

Sustitución o reconversión de maquinaria en las PYME: alternativas de desarrollo

Substitution or reconversion of machinery in the SME: development alternatives

RUBÉN DARÍO BONILLA ISAZA

Ingeniero Electricista y Magíster en Ingeniería-Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Docente PC del programa Ingeniería de producción en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica. Director del grupo de investigación DEDALO, investigación en gestión tecnológica.
Correo electrónico: rdbonillai@udistrital.edu.co

Clasificación del artículo: Reflexión (Re-creaciones)

Fecha de recepción: 16 de abril de 2008

Fecha de aceptación: 12 de agosto de 2008

Palabras clave: mejora de procesos, obsolescencia, maquinarias, reconversión, modernidad.

Key words: process improvement, obsolescent, machines, reconversion, byword.

RESUMEN

En este artículo se pretende realizar un análisis reflexivo acerca de la necesidad de modernización, del sistema productivo en las pequeñas y medianas empresas (pymes), ya sea a través de la sustitución de ésta mediante un proceso de compra o intercambio, o bien, permitir su automatización a través de la reconversión de los equipos existentes. Se realiza una presentación global de la conveniencia de ello, y por consiguiente, la mejora en la producción. Se realiza un análisis técnico-económico de las bondades y diferencias que existen entre lo uno y lo otro: sustitución o reconversión, sus principios y sus técnicas.

ABSTRACT

This paper intent to bring up a realistic analysis about the needle to get a good improvement by industrial redeployment, maybe by machine substitution just buying or maybe by automation of same one by reconversion. Its shows global introductions of convenience to byword, therefore, process improvements, realize an analysis technical – economical about goodness and differences existing: Substitution o reconverting, principles and techniques.

* * *

1. Introducción

Si se recuerda que las micro, pequeñas y medianas empresas representan aproximadamente, el 97% [1] del total de las empresas que aportan al producto interno bruto (PIB) del país, sector en el cual, por lo general, se presentan escasas asistencias técnicas y de formación en diversas áreas como son: mejoramiento de la producción, innovación, nuevas tecnologías, mercadeo, motivación y administración, entre otras. Ellas (micro, pequeñas y medianas empresas) se caracterizan por presentar un moderado dinamismo de crecimiento anual inferior al PIB [2], en gran parte, debido a la obsolescencia de las instalaciones industriales y la subutilización de su infraestructura industrial. Se plantea la necesidad de modernización de su sistema productivo.

Por otra parte, las no tan recientes propuestas en América Latina dentro del contexto internacional con respecto a la producción, competitividad y exigencia de calidad que el sector productivo deberá asumir en la búsqueda de calidad competitiva en torno a los riesgos que se avecinan –TLC, Comunidad Andina de Naciones, globalización, etc.–, lo cual implica que las pequeñas y medianas empresas (pyme) de Colombia contabilicen y asuman una serie de cambios tecnológicos y compromisos de investigación y desarrollo de carácter prioritario en su sistema de producción.

Por tanto, cuando se observa y se analiza el parque de maquinaria, equipos y procesos empleados para la producción en muchas de las industrias colombianas [3], se establece que éste está formado por una amplia gama de tecnologías con una extensa participación manual en sus procesos cuyos rendimientos no son los más cercanos a un índice tal que asegure la competencia en los mercados internacionales. Dentro de este contexto se podría pretender una sustitución del parque industrial por uno de tecnología de punta, teniendo en cuenta que el Gobierno y el Congreso, según el Decreto 2394 de 2002, han creado buenos beneficios en relación con el sistema tributario y aduanero, así como la excepción de aranceles, se-

gún el Artículo 4^a de la decisión 370 del acuerdo de Cartagena para bienes de capitales no producidos en la CAN. Esta pretensión no es más que una ilusión en muchas de las pequeñas y medianas empresas del país, debido a los altos costos que ello representa, y aún siendo un poco más realistas en esta afirmación, serían pocas las empresas nacionales que entrarían en la sustitución de equipos [4].

Lo anterior no implica que se deba continuar en el estado de Morfeo tecnológico en la modernización industrial de las pyme. Existe la posibilidad de brindar alternativas de soluciones técnica y económicamente viables, para que, según el nivel tecnológico, se aprovechen máquinas aparentemente viejas; de igual manera, en cuanto a los diversos equipos y el talento humano se plantea la reconversión de las máquinas como una alternativa de modernización del parque industrial.

El presente artículo se estructura de la manera siguiente: primero, se presentan algunas reflexiones acerca de la obsolescencia; segundo, se expresan algunos planteamientos concernientes a las jerarquías de automatización aplicables a las pyme y se muestran algunas consideraciones con respecto a la reconversión de equipos; seguido, se plantea establecer un diagnóstico técnico-económico de una aplicación particular en el sector del plástico en relación con las necesidades de compra de maquinaria moderna frente a la reconversión de la maquinaria considerada como obsoleta. Por último, se muestran las conclusiones al respecto de la temática tratada.

2. Obsolescencia: ¿qué implica?

En muchos entornos industriales, cuando se habla de modernizar la maquinaria de una industria, se piensa implícitamente en una disminución de la fuerza laboral; ello se debe a que en la mayoría de los casos una máquina moderna necesita menos personal para ser operada. Por otro lado, se piensa que con la introducción de tecnología moderna se afecta negativamente el empleo. Automatización

implica menor número de personas haciendo lo mismo, con mayor calidad y eficiencia [5].

Desde otro punto de vista, la modernización también actúa en sentido contrario, ya que implica necesariamente capacitación de personal adecuado para el soporte de “lo novedoso” en la industria; además, la modernización deberá incidir considerablemente en la lucha contra la contaminación, lo que puede y debe crear ocupación laboral en otros escenarios.

Pero aún así con las consideraciones socio-laborales, las pymes deben entrar en el marco de la competitividad, por tanto, a la obsolescencia hay que contrarrestarla, o por lo menos minimizarla. El nerviosismo al respecto se presenta cuando se considera la modernización de la industria; en ello se plantean inquietudes razonables en torno a qué hacer: Compra o reconversión, y por consiguiente, la automatización de determinado sector: ¿qué modernizar?, ¿cuándo automatizar?, ¿están viejas las máquinas?, ¿cómo se puede medir la obsolescencia? [6].

Al medir la obsolescencia hay que entender que ni la antigüedad ni el tamaño son factores determinantes para desechar una máquina. Los años dejan huellas y transcurren directamente en función de la tecnología involucrada (electrónica, computación, otra) existente en una máquina de determinado modelo [7, 8]; en parte, depende del diseño y de las características de producción, del tiempo de ejecución del producto y otros factores, es decir, existe la posibilidad que una máquina antigua no se adapte a las nuevas formas de producción industrial, o que no se alcanza a disfrutar un producto cuando ya está saliendo del mercado la mejora de este [9].

Desde otra óptica, las máquinas pueden presentar una vida útil razonable y, a la vez, se pueden considerar obsoletas, ello depende, en gran medida, de la conveniencia que presente para realizar un trabajo, es decir, se pueden tomar consideraciones energéticas, de rendimiento, de repuestos, de costo de producción, etc. Hay que tener en cuenta que también la obsolescencia de una tecnología dependerá

en gran parte de la estrategia de los fabricantes para sostenerla en el mercado por algún tiempo –*obsolescencia planeada*–, término que se acuña dentro de la obsolescencia funcional; por ende, una máquina del mismo estilo puede presentar un cambio de diseño teniendo en cuenta consideraciones de ahorro energético y velocidad, por consiguiente, la máquina del mismo modelo, pero con tecnología anterior presenta un atraso tecnológico, caso de los automóviles, los computadores, etc. (por ejemplo, ver [10]). Otro es el caso de la obsolescencia económica, ya que incide considerablemente en aspectos tales como la demanda, el mercado y la competencia.

Aunado a lo anterior, una máquina pierde todo carácter de confiabilidad cuando sale constantemente de uso por daños o por escasez de repuestos; ello presenta en su disponibilidad de uso un factor negativo. A pesar de los conceptos de disponibilidad no siempre se puede establecer la confiabilidad, sobre todo en sectores industriales (pymes) que adolecen de mecanismos para determinar la relación de uso y disponibilidad [11]

También se podría afirmar que la obsolescencia en las pymes va ligada directamente con las actividades de I+D+i sobre el producto que va al mercado. Esta obsolescencia se presenta cuando las características del nuevo producto exigen consideraciones de producción diferentes al establecido, por tanto, aunque las máquinas se revistan de cierta modernidad para otras aplicaciones, en el caso del producto de la competencia no son las más adecuadas.

Por último, también se presenta la obsolescencia del factor humano, es decir, personas que se quedaron con los procesos de producción basados en el funcionamiento cotidiano del día a día, sin entrar en consideraciones de los nuevos esquemas de mejoras de la producción, de la capacidad de gestión y tecnología en la organización. De lo anterior se desprende la imperiosa necesidad de aprovechar las políticas de innovación y desarrollo hacia las pyme por parte de entidades de apoyo, de plantear alianzas estratégicas del sector académico con el sector productivo.

3. Automatización: motor de competitividad

La automatización, ya sea de equipos, de procesos o de la producción, se posiciona año tras año con mayor fortaleza, debido al motor de progreso y desarrollo industrial que juega en la esfera competitiva de una nación. Su importancia radica en la estrecha relación con los acelerados avances del control automático, de las nuevas tecnologías electrónicas, y del auge de la informática; de su capacidad innovadora en otros campos de actuación [12]; de la unificación de reglas a través de la norma IEC1131-3 [13], y, de otros factores que no sólo reducen en forma considerable los costos involucrados en la producción, sino que también involucran elementos incidentes en la calidad, servicio y competitividad, entre ellos los del capital intelectual, CI [14].

Existen diferentes soluciones de automatización industrial, de soporte y de servicio técnico en la modernización, ello requiere un análisis cuidadoso de las características de producción, del tipo de máquinas empleadas para ello, del tipo de mecanismo de las máquinas, consumo de potencia, del grado de obsolescencia [15] y un diagnóstico significativo de las pequeñas y medianas industrias y que permiten sugerir una serie de recomendaciones orientadas hacia la modernización del parque industrial de las organizaciones. Existen diversas consideraciones para expresar las clases de automatización. A continuación se presentan los niveles usuales que se pueden implementar en cualquier entorno industrial [16, 17, 18, 19].

3.1 Nivel uno: básico o elemental

Se corresponde con el asignado a una máquina sencilla o parte de una máquina, asignándole bien sea, tareas de vigilancia; o de operador (posicionamiento de piezas) o de mando (funciones de seguridad). El modo operación de vigilancia se realiza en lazo abierto y consiste en la toma de medidas a una serie de variables, procesando dicha información y emitiendo reportes diarios de ello.

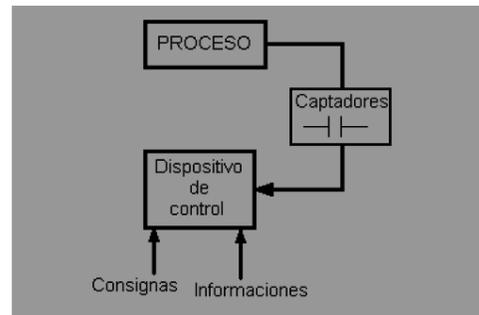


Figura 1. Nivel de automatización elemental, bucle abierto.

El modo de mando consiste, en que además de lo anterior, se ejercen acciones de control. Ésta corresponde a una estructura clásica de lazo cerrado (figura 2: la intervención humana queda excluida sólo para las tareas de supervisión).

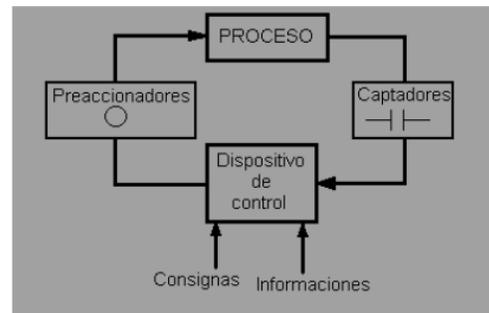


Figura 2. Nivel de automatización elemental, bucle cerrado.

3.2 Nivel dos: intermedio

Por lo general, éste ha sido el campo más amplio en el que ha dominado la automatización industrial clásica [18]. Corresponde con la adecuación y la explotación en forma automática de un conjunto de máquinas elementales. También corresponde a la automatización de una máquina compleja.

3.3 Nivel tres: supervisión

La caracterización de este nivel se entiende desde el punto de complejidad por tener varias máquinas, es

decir, un proceso relativamente complejo. En este nivel se distinguen 4 arquitecturas de control.

3.3.1 Control centralizado

Se ha aplicado tanto a procesos de variable continua como a procesos de carácter secuencial o combinados. La estructura está constituida por un computador, un interfaz de proceso y una estación de operador. Posee tanto ventajas como desventajas en cuanto al flujo de información y a la confiabilidad del sistema.

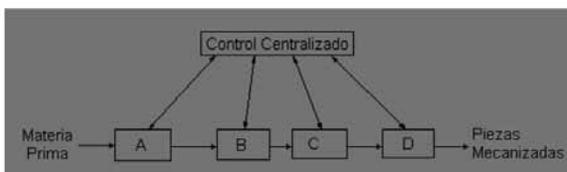


Figura 3. Control centralizado.

3.3.2 Control multicapa

Es una arquitectura de niveles, se presentan en orden de dependencia, pero, a su vez, se revisten de cierta autonomía, en la cual el nivel mayor corresponde al nivel supervisorio a través de medios computacionales. Los niveles siguientes corresponden a controles locales, de tal manera que asegure y garantice, en caso de fallos del nivel superior, cierto número de operaciones hacia el nivel más bajo de control local.

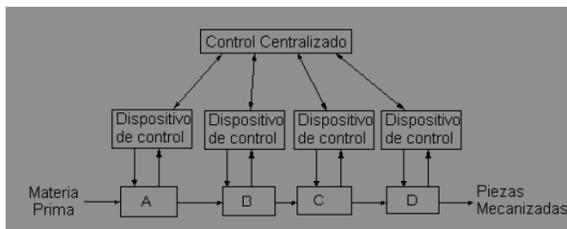


Figura 4. Control multicapa.

3.3.3 Control jerárquico

Esta estructura se implementa a raíz del desarrollo del control multicapa, se tienen en cuenta las ampliaciones de tareas de control correspondiente a las estructuras competitivas en los entornos industrializados, a saber: conceptos de planificación y gestión empresarial en la correspondiente asignación a niveles superiores en la jerarquía de control.

3.3.4 Control distribuido

En este tipo de control la fortaleza se presenta en el momento de ocurrencia de falla (sobrecarga del sistema o daños jerárquicos), por lo cual se transfiere total o parcialmente las tareas del sistema a otras unidades, ya que existen varias unidades de control y fabricación con las mismas funciones. Esta estructura presenta algunos inconvenientes como son las consideraciones de velocidad de comunicación, debido a los retardos, procesamiento de datos y comunicación directa con los controladores; pero, asimismo, posee grandes ventajas como son el traslape o bypass a las unidades problemáticas, minimización del bloqueo, facilidad de interacción con la estructura de control jerárquica y otras que conllevan a considerar el sistema fiable [16].

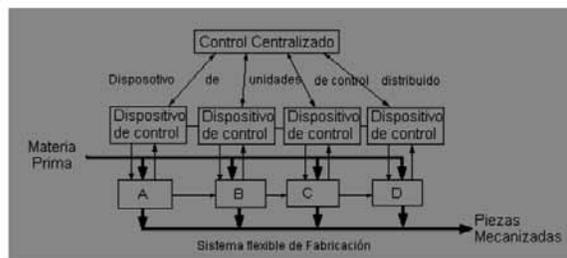


Figura 5. Control distribuido.

3.4 Nivel cuatro: CIM (Computer Integrated Manufacturing)

En este nivel se contempla la integración de temas fundamentales como son: planeación, programación, control, calidad, gestión empresarial y gestión

administrativa, entre otros. Este tipo de arquitectura reviste cierto costo, tiempo de ejecución y manejo detallado de las actividades; no obstante, se acuña en torno a ello el siguiente axioma: “La planificación del CIM ha de hacerse de arriba hacia abajo, pero debe implementarse de abajo hacia arriba”.

3.5 Nivel cinco: redes inteligentes (ISNs') [20, 21]

En el área de sistemas inteligentes de control de fabricación, se reconoce la necesidad de establecer mecanismos de operación de máquinas más seguros que los tradicionales de cableado; de implementación de niveles de seguridad de integración (SIL²) en PLCs y otros componentes; de alguna forma de agregación jerárquica “suave” en sistemas del mundo real, los cuales deben permanecer comprensibles, mientras se expanden en un amplio rango de escalas temporales y espaciales. En este nivel se tienen en cuenta varias plataformas de control inteligente de redes, entre ellas se tienen: PROFIsafe, SafetyBUS p, DeviceNet safety, EtherNet/IP safety y AS-Interface.

3.6 Reconversión: una opción para las pyme

Cuando se habla de modernización, algunas empresas tienen la opción de deshacerse de las máquinas antiguas adquiriendo nuevas; por el contrario, otras quieren reconvertirlas y dejarlas en buen funcionamiento y, por último, están aquéllos que siguen trabajando de la misma manera. A este último sector lo constituyen las empresas que representan un alto porcentaje en muchas pymes de América Latina. De modernización se habla por la necesidad de renovar el parque de maquinaria existente en la cadena productiva.

La automatización de la máquina “antigua”, llámese reconversión, es dejar la máquina “casi nueva” [7],

sin dejar de lado las especificaciones técnicas del modelo original; en ello es importante destacar que para equipos cuyos componentes son de acero de un volumen y peso admirables, éstos se dejan relativamente igual, y la consideración con respecto a los demás componentes es que se deben actualizar o se deben incorporar nuevos [22]. La razón fundamental para ello es la siguiente: por un lado, el mayor costo lo presenta la estructura, debido a la fundición y tratamiento del acero, y por otro lado se debe tratar de conservar la pericia y buen manejo de la máquina existente [7, 23].

En la reconversión de una maquinaria, hay que tener en cuenta que la inversión en una máquina está en función del modelo, capacidad de la máquina y tecnología, y no de su estado, ya que con el proceso de renovación la máquina debe quedar como nueva a precios más asequibles a la venta industrial. Otra ventaja interesante de la reconversión es que no entra en competencia con la maquinaria nueva, ya que utilizar maquinaria nueva o usada viene determinado por el tipo de pieza que se quiere fabricar. Se considera que la maquinaria reconvertida tiene su espacio en los sectores en los que no hay una exigencia de adaptación de las últimas tecnologías en temas de producción o transformación, tal como se presentan en diversos sectores, pero sí incidentes en la calidad del producto y su competencia en el mercado. Además de lo anterior, se tiene en consideración factores como los de amortización y depreciación de maquinarias, ya que en cálculos de presupuesto, estos factores inciden en la vida útil del proyecto [24].

3.7 Guías para el cambio de maquinarias [6, 22]

Resulta difícil determinar la confiabilidad de una máquina debido a que factores como el mantenimiento, la operación, y la capacidad de uso determinan la confiabilidad de ésta, sin embargo, existen otros factores que pueden determinar el cambio o la reconversión; para ello se establecen cinco razones muy importantes para identificar las acciones por seguir, con respecto a una máquina; éstos son:

¹ ISN: Intelligent Safety Networks

² SIL: Safety Integrity level

re-creaciones

- El costo acumulado promedio por unidad de uso ha alcanzado su punto más bajo y está aumentando: No debe tener excedencia del costo anual.
- La máquina es obsoleta en tecnologías electrónicas e informáticas en comparación con los modelos nuevos: Se observa la eficiencia y la capacidad.
- La máquina perdió su confiabilidad para trabajar: sale constantemente a reparaciones, se mira la periodicidad de daños y la eficiencia de uso después de reparaciones.
- La máquina está desgastada: repuestos costosos, cuidado de uso, trabajo, etc.
- El aumento en el tamaño de una operación hace que la máquina sea demasiado pequeña para efectuar el trabajo en el tiempo requerido: observar potencia y capacidad.

Con el objeto de brindar un mejor entendimiento de los conceptos emitidos, se presenta una situación global, en una curva de costos vs edad., y posteriormente una sencilla fórmula de cálculo.

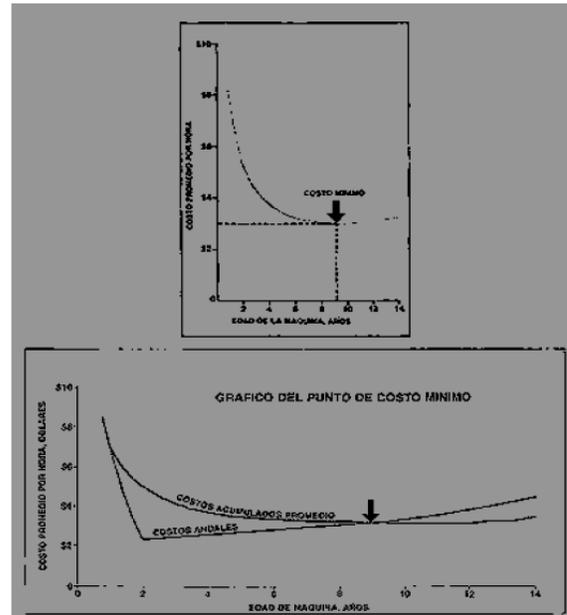


Figura 6. Gráfica de costos vs años de uso
Fuente: John Deere Co.

3.8 Cálculo de la duración de la máquina [6, 22]

Se tienen en cuenta en ambientes industrializados típicos o de funcionamiento regular, cuyo promedio de uso se asemeja al estandarizado [23]; sin embargo, se pueden extrapolar a entornos de las pymes, ya que éstas cuentan con maquinarias de idéntico tráfico de funcionamiento. Algunas de las consideraciones útiles para observar el desgaste de la máquina es establecer el menor costo de operación y establecer la obsolescencia que se presentan a continuación:

- Menor costo de utilización. Factor de seguridad del equipo.
- Edad temprana de reposición.
- Uso promedio anual, horas reales de uso y capacidad de uso.

A = Máquina A

O = Obsolescencia: seis a diez años; no es estandarizada, depende de lo enunciado anteriormente.

MC = Menor Costo: N° X horas. Calculada por costo acumulado promedio (gráfica = 9.5 años).

Dg. = Desgaste: N° Y horas según vida útil. Por ejemplo: 500 hr/año, en 10 años Dg = 5000 horas.

TRp = Tiempo de reposición.

Para el cálculo de la edad más temprana de reposición se tiene en cuenta el menor costo de uso:

$$TRp = \frac{3}{4} * \frac{MC}{2}$$

No olvidar la depreciación del equipo, dependiendo del uso a lo mejor se alcanza la reposición antes de que sea obsoleto o depreciado.

4. Inyectora de plástico mir: análisis técnico-económico

La empresa Moldes & Servicios realiza trabajos de metalmecánica para diferentes sectores académicos y en la elaboración de sus productos requiere de sistemas de inyección de plástico a niveles industrializados. Debido a la diversificación de sus productos y a la ampliación de contratos, la empresa decide solicitar la revisión y análisis de su parque de maquinaria.

En el diagnóstico se establece la necesidad de mejorar su sistema de producción para cumplir con los pedidos. Para ello la empresa tiene las opciones de adquirir nueva maquinaria (sustitución) o mejorar la existente (reconversión). Desde el punto de vista de ingeniería se determina realizar la automatización a nivel dos, debido a que la máquina MIR se revierte de cierto grado de complejidad en su funcionamiento, teniendo en cuenta en ello otros aspectos de carácter tecno-económicos y las respectivas fórmulas de cálculo de la sección 3.8 y 3.9, en las cuales se podría establecer un costo considerable de mantenimiento de una maquina similar con tecnología antigua.

A continuación, se presenta la maquina MIR (foto 1) para el desarrollo de la consideración de modernización de ésta con tecnología reciente.

4.1 Planeación de reposición

El objetivo fundamental en este apartado es mostrar la importancia de utilizar los conceptos académicos de la teoría de la automatización en cualquier sector de las pymes, así como presen-



Figura 7. Máquina MIR inyectora de plástico.

tar la conveniencia de sustituir o reconvertir una maquinaria cualquiera de un determinado sector. La alternativa se establece a través de analizar las consideraciones económicas que entran en juego. Aunque la inversión en maquinaria es de gran relevancia, por lo general, el productor no realiza estudios o análisis de los costos de operación de ellas. Hay que tener en cuenta que el índice de uso afecta la eficiencia física y los costos de producción [24,25]. Existen varias aproximaciones para determinar el valor de las consideraciones económicas, las más importantes a la hora de decidir son: costo, mercado e ingreso. El costo de reposición de la máquina se hace en relación con el avalúo que tiene la máquina de la misma clase en condiciones nuevas. Está en función con los costos de insumos y la utilidad de la inversión, también con el costo de mantenimiento, depreciación, rendimiento, uso y vida útil.

4.2 Conceptos de cálculo

- Valor Inicial (VI): valor de compra de la maquinaria o equipo (sin IVA).
- Valor Final (VF): valor residual de la maquinaria o equipo una vez terminada su vida útil. Se considera un 10% del valor inicial.
- Vida Útil (VU): periodo expresado en años o en horas en que una máquina, equipo o

implemento puede ser utilizada con fines productivos.

- Costos directos variables: son necesarios para el funcionamiento de una máquina. Solamente existen en la medida en que ésta se utilice. No obstante, aunque una maquinaria se mantenga sin uso, se incurre en algunos costos de mantenimiento y sufre algún grado de obsolescencia. Costos cambiantes con el uso u operación: energía, operación, y mantenimiento, y reparación. Dentro de estos costos se consideran:

- Mantenimiento y reparación: el uso de una máquina significa desgaste, que debe ser compensado con un adecuado mantenimiento y reparación, para que funcione normalmente. el % (coeficiente) varía según la maquinaria y uso [26,27]. Fórmula:

$$MRp = \frac{\% (\text{coeficiente}) * VI (\text{nuevo})}{\text{Uso Anual}(\text{hrs})}$$

- Imprevistos: el 5% del total de los costos.
- Energía: gasto energético de operación.
- Costo total por hora: es la suma de costo variable y costo fijo por hora.
- Costos directos fijos por hora: corresponde al costo directo fijo anual (seguro e interés al capital) dividido por el número de horas efectivamente trabajadas en el año, y depreciación.
 - Depreciación: es la pérdida de valor o capacidad productiva de la maquinaria en el tiempo, especialmente por el uso que se le ha dado. Ocurre por dos razones: antigüedad y desgaste. Existen varios métodos para el cálculo de la depreciación, sin embargo, se recomienda el método de depreciación lineal, para el que se utiliza la siguiente fórmula.

$$Dep = \frac{VI (\text{nuevo}) - VF(\text{residual})}{VU (\text{hrs})}$$

- Seguro: se considera un 2% anual sobre el valor promedio.
- Interés: se calcula según valor de la máquina y condiciones, similar al valor anual X de costos de seguros por siniestros. La fórmula es la siguiente:

$$I = \frac{VI (\text{nuevo}) + VF(\text{residual})}{2} * t, \%$$

donde t = tasa de interés

Existen diversos factores para decidir si comprar o automatizar la máquina “vieja”, pero no existe una fórmula única que la determine, sin embargo, si se dispone de cierta información que sea útil se establecen parámetros y criterios de selección, lo que obliga a implementar un control de gestión apropiado. Lo correcto será analizar cada situación, incluyendo en el análisis los elementos relevantes mencionados en función de cada proyecto.

Para el caso de la MIR, una máquina nueva similar cuesta aproximadamente \$ 400'000.000; una reconstruida importada cuesta alrededor de \$280'000.000. Al realizar el análisis económico descrito en los párrafos anteriores y en comparación con los costos de recuperación de una similar, se establece la conveniencia de automatizar la existente con tecnología actualizada en los sistemas de control; este análisis arroja un ahorro considerable de capital. La estructura mecánica se conserva igual, pero el nivel de monitoreo y control se implementa con PLC de alta gama, con la aplicación de módulos de expansión para el monitoreo y control del sistema óleo-hidráulico, del control de velocidad del inyector, y del control de temperatura para el proceso. En este análisis se estudian los costos de los equipos que se van a implementar en la reconversión, cuyos valores se estiman aproximadamente en \$25'000.000, el

costo de mano³ de obra se establece en \$6'800.000, y el valor de compra de la maquina en el estado actual (obsoleta) es de \$ 50'000'000, para un total⁴ de \$81'800.000 en comparación con la nueva. Es de anotar que la máquina reconvertida se cotiza en \$155'000.000. [6, 7,27].



Figura 8. Máquina MIR actualizada.



Figura 9. Panel de control moderno.

5. Conclusiones

Las pymes de Colombia deben y tienen que entrar en la competitividad de sus productos, tanto a nivel nacional como internacional. Las pequeñas y medianas empresas del país deben competir y subsistir a la “amenaza” que se suscita con la globalización; éstas tienen que entrar en la modernización de su sistema productivo. La automatización de las pymes en el país es una realidad ineludible e inminente,

por consiguiente, el análisis económico que ello encierra debe ser conciso a la hora de automatizar. Se hace imprescindible resaltar que las consideraciones de modernización del parque industrial de las pymes beneficiaría a un amplio sector del sistema productivo colombiano, el cual, como se mencionó al inicio de este artículo, constituye aproximadamente el 97%; en general, se beneficiarían pymes del sector del plástico, muebles y madera, calzado, confecciones y autopartes entre otras.

La modernización de las pymes se debe realizar a través de un esfuerzo conjunto entre varios sectores y el académico no escapa a ello. Con la participación de los diferentes grupos de control y automatización de las universidades, se podrían brindar alternativas de soluciones económicas, es decir, implementando soluciones de control industrial en los equipos de producción, al igual que la adaptación de tecnologías de punta en las diferentes máquinas; el otro sector, el gubernamental, debe brindar los beneficios potenciales para la modernización industrial con la inyección de capital y rebaja de aranceles a los sub-sectores que se comprometan en estas tareas por el simple y sólo deseo de subsistencia económica

Desde otro punto de vista, dado que en la industria la producción se considera en dependencia de insumos de otros proveedores, se estima de gran importancia el planteamiento de políticas de mejoramiento continuo a las empresas involucradas que actúan directa e indirectamente, lo cual, de alguna manera, afecta el cambio tecnológico en el entorno en el cual operan. Según los informes del Banco Mundial con respecto a la capacidad que un país necesita para incorporar tecnología, se presenta igual relación que la que se necesita para crearla. Lo importante es saber qué tecnología es la que hay que incorporar, cómo es el proceso de adaptación y de sostenimiento de ésta, qué tipo de mejora e innovación incorpora, y adicionalmente hay que saber dónde comprarla, cuáles son las técnicas de diseño y fabricación.

³ Por ser proyecto de grado de investigación.

⁴ En los costos no se incluye pintura, ni tratamientos y otros factores, solo la automatización básica.

En todas estas situaciones hay que tener conocimiento y capacidad en ciencia y tecnología. Dada la necesidad planteada dentro del entorno industrial, se estima conveniente la consideración de un cuidadoso análisis de las diferentes técnicas para la reconversión y automatización de maquinaria dentro de los procesos de modernización industrial, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Estudio de los parámetros de medida de obsolescencia de los equipos de producción en las empresas.
- Análisis de teoría energética para los procesos de automatización.
- Técnicas de inteligencia computacional aplicables a dichos procesos.
- Toma de decisiones con respecto a la modernización por implementar.
- Análisis de la teoría de control de procesos y de la posible transferencia tecnológica susceptible a utilizar en un proceso dado.
- Desarrollar y aplicar como resultado final una metodología como herramienta sustancial de ayuda en los procesos de automatización.

Referencias bibliográficas

- [1] Plan de desarrollo de las ciencias y las tecnologías en Colombia. Disponible en: [<http://www.colciencias.gov.co/divulgacion/pdfs/informe17n2.pdf>]
- [2] A. Zerda S., *Ciencia y tecnologías en el plan de desarrollo*. Disponible en [www.scielo.org.co/pdf/ceco/v22n39/v22n39a11.pdf]
- [3] W. López, *Desarrollo Tecnológico en Colombia*. Ensayo. Uninacional.
- [4] I. Bonilla & D. Rubén, “Reconversión de maquinaria: Una realidad inminente en las pyme”. *Revista de la facultad de ciencias-técnicas e ingeniería*, N° 1, 2004, pp. 21-26.
- [5] R. Piedrahita M., *Ingeniería de la automatización industrial*. Alfaomega, 2004.
- [6] R. Hazelton, *Cuando cambiar maquinaria por un equipo nuevo*. Presentado en conferencia. Disponible en [www.jhondeere.com] y [ftp://ftp.plus.es/revista/200704/az_docu.pdf]
- [7] M. Torres, *Italprensas Sandretto reconvierte maquinas para Europa del este*. Disponible en [<http://recsac.sandretto.es/conferen/sistemasautomaticos.htm>].
- [8] EIWISA'05. IV jornadas de enseñanza vía Internet/Web de la ingeniería de sistemas y automática. Disponible en: [http://cedi2005.ugr.es/simposio_s23_EIWISA.shtml]
- [9] “Una locura”. *Automática e instrumentación*, N° 375, Editorial, Tecnicpublicaciones, 2006.
- [10] E. Braun, *Tecnología rebelde. La continuación*, Tecnos, Madrid, 2001.
- [11] Relia Software. *Mantenimiento: disponibilidad y uso de maquinaria*. Presentado en conferencia. Disponible en [www.relia.com.br/disponibilidad/manto.html]
- [12] C. García, “Optimización energética, seguridad y confort tiran del mercado”. *Automática e instrumentación*, N° 375, 2006, pp. 12-16.

- [13] G. Lenza, *PLC: interconexión entre ellos*. Disponible en: [<http://www.lucas-nulle.com/archive>]
- [14] E. Román, “¿Es el valor futuro del capital intelectual la preocupación fundamental?”. *Revista Tecnura*, N° 20, 2007, pp. 150-153.
- [15] simcrom. *Mantenimiento: Uso y abuso de maquinaria*. Presentado en conferencia. Disponible en [www.simcrom.com.br/disponibilidad/manto.html]
- [16] L. Acebes, R. Alves, A. Merino & C. De Prada, “Un entorno de modelado inteligente y simulación distribuida de plantas de proceso”. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial*, Vol. 1 No. 2, 2004, pp. 37-52.
- [17] D. González de & J. Mari, *Automatización de Procesos Industriales. Ingeniero de Organización*. Dpto. I.S.A., EUITI e ITT - UPV/EHU. Victoria - Gasteiz. 2002.
- [18] M. Groover, *Fundamentos de manufactura moderna*. Prentice Hall, México, 1997.
- [19] V. Moreno, *El control y la automatización industrial*. Ed. Paidós, 1997.
- [20] A. Giret & V. Botti, *Metodología multi-agente para procesos industriales*. Disponible en [http://dsic.upv.es/conferen/sistemas_informaticos_computacion.htm]
- [21] E. Nabrotzky, “Intelligent Safety networks”. *Revista Control Engineering*, Vol. 53, N° 7, disponible en [<http://www.controleng.com/archive>]
- [22] Orozco Pardo asociados. *Llego la hora de la reconversión industrial*. Tecnos, 2003.
- [23] F. Artigue, *Colombia: cada vez mas cerca de la automatización*, 2005. Disponible en: http://www.metalmecanica.com/pragma/documenta/metalmecanica/secciones/MM/ES/MAIN/IN/ARTICULOSREPORTAJESHOME/otros_articulos
- [24] H. Baumgartner, *CIM, consideraciones básicas: Automatización de la producción*. Marcombo, 2005.
- [25] J. Sábato, *Ingeniería de diseño de empresas y fábricas*. Disponible en: [http://jaibana.udea.edu.co/producciones/Heberto_t/tecnologia_adecuada.html]
- [26] G. Spinnler, *Introducción a los ejercicios de Diseño y Construcción de Maquinas*. Fondo de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Medellín, 1998.
- [27] P. Orlov, *Ingeniería de Diseño Tomo I*. Editorial MIR, Moscú, 1985.
- [28] Albizuri, G. *La política científico-tecnológica como política social*, 1987.
- [29] F. Suárez & Y. Felcman, *Tecnología y organización, un aporte para el análisis de las tecnologías administrativas*. Bogota, 1975.
- [30] G. Pérez, *Obsolescencia en maquinaria industrial. Casos de análisis*. Disponible en: <http://www.festo.com/INetDomino/es/es/19e89c4224e227d9c1256c94003361c8.htm>
- [31] M.P. Groover, *Automation, Production systems and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall.
- [32] H. Vangheluwe. *Modeling and Simulation Concepts*. McGraw Hill, CA CS 522 Fall Term 2001.