# CAPÍTULO 3

1. **TEORÍA DE LOS CAMBIOS RÁPIDOS DE MOLDES**

En este capítulo se inicia dando una descripción de cómo está estructurados en general los sistemas de producción.

Posteriormente se dan los lineamientos teóricos básicos a seguir para la implantación de la técnica SMED, dentro de cualquier proceso de preparación de máquina o herramental, dando un procedimiento de preparación y analizando las etapas conceptuales.

Finalmente se dan los lineamientos teóricos para la obtención de los tiempos estándares de las operaciones.

* 1. **Estructura de la producción**

Para un mejor entendimiento de la estructura de la producción es importante definir lo siguiente:

*Proceso.-* Es un flujo continuo por medio del cual las materias primas se convierten en productos elaborados.

*Operación*.- Es cualquier acción realizada por un trabajador, máquina o equipo sobre la materia prima, productos en proceso o productos terminados.

Ahora que ya tenemos definido lo que es un proceso y una operación podemos decir: La producción es un entramado de operaciones y procesos, con una o más operaciones correspondientes a cada paso del proceso. Y en términos generales los procesos de fabricación pueden ser divididos en cuatro fases distintas:

* *Procesado.-* ensamblado, desensamblado, alteración de la forma o calidad.
* *Inspección.*- comparación con un patrón.
* *Transporte.*- cambio de ubicación.
* *Almacenaje.*- periodo de tiempo durante el cual no se realiza sobre el producto ningún trabajo, inspección o transporte.

##### Figura 3.1 Estructura de la producción

La fase de almacenamiento a su vez puede ser divida en cuatro categorías:

* Almacenamiento de materias primas
* Almacenamiento de producto terminado
* En espera de un proceso: una serie completa espera porque en la serie anterior no ha sido terminado.
* Esperas de lote: mientras que se mecaniza la primera unidad de un lote, las restantes unidades deben esperar su turno para ser procesadas.

La estructura interna de una operación puede ser analizada de la siguiente manera:

* *Preparación, post-ajustes.-* estas operaciones se llevan a cabo una vez, antes y después cuando cada lote se procese.
* *Operaciones principales.-* realizadas para cada pieza, que entran en tres categorías:
1. *Operaciones esenciales.-* el mecanizado de la pieza.
2. *Operaciones auxiliares.-* fijación de las piezas a la máquina.
3. *Margen de tolerancia.-* Acciones de ocurrencia irregular, descanso, bebida de agua, etc.

Cada fase del proceso de fabricación tiene su correspondiente operación, es decir, existen operaciones de trabajo, operaciones de inspección, operaciones de transporte y operaciones de almacenaje.

Cada una de estas, a su vez, tiene cuatro subcategorías: preparación, esencial, auxiliar y margen de tolerancia. Por lo tanto, existen operaciones de preparación, esenciales, auxiliares y de margen para cada fase de procesado, inspección, transporte y almacenamiento.

* 1. **Fundamentos del SMED**

La técnica del SMED se fundamenta en la eliminación de los tiempos muertos o desperdicios de tiempos durante la preparación de máquina o de cambios de herramental para iniciar un nuevo trabajo, esto con el objetivo de mejorar la productividad de las plantas de producción e implantarlo como un sistema de mejora continua.

* + 1. **Historia del SMED**

La técnica SMED fue desarrollada por Shigeo Shingo. El desarrollo de esta técnica le tomo alrededor de 19 años, el cual comenzó en el año de 1950 cuando estaba realizando un análisis de mejora en Toyo Industries; durante el desarrollo de este trabajo percibe que había dos clases de operaciones de preparación: **preparación interna** (IED), que puede realizarse solamente cuando la máquina está parada, y **preparación externa** (OED), que se realiza mientras la máquina está en operación. Con esta clasificación de las operaciones logro mejorar la eficiencia de la máquina en un 50%.

Posteriormente en 1957 le fue asignado un estudio en los astilleros de Mitsubishi Heavy Industries en el que tenía que aumentar la eficiencia de una máquina cepilladora de bastidores de motores. Luego de realizar un análisis del proceso noto que se podía disminuir el tiempo de marcado para el centrado y dimensionamiento de la bancada del motor instalando una segunda mesa de cepilladora y realizar la operación en ella separadamente, ya que esta operación se la realizaba en la misma mesa de la cepilladora. Con la implantación de esta idea Mitsubishi Heavy Industries logro aumentar en un 40% su productividad, ya que se logra realizar el trabajo de preparación de operación anticipadamente.

En 1969, vista la planta principal de Toyota Motor Company. En esta ocasión le fue asignado el estudio de reducción del tiempo de preparación de útiles y preparación de una prensa de 1000 toneladas. El tiempo utilizado para esta preparación era de cuatro horas y el objetivo era reducirlo a más del 50% de este tiempo y al cabo de seis meses logra el objetivo reduciendo el tiempo de preparación útiles a 90 minutos tan solo separando las operaciones externas de las operaciones internas.

Posteriormente a este logro la directores de la Toyota Motor Company solicitan reducir aún más el tiempo de preparación de útiles, a tres minutos. Con esta noticia se le ocurre convertir las IED en OED.

Usando este nuevo concepto fue capaz de alcanzar el objetivo de tres minutos en tres meses de trabajo diligente.

Con la idea de que cualquier preparación o cambio de herramental se puede realizar en menos de diez minutos, Shigeo Shingo bautiza este concepto “Cambio de Útiles en menos de 10 minutos”, o SMED (single minute exchange die).

El SMED fue adoptado más tarde por todas las fábricas de la Toyota y continúa evolucionando como uno de los elementos principales del sistema de producción Toyota.

El SMED está basado en la teoría y años de experimentación práctica. Es una aproximación científica a la reducción del tiempo de preparación de máquinas que puede ser aplicada a cualquier fábrica y a cualquier máquina.

**Pasos Básicos en el procedimiento de Preparación**

Todos los procesos de preparación de útiles o cambios de herramental siguen una secuencia de pasos, la diferencia radica en el tipo de equipo utilizado para realizar estas operaciones. Sin embargo en general todos los procesos de preparación siguen una secuencia determinada. En la tabla 5 se muestra la distribución de tiempos en operaciones de cambio tradicionales.

**Tabla 5**

 **PROCEDIMIENTO GENERAL DE UN PROCESO DE PREPARACIÓN TRADICIONAL**



* + 1. **Mejoras de la Preparación: Etapas conceptuales.**

Las etapas conceptuales son cuatro, a continuación se detallan:

**Etapa preliminar:** *No están diferenciadas las operaciones internas y externas.*

Es común que en las operaciones de preparación tradicionales se confunda las operaciones internas con las operaciones externas y la consecuencia de esto tenemos, máquinas paradas durante largos períodos de tiempo. Por esto es muy importante llegar a cabo una planificación adecuada de la implantación del sistema SMED y esto se logra estudiando en detalle las condiciones reales de la fábrica.

Este análisis de las condiciones reales de la fábrica se lo puede llevar a cabo con uno de los siguientes métodos:

* Análisis de producción continuo llevado a cabo con un cronómetro, es probablemente el mejor método. Sin embargo este es uno de los métodos que más tiempo consume y precisa gran habilidad.
* Estudio del trabajo por muestras, método utilizado para procesos repetitivos. Este método plantea un problema el cual es que las muestras son precisas para este tipo de procesos, el estudio puede ser no valido si sólo se repiten unas pocas acciones.
* Entrevista a los trabajadores la aplicación de este método podría ser suficiente dependiendo de la complejidad del proceso de cambio. Este se lo puede llevar a cabo realizando una lluvia de ideas con los involucrados en el proceso, de manera que los trabajadores tengan más participación y se sientan motivados en la etapa de implantación de las mejoras.
* Grabación en video es una buena forma de analizar el proceso de montaje y si se los muestra a los trabajadores se pueden obtener buenas ideas para las mejoras. La filmación del montaje da la oportunidad de que este se lo pueda repasar muchas veces desde muchas perspectivas. Este método es quizás el método conocido más exitoso ya que los resultados son casi automáticos.

**1° Etapa:** *Separación de la preparación interna y externa*

Es la etapa más importante durante la ejecución del sistema SMED, consiste en diferenciar las operaciones internas y las externas. Todo el mundo está de acuerdo en que la preparación de piezas, el mantenimiento de las piezas y herramientas y operaciones análogas se deben hacer mientras la máquina está parada. Sin embargo esto ocurre con frecuencia.

Si consideramos la mayor parte de las operaciones de preparación o cambio de herramental como operaciones externas, el tiempo requerido para llevar a cabo las operaciones internas se reducirán entre un 30% y un 50%.

**2° Etapa:** *Convertir la preparación interna en externa*

A más de la separación de las operaciones en internas y externas es importante tener en cuenta los siguientes conceptos:

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

Algunas operaciones que ahora se llevan a cabo como preparación interna pueden a menudo ser convertidas en externas al examinar su verdadera función. Es extremadamente importante adoptar nuevos puntos de vista que no estén influenciados por viejas costumbres.

**3° Etapa:** *Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.*

Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cual debemos concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones internas y externas. Consecuentemente, la tercera etapa necesitará un análisis detallado de cada operación elemental.

Las etapas segunda y tercera no necesitan ser llevadas a cabo en ese orden, pudiendo ser prácticamente simultaneas operaciones

* 1. **Preparación Interna**

Como habíamos definido anteriormentela **Preparación interna** (IED), es aquella que puede realizarse solamente cuando la máquina está parada. Durante la fase preliminar no están diferenciadas en su totalidad las operaciones internas y es en esta etapa donde se detectan todos lo despilfarros.

A continuación daremos a conocer algunas técnicas para cada una de las fases conceptuales.

**Etapa preliminar:** *No están diferenciadas las preparaciones internas y externas.*

En casi todos lo procesos de cambio de herramental se producen las siguientes pérdidas de tiempo:

* Los productos terminados se transportan al almacén o el siguiente lote de materia prima se trae desde le stock después de terminar el lote anterior y con la máquina detenida. Se pierde un tiempo precioso al tener la máquina parada durante el transporte.
* Las cuchillas matrices, por ejemplo, se entregan después de que la preparación ha comenzado, o una pieza defectuosa se descubre tras el montaje y pruebas. Como resultado, se pierde tiempo en retirar la pieza defectuosa y empezar el proceso de nuevo. Como en el caso anterior el desperdicio de tiempo se produce después del proceso: las parte que ya no se necesitan se transportan al cuarto de herramientas con la máquina todavía sin funcionar.
* En lo que ha platillas y calibres se refiere, una plantilla puede ser reemplazada porque no tiene la precisión necesaria y necesita ser reparada; los tornillos no aparecen; una tuerca aprieta demasiado o no aparecen tacos de determinado espesor.

Se pueden encontrar otras muchas circunstancias en los errores, la falta de disponibilidad o la verificación inadecuada de equipos producen retrasos en las operaciones de preparación, esto debido a que los gerentes e ingenieros de producción no han dedicado su tiempo y conocimientos al análisis de las operaciones de preparación y le asigna toda la responsabilidad a los trabajadores, asumiendo que son conscientes y podrán pondrán todo de su parte para terminar la preparación lo antes posible.

* 1. **Preparación Externa**

La **Preparación externa** (OED), es aquella que se realiza mientras la máquina está en operación. Las etapas a continuación ayudaran a mejorarla.

**Primera etapa:** *Separación de las operaciones internas y externas.*

A continuación se describirán técnicas muy efectivas para asegurar que las operaciones que se pueden realizar externamente se efectúen, de hecho, cuando la máquina está en marcha.

**Empleo de una lista de comprobación:**

Se debe hacer una lista de comprobación con todas las partes necesarias para una operación:

* Nombres
* Especificaciones de la operación
* Descripción de herramientas a utilizar como por ejemplo números de cuchillas, matrices, etc.
* Estandarización de parámetros como presión, temperatura y otras variables.
* Valores numéricos de todas las medidas y dimensiones.

Basados en esta lista podremos asegurarnos de que no se cometan errores y pruebas que hacen que perdamos el tiempo en las condiciones de operación.

El uso de una mesa de comprobación es también muy cómodo. La mesa de comprobación es una mesa sobre la cual se realizan dibujos de todas las piezas y herramientas necesarias para la preparación. Las piezas se colocan sobre los dibujos y con tan solo un vistazo podremos darnos cuenta de las herramientas que hacen falta. Una limitante de esta técnica es la verificación de las condiciones de operación.

Es importante establecer una lista y mesa de comprobación especifica para cada máquina, y evitar el empleo de una única lista para toda la fabrica.

### Realización de comprobaciones funcionales

Como hemos visto la lista o mesa de comprobación nos permiten darnos cuenta de que las cosas están donde deberían estar, pero no nos dicen nada acerca del funcionamiento de las herramientas. Por lo tanto será necesario, durante la preparación externa, realizar comprobaciones funcionales.

Un problema frecuente son las reparaciones anticipadas que se demoran más de lo provisto, y la reparación comienza antes de que se termine la reparación. Por ello, es importante siempre, terminar las reparaciones antes de empezar la preparación interna.

### Mejora del transporte de útiles y de otras piezas

Las partes han de transportarse desde el almacén hasta las máquinas, y devueltas al almacén una vez que se termina un lote. Todo esto debe llevarse a cabo como procedimiento externo, realizado por el propio operador mientras la máquina funciona automáticamente, o bien por otro empleado asignado al transporte.

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

### Preparación anticipada de las condiciones de operación

Esta segunda etapa se la ilustra a partir de los siguientes ejemplos:

**Precalentado de moldes en una gran máquina de moldeado de plásticos.**

El precalentamiento del molde se llevaba a cabo haciendo inyecciones sucesivas de resina fundida. El precalentamiento de un molde con un calentador eléctrico antes de fijarlo a la máquina hizo posible la consecución de productos de calidad desde el principio de cada lote. El tiempo de preparación y las inyecciones de prueba se redujeron.

Con resinas, al igual que con metales, los productos defectuosos pueden reutilizarse, pero esto no es satisfactorio, porque conduce al deterioro de la calidad. Siempre es preferible producir piezas de calidad desde el principio y evitar la producción de artículos por debajo del estándar.

En otro caso los moldes de una máquina de moldeado de plásticos de medio tamaño eran precalentados pasando agua caliente a través de un tubo térmico. Se acerco a los moldes un generador de vapor móvil para producir agua caliente. Esta mejora fue extremadamente eficiente por su gran simplicidad y porque la inversión fue menor a 826 dólares.

## **Moldeado de plásticos al vacío**

El moldeado de plásticos al vacío se lleva a cabo normalmente en cuatro etapas:

* Se une un molde móvil a uno fijo.
* Se bombea el aire para producir vacío en el molde.
* Se inyecta resina.
* Se abre el molde y se retira el producto terminado.

El moldeado al vacío solo tiene éxito cuando se consigue un vacío casi completo en el molde; esto significa emplear una gran cantidad de tiempo en la segunda etapa. Un sistema combinado que se describe a continuación ayuda a resolver el problema.

1. Se instala un tanque vacío con una capacidad aproximada de mil veces el volumen del molde.
2. Se conecta el molde al tanque de vacío y se abre la válvula de escape. Esto reducirá la presión en el molde unas mil veces en menos de un segundo.
3. Se cierra la válvula que conecta el molde con el tanque de vacío y se conecta la bomba para extrae el aire que quede.
4. Empieza la siguiente inyección. Cuando se completa, se cierra la válvula entre el molde y la bomba.
5. Simultáneamente se conecta el tanque de vacío a la bomba y se extrae el aire que ha entrado en el tanque.
6. Se continúa extrayendo el aire del tanque hasta que se completa la inyección, se abre el molde para extraer el producto terminado y se cierra de nuevo el molde.


##### Figura 3.2 Sistema combinado

Un sistema combinado ofrece muchas ventajas. El aire que está en el molde no se absorbe simplemente durante la preparación interna. Una vez que se pasa al tanque de vacío, es extraído durante la preparación externa. Este efectivo método de crear el vacío en el molde hace una clara distinción entre preparación interna y externa.

## **Estandarización de funciones**

Cualquier persona puede apreciar las ventajas de la estandarización de las operaciones de preparación. Una forma de alcanzar esto sería estandarizar los tamaños y dimensiones de todas las herramientas y partes de las máquinas, pero este método denominado, *estandarización de formas*, es despilfarrador: los útiles se hacen mayores para acomodarse a los tamaños mayores necesarios, y los costes suben, en consecuencia.

En contraste la estandarización de funciones requiere estandarizar sólo aquellas piezas cuyas funciones son necesarias desde el punto de vista de las operaciones de preparación. Con esta filosofía, los útiles no necesitan ser mayores ni más sofisticados, y los costes se elevan solo moderadamente.

Para llevar a cabo la estandarización de funciones, éstas se analizan y consideran una por una. Las operaciones se descomponen en sus elementos básicos, como, por ejemplo, bloquear, centrar, dimensiona, soltar, amarrar y mantener cargas. El ingeniero ha de decidir cual de estas operaciones son estandarizadas y cuales son piezas que necesitan cambios.

Aunque hay muchas formas de reemplazar un brazo mecánico el procedimiento más eficaz es sustituir la menor parte que incluya la pieza que necesita ser reemplazada.

La forma de reemplazar algo es, por su puesto, no sustituir nada. Por ejemplo, una barra de avance de una prensa de transferencia lleva a cabo tres operaciones:

* Sujeta el objeto.
* Traslada al siguiente proceso.
* Vuelve la barra de avance a su posición original.

En este caso solo la función de amarrar o sujeción debe cambiar de acuerdo con la forma, dimensiones y calidad del objeto que se está manipulando: no hay necesidad de reemplazar la barra de avance completa.

De la misma forma el mecanismo de retirada de piezas de trabajo de una prensa grande puede requerir cambios que afectan al diseño de la de la garra, que sujeta la pieza y a la longitud de la barra de extracción, que la retira.

En resumen, la estandarización de funciones eficiente requiere análisis de las funciones de cada pieza de los aparatos, elementos a elemento y el reemplazo del menos número posible de piezas.

**Tercera etapa:** *Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.*

Después de haber concluido la primera etapa (separación de la preparación interna en externa) y la segunda (conversión de la preparación interna en externa), se puede proceder a realizar mejoras en las operaciones elementales de la preparación.

### Mejoras radicales en las operaciones de preparación externa

Las mejoras en el almacenamiento y transporte de piezas y herramientas pueden contribuir a las mejora de las operaciones aunque no serán, en ningún caso, suficientes.

En el caso de matrices de prensas de mediano tamaño, hay disponibles equipos avanzados para transportar partes y herramientas. La “habitación de rejillas” es uno de ellos, y en ellas se emplean equipos automáticos para almacenar útiles en rejillas, tridimensionales. El transporte de útiles hasta las máquinas correspondientes se hace mediante cintas o transportadores de rodillo. Este tipo de sistemas automáticos reduce el número de horas-hombres necesarias para la preparación externa, pero no representa mejora alguna en la interna y consecuentemente no nos ayuda a alcanzar los objetivos del sistema SMED. Debe emplearse sólo cuando el control de un gran número de útiles pesados se vuelve complicado.

* 1. **Aplicación del SMED en la preparación interna**

## **La implementación de operaciones en paralelo**

Las operaciones de máquinas, tales como las de moldeado de plásticos, fundición a presión o las grandes prensas, llevan asociadas invariablemente trabajos, tanto delante como detrás de la máquina. Cuando estas operaciones son realizadas por una sola persona, se malgasta continuamente movimientos mientras ésta se desplaza alrededor de la máquina.

Las operaciones en paralelo que necesitan más de un operario ayudan mucho en acelerar este tipo de trabajos. Con dos personas, una operación que llevaba doce minutos no será completada en seis minutos, sino quizás, en cuatro gracias a los ahorros de movimientos que se obtienen.

Cuando se realiza una operación en paralelo, se debe poner atención especial en evitar esperas innecesarias. Además, una operación paralela concebida pobremente puede resultar en ningún ahorro de tiempo.

**Tabla 6**

**TABLA DE PROCEDIMIENTOS PARA OPERACIONES EN PARALELO**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tarea | Tiempo(seg) | Trabajador 1 | Trabajador 2 | Zumbador |
| 1234567 | 15203020602020 | Descender corredera (hasta fondo punto muerto) Retirar pernos de montaje del frente que aseguran útil superior Elevar corredera (hasta punto muerto superior )Retirar vástagos montaje mesa Mover soportes mesa Enganchar cable para transporte útil mecánico Elevador  | Prepararse a retirar pernos traserosRetirar pernos de montaje traseros que aseguran útil superior Desconectar conmutador prensa Preparar aflojar pernos de montaje que aseguren útil interior Aflojar pernos de montajes que aseguran útil interior  | sisisisisisi |
| Enganchar cable para transporte útil mecánicoMover útil metálico para montajePosicionar útil Apretar pernos traseros que aseguran útil inferior Mover grúa Ajustar recorrido corredera Preparar apretar pernos de traseros que aseguran útil superior  Apretar pernos traseros que aseguran útil superior Verificar conmutadores y medidores. Fijar palanca prensa Verificar seguridad y calidad. etc.  |
| 8910111213141516 | 302050303050201540 | Posicionar útil Apretar pernos frente qué aseguran útil inferior Mover soporte Colocar vástagos en soportes Poner correderas en punto muerto inferior Apretar pernos de montaje frente que aseguran útil superior Elevar corredera (hasta punto muerto superior Verificar acción del útil con prensa vacía Insertar material y procesar  |
|  | TiempoTotal470 seg. | Problemas a observar: (1) Cables retorcidos, dañados, o rotos (2) Movimientos verticales de los útiles mientras se intercambian (3) Presencia de cualquier riesgo  | Acciones a confirmar: 1. Apretados de pernos
2. Conmutador (en <<On>> o en <<Off >>)
3. Montaje vástagos soportes
4. Medidores
5. Verificación de calidad
 | OKsi |

El tema más importante al realizar operaciones en paralelas es la seguridad. Cada vez que uno de los operadores ha completado una operación elemental, debe señalarlo al otro u otros trabajadores. A veces esto puede hacerse gritando, pero en un lugar ruidoso como un taller los gritos son inaudibles y tienden a confundir. Es preferible señalizar con un timbre o un silbato, habiéndose confirmado de antemano las señales de marcha y espera.

En otra variante, un operario aprieta un botón en la trasera de la máquina cuando su operación ha finalizado. Esto provoca la iluminación de una luz de confirmaciónen el frontal de la máquina. Después de comprobar esto, el trabajador en dicho frontal es libre de arrancar la máquina.

Puede alcanzarse mayor seguridad utilizando un mecanismo de bloqueo que prevenga la puesta en marcha de la máquina desde e frontal, a menos que el operario en la parte trasera haya accionado un interruptor de liberación.

Los directivos dicen a menudo que el tener personal insuficiente les impide realizar operaciones en paralelo. Este problema se elimina con el sistema SMED porque sólo será necesaria una asistencia de pocos minutos, e incluso pueden ayudar los trabajadores no especializados, puesto que las operaciones a realizar son simples. La asistencia puede ser proporcionada por el operador de una máquina automática, por alguien que aproveche un tiempo en vacío entre operaciones, o por el supervisor de turno. Con un poco de inventiva pueden encontrarse muchos métodos.

### La utilización de anclajes funcionales

Un anclaje funcional es un dispositivo de sujeción que sirve para mantener objetos fijos en su sitio con un esfuerzo mínimo. Por ejemplo, el *método directo de selección* se utiliza para asegurar una matriz a una prensa. Se pasa un perno a través de un orificio en la matriz y se fija a la mesa de la prensa. Si la rosca tiene quince hilos, no podrá apretarse hasta que el perno sea girado quince veces. Aunque en realidad es la última vuelta la que aprieta el perno y la primera la que lo suelta. Las restantes catorce vueltas son un despilfarro. En las preparaciones tradicionales, se despilfarran incluso más vueltas porque la longitud del perno excede la de la pieza a fijar. Más aún, quince hilos en el perno significan que una fricción quince veces mayor que será requerida para oponerse a la resistencia de afianzamiento cuando se amarre la tuerca.

Si la misión de un perno es simplemente la de sujetar o soltar, la longitud debería determinarse de modo que solo se necesite una vuelta. El perno será, en ese caso, un anclaje funcional.



**Figura 3.3 Método de anclaje directo y perno.**

**El método del orificio con forma de pera.**

El problema implicaba aquí una gran caldera para vulcanizado. Los productos se metían en el recipiente. Entonces se cerraba la tapa y se aseguraba con los dieciséis pernos, utilizando un método de fijación directa. El gran número de pernos era necesario para soportar una presión considerable. La operación llevaba bastante tiempo porque el apretado requería girar cada perno unas treinta veces. Abrir la tapa también requería un tiempo similar, y de la misma manera, se necesitaban treinta vueltas para cada una de las dieciséis tuercas. Los movimientos necesarios para encontrar y recoger las tuercas sueltas depositadas en el lateral del recipiente convertían todo esto en una operación fastidiosa. Aunque se habían ahorrado algunos minutos utilizando un aprieta tuercas neumático, la operación sería aún incómoda.

Para mejorar esta preparación, los orificios para los pernos en la tapadera se hicieron en forma de pera de modo que cada tuerca pidiese soltarse con una vuelta.

Cuando los dieciséis pernos habían sido aflojados, la tapadera se giraba en sentido contrario a las agujas del reloj una distancia equivalente a un diámetro de perno. Esto situaba las tuercas frente al extremos más ancho de los orificios. La tapa podía retirarse ahora de inmediato con una grúa. A partir de entonces ya no fue necesario quitar las tuercas de los pernos, con lo que se eliminaba el proceso de buscarlas. En el método antiguo, las combinaciones de perno y tuerca cambiaban en cada preparación. El nuevo método resolvió también este problema (3).

##### Figura 3.4 Orificios de anclaje en forma de pera

* 1. **Estudios de tiempos con cronómetros**

El estudio de tiempos se usa para determinar los estándares de tiempo (objetivos) para la planeación, calcular el costo, programación, contratación, evaluación de la productividad, planes de pago, etc. Los estándares de tiempo pueden determinarse por medio de varias técnicas de estudio de tiempo:

* Pueden basarse en registros históricos del tiempo, tomados en el pasado para crear la tarea. Estos cálculos de tiempos históricos pueden basarse en simples promedios aritméticos o en análisis estadísticos complicados.
* Otra técnica es el uso de estimaciones realizadas, por un individuo conocedor, del tiempo que le tomaría a un trabajador calificado efectuar el trabajo, realizándolo con un nivel de desempeño aceptable.
* Una tercera técnica es la de los tiempos determinados. Aquí las tareas son analizadas de acuerdo con el contenido de trabajo y luego se “predeterminan” los tiempos para los segmentos de trabajo que sumados hacen el tiempo total de la tarea.
* La cuarta técnica y la de mayor uso es la técnica del estudio de tiempo con cronómetro.

El estudio de tiempo con cronómetro fue creado por Frederick W. Taylor antes del siglo veinte y ahora se utiliza en todo el mundo para determinar el tiempo requerido para hacer un trabajo.

El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando al un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado.

**Herramientas del estudio de tiempos con cronómetro.**

El equipo de cronometraje utilizado para hacer un estudio de tiempo varía ampliamente. Es deseable que el estudio de tiempos sea exacto, compresible y verificable. Las herramientas utilizadas en el estudio de tiempos pueden ayudar o impedir al analista el logro de esos requisitos. Algunas de las herramientas esenciales, necesarias para el analista en la realización de un buen estudio de tiempos incluye:

1. Reloj para el estudio de tiempo, con pantalla digital (electrónico) o cronómetro manual (mecánico).
2. Tablero de apoyo con sujetador.
3. Forma para el estudio de tiempos: repetitivo y no repetitivo, permiten apuntar los detalles escritos que deben incluirse en el estudio.
4. Lápiz.
5. Cinta métrica, regla o micrómetro: según sean las distancias involucradas y la precisión con la que se necesiten medir.
6. Estroboscopio: para medir el ritmo de las máquinas y equipos.
7. Calculadora o computadora personal: para hacer los cálculos aritméticos que intervienen en el estudio de tiempos.

## **Procedimiento del Estudio de Tiempos**

Una vez que se ha establecido el método, estandarizado las condiciones y los operarios se ha capacitado para seguir el método aprobado, el trabajo está listo para un estudio de tiempos con cronómetro.

**Selección del operario.** El operario estudiado es muy importante. Por esta razón, hacer un estudio de tiempos sobre el operario equivocado se puede:

* Duplicar la dificultad para hacer el estudio y
* Disminuir la exactitud del estándar.

El operario debe ser alguien que trabaje con buena habilidad y esfuerzo, y que use el método aprobado. Si el analista en estudio de tiempos aplica correctamente el procedimiento de valoración del desempeño, puede llegar al mismo estándar de tiempo final dentro de ciertos límites prácticos, aún cuando el operario trabaje de prisa o despacio. Sin embargo, desde cualquier punto de vista, es mejor si el estándar cronometrado se basa en observaciones de un trabajador efectivo y cooperativo que trabaje a un nivel de desempeño aceptable.

**Muestre los métodos de trabajo y las lecturas del estudio de tiempos.** El estudio de tiempos no deber ser considerado como un documento secreto confinado al uso del analista. Debe ser un registro exacto de datos informativos que cubren la mejor y más eficiente manera de hacer el trabajo bajo las condiciones esperadas cuando el trabajo se esté efectuando. Debe ser un conjunto de instrucciones que la pueden utilizar los supervisores y el personal encargado de preparar la realización del trabajo y también los trabajadores al desempeñar sus trabajos.

Los resultados completos del estudio deben mostrarse al operario y al supervisor. Todos los detalles se deben discutir libremente con ellos; se deben hacer estudios de comprobación sobre cualesquiera de los elementos que puedan cuestionarse, y también se debe hacer un esfuerzo para responder por completo a cualquier pregunta relacionada con el estudio. La más leve muestra del misterio o de ocultamiento de datos, lleva a la desconfianza y a las actitudes de “nosotros contra ellos” que perjudican, tanto al estudio como a las condiciones del trabajo.

**Explicación al Operario y al Supervisor.** La manera de abordar al operario desde el principio del estudio es importante. El analista debe ser cortés y sincero, mostrar reconocimiento y respeto por los problemas del operario. El analista debe ser franco al tratar con el operario sobre asuntos de las operaciones que van a estudiarse y sobre los estudio de tiempo. El analista bese ser capaz de explicar en términos claros y sin tecnicismos, todos los pasos del procedimiento real de cronometraje. El analista debe ser abierto y no ocultar nada. Todo el esfuerzo por ocultar los estudios de cronometraje pueden ser contraproducentes pues crean desconfianza en el analista y causan que el operario participe en el juego de engañar al analista.

El analista debe permanecer a un lado del operario, a menos que las tareas de este último necesiten movimientos laterales para realizar el trabajo. El analista nunca debe permanecer directamente atrás del operario mientras realiza el estudio, pues esta práctica hace que el operario se sienta inquieto y receloso sobre lo que ocurre a sus espaldas (4).