

LA AUTOMATIZACION FABRIL Y SUS VENTAJAS

Juan L. Hernández S.

Introducción

LOS avances en control automático y de la automática y cibernética, en general, han sido motivados muchas veces por necesidades concretas de la civilización, pero también, simbióticamente, ellos han llevado a nuevos desarrollos en diversos sectores de la sociedad. Muchos autores han escrito sobre la historia de la automática y los problemas que ella ha ido resolviendo desde la antigüedad, en que era fácil distinguir sus aplicaciones, hasta el presente, en que las actividades y campos de la automática y sus disciplinas afines son tan diversos y multivariados que cuesta incluso enumerarlos en un libro. Modestamente, por ejemplo, algunos de los artículos del autor de este trabajo, publicados en *Revista de Marina*, han enfocado ciertas aplicaciones de la automática en ámbitos militares o navales.

En los tiempos modernos, la automática ha estado permanentemente asociada a las Fuerzas Armadas y a sus equipos bélicos y de defensa. Es inevitable referirse a avances de la automática promovidos o aprovechados por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos y en particular por su armada. La introducción del control automático en sus buques hacia 1920, por Minorsky, constituyó un gran avance en esa disciplina, tanto teórica como prácticamente. Durante la Segunda Guerra Mundial hubo muchas innovaciones en automática en todo tipo de buques y aviones de Estados Unidos y de otras potencias. En tiempos más recientes son ya muy conocidos los sistemas de navegación por satélites, de navegación inercial, de guía y control automático de proyectiles y otros ingenios. Asimismo, hay amplia discusión de aplicaciones de la automática y la cibernética en la carrera espacial, en la iniciativa de Defensa Estratégica y en otras áreas diversas.

Muchas de esas iniciativas son motivadas por un interés de hegemonía mundial de las superpotencias y potencias menores, por deseos de mantener equilibrios militares, por temores de supervivencia ante posibles ataques o amenazas u otras razones. Afortunadamente, pese a lo terrible de las armas — cada vez más automáticas— y quizás debido a ello, se mantiene una paz relativamente estable en general.

En este artículo interesa otro tipo de guerra y supervivencia en que están empeñadas las grandes naciones y, por supuesto, los países pequeños que se ven inevitablemente afectados: la competencia industrial y tecnológica por los mercados. En esta arena no se reconocen mucho los amigos o aliados, casi todos compiten entre sí. Tal como en el campo militar, aquí la automatización ha pasado a ser sinónimo de “clave para la supervivencia”.

En la actualidad las naciones recurren crecientemente a la automatización de sus industrias y empresas productivas. El caso más conocido lo constituyen las industrias japonesas, algunas completamente automatizadas, pero la tendencia es mundial, independientemente, muchas veces del tamaño del país y del tipo de sistema económico o político que lo rija. En el caso de, por ejemplo, empresas de la minería del cobre, se cita comúnmente a Finlandia como un paradigma o modelo de automatización. Asimismo, Suecia produce tipos muy novedosos de robots industriales. Dado que la automatización envuelve aspectos socioeconómicos importantes, relacionados con empleo-desempleo y fuertes inversiones, entre otros, cabría pensar que países de gran población y de incipiente o bajo desarrollo debieran preocuparse de introducir mucha automatización, pero en verdad sí lo

hacen. La industria estadounidense de nivel medio o bajo (fabricantes de partes, maestranzas, industrias menores, etc.), se ve amenazada por sus similares de países tales como Portugal, Malasia, Singapur y otros, lo que no es tan conocido como la quiebra de grandes empresas (el cierre de algunas de sus operaciones o fábricas) en dicha gran potencia industrial, debida a la competencia japonesa o europea.

La automática ha seguido varias líneas de desarrollo. Una línea ha consistido en la aplicación de regulación y control automáticos a plantas, procesos y sistemas, tales como industrias químicas o petroquímicas, maquinaria eléctrica y muchos otros. Generalmente, las aplicaciones en la armada y en otras instituciones castrenses caen en esta categoría. Otra clase de automatización es la empleada en líneas de montaje o de ensamble, para producción en serie, por ejemplo, automóviles, electrodomésticos y otros artículos diversos. Una tercera línea de la automatización es la relacionada con la fabricación discreta de productos (piezas, componentes, partes) en forma cada vez más automática y sin operarios. Esta línea se ha caracterizado por el empleo casi inicial de máquinas-herramienta con control numérico y ha ido paulatinamente evolucionando hacia el uso de robots industriales combinada con éstos, aunque mantiene también su independencia, en general.

Las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos y de otros países han promovido, impulsado o aprovechado las tres líneas de automatización recién bosquejadas. La primera línea, automatización de máquinas o procesos es la más evidente, como se dijo por su empleo en buques y aviones, que es el material básico de las armadas y de otras instituciones militares. Pero la fabricación de equipos, armamentos y unidades (buques, aviones, tanques) debe cumplir normas más estrictas que las de uso industrial (Military Standards del Defense Department, por ejemplo) y ello ha conducido, por una parte, a desarrollar métodos o tecnologías de alta calidad y precisión. Parece obvio recordar aquí que las elevadas normas de fabricación impuestas en las armadas estadounidenses, (por Rickover) y rusa (por Grechko), frecuentemente citadas en la literatura. Justamente mucho del impulso en el control numérico y el control numérico por computador ha sido debido a exigencias de la Armada de Estados Unidos. Por otra parte, las fabricaciones navales o militares han aprovechado todos los avances en tecnología y métodos de fabricación desarrollados para o en otras áreas.

La automatización de las labores y tareas de la fabricación ha alcanzado un nivel de integración tal que representa una verdadera Cuarta Revolución Industrial y que obviamente, está cambiando la sociedad o civilización en forma inevitable e irreversible. Las bases principales de ella son la electrónica y el computador, pero incorpora muchas otras innovaciones tecnológicas. La tendencia continúa aceleradamente e incorporará prácticamente todos los recientes descubrimientos científicos e inventos tecnológicos

La automatización moderna hace uso de diversas tecnologías o conceptos, algunas de las cuales se enumeran, más adelante, en el "Glosario de Términos".

Ha habido y hay un gran esfuerzo por normalizar o normar las estructuras e interconexiones requeridas por tales conceptos o configuraciones. Por ejemplo, se ha establecido diversas normas en Redes de Área Local. En 1985 fue comprobado experimentalmente el Protocolo de Automatización de Manufactura (MAP) de General Motors y otros participantes, que está dedicado a normar o uniformar los requisitos que deben cumplirse para interconectar equipos de diversos fabricantes. Esto facilitará la implantación de automatización integrada y reducirá los costos pertinentes.

La idea del presente artículo no es explicar todos estos conceptos, sino concentrarse en los beneficios económicos o ventajas de la automatización. Existe consenso mundial en el

hecho de que la automatización integral o integrada, con computadores (CIM) es inevitable en las potencias industriales. En países como el nuestro también es inevitable la introducción de más automatización hasta un nivel intermedio que sea justificable. La justificación puede ser de variada índole: humanitaria, socioeconómica, financiera o económica y estratégica. A veces, un mayor nivel de automatización viene inherente o subrepticamente incorporado en equipos, plantas o industrias de inversión extranjera o en proyectos de "paquete cerrado" o de "llave en mano".

Niveles típicos de automatización en países en desarrollo

Típicamente, los niveles de automatización en empresas productivas en países no desarrollados pueden ser como los que siguen. Es de notar que en buques de diversas generaciones o edades pueden existir estos mismos niveles.

Nivel bajo. Se caracteriza por el control manual de operaciones, con escasa instrumentación o, a veces, con consoladores automáticos de tecnologías antiguas (neumáticos, hidráulicos, eléctricos).

Cabe agregar que esta situación se presenta en buques antiguos u obsoletos. Muchas de las industrias chilenas que han quebrado tenían hasta este tipo de control y no más.

Nivel medio. Hay en él incorporación de instrumentación y controladores automáticos de tecnología electrónica semiconductorizada, analógica o digital discreta.

Nivel computadorizado. En él hay muchos lazos de control con computadores del tipo mini o micro, así como mucha instrumentación y supervisión electrónica digital o por computador. Puede haber muchos microcomputadores incorporados en los equipos.

Nivel superior (contemporáneo). Incluye esquemas de control por computador, de tipos jerárquicos y distribuidos. Crecientemente, incluirá, quizás, control robótico, control inteligente o con inteligencia artificial y sistemas con visión maquina. Más a futuro, pero cercano, incluirá algunos de los conceptos bosquejados en la Introducción.

En nuestro país hay algunos controles jerárquicos computadorizados en empresas de la gran minería del cobre.

El paso de un nivel a otro debe ser justificable por razones económicas o financieras, en general, y técnicas, en todo caso,

Puede haber razones estratégicas que aconsejen el paso de un nivel a otro, en los servicios armados por ejemplo. Un caso interesante y de actualidad es el del acorazado *Wisconsin* modernizado, enviado ahora al Medio Oriente. Este impresionante navío, de 45.000 toneladas (visitó Valparaíso hace unos 40 años), fue puesto de nuevo en servicio hace unos pocos años, dotándolo de armamento moderno. Aquí, sin duda, se debe haber cambiado la tecnología de control automático, de los años 40, por una computarizada moderna.

Conviene recalcar la importancia y ubicuidad del computador en el control y la automática modernos. En forma de micros está incorporado en muchos de los componentes (sensores, controladores, accionadores) que forman los lazos de control y regulación automáticos. También forma parte de los lazos de control o los crea. Finalmente, participa en sistemas más grandes o integrados, en los que aquellos lazos son meros componentes. Todos los esquemas y conceptos modernos indicados al final de la Introducción serían imposibles sin computadores.

Motivos para introducir automatización en la manufactura

Es conocida la historia de la mecanización, de la producción en serie de bienes y de la introducción de los primeros computadores en control de procesos. Sin entrar en mayores detalles se puede añadir que estos cambios formaron la base para los desarrollos que han llevado a las nuevas tecnologías citadas en la introducción.

Como es lógico, una empresa manufacturera típica es establecida para producir bienes que le reporten utilidades máximas a quienes han aportado el capital. El tipo de utilidades (dinero, beneficios socioeconómicos) y quienes aportan, el capital (accionistas, contribuyentes, el Estado) dependen de la clase de economía que impere en el respectivo país (estatizada, de libre mercado) y de la índole de la empresa (privada, fiscal, semifiscal). En cualquier caso, es necesario lograr las mayores utilidades en relación a la inversión, lo que se puede medir por diversos criterios. Pero las utilidades y el precio del producto están limitados por varios factores, de los cuales sólo nos interesará aquí la situación del mercado, tanto para el producto como para los insumos con los cuales son elaborados los bienes. Para los efectos de este artículo entenderemos por insumos las materias primas (y energías), las maquinas-herramienta y la labor (mano de obra, obra de mano y salarios).

Después de la Segunda Guerra Mundial, los productos y bienes manufacturados estadounidenses dominaron ampliamente los mercados. Estos bienes eran de buena calidad, fabricados —para un mercado propio exigente y pudiente— sin mayores problemas respecto a insumos. Las materias primas eran abundantes y relativamente baratas, había apropiada inversión en maquinaria fabril y el nivel de sueldos era muy bueno o alto (en comparación con el de otros países), pero eso mismo permitía que hubiera clientes abundantes para los productos. La producción que se exportaba al resto del mundo era cara para éste, en general, pero tenía poca competencia. Había naciones arruinadas por la guerra y otras que no tenían industrias competitivas y cuyas materias primas eran baratas.

La situación anterior muy superficialmente resumida, cambió, por muchas razones, en los tres decenios que siguieron a la Segunda Gran Guerra. La Guerra Fría, la tecnología nuclear, el incremento acelerado de la investigación científica, la exploración espacial, los avances tecnológicos diversos y muchos otros factores, hicieron necesaria la producción de bienes fabriles de mayor calidad, en grandes cantidades, con tecnologías y conocimientos cada vez más avanzados y caros y con gran rapidez de cambios en todos sentidos (tipo o generaciones de productos, bienes noveles competidores o alternativos, variabilidad de materias primas y precios del mercado y otros). Se empezó a notar que el hombre tiene diversas limitaciones como operario, en cuanto a mantenimiento de atención prolongada, rapidez de movimientos, exactitud, precisión y repetitividad de acciones y tareas. Esto condujo a acelerar la tendencia a introducir mayores lazos de regulación y control automáticos.

Hacia fines de los años 70 y comienzos del presente decenio, Estados Unidos se encontró enfrentado a lo que se llamó "una crisis de productividad", básicamente motivada por la fuerte competencia de países en casi todos los niveles y tipos de manufactura (campo que interesa en este artículo). Al hacer un examen retrospectivo, la industria estadounidense ha encontrado que incurrió en muchos errores. Un importante error fue, por ejemplo, el no haber introducido oportunamente mayores niveles de automatización. Esto mismo ha ocurrido en otros países industrializados.

En resumen, la introducción de niveles altos de automatización ha sido motivada por razones tales como: necesidad de cumplir con exigencias de precisión, exactitud, calidad y uniformidad de los productos, mejorar la eficiencia de utilización de las máquinas y equipos

instalados, lograr un mejor u óptimo empleo de materias primas y energías diversas, humanizar las condiciones de trabajo, reducir el desgaste de los equipos productores, compensar variabilidad de las materias primas, adecuarse rápidamente a cambios en el mercado, iniciar con celeridad nuevos productos, aprovechar mejor las instalaciones, reducir costos de personal, mejorar o cambiar métodos de trabajo y satisfacer diversas otras exigencias. En la sección subsiguiente se enumerará algunos beneficios de la automatización, agregando datos numéricos sobre ellos en la sección que le sigue.

Inevitabilidad de mayores niveles de automatización

En muchos países, que van desde las grandes potencias industriales hasta naciones en desarrollo (como Chile), hay muchas industrias que aparentemente funcionan bien pero que de pronto deben cerrar sus operaciones o quebrar. Una razón común para ello es la falta de adecuada automatización en sus procesos y operaciones, la que les impidió adaptarse a la competencia o a nuevas exigencias en los mercados. Muchas veces se considera que mejorar la automatización es una alternativa que puede o no introducirse, dado que se estima que hay otras prioridades. Esto es infortunado, puesto que automatización ha pasado a ser sinónimo de "supervivencia" en los mercados

La imprescindible necesidad de ir a una automatización integral es quizás más clara o comprensible en los países altamente industrializados. En países de menor desarrollo, generalmente la automatización es considerada sinónimo de desempleo o cesantía. Lamentablemente, hay muchas experiencias que indican que el no mejorar la automatización para no causar una cesantía parcial ha conducido a una cesantía total, por quiebra de la empresa, ante competidores más agresivos. Por otra parte, con adecuadas medidas, el personal desplazado puede asumir previa capacitación, trabajos mejores en puestos que crea el propio incremento del nivel general de automatización.

Cabe agregar que muchos países en desarrollo dependen, en gran medida, de la explotación y venta de alguna materia prima como base de su economía. Las fluctuaciones del precio de dicha materia en los mercados internacionales pueden producir respecto a la automatización, los siguientes efectos negativos. Si el precio de la materia prima en los mercados es alto y hay ventajas comparativas naturales respecto a los competidores, nadie se preocupa de mejorar los niveles de automatización. Pero ese mismo precio alto hace que competidores de otras naciones, con más visión, mejoren su explotación con nuevas tecnologías productivas y de automatización y puedan competir favorablemente, copando parte del mercado. Por otra parte, si el precio internacional de la materia prima decae, el país en desarrollo debe producir más y a menor costo para seguir manteniendo su erario. Ello haría necesario introducir nuevas tecnologías y automatización que antes descuidó y que debe encarar ahora, cuando las finanzas están bajas y haya quizás otras prioridades nacionales.

Lo anterior, muy sucintamente, ha pretendido recalcar que la introducción de más automatización es imprescindible, es inevitable, debe ser gradual y sostenida o permanente, además de anticipativa u oportuna.

Beneficios que aporta la automatización en la manufactura

La automatización de las fabricaciones o manufacturas ha demostrado beneficios tales que han justificado la tendencia actual por tratar de alcanzar los niveles más altos antes citados, como la manufactura integral con computadores (CIM). Hay algunas fábricas CIM en Japón y Estados Unidos, operando desde hace unos pocos años.

Algunos de los beneficios de la automatización fabril son los siguientes:

- Reducción de acopios o inventarios de materias primas o productos terminados;
- Reducción de los costos de labor, personal y mano de obra;
- Reducción de productos defectuosos, desechos y necesidad de reciclado o nueva elaboración;
- Reducción de costos de cambios de equipos y materiales;
- Reducción de los consumos de energía y materias primas;
- Disminución de los costos de mantenimiento;
- Reducción de riesgos;
- Aumento de la producción o salida útil;
- Aumento de la productividad y eficiencia;
- Aumento de la rapidez de introducción de nuevas tecnologías y productos;
- Mejoría de la calidad y del control de calidad;
- Incremento de las utilidades;
- Humanización de muchas labores;

Algunos resultados típicos de la automatización fabril

En diversas publicaciones se cita datos numéricos típicos de beneficios que se ha logrado con niveles altos de automatización con computadores. Los resultados dependan, naturalmente, del tipo de empresa o fábrica de su nivel anterior y del país respectivo. Algunos rangos de incrementos logrados son los siguientes:

- Reducción de costos de ingeniería de diseño y proyectos (con CAD, CAE); 15 a 30 por ciento;
- Reducción en tiempos de antelación de las operaciones: 30 a 60 por ciento;
- Aumento de productividad de las operaciones: 40 a 70 por ciento;
- Reducción en inventario de trabajo o materiales: 30 a 60 por ciento;
- Reducción en costos de personal 5 a 20 por ciento;
- Aumento en la cantidad de productos aceptables: 2 a 5 veces;
- Aumento en la productividad de ingeniería hasta 35 veces;
- Aumento de la productividad de equipo 2 a 3 veces.

Comentarios finales

Se ha presentado una visión sinóptica de los beneficios que puede obtenerse con la introducción de adecuados niveles de automatización. Ellos son tales que justifican la tendencia actual, en países de todos los tipos, a incrementar dichos niveles. En las naciones altamente industrializadas la adopción de esquemas de manufactura integrada con computadores (CIM u otros) ha pasado a ser un asunto de supervivencia industrial. En forma creciente, esto irá ocurriendo en los países de menor desarrollo.

Todo proyecto nuevo de automatización debe ser justificado por razones técnicas y financieras.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Arquitecturas de Sistemas Computacionales.
- (Micro-Mini-Macro-Súper) Computadores para Automatización Industrial.
- Control Numérico Computarizado (CNC) o Directo (DNC).
- Controladores de Lógica Programable (PLC).
- Correo Electrónico.
- Diseño Asistido por Computador (CAD)
- Fabricación Asistida por Computador (CAM)
- Ingeniería Asistida por Computador (CAE).
- Integración de Sistemas (SI).
- Inteligencia Artificial (AI).
- Manejo Automático de Materiales (AMH).
- Manufactura integral con Computadores
- Planeamiento de Recursos de Manufactura (MRP-II).
- Planteamiento de Requerimientos de Distribución (DRP).
- Planeamiento de Requerimientos de Materiales (MRP)
- Procesamiento jerárquico y distribuido.
- Redes de Área Local (LAN).
- Redes de Computadores.
- Redes Locales Industriales (LAN).
- Robótica Industrial (IR).
- Sistemas Automatizados de Almacenamiento y Retiro (AS/AR).
- Sistemas con Sensores Inteligentes.
- Sistemas con Visión Artificial o Maquinal.
- Sistema de Comunicación con Fibra Óptica.
- Sistemas de Fabricación Flexible (FMS).
- Sistemas Expertos (ES).
- Sistemas de Manejo de Bases de Datos (DBMS).
- Sistemas de Planificación y Control de Fabricación (MPCS).
- Sistemas Integrados de Ventas.
- Sistemas Integrados de Gerencia o Manejo (MIS).
- Tecnología Grupal (GT).
- Transportadores o Vehículos Inteligentes.

BIBLIOGRAFÍA

- MAXWELL, SUE: "Introduction of Technological Change", AUTOFACT 6, California, 1986, 8 págs.
- HERNANDEZ S. JUAN L.: "Automatización en minería: producción integrada con computadores, robótica e inteligencia artificial", *Anales II Taller de la Asociación Chilena de Control Automático*, Santiago, agosto 1986.
- Idem: "Robótica. Perspectivas y aplicaciones", *Revista de Marina* N° 5/1983, p. 609-615.
- Idem: "Niveles de automatización requeridos para la renovación industrial en una era de robótica e inteligencia artificial" *Gestión Tecnológica* N°8/1983, p.4-7.