

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN AVANZADAS, TECNOLOGÍAS ESTRATÉGICAS

Ricardo Echepare

Catedrático y Director E.U.I.T.I.

San Sebastián UPV/EHU

Palabras clave: Últimas tecnologías de fabricación, tecnologías estratégicas, tecnología y productividad.
Nº de clasificación JEL: D24, O14, O33.

0. INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica producida por la introducción de la microelectrónica y la informática principalmente, así como los cambios organizativos consecuencia de ésta introducción, afectan a todos los sectores económicos, con particular incidencia en el sector industrial. A nuestro juicio dentro del impacto de las nuevas tecnologías en el sector industrial, una de las áreas más afectadas va a ser la fabricación mecánica, entendida en su más amplio sentido, en la que se pueden prever importantes modificaciones a escala de empresas y sectores. La participación de los sectores afectados por la fabricación mecánica en la economía vasca nos lleva a la consideración de estas tecnologías como estratégicas y en consecuencia merecedoras de análisis singular.

1. TECNOLOGÍAS Y SECTORES AFECTADOS

Las Tecnologías objeto de análisis engloban la transformación de metales y otros materiales (plásticos, madera, ...) por arranque de viruta y deformación, así como procesos asociados como el acabado, soldadura, montaje, etc.

Se trata de tecnologías de aplicación multisectorial y básicas, en lo que en terminología anglosajona se ha dado en llamar industrias manufactureras, esto es, industrias que aplican procesos

discontinuos o divididos en operaciones.

Los sectores afectados van desde la industria del automóvil o el electrodoméstico hasta la construcción de maquinaria, aunque la evolución afecta de una forma diferente a unos u otros sectores, en función del volumen de producción y del tamaño de las series. La mayor incidencia se produce en sectores que trabajan por lotes y, entre éstos, en los que lo hacen en lotes pequeños o medios. Estos sectores representan el 75 por ciento del trabajo en fabricación mecánica.

Las tecnologías puestas en juego en la industria manufacturera, han iniciado a partir de los años 70 la evolución más importante de su historia. La difusión de equipos de producción avanzados, surgidos de la aplicación de microelectrónica y la utilización de nuevos conceptos organizativos, están orientando un proceso por el cual los sectores que trabajan en pequeña serie se aproximan en modos de producción a los tradicionales sectores de fabricación en masa, aplicando medios de producción automáticos.

Los equipos de producción avanzados comprenden máquinas-herramienta con Control Numérico (C.N.), células y sistemas flexibles con transporte, manutención y control integrados, robots industriales, diseño y fabricación asistidos por ordenador, redes locales de comunicación e informática industrial en su más amplio sentido.

Las ideas organizativas pasan por la Tecnología de Grupos como filosofía de análisis y base de desarrollo de software, por la fabricación celular orientada a familias de piezas, la integración gestión-fabricación, o incluyen técnicas que permiten aproximarse al stock cero, o al tiempo de cambio cero, esto es a la flexibilidad absoluta.

2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y ESTÍMULOS PARA EL DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN

La fabricación es la principal fuente de riqueza de las naciones industrializadas, pues aunque representa del orden de la tercera parte del PIB, al suponer los servicios del orden de la mitad del mismo y no ser estos creadores de riqueza en un sentido estricto, resulta que la fabricación determina del orden de los dos tercios de la riqueza creada.

La incidencia económica de los sectores afectados por las tecnologías de fabricación avanzadas se pone de manifiesto por los siguientes índices:

- representan en la CEE el 60 % del valor añadido industrial.
- representan en la Comunidad Autónoma del orden del 40 % del V.A.B.
- los costos de mecanizado por arranque de material (una de las tecnologías considerada) suponen en un país industrializado cerca del 5 % del PIB.

Los estímulos para el desarrollo de las Tecnologías Avanzadas se sitúan, por

una parte, en la perspectiva de cambios estructurales que afectan tanto a la evolución de productos y mercados como a la evolución de los costos, y por otra, en la perspectiva de la optimización de los recursos económicos implicados en la fabricación.

Los productos y sus mercados se caracterizan por un incremento de la variedad, una disminución de la vida de producto, una mejora de la calidad y una exigencia de reducción de plazos de entrega.

Los costos tanto de personal, como de material y maquinaria tienden a crecer, mientras los costos de automatización e informática presentan una tendencia decreciente.

La optimización de los recursos implicados en la fabricación pasa por la reducción de inmovilizado y la productividad.

Hoy la tecnología es el factor determinante de la productividad en la industria manufacturera. Estudios de Denison, Kendrick y Christenssen, reducidos a términos comparables por Morrison y recogidos en el cuadro n° 1, muestran la incidencia de mano de obra, capital y tecnología en el incremento de productividad.

3. LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA. SITUACIÓN EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS

Los ejes de la evolución tecnológica en curso son la automatización flexible, la idea de integración de medios de producción y la consideración del proceso de fabricación como un proceso de tratamiento de información.

Cuadro n.º 1. Contribución al incremento de productividad

	Mano de obra	Capital	Tecnología
Denison	18 %	20 %	62 %
Kendrick	10 %	18 %	72 %
Chrisenssen	14 %	42 %	44 %

Fuente: Merchant (Anales del CIRP-1983).

Esta evolución en el pasado más reciente ha estado centrada en desarrollos puntuales y en dotar al sistema de fabricación de medios automáticos y flexibles, que han permitido mejorar la productividad, los costes de producción y la calidad a escala de puesto de trabajo.

En la actualidad y en el futuro, los esfuerzos de desarrollo van más en el sentido de integrar estos medios automáticos y flexibles en un sistema de fabricación automático y flexible en su conjunto, capaz de reaccionar con un tiempo y costo de respuesta mínimos, a variaciones cuantitativas y cualitativas de la producción y con unos costos competitivos con los medios convencionales.

Si en el pasado las soluciones de automatización se han centrado en lo que por semejanza con el lenguaje informático podríamos denominar «hardware» de la fabricación, esto es, la ejecución material, hoy la evolución afecta al componente «soft» de la fabricación, esto es, al estudio previo (diseño, planificación del proceso y planificación de operaciones). La automatización de esta fase recurre a la informática como técnica básica; y es que, en un análisis último, la fabricación de una pieza es esencialmente un proceso de tratamiento de información que comprende la selección, análisis, creación y modificación de datos.

Hasta la aparición de la automatización flexible e «inteligente» la información se elaboraba, procesaba y presentaba en los más diversos soportes (planos, hojas de proceso, utillajes, modelos de copiado) y se integraba en el proceso último de ejecución por el operario. A partir de la posibilidad de mecanizado con C.N., tanto el nivel y el tipo de información como el soporte último han experimentado un cambio sustancial acercándose, tanto el lenguaje como el soporte, a los lenguajes y soportes utilizados en máquinas de proceso de datos y posibilitando el desarrollo en curso.

3.1. Control Numérico

El C.N. de las máquinas-herramienta es pues el desarrollo de mayor impacto en

un pasado reciente y punto de partida de la evolución de la tecnología de fabricación.

El C.N. rompe la imposibilidad de aunar automatización y flexibilidad. Aunque estructuralmente no se trate de una aplicación de ordenador de proceso, funcionalmente se aproxima a un ordenador de proceso variable. La máquina C.N. recibe en un soporte adecuado (cinta perforada, magnética, diskette, ...) o desde un ordenador, la información geométrica y tecnológica para ejecutar una pieza y reacciona a esta información produciendo y controlando los movimientos de ejecución del proceso.

El C.N. ha evolucionado en un doble sentido desde los primeros ensayos de finales de la década de los cincuenta. Por una parte, la aparición de la microelectrónica ha llevado a una simplificación extrema de la utilización de las máquinas, que hoy aceptan y tratan una información en lenguaje próximo al habitual en el taller, almacenan programas diversos y permiten su modificación. Por otra parte, la evolución ofrece la posibilidad de integración de las máquinas en un sistema de diseño y fabricación asistidos por ordenador o en sistemas automáticos de trabajo sin supervisión por la aplicación de medios de autovigilancia, de cambio de herramientas y piezas, detección de anomalías funcionales, etc.

El C.N. va a seguir siendo elemento esencial del desarrollo de las técnicas de fabricación avanzadas y su evolución va a seguir probablemente en tres líneas: mejora de características funcionales (control térmico, medida directa de piezas, sustitución de herramientas desgastadas, control adaptativo), simplificación de la utilización (programación, lenguajes, comunicación con el exterior, correcciones, etc.) e integración en sistemas de más alto nivel.

Desde un punto de vista de difusión la proporción de máquinas con C.N. representan desde un 4,7 por ciento del total del parque en EE.UU., hasta un 1,6 por ciento en Francia (referencia 1.980).

La producción ha evolucionado en los últimos años de la forma siguiente:

Cuadro n.º 2. **Producción de máquinas con C.N.**

	1975	1980	1983
Japón	2.182	28.052	26.398
EE.UU.	4.136	8.856	8.000
RFA	1.085	4.743	8.000
Inglaterra	739	1.240	1.800
Italia	800	2.700	3.000
Francia	500	1.100	1.300

Fuente: JETRO, IPA, CECIMO.

El crecimiento de la demanda en los últimos años ha sido del orden del 25 por ciento anual en los países de la CEE, del 35 por ciento en EE.UU. y del 50 por ciento en Japón.

3.2. Robots industriales

Si el C.N. es el elemento esencial de desarrollo del mecanizado, el robot industrial lo es de otras operaciones (manutención, pintura, soldadura, montaje, ...). El término robot se ha utilizado en un sentido amplio para definir una serie de elementos de automatización y esta definición amplia dificulta el análisis de su evolución. Un robot es un manipulador (de piezas, herramientas o dispositivos especiales) con programación variable, multifuncional y, por lo tanto, flexible.

La evolución de la implantación de robots en los países industrializados muestra que, tras un despegue relativamente lento, se ha producido un crecimiento exponencial como se observa en el cuadro n.º 3 que recoge la estimación del parque de robots en diversos países.

En cuanto a distribución sectorial, la industria del automóvil es en general (con la excepción de Japón y Suecia), donde mayor penetración ha tenido el robot industrial. El cuadro n.º 4 recoge la distribución sectorial de robots en cuatro países.

Las previsiones de futuro sitúan el crecimiento de la demanda alrededor del 25 por ciento, con una modificación importante de las aplicaciones, en las que

habrá un desplazamiento hacia aplicaciones más complejas como el montaje o la soldadura por arco, lo que si se produce tendrá como consecuencia una penetración en sectores distintos de los actuales. Estas aplicaciones van a imponer un desarrollo tecnológico importante en sistemas de visión, reconocimiento de formas, captadores, etc.

El cuadro n.º 5 muestra la evolución previsible de las funciones de los robots.

A la vista de estas previsiones no parece aventurado prever para la robótica una evolución semejante a la del C.N. Por otra parte, una amplia difusión de robots sencillos de manutención, y, como segundo eje de desarrollo robots sofisticados de montaje, soldadura por arco, etc.

3.3. Células y sistemas flexibles

Las células y sistemas flexibles responden al segundo de los ejes de la evolución tecnológica en curso. Si en el pasado los desarrollos en C.N. y robótica han permitido cubrir objetivos a nivel de puesto de trabajo, el objetivo de futuro es la integración de máquinas, robots, sistemas de transporte, manutención, control, etc. A esta idea de integración, que permite optimizar la utilización de cada uno de los elementos aislados, responden, a diferentes niveles, las células y sistemas flexibles.

La célula flexible está constituida por una o más máquinas con C.N. asociadas

Cuadro n.º 3. **Parque de robots en diversos países**

	1980	1981	1982	1983
RFA	1.200	2.300	3.500	4.800
Inglaterra	371	731	1.152	1.753
Francia	580	790	1.385	2.010
Italia	400	450	790	1.800
Japón	6.000	9.500	13.000	16.500
EE.UU.	3.500	4.500	6.250	8.000
Suecia	1.133	1.700	1.800	1.900

Fuente: OCDE, BRA, AFRI.

Cuadro n.º 4. **Distribución sectorial de robots**

	Alemania (1981)	Japón (1980)	Suecia (1979)	Inglaterra (1980)
Automóvil	46	30	22	39
Industria eléctrica	14	36	9	5
Industria mecánica	12	—	15	10
Prod. metálicos	6	5	51	17
Transf. plásticos	6	10	—	14
Otros	16	19	3	15

Fuente: OCDE.

Cuadro n.º 5. **Funciones de los robots**

	1981	1990
	%	%
Soldadura por puntos	40	3
Manutención-carga de máquinas	29	32
Tratamiento de superficies	11	4
Montaje	6	35
Soldadura por arco	6	16
Otras	8	10

Fuente: A.D. Little.

entre sí (complementarias desde un punto de vista de operaciones), con un sistema de almacenaje y manutención. El conjunto trabaja con una secuencia variable a través de cambio de programa.

En su expresión más simple están constituidas por una máquina con C.N., un robot y un almacén de piezas (como por ejemplo una célula de torneado o punzonado de chapa). La célula más compleja dispone de cuatro o cinco máquinas y su control está asegurado por ordenador de pequeña capacidad.

Un sistema flexible es un sistema compuesto de varias máquinas de trabajo con secuencia variable, por lo que requiere un ordenador de gestión para el sistema, reconocimiento de piezas, control e tiempo de carga. El nivel de software es mucho más elevado que en el caso de una célula y la capacidad del equipo informático está en relación 10:1 con el de la célula flexible. La conducción variable de las piezas a las máquinas del sistema implica sistemas de transporte sofisticados. La necesidad de trabajar sin interrupciones supone igualmente complicados sistemas de control, y la integración de gestión de herramientas y de control de piezas lleva a una gran complejidad del sistema con necesidades de control a diversos niveles.

El grado de automatización y la flexibilidad de los sistemas puede alcanzar diversos niveles. Parece que los sistemas japoneses disponen de un mayor grado de automatización (quince sistemas capaces de trabajar 10 horas sin vigilancia). La flexibilidad medida por el número de piezas diferentes que mecanizan, parece máxima en los sistemas implantados en Alemania (100-200 piezas), media en los sistemas japoneses (10-100) y mínima en los americanos.

Las perspectivas de desarrollo de los sistemas flexibles parecen ralentizadas en relación con las previsiones de hace unos años, por la fuerte inversión que suponen y por lo crítico de su rentabilidad.

Las células flexibles, sin embargo, presentan una rentabilidad demostrada y suponen una inversión accesible para las empresas medianas, por lo que su potencial de expansión es importante.

3.4. **Diseño y fabricación asistidos por ordenador**

Asumido que el proceso que va de la idea inicial de un producto o una pieza hasta su fabricación es un proceso de tratamiento de información, abordar su automatización por medio de ordenador es una conclusión inmediata.

Sin embargo, el concepto «asistido» pone de manifiesto la dificultad de automatización del proceso. Los desarrollos aquí también han tenido una evolución paralela a los desarrollos de fabricación. Primero, desarrollos puntuales como programación de máquinas C.N., cálculo de piezas, dibujo asistido, determinación de condiciones de trabajo, etc. y, hoy se plantean soluciones integradas. El problema de las soluciones integradas es que difícilmente son universales y no es casual que la empresa con mayor penetración en el mercado mundial de diseño asistido (23,3 por ciento), después de desarrollar sistemas universales y perder un millón de dólares en 1984, se oriente hacia sistemas específicos y sectoriales como la electrónica.

Las primeras soluciones integradas de diseño y fabricación son operativas en casos específicos como los sistemas para industria electrónica, fabricación de estampas de forja, matrices de embutición, troqueles de corte, etc. En definitiva, en la solución de problemas de diseño y fabricación con un proceso bien definido, de alto grado de normalización y de tecnología madura y relativamente sencilla.

En cuanto a las soluciones parciales en el campo del diseño y fabricación asistidos existe una oferta amplia de sistemas de dibujo más o menos generales. Existe una oferta más restringida de sistemas de estudio de la fabricación si exceptuamos la programación automática de máquinas con C.N. y la gestión de producción asistida por ordenador (aunque éste sea un problema de distinta naturaleza, más próximo a los problemas de gestión).

La difusión de los sistemas de diseño en Europa es limitada (algunos cientos en Francia, Alemania,...), mientras en EE.UU. los sistemas implantados alcanzan los 6.600.

El principal freno a la difusión parece estar en que los paquetes de software «standard» son poco adaptados a las necesidades concretas y que pocas empresas tienen potencial suficiente para desarrollar sus propios programas.

3.5. Tecnología de Grupos

Al hilo de lo expuesto, parece de interés tratar, de la Tecnología de Grupos como filosofía básica, desde nuestro punto de vista, para abordar el tema del diseño y fabricación asistidos y como concepto básico de organización.

El concepto de Tecnología de Grupos en relativamente simple: identificar y agrupar piezas semejantes desde puntos de vista de forma y proceso en orden a utilizar esta semejanza en la racionalización y normalización del diseño, estudio del proceso y fabricación.

El desarrollo de estos conceptos genéricos ha llevado a muchas soluciones concretas, pero nos parece de interés en relación con el tema que nos ocupa, ir al origen de la idea. El origen de la Tecnología de Grupos está en el planteamiento inicial del Dr. Sokolovsky que apuntó la posibilidad de transformar la tecnología de fabricación en ciencia, a base de clasificar los problemas de forma parecida a lo que se hizo en botánica o en zoología, sistematizando así el estudio de la fabricación, definiendo para cada «especie» de piezas el proceso y las condiciones óptimas de trabajo.

El planteamiento no progresó ni en Rusia, país con economía y tecnología planificadas y centralizadas, pero originó el desarrollo de una técnica, la Tecnología de Grupos, que constituye una herramienta de base para abordar los problemas tanto de diseño y fabricación asistidos por ordenador como de fabricación flexible.

En primer lugar, porque si no existen soluciones universales a la fabricación, sí es posible desarrollar sistemas orientados a familias de piezas. En segundo lugar, porque se pueden organizar las células de producción alrededor de familias de piezas con una mejor adaptación medios-producto y una optimización de

la inversión y porque, una industria organizada alrededor de este principio puede reducir el ciclo de fabricación y el material en curso, liberando recursos para abordar inversiones en equipos de tecnología avanzada. En definitiva, la Tecnología de Grupos es, a nuestro juicio, un pre-requisito para el desarrollo de la tecnología de fabricación en una empresa.

La Tecnología de Grupos se aborda en Europa en los años 60 con aplicaciones muy diversas y parciales en su mayor parte. Después de un periodo de lenta expansión hoy parece volver a despertarse el interés del tema ligado a la utilización de equipos de tecnología avanzada. Según encuestas de prospectivas tecnológicas, para 1990 al 75 por ciento de la industria manufacturera utilizará Tecnología de Grupos.

4. SITUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA VASCA Y EN EL ESTADO

El análisis de la evolución tecnológica del apartado anterior se refiere a países industrializados y cualquier intento de extrapolación a nuestro entorno industrial es aventurado. La escasez y dispersión de datos estadístico supone una dificultad adicional.

Vamos a atrevernos, sin embargo, a tratar de evaluar nuestro desfase (porque de desfase se trata) en relación con países más próximos en nivel tecnológico como Francia, Italia e Inglaterra.

En este intento vamos a considerar datos estadísticos y datos de fechas de introducción de determinadas tecnologías, aún admitiendo la relativa validez de este último índice.

4.1. Control numérico

Según un estudio realizado en 1980, el parque español de máquinas con C.N. era equivalente al de Francia en 1970 e Italia en 1971.

Según el censo de máquinas-herramienta realizado por AFM con referencia Diciembre de 1982,

en la Comunidad Autónoma Vasca se habían instalado 698 máquinas con C.N. lo que supone 1,05 por ciento sobre el total del parque de máquinas-herramienta. Este dato permite aventurar que países como Francia e Italia tienen hoy un porcentaje de máquinas con C.N. del orden de tres veces el de la Comunidad Autónoma Vasca.

4.2. Robótica

Informaciones recientes (1985) estiman que el parque español de robots es de 516 unidades, semejante al parque de Francia e Italia en 1980. El ritmo de desarrollo parece más lento que lo previsto, pues ni se cumplieron las previsiones iniciales para 1984, ni se han cumplido las de 1985 que, estimaban un ritmo de instalación de 175 unidades llegándose a cerca de 80.

El ritmo de instalación en Francia e Italia, en el bienio 1982/83, era del orden de 500-600 unidades/año.

En cuanto a la situación en la Comunidad Autónoma Vasca pensamos que el parque no es significativo al estar la robótica desarrollada en el Estado principalmente en la industria del automóvil y no tener peso este sector en la C.A.P.V.

Según una encuesta realizada por IKEI, la robotización se encuentra presente en el 0,5 por ciento de las empresas vascas, particularmente en las de mayor tamaño (más de 499 empleados), donde el 6,7 por ciento de las empresas han instalado algún robot.

4.3. Diseño y fabricación asistidos por ordenador

La introducción de la informática en el área de la tecnología se ha producido tradicionalmente, o bien a partir de la informática de gestión, o de la programación asistida de máquinas con C.N.

La utilización del ordenador en programación de máquinas con C.N. se inicia en el Estado, salvo algún caso aislado y especial, con un retraso de doce años en relación con Francia e Inglaterra. El ritmo de implantación es muy lento, aunque hay que advertir que el propio desarrollo de los equipos de C.N. ha

ido reduciendo el interés de la programación asistida por ordenador.

Con referencia a la Comunidad Autónoma Vasca y según el citado estudio de IKEI, el 41,5 por ciento de las empresas industriales vascas tienen informatizada alguna función administrativa o técnica. Sin embargo, las funciones de diseño y fabricación aparecen informatizadas en un número de empresas mínimo (diseño 0,2 por ciento, planificación de producción 4 por ciento). Este dato permite suponer que las aplicaciones se derivan de la informática de gestión. Existen experiencias de planteamientos colectivos como GEPEKAD y otros en estado de gestación, centrados particularmente en el diseño asistido.

4.4. Células de mecanizado y sistemas flexibles

Estimamos que el número de células de mecanizado instaladas en el Estado es del orden de algunas unidades y no tenemos conocimiento, que salvo a nivel de investigación, se haya desarrollado o esté en desarrollo ningún sistema flexible.

4.5. Tecnología de Grupos

Los datos de implantación de Tecnología de Grupos son los más difíciles de reunir y analizar por dos razones: la primera, porque al tratarse de medidas de racionalización no están incluidas en estadísticas de mercado y la segunda, porque bajo la definición de Tecnología de Grupos se incluyen aplicaciones diferentes en cuanto a objetivos y nivel

La situación de aplicación en 1975 mostraba que en Inglaterra se habían comprobado 54 aplicaciones y en Italia, Francia y Holanda se había implantado Tecnología de Grupos en quince empresas. La situación en el Estado español era de dos aplicaciones comprobadas. En la Comunidad Autónoma Vasca han existido experiencias en cuatro o cinco empresas con resultados desiguales y que en algún caso hay que considerar como experiencias fallidas.

En cualquier caso, las experiencias en Tecnología de Grupos se inician en el Estado español y en la Comunidad Autónoma Vasca con diez años

de retraso sobre las primeras experiencias inglesas o francesas y con un ritmo de crecimiento más lento.

5. ALGUNAS CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE LA EVOLUCIÓN

5.1. Aspectos financieros

La inversión exigida por las tecnologías avanzadas puede ser el mayor freno a su difusión. La inversión en máquinas con C.N. puede representar entre 2,5 y 5 veces la inversión en máquinas convencionales. Lo que ocurre es que las inversiones en automatización difieren de las inversiones tradicionales en el sentido que implican una orientación estratégica, ya que, si bien se pueden enumerar y evaluar una serie de ventajas directas como mejora de productividad, reducción de costos, reducción de stocks y material en curso, etc., existen un conjunto de ventajas indirectas como mejor concepción y fabricación, reducción de plazos y costos de concepción y fabricación, en definitiva, las ventajas que ofrece la flexibilidad del aparato productivo.

En general cuando se evalúa una inversión de este tipo no se tienen en cuenta las ventajas relativas a la reducción de material en curso y stocks, que en el caso de productos de ciclo largo como la construcción de maquinaria, son elementos clave de rentabilidad, además de la liberación de recursos inmovilizados que permitirían abordar inversiones.

En cualquier caso, la inversión en equipos avanzados plantea una serie de problemas:

- de inversión inicial que no puede ser abordada por autofinanciación
- de cash-flow sobre todo en empresas de pequeñas dimensiones
- de evaluación de las inversiones por sus implicaciones en el entorno (positivas como las enunciadas) y negativas (en el sentido de necesidad de acomodación técnica y humana).

5.2. Productividad y rendimiento económico

A nivel de índices generales, la productividad de una máquina con C.N. es de tres a cinco veces la de una máquina convencional, dependiendo del tipo de máquina, del tipo de pieza y de las condiciones de utilización, por lo que teniendo en cuenta que la inversión puede estar entre 2,5 y 5 en relación con las máquinas convencionales, las cuentas salen.

En cuanto a la robótica, según un estudio realizado en Suecia, el periodo de amortización de los robots industriales oscila entre 1,5 y 4,5 años para los robots sencillos de alimentación de máquinas, entre 2 y 5,5 años para robots medios de soldadura y entre 3 y 10 años para robots complejos de montaje.

Las células flexibles permiten una reducción sensible de costos unitarios que puede ser del orden del 25 por ciento. El análisis de los sistemas flexibles es mucho más difícil y cada sistema es un caso particular. La

Cuadro n.º 6. Comparación taller flexible YAMAZAKI con instalaciones convencionales de la misma capacidad

	Taller flexible	Convencional
Núm. de máquinas-hta.	43	90
Núm. de empleados	39	195
Ciclo de fabricación (días)	30	91
Superficie en planta (m ²)	6.600	16.500

Fuente: VDI-2 (Enero 1984).

información difundida en muchos casos por suministradores muestran resultados espectaculares como los del cuadro n.º 6 correspondientes al taller flexible de YAMAZAKI.

En cualquier caso, los sistemas flexibles parecen tener una rentabilidad crítica como consecuencia de su sensibilidad al grado de utilización, de incidencia de las perturbaciones dada su complejidad, de problemas de fiabilidad, etc.

5.3. Aspectos estructurales

El primer aspecto estructural que vamos a considerar es la desmaduración de determinadas industrias, a las que las posibilidades de automatización en series reducidas puede provocar un proceso de modificación. Así, un sector de fabricación semiartesanal como la fabricación de muebles o frigoríficos comerciales por ejemplo, pueden pasar a ser un sector fuertemente automatizado evolucionado de industria intensiva en mano de obra a industria intensiva en capital.

Este cambio en los factores de producción puede modificar las ventajas relativas que un país de bajo costo de mano de obra presenta cara al mercado internacional.

Otros factor estructural importante es el de la vida de los productos. En muchos sectores la innovación de productos es un factor determinante de la competitividad de la empresa y la utilización de equipos avanzados resulta indispensable para el mantenimiento de dicha competitividad.

La reducción de stocks es otra de las posibilidades importantes ofrecidas por la evolución tecnológica. En este sentido se está produciendo una verdadera transformación de la filosofía industrial con el «kanban» como modelo, donde todos los suministros a la empresa se producen en el instante preciso de entrar en el proceso productivo, lo que implica un cambio en las relaciones empresa-suministradores, y una exigencia de flexibilidad en los medios de producción.

En el terreno de la subcontratación los efectos de la tecnología avanzada pueden ser contradictorios. Por una parte, está la tendencia a la integración del proceso que va del diseño a la fabricación con las ventajas que supone, lo que

llevaría a una reducción de la subcontratación. Por otra parte, la complejidad de las tecnologías y la inversión necesaria favorecen el recurso a la subcontratación. De hecho en Francia, las nuevas tecnologías han dado lugar a un mercado de subcontratación importante.

La desmaduración de industrias tradicionales, con el paso de industrias intensivas en mano de obra a industrias intensivas en capital y las nuevas tecnologías que en muchos casos hay que comprar, pueden llevar al desplazamiento geográfico de industrias o sectores industriales.

La importancia de un cuadro de relaciones sociales estables (por los niveles de inversión requeridos), puede ser un factor de desplazamiento. Un elemento clave de localización industrial será, en el futuro, la disponibilidad de personal cualificado y los servicios industriales (consulting, mantenimiento de sistemas,...). Otro factor, desde este punto de vista, será la importancia que se concede a la reducción de «stocks» lo que significa que los fabricantes de piezas destinadas a incorporarse a productos ajenos y las empresas de subcontratación tendrán interés en aproximarse geográficamente a sus clientes.

Finalmente, comentar que las grandes empresas son las principales impulsoras de la nueva tecnología y que la creación de núcleos de tecnología avanzada puede depender del papel que éstas jueguen en relación con el tema.

6. ALGUNAS CONSECUENCIAS SOBRE EL EMPLEO Y LA FORMACIÓN

6.1. Empleo

No es fácil evaluar el impacto de las tecnologías avanzadas sobre el nivel de empleo, puesto que la tecnología no es el único factor en juego y porque las divergencias entre diferentes evaluaciones son sensibles.

La introducción de una máquina con C.N. puede eliminar entre dos y tres empleos directos, mientras que puede crear uno indirecto (distribuido en diversas calificaciones o especialidades). Según un estudio del Instituto Batelle,

un robot elimina como media cuatro empleos directos, mientras crea 2,6 indirectos.

En un estudio alemán sobre la supresión de empleos producida por los robots industriales, la supresión por robot instalado oscila entre 1 para aplicaciones de moldeo, acabado o fundición, hasta 4 para aplicaciones de montaje o soldadura.

Por otra parte, en el apartado 5 se ha considerado en el ejemplo de YAMAZAKI el efecto de los sistemas de fabricación flexibles sobre el empleo.

Si bien estos datos son alarmantes, según un estudio de PSI las pérdidas netas de empleo de los utilizadores ingleses de equipos avanzados entre 1981 y 1983 se elevan a 34.000 puestos, lo que representa el 5 por ciento de pérdidas de empleo en este periodo.

A nivel de empresa individual los equipamientos en equipos avanzados mejoran la productividad y también la competitividad, lo que podría equilibrar en parte los efectos sobre el empleo.

Si se considera la industria manufacturera bajo un ángulo macroeconómico y en una perspectiva a largo plazo, la pérdida potencial de empleo puede ser importante. Un estudio alemán sobre el impacto de la automatización del montaje de seis sectores, lleva a la conclusión que se podrían eliminar 250.000 puestos sobre 600.000.

Las conclusiones, sin embargo, a este nivel tampoco son claras, pues habrá que tener en cuenta:

- a) la creación de empleos resultantes de las nuevas tecnologías
- b) la creación de empleos externos como mantenimiento de equipos
- c) los efectos expansionistas del crecimiento de la productividad.

El profesor Leontief efectuó en 1983 un estudio con horizonte año 2000, por encargo de la National Science Foundation, contemplando tres escenarios de difusión de la automatización. El análisis se basa en una serie de

tablas input-output detalladas para cada uno de los sectores de la economía americana.

La conclusión que se obtiene es que la automatización no creará un paro significativo a condición que se controlen las transformaciones necesarias en las calificaciones, la distribución sectorial y la localización geográfica del empleo.

6.2. Formación

Al hilo de lo expuesto parece claro el papel vital de la formación. Algunas cifras son suficientes para destacar la amplitud de los cambios que se van a producir. En Francia, por ejemplo, el BIPE (Bureau d'Information et de Previsions Economiques) estima que un empleo de cada cuatro en la industria francesa se verá afectado por los cambios de calificación ligados a la utilización de tecnologías avanzadas. En Alemania la VDMA (Federación de Industrias Mecánicas), ha evaluado que la introducción del diseño y fabricación asistidos por ordenador impondrá el reciclaje de 250.000 personas.

Desde un punto de vista cualitativo hay que tener en cuenta que la utilización de equipos de producción avanzados requiere una aproximación pluridisciplinar de los problemas, particularmente en las áreas mecánica-producción-electrónica-informática. Otro aspecto de este planteamiento pluridisciplinar, que exige la automatización de la industria, es la desaparición de las fronteras rígidas que separaban la ingeniería de concepción y de producción. Un ejemplo de este cambio es el proyecto Saturno de G.M. en el que los ingenieros de producto y de proceso han diseñado en conjunto el coche y su proceso de fabricación.

El factor formación, es a nuestro juicio, uno de los de mayor preocupación en relación con las posibilidades de evolución de las tecnologías de fabricación avanzadas en la Comunidad Autónoma Vasca, pues a pesar de los esfuerzos realizados, las acciones de formación son dispersas, alcanzan a pocos y carecen de presencia en la Universidad.

7. ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Con carácter general, una estrategia de evolución hacia las tecnologías avanzadas debe prever una serie de etapas. La evolución en cada etapa y en cada caso concreto estará limitada por las posibilidades de financiación, por la rentabilidad, nivel tecnológico y disponibilidad de personal calificado, pero el objetivo en cada caso debe ser la optimización del sistema productivo con las restricciones existentes y con una visión estratégica de la evolución.

El punto de partida pasa, a nuestro juicio, por la Tecnología de Grupos que constituye una base tanto para el diseño y fabricación asistidos como para la fabricación flexible.

La segunda etapa la constituye la utilización extensa de C.N. La combinación TG-CN orienta la fabricación al concepto de sistema. La tercera etapa la constituye la utilización del ordenador en diseño y fabricación.

7.1. El problema de las PYME

La pequeña y mediana empresa no dispone, en general, de los recursos financieros y humanos necesarios para la implantación de tecnologías avanzadas. Por otra parte, su volumen de producción puede presentar limitaciones al empleo de medios de alta tecnología.

Además de las ayudas a la inversión en equipos de tecnología avanzada (ECTA) o de política de formación imprescindible en cualquier caso, entendemos habría otras soluciones de política industrial, como el planteamiento de talleres de tecnología avanzada para grupos de empresas, que valdría la pena considerar.

Sin embargo, lo importante de esta evolución, a nuestro juicio, es la difusión generalizada de tres tecnologías: Tecnología de Grupos, Control Numérico-Células Flexibles y Diseño-Fabricación asistidos por ordenador. Se podrá prescindir durante mucho tiempo de sistemas flexibles de fabricación automáticos, tanto por razones económicas como de entorno tecnológico y cualificación, pero

no de los elementos claves enunciados. Las citadas tecnologías están al alcance de las PYME.

7.2. El «software» cuello de botella del desarrollo

Tanto el C.N. como la Tecnología de Grupos encuentran un apoyo importante en el tratamiento automático de la información y el diseño y fabricación asistidos son un problema de informática aplicada.

El diseño y fabricación asistidos y el control de células y sistemas flexibles requieren un gran desarrollo de «software» y este desarrollo constituye el cuello de botella de las tecnologías avanzadas. La difusión de paquetes existentes, su adaptación y la creación, en su caso, son cuestiones de interés estratégico mucho más que lo que pueda serlo la fabricación de equipamiento informático, teniendo en cuenta que los costos de hardware no representan ya más del 10 por ciento del costo total de aplicaciones informáticas.

7.3. La normalización en el campo de los equipos avanzados de producción

Si las ventajas ligadas a la utilización individual de equipos avanzados son importantes, sólo su integración permite alcanzar todas sus ventajas potenciales.

En este sentido la normalización toma una importancia capital y hay que llegar a definir reglas de concepción y de arquitectura de sistemas y normalizar los interfaces entre los elementos constitutivos de los componentes automatizados.

El impacto de la normalización en la utilización condiciona las posibilidades de integración. General Motors después de haber, constatado que entre el 30 y el 50 por ciento de los costos de automatización están ligados a la compatibilidad de los equipos, ha tomado la iniciativa de imponer a sus suministradores una serie de especificaciones relativas a los interfaces de los equipos avanzados codificados en el MAP (Manufacturing Automation Protocol).

La participación en proyectos europeos como el ESPRIT que aborda estos temas sería de gran interés para el conocimiento, la difusión y la aplicación a todos los niveles de una normalización

que va a ser elemento esencial en el desarrollo de tecnologías avanzadas.

BIBLIOGRAFÍA

- OCDE. «La microelectronique, la robotique et l'Emploi». OCDE. París, 1982.
- CEE. «Les équipements avancés de production dans la communauté». Commission des communautés européennes. Bruselas, 1985.
- ECHEPARE, R. «Tendencias en fabricación mecánica hacia el año 2000». Congreso Máquina-Herramienta. San Sebastián. 1980.
- ECHEPARE, R. «La naturaleza de los problemas. IV Cursos de Verano UPV/EHU. San Sebastián. 1982.
- AFM. «Parque de máquinas-herramienta en la Comunidad Autónoma Vasca». San Sebastián. 1982.
- LLORENS, J.L. «Nota sobre la introducción de la informática, automatización de la producción y robótica en las empresas industriales de la Comunidad Autónoma Vasca». 1.^{as} Jornadas Innovación Tecnológica. San Sebastián, 1984.
- BERGES, L. «Situación actual y perspectivas futuras de la Tecnología de Grupos en España». Jornadas Tecnología de Grupos. TEKNIKER. Eibar, 1985.
- L'ORIMY B. «L'informatique mode d'emploi». Ed. Payard. París. 1985.