

# MODELADO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ MEDIANTE ECOSIMPRO

**E. Huélamo**

**E. Casado**

Empresarios Agrupados, A.I.E.

**J. A. Carrasco**

CC.NN. Almaraz-Trillo

## **SINOPSIS**

*La sustitución, en la Central Nuclear de Almaraz, del sistema de control de agua de alimentación obliga a la realización de cálculos y estudios en los que, además de demostrar la idoneidad del mismo y sus parámetros de operación, se evalúa el comportamiento del conjunto ante diversos accidentes postulados a diferentes niveles de carga. Esta ponencia presenta los modelos realizados con las librerías CONTROL y PIPELIQTRAN de ECOSIMPRO.*

*Con la ayuda de la librería CONTROL se han creado los módulos necesarios para representar fielmente los diagramas lógicos de la nueva instrumentación, permitiendo introducir los parámetros actuales de funcionamiento, las funciones reales de operación y, en general, disponer de una herramienta de simulación actualizada con la realidad de la Planta. En algún caso ha habido que crear nuevos componentes para tener en cuenta las características especiales de los elementos reales.*

*Con la ayuda de la librería PIPELIQTRAN se ha realizado el modelo que permite estudiar, bajo la óptica puramente hidráulica, el sistema completo de condensado-agua de alimentación en régimen transitorio, teniendo como condiciones de contorno la salida de condensado del pozo caliente y la salidas de vapor principal de los generadores de vapor.*

*En este modelo hidráulico se han representado con gran fidelidad los elementos involucrados en el control (bombas de condensado, de drenaje de calentadores y de agua de alimentación y válvulas de control de nivel de calentadores 5, de mínimo flujo de turbobombas y de agua de alimentación, incluyendo en el modelo las de "by-pass" de estas últimas).*

*Se presentan resultados de algunos de los análisis llevados a cabo y su comparación con los correspondientes valores reales medidos en Planta.*

-----

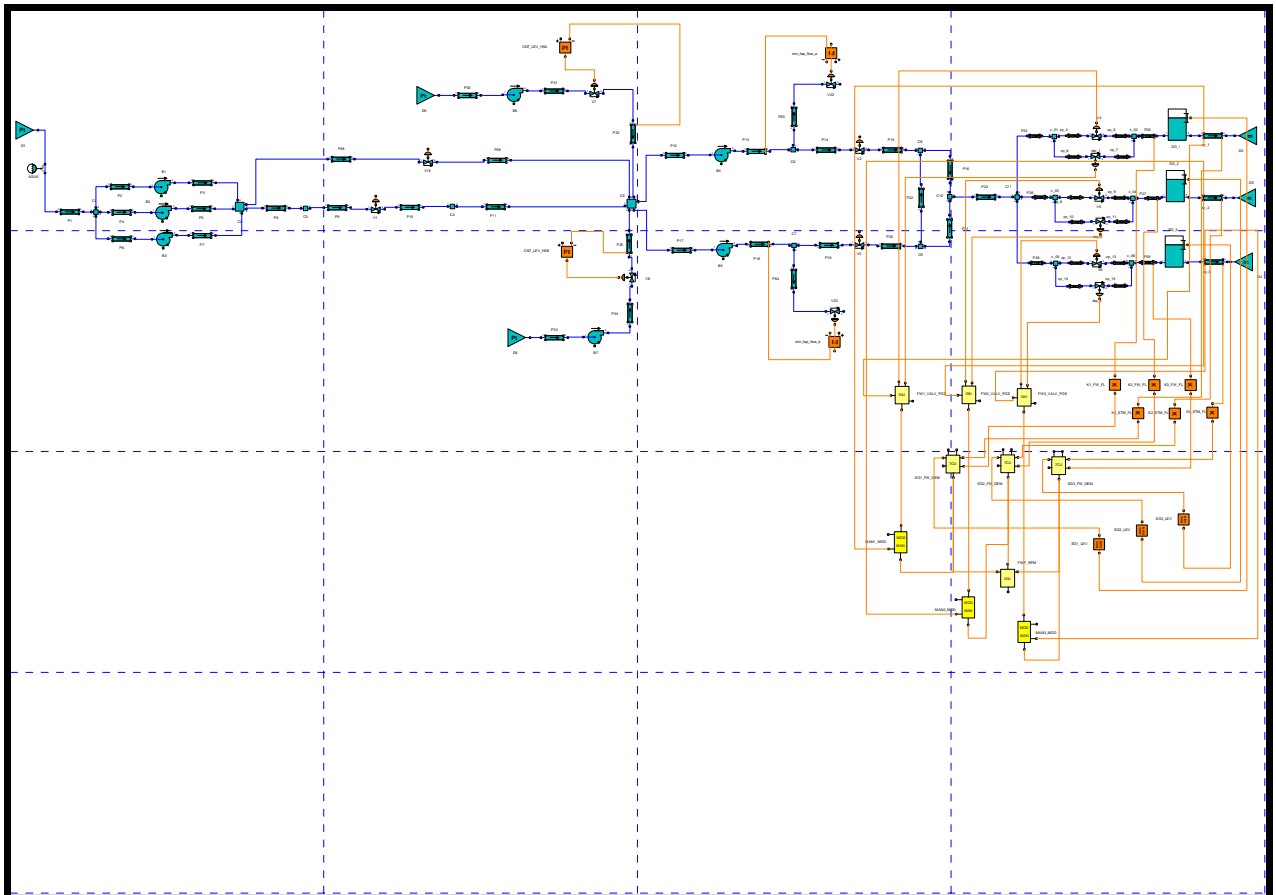
## INTRODUCCIÓN

El objeto del trabajo aquí descrito, realizado por Empresarios Agrupados, ha sido la confección de un modelo de cálculo del sistema de condensado y agua de alimentación de CNA que contemple con todo lujo de detalles el nuevo sistema de control instalado en la Central, que sea fácilmente modificable e inteligible –por tanto fácilmente puesto al día con la situación real de planta- y que permita realizar en tiempos razonables análisis fiables de comportamiento del conjunto lógico-hidráulico en las situaciones o maniobras que se consideren de interés.

## DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

### Modelo hidráulico

El modelo hidráulico corresponde a la figura siguiente:



El modelo comienza –sentido del flujo- en el pozo caliente del condensador, condición de contorno de presión, y finaliza en las tuberías de salida -vapor principal- de los generadores de vapor, también modeladas como condiciones de contorno, éstas de flujo másico. Los calentadores 5 también están modelados como

condiciones de contorno de presión, así como la recirculación larga de las bombas de agua de alimentación

Equipos principales incluidos detalladamente:

- Bombas de condensado, de drenaje de calentadores y de agua de alimentación
- Válvulas de control y de by-pass de agua de alimentación

Equipos principales incluidos de forma simplificada:

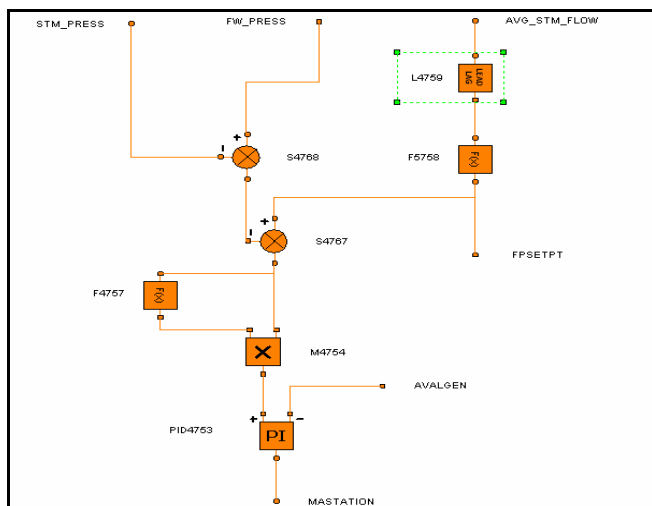
- Generadores de vapor, como tanques en los que se puede establecer como condición de contorno la presión en la superficie libre y es dato la curva que relaciona el nivel con el inventario de agua.

Equipos principales incluidos para simular su comportamiento desde el punto de vista hidráulico:

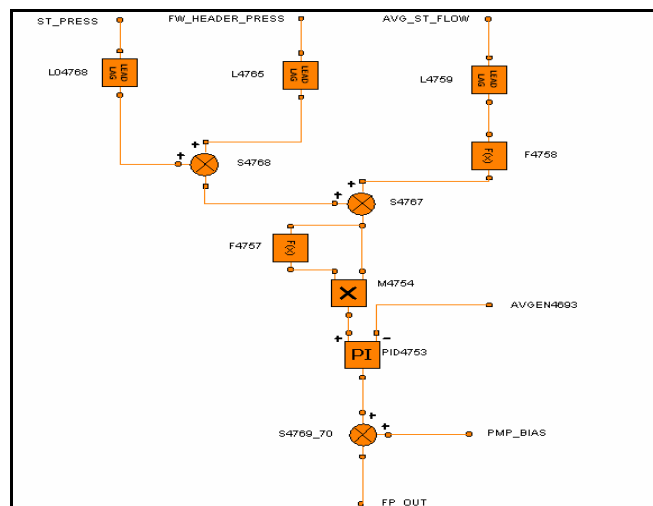
- Calentadores de agua de alimentación y tubería asociada.

### Modelo de control

Representados en las figuras siguientes, todos los elementos que intervienen en el modelo de control están tomados, tanto esquemáticamente como en lo que a sus datos se refiere, de las referencias [2] y [3].

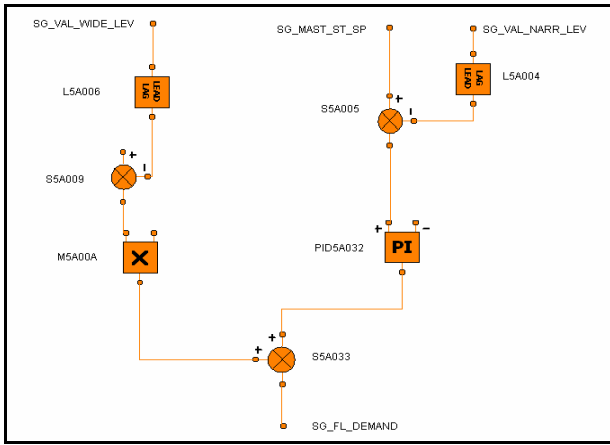


FW\_AP\_CNTR

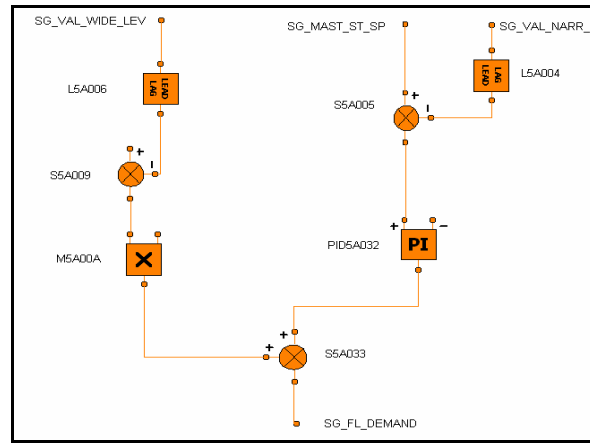


OLD\_FW\_CONT

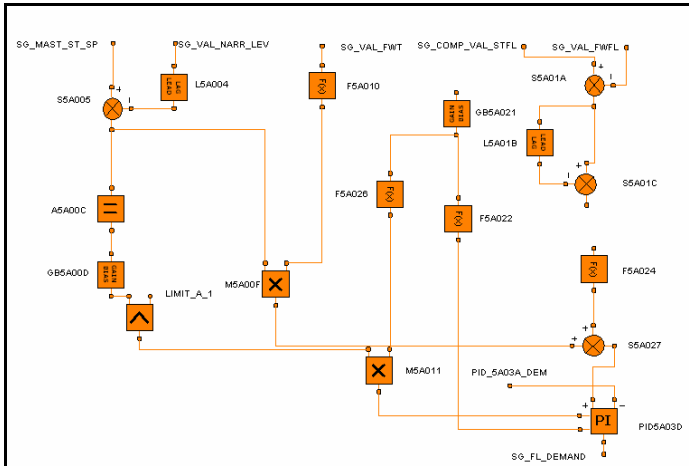
# MODELADO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ MEDIANTE ECOSIMPRO



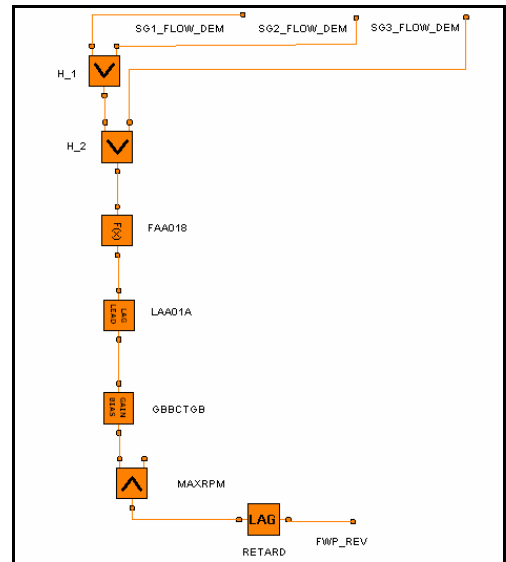
*SF\_FW\_DEM\_LO*



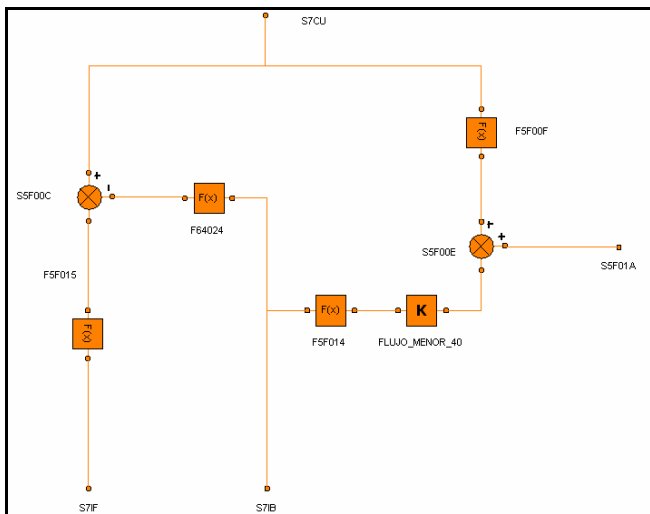
*SG\_FW\_DEM\_LO\_7300*



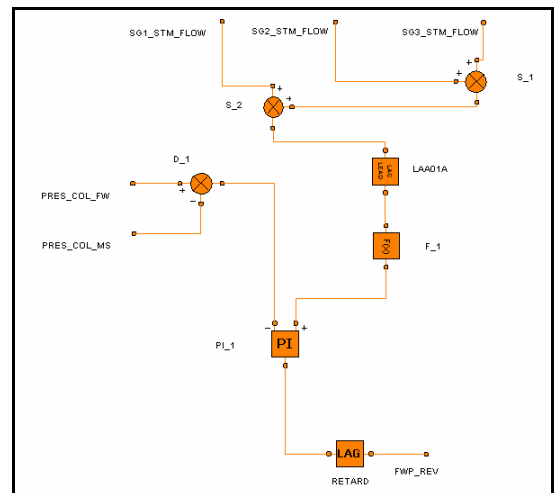
*SG\_FW\_DEM*



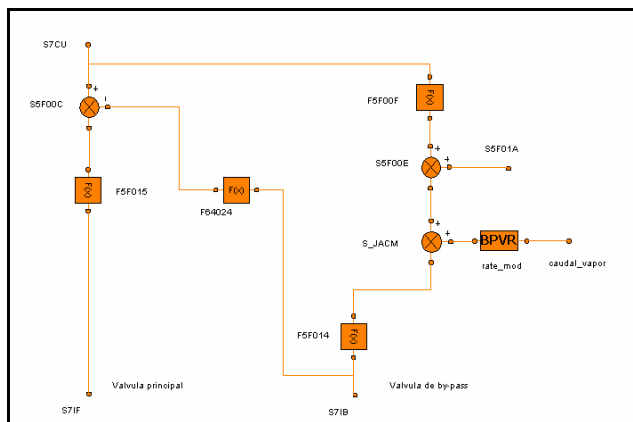
*FWP\_RPW*



*FW\_VALV\_POS*



*FWP\_RPM\_7300*



*FW\_VALV\_POS\_JACM*

## CONFIGURACIÓN DE EXPERIMENTOS Y MÉTODO SEGUIDO PARA EL ANÁLISIS DE DIFERENTES CASOS

Para realizar los "experimentos", así denominados en el programa de Empresarios Agrupados ECOSIM, utilizado para estos análisis (referencia [1], se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Se dispone de parámetros generales de operación normal (presión en aspiración de bombas de condensado, temperaturas y caudales de drenaje de calentadores, presión en generadores de vapor y demanda de vapor principal) que se imponen como condiciones de contorno a un primer modelo en el que todos los controles y equipos se suponen funcionando correctamente, con el fin de obtener, para una carga determinada, una situación estacionaria, de funcionamiento en régimen permanente. El resultado de este análisis se guarda en un fichero que, en el paso siguiente, será usado como fichero de "restart".
2. Dependiendo de la carga, se modifica el modelo correspondiente para "desconectar" el control que actúa sobre el equipo cuyo fallo quiera estudiarse, imponiendo en el fichero de "experimento" el modo de operación de dicho equipo.
3. Se "desconectan" las señales que generan las medidas de caudales de vapor principal; manualmente, se da una información a los elementos que la necesitan suponiendo que los medidores de caudal, en situación de rotura, por gran diferencia de presión, deben dar señal -falsa- de caudal de vapor máximo.
4. Se rueda el caso correspondiente tomando como condiciones iniciales las del fichero "restart" a que se hace referencia más atrás, imponiendo los valores de descarga de masa por la rotura en función del tiempo proporcionados por Westinghouse y con el resto de las hipótesis establecidas.

## CASOS ESTUDIADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

La tabla siguiente muestra una relación de casos analizados, para rotura tipo D, en línea de vapor principal:

Fallo de una turbobomba al 0 y al 30% de potencia
Fallo de las dos turbobombas al 30% de potencia
Fallo de válvula de by-pass (iniciado con el accidente) al 0 y al 30% de potencia
Fallo de válvula de by-pass (previo al accidente) al 0 y al 30% de potencia
Fallo de válvula principal (iniciado con el accidente) al 0 y al 30% de potencia
Fallo de válvula principal (previo al accidente) al 0 y al 30% de potencia
Fallos de válvulas principal y de by-pass (iniciados con el accidente) al 0 y al 30% de potencia
Fallos de válvulas principal y de by-pass (previos al accidente) al 0 y al 30% de potencia

y en las páginas finales se muestran algunas curvas representativas de los resultados obtenidos

Los resultados, comparados con los obtenidos por otros métodos presentan una muy aceptable coincidencia.

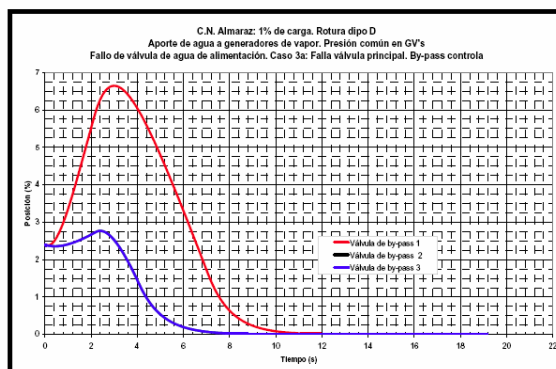
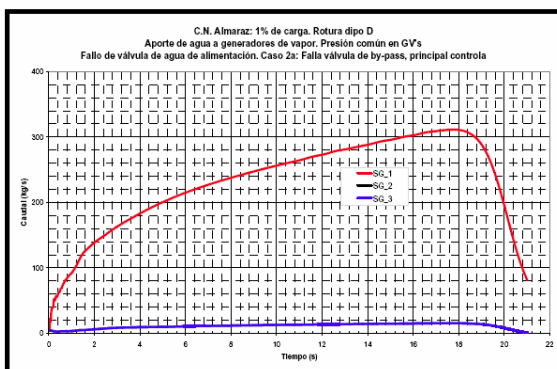
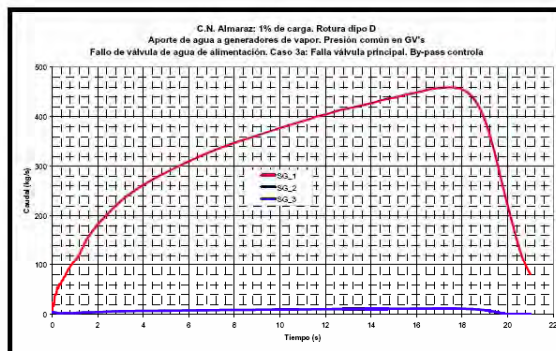
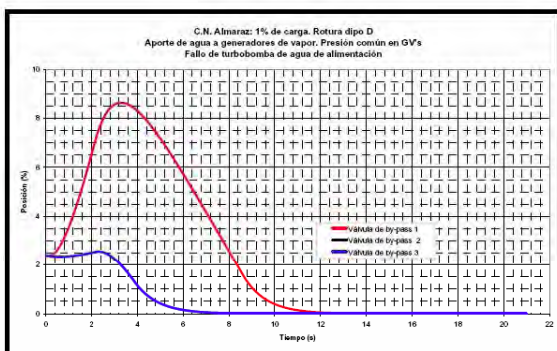
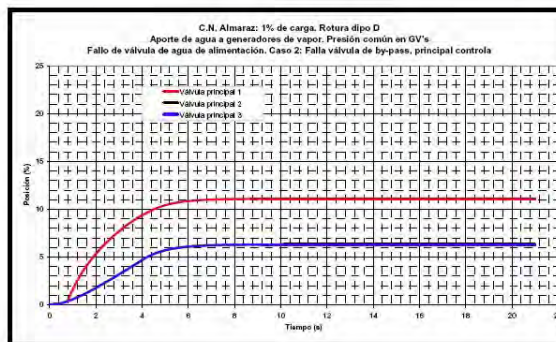
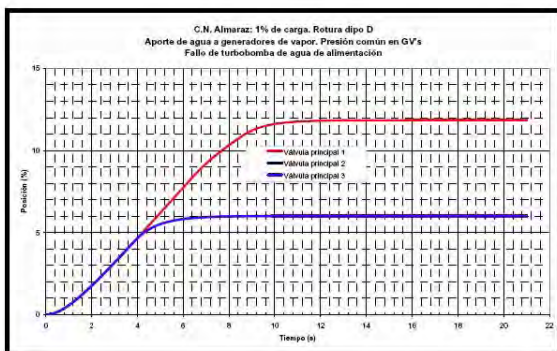
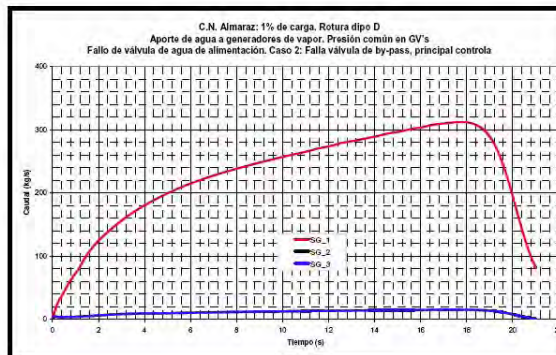
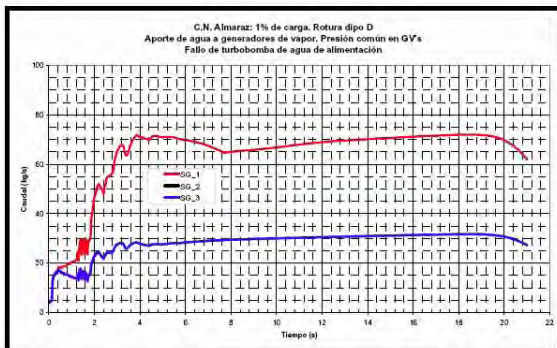
## CONCLUSIONES

Se dispone de un modelo de cálculo del nuevo sistema de control instalado en C.N. Almaraz preciso, muy ajustado y que refleja con todo lujo de detalles el comportamiento de dicho sistema. El cambio de parámetros de tarado, funciones, configuración incluso, de cada uno de los elementos que forman parte del mismo es una tarea que puede hacerse rápida y sencillamente y su adaptación a modelos más o menos complicados desde el punto de vista termohidráulico –dependiendo de qué fenómenos o procesos transitorios deseen estudiarse- viene facilitada por una de las características fundamentales de ECOSIM como lo es la posibilidad de encapsulamiento de modelos y la facilidad de reutilización de los mismos, demostrándose una vez más la bondad de este software, desarrollado por Empresarios Agrupados, para la simulación del comportamiento dinámico de sistemas, aplicado en este caso a los de una Central Nuclear.

## REFERENCIAS

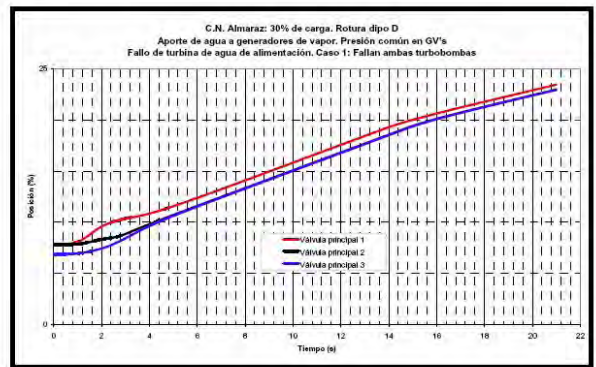
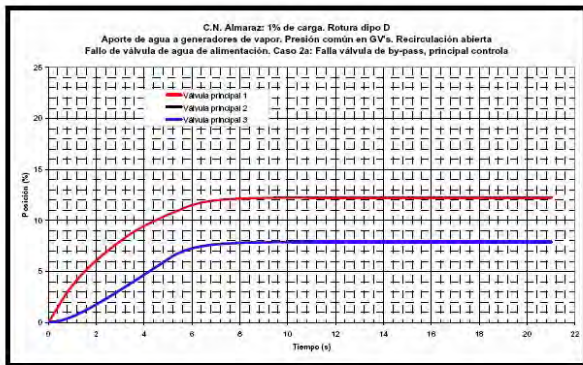
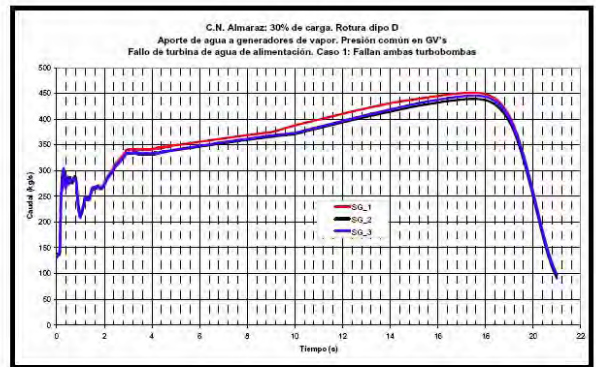
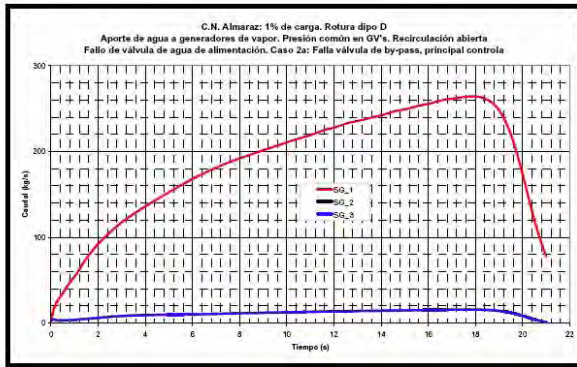
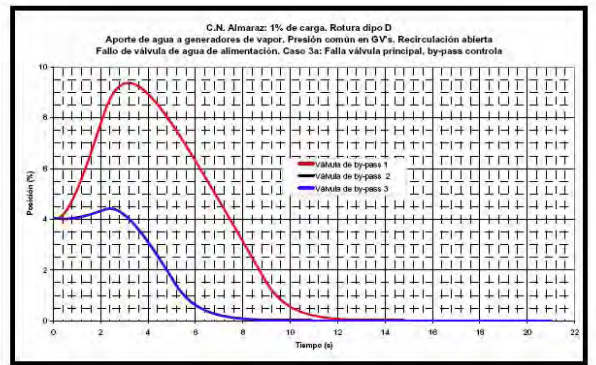
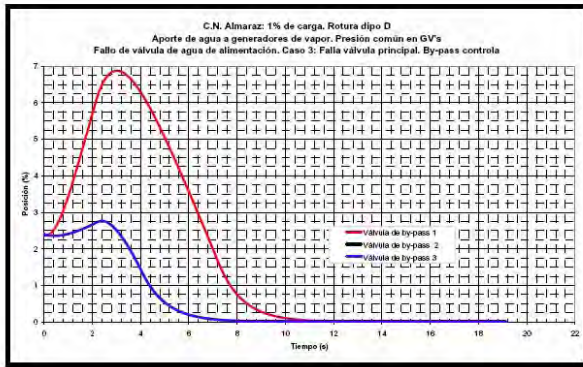
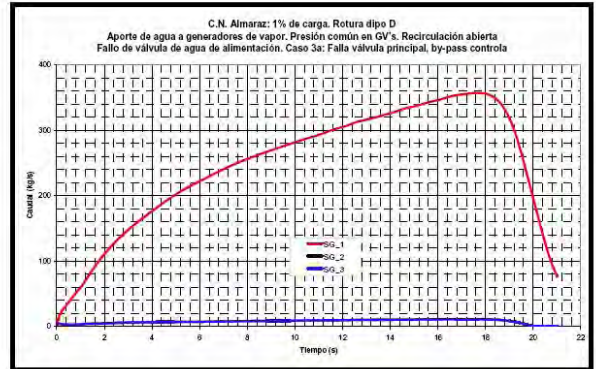
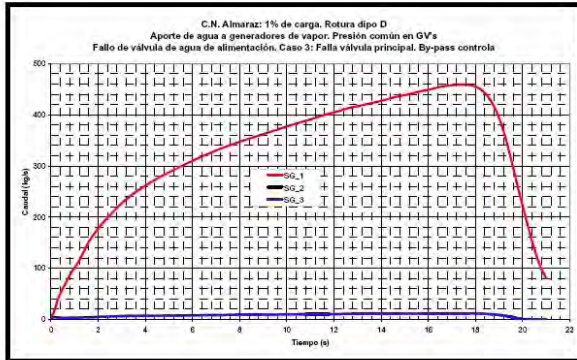
- [1] EcosimPro Manuals
- [2] Non-Westinghouse Replacement Steam Generator Input Data for Use in the Compatibility Study, adjunto a carta SIE-KWU-Ho/bm CON-ANA/CNA 92/147 C de 31-Jul-1992
- [3] ALMARAZ UNIT 1 SCDR: SG1 FEEDWATER FLOW DEMAND CALC. (Westinghouse) Drop 6, Task 3
- [4] Almaraz Nuclear Power Plant Units 1 & 2. NSSS Control Systems Setpoint Report. WNA-CR-00004-ARZ Revision 0.- May 2006
- [5] NUREG-0800 "Standard Review Plan", sección 6.2.1.4.

# MODELADO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ MEDIANTE ECOSIMPRO





# MODELADO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ MEDIANTE ECOSIMPRO



# MODELADO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ MEDIANTE ECOSIMPRO

