE LA LINEA**

## CAPITULO 3

### 3.1 Plan de trabajo.

Debido a que se involucrará a los operadores de la línea en la reorganización, se hace preciso preparar un plan de trabajo para que todas las personas involucradas tengan un objetivo común: "Reorganizar la línea aprovechando a todo el personal disponible, separando actividades internas y externas para minimizar el tiempo perdido por ajustes entre productos".

Las bases que se dan son las siguientes:

- Sólo se cuenta con el personal actual, no se dispondrá de más personal.
- El personal de nuevo ingreso requerirá de el mínimo entrenamiento.
- El personal de la línea debe ser capaz de desempeñarse en todos los puestos de la línea.
- Se deben definir las actividades durante un cambio por puesto, no por persona.

El plan de trabajo a seguir es el siguiente:

#### 1er. Paso.

Se involucrará a tres operadores de la línea y un supervisor, cada uno de los cuales en base a la observación de tres eventos obtendrá una lista de las actividades realizadas y el tiempo que toma cada una de ellas, reportando el tiempo que toma el ajuste.

#### 2do. Paso.

Una vez que las cuatro personas obtengan todos los datos, se organizará una sesión de trabajo donde se expondrán los datos obtenidos, realizándose una sola lista de las diferentes actividades que se están realizando y los tiempos.

### 3er. Paso.

Se separarán las actividades que se están realizando internamente de las que se están realizando externamente, también se estudiará la manera en que se está ocupando al personal de la línea, es decir, qué está haciendo durante el cambio y se vaciarán los datos a la tabla de la fig. 2b.

### 4to. Paso.

Una vez que se tengan las actividades en la tabla, se hará un análisis para reasignar tareas y ver cuáles actividades que se realizan internamente se pueden volver externas para obtener un menor tiempo y mejor utilización del personal.

### 5to. Paso.

Se realizará una presentación al personal técnico para capacitarlo y explicar el por qué del nuevo sistema de trabajo, exponiendo claramente el objetivo y los beneficios.

## 3.2 Desarrollo.

### 1ero. y 2do. pasos.

Se obtuvieron 4 tablas de actividades y tiempos muy parecidas, por lo que el trabajo se facilita, a continuación se muestra la tabla de actividades que se obtuvo (el orden no necesariamente es el que se sigue durante un ajuste):

Actividad.	Tiempo.
1.- Informar el cambio que se va hacer.	5 min
2.- Reunir herramienta necesaria.	15 min
3.- Reunir piezas necesarias.	15 min
4.- Retirar material de la versión anterior.	15 min
5.- Limpieza del área.	15 min
6.- Ajustar guías de banda de frasco.	15 min
7.- Ajustar banda transportadora de corrugado.	20 min
8.- Tomar datos del nuevo lote.	15 min
9.- Cambiar número de lote.	15 min
10.- Ajustar cabezal de llenadora.	15 min
11.- Ajustar taponadora.	30 min
12.- Ajustar volumen.	60 min
13.- Surtir material de la nueva versión.	60 min
14.- Pedir y firmar certificado de arranque.	30 min
15.- Llenar tolva con material de la nueva versión	30 min

Para comprender mejor el ajuste, a continuación se hace una breve explicación de cada una de las actividades:

1.- El supervisor de producción se encarga de avisar al operador de la línea en qué momento se va ajustar, así como las características de la nueva versión que se va a empacar (tipo, tamaño). Esta información debe llegar con suficiente tiempo para evitar paros provocados por no saber qué es lo que se va a empacar o sobreempacar algún producto lo que afectaría a los inventarios.

2.- Debido a que en la maquinaria se utiliza una gran cantidad de herramienta, los operadores deben reunir toda la herramienta necesaria.

3.- Igual al punto 2, se requiere hacer un gran cambio de piezas en la maquinaria, las cuales están guardadas en un lugar especial, debiendo reunirías y sacarlas para ponerlas en la línea.

4.-Una vez que se terminó de empacar una versión es requisito forzoso el dejar libre del material de empaque la línea para obtener el certificado de arranque de la nueva versión.

5.- En cada ajuste se hace una limpieza minuciosa del área para poder igualmente obtener el certificado de arranque.

6 y 7.- Los frascos de las diferentes versiones varían en ancho y alto, por lo que hay que hacer ajustes en bandas.

8 y 9.- La producción se lotifica para identificar claramente el producto, el número de lote es impreso en la botella y debe de ser cambiado cuando se requiera. El número de lote se encuentra identificando el tanque de almacenamiento del granel en un piso superior al que se encuentra la línea de empaque.

10, 11 y 12.- Se debe ajustar la llenadora y la taponadora a las características de la nueva versión.

13.- El material de empaque se encuentra en un almacén contiguo al área de empaque, se debe pedir en el momento que se va a utilizar.

14.- Antes de que cualquier producto se empaque, un Inspector de calidad checa el área, la cual debe de estar limpia y en orden, libre de materiales que puedan provocar confusiones y dañen la integridad del producto. Una vez que el inspector acepta el área expide un certificado que firman él, el operador y el supervisor.

15.- Ya teniendo el certificado de arranque, se llena la tolva de frasco y se comienza a empacar.

Existe otra actividad que se no se realiza en todos los ajustes pero que también causa tiempo perdido, cuando el cambio es entre versiones que no son compatibles, se debe de enjuagar y purgar la tubería de la llenadora, lo que toma 1.0 hrs. Este caso se analizará paralelamente pues es muy parecido a un cambio normal.

El tiempo total que toma generalmente el ajuste es de 2.5 hrs. y cuando se tiene que purgar y enjuagar la tubería de la llenadora toma 3.5 hrs.

### 3er. paso

A continuación se describe el orden y cómo (interna o externamente) se están realizando las diferentes actividades.

Las actividades que el operador de la llenadora realiza internamente son:

- Reunir herramienta necesaria.
- Reunir piezas necesarias.
- Cambiar número de lote.
- Ajustar cabezal de la llenadora.
- Ajustar taponadora.
- Ajustar volumen.

Actividades que en total le toman 2.5 hrs ya que sólo él tiene los conocimientos necesarios sobre la herramienta y piezas que se tienen que cambiar a la llenadora.

Las actividades que el personal realiza internamente son:

- Retirar material de la versión anterior.
- Limpieza del área.
- Ajustar guías de banda de frasco.
- Ajustar banda transportadora de corrugado.
- Tomar datos del nuevo lote.
- Surtir material de la nueva versión.
- Pedir y firmar certificado de arranque.
- Llenar tolva con material de la nueva versión.

Estas actividades se realizan paralelamente con el operador, por lo que no toman parte del tiempo total del ajuste, es decir que el operador se tarda más tiempo en terminar, inclusive el personal tiene más tiempo del necesario para realizar sus actividades y existe un tiempo ocioso al final del ajuste en el que no se aprovecha a parte del personal.

La única actividad que se realiza externamente es la de informar al operador oportunamente del cambio que se va a realizar para que al acabar el último lote no existan errores o confusiones como sobreempaque o cambiar a una versión que no corresponde.

A continuación se presenta la tabla con los datos obtenidos de la línea, obsérvese que una sola persona es la que realiza las actividades que más tiempo toman y también las que requieren de más conocimientos (Fig. 3a).

Tempo/ Actividad	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

Fig 3a

Actividad:

- 1.- Informar el cambio que se va a hacer.
- 2.- Reunir herramienta necesaria
- 3.- Reunir piezas necesarias.
- 4.- Retirar material de la versión anterior
- 5.- Limpieza del área
- 6.- Ajustar guías de banda de frasco
- 7.- Ajustar banda transportadora de corrugado
- 8.- Tomar datos del nuevo lote
- 9.- Cambiar número de lote.
- 10.- Ajustar cabezal de llenadora
- 11.- Ajustar taponadora
- 12.- Ajustar volumen.
- 13.- Surtir material de la nueva versión
- 14.- Pedir certificado de arranque
- 15.- Llenar tolva con material de la nueva versión.

#### 4to. paso.

Para hacer el análisis de las actividades que se pueden hacer externamente, se tiene en consideración que la maquinaria sólo debe parar para hacer cambios físicos en sus componentes o por actividades que por alguna implicación legal o de principios se tengan que realizar en algún momento en particular.

Se enlistan las actividades antes mencionadas y la manera como se pueden realizar observando los conocimientos necesarios para determinar el personal que debe realizar cada una de ellas.

Primero empezaremos por las actividades que el operador está realizando internamente, hay que recordar que debemos procurar que todas las actividades se hagan externamente.

- Actividad #2, reunir herramienta necesaria: Esta actividad se debe desempeñar externamente. El personal que la desempeñe deberá tener conocimiento del ajuste de la máquina para así saber cuál es la herramienta que se usa.

Como el personal no tiene conocimientos de herramienta ni del ajuste, se optó por reunir toda la herramienta en una caja exclusivamente para usarse durante los ajustes, de esta manera el tiempo que se requiere para reunirlos es de 3 min y no se necesita ninguna capacitación, pudiendo desempeñarla cualquier persona de la línea.

- Actividad #3, reunir piezas necesarias: Al igual que en la actividad número 2, esta actividad se debe desempeñar externamente y se optó por colocar todas las piezas en un anaquel de uso exclusivo, las piezas se acomodan por tamaños cuidando de no revolverlas y evitar pérdida de tiempo por esta razón.

De esta manera, cualquier persona de la línea puede reunir las piezas de la llenadora y llevarlas junto a la máquina en cualquier momento antes de que la línea pare, sin necesidad de capacitación especial.

- Actividad #9, cambiar número de lote: Esta actividad forzosamente se tiene que hacer durante el paro de la máquina pues no se puede cambiar el número de lote hasta que se acabe de empacar el granel, sin embargo, no es una actividad que requiera de mucho conocimiento ya que el lotificador es de uso muy sencillo, por lo que se optó por capacitar al personal y dejar que ellos lo hicieran.

- Actividades #10, 11 y 12 ajuste de cabezal, taponadora y volumen: Estas actividades sí requieren de conocimientos para poder efectuarlas pero se observa que se pueden efectuar paralelamente.

Se debe capacitar al personal para que pueda desempeñar cada una de estas actividades y realizarlas paralelamente, el operador tomará parte en una de ellas y supervisará a los demás para garantizar un buen ajuste.

Ahora analizaremos las actividades que el personal de la línea está realizando internamente para después vaciar la nueva organización de la línea en la tabla de la fig. 2b y ver gráficamente las ventajas o desventajas obtenidas.

- Actividad #4, retirar material de la versión anterior: Esta actividad se tiene que realizar durante el paro, una vez que ya se está seguro de que se terminó de empacar el lote completo, sin embargo, se observa que se puede ahorrar tiempo si la persona que vacía el frasco en la tolva se ayuda con el operador de la llenadora y calculan cuánto material necesitan para terminar el lote. De esta manera si logran evitar el exceso de material en la tolva ahorrarán tiempo y se tendrá disponibilidad de dicha persona para realizar otra actividad.

Se determinó que de esta forma el personal deberá ser capaz de sacar todo el material en 15 min. para después dedicarse a limpiar el área y dejarla lista para la inspección.

- Actividad #5, limpieza del área: Como la limpieza se tiene que mantener siempre, ya sea que se esté haciendo ajuste o empacando, no se justifica que más de dos personas la efectúen (la están realizando 3 o 4 personas). Dos personas se dedicarán a la limpieza tardarán aproximadamente 20 min y se podrá disponer de las otras dos personas para alguna otra actividad.

- Actividades #6 y 7, ajuste de guías de bandas de frasco y banda transportadora de corrugado: Una persona se encarga del ajuste de las guías de frasco y dos del ajuste de las guías del corrugado, no se pueden hacer externamente.

- Actividad #8, tomar datos del nuevo lote: Esta actividad se puede realizar externamente ya que la fabricación de los graneles se hace por adelantado, de manera que 1 ó 0.5 hrs. antes se pueden tomar los datos.

- Actividad #13, surtir material de la nueva versión: En esta actividad hay dos departamentos implicados, almacén y producción. Debido a falta de espacio en el almacén, aunque se pidiera el material por adelantado no se puede surtir sino hasta que exista espacio en la línea una vez que producción retire el material sobrante de la versión anterior.

Basándose en que todos los materiales necesarios durante un cambio rápido deben estar disponibles en el área, se designará un espacio de almacén junto a la línea de empaque donde se acomodarán y estarán disponibles de inmediato, permitiéndose que sean surtidos hasta dos horas antes del paro.

- Actividades #14 y 15, pedir y firmar certificado de arranque y llenar tolva con material de la nueva versión: Estas actividades se tienen que realizar durante el paro, lo único que se puede agilizar es la comunicación entre el supervisor, el personal de la línea y el inspector de manera que se verifique la línea en cuanto el ajuste esté hecho para firmar el certificado y vaciar el material sin demoras.

A continuación se presentan las actividades y los tiempos de la línea reorganizada con cambios rápidos (Fig. 3b):

Tiempo/ Actividad	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90	[min]
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Fig. 3b

Actividad:

- 1.- Informar el cambio que se va a hacer.
- 2.- Reunir herramienta necesaria.
- 3.- Reunir piezas necesarias.
- 4.- Retirar material de la versión anterior.
- 5.- Limpieza del área.
- 6.- Ajustar guías de banda de frasco.
- 7.- Ajustar banda transportadora de corrugado.
- 8.- Tomar datos del nuevo lote.
- 9.- Cambiar número de lote.
- 10.- Ajustar cabezal de llenadora.
- 11.- Ajustar taponadora.
- 12.- Ajustar volumen.
- 13.- Surtir material de la nueva versión.
- 14.- Pedir certificado de arranque.
- 15.- Llenar tolva con material de la nueva versión.

Como se puede observar, con la simple reorganización de la línea se logra reducir el tiempo de ajuste de 2.5 hrs a 1.5 hrs, un ahorro de 1 hr en cada cambio.

En la tabla se puede observar como todo el personal se encuentra ocupado durante el cambio y nunca se utilizan mas de 8 personas al mismo tiempo, lo que va en línea con el objetivo de no solicitar mas personal del que ya se dispone.

El tiempo que se reduce en el cambio de versión, es el mismo que se reduce cuando hay que enjuagar y purgar la línea el cual quedará en 2.5 hrs.

El 5to. paso (uno de los más importantes) que se refiere al entrenamiento del personal, se desarrolla en el siguiente capítulo.

**CAPITULO 4**  
**ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL**

## CAPITULO 4

Una de las partes más importantes del programa de cambios rápidos es el entrenamiento al personal involucrado en la línea o líneas de producción que van a transformarse para hacerse más flexibles. Esto es debido a que se pretende cambiar el sistema de trabajo que se tiene (por costumbre o por tradición de la empresa) y es aceptado por todos los trabajadores.

La sesión de entrenamiento que se diseñó para este caso en específico se divide en una parte teórica y una parte práctica. La parte teórica consiste en los conocimientos básicos del SMED, en ella el personal tiene una participación activa.

La parte práctica consiste en la reorganización de la línea y es vital que el personal se mantenga proactivo, es decir que los miembros del equipo participen voluntariamente con ideas propias para el mejoramiento del proceso. Si lo anterior se da, es señal de que considera el programa como propio.

### 4.1 Lineamientos

En este punto es de mayor importancia la participación de los operadores ya que ellos son los líderes de sus cuadrillas y pueden transmitir con mayor facilidad el sentimiento de pertenencia del programa. Junto con ellos se establecen los siguientes lineamientos para facilitar el aprendizaje del personal.

- El objetivo debe ser claro y común desde el principio del entrenamiento.
- La teoría (conceptos y principios) debe ser descrita de forma breve y clara, con palabras sencillas.
- Incluir en la exposición la participación del personal sobre algún tema importante del proyecto aprovechando así la experiencia del personal y logrando que lo adopten como un proyecto propio.

- Explicar claramente los beneficios que el proyecto tendrá para ellos principalmente y después para sus puestos y la compañía.

A continuación se expone en forma descriptiva la sesión de entrenamiento diseñada para el personal de la línea.

#### 4.2 Sesión teórica del entrenamiento.

Se comienza la sesión explicando el objetivo de la misma y del sistema a tratar.

**Objetivo:** Debido al aumento de productos que se empaquetarán en la línea, es necesario aumentar la eficiencia de la línea.

Lo anterior lo podremos lograr estableciendo juntos (empleados técnicos y administrativos) un sistema de cambios rápidos que nos permita tener una línea de empaque flexible capaz de responder al aumento de productos y a las variaciones de ventas en el mercado.

Continuamos estableciendo una meta clara, es decir, una medida que nos indique el estado del proyecto para saber si estamos trabajando en una buena dirección.

**Meta:** Debemos reducir el tiempo de ajuste entre un producto y otro en un 50% si actualmente nos toma 2.5 hrs cambiar entre los productos, debemos bajar el tiempo a un máximo de 1.25 hrs. Se entiende que esta meta es sólo un máximo y en la medida que se reduzca aún más el tiempo nos beneficiaremos todos.

Una vez expuestos el objetivo y la meta, comprobar que se explicó claramente al personal preguntando y cerciorándose de que tenemos un objetivo común, claro y aceptado así como la medida con que se va a comparar.

Una vez hecho esto, se explicará el siguiente caso práctico en el que debe participar el auditorio:

Pensemos por un momento el tiempo que nos toma cambiar una llanta de un automóvil cuando improvisamente se desinfla, nombrar las actividades que realizamos para cambiarla.

Se llega a la siguiente tabla (fig. 4a) en la que se puede ver actividad por actividad el tiempo que nos toma este suceso imprevisto.

Actividades realizadas durante un cambio inesperado de neumático.

Actividad	Tiempo
Disminuir velocidad y buscar un lugar seguro para estacionar el auto.	5 min
Abrir la cajuela para buscar herramienta.	5 min
Sacar llanta de repuesto, gato y llave de tuercas.	10 min
Aflojar las tuercas.	5 min
Levantar el auto con el gato.	5 min
Quitar tuercas y llanta.	2 min
Poner llanta de repuesto y apretar las tuercas.	7 min
Guardar llanta y herramienta.	10 min
Reiniciar el viaje hasta alcanzar la velocidad normal.	2 min
Total	51 min

Fig. 4a

En total habremos parado alrededor de 50 min, tiempo que pudimos haber empleado en otra actividad o por el cual ya llegamos tarde a nuestro destino.

Ahora vayamos por un momento a las carreras de automóviles ¿Qué tiempo toma durante una parada en los Pits el cambiar las 4 llantas, cargar combustible y limpiar el parabrisas?. En las carreras actuales no toma más de un minuto y a veces es mucho menor el tiempo. ¿Cuál es la diferencia?

Si contestáramos que la diferencia es el ganar o perder una carrera y por lo tanto mucho dinero, en nuestro caso podríamos estar perdiendo un día de nuestro salario por llegar tarde o inclusive nuestro empleo.

La diferencia principal está en la forma organizada y preparada de actuar durante el evento:

- En primer lugar, antes de que el auto de carreras pare ya se sabe que lo va a hacer.
- El personal de los Pits prepara el material necesario antes de que el auto pare, reúne las llantas, pistolas neumáticas, etc.
- Una vez que el auto está parado, cada persona sabe lo que tiene que hacer, unos quitan tuercas, otros limpian el parabrisas, otros cargan gasolina y todos están trabajando a la vez.

El resultado es sorprendente, se realizan 5 actividades más que en nuestro caso, lo hacen 50 veces más rápido y no sólo eso sino que lo hacen con la más alta calidad ya que de su trabajo depende la vida de el piloto.

¿Cómo logran esto? ¿Cómo lo podemos aplicar para mejorar nuestro trabajo? ¿Que beneficio hay en esto para cada uno de nosotros?

**Beneficios:** En el caso práctico el beneficio es obvio, si una sola persona realizara todas las actividades en los Pits, en primer lugar quedaría sumamente cansada cada vez que el auto parara para un cambio (beneficio personal). En segundo lugar el tiempo que se tardaría sería infinitamente mayor y podrían perder la carrera.

En nuestra empresa, los beneficios que los cambios rápidos traerán a cada uno de nosotros serán menor esfuerzo físico durante el cambio y mayor posibilidad de desarrollo a mediano plazo ya que, como se verá mas adelante, cada persona de la línea tendrá mayores conocimientos y será mas útil a la empresa.

A continuación se explican los conceptos, objetivo, principios y desarrollo de la teoría del SMED, a la que estamos llamando cambios rápidos mismos que se explicaron en el capítulo II.

Volver al caso práctico y explicar :

La forma ordenada de trabajar en una parada de Pits, incluye el separar actividades internas de externas: La herramienta, por ejemplo, se reúne antes de que el auto pare. Se realizan paralelamente las actividades que se pueda (limpiar parabrisas mientras se carga gasolina):

Se vuelven externas las actividades que antes eran internas: ¿Se han fijado de donde toman las tuercas para la llanta nueva en los Pits? ¿De dónde las tomamos nosotros?. Mientras nosotros perdemos tiempo buscando las tuercas en el suelo y tratando de atinarle al birlo, en las carreras las tuercas vienen pegadas en los rines nuevos, de manera que se colocan automáticamente al poner la llanta.

Los equipos estan en un proceso de mejoramiento continuo, buscando la forma de hacer mas rápido las cosas, se buscan herramientas más sencillas como galos hidráulicos que levantan un auto en tres accionamientos de la manivela, diseño de carros de herramienta donde cabe absolutamente todo lo necesario.

#### 4.3 Sesión práctica del entrenamiento.

Ahora pensemos en nuestra línea, ¿Cómo estamos actuando durante un ajuste?.

En este momento se invita al personal a llenar la tabla de la figura 2b. El resultado que se obtiene es parecido al de la tabla 3a. Se debe explicar que es una sola persona la que tiene todo el conocimiento de los ajustes y se está desperdiciando la capacidad de aprendizaje y la creatividad de los demás miembros de la línea lo cual no es benéfico para ellos mismos pues se les limita su desarrollo y participación en actividades importantes.

Se debe explicar claramente que se está trabajando así porque no se sabía hacer de otra manera y por lo tanto no es motivo para sentir culpa o querer responsabilizar a nadie del tiempo perdido hasta ahora.

Una vez que se ha explicado claramente la teoría y el sistema de trabajo actual, se invita al operador de la línea para que junto con su personal reorganice el trabajo de la línea, separando las actividades internas y externas sin perder de vista las que se puedan desempeñar paralelamente.

Como el operador ya participó en la reorganización anteriormente, él junto con el supervisor guiarán al personal a obtener una tabla muy parecida a la de la figura 3b, aunque se deben aceptar las proposiciones que demuestren ser más benéficas para disminuir el tiempo de alguna actividad.

Una vez que se llegó a la tabla de la Fig. 3b, el personal debe determinar el puesto de la línea más apropiado para desempeñar cada actividad basándose en la experiencia que tienen pues ellos saben bien quién tiene tiempo para desempeñar otra actividad en un determinado momento.

Con la experiencia del personal de la línea se obtiene la tabla de la Fig. 4b.

### Rol de posiciones en cambios rápidos

Posición	Actividad
Operador	Ajusta el volumen de la llenadora.
Vaciador	Quita materiales de la versión anterior, surte materiales de la nueva versión y llena la tolva de frasco.
Acomodadores de frasco	Hacen limpieza y ayudan al operador a cambiar y guardar piezas guía.
Graficador	Toma datos del lote siguiente, cambia el número de lote y pide el certificado de arranque.
Empacadores	Una persona trae las piezas de la siguiente versión antes de parar la máquina, ajustan el cabezal y la taponadora.
Estibador	Ajusta guías de frasco, banda transportadora de corrugado y ayuda a traer material de la nueva versión.

Fig. 4b

#### 4.4 Avance del programa.

Hasta este momento hemos cubierto dos de las tres etapas del programa, es momento de medirnos contra la meta fijada:

Hemos logrado con la aplicación de las dos primeras etapas del programa reducir el tiempo perdido de 2.5 hrs a 1.5 hrs, es decir un 40%, lo que nos coloca a solo 10 puntos porcentuales de lograr nuestra meta. Sin embargo, el alcance del programa promete un poco más que una reducción del 50% del tiempo perdido originalmente.

Debido a que las metas, si bien deben ser reales (es decir que se puedan lograr), también deben ser retantes por lo que se debe redefinir nuestra meta a lograr.

Como todavía falta aplicar una etapa más del programa, se propone que la meta sea la de reducir el tiempo de ajuste en un 60%, esto es, reducir el tiempo perdido de 2.5 hrs a 1.0 hrs.

Con respecto al objetivo que nos fijamos, la línea de empaque que reorganizamos es más flexible que la anterior pues es capaz de responder en un menor tiempo y con menos tiempo perdido ante cambios en el mercado. Anteriormente si había un cambio imprevisto en la cédula de producción, se perdían 2.5 hrs y actualmente se pierden 1.5 hrs. Lo anterior quiere decir que tenemos una línea mas flexible y productiva.

En lo referente a las bases que se fijaron con los operadores, se ha respetado el número de personas requeridas en la línea; al poner rol de actividades por puesto se obliga a todo el personal a desempeñar las diferentes actividades del ajuste y debido a lo sencillo de dichas actividades el entrenamiento necesario es mínimo.

En el siguiente capítulo se explica la aplicación de la última etapa del programa que consiste en la disminución del tiempo que toman las actividades internas.

**CAPITULO 5**  
**MODIFICACION DE LA MAQUINARIA**

## CAPITULO 5

### 5.1 Bases.

Debido a que no se puede disponer de tiempo de la línea para realizar un análisis de las piezas que se cambian durante un ajuste, dicho análisis y la modificación de la maquinaria se harán observando las siguientes bases para garantizar que la producción normal de la línea no se verá afectada:

- Ninguna modificación realizada deberá afectar el diseño original de la máquina. Es decir que no se modificará el principio de funcionamiento de la máquina ni se cambiarán las especificaciones originales (tales como velocidad máxima, seguridad, espacio necesario, etc.

- Las modificaciones se deben poder revertir, el personal debe ser capaz de dejar la máquina en su estado original. Evitar hacer barrenos, marcas y toda operación que deje huella permanente en las piezas de la maquinaria.

- Ninguna modificación deberá provocar un mayor desperdicio de materiales por pruebas, por el contrario, deberá eliminarlo.

### 5.2 Principios.

Por otra parte fijamos los principios a seguir basados en los de los cambios rápidos para tener un objetivo común al proponer modificaciones.

- Se analizarán todas las ideas sobre la modificación de la maquinaria que el personal aporte.

- Se deberá reducir al máximo el número de herramientas necesarias para realizar el ajuste.

- Las modificaciones deberán hacer mas sencilla la operación, la limpieza del equipo y deberán de requerir del mínimo entrenamiento para que el personal de nuevo ingreso desempeñe con eficiencia su puesto.

- Al modificar la maquinaria no se deberá aumentar el mantenimiento necesario, en lo posible se deberá disminuir.

- Todas las modificaciones se deberán hacer dentro de la misma planta para evitar costos excesivos y desperdicios.

- Únicamente se realizarán físicamente las modificaciones que prueben ahorrar significativamente el tiempo perdido y que no modifiquen de forma permanente la maquinaria.

### 5.3 Plan de trabajo.

Al igual que en la etapa de reorganización de la línea, se fijará un plan de trabajo por pasos que ayudará a trabajar en forma ordenada y permitiendo saber si se esta avanzando en la dirección correcta.

#### 1er. paso.

Para esta etapa el equipo de trabajo es el mismo que el anterior, es decir tres operadores y el supervisor de producción. Cada uno observará tres ajustes de la maquinaria y hará una lista de las piezas que necesitan ser cambiadas o ajustadas, anotando el tiempo que toma hacerlo.

#### 2do. paso.

Con las cuatro observaciones se obtendrá una tabla de los ajustes necesarios junto con el tiempo que toma cada uno de ellos.

**3er. paso.**

Se hará un análisis de las piezas y ajustes para ver cuáles se pueden realizar externamente y separarlos de los que se tengan que realizar internamente.

**4to. paso.**

Se realizará una tabla con la reorganización anterior.

**5to. paso.**

Basándose en la tabla anterior se atenderá a los ajustes que se realicen internamente para determinar si alguna parte de ellos se puede realizar externamente para disminuir el tiempo perdido. Se tomarán todas las ideas que surjan y se formará una tabla de opciones.

**6to. paso.**

De las ideas que se generen en el paso anterior (tabla de opciones) se tomarán las más factibles tomando en cuenta:

- El tiempo que se ahorraría.
- El costo.
- La sencillez de la modificación.
- Que no se afectara la estructura de la máquina.

**7o. paso.**

Cada opción escogida se realizará durante los paros cortos que se tengan en la línea y serán probados al siguiente cambio o ajuste.

#### 5.4 Desarrollo.

A continuación se da una breve explicación de la maquinaria que requiere ser ajustada durante un cambio de tamaño para así comprender mejor el desarrollo de esta etapa del proyecto.

La línea de envasado de líquidos consta de una Tolva de frasco vacío, una llenadora (que incluye una taponadora), un transportador de botella, un lotificador de frasco, dos transportadores de corrugado y una encintadora (Fig. 5a).

En la línea, la maquinaria que requiere de ajuste es la llenadora, la taponadora, el transportador de botella, el lotificador, los transportadores de corrugado y la encintadora.

En cada ajuste, estas máquinas requieren un cambio de piezas y ajuste de medidas que se realiza de acuerdo a los procedimientos que el fabricante entrega al momento de instalar la máquina.

Dichos procedimientos han sido efectuados en las instalaciones de los fabricantes bajo diferentes condiciones de operación es por esto que en algunas ocasiones lejos de disminuir el tiempo perdido por ajuste lo aumentan y se hace necesario modificarlos.

Otra dificultad es que cada máquina es de diferente fabricante y por consiguiente las herramientas necesarias para ajustar son diferentes para cada máquina requiriendo de mucho equipo para un simple ajuste.

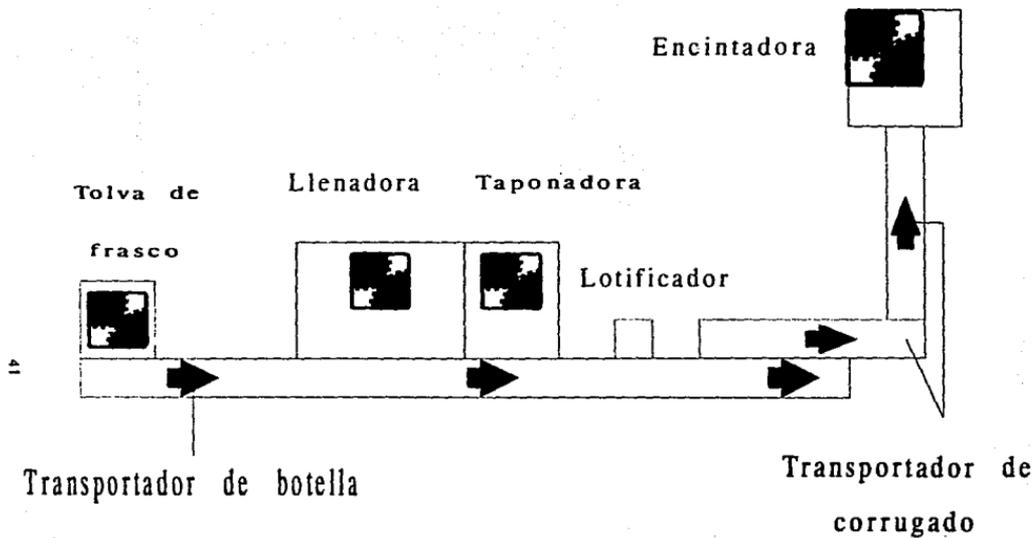


Fig. .5a

1er. y 2do. pasos.

Cada miembro del equipo de trabajo observó tres ajustes y realizó una tabla de actividades con los tiempos respectivos de cada ajuste de maquinaria que se requiere, en una sesión de trabajo se compararon y se conformó la siguiente tabla (fig. 5b).

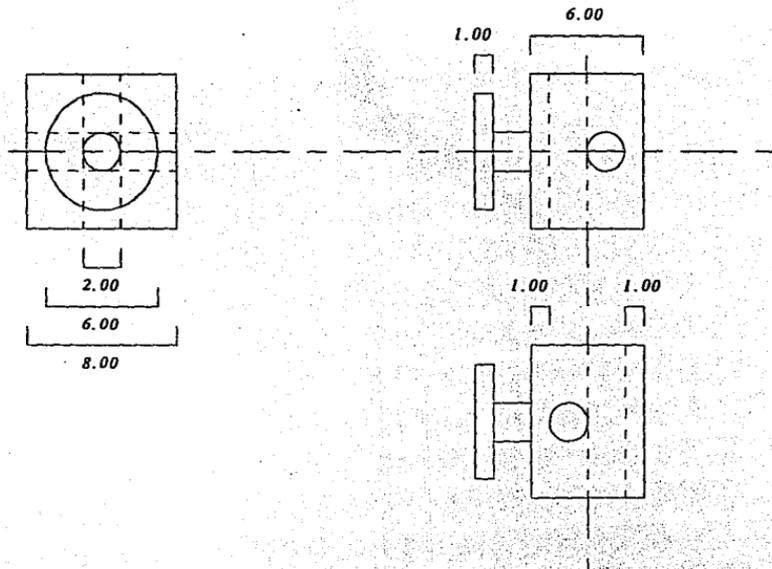
Tiempo perdido por ajuste de maquinaria

Tiempo/ Actividad	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Fig. 5b

Actividad:

- 1.- Reunir herramienta necesaria.
- 2.- Reunir piezas necesarias.
- 3.- Ajustar guías de banda de frasco.
- 4.- Ajustar banda transportadora de corrugado.
- 5.- Ajustar cabezal de llenadora.
- 6.- Ajustar laponadora.
- 7.- Ajustar volumen.



Acotaciones en cm.	Perilla de banda de frasco	Dibujo: Mario Islas
		Diseño: Mario Islas
		Reviso: Ing. Jorge Izquierdo
Sin escala	Universidad Panamericana	<b>Dibujo: 1</b>

En este tipo de perillas, los vástagos son oprimidos al apretar y de esta manera las guías de frasco son fijadas en su lugar.

Debido a que esta actividad debe hacerse internamente, se plantea lo siguiente para diseñar la modificación:

- Sólo se debe requerir una persona para este ajuste.
- Se debe evitar el necesitar de un frasco de la nueva versión.

El no disponer de una botella en cada cambio de versión significa que esta parte del ajuste de alguna manera debe volverse externo, es decir que las medidas de las botellas deben estar disponibles de alguna manera al momento de ajustar.

A continuación se describen las opciones presentadas por el grupo de trabajo:

- Tomar las medidas de las botellas y fabricar cubos tomando en cuenta el ancho y alto de las mismas (sólo se toman estas dos medidas en cuentas pues son las únicas que importarían para ajustar las guías). De esta manera se tendrán 4 cubos ya que sólo hay cuatro tamaños diferentes de botellas.

- Tomar las medidas de ancho y alto de las diferentes botellas y marcar los postes con pintura de diferentes colores en las 4 diferentes posiciones, así lo único que se tiene que hacer en el momento de ajustar es poner la perilla en las marcas de la botella que se va a trabajar.

Como podemos ver, las dos opciones anteriores convierten el tomar las medidas de las botellas en algo externo. Además ambas opciones son muy simples lo cual cumple con los objetivos de cambios rápidos y ninguna de las dos modifica el funcionamiento ni deja huellas permanentes en la maquinaria.

La segunda opción es más barata pues no se requiere de fabricar nada especial, además no aumenta el número de piezas a usar en el ajuste y el entrenamiento que se requiere es mínimo. Por estas razones se eligió para ser realizada en el siguiente cambio.

Para la modificación se tomaron 4 botellas y se sacaron las siguientes medidas (fig. 5c):

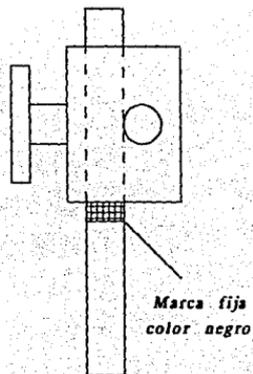
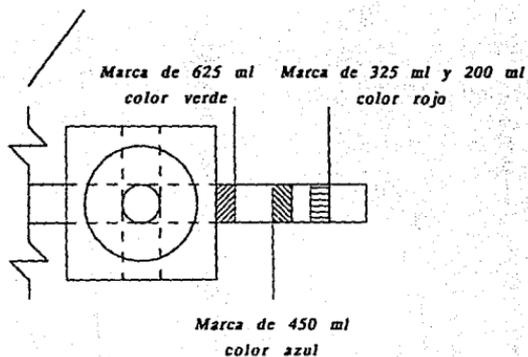
Botella	Ancho [cm]	Alto [cm]
625 ml	6.00	30.00
450 ml	5.50	25.00
325 ml	4.50	20.00
200 ml	4.50	15.00

Fig. 5c

En la línea se observó que si la guía se fija en una altura de 10 cms. queda lo suficientemente alta para soportar todos los tamaños del frasco, esto reduce el número de marcas a efectuar en los vástagos de 8 a 5. También el ancho de las botellas de 200 ml y 325 ml es igual lo que permite reducir a 4 las marcas a efectuar (Dibujo 2).

Efectuar la modificación tomó 2 hrs y se efectuó en un paro de la línea, al hacerse el siguiente cambio de versión ajustar las guías tomó 5 min a una sola persona, un ahorro de 10 min que permite disponer de ese tiempo para alguna otra actividad.

Guía de frasco



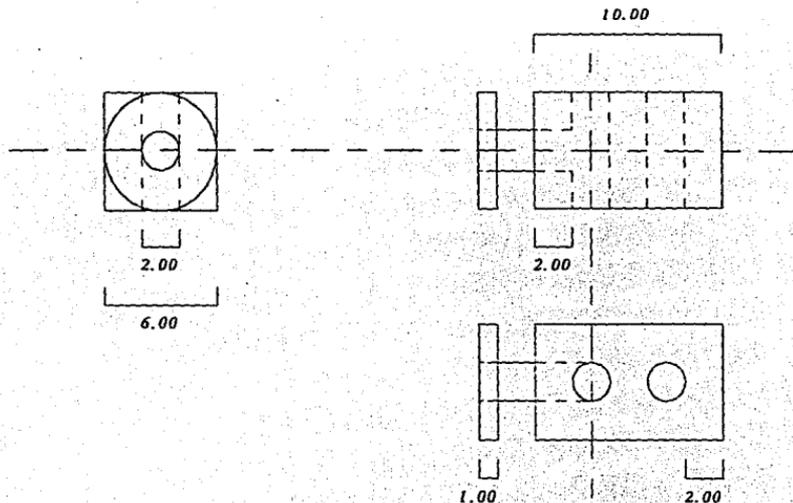
47

Acotaciones en cm.	Marcado de los vástagos	Dibujo: Mario Islas
		Diseño: Mario Islas
		Revisó: Ing. Jorge Izquierdo
Sin escala	Universidad Panamericana	<b>Dibujo: 2</b>

Actividad 4: Ajustar banda transportadora de corrugado. A igual que en el ajuste de la banda transportadora de frasco, una vez que se vació la línea, se tiene que buscar una caja de la nueva versión para que con ésta se ajuste la altura del transportador de corrugados.

Este ajuste es de particular dificultad pues las planchas que determinan la altura del transportador son de acero y por lo tanto sumamente pesadas. Debido a lo anterior se requieren de dos personas para hacer pasar la caja por el transportador e ir ajustando la altura de las 3 planchas que están sostenidas por 18 perillas parecidas a las que sujetan las guías de frasco.

La diferencia con el transportador de frasco es que aquí no se requiere controlar el ancho de la caja pues el transportador acepta cualquier ancho sin necesidad de ajuste. En el dibujo 3 se muestra el tipo de perilla que sostienen a las planchas, nótese que no tienen movimiento hacia los lados, sólo hacia arriba y abajo.



Acotaciones en cm.	Perilla de banda de corrugado	Dibujo: Mario Islas
		Diseño: Mario Islas
Sin escala	Universidad Panamericana	Revisó: Ing. Jorge Izquierdo
		<b>Dibujo: 3</b>

Al igual que en el ajuste de las guías del transportador de frasco, no está permitido traer corrugador de la versión a la que se va a cambiar antes de que el certificado de arranque sea expedido. Por esta razón se pensó hacer la modificación de una manera parecida a la anterior pero adaptada a las necesidades específicas de el transportador de corrugados.

Debido a que no es necesario hacer ajustes de las planchas lateralmente, solo se debe marcar en los vástagos las diferentes posiciones de altura de los corrugados. Se tomaron las medidas de los 4 diferentes tamaños de los corrugados y se formó la tabla siguiente (fig. 5d):

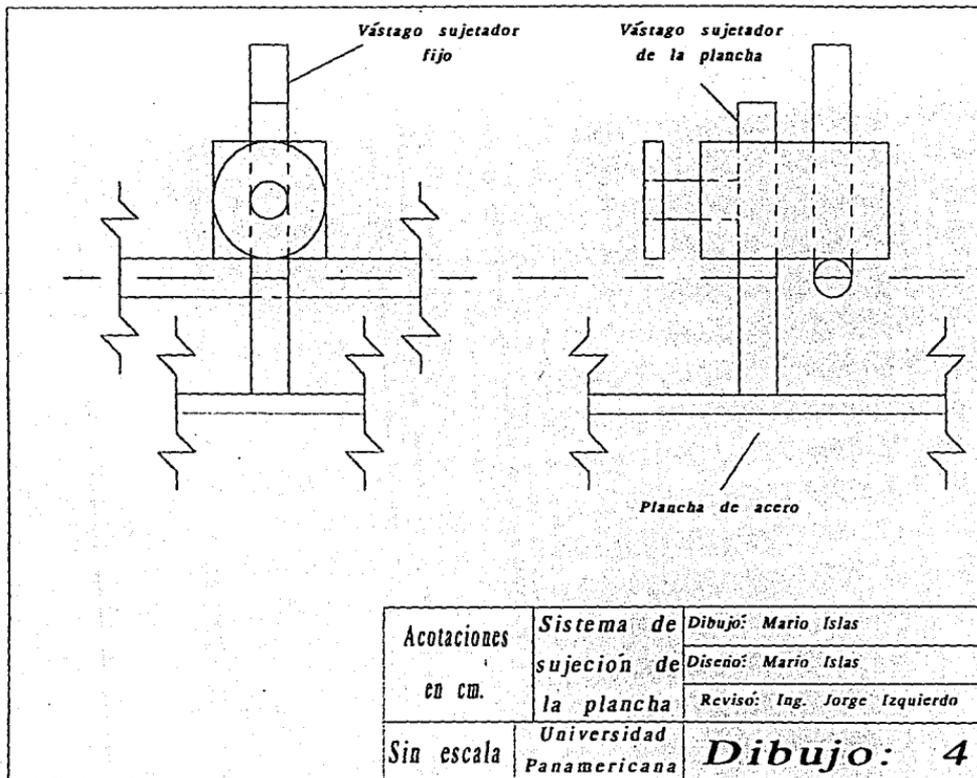
Medidas de los corrugados

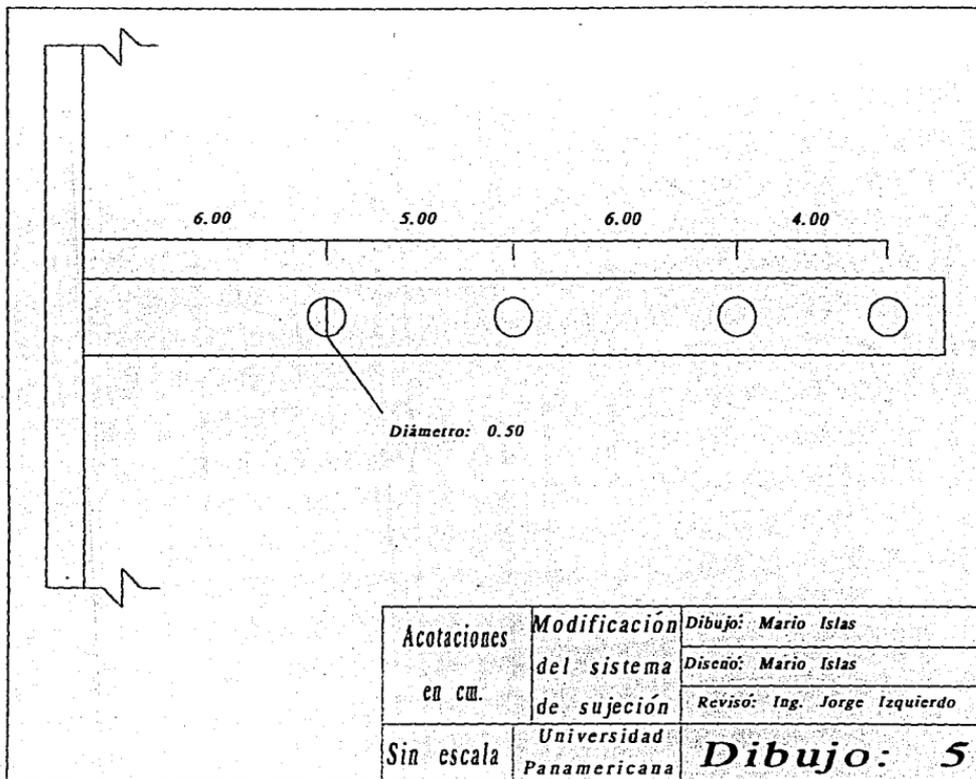
Botella	Alto [cm]
625 ml	30.50
450 ml	26.50
325 ml	20.50
200 ml	15.50

Fig. 5d

Un problema que se presenta es que si se marcan con pintura los vástagos, se sigue necesitando que dos personas efectúen el ajuste. En cambio si se perfora el vástago en cada posición para introducir un pasador que evite la caída de la plancha y a su vez la fije en su lugar, sólo se necesitará de una persona.

La modificación realizada de esta manera, deja huella permanente en los transportadores pero en caso de necesitar volver a la forma anterior, dichos vástagos pueden ser cambiados por unos nuevos ya que el material es "Cold Roll" y no es caro. En los dibujos 4 y 5 se muestra como se realiza la modificación.





Los pasadores son también de "Cold Roll" y tienen un diámetro de 0.45 cm. La modificación se hizo en dos partes por el tiempo que tomó (3 hrs). El resultado es que el ajuste lo realiza una sola persona y le toma 10 min. Lo que deja disponible a una persona para realizar otra actividad. Para evitar que los pasadores se calgan y se pierdan, cada uno está sujeto a las paredes del transportador con una cadena.

**Actividad 5: Ajustar el cabezal de la llenadora.** El cabezal de la llenadora es el que maneja la botella que se está llenando. Por tal motivo tiene determinado el ancho y la altura de la botella evitando que una botella diferente pueda ser llenada en la línea.

Para cada tamaño de botella, existe un juego de piezas diferente. Dichas piezas se atornillan a la mesa de la llenadora mediante tornillos de 10 mm (32 en total) lo que hace sumamente laboriosa esta actividad.

Las opciones que se presentan para la modificación de la forma en que las piezas se fijan en su lugar son las siguientes:

- Instalar postes atornillados a la mesa en lugar de los tornillos y un sistema de sujeción rápida para fijar las piezas en su lugar.
- Cambiar todos los tornillos por otros que en lugar de la cabeza tengan perillas.
- Poner postes cortos para sujetar en su posición las piezas, de manera que para cambiarlas sólo se tengan que levantar. También marcar las piezas y la mesa de la llenadora con números para saber rápidamente la posición en que van colocadas.
- Fabricar adaptadores que se puedan colocar en las piezas del mayor tamaño de manera que éstas se puedan dejar fijas y acepten cualquier tamaño.

Se hace un análisis de las opciones anteriores para determinar cuál es la que más conviene:

- Los postes que se necesitan instalar en la primera opción son del largo de los tornillos originales mas la altura que el sistema de sujeción rápida requiere. Esta altura no permite que las piezas se puedan manipular pues en la llenadora y la laponadora existen espacios muy reducidos, es por esto que esta opción es desechada.

- Las perillas no se pueden fabricar dentro de la planta, por lo que el costo sería excesivo y el tiempo de la modificación la hacen impráctica.

- Poner postes cortos es muy viable, los postes se pueden maquinar en la planta y se pueden cambiar en un paro de la llenadora, además se elimina la necesidad de usar herramientas y manejar una gran cantidad de tornillos. El marcar las piezas y la mesa con números hace sumamente fácil la identificación de la posición de las mismas y si se marcan en orden ascendente según la forma de colocarlas, se ahorra gran parte del tiempo perdido.

- El costo de fabricar los adaptadores sería muy alto ya que al igual que las perillas se tienen que fabricar por medio de contratistas externos.

Hacer esta modificación tomó 1 hr y el tiempo que se ahorra es de 5 min, se requiere de una sola persona ( la realizaban 3) misma que cuando termina y junto con otras que ya terminaron sus actividades guardan las piezas que quitaron.

Ahora se analizará el ajuste de la altura de la botella la cual se ajusta subiendo o bajando el carrusel de los 16 pistones mediante un mecanismo de cadena accionado por una 'matraca'. Esta operación resulta sumamente pesada, es decir, se requiere de un gran esfuerzo físico para mover el mecanismo.

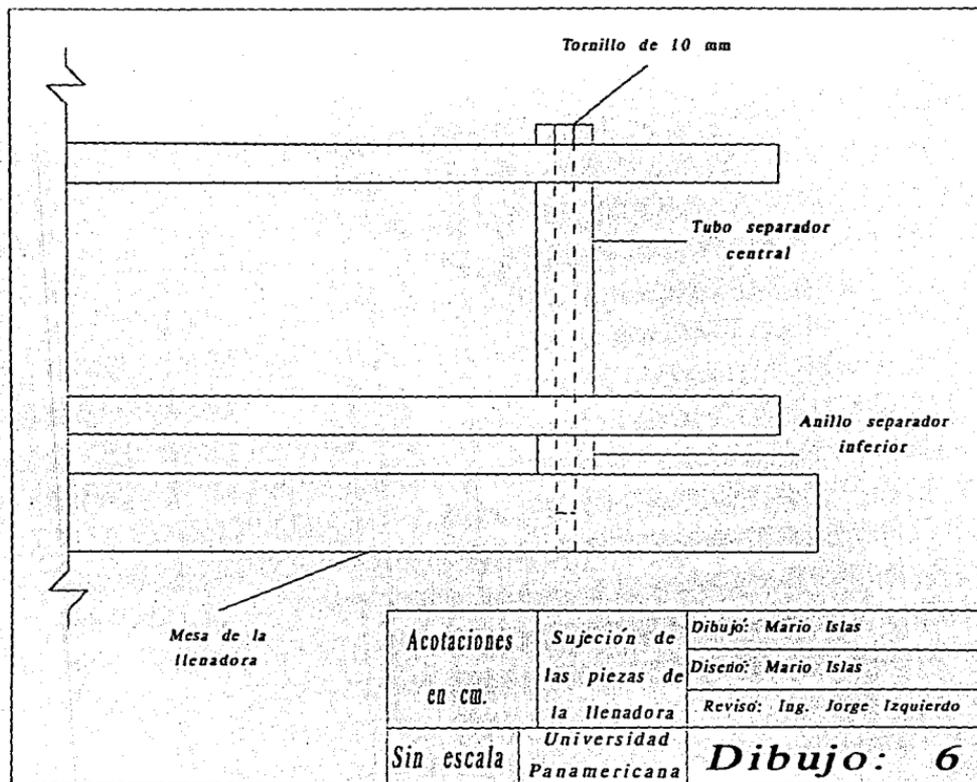
Debido a que la línea esta formada en su mayoría por personal femenino, el operador tenía que realizarla, de manera que se debe modificar para que sea más sencillo y rápido.

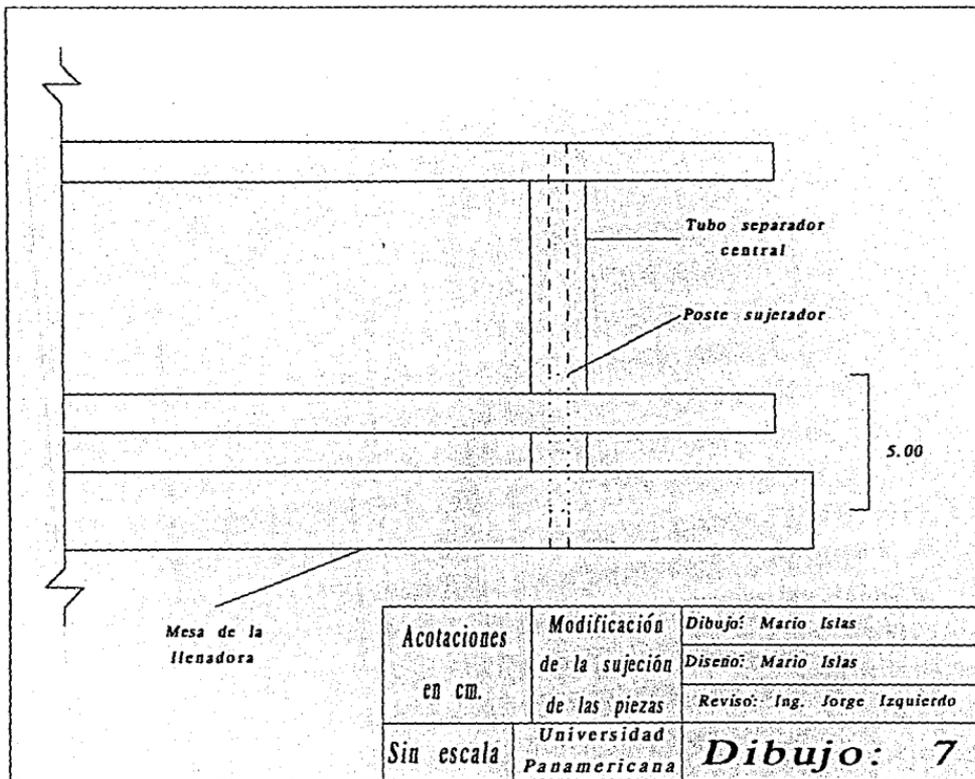
El equipo pensó que de alguna manera se deben utilizar las dos manos para tener más apoyo. Observando algunas máquinas de la planta (específicamente los tornos de los mecánicos), se ve que algunas tienen mecanismos en los que es necesario tener gran control del ajuste a la vez que se mueve un peso considerable.

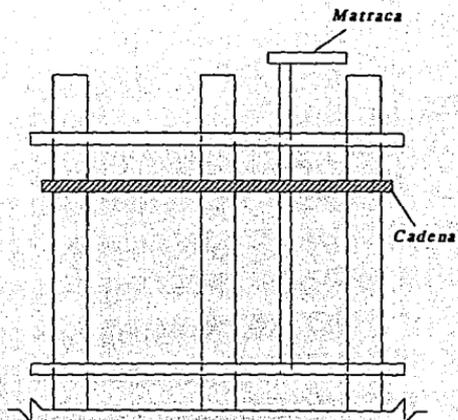
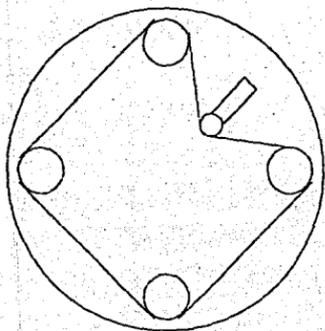
Esto lo logran en parte mediante un volante que les permite utilizar las dos manos lo que da un gran control de lo que se está haciendo. Así se determinó fabricar un volante de prueba con el radio de la matraca que se está utilizando (el cual es el radio máximo que nos permite el espacio de la máquina).

El volante se fabricó de un material plástico sumamente resistente dentro de la misma planta. en un par corto se instaló y se probó. Se pudo comprobar que la operación se facilitó en grado extremo y ya la puede realizar otra persona que no sea el operador en cuestión de segundos pues las diferentes alturas a las que el cabezal se tiene que poner se marcaron en uno de los postes del mismo.

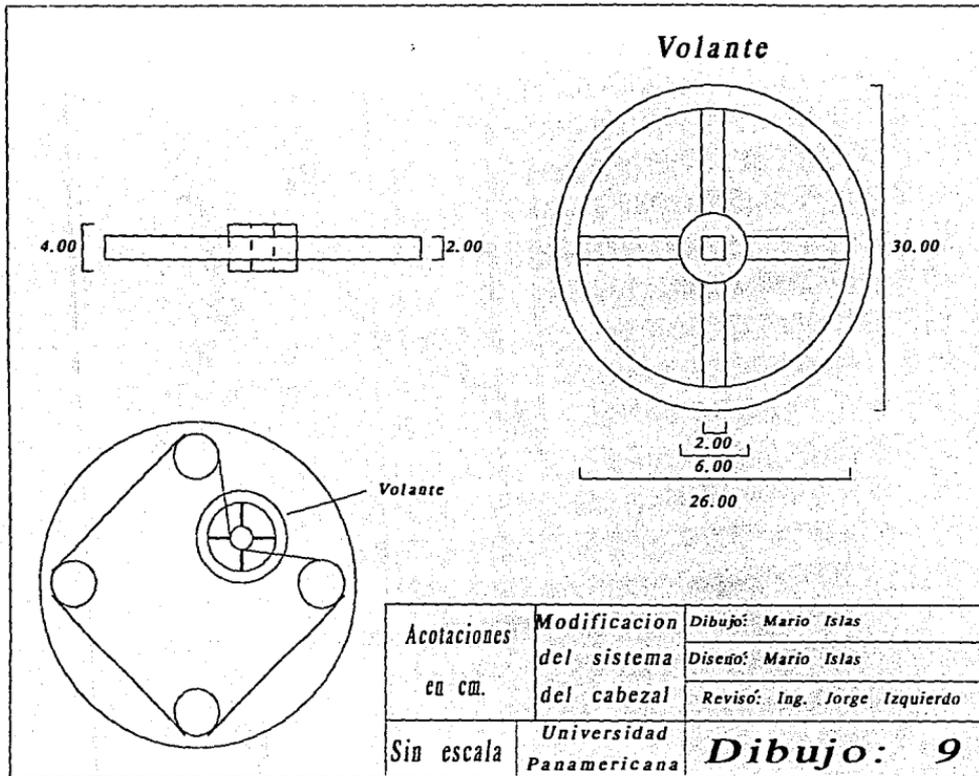
A continuación se presentan los dibujos de los mecanismos que intervienen en el ajuste del cabezal y la modificación (dibujos 6 al 9).







Acotaciones en cm.	Sistema de ajuste de cabezal	Dibujo: Mario Islas
		Diseño: Mario Islas
		Revisó: Ing. Jorge Izquierdo
Sin escala	Universidad Panamericana	<b>Dibujo: 8</b>



Actividad 6: Ajustar taponadora. Las piezas que determinan el ancho de la botella son parte de las piezas de la llenadora y están incluidas en la actividad anterior, el ajuste de la altura es muy similar al de la llenadora de manera que el carusel que contiene los 8 pistones de tapado suben o bajan accionando un mecanismo de cadena.

Al igual que con el ajuste de la altura del cabezal, se decidió hacer un volante para accionar el mecanismo de ajuste de altura de la taponadora. Aunque no existe limitación de espacio para este volante se hará igual al del cabezal de la llenadora para tener piezas estándar y fabricar uno mas para el "stock" de refacciones.

El efecto de la modificación es el mismo, es muy sencillo y rápido subir o bajar la taponadora y ahora una persona realiza ambas actividades en 15 min.

Actividad 7: Ajustar volumen. El volumen de los 16 pistones se ajusta de la siguiente forma:

El operador en base a su experiencia aproximan el volumen del pistón moviendo el puente de ajuste grueso (dibujo 10) hacia arriba o hacia abajo pesando cada vez hasta que el peso queda a unos 50 grs del peso requerido. Una vez que tiene el ajuste grueso mueve la perilla de ajuste fino (dibujo 10) realizando pruebas de pesado hasta que el peso queda dentro de los límites.

El peso lo determinan matemáticamente de la siguiente manera (el laboratorio determina la densidad del líquido).

Sabemos que la densidad es la cantidad de materia por unidad de volumen:

$$\text{Densidad} = \text{Peso} / \text{Volumen}$$

Despejando de la fórmula anterior el peso:

$$\text{Peso} = \text{Densidad} * \text{Volumen}$$

De manera que si, por ejemplo, sabemos que vamos a llenar una presentación de 625 ml. y el laboratorio determina que la densidad del líquido es 1.02 gr/cm<sup>3</sup>, el peso debe ser:

$$\text{Peso} = 1.02 \cdot 625 = 638 \text{ gr}$$

El operador efectúa pruebas hasta que el peso obtenido cae dentro de los límites especificados para esa versión. Por ejemplo, para la versión de 625 ml los límites de control son de +/- 10 gr. De manera que el operador debe ajustar el peso en este caso dentro de los siguientes límites:

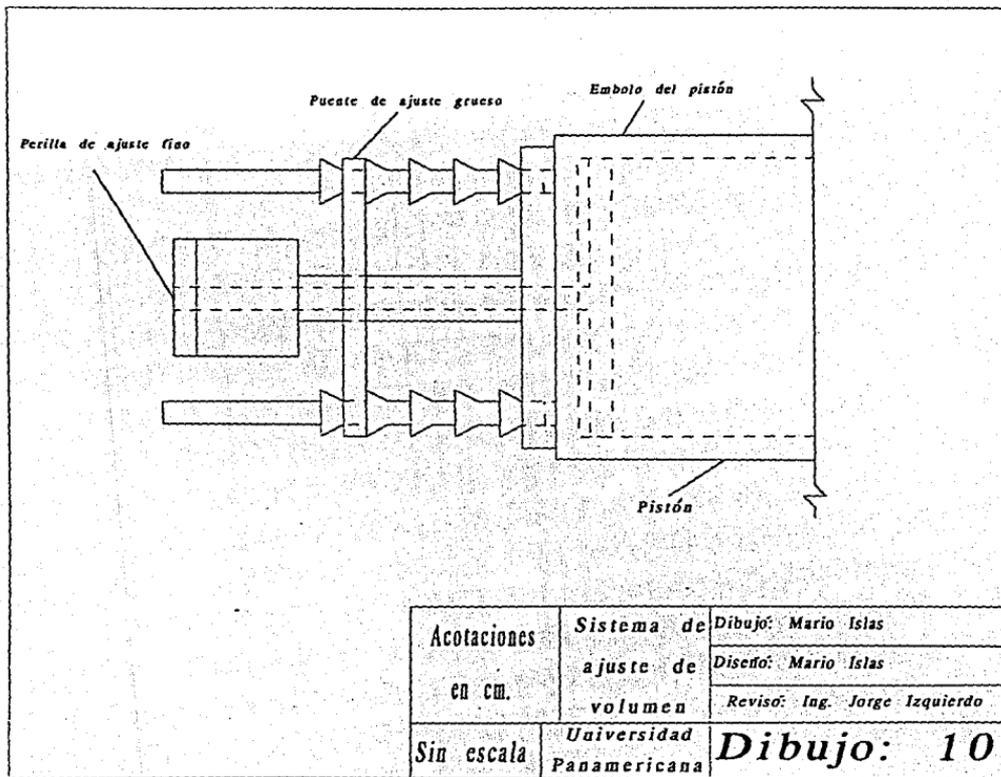
$$\text{Límite superior} = \text{Peso} + 10 \text{ grs} = 638 \text{ gr} + 10 \text{ grs} = 648 \text{ grs}$$

$$\text{Peso ideal} = 638 \text{ grs}$$

$$\text{Límite inferior} = \text{Peso} - 10 \text{ grs} = 638 \text{ grs} - 10 \text{ grs} = 628 \text{ grs}$$

Cabe mencionar que los límites de control los establece el departamento que envasa el producto y están determinados para que el llenado esté en control estadístico, para que de esta manera se tenga la confiabilidad de estar cumpliendo con las normas gubernamentales.

Existen otros dos límites, los establecidos por la compañía y los que establece el gobierno, estos dos últimos son mas amplios que los primeros.



Acotaciones en cm.	Sistema de ajuste de volumen	Dibujó: Mario Islas
		Diseño: Mario Islas
Sin escala	Universidad Panamericana	Revisó: Ing. Jorge Izquierdo
		<b>Dibujo: 10</b>

Como se podrá observar, el sistema que se sigue actualmente para ajustar tiene varias desventajas:

- Se basa en la experiencia de una sola persona, de manera que si otra persona efectúa el ajuste le toma más del doble del tiempo normal. Esto nos lleva a que se requieren del experto para que la línea funcione normalmente.
- Se pierde mucho tiempo pues son 16 pistones los que tienen que ajustarse.
- El desperdicio de granel es sumamente alto debido a que en el mejor de los casos (cuando es un experto el que realiza el ajuste) se efectúan cuando menos 3 pruebas por pistón para que el peso quede dentro de los límites de control. El granel de cada una de las pruebas tiene que ser desechado por políticas de la empresa.

Basándose en lo anterior el equipo determinó que la modificación del ajuste:

- Debe evitar el desperdicio.
- Debe disminuir al máximo el tiempo perdido.
- Debe permitir que cualquier persona de la línea realice el ajuste con un mínimo entrenamiento para evitar que cuando el experto no se encuentre en la línea (es decir, que el operador falte) se pierda más tiempo del necesario y se desperdicie más granel.

Las opciones que se presentan son:

- Estandarizar el sistema de ajuste entre los cuatro operadores y una vez hecho esto entrenar al personal para que lo puedan realizar de igual forma.
- Diseñar un sistema de cadena que accione los 16 pistones al mismo tiempo. Una vez que se tenga el sistema listo para instalarse, en un paro de la línea ajustar el peso de los pistones a que quede con una variación máxima de un gramo.

De manera que cuando se ajuste sólo se tenga que pesar en un pistón lo que reduce el tiempo y el desperdicio.

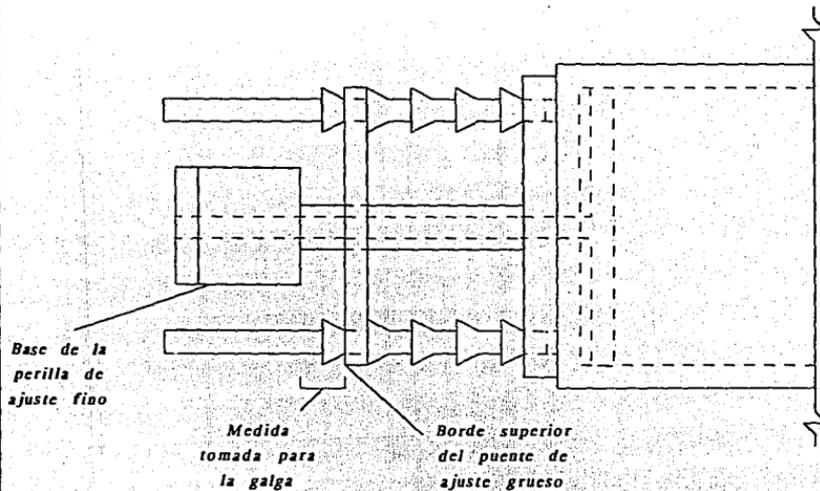
- Diseñar una regleta (galga) con las medidas de el ajuste de los 4 diferentes tamaños que nos permita subir o bajar el peso del pistón rápidamente y dejarlo dentro de límites con una sola operación. Esto es posible debido a que la densidad del líquido que se empaca en la línea se mantiene constante sin importar la versión que se esté empacando.

La primera opción no es práctica pues la estandarización y el entrenamiento llevarían mucho tiempo, además no se elimina el problema del desperdicio de granel.

La segunda opción es sumamente cara porque se tiene que hacer fuera de la planta y según la experiencia de los operadores los pistones ocasionalmente llegan a variar de peso con el tiempo. El problema es que el sistema propuesto se basa en que todos los pistones están ajustados dentro de una variación mínima y si esto no se cumple se corre el grave riesgo de sobreempacar o subempacar el producto con el consecuente costo de recuperación que esto tendría.

La tercera opción es viable ya que no modifica el sistema de la máquina y nos permitiría ajustar todos los pistones dentro de los límites de control en una operación eliminando el desperdicio y reduciendo el tiempo perdido al mínimo. Además como no se basa en la experiencia del operador sino en las medidas de la galga, cualquier persona con un mínimo de entrenamiento, de hecho con sólo observar un ajuste, puede aprender a realizarlo.

Se tomaron las medidas en el pistón de la parte superior del puente de ajuste grueso a la parte inferior de la base de la perilla de ajuste fino (Dibujo 11). Esto se realizó sin necesidad de parar la línea ya que se tomaron cada vez que se estaba llenando cada uno de los 4 diferentes tamaños.



Acotaciones en cm.	Espacio medido para la galga de ajuste	Dibujó: Mario Islas
		Diseño: Mario Islas
		Revisó: Ing. Jorge Izquierdo
Sin escala	Universidad Panamericana	<b>Dibujo: 11</b>

Las medidas que se obtuvieron son las siguientes:

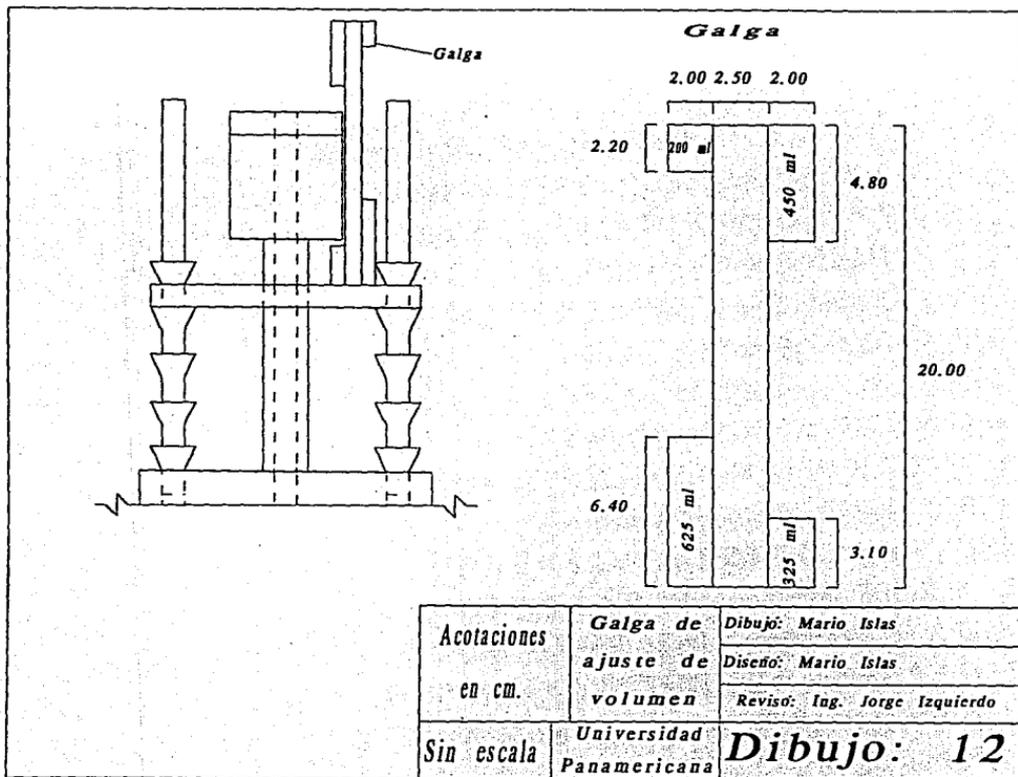
Medidas para la galga de ajuste

Tamaño	Medida [cm]
625 ml	6.40
450 ml	4.80
325 ml	3.10
200 ml	2.20

Fig. 5e

La galga se fabricó en la misma planta de desperdicio de placa de acero inoxidable. Al efectuar el primer ajuste con la galga todos los pistones quedaron dentro de los límites de control con una diferencia máxima de 4 grs. entre el más alto y el más bajo.

El tiempo que tomó ajustar los 16 pistones fue 15 min. El ajuste para estar en el peso ideal se hizo con la máquina en movimiento, por lo que esta actividad se volvió externa.



A continuación se presenta la tabla final de tiempos - actividades del ajuste de la maquinaria (fig. 5f) y la tabla final del Rol de posiciones durante el ajuste (fig. 5g), los resultados se analizarán en el siguiente capítulo.

Tiempo/ Actividad	-60	-45	-30	-15	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1	1													
2			1											
3		1												
4						2	2	2						
5						2	2	2	2	2	2			
6						1								
7						1	1							
8				1										
9						1	1	1						
10								1						
11									1					
12						1	1	1						
13									1					
14										1	1	1		
15													1	1
Total de personas	1	1	1	1		8	8	8	4	3	3	1	1	1

Fig. 5f

Actividad:

- 1.- Informar el cambio que se va a hacer.
- 2.- Reunir herramienta necesaria.
- 3.- Reunir piezas necesarias.
- 4.- Retirar material de la versión anterior.
- 5.- Limpieza del área.
- 6.- Ajustar guías de banda de frasco.
- 7.- Ajustar banda transportadora de corrugado.
- 8.- Tomar datos del nuevo lote.
- 9.- Cambiar número de lote.
- 10.- Ajustar cabezal de llenadora.
- 11.- Ajustar taponadora.
- 12.- Ajustar volumen.
- 13.- Surtir material de la nueva versión.
- 14.- Pedir certificado de arranque.
- 15.- Llenar tolva con material de la nueva versión.

### Rol de posiciones en cambios rápidos

Posición	Actividad
Operador	Trae la caja de herramienta y ajusta el volumen de la llenadora.
Vaciador	Quita materiales de la versión anterior, surte materiales de la nueva versión, llena la tolva de frasco y ayuda a ajustar las bandas de frasco y corrugado.
Acomodadores de frasco	Hacen limpieza del área.
Graficador	Toma datos del lote siguiente, cambia el número de lote y pide el certificado de arranque.
Empacadores	Una persona trae las piezas de la siguiente versión antes de parar la máquina, ajustan el cabezal, la taponadora y las bandas de frasco y corrugado.
Estibador	Quita materiales de la versión anterior, surte materiales de la nueva versión, llena la tolva de frasco y ayuda a ajustar las bandas de frasco y corrugado.

Fig. 5g

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## **CAPITULO 6**

### **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

## CAPITULO 6

### 6.1 Resultados

Después de haber aplicado el programa de cambios rápidos en la línea de envase se pueden distinguir 2 grandes etapas en las cuales los resultados en cuanto al tiempo ahorrado se hacen evidentes, en la figura siguiente se muestran los avances obtenidos en cada una:

Tiempo original (hrs).	Reorganización de la línea 1a. etapa	Reducción	Modificación de maquinaria 2a. Etapa	Reducción total
2.5	1.5	40%	0.75	70%

Fig. 6a

Al aplicar la reorganización de la línea el tiempo se redujo de 2.5 hrs a 1.5 hrs, lo que significa una disminución de 40% en el tiempo perdido.

La modificación de la maquinaria ayudó a reducir el tiempo de 1.5 hrs a 0.75 hrs, una reducción del 50% del tiempo perdido con respecto a la línea reorganizada y una disminución del 70% con respecto al tiempo original.

En el caso que se requiera de enjuagar la maquinaria, el tiempo total que se pierde es 1.75 hrs de las 3.5 hrs que se perdían originalmente un ahorro del 50%.

Se cumplió con el objetivo de reducir a 1 hr el tiempo perdido por cambio de versión sin enjuague de tubería.

La eficiencia de la línea de empaque, aumentó del 60% al 80% debido a que la producción diaria (producto envasado) es mayor al perder menos tiempo debido a maquinaria parada durante un cambio de producto.

El costo de la implementación del proyecto se estimó sobre el costo del material utilizado para modificar la maquinaria, el tiempo extra pagado a 4 operadores y un supervisor.

Debido a que el personal de la línea fue capacitado durante los paros programados de la línea, este costo no lo absorbe el programa.

El costo del proyecto no se puede mencionar por políticas de la empresa, sin embargo la relación costo/beneficio justifica ampliamente la implementación del mismo.

En lo que respecta a las bases del programa:

- Se respetó la cantidad de personal existente en la línea.
- Se requiere de un mínimo de entrenamiento para poder trabajar en los ajustes.
- Se elimina la necesidad de expertos durante el ajuste.
- Todas las actividades durante un cambio de versión están definidas por puesto.
- El conjunto de las bases y los objetivos que se aplican en este programa dan por resultado una línea de empaque flexible.

Un resultado aparte que se obtuvo fue llamar la atención de los demás departamentos de la planta, de manera tal que se impartió un curso a operadores selectos de las demás áreas con el fin de preparar el terreno para extender el sistema de trabajo a toda la planta.

## 6.2 Conclusiones.

La línea de empaque es ahora una línea flexible, sumamente rápida en su capacidad de respuesta a las exigencias del mercado.

Lo anterior mueve ahora el "cuello de botella" de la línea de empaque a la capacidad de respuesta de los proveedores, ya que ante un cambio del mercado las materias primas a veces no pueden ser surtidas con la suficiente rapidez para no parar la línea por falta de materiales. Es por esto que se tiene que trabajar con los proveedores para solucionar este punto.

Es necesario recalcar que ahora todo el personal de la línea, sean con antigüedad o de nuevo ingreso, participa en el sistema de trabajo lo que los hace tener un sentido de pertenencia y afinidad hacia la compañía. Se creó un espíritu de competencia sana por tratar de mejorar aún más el desempeño de la línea (este es un proceso de mejoramiento continuo) lo cual trae beneficios a la compañía y al personal.

Todo lo anterior se logró gracias a la comprensión de que dentro de la complejidad de los diferentes procesos, existen pequeñas cosas que hay que mejorar y haciendo esto se llegan a obtener grandes beneficios.

Existen cosas (obviamente) que se pueden mejorar, como es el caso de los proveedores de maquinaria a quienes se les puede pedir una estandarización de la maquinaria para no tener el problema de capacitar expertos en cada máquina nueva que se compre.

## 6.3 Pasos siguientes.

Los pasos siguientes ahora son extender este programa a todos los departamentos de la planta, para lo cual se debe estudiar cada caso en específico pues es un sistema de trabajo totalmente nuevo que trae grandes ventajas económicas.

## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

1. SHINGO, Shigeo; "Una revolución en la producción: El sistema SMED"; Productivity Press; Cambridge, MA; Estados Unidos; 1985.
2. SHINGO, Shigeo; "Non-stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement"; Productivity Press; Cambridge, MA; Estados Unidos; 1988.
3. Carr Lane Manufacturing Co.; "Component Parts of Jigs and Fixtures"; Carr Lane; St. Louis Missouri, Estados Unidos; 1992.