

# MODELACIÓN DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS EN LA FORMACIÓN BÁSICA DE LOS INGENIEROS

M. DISTEFANO<sup>1</sup>, R. HAARTH<sup>1</sup> Y E. IRIARTE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Automática y Electrónica Industrial (IAEI). Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina

*Se describe una estrategia educativa de autoaprendizaje basada en el razonamiento sistémico del futuro ingeniero que permite la modelación, simulación y verificación en tiempo real aplicado en problemas de automatización industrial de eventos discretos. El sistema utiliza un microcontrolador de última generación en la programación directa del modelo. Se complementa con la interconexión en red Ethernet mediante página Web embebida para realizar prácticas por Internet.*

## 1. Introducción

El trabajo del ingeniero implica resolver problemas aplicando métodos y tecnologías que derivan en un proceso reflexivo profundo de una situación y del entorno. La diversidad del saber científico y tecnológico que se involucran en la resolución de problemas requiere establecer puntos de vista unificadores[1]. La respuesta está en el trabajo de Teoría General de los Sistemas de Ludwig Von Bertalanffy[2] que fue desarrollada para estudiar seres vivos. Es tan amplia y abarcativa que se puede aplicar tanto a los sistemas naturales como a dispositivos artificiales.

A partir de la hipótesis que los alumnos del ciclo de formación básica tienen un conocimiento elemental de lógica booleana y algoritmia, entonces pueden resolver problemas de automatización de eventos discretos empleando lógica secuencial. Se puede desarrollar una estrategia pedagógica [3] de autoaprendizaje que desarrolle el pensamiento sistémico del futuro ingeniero modelando procesos industriales temporales[4], analizando el comportamiento mediante la simulación. La verificación en tiempo real de una solución requiere trasladar el modelo a un dispositivo de hardware y software que ejecute las instrucciones de un programa. La utilización de lenguajes de bajo y alto nivel ("C" o Assembler) origina en el alumno desconcentración al ser absorbido en complejas técnicas y el desarrollo de habilidades propias en la programación con estos lenguajes.

Este trabajo propone desarrollar una estrategia educativa basada en el razonamiento sistémico y soportado por un entorno electrónico-informático utilizando microcontroladores de última generación [5] que permiten la programación directa mediante la descripción gráfica del modelo enmascarando la programación assembler que todo microprocesador requiere en última instancia en la etapa de grabación. El entorno se complementa con la interconexión a distancia mediante página web permitiendo el acceso de gran cantidad de alumnos, reduciendo costos en laboratorios y docentes.

## 2. Objetivos

1. Desarrollar el pensamiento sistémico como herramienta fundamental en la formación básica de los ingenieros.
2. Utilizar técnicas de descripción algorítmicas para la modelación de sistemas tecnológicos, fácilmente trasladables a dispositivos de automatización de procesos industriales
3. Reducir tiempos y costos de aprendizaje empleando recursos de hardware y software de fácil comprensión para el estudiante.

## 3. Desarrollo

El trabajo tiene en cuenta 3 aspectos básicos: mecánico, electrónico e informático, que en conjunto constituyen un entorno de aprendizaje conformado por dos módulos:

**Módulo Experimental a Escala**, definido por elementos físicos mecánicos y eléctricos con movimientos reales que despiertan la curiosidad, iniciativa y creatividad de los estudiantes, relacionando su estudio universitario con situaciones que observan en la realidad diaria. Este Módulo representa, con algunas limitaciones impuestas por la escala, el comportamiento más cercano a un sistema tecnológico real.

**Módulo de Programación y Comunicación**, definido por componentes electrónicos y un Microcontrolador de última generación con tecnología de programación directa que traslada el diagrama del modelo a instrucciones ejecutables. Incluye una interface de comunicación serie RS232/Ethernet con página Web embebida. Este módulo es genérico, lo que permite diseñar, construir o adquirir diferentes módulos experimentales, siendo el mismo en todos los casos.

A partir de la observación, el alumno analiza el funcionamiento del Módulo Experimental a Escala y plantea el esquema tecnológico de todos los elementos que intervienen, describe las interrelaciones entre los componentes, identifica las variables de entrada y salida, luego elabora el modelo funcional mediante un Diagrama de Flujo o un Diagrama de Estados y Transiciones (P/T) que es simulado y transferido al Módulo de Programación y Comunicación. El conjunto, en funcionamiento, permite evaluar y verificar la solución propuesta por el alumno.

### 3.1 Aspectos y Metodología del desarrollo

La estrategia pedagógica se basa en desarrollar en el alumno competencias en la resolución de problemas, la construcción de modelos, realizar simulaciones dinámicas, emplear lenguajes de representación y supervisión a distancia de un sistema o proceso industrial.

Se preserva el principio que los alumnos comiencen a resolver problemas de ingeniería en el ciclo básico y construyan objetos tecnológicos con pocos contenidos disciplinares específicos. Todos los objetos pueden ser entendidos por los alumnos del ciclo básico en su experiencia cotidiana y no requieren de conocimientos especializados de electrotecnia, electrónica, ni de mecánica.

Se realiza un enfoque estructural y sistémico de una aplicación real, para lo cual se define una metodología de desarrollo estructurada en siete (7) etapas que el alumno realiza en el proceso de resolución de un problema de automatización de un sistema tecnológico:

#### **Etapas metodológicas :**

- 1.- Planteo del Problema: Donde se desarrollan los procesos cognitivos de abstracción e interpretación para identificar el sistema tecnológico.
- 2.- Esquema Tecnológico: Donde se desarrollan las capacidades de identificación y representación del conjunto de objetos vinculados entre sí, en un todo y las partes.
- 3.- Condiciones Iniciales: Donde se describen los estados iniciales de los objetos y las variables de entrada y salida
- 4.- Tabla de Símbolos: Donde se identifican las variables del problema, entradas y salidas externas, valores iniciales y la representación individual simbólica de cada una.
- 5.- Modelo Funcional : Donde se representan gráficamente las interrelaciones funcionales de operación y control de las variables y vínculos lógicos mediante un lenguaje de comunicación gráfico (Diagrama de Flujo). En este diagrama se especifica la secuencia lógica y evolución temporal del sistemas mediante estados, acciones y transiciones (eventos discretos).
- 6.- Simulación Dinámica: Donde se realiza la validación del modelo, la traslación directa del modelo y la ejecución del programa mediante el Módulo de Programación y Comunicación.
- 7.- Supervisión del Sistema: Comprende el monitoreo a distancia de un sistema tecnológico a través de una página web.

#### 4. Aplicación

Como ejemplo de aplicación se construyó el Módulo Experimental a Escala de un Montacarga o Ascensor muy utilizados en la industria de alimentos y farmacológica ( figura 1).

El sistema completo muestra el módulo experimental conectado al módulo de programación y comunicación. De este último se accede a la red Ethernet TCP/IP . Un enlace remoto permite el acceso al módulo experimental para monitoreo de las variables del proceso.

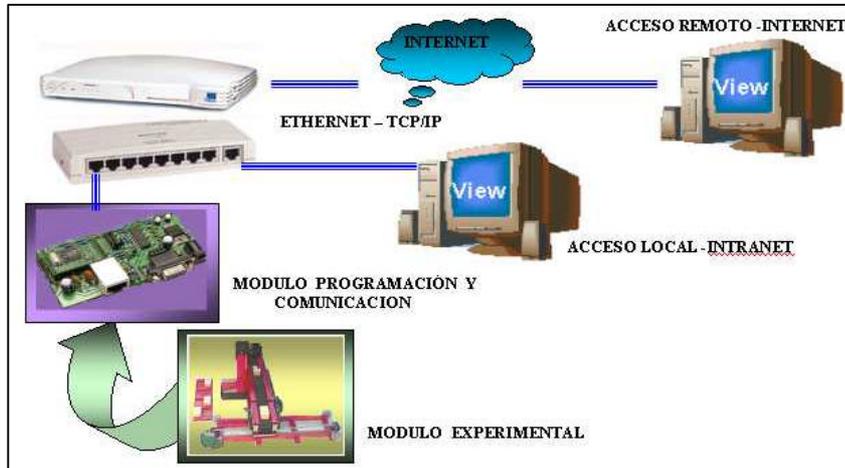


Figura 1. Sistema completo de autoaprendizaje

#### 4.1 Descripción del Sistema

##### 1\_ Planteo del problema

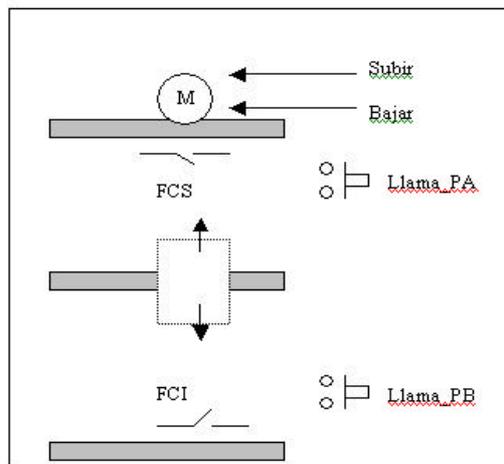
Se requiere controlar el funcionamiento de un montacargas que se desplaza entre planta alta y baja de un local comercial. Mediante botones se realiza el llamado del montacargas.

Un motor que gira en dos sentidos permite bajar y subir la carga. El arribo a alguna de las dos planta se detecta por medio de un par de contactos (fin de carrera).

El dispositivo puede llamarse desde cualquier piso. La carga puede estar en cualquier piso.

##### 2\_ Esquema tecnológico

Se necesita describir el sistema en forma gráfica y clara, que permita identificar todos los componentes del sistema a controlar.



IAEI – Instituto de Automática y Electrónica Industrial -UNC

Figura 2. Esquema completo del Montacargas

### 3\_Condiciones iniciales

El montacargas se inicializa ubicándose en planta baja y puede llamarse desde cualquier planta, en el reinicio, cuando ocurre un corte de energía, continua con la tarea pendiente.

Las condiciones iniciales de arranque y operación se describen en la tabla de la figura 3.

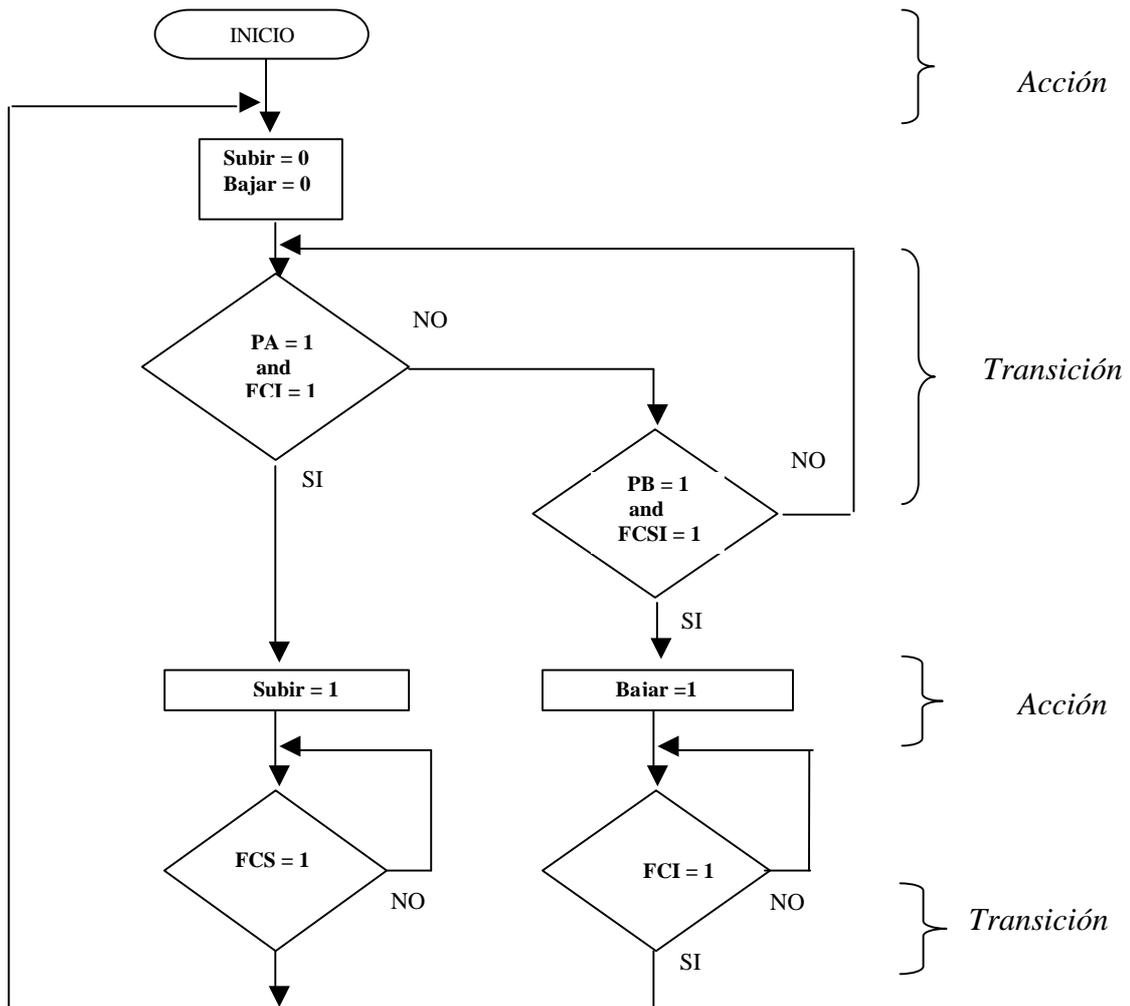
En la primer columna se indica la dirección de la variable que se usará en el módulo de programación y control. La dirección simbólica y tipo de dato se relaciona con el proceso. El estado inicial indica el valor de la variable en el momento de arranque. Los comentarios describen con mas detalle el significado de la variable y algún otro tipo de información relevante.

### 4\_Tabla de símbolos

LISTA DE VARIABLES y SEÑALES DE ENTRADA-SALIDA				
DIRECCION ABSOLUTA	DIRECCION SIMBOLICA	TIPO DE DATO	ESTADO INICIAL	COMENTARIOS
I0.1	Llama_PA	BOOL	0	Pulsador llamada Planta Alta
I0.2	Llama_PB	BOOL	0	Pulsador llamada Planta Baja
I0.3	FCS	BOOL	0	Fin de carrera Superior
I0.4	FCI	BOOL	1	Fin de carrera Inferior
Q0.2	Subir	BOOL	0	Acciona Motor hacia Arriba
Q0.3	Bajar	BOOL	0	Acciona Motor hacia Abajo

Figura 3. Tabla de condiciones iniciales de las variables del proceso

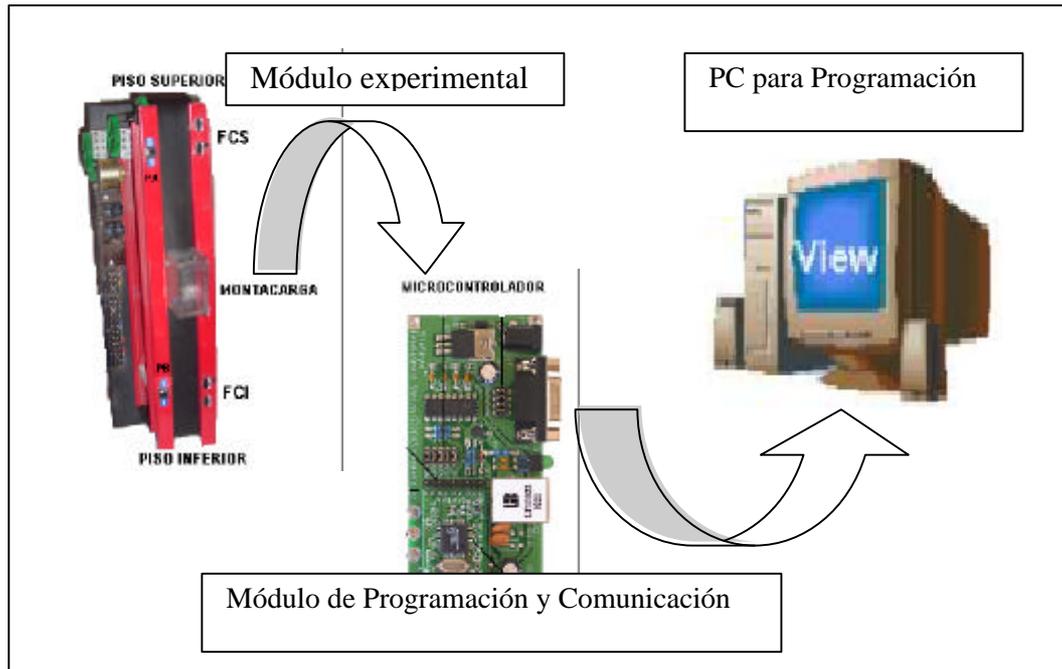
### 5\_Modelo funcional



## 6\_ Simulación dinámica

Esta etapa comprende la programación directa del modelo sobre el dispositivo microcontrolador inteligente. El modelo gráfico o diagrama se implementa en una PC con la ayuda de un software que provee el fabricante del microcontrolador. El software tiene la opción de simular la programación desarrollada con el fin de verificar el funcionamiento planteado.

Finalmente, se convierte directamente en instrucciones ejecutables quedando el dispositivo inteligente programado y listo para ejecutar la aplicación. La transferencia del programa desde la PC al microcontrolador se realiza gracias a que el dispositivo inteligente posee una interface serie RS232 de comunicación.



**Figura 4:** Simulación Dinámica del Modelo

## 7\_ Supervisión del sistema

El sistema descrito puede ser monitoreado localmente desde una PC a través de la interface serie de comunicación RS232.

Con el fin de monitorear el proceso a distancia, el microcontrolador posee una interface electrónica para conexión a la red Ethernet – TCP/IP , de este modo , el sistema tecnológico se puede supervisar a través de una página web.

Esto es posible gracias a que el microcontrolador dispone además, de un modulo de programación en lenguaje HTML que permite generar una página web embebida.

Para lograr el enlace web, se requiere el uso de un número de identificación IP de red que debe asignar el Servidor WEB al cual se conecta el sistema tecnológico.

Un usuario puede acceder desde cualquier lugar a la página web programada llamando al número de IP del microcontrolador.

El sistema se presenta mostrando una pantalla que visualiza las variables del modelo programado

## 5. Conclusiones

1. Con el concepto de modelación, simulación y verificación en tiempo real, el alumno autoaprende evolucionando en el nivel de conocimientos a alcanzar.
2. Resulta muy atractivo para el alumno del ciclo básico resolver problemas de ingeniería y construir objetos tecnológicos a partir de la realidad que lo rodea.
3. El sistema es flexible para realizar múltiples aplicaciones sobre un mismo soporte de hardware y software, siendo el Modulo Experimental la variable del conjunto. Este puede ser construido por el alumno con la asistencia del profesor, desarrollando útiles habilidades manuales.

## Referencias

- [1] Van Gigh , John P. *Teoría General de Sistemas Aplicados*. México. Trillas (1981)
- [2] Von Bertalanffy , Ludwing. *Teoría General de los Sistemas*. México. Fondo de Cultura Económica (1996)
- [3] Calderon Muñoz, Hess M, PerezG. *Hacia una motivación para el aprendizaje*. Univ. Playa Ancha. Valparaíso. Chile (1997)
- [4] Buch Tomás. *Sistemas Tecnológicos*. México. Aique ( 1999)
- [5] Lincoln, David. *Programming and Customizing the Picaxe Microcontroller*. U.K..Tab Electronics(2005)