

MAPA CONCEPTUAL PARA EL APRENDIZAJE INTERACTIVO DE LOS FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL IMPLEMENTADOS CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES

C.F.SILVA¹, J. MARCOS³, J. I. ARMESTO¹,
Y E. MANDADO^{2,3}

¹*Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Vigo*

²*Instituto de Electrónica Aplicada. Universidad de Vigo*

³*Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Vigo*

En esta comunicación se describe la forma de utilizar los mapas conceptuales para facilitar el aprendizaje de los fundamentos de los sistemas electrónicos de control que constituyen una tecnología compleja que está integrada por numerosos conceptos interrelacionados. El mapa conceptual desarrollado se combina con diagramas de bloques y casos prácticos con el objetivo de elevar la capacidad de autoaprendizaje del usuario.

1. Introducción

Los mapas conceptuales desarrollados por Novak [1, 2, 3] constituyen una herramienta idónea para presentar los diferentes conceptos de una tecnología compleja. Además, su utilización combinada con las tecnologías de la información [4, 5] proporciona una herramienta idónea para contribuir a la transferencia a la memoria de larga duración del estudiante de todos los conocimientos que contribuyen a asegurar la competencia en una determinada área de la Tecnología. Se abren así nuevas posibilidades para realizar actividades de investigación aplicada y desarrollo que den como resultado sistemas educativos de gran eficacia.

Por todo ello, los autores de este trabajo desarrollaron un mapa conceptual de los sistemas electrónicos de control implementados con autómatas programables que constituye una herramienta educativa que facilita la elección de los bloques adecuados y su presentación en la secuencia correcta [6, 7].

En este artículo se describe el citado mapa conceptual que, combinado con los diagramas de bloques y las imágenes adecuadas, se convierte en un sistema hipermedia de gran eficacia docente.

2. Descripción del mapa conceptual de los sistemas electrónicos de control

A través de su experiencia como ingenieros y como profesores los autores llegaron a la conclusión de que los conceptos que se deben considerar para obtener el mapa conceptual de los sistemas electrónicos de control implementados con autómatas programables son:

- La forma de realizar el control.
- El tipo de variables de entrada.
- La estructura organizativa.
- El nivel de riesgo.

En la figura 1 se representa el mapa conceptual obtenido, en el que los cuatro conceptos dan lugar a diferentes tipos de sistemas que se describen en sucesivos apartados.

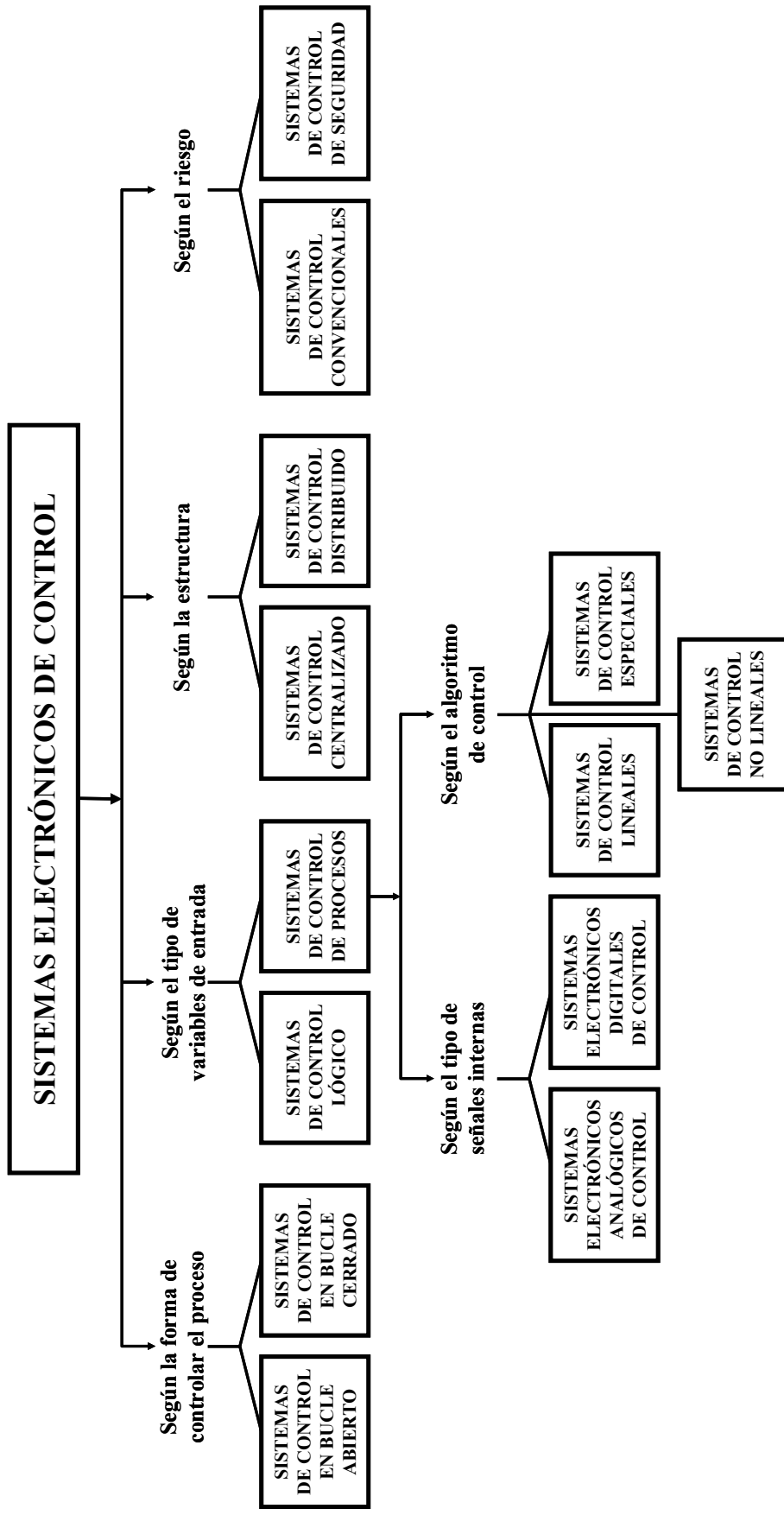


Figura 1 Mapa conceptual de los sistemas electrónicos de control.

2.1 Forma de realizar el control

Según la forma de realizar el control los sistemas pueden trabajar en bucle abierto y en bucle cerrado. Cada uno de ellos se muestra mediante su diagrama de bloques general y un ejemplo práctico.

En la figura 2 se muestra el diagrama de bloques de un sistema electrónico de control en bucle abierto y en las figuras 3 y 4 un ejemplo de sistema de control lógico y de control analógico en bucle abierto respectivamente.

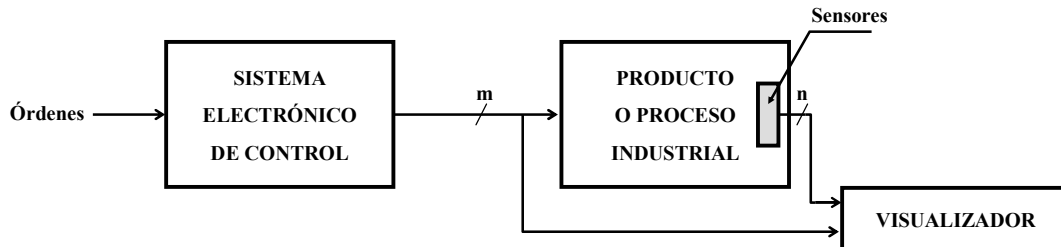


Figura 2 Sistema electrónico de control en bucle abierto.

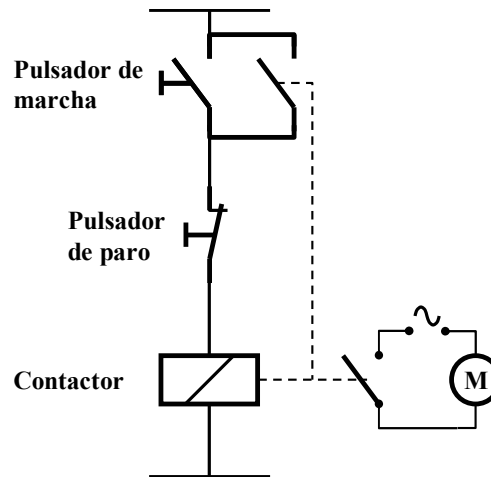


Figura 3 Ejemplo de sistema de control lógico en bucle abierto.

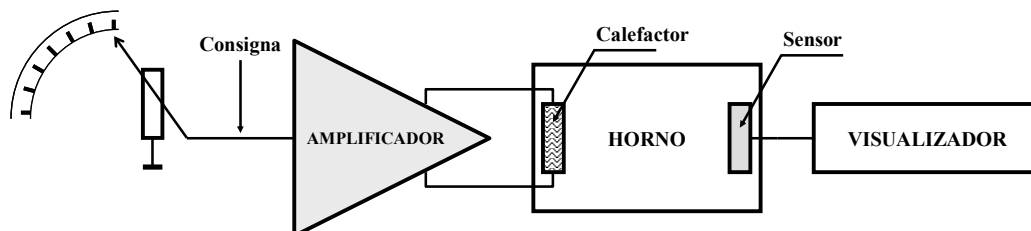


Figura 4 Ejemplo de sistema electrónico analógico de control en bucle abierto de la temperatura de un horno.

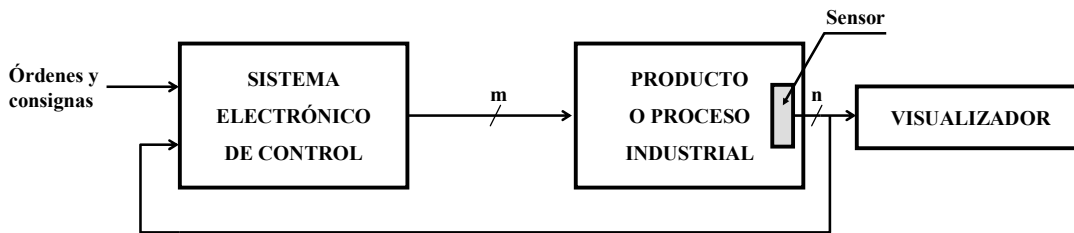


Figura 5 Diagrama de bloques de un sistema electrónico de control en bucle cerrado.

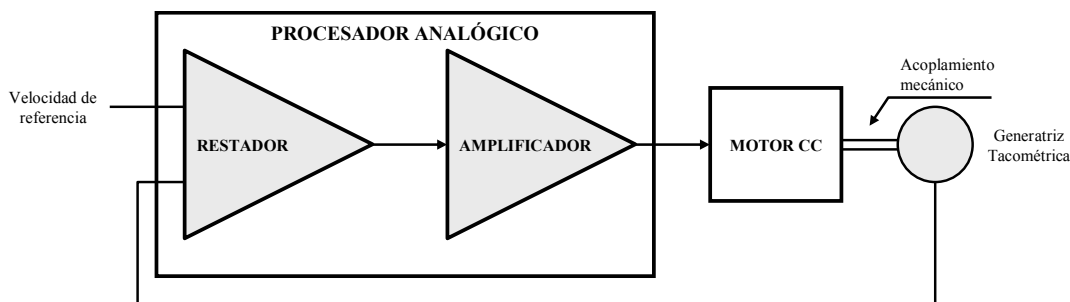


Figura 6 Diagrama de bloques de un sistema electrónico analógico de control de velocidad que utiliza como sensor una generatriz tacométrica y constituye un sistema de control en bucle cerrado.

En la figura 5 se muestra el diagrama de bloques de un sistema electrónico de control en bucle cerrado y en la figura 6 un ejemplo de sistema de control analógico en bucle cerrado.

2.2 Tipos de variables de entrada

Las variables generadas por un producto o proceso industrial pueden ser todo-nada (*On-off signals*), que sólo tienen dos valores diferentes a lo largo del tiempo en régimen permanente, y analógicas (*Analog signals*), que pueden tener cualquier valor dentro de unos determinados márgenes y llevan la información en su amplitud. La figura 3 representa un sistema cuyas variables de entrada son todo-nada y por ello se le denomina sistema de control lógico o controlador lógico y la figura 6 representa un ejemplo de sistema de control de la velocidad de un motor de corriente continua que recibe variables analógicas a su entrada y por ello se denomina sistema de control de procesos continuos o simplemente de procesos.

Por su parte, los sistemas de control de procesos se pueden implementar con un sistema electrónico analógico (*Process control analog system*) [8] o digital (*Process control digital system*) [9, 10] y de ahí que en el mapa conceptual de la figura 1 se introduzca un nuevo concepto que es el tipo de señales internas del sistema electrónico. El sistema de control de la figura 6 es un ejemplo de sistema analógico de control de procesos y el representado en la figura 7 es un sistema digital que controla el mismo proceso.

Además, los sistemas de control ejecutan un algoritmo que es un procedimiento matemático mediante el cual obtienen las señales que se aplican al proceso controlado a partir de las señales externas de entrada y de salida. En la práctica existen tres tipos diferentes de algoritmos de control:

- *Algoritmos lineales de control*
Se caracterizan por realizar un conjunto de operaciones lineales, como por ejemplo la resta la multiplicación por una constante (amplificación), la integración, etc. Es el caso del sistema de control de velocidad de un motor de corriente continua en bucle cerrado de la figura 6.
- *Algoritmos no lineales de control*
En ocasiones no es necesario controlar el valor de una variable con gran precisión y en otras el rendimiento obtenido con un algoritmo lineal es muy bajo, como por ejemplo en las fuentes de alimentación conmutadas, que utilizan un algoritmo de control no lineal.

- *Algoritmos especiales de control*
Los algoritmos de control borroso (Fuzzy), control adaptativo, control estocástico, control neuronal, etc., constituyen un caso especial de control no lineal.

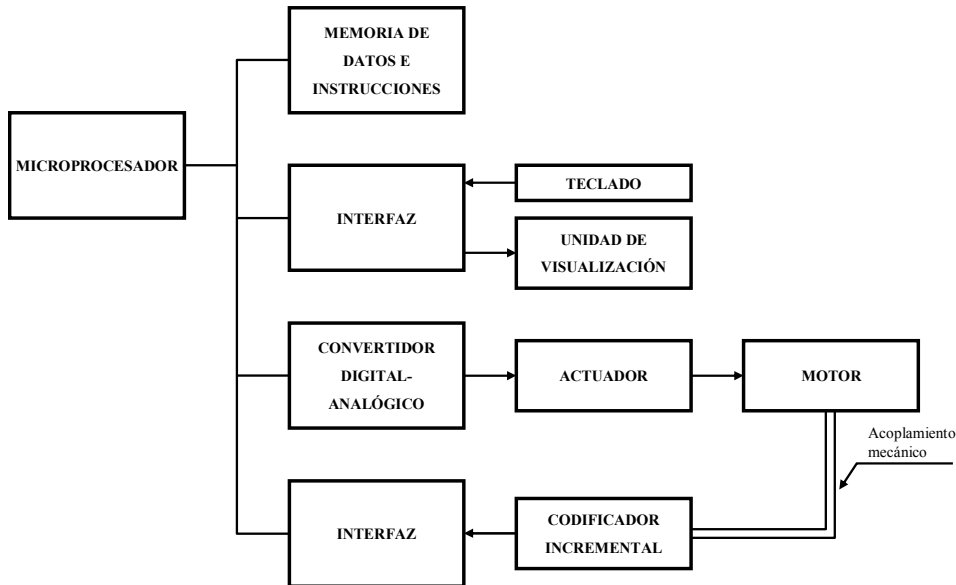


Figura 7 Esquema de bloques de un sistema de control de velocidad de un motor implementado mediante un codificador incremental y un microcomputador, que constituye un sistema digital de control lineal en bucle cerrado.

2.3 Estructura organizativa

Tanto los procesos de fabricación como los procesos continuos sencillos se caracterizan por estar formados por elementos situados en un entorno próximo. Son ejemplos los sistemas de control lógico y control de procesos de las figuras 3 y 4 respectivamente. En ambos casos el control se realiza mediante un único sistema electrónico y recibe por ello la denominación de control centralizado.

Pero la elevación de la complejidad de los procesos industriales, tanto de fabricación como continuos, hizo que, en numerosos casos, estén constituidos por diferentes equipos situados a distancia. En estos casos es necesario utilizar varios sistemas electrónicos de control interconectados que intercambian información a través de canales de comunicación compartidos y reciben en su conjunto el nombre de sistemas de control distribuido, conocidos por el acrónimo DCS (*Distributed Control Systems*) [11, 12], de los que constituyen un ejemplo los sistemas de fabricación flexible como el representado en la figura 8.

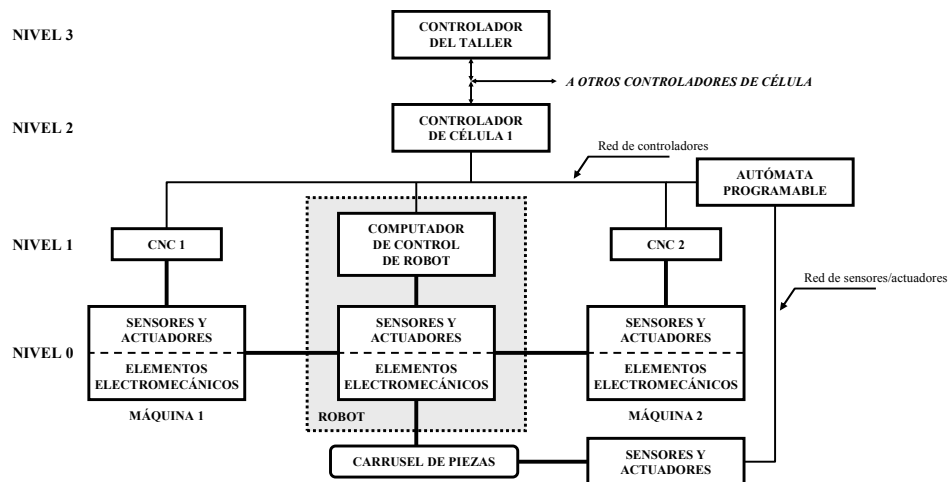


Figura 8 Sistema de fabricación flexible como ejemplo de sistema de control distribuido.

2.4 Nivel de riesgo

El aumento de complejidad de los procesos industriales y el coste que puede tener el que una o más máquinas que los forman queden fuera de servicio durante un tiempo elevado, hace que la garantía de funcionamiento, conocida por la denominación de confiabilidad (*Dependability*), de los sistemas electrónicos de control utilizados en aquellos, sea un factor determinante en algunos campos de aplicación. En especial uno de los principales aspectos de la confiabilidad es la seguridad tanto en su aspecto de evitar las acciones intencionadas para dañarlo (*Security*), como para evitar que una avería del mismo o una acción anómala en el sistema controlado por él produzcan daños a su entorno o a los usuarios del mismo (*Safety*).

Definiendo el riesgo de un sistema como el producto del daño que produce cuando se avería por la probabilidad de que la misma ocurra, los sistemas de control se pueden clasificar en sistemas de control convencionales y sistemas de control de seguridad especialmente diseñados para minimizar el riesgo. Todos los sistemas de control de las figuras 3, 4, 6 y 7 son sistemas de control convencionales en relación con la seguridad ante averías porque una avería de alguno de los elementos que los constituyen no garantiza que el sistema alcance una situación que no produzca daños a su entorno.

3. Conclusiones

El mapa conceptual presentado en este artículo constituye una herramienta de gran utilidad para aprender los fundamentos de los sistemas electrónicos de control. Para ello está asociado con ejemplos significativos que pueden ser analizados bajo el prisma de cada uno de los conceptos descritos en los apartados anteriores, de forma separada inicialmente y en su conjunto a continuación.

Una vez estudiado el mapa conceptual el lector puede volver a analizar cada uno de los ejemplos de sistemas reales anteriores para consolidar así sus conocimientos. Por ejemplo el sistema de la figura 3 es un sistema de control lógico centralizado en bucle abierto convencional desde el punto de vista del riesgo es decir que no utiliza técnicas de elevación de la seguridad (*Safety*).

Referencias

- [1] J. D. Novak. *A Theory of Education*. Cornell University Press. 1977. Traducida al castellano por Alianza Editorial: *Teoría y práctica de la Educación*. 1982.
- [2] J. D. Novak. *Handbook for the Learning how to learn Program*. Cornell University. Department of Education. 1980.
- [3] J. D. Novak. *The Theory Underlying Concept Maps and How To Construct Them*. Disponible en la red Internet en la dirección: <http://cmap.coginst.uwf.edu/info/>
- [4] J. M. Acevedo, J. M. Vilas and S. A. Pérez. *Multimedia system for proximity sensors teaching*. International Journal of Engineering Education (IJEE), 22(6), (2006), pp. 1304-1318.
- [5] M. D. Valdés, M. J. Moure y E. Mandado. *Hypermedia: A Tool for Teaching Complex Technologies*. IEEE Transactions on Education. Volume 42. Number 4. November 1999.
- [6] L. L. Bucciarelli. *Educating the Learning Practitioner*. Invited Lecturer, SEFI Annual Conference. Viena. 1996.
- [7] L. L. Bucciarelli. *Engineering Philosophy*. Delft University Press. The Netherlands. 2003.
- [8] C. Smith y A. Corripio. *Principles and practice of automatic process control*. Editorial Limusa. 1994.
- [9] J. R. Hackworth y F. D. Hackworth. *PLCs: Programming Methods and Applications*. Prentice Hall. 2003.
- [10] J. A. Rehg y G. J. Sartori. *Programmable Logic Controllers*. Prentice Hall. 2007.
- [11] D. Bailey y E. Wright. *Practical SCADA for industry*. Elsevier. 2003.
- [12] G. Clarke, D. Reynders & E. Wright. *Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and related systems*. Elsevier. 2004.