

# MONITORIZACIÓN, CONTROL Y SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE UNA PLANTA PILOTO MEDIANTE EL SISTEMA EXPERTO G2

A. Zafra Cabeza, A. Núñez Reyes  
Escuela Superior de Ingenieros  
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática  
Camino de los Descubrimientos, s/n, Sevilla 41092  
Telf: +34954487360, Fax:+34954487340  
{asun, amparo}@cartuja.us.es

## Resumen

*En este trabajo se presenta una aplicación en tiempo real consistente en un Sistema Experto que controla, monitoriza y supervisa una planta piloto. El Sistema Experto ha sido desarrollado bajo el entorno G2. La interfaz usada entre la planta real y el Sistema Experto se realiza mediante el SCADA CUBE.*

**Palabras Clave:** Sistema Experto, G2, tiempo real, supervisión, CUBE

## 1 INTRODUCCIÓN

Una posible definición de Sistema Experto se podría tomar de [1], donde se describe como: "cualquier sistema que permita representar un programa, capaz de realizar ciertas operaciones relacionadas con los resultados de un razonamiento ejecutado por personas que conocen un tema".

La primera dificultad de la realización de tales programas es la representación del conocimiento bajo una forma simbólica estructurada a partir de representaciones lingüísticas más o menos explícitas. La segunda tarea es la de interpretar los datos, o información, adquiridos por los sensores conforme a las situaciones significativas del proceso. El último problema a resolver consiste en implementar programas que, a partir del conocimiento y de los datos conduzcan a conclusiones y decisiones, es decir, a programar funciones de razonamiento.

La estructura tradicional de un Sistema Experto comprende un motor de inferencia, una base de reglas y una base de hechos, o base de datos, donde: el conocimiento se representa en la base de reglas, el razonamiento es el motor de inferencia y la formación a partir de los datos interpretados en forma de situaciones constituye la base de hechos. Por lo tanto no es de extrañar que el concepto de Sistema

Experto sea uno de los útiles más apreciados en un primer intento de supervisión inteligente de un proceso complejo.

Actualmente, cuando la complejidad del proceso lo requiere, se completa la automatización básica por un sistema de monitorización que permite un diálogo con el operador humano por medio de gráficos, curvas, números y símbolos.

Los objetivos que pretende cubrir este trabajo son los detallados a continuación:

- Obtener una simulación del proceso de la planta piloto en tiempo real. Basada en el modelado del sistema que se ha desarrollado en el Sistema Experto G2.
- Realizar la supervisión y el control sobre la planta piloto en un nivel superior que el proporcionado por el SCADA CUBE.
- Detección de situaciones no deseables. Partiendo de un buen modelado del sistema es posible detectar y evitar situaciones anómalas que puedan alterar el buen funcionamiento de la planta, deteriorar elementos de ella o realizar el proceso de la planta actual inadecuadamente. Se trata entonces de evitar situaciones anómalas y de peligro, ejecutando paralelamente ambos sistemas, el SCADA y el Sistema Experto. Mientras CUBE toma valores reales de los sensores instalados en la planta, los representa gráficamente, G2 a través de un módulo de interfaz (GSI) toma periódicamente esos valores y los compara con los simulados. En caso de que no coincidan (teniendo en cuenta un cierto margen de error en la precisión de los cálculos) G2 informa al operador de las situaciones que resultan anómalas. También tiene la posibilidad de actuar sobre las variables CUBE, para evitar situaciones de mayor peligro y aumentar la seguridad en la planta.
- Realizar la comunicación del Sistema Experto G2 con el SCADA CUBE.

El contenido de este trabajo se organiza en tres secciones. En primer lugar se describe el sistema

sobre el que se ha realizado la aplicación. En la sección 3 se expone el desarrollo realizado en el Sistema Experto G2. Y en el último apartado se muestran las conclusiones y las posibles ampliaciones.

## 2 DESCRIPCION DEL SISTEMA.

El hardware que se ha utilizado [2-3] para el desarrollo de esta aplicación se representa en la figura 1. Todos los componentes del sistema se encuentran ubicados en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla. La aplicación consta de una Planta Piloto industrial, de un Pupitre de Mando, de un módulo denominado PMC (Programable Multiple Control) y de dos PC's, uno para el desarrollo de la aplicación del Sistema Experto y otro para el sistema SCADA. A continuación se realizará una descripción detallada de cada uno de los componentes del sistema.

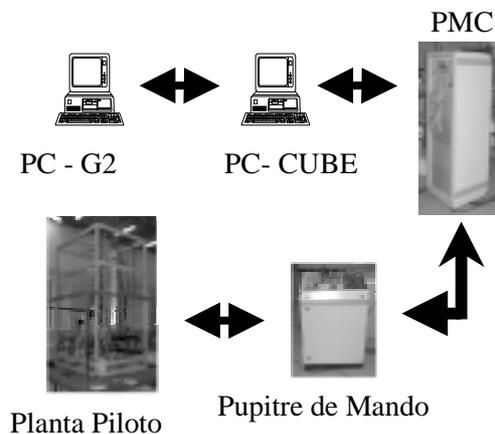


Figura 1. Arquitectura del sistema global

### 2.1 PLANTA PILOTO INDUSTRIAL.

La planta piloto a supervisar consiste en una instalación diseñada con componentes industriales que se utiliza como banco de pruebas para comprobar la eficacia de distintas técnicas de supervisión, simulación y control. Consta de un tanque cilíndrico que puede llenarse de agua a través de dos tuberías de abastecimiento, una de ellas de agua fría y la otra de agua caliente, obtenida a partir de un calentador. El caudal que circula por dichas tuberías de abastecimiento es controlado por válvulas automatizadas. El tanque, además, posee tuberías de respiradero y de desagüe. En el interior se encuentra una resistencia que permite calentar el agua, siendo posible controlar su potencia calorífica, indicando el porcentaje de potencia deseado sobre la máxima potencia que puede ceder. El tanque posee también un circuito de recirculación, cuyo caudal es controlado por otra válvula automatizada. El circuito

de refrigeración atraviesa un intercambiador de calor que permite variar la temperatura del agua que recircula, con lo que también puede variar la temperatura del tanque. Para suministrar agua a la planta se ha colocado un depósito de la misma con un sistema de refrigeración de tal forma que el agua que contiene pueda mantenerse a una temperatura aproximadamente constante durante los experimentos. Finalmente comentar que la planta está equipada con una serie de bombas para forzar la circulación del agua.

### 2.2 PMC (PROGRAMABLE MULTIPLE CONTROL).

El Controlador Programable Multifuncional (PMC) es el módulo encargado del Control del Proceso. Es capaz de resolver de manera coordinada todos los problemas integrados en la regulación y manipulación de la instalación, adquisición y regulación de señales analógicas, secuenciamiento de cadenas de control, cálculo matemático, etc. Está constituido por un microprocesador 8086 y varias tarjetas analógicas y digitales, tanto de entrada como de salida. El funcionamiento del PMC se basa en la ejecución de un programa de forma cíclica, dividiendo las tareas en módulos denominados secuencias y tomando como base de temporización una unidad de tiempo denominada TICK. El valor de este TICK es configurable, para esta aplicación se ha tomado la equivalencia de 1 Tick = 100 ms.

### 2.3 PUPITRE DE MANDO.

La planta piloto está provista de un pupitre en el interior del cual, están las conexiones y protecciones eléctricas, así como relés, transmisores de temperatura, transformadores...

Desde el pupitre de mando, se realiza la actuación manual sobre la planta por parte del operador. En el exterior del pupitre se encuentra un sinóptico de la planta, y todas las salidas de sensores y entradas de actuadores. Será desde este pupitre, de donde partirán los cables de conexión de la planta piloto con el PMC (Módulo de Control Distribuido).

### 2.4 COMPUTADORA PC-CUBE

Esta computadora está conectada al módulo PMC, mediante una tarjeta de red, denominada Orsi Iter Net 18, vía ARCNET (2.5 Mbauds), y al computador que soporta el Sistema Experto a través de una red local ETHERNET. El Sistema Operativo que se ha instalado es Windows NT Server 4.0, y soporta la plataforma CUBE Enterprise Wizard, comercializado por la empresa Orsi Automazine. Este software ha sido concebido para el mundo en 'tiempo-real' de la automatización y el control de procesos [4] y totalmente desarrollado para Windows NT, por lo



whenever the <att1> of <obj1> receives a value then set <var\_cube> to the <vall> of <obj1>

donde,

att1, es la propiedad del objeto obj1 que ha cambiado de valor

obj1, objeto de la base de conocimientos al que pertenece el att1

var\_cube, variable cube en G2 que periodicamente actualiza el valor en la planta real. Existen tantas variables cube como variables que se quieran escribir/leer en/de la planta real

att2, propiedad del objeto obj1 cuyo valor se quiere actualizar en la planta real.

vall, valor a actualizar en la planta real

El ejemplo de regla que a continuación se expone actualiza la variable cube resist\_dig (variable imagen de la base de datos de la planta real que actúa sobre el encendido/apagado de la resistencia localizada en el interior del depósito) cuando se modifica desde G2

Whenever the on-off-res of deposito receives a value then set resist\_dig to the on-off-res of deposito

donde,

on-off-res es una propiedad perteneciente al objeto deposito que almacena el encendido de la resistencia del depósito.

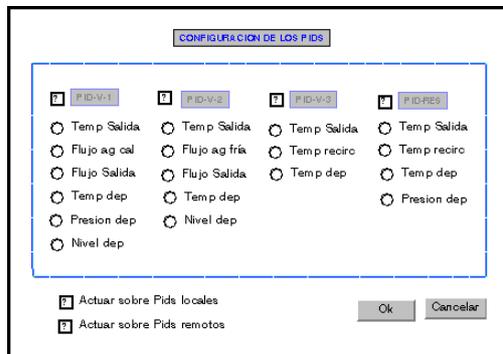


Figura 4. Pantalla de configuración de PID's en G2 y CUBE.

### 3.4 CONFIGURACIÓN Y CONTROL DE PID'S

En la base de conocimientos G2 y en el SCADA CUBE está modelado el elemento de control automático PID. La aplicación desarrollada en G2 ofrece funciones para configurar los pids locales y remotos. En la figura 4 se puede observar la pantalla que configura los pids. Pueden configurarse independiente. Cada uno de los pids actúan sobre un elemento de control fijo. Así, los tres primeros actúan sobre las válvulas automáticas y cuarto sobre la

resistencia del depósito. Los set-points se modifican seleccionando el PID en pantalla. Esto provoca que se abra una ventana con información sobre él.

### 3.5 DETECCIÓN DE SITUACIONES NO DESEABLES O DE PELIGRO

Se ha dotado al sistema con la posibilidad de actuar remotamente sobre la planta cuando detecte situaciones no deseables o de peligro en el sistema real. Estas anomalías son detectadas por las reglas introducidas en la aplicación G2. El objetivo es

evitar situaciones que pudiesen alterar el buen funcionamiento de los elementos de la planta piloto o producir situaciones de riesgo. La estructura de las reglas de detección de anomalías siguen este formato:

si variables\_simuladas <> variables\_reales entonces <actuación\_en\_consecuencia>

El operador de diferencia se debe entender que no significa que sean distintos exactamente los valores simulados y reales ya que se ha tenido en cuenta un posible margen de error en los valores simulados que pueden hacer que sean levemente distintos.

<actuación en consecuencia >consiste, dependiendo de las variables que se trate, en un simple aviso al operador o bien, caso de poder suponer peligro, actuación remota sobre las variables de la planta.

#### 3.5.1 Ejemplo de Regla de detección de situaciones anómalas sobre la bomba centrífuga)

La regla descrita a continuación evita la conexión de la bomba centrífuga situada en el lazo de realimentación si la válvula adyacente está cerrada. Ello podría producir fallos en el funcionamiento normal de la bomba.

#### 3.5.2 Ejemplo de regla de detección sobre la resistencia del depósito calentador.

La resistencia alojada en el interior del depósito está localizada verticalmente. Su altura es aproximadamente el 60% de la altura del depósito. Se debe evitar la activación de la resistencia cuando el nivel del fluido no la ha cubierto.

Las reglas que a continuación se exponen consiguen detectar el evento descrito y en consecuencia evitar la activación. La primera regla evita que cuando el nivel baje más del 60% se desconecte automáticamente la activación de la resistencia. La segunda detecta un intento de conexión de la resistencia cuando el nivel no es aún el suficiente.

whenever the on-off-switch of bomba-intercambiador receives a value  
and when the value of the on-off-switch = 1 and  
the manual-position of valvula-3= 0 then  
inform the operator for the next 3 seconds that  
"La bomba ha sido conectada pero la valvula-3 no esta abierta" and  
conclude that the on-off-switch of bomba-intercambiador = 0

whenever the level LEV of deposito receives a value and  
when (LEV<0.6) then  
conclude that the on-off-res of deposito = 0

### 3.5.3 Reglas que detectan diferencias entre los valores proporcionados por CUBE y los simulados en G2.

Teniendo como base el modelado de la planta en G2, se pueden detectar posibles anomalías en el funcionamiento de la planta real cuando simultáneamente se tiene el Sistema Experto simulando el mismo proceso. Con ello se consigue uno de los objetivos más importantes del proyecto: la capacidad de detectar posibles fallos y con ello evitar daños mayores. Aquí se puede observar la potencia de combinar un sistema real con su análogo simulado. La regla expuesta abajo detecta diferencias significativas entre el valor real y simulado de la temperatura del depósito.

whenever the on-off-res of any container-or-vessel C receives a value and  
when (the level of deposito <0.60 and the on-off-res of deposito=1) then  
conclude that the on-off-res of deposito = 0 and  
inform the operator for the next 3 seconds that  
"El depósito no ha llegado todavía al nivel adecuado para poder conectar la resistencia"

## 4 CONCLUSIÓN

Con la realización de este trabajo se ha conseguido un sistema capaz de recibir datos en tiempo real, analizarlos y emitir respuestas inteligentes, también en tiempo real, basadas en el modelado del sistema en G2.

Resulta muy atractiva e interesante la fusión de un Sistema Experto y un SCADA, resultando óptima si se realiza con herramientas robustas y abiertas como las usadas en este trabajo.

Variables del sistema de gran importancia como presiones, flujos o temperaturas en procesos industriales, pueden ser fácilmente supervisadas y controladas con la arquitectura implantada.

La conexión de G2 y CUBE establece además una jerarquía en el personal que actúa sobre la planta industrial. Antes, tan sólo existía el nivel operador que controlaba desde el SCADA CUBE. Con la inclusión del Sistema Experto G2 se proporciona un nivel superior, con toma de decisiones que se imponen a las realizadas desde el SCADA.

## Agradecimientos

Las autoras de esta comunicación agradecen a Eduardo F. Camacho y Miguel Angel Ridao, su labor prestada en la dirección de los trabajos realizados.

## Referencias

- [1] Aguilar Martín, Joseph (2001). "Técnicas de Inteligencia Artificial en la Supervisión de Procesos Industriales".
- [2] Núñez Reyes, Amparo (1999). "Monitorización y Control de Planta Piloto Mediante SCADA CUBE. Interface con Sistema Experto G2." PFC Universidad de Sevilla.
- [3] ORSI AUTOMAZIONE S.p.A. (1997). "CUBE: Installation Guide, Tutorial, Overview".
- [4] Zafra Cabeza, Ascensión (1999). "Monitorización, Control y Simulación de Planta Piloto Mediante el Sistema Experto G2. Interface con el SCADA CUBE." PFC Universidad de Sevilla.