

THE SETUP PROCESS IN THE DESIGN STEP

Rodríguez Méndez, M.¹; Cárcel Carrasco, F. J.²

¹ Estrategia de producción y Seguridad S.L., ² Dpto. de Construcciones Arquitectónicas. UPV

The setup operation is an activity that you make in a productive process to prepare the machines to be able to make different products in them. This operation, very normal from always in any productive activity, has acquired great relevancy due to the decrease of the lot size of production to which any industrial process is doomed because the demand of his products is decreasing.

The design of machines or production lines always has considered its efficiency as the parameter more important to consider and it still refuses to contemplate the need to elaborate different products in the same machines, which maximizes the production time of setup operations, increasing the production global cost and increasing the production lot size.

This report presents proposes a group of elements to consider the machine design and production lines for minimizing the time of setup process, for increasing the safety of the process and to reduce the lot size to adapt to the market demand.

Keywords: *Efficiency; Productivity; Design; Flexibility*

EL PROCESO DE CAMBIO DE ÚTILES EN LA ETAPA DE DISEÑO

El cambio de útiles es una actividad que se realiza en todo proceso productivo y que permite preparar las máquinas para poder fabricar o elaborar en ellas productos diferentes. Este proceso, muy habitual desde siempre en toda actividad productiva, ha adquirido gran relevancia debido a la disminución del tamaño de los lotes de producción a la que se ve abocado todo proceso industrial al disminuir la demanda de sus productos.

El diseño de las máquinas o de las líneas de producción, que siempre se ha considerado desde un punto de vista productivo buscando altas eficiencias en la producción, aún se resiste a contemplar la necesidad que tienen las empresas de poder elaborar en un mismo equipo diferentes productos, lo cual hace que los tiempos de cambio de útiles sean largos, aumentando con ello el coste de producción y maximizando el tamaño del lote de producción.

El artículo propone un grupo de elementos a considerar en el diseño de las máquinas y líneas de producción para, minimizar el tiempo de cambio de útiles, aumentar la seguridad del proceso y reducir el tamaño de lote para adaptarse a la demanda del mercado.

Palabras clave: *Eficiencia; Productividad; Diseño; Flexibilidad*

1. INTRODUCCIÓN

La producción es una red de operaciones y procesos, entrelazados en el espacio y en el tiempo, que permiten transformar unas materias primas en productos con una utilidad determinada. Uno de esos procesos que configura esta red se conoce como Cambio de Útiles y se refiere al conjunto de operaciones que son necesarias para preparar las máquinas y los medios de producción para poder elaborar en ellos un producto diferente al que ya estaban realizando.

El cambio de útiles implica un conjunto de operaciones de intercambio de piezas, que se realiza en las máquinas para adaptarlas a las características físico-químicas del nuevo producto que se va a procesar en las máquinas. El tiempo de realización del cambio permite establecer el grado de flexibilidad del sistema productivo de la empresa y su coste repercute en el coste del producto. El cambio de útiles es un proceso que, en general, está configurado por el siguiente grupo de operaciones:

- Traslado de piezas desde el lugar de almacenamiento a la máquina donde se van a utilizar.
- Retirada de las piezas que había en la máquina, para elaborar el producto que estaba procesando.
- Colocación de las nuevas piezas en la máquina, para procesar el nuevo producto.
- Ajustar las piezas en la máquina para garantizar su correcto funcionamiento.
- Ajustar la máquina conforme a las nuevas características físico-químicas del nuevo producto a elaborar.
- Llevar las piezas retiradas de la máquina a su lugar de almacenamiento. En algunos casos se inspeccionarán y se limpiarán antes de depositarlas en el almacén para que luego estén listas cuando sean necesarias.

Las variables más relevantes que condicionan el desarrollo del cambio de útiles de forma rápida y eficiente son:

- El diseño de la máquina en el que se realizará el cambio de útiles.
- Los operarios que intervienen en el proceso de cambio de útiles.
- Los productos a procesar.
- La organización del proceso de cambio de útiles.
- Los elementos de seguridad en las máquinas.

El modelo SMED (Single Minute Exchange of Die) de mejora de cambio de útiles propuesto por Shigeo Shingo (Shingo, 1990) divide las operaciones a realizar en un cambio de útiles en operaciones internas (operaciones que se realizan con las máquinas paradas) y operaciones externas (que se realizan con las máquinas en fase productiva). Sin embargo la normativa de seguridad de máquinas impide que el acceso a elementos móviles en las máquinas no se pueda llevar a cabo mientras estos elementos estén en movimiento, por lo que no se podrá acceder a la máquina para llevar a cabo operaciones de intercambio de piezas mientras las máquinas estén en marcha. Esto hace necesario parar las máquinas aumentando con ello el coste del proceso y repercutiendo este coste en el producto. En consecuencia, el proceso productivo está perdiendo competitividad.

El cambio de útiles no solo implica cambio de piezas en las máquinas, sino que además obliga a que los trabajadores tengan que estar continuamente cambiando de herramientas con las que poder retirar las piezas ya usadas de las máquinas y usar otras herramientas para colocar las piezas nuevas en las máquinas (Martínez Sánchez, 1988). Esto está motivado por la escasa importancia que se le ha dado al cambio de útiles en la etapa de diseño de las máquinas y de las piezas.

2. OBJETIVOS

Las máquinas y líneas de producción, por regla general, se diseñan para elaborar productos bajo estándares de bajo coste y alta eficiencia. Aunque en la etapa de diseño se tenga en cuenta que en las máquinas puede procesarse diferentes productos, sin embargo no se suele tener en consideración la realización de los cambios de útiles desde la óptica del coste óptimo y mínimo tiempo de realización. También es verdad, que las cada vez más estrictas normas de seguridad dificultan el acceso a las máquinas, obligando a detenerlas en caso de querer llegar a acceder a sus elementos internos, dificultando la realización de las operaciones internas definidas por Shigeo Shingo. Todo esto hace que sea necesario que en el diseño de máquinas y líneas de producción se tenga en cuenta que la empresa que las va a utilizar tiene que elaborar en ellas diferentes productos y los cambios de útiles pertinentes ha de realizarlos lo más rápido posible y con el mínimo coste.

El diseño enfocado hacia el cambio de útiles no sólo ha de tener en consideración las máquinas sino, también, las piezas que se van a utilizar para los diferentes productos, así como las formas de fijación de las piezas a las máquinas y el uso adecuado de herramientas para la fijación de las piezas.

Se ha desarrollado un trabajo de investigación en un grupo empresarial de fabricación de cosméticos, con varias plantas en Europa del que se ha podido extraer una serie de pautas de actuación en la etapa de diseño de máquinas para poder facilitar una optimización del coste y del tiempo de realización de los cambios de útiles en dichas máquinas. El objetivo de esta comunicación es presentar este conjunto de pautas a considerar en la fase de diseño de máquinas o líneas de producción para que dichas máquinas salgan al mercado no solo pensando en una mayor eficiencia en la producción, sino que también sean más flexibles y competitivas ya que, en ellas, se podrá realizar el cambio de útiles con el menor coste y de forma rápida y segura.

3. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ÚTILES

Una máquina, desde el punto de vista de un cambio de útiles se divide en dos partes importantes: Una parte fija y una parte cambiante. La parte fija la componen los elementos que no se van a tocar durante el cambio de útiles, pero la parte cambiante es aquella a la que se accede para modificar o retirar y colocar los elementos necesarios para procesar el nuevo producto.

En la etapa de diseño de una máquina, y desde el punto de vista de un cambio de útiles, es importante conocer toda la gama de productos que se pueden elaborar en ella, así no solo se diseñará una máquina para elevados ritmos de producción sino, también, para que pueda elaborar productos diversos y de diferentes formatos, retrasando su obsolescencia. De ahí la conveniencia de que el diseño sea una etapa en donde participen también los usuarios de ella que informarán al diseñador de sus formatos y de los elementos a intercambiar durante el cambio de útiles (Echepare et al., 1997). Por ello el conocimiento del usuario debe de ser tomada en cuenta por el diseñador de la máquina, que le informará de las características físico-químicas de sus productos y, por extensión, de las piezas que va a intercambiar,

El conocimiento que el usuario puede suministrar al diseñador sobre las piezas de la máquina que van a ser intercambiadas o modificadas durante un proceso de cambio de útiles, y el diseño de una máquina enfocado, también, para el desarrollo de un cambio rápido de útiles va a retrasar en la obsolescencia de la máquina y, además, va a generar una unidad de producción flexible y competitiva (Hartley, 1994). Esta concurrencia de información en la fase de diseño supondrá para el futuro usuario:

- Un ahorro en inversiones que le permitiría dedicar capital de la empresa a la compra de otras máquinas que se adapten a otros procesos productivos de la fábrica.
- Un alargamiento del ciclo de vida de esa máquina, gracias a su fácil adaptabilidad a los formatos que exige el mercado, retrasando con ello su obsolescencia.
- Un menor coste del proceso de cambio de útiles, que pone a la empresa en una mejor situación de competitividad.
- Tener una máquina flexible a los cambios de útiles supone menor desembolso de dinero ante futuros formatos.
- Una posición competitiva en el mercado.
- Una mayor productividad.

Una vez que el diseñador dispone de toda la información, el primer punto a resolver en la etapa de diseño de máquinas, enfocado a un rápido cambio de útiles, es el acceso a esas partes cambiables de las máquinas. Este acceso debe ser fácil y sin obligar a adoptar posturas forzadas a los trabajadores y, por supuesto, respetando la normativa de seguridad de máquinas en función de su nivel de riesgo.

El segundo punto a considerar por el diseñador es la forma y tamaño de las piezas a intercambiar. Ya que en el caso de piezas pesadas y de gran volumen es compleja su manipulación, requiriendo, en algunos casos de polipastos para su izado y desplazamiento. Por ello el diseñador se planteará si esa pieza puede dividirse de forma que una parte sea fija y la otra, más manejable, sea móvil (figura 2). También, en el caso de piezas pequeñas, y cuyas posiciones en la máquina son próximas, se ha de pensar en la posibilidad de que puedan ser retiradas y/o colocadas formando una única pieza.

El tercer punto que el diseñador debe de considerar es el modo de fijación de esos elementos móviles. Shigeo Shingo ya avisaba de la importancia que tiene el que, en el cambio de útiles, se recurra siempre a la excesiva longitud de los pernos para sujetar piezas. El diseñador debe de plantearse la necesidad de que la sujeción se pueda realizar con elementos que no sean pernos, pudiendo utilizarse otro tipo (Otto et al., 1991). También en el caso de que sea necesario el uso de dichos pernos el diseñador debe plantearse el conjunto de la máquina y no utilizar pernos que requieran diferentes tipos de herramientas para fijarlos (Romagosa, 1989). Con ello minimizamos el tiempo que el trabajador invierte en la localización de la herramienta adecuada para fijar la pieza a la máquina.

El cuarto punto a considerar por el diseñador son las operaciones de ajustes. En esta fase del diseño es fundamental la información que pueda recibir del futuro usuario que le informará de los tamaños y de las propiedades físico-químicas del producto, dándole información sobre el momento en que se realizan las operaciones de ajustes. Estas operaciones pueden ser causadas por la aproximación de piezas o por la adaptación de la máquina a las características del producto a procesar. La colocación, en las máquinas, de reglas graduadas sobre la que se desplazan, y luego fijan, las piezas intercambiables minimizan los tiempos de ajustes durante el cambio de útiles.

APOYO Para el diseño	ETAPAS DEL DISEÑO		
	ETAPA	ELEMENTO CLAVE	ELEMENTO A CONSIDERAR
Usuario de la Máquina	1ª	IDENTIFICAR Y SEPARAR	<ul style="list-style-type: none"> • Parte Fija • Parte Variable
	1ª	ACCESOS	Parte variable de la máquina
	3ª	PIEZAS CAMBIABLES	<ul style="list-style-type: none"> • Forma • Tamaño
	4ª	PIEZAS CAMBIABLES	Sistema de fijación
	5ª	AJUSTES	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia • Propiedades del producto
			<ul style="list-style-type: none"> • Unión pieza-máquina. • Herramienta.
			Herramienta

Figura 1: Etapas del diseño

3.1 Consideraciones en el diseño de las piezas de intercambio en el cambio de útiles

Las piezas que se van a intercambiar en la máquina durante el cambio de útiles puede considerarse dividida en tres partes, desde el punto de vista del diseño enfocado al cambio de útiles (Rodríguez Méndez, 2003):

- Una primera **parte que se va a ensamblar a la máquina**, idéntica para las mismas piezas de los diferentes formatos, siempre que su lugar de ubicación en la máquina sea el mismo.
- Una segunda **parte que está enfocada al formato**, es la parte que, una vez colocada la pieza en la máquina, le va a dar a un aspecto diferente según la forma del producto a elaborar. Esa adaptación será función de la forma y tamaño del producto a elaborar.
- Una tercera **parte enfocada a la herramienta** que se va a emplear para acoplar ésta a la pieza y así colocarla en la máquina.

Cada una de estas partes va a influir de forma diferente en el tiempo y coste del proceso de cambio de útiles, aunque será diferente el modo en que se manifestará esa influencia. Así,

- La importancia de la parte que se va a ensamblar a la máquina reside en que va a condicionar el tiempo de intercambio de piezas. Hoy en día, el mercado ya está suministrando elementos de conexión rápida con objeto de agilizar los cambios. Sin embargo, en el caso de pernos, debemos de cuestionarnos la longitud de estos.
- La importancia de la parte de la pieza enfocada al formato reside en la forma y tamaño del formato a procesar ya que para productos diferentes pero de formatos similares, puede que no sea preciso cambiar la pieza y si hacer un leve ajuste en la máquina. Estos pequeños ajustes, generalmente, llevan menos tiempo que el intercambio de piezas.
- La importancia de la parte de la pieza enfocada a la herramienta está en que condicionarán tanto la herramienta a utilizar. Este condicionamiento se puede mitigar si la máquina, aunque tenga varias piezas diferentes a cambiar, todas las piezas utilizan la misma herramienta, para no invertir tiempo en buscar y cambiar de herramienta durante el proceso de cambio de útiles

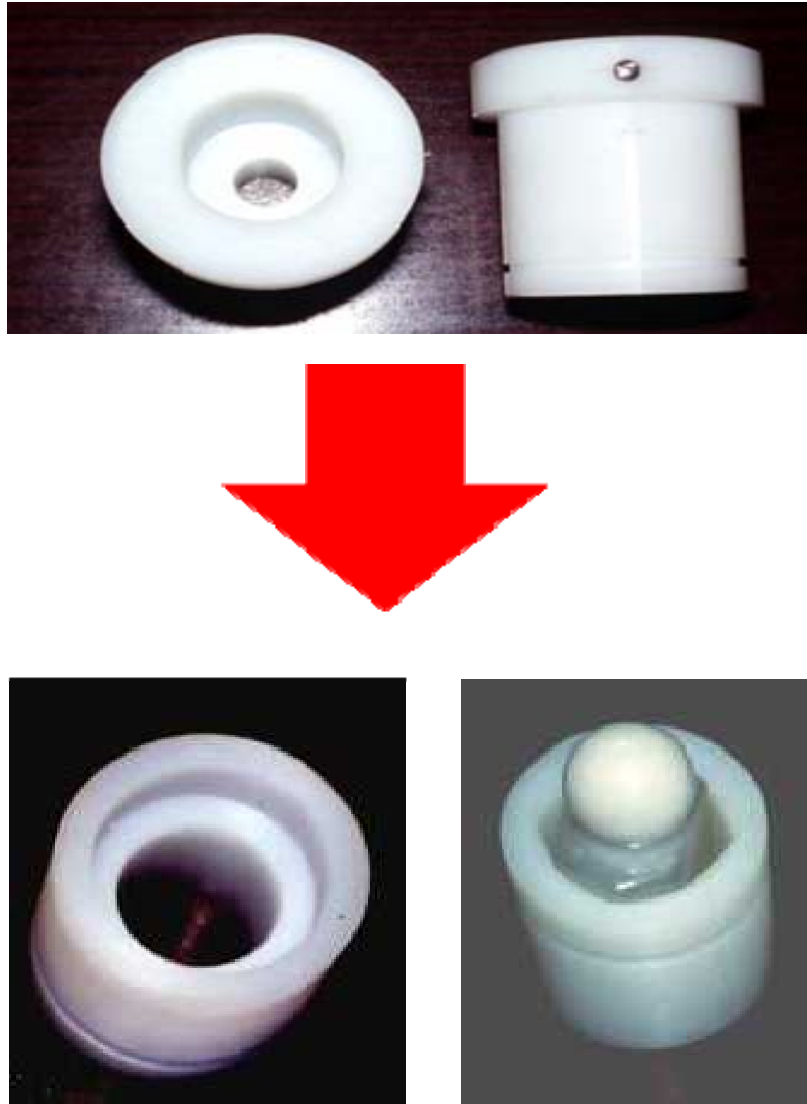


Figura 2: División de una pieza en fija y móvil

El diseñador debe tener en cuenta que una reducción del número de piezas a cambiar, concentrando funciones en una única pieza, podría significar un menor tiempo de cambio, menor espacio de almacén, y, por lo tanto, menor coste del proceso de cambio de útiles. Sin embargo, esta simplificación podría suponer un problema, ya que no siempre va a resultar un aumento del ciclo de vida de la máquina, pues una excesiva concentración de funciones en una pieza se puede traducir en un menor número de productos a procesar por la citada máquina; ya que ésta quedaría muy condicionada por la forma y tamaño del producto a elaborar. De ahí que sea primordial tener en cuenta, en la etapa de diseño, al futuro usuario de la máquina; porque su conocimiento de cómo realizar los cambios de útiles, y de qué piezas necesitaría cambiar, va a resultar fundamental en la etapa de diseño.

Un aspecto relevante a considerar en el diseño de la pieza reside en que ella esté diseñada para evitar cambiar de posición el conjunto de la máquina para acercarla al producto que va a elaborar. Por ejemplo, cuando se elaboran productos similares, pero de diferentes tamaños, una vez colocadas las piezas, el operario tiene que aproximar todos los elementos donde se han fijado las piezas nuevas. Esta operación de aproximación se elimina si esa distancia de aproximación que la máquina realiza, ya viene incorporada a la pieza que se ha colocado en ella.

3.2 Consideraciones en el diseño de las herramientas para el cambio de útiles

Durante la realización de un cambio de útiles, el operario debe de utilizar diferentes tipos de herramientas para poder retirar, colocar y fijar las piezas a las máquinas. Estas herramientas son transportadas por el trabajador a la máquina en la caja de herramientas. Cada vez que tiene que retirar una pieza de la máquina debe buscar en la caja de herramientas aquella que sea adecuada para poder desligar la pieza de la máquina, luego dejar la herramienta en la caja y cuando vaya a colocar otra pieza en la máquina, debe de buscar en la caja la otra herramienta que le permitirá fijar la pieza (Vizán, 1988).

El tiempo que suele emplearse en la búsqueda de la herramienta depende del número de herramientas en la caja, del lugar donde el operario dejó la caja. En principio no parece un tiempo considerable. Sin embargo, cuando el número de piezas a retirar y colocar en la máquina son grandes, este tiempo puede ser relativamente importante. Por ello, en el diseño de las máquinas y de las piezas a intercambiar debe buscarse elementos de unión pieza-máquina similares en toda la máquina para no tener que utilizar diferentes herramientas.

No obstante, para realizar un cambio rápido de útiles pasa por no utilizar herramientas para fijar las piezas a las máquinas. Por ello elementos de fijación manuales (figura 2) es lo más adecuado para no tener que utilizar herramientas.

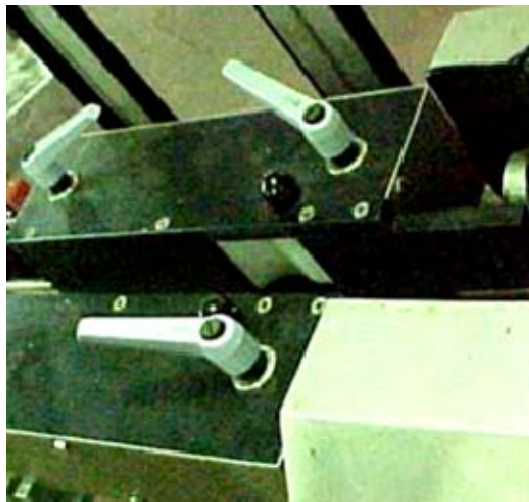


Figura 3: Elemento de fijación sin herramientas

3.3 Los ajustes

Una de las operaciones más comunes durante la realización de un cambio de útiles son los ajustes en las máquinas. Los ajustes son una de las causas principales de los elevados tiempos de realización de los cambio de útiles. Estos ajustes se realizan para lograr el adecuado funcionamiento de las máquinas y pueden considerarse dos tipos diferentes de ajustes:

- Ajustes de colocación de piezas. Tienen lugar durante la colocación de los útiles en la máquina. Durante estos ajustes se realizan operaciones de rectificación de la posición de las piezas en la máquina. Si ésta tiene varias piezas a intercambiar, las operaciones de ajustes se van realizando a medida que se coloca cada una de las piezas.

- Ajustes de funcionamiento de las máquinas. Una vez colocadas todas las piezas en la máquina se realiza un ajuste de funcionamiento de la máquina con todas las piezas en su posición

Una de las causas más importantes que origina la existencia de los ajustes es la persona que los realiza, por ello, y con objeto de minimizar esta influencia, se debe de protocolizar la realización del cambio de útiles. Sin embargo hay elementos que se deben de considerar en la fase de diseño para evitar o minimizar el efecto de los ajustes. Uno de ellos, indicados en el epígrafe 3.1, es el diseño de las piezas de modo que corrijan ellas las distancias a mover en alguna parte de las máquinas. Otra forma sería colocando en las máquinas reglas graduadas, topes u otros elementos que indiquen la ubicación de las piezas en la máquina.

4. CONCLUSIONES

El cambio de útiles es un proceso crucial en muchas empresas ya que les permite estar presente en el mercado con diferentes productos sin necesidad de invertir gran cantidad de dinero en nuevas máquinas para su elaboración. La realización del cambio de útiles también está sujeta a criterios de costes, eficiencia y seguridad igual que cualquier otro proceso productivo, de ahí que un cambio de útiles realizado de forma rápida y eficiente minimiza los costes de producción y maximiza la eficiencia que las empresas puedan obtener de sus medios de producción.

La minimización del coste del cambio de útiles y, en consecuencia, la maximización del aprovechamiento de los medios de producción depende, en gran medida, de que el diseño de las máquinas se haga no solo considerando la velocidad de producción sino también considerando la necesidad de realizar un cambio rápido de útiles. Por ello es importante que los diseñadores de máquinas tengan la información y los criterios a considerar para diseñar una máquina en donde se pueda realizar el cambio de útiles de forma rápida y al mínimo coste.

La información la va a obtener si mantiene una adecuada vía de información con el usuario de la máquina. Este le podrá comunicar los diferentes formatos que su empresa tiene en el mercado, así como sus características físicas y químicas. El diseñador también puede recibir información de los elementos de las máquinas que va a necesitar cambiar para adaptar la máquina al producto que va a procesar. Estos elementos son:

- Los elementos intercambiables deben de estar al alcance de los trabajadores de forma que no tengan que realizar posturas forzadas.
- Los elementos de fijación de las piezas intercambiables a las máquinas deben de realizarse, a ser posible, sin herramientas. Pero de ser necesarias, se debe de fijar todas las piezas de la máquina con la misma herramienta. Cuando sea necesario utilizar pernos, se debe de evaluar la necesidad de la longitud de los pernos, o por lo menos, minimizar la parte de roscado de estos.
- Los elementos a cambiar en las máquinas deben de poder manejarse con facilidad, sin necesidad de recurrir a elementos de izado y transporte.

Un diseño de máquinas o líneas de producción que no se enfoque a la realización de esta operación de forma rápida y con el mínimo coste generará una máquina no competitiva para el mercado y con un ciclo de vida reducido. Sin embargo un diseño de máquinas enfocado hacia el cambio de útiles es la clave para alcanzar los tiempos de cambio de útiles por debajo de los 10 minutos que propone Shigeo Shingo con su metodología SMED.

En la tabla siguiente se presentan algunos resultados de la disminución de tiempos y costes alcanzados unificando herramientas, eliminando herramientas y colocando reglas de ajustes. Las diferencias que se muestran en la tabla dependen del tipo de productos que han motivado el cambio.

LINEA ENVASADO	REDUCCIÓN TIEMPO (%)	REDUCCIÓN COSTE (%)
Envasado geles	15 - 35	5 - 8
Jabón	17 - 28	6 - 12
Crema dental	5 - 13	3 - 7
Gel dental	15 - 21	8 - 11

Tabla I: Resultados

5. BIBLIOGRAFÍA

- Hartley, J.R (1994). Ingeniería concurrente. Madrid. TGP-Hoshin.
- Echepare, R., Esteban, D. (1997). Ingeniería Concurrente en la producción de máquinas-herramienta. Metodologías. IMHE. Septiembre, 102-112
- Martínez Sánchez, A. (1988). Cambio rápido de herramientas: el arte de lo sencillo. Novamáquina. 142, 109-112.
- Otto, W., Panzert, B. (1991). Diseño de un dispositivo para fijación de útiles. Novamáquina. 179, 117-119
- Rodríguez Méndez, M. (2003). El proceso de cambio de útiles. La flexibilidad de una fábrica. Madrid. FC Editorial.
- Romagosa, A. (1989). Utillajes y sistemas de fijación. Novamáquina. 149, 149-159
- Shingo, S. (1990). Una revolución en la producción: El sistema SMED. Madrid. TGP Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A.
- Vizán, A. (1988). Codificación, identificación y reglaje de herramientas. Novamáquina. 142, 101-104