



Alfredo LOPEZ LECHAS es Ingeniero Aeronáutico, diplomado en Ingeniería Nuclear por el IEN de Madrid. Ha trabajado en el MIT (Boston - EE.UU.), en la empresa KWU (Erlangen - República Federal de Alemania), en la "Nea Data Bank" de la OECD (Saclay - París - Francia). En la actualidad presta sus servicios en Central Nuclear de Almaraz. Es autor de ponencias, artículos y manuales en las áreas de termohidráulica y computadores. Es miembro de la "American Nuclear Society" (ANS) y de la "Society for Computer Simulation" (SCS).

SIMULACION DE ACCIDENTES Y TRANSITORIOS

A. LOPEZ

ANTECEDENTES

Desde que el año 1984 Central Nuclear de Almaraz inició un desarrollo en el área del análisis de accidentes, siempre tuvo presente que su fin es la explotación de una Central Nuclear de potencia. Los códigos de cálculo en el área de la Termohidráulica pueden simular la operación, de una Central Nuclear bajo diferentes hipótesis de trabajo. Este aspecto es diferenciador, del que puede aportar una empresa de ingeniería, cuya misión es diferente de la problemática que lleva asociada la explotación de una central nuclear. En este sentido se ha movido el proyecto de códigos de cálculo tales como RELAP5, TRAC y RETRAN. Concretamente, y citando el documento NUREG CR-4312, en lo referente al proyecto RELAP5, indica que está destinado a acciones de licencia, auditorías, evaluación de operadores y dotar a la planta nuclear de un análisis efectivo. Se trata en este artículo de exponer el trabajo realizado por Central Nuclear de Almaraz para poner a disposición de la explotación un conjunto de herramientas cuyo manejo final sea fácil y efectivo. El trabajo aquí presentado hará hincapié en los dispositivos gráficos que hacen posible un más fácil manejo del código haciendo a la vez amigable la comprensión del accidente, transitorio o problema de operación.

LA PROBLEMÁTICA DEL APOYO A LA EXPLOTACION EN EL AREA DE LA TERMOHIDRAULICA

EL CODIGO

El código de cálculo que debe resolver el problema a analizar, puede ser sofisti-

cado o no, según la calidad del cálculo que se desee, pero debe cumplir unos requisitos imprescindibles para que pueda ser usado como apoyo a la explotación.

Estos requisitos, brevemente, se pueden exponer como la posibilidad, de gobernar por acciones lógicas el reactor (disparos, controles, apertura y cierres) y componentes de otro tipo (como puede ser el caso de la acción de un operador sobre un determinado componente, etc.).

Con estas capacidades básicas un código de cálculo de termohidráulica puede servir como apoyo a la explotación.

LA PRESENTACION DE RESULTADOS

La presentación de resultados debe tener un doble objetivo, el análisis y el estudio de la evolución de un problema. El análisis responderá a algún evento, malfunción, o hecho real que se ha presentado en planta, a lo que hay que dar una respuesta rápida para ver el alcance del evento, realizando posteriormente un análisis exhaustivo, para el cual serán necesarias representaciones gráficas.

El estudio de la evolución de un problema puede ser planteado por dudas en la operación o por la necesidad de comprobar algún procedimiento de operación. Serán necesarias gráficas x-y y representaciones de la planta en mímicos. Como subproducto puede usarse para formación, por lo cual serán necesarios únicamente representaciones de la planta en mímicos.

Señalamos por último que con un desarrollo propio, tal y como lo tiene Central Nuclear de Almaraz es posible llegar hasta donde se desee, simulación de los registradores gráficos de sala de control

en pantallas gráficas, etc., cuya evolución haya sido calculada por el código termohidráulico, que en el caso de Central Nuclear de Almaraz es el RELAP 5 MODO 2.

LOS PROGRAMAS Y PROCEDIMIENTOS DE UNION CODIGO/PRESENTACION DE RESULTADOS

Cuando el Código RELAP5 MODO2* finaliza su cálculo y con objeto de facilitar y simplificar el trabajo, el programa "PROCESS" toma la salida y prepara una serie de ficheros para que sean tratados por el programa de gráficos que junto con la librería gráfica producirán las representaciones que posteriormente analizaremos.

Todo este proceso es automático y desde que se lanza el código hasta que se teclean las variables a representar el ingeniero no tiene que hacer nada.

Estas técnicas son imprescindibles para hacer el trabajo cómodo y útil, sobre todo para personas que no tienen porque estar familiarizadas con temas relativos a la informática o a la mecánica de fluidos, tales como operadores o técnicos de cualquier especialidad que necesiten ver como evoluciona la planta a cualquier tipo de solicitud.

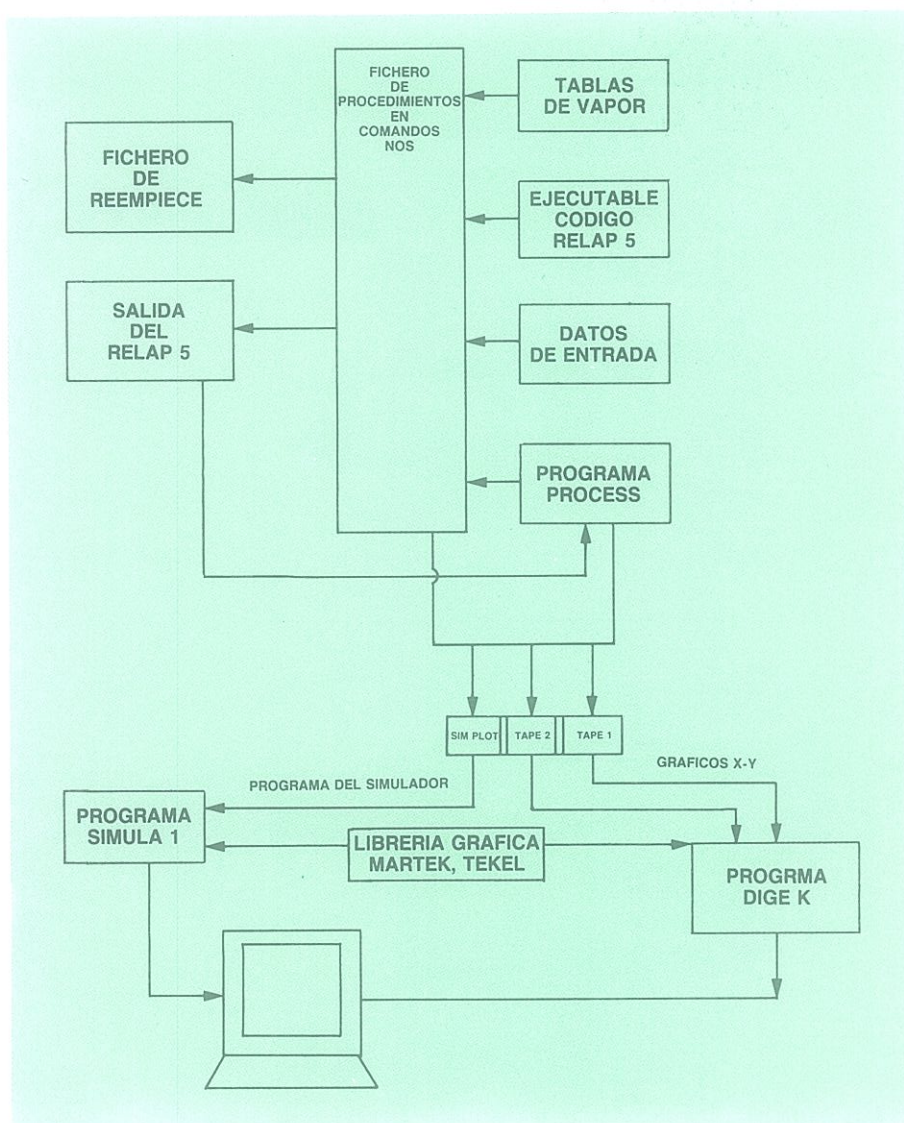
Este tipo de programas de conexión han de hacerse forzosamente en el lenguaje FORTRAN específico del computador que se esté usando para el cálculo, ya que él o los ficheros que posteriormente han de ser tratados por el programa y la librería gráfica han de hacerse permanentes.

El programa "Process" deberá ser modificado según el computador que se use, ya que hay una serie de comandos que son específicos del Fortran de CDC y que en el caso de que el cálculo se realice en otra máquina será algo diferente, aunque la filosofía de la idea será evidentemente la misma.

El procedimiento diseñado para que el trabajo sea realizado de una vez ha de ser escrito con los comandos del sistema operativo y ha de tener en cuenta los aspectos relativos a la ejecución del código, ejecución del programa enlace y generación de una serie de ficheros que han de ser tratados posteriormente por la librería gráfica, más el programa específico de gráficos, véase figura 1.

EL PROGRAMA DE APLICACION DEL SIMULADOR GRAFICO

Aunque ya se ha comentado con anterioridad para la confirmación del simula-



F 1

dor que puede ser observado en la figura II. Es necesario para su dibujo la librería gráfica "MARTEK" (realizada por técnicos de C.N. A.) el programa de aplicación SIMULA 1 y las ediciones menores producidas por la salida del RELAP5. MOD2, y que han sido tratados con anterioridad por el programa "PROCESS".

LA LIBRERIA GRAFICA "MARTEK"

Es una colección de subrutinas que almacenados en el computador CDC Cyber 180/830 y catalogado en forma de librería pueden configurar un terminal TEKTRONIX desde la serie 4010 hasta los últimos modelos.

Esta librería está en constante desarrollo, pudiendo dibujar en la actualidad, dos alfabetos diferentes realizados en diferentes "FONTS", líneas, segmentos, rellenos especiales (por encima de 189), rotaciones, traslaciones, copias de seg-

mentos, circunferencias, elipses, hipérbolas, lemniscatas, y las curvas más usuales en dos dimensiones. En tres dimensiones la librería de subrutinas hoy es capaz de hacer sólo con el centro y el radio esferas en malla de alambre, cilindros, hiperboloides de una y dos hojas, elipsoides, etc. Dispone la librería de una serie de características como gráficos de gestión de barras y gráficos de tartas cuya utilidad es muy grande tanto en el ámbito técnico como en el administrativo. La librería está escrita en FORTRAN 77 Standard, con opciones diversas.

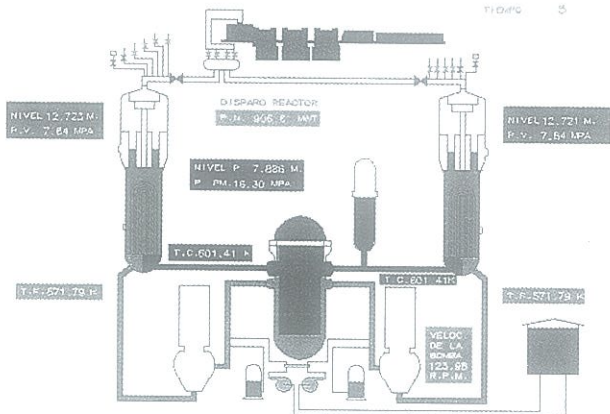
LOS FICHEROS DE RESULTADOS

Han sido generados por el código de cálculo Termohidráulico RELAP5 MOD.2 y tratados por el programa "PROCESS" una serie de ficheros cuyos nombres son: SIMPLOT, TAPE 1, TAPE 2,... Para la realización del simulador únicamente se necesitan el fichero de datos SIMPLOT,

* Como se ha comentado anteriormente, puede ser este código u otro similar con las características antes citadas.

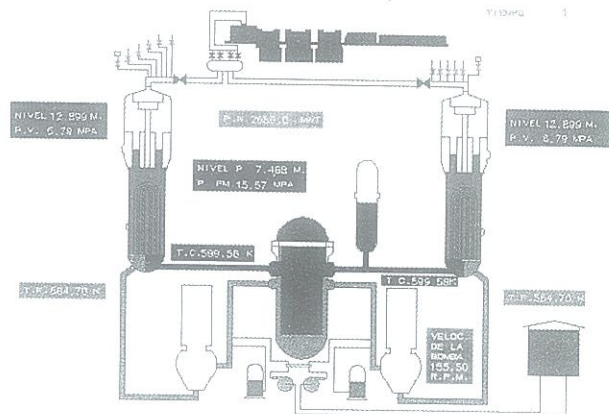
REACTOR LAYOUT
APAGÓN DE LA PLANTA (BLACKOUT)

TIEMPO 5



REACTOR LAYOUT
APAGÓN DE LA PLANTA (BLACKOUT)

TIEMPO 1

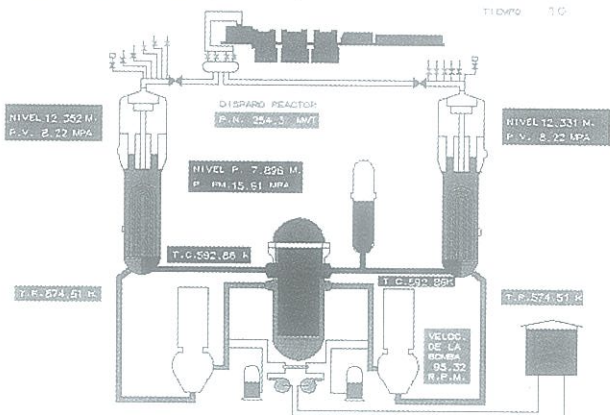


F II

F III

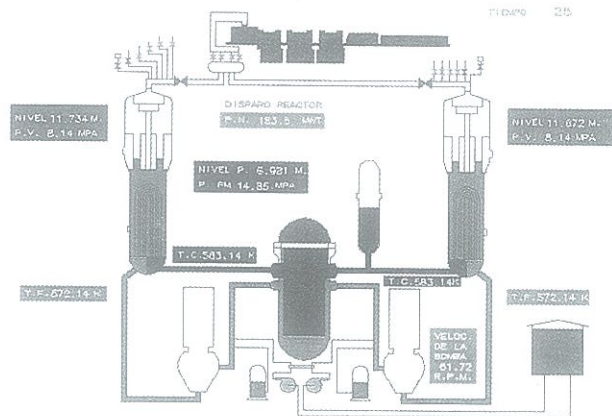
REACTOR LAYOUT
APAGÓN DE LA PLANTA (BLACKOUT)

TIEMPO 10



REACTOR LAYOUT
APAGÓN DE LA PLANTA (BLACKOUT)

TIEMPO 25



F IV

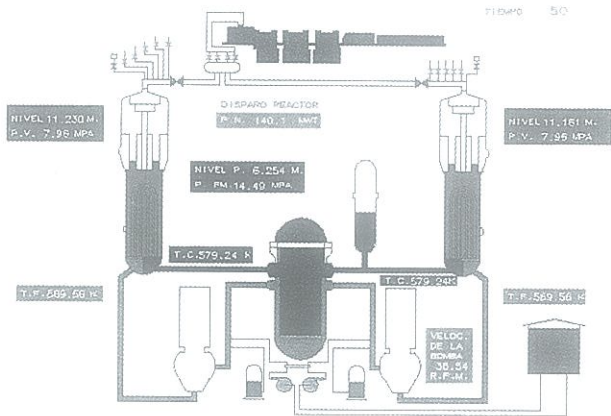
F V

F VI

F VII

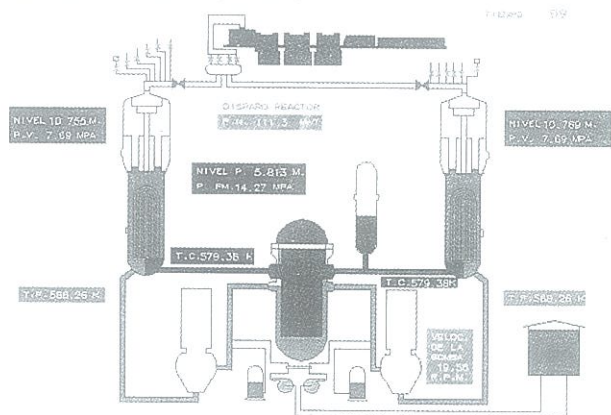
REACTOR LAYOUT
APAGÓN DE LA PLANTA (BLACKOUT)

TIEMPO 50



REACTOR LAYOUT
APAGÓN DE LA PLANTA (BLACKOUT)

TIEMPO 55



este fichero habrá de ser compilado junto con el programa SIMULA 1 y el ejecutable obtenido habrá de ser cargado junto con el ejecutable de la librería gráfica "MARKET". La salida será lo que se puede observar en la figura II.

LAS CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA "SIMULA 1"

El citado programa es el resultado del trabajo realizado con el objetivo de llevar el trabajo en el área de Termohidráulica de Central Nuclear de Almaraz a un nivel más alto en la vía indicada por el NUREG/CR-4312.

Las variables tomadas para la configuración dinámica del simulador son diez, éstas son: El tiempo del transitorio, la presión en el primario, el nivel en el presionador, la temperatura de la rama caliente, la temperatura de la rama fría, la presión en el secundario, el nivel en los generadores de vapor, la potencia nuclear, la velocidad de las bombas principales y flujo másico en la rotura si la hubiere. Aparte de ello muestra acciones de válvulas de alivio, seguridad, aislamiento de vapor, inserción de barras, etc.

Las características básicas del programa son las siguientes: consta de dos partes una estática y otra dinámica. La parte estática básicamente está compuesta de los contornos de los diferentes componentes de una Central Nuclear, es decir: vasija, generador de vapor, presionador, lazos, turbina y generador eléctrico, etc. La parte dinámica se compone de los elementos que son susceptibles al cambio, y que podríamos clasificar en dos grupos. Los componentes que indican alerta o alarma aparecerán parpadeantes y dentro de ellos el motivo de la citada alarma. Los componentes de todo/nada indican apertura/cierre, arranque/parada, conexión/desconexión. Los componentes de actualización de valores, que son los leídos de las ediciones menores del código RELAP 5 y que a su vez se pueden dividir en dos tipos, la indicación digital de los valores de la presión, temperatura y cuyo valor se va actualizando con el tiempo y la indicación visual y dinámica de variación de niveles cuyo valor también se va actualizando con el tiempo.

La lectura de los valores la toma directamente de la salida del código RELAP 5 MODO 2 actualizándola a cada paso de tiempo. En cuanto a la visualización de los niveles que están montados en el simulador son los correspondientes al presionador, generador de vapor, nivel en el núcleo (si llega a descubrirse), en el plenum superior, así como posibles vaciados (total o parcial) en la rama fría, caliente e intermedia, pudiendo ser observadas las estratificaciones en las citadas ramas, si éstas se produjeran.

La técnica seguida aquí es la de comparación mediante "IF" lógicos, de las variables comparadas cumple el "IF" como verdadera, hace visible o invisible un segmento que da la idea de variación del nivel.

Una técnica semejante, pero con la trips, da una idea de la apertura o cierre de válvula, arranque o parada de una bomba, etc. El citado programa está escrito en Fortran 77 y consta de 7290 líneas.

SIMULACION DE UN CASO PRACTICO DE "BLACKOUT" A PLENA CARGA

Con objeto de ilustrar el funcionamiento del simulador de RELAP 5 MOD 2 se ha aplicado al caso de un BLACKOUT a plena carga durante un tiempo de 100 segundos. Unicamente se han incluido

los siguientes instantes de tiempo después del accidente 5 segundos (Fig. III), 10 segundos (Fig. IV), 25 segundos (Fig. V), 50 segundos (Fig. VI) y 99 segundos (Fig. VII), con objeto de no hacer demasiado recargada la exposición práctica. Este modo de analizar un accidente da una idea muy clara de lo que está pasando en el reactor y sirve para tener en consideración cuales son las consecuencias de un determinado evento. Es útil para técnicos que no sea su trabajo el de evaluación de accidentes, está más dirigido a técnicos cuyo trabajo sería de superior calidad si tuvieran una idea de como evoluciona la planta ante un evento predefinido.

El accidente considerado aquí es bastante suave, pero se pueden observar cierres de válvulas, descenso del nivel del generador de vapor, incremento y descenso posterior del nivel en presionador, etc.

F VIII

