



ES9700167



Ciemat

Centro de
Investigaciones Energéticas,
Medioambientales
y Tecnológicas

Miner

**Experimento barrera
de ingeniería a escala.
Sistemas de control
de potencia y
adquisición de datos**

**J. Alberdi,
J.M. Barcala,
E. Gamero,
P.L. Martín,
A. Molinero,
J.J. Navarrete,
C. Yuste**

Informes Técnicos Ciemat

825
Mayo 1997

Experimento barrera
de ingeniería a escala.
Sistemas de control
de potencia y
adquisición de datos

J. Alberdi,
J.M. Barcala,
E. Gamero,
P.L. Martín,
A. Molinero,
J.J. Navarrete,
C. Yuste

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Depósito Legal: M-14226-1995

NIPO: 238-97-001-5

ISSN: 1135-9420

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

052002, 990200

RADIOACTIVE WASTE STORAGE, HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES, HEATERS, DATA ACQUISITION SYSTEMS, CONTROL SYSTEMS, COMPUTERIZED CONTROL SYSTEMS

"Experimento barrera de ingeniería a escala. Sistemas de control de potencia y adquisición de datos"

Alberdi, J.; Barcala, J.M.; Gamero, E.; Martín, P.L.; Molinero, A.; Navarrete, J.J.; Yuste, C.
39 pp. 10 figs. 6 refs.

Resumen

En las instalaciones del CIEMAT se está llevando a cabo un ensayo a escala del concepto de barrera de ingeniería para el almacenamiento de residuos radioactivos de alta actividad. Como parte de este proyecto se ha implementado un sistema de adquisición de datos y control automático del experimento que deberá estar operativo durante los tres próximos años.

"Engineered barrier experiment. Power control and data acquisition systems"

Alberdi, J.; Barcala, J.M.; Gamero, E.; Martín, P.L.; Molinero, A.; Navarrete, J.J.; Yuste, C.
39 pp. 10 figs. 6 refs.

Abstract

The engineered barrier concept for the storage of radioactive wastes is being tested at almost full scale at CIEMAT facilities. A data acquisition and control system is an element of this experiment. This system would be operating for next three years.

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Descripción	3
3. Sistema de adquisición de datos	5
3.1. Estructura del sistema	5
3.2. Sensores	7
3.3. Alimentación de los sensores	7
3.3.1. Sensores de temperatura	7
3.3.2. Sensores de presión	7
3.3.3. Sensores de humedad	8
3.3.4. Ubicación	8
3.4. Calibración del sistema	8
3.5. Programación	8
3.6. Ordenador personal	9
3.7. Descripción de la aplicación	9
4. Control de potencia y temperatura	11
4.1. Introducción	11
4.2. Control de calefactores	12
4.3. Teoría	13
4.3.1. Cálculo de potencia	13
4.3.2. Cálculo de temperatura	15
4.4. Programación	16
Agradecimientos	18
Referencias	18
Anexo A	
Anexo B	

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

1. INTRODUCCIÓN.

La propuesta española para el almacenamiento de residuos radioactivos de alta actividad incluye el enterramiento profundo de contenedores de residuos en formaciones geológicas tales como granitos. El sistema multibarrera propuesto incluye una barrera de ingeniería de bloques de arcilla rodeando los contenedores (ENRESA 1994). El papel de esta barrera es retardar la migración de radionucleidos al entorno, evitar la entrada de agua hacia el contenedor y protegerlo de tensiones externas. Por su baja permeabilidad, alta plasticidad y alta adsorción la arcilla denominada esmectita fue elegida para este propósito.

ENRESA ha acometido desde 1994 la tarea de demostrar la viabilidad de instalar una barrera de arcilla alrededor de un contenedor simulado en el interior de una galería excavada en granito (en Grimsel, Suiza). Como un paso complementario hacia ese objetivo se propuso hacer un ensayo a escala en las instalaciones del CIEMAT. En este experimento el concepto de barrera de ingeniería sería probado casi a escala real y bajo condiciones de frontera conocidas. Su objetivo principal sería ganar experiencia para la realización e interpretación del ensayo en condiciones reales.

2. DESCRIPCIÓN

El experimento consiste de los siguientes elementos (figura 1):

- a) Un elemento confinante que simula la galería, a través del cual tiene lugar la hidratación.
- b) Un sistema de calefacción, concéntrico a la estructura confinante, que simula la generación de calor de los contenedores de residuos. Consiste de dos calentadores cilíndricos de 1,625 m de longitud y 0,75 m de diámetro exterior. En el interior de cada uno de ellos se alojan tres resistencias capaces de disipar una potencia de 1000W cada una. El criterio para el correcto funcionamiento de los calentadores es mantener una temperatura constante en la superficie no superior a 100° C.
- c) Un sistema de hidratación que suministra el agua para hidratar la masa de bentonita a una presión constante.
- d) Bloques de esmectita compactada alrededor de los calentadores.
- e) Instrumentación, repartida por los calentadores, la arcilla y la estructura confinante. Varios tipos de sensores se encuentran en la arcilla para medir temperaturas (RTD), presión total y presión de fluido (bandas extensiométricas de semiconductores) y la humedad relativa (capacitivos).
- f) Un sistema de control y monitorización.

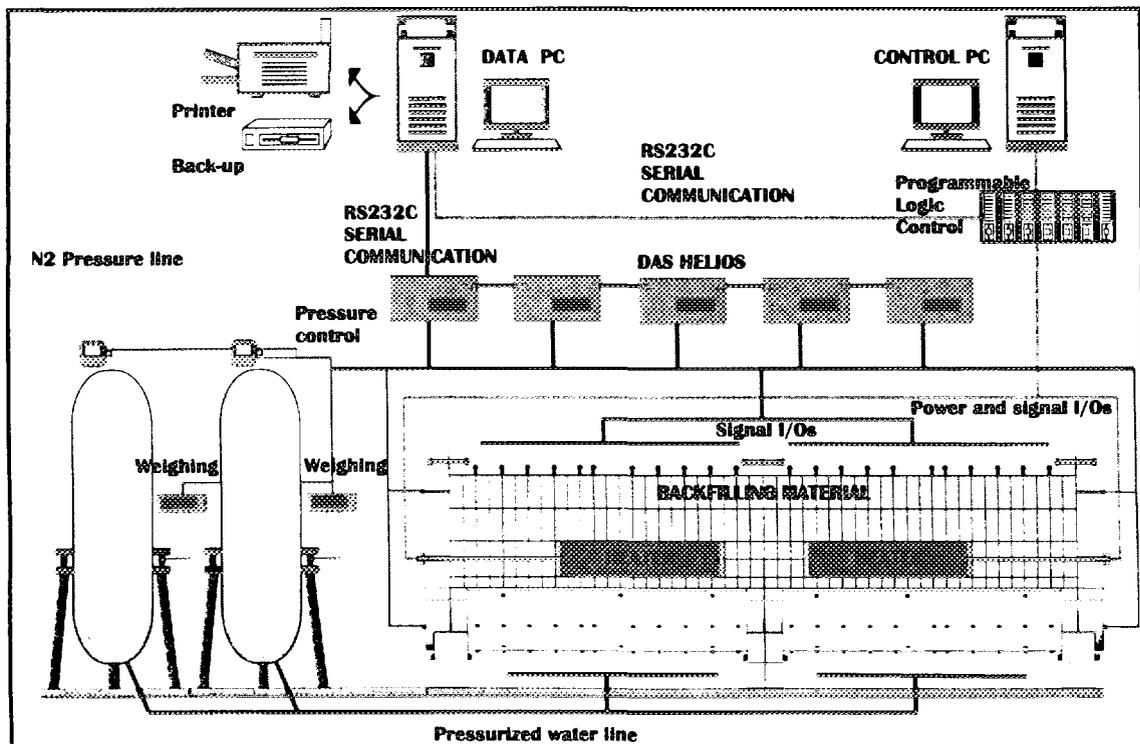


Figura 1. Visión esquemática del experimento.

Sobre este último elemento trata el presente texto, en el que se intentará dar una visión general del sistema implementado. Su diseño considera dos subsistemas autónomos y completamente independientes con un SAI para prevenir cortes de suministro eléctrico. El sistema de monitorización supervisa, graba y almacena el conjunto de los datos del experimento. También proporciona la interfase electrónica entre los transductores analógicos y los datos digitales. El sistema de control supervisa el funcionamiento de los calentadores, enviando los datos al sistema de monitorización y tomando las medidas necesarias para la estabilidad del sistema de calentamiento.

3. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

El sistema de adquisición de datos contiene una serie de elementos que se encargan de recibir y preparar los datos procedentes de los distintos sensores distribuidos en todo el volumen de la barrera, para finalmente transmitirlos a un PC, donde se realizará el tratamiento y presentación de los datos y el control general de la operación.

Está organizado en torno a las estaciones HELIOS I de Fluke. Éstas forman un subsistema de adquisición de datos para medidas de velocidad media-baja y alta precisión. Combina la capacidad para admitir señales de prácticamente cualquier tipo de sensor con una gran facilidad de programación a través del PC al que va conectado.

Entre sus características más importantes están:

- a) El sistema dispone de un conjunto de tarjetas con opciones para aceptar y tratar señales de diferentes sensores; esto le convierte en un sistema abierto para prácticamente cualquier tipo de medida.
- b) Es un sistema distribuido que permite el tratamiento y la conversión a digital de la señal entregada por los sensores en la proximidad de estos. Esto tiene como consecuencia una mayor simplicidad del cableado y una menor incidencia en la medida de los ruidos asociados a ambientes hostiles.
- c) La comunicación entre las estaciones se realiza a través de línea serie de alta velocidad RS-422. Esto permite que las distancias entre estaciones puedan llegar a ser de 1 km. La conexión con el ordenador se realiza con una línea serie RS-232.
- d) Las estaciones llevan incorporado un microcomputador con memorias RAM y ROM que les proporcionan inteligencia local. Esto potencia y facilita la labor de control del PC.

3.1. Estructura del sistema.

El sistema, como puede verse en la figura 2, está formado por:

- a) Cinco estaciones HELIOS I (1 “maestra” modelo 2289 y cuatro de expansión modelo 2281). Cada unidad HELIOS está dotada de una placa de conversión A/D de 18 bits modelo 161 y tiene 5 ranuras libres para placas con opciones diferentes de medida, con lo que la capacidad total de opciones para las cinco estaciones es de 25.
- b) 25 tarjetas con opciones según la siguiente distribución:
 - 19 tarjetas modelo 163
 - Específicas para medida de RTD's.

- 20 canales por tarjeta.
 - 4 terminales (para medida con cuatro hilos).
- 6 tarjetas modelo 16
 - Para medidas en mV, V ó mA d.c.
 - 20 canales por tarjeta.
 - Tres terminales (Hi, Lo, Shield).
 - Cambio automático de rango.

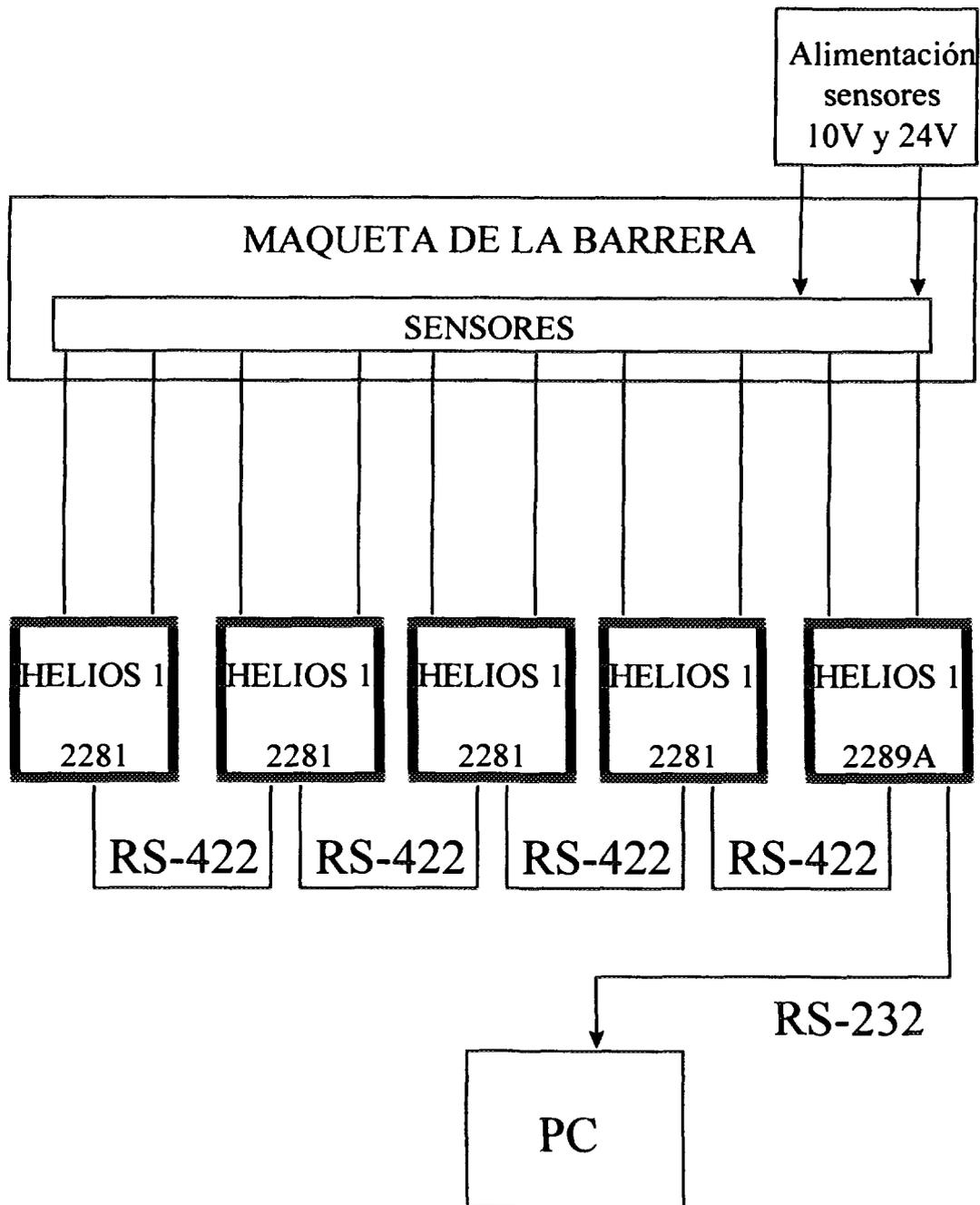


Figura 2. Esquema de montaje del Helios.

Además el sistema dispone de:

- 19 placas modelo 177 con clemas para recibir los cables de los sensores y que van conectadas a las modelo 163 anteriores.
- 6 placas modelo 176 con clemas para la modelo 162.

3.2. Sensores.

Los puntos de medida son:

- 48 puntos de medida de presión total. En cada punto se coloca un sensor KULITE Mod. BG-0234-50.
- 20 puntos de medida de presión de fluido. En cada punto se utiliza un sensor KULITE Mod. HKM-134-375.
- 40 puntos de humedad relativa. En cada punto un sensor VAISALA Mod. HPM 233 da la información pertinente. Cada sensor puede proporcionar además información sobre la temperatura del punto.
- 320 puntos de medida de temperatura. En cada punto se tiene una termosonda de platino CRIOTERM, PT/100 de 4 hilos clase A.
- 2 puntos de medida de tensión para verificar el estado de las fuentes de alimentación de los sensores.
- 2 puntos de medida de tensión para conectar los medidores de peso de los tanques de hidratación.
- 1 punto de medida de corriente para conectar un manómetro.
- 2 puntos de medida de corriente para conectar dos transductores de presión.

3.3. Alimentación de sensores.

3.3.1. Sensores de temperatura.

Las placas modelo 163 a las que van conectadas las Pt/100 son específicas para RTD's y por lo tanto es el propio sistema FLUKE el que se encarga de su alimentación.

3.3.2. Sensores de presión.

Alimentados a 10 V por una fuente de alimentación KINGSHILL serie NS modelo 512.

3.3.3. Sensores de humedad.

Alimentados a 24V por una fuente conmutada de POWERBOX modelo PX200-14.

3.3.4. Ubicación.

Las fuentes de 10V y 24V van montadas en sendas cajas situadas al lado de las estaciones HELIOS I. sus salidas se llevan a otras cajas de distribución provistas de clemas para la conexión de los sensores y que van colocadas sobre dichas estaciones HELIOS I.

Para asegurar la alimentación continuada de los sensores se han instalado otras dos fuentes, una de cada modelo. En caso de fallo el operador deberá conmutar manualmente de la fuente averiada a la de repuesto.

3.4. Calibración del sistema.

El sistema de adquisición de datos se mantendrá calibrado dentro de sus especificaciones durante los tres años de duración estimada del experimento. Al final del primer y segundo años tendrán lugar recalibraciones “in situ” de todo el sistema por parte del laboratorio oficial de FLUKE, homologado por el Ministerio de Industria.

3.5. Programación.

Dada la gran duración del experimento (3 años) se ha optado por la adquisición de un paquete de software comercial que permita adaptarse con comodidad a los distintos problemas que puedan surgir durante la operación del sistema. Las características generales que debe cumplir este paquete son:

- Flexibilidad para modificar con facilidad los programas de la aplicación.
- Facilidad para incorporar nuevos módulos de medida.
- Gran capacidad de almacenamiento de datos.
- Capacidad para la elaboración de informes históricos.
- Capacidad gráfica para presentar en pantalla el estado del sistema.

Entre los paquetes que satisfacían estas características se seleccionó el FIX DMACS de la marca Intellution.

El software FIX (Fully Integrated Control System) suministra información en tiempo real del proceso bajo consideración. No requiere hardware propietario para adquirir datos. Se comunica directamente con prácticamente cualquier dispositivo E/S a través de una interfase software denominada *driver E/S*. Este paquete ofrece un extenso catálogo de drivers E/S que soporta la mayoría de los equipos existentes en el mercado

y, en concreto, el equipo de medida escogido para el proyecto “Barrera de Ingeniería” (Fluke Helios).

Cualquier dato en el sistema puede ser muestreado y almacenado en ficheros de datos. En cualquier momento, los datos pueden ser retirados de esos ficheros para producir pantallas de datos históricos. Se pueden usar los datos para examinar los sucesos que condujeron a un desenlace posterior. Los datos archivados representan una poderosa herramienta para el estudio y actuación sobre cualquier proceso.

3.6. Ordenador personal.

El sistema de toma de datos tiene como soporte físico un ordenador PC en el que corre el programa encargado de la adquisición. Para aumentar la confianza en el sistema está previsto un segundo ordenador idéntico al primero en el que también se ha instalado el software de adquisición. Si aparece algún fallo en el ordenador que se esté usando bastará cambiar las líneas de comunicaciones para seguir la toma de datos. Estas comunicaciones se realizan a través de dos líneas serie RS-232 que unen el ordenador de toma de datos con el Fluke Helios y con el autómatas de control SAIA PCD4. También está previsto un sistema de backup masivo para hacer copias de seguridad de los datos.

Para esta aplicación se ha escogido un PC con un Pentium a 150 MHz, 32 MB de RAM y disco duro SCSI de 1 GB.

3.7. Descripción de la aplicación.

Los cerca de 500 canales de medida instalados en la maqueta deben muestrearse a una cadencia mantenida que se establecerá en función del estado del experimento. Más rápido al principio (cada 10 minutos), a frecuencias mucho más bajas una vez alcanzadas las condiciones de equilibrio (cada 30 minutos). Con estos datos se crean unos ficheros históricos donde los datos se ordenan temporalmente y en función del tipo de sensor que los proporcione.

A estos datos se une la información enviada por el controlador de los calentadores. Esta información incluye datos sobre temperatura y otros sobre el estado del control de potencia. La comunicación se establece a través de una línea serie RS-232.

La aplicación permite extraer estos ficheros históricos sin detener la toma de datos. Se pueden retirar mediante un disco flexible y obtener listados con impresoras.

Los operadores pueden seguir el experimento en tiempo real gracias a la interfase gráfica que proporcionará la aplicación. Esta muestra en pantalla los últimos datos asociados a cada sensor y gráficas con distribución de temperaturas y presiones.

El programa se articula sobre diez pantallas tipo, algunas de las cuales pueden verse en el apéndice A. Se comienza por una información general del conjunto para ir

progresivamente detallando la parte que pueda interesar al operador en cada momento. Cada pantalla incluye información sobre estado de los sensores que correspondan al nivel de la pantalla. El operario puede ver los datos pero no modificarlos. En todas las pantallas la actualización de los valores es permanente.

Los sensores están distribuidos en 25 secciones. Cada una de ellas alojará un número y tipos de sensores según se detalla en el informe *Febex project mock-up test plan*. En el mismo pueden verse la localización de las secciones.

4. CONTROL DE POTENCIA Y TEMPERATURA.

4.1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo fundamental de este control es mantener un valor prefijado de temperatura en la superficie de cada uno de los dos cilindros calefactores de que dispone el proyecto.

El control lo realiza un autómatas (PLC) adecuadamente programado para seleccionar la potencia suministrada a las resistencias calefactoras, actuando sobre los tiempos de conducción de un triac. Al mismo tiempo este autómatas vigila la operación de las resistencias del calefactor y de los elementos sensores, avisando de las anomalías de cualquiera de ellos.

Como elementos sensores se dispone de una serie de sondas de temperatura de resistencia de platino (Pt/100). El autómatas suministra una corriente constante a estas resistencias y mide la tensión en cada una de ellas por hilos diferentes, calculando la temperatura correspondiente. Además de las sondas de temperatura, unas resistencias de pequeño valor, conectadas en serie con las de calefacción y con el triac, proporcionarán la información necesaria de estos elementos. Esta información requiere la utilización de circuitos electrónicos (interfaces) especialmente diseñados para adaptar las señales.

Los circuitos necesarios para la adaptación de las señales de control y de las resistencias de pequeño valor se encuentran en placas de circuito impreso o de aluminio colocados en una caja normalizada. Esta caja se coloca en un rack estándar de 19 pulgadas. También en este rack se sitúan las fuentes de alimentación, el propio autómatas y los elementos de protección eléctrica: fusibles ultrarrápidos para corrientes excesivas por los triacs y relés térmicos para cada una de las resistencias calefactoras.

En el frontis de la caja auxiliar tiene las siguientes señales de información:

1. Indicadores luminosos del estado de funcionamiento de las resistencias calefactoras. Encendidos si la corriente está por debajo de un umbral establecido.
2. Indicadores de alarmas. La existencia de alguna de estas alarmas se pone de manifiesto por un indicador luminoso (ALARMA). La localización de esta puede verse en la pantalla del ordenador de control de programas en un formato preestablecido por el operador.

Los programas de autómatas desarrollados han sido cuatro, dos de inicialización y primeras experiencias y otros dos de operación normal. Un grupo de dos programas, inicialización y operación normal, controla la potencia modificando, en cada semiciclo de la onda de alterna, el tiempo de conducción del triac. El otro grupo, realiza el control variando la proporción entre el tiempo de conducción y el de apertura de ondas completas.

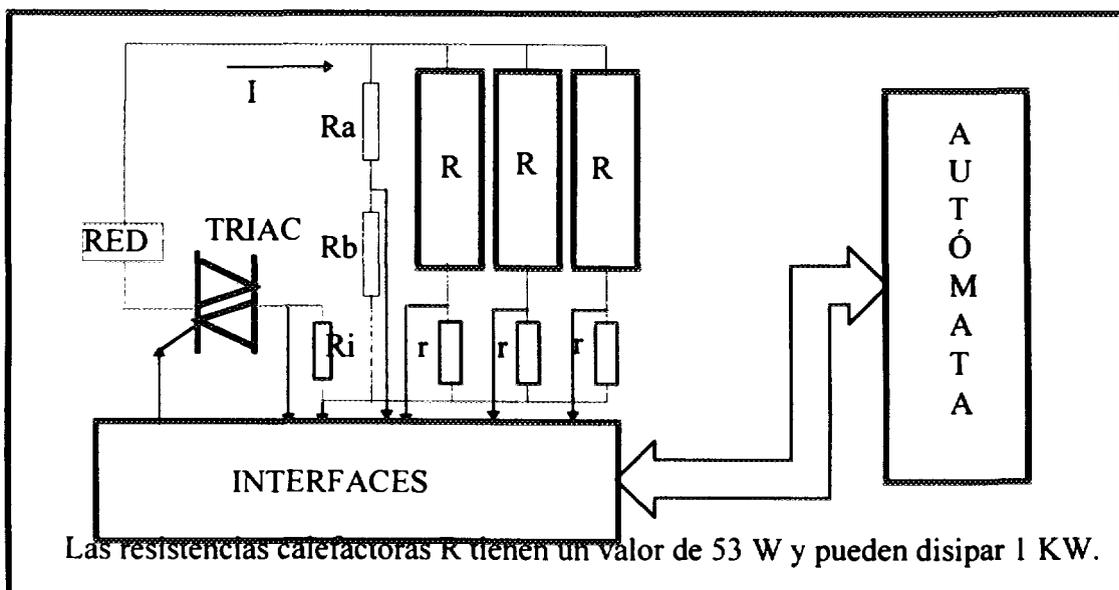
El programa de operación normal realiza, fundamentalmente, las siguientes funciones:

- Supervisa el estado de las sondas de temperatura, avisando de posibles roturas o cortocircuito en alguna de ellas y tomando las medidas oportunas en el control.
- Lee los valores de las entradas analógicas correspondientes a formas de onda y/o valores de las corrientes por los calefactores y los triac's, así como un valor proporcional a la tensión de alimentación instantánea de red.
- Supervisa el estado de las entradas analógicas: control de corriente por las resistencias calefactoras y control de tensión de red de c.a., proporcionando señales luminosas de alarmas en el caso de falta de corriente por alguna de las resistencias y modifica el control para que las resistencias que permanezcan operativas se repartan la carga de la potencia requerida.
- Calcula los valores de temperatura de cada sonda generando con ellos valores medios de los grupos de cuatro situadas en los extremos y centro de los calefactores. Con el valor medio del grupo central genera la fórmula para el control proporcional de la potencia suministrada a esos calefactores a fin de alcanzar la temperatura deseada.
- Proporciona información de la potencia instantánea a las resistencias.

El programa de inicialización realiza las funciones anteriores en lo referente a supervisión, pero la potencia suministrada a las resistencias calefactoras aumenta progresivamente a intervalos prefijados por el operador. Los intervalos de tiempo los determinará la experiencia, para conseguir con ellos que con cada potencia se llegue a una estabilización de la temperatura.

4.2. CONTROL DE CALEFACTORES

La siguiente figura representa, de forma esquemática, el sistema de control.



En serie con cada una de estas resistencias se conectan otras r de valor 1 W. Con las caídas de tensión en estas últimas resistencias se puede determinar la forma de onda y el estado de funcionamiento de las calefactoras. De la misma manera, en serie con el triac se conecta otra R_i con los mismos fines anteriores.

En el caso de potencia máxima, el triac conduciría permanentemente, y si la red es de 220 V_{ef}, se cumple con los valores anteriores:

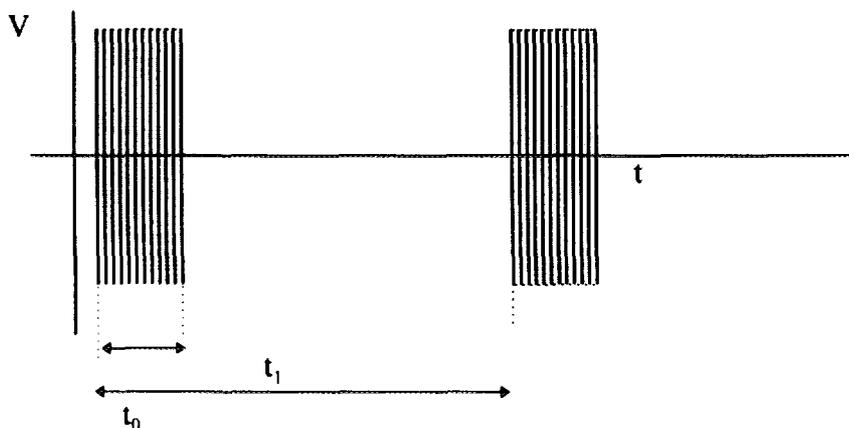
$$(4.1.) \quad I_{ef} = \frac{220}{\frac{53 + 1}{3} + 0,5} = 11,89 \text{ Amperios}$$

Esto implicaría una potencia total en las tres resistencias de 2497 W. Como esta potencia está muy por encima de la estimada (unos 500 W) para mantener la temperatura, el triac no va a conducir de forma permanente, lo que obliga a un control de su tiempo de conducción. Este control puede hacerse de dos formas: **en cada semiciclo o por ciclos completos.**

4.3. TEORÍA.

4.3.1. CÁLCULO DE POTENCIA.

La potencia de calefacción se regula manteniendo constante el tiempo de calentamiento t_0 y variando el periodo t_1 entre calentamientos. La figura siguiente ilustra este procedimiento:



Según esto, la potencia de calefacción vendrá dada por

$$(4.2) \quad W = \frac{V_{ef}^2}{R} N \frac{t_0}{t_1}$$

N es el número de resistencias calefactoras en paralelo y R el valor de cada una de ellas.

Si t_c es el valor de t_1 para una potencia que se supone mantiene la temperatura deseada

$$(4.3) \quad t_c = \frac{V_{ef}^2}{R \cdot W_c} N t_0$$

En un principio, el valor de t_1 puede ser menor que t_c para empezar con más potencia. Este valor de t_1 se podría alcanzar restando a t_c un valor proporcional a la diferencia entre la temperatura de consigna T_c y la temperatura actual T_a , es decir:
 $t_1 = t_c - K(T_c - T_a)$

Imponiendo la condición de que para $T_a = 0$, $t_1 = t_0$ (máximo de potencia); resulta:

$$(4.4) \quad K = \frac{t_c - t_0}{T_c}$$

y, por tanto

$$(4.5) \quad t_1 = t_0 + \frac{T_a}{T_c} [t_c - t_0]$$

Introduciendo el número de resistencias en servicio, $t_c = N \cdot t_{c1}$; siendo t_{c1} el tiempo que correspondería a una sola resistencia.

$$(4.6) \quad t_1 = t_0 + \frac{T_a}{T_c} [N t_{c1} - t_0]$$

Luego

$$(4.7) \quad W = \frac{V_{ef}^2}{R} N \frac{t_0}{t_0 + \frac{T_a}{T_c} [N t_{c1} - t_0]}$$

La potencia irá disminuyendo a medida que la temperatura se aproxima a la de consigna partiendo de una potencia que dependerá de los valores iniciales de la temperatura y de t_{c1} .

Si con el valor estimado de t_{c1} se llegase a una temperatura de equilibrio inferior a la de consigna T_c , se corregirá el valor de t_{c1} . Para ello, el programa está calculando, cada intervalo de tiempo determinado por la experiencia (en las pruebas previas se ha fijado en 1 hora), el incremento de temperatura. Si este incremento es cero o negativo y no se ha llegado a la temperatura deseada, el valor de t_{c1} se reduce según la fórmula recurrente:

$$(4.8) \quad (t_{c1})_n = (t_{c1})_{n-1} - \frac{T_{c+1} - T_a}{T_c} t_0$$

La elección de T_{c+1} en lugar de T_c , ha sido hecha para que en el caso concreto en que $T_c=100$ °C, $t_0=50$ (centésimas de segundo que se ha tomado como fijo) y $T_a=99$ °C, el valor de $(T_{c+1}-T_a)t_0/T_c = 1$. Si se hubiera puesto T_c , esta expresión sería $\frac{1}{2}$ y como los cálculos los hacemos utilizando valores enteros, hubiera pasado desapercibida la diferencia de temperaturas.

4.3.2. CÁLCULO DE TEMPERATURA.

La medida de temperatura se realiza con resistencia de Pt de cuatro hilos, dos para alimentación de corriente constante (2 mA) y otros dos de medida. Cada entrada se aplica a un convertidor A/D de 12 bits, con un rango de 1 V. Por tanto, $1V=4096$.

Ahora bien, la resistencia de platino sigue la relación con la temperatura

$$R_T = R_0(1+3,83 \cdot 10^{-3} T)$$

Por tanto, con los datos anteriores se cumple:

$$V_T = 0,2(1+3,83 \cdot 10^{-3} T)$$

Utilizando las lecturas digitales se puede escribir

$$L_T = L_0(1 + 3,83 \cdot 10^{-3} T)$$

Ahora bien, para $T=0$, $L_T=L_0$, entonces

$$L_0 = 0,2 \times 4096 = 819$$

Utilizando números enteros y expresando la temperatura en décimas de grado,

$$T(\text{décimas}) = \frac{1000L_T - 819000}{314}$$

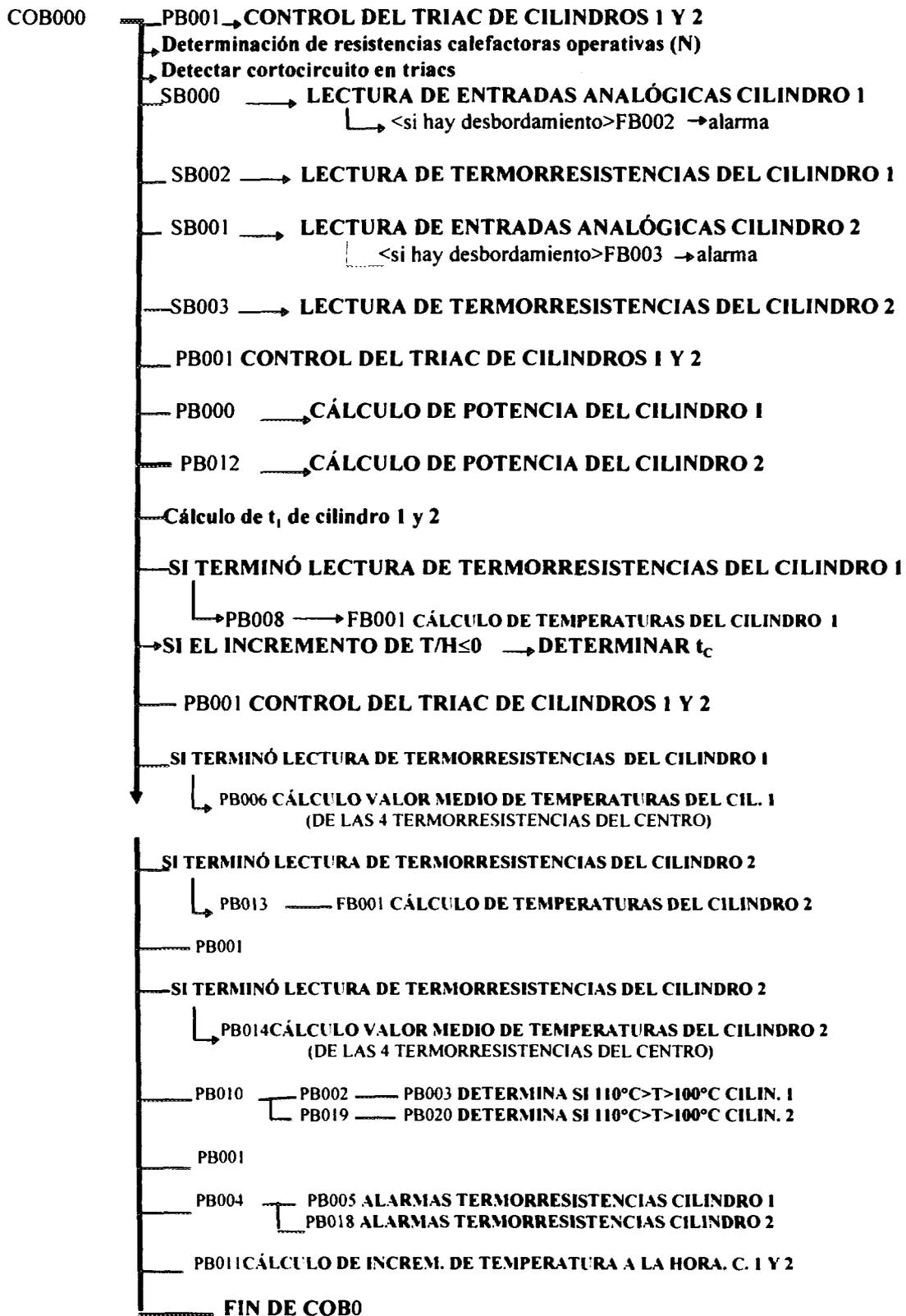
4.4. PROGRAMACIÓN.

De forma muy esquemática, damos a continuación la estructura del programa y dejamos los detalles para los listados del mismo.

Sin tratar las diversas formas de organizar un programa con este autómata y que se detallan en los manuales correspondientes (GUÍA DE USUARIO SAIA-PCD), nuestra programación consta de:

- Un “Exception Organization Block” (XOB).
Se utiliza el XOB16 que es uno de los XOB’s disponibles y está destinado a ejecutar las instrucciones una sola vez al iniciar el programa. En este subprograma figuran las constantes utilizadas: base de tiempos, parámetros y modo de comunicación, valores iniciales de t_0 , t_1 , etc. También estos detalles pueden verse en los listados.
- Un “Cyclic Organization Block” (COB).
Se utiliza el COB0, primero de los 16 disponibles. Dentro de este programa utilizamos otros subprogramas: bloques de programas (PB), que actúan como subrutinas; programas secuenciales (SB), gestionados por métodos gráficos y programas de función (FB), que actúan como subrutinas cuyos valores de variables se determinan antes de ser llamadas.

El COB0 tiene la siguiente estructura:



La subrutina PB001 es llamada varias veces a lo largo del programa para actualizar, con la menor demora posible, los tiempos de calentamiento.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de los programas de investigación y desarrollo de ENRESA y de la UE.

REFERENCIAS

P.L. Martín, M.V. Villar, A. Brú, A.M. Fernández y P. Rivas.
Full Scale Engineered Barrier Experiment: the mock-up test at Ciemat.

J. Alberdi, J.M. Barcala y C. Yuste. (1996)
Definición del sistema de adquisición y tratamiento de datos.
Informe Técnico. Referencia: 70-IMA-L-9-18. CIEMAT.

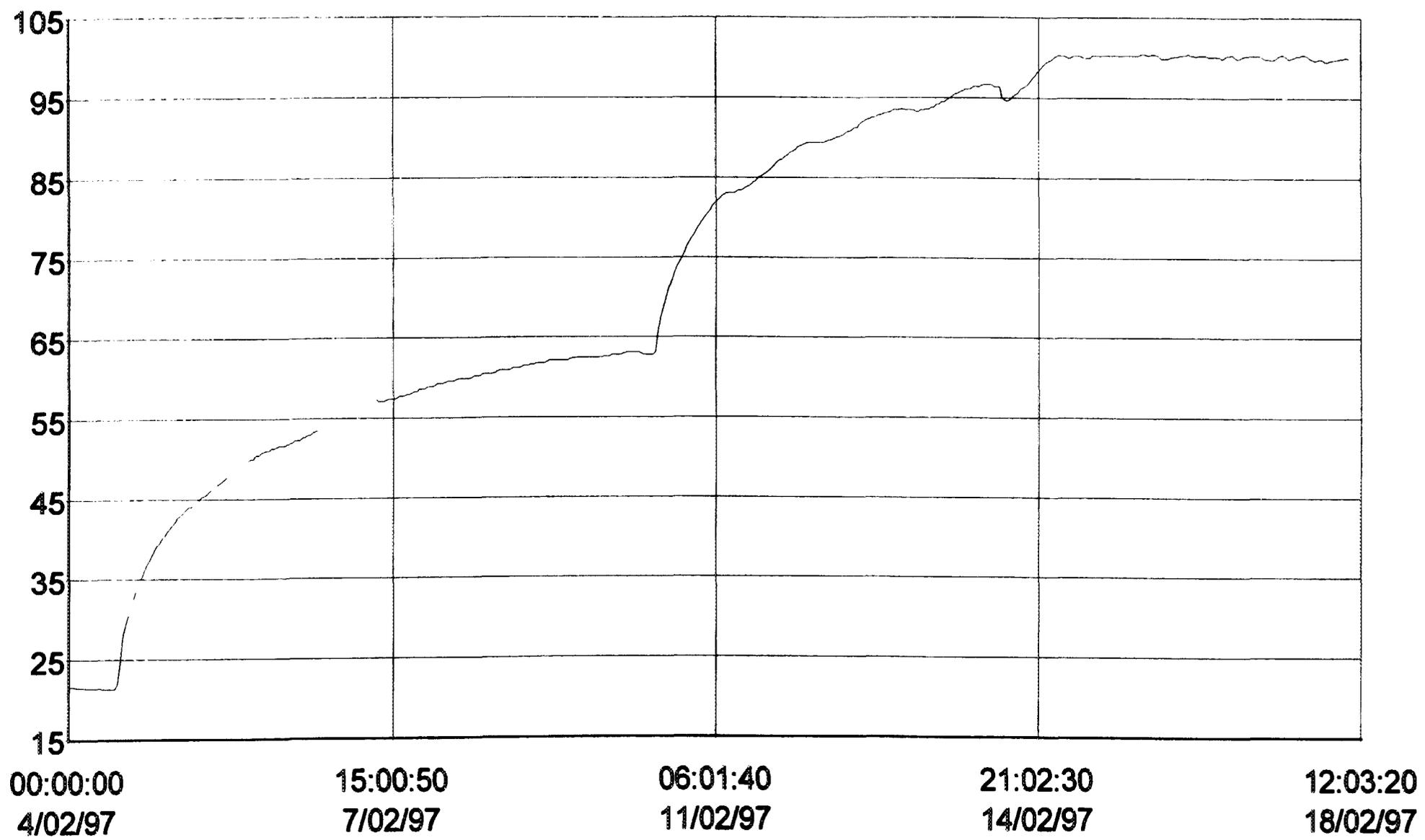
E. Gamero. (1996)
Definición y programación del sistema de calefactores.
Informe Técnico. Referencia: 70-IMA-L-9-20. CIEMAT.

E. Gamero. (1996)
Proyecto Barrera. Control de potencia y temperatura.
Informe Técnico. Referencia: 70-IMA-L-9-20. CIEMAT.

J. Alberdi, J.M. Barcala, E. Gamero y C. Yuste. (1996)
Barrera artificiales. Integración de los sistemas.
Informe Técnico. Referencia: 70-IMA-L-9-21. CIEMAT.

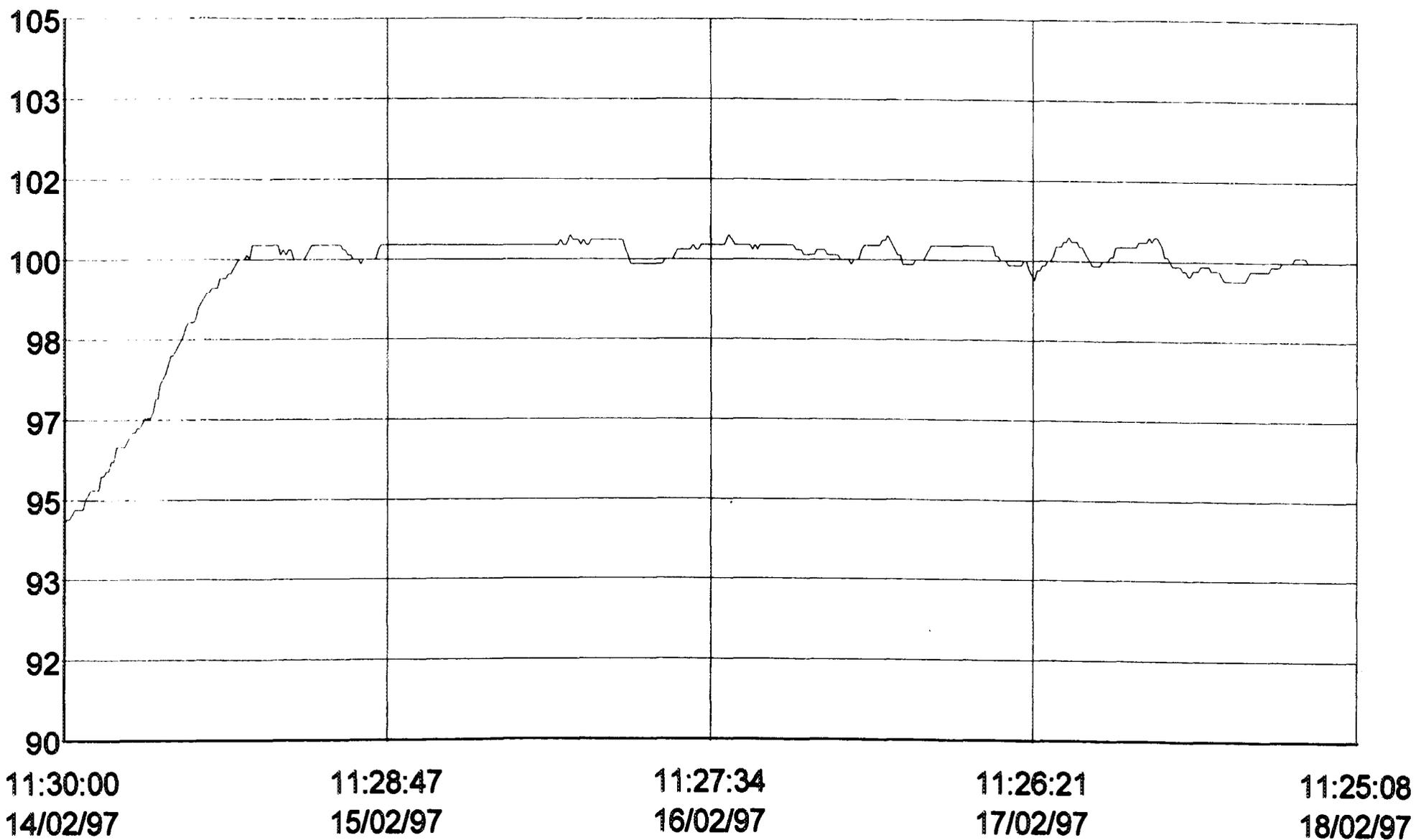
E. Gamero. (1996)
Control de potencia y temperatura. Pruebas eléctricas de los calentadores.
Informe Técnico. Referencia: 70-IMA-L-9-25. CIEMAT.

ANEXO A



— SCADA01:C_TEMMED_A.F_CV

Temperatura media del calentador A



— SCADA01:C_TEMMED_A.F_CV

Temperatura media del calentador A

100

ANEXO B

Database Builder							
Database Edit Blocks Sort Query Display Options Drivers Font							Help
Database Builder - SCADA01							
T_A8_2_0							
	Tag Name	Type	Description	Sc	I/O Dev	I/O Addr	Curr Value
255	T_A8_2_0	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:165	2,13E+01
256	T_A8_3_0	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:166	2,16E+01
257	T_A8_4_0	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:167	2,21E+01
258	T_A5_1_7	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:168	2,11E+01
259	T_A5_2_7	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:169	2,12E+01
260	T_A5_3_7	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:170	2,13E+01
261	T_A5_4_7	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:171	2,16E+01
262	T_A5_1_6	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:172	2,08E+01
263	T_A5_2_6	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:173	2,08E+01
264	T_A5_3_6	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:174	2,06E+01
265	T_A5_4_6	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:175	2,04E+01
266	T_A5_1_5	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:176	2,07E+01
267	T_A5_2_5	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:177	2,05E+01
268	T_A5_3_5	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:178	2,02E+01
269	T_A5_4_5	AI	Sensor de temperatura	1	FLU	D11:179	1,99E+01

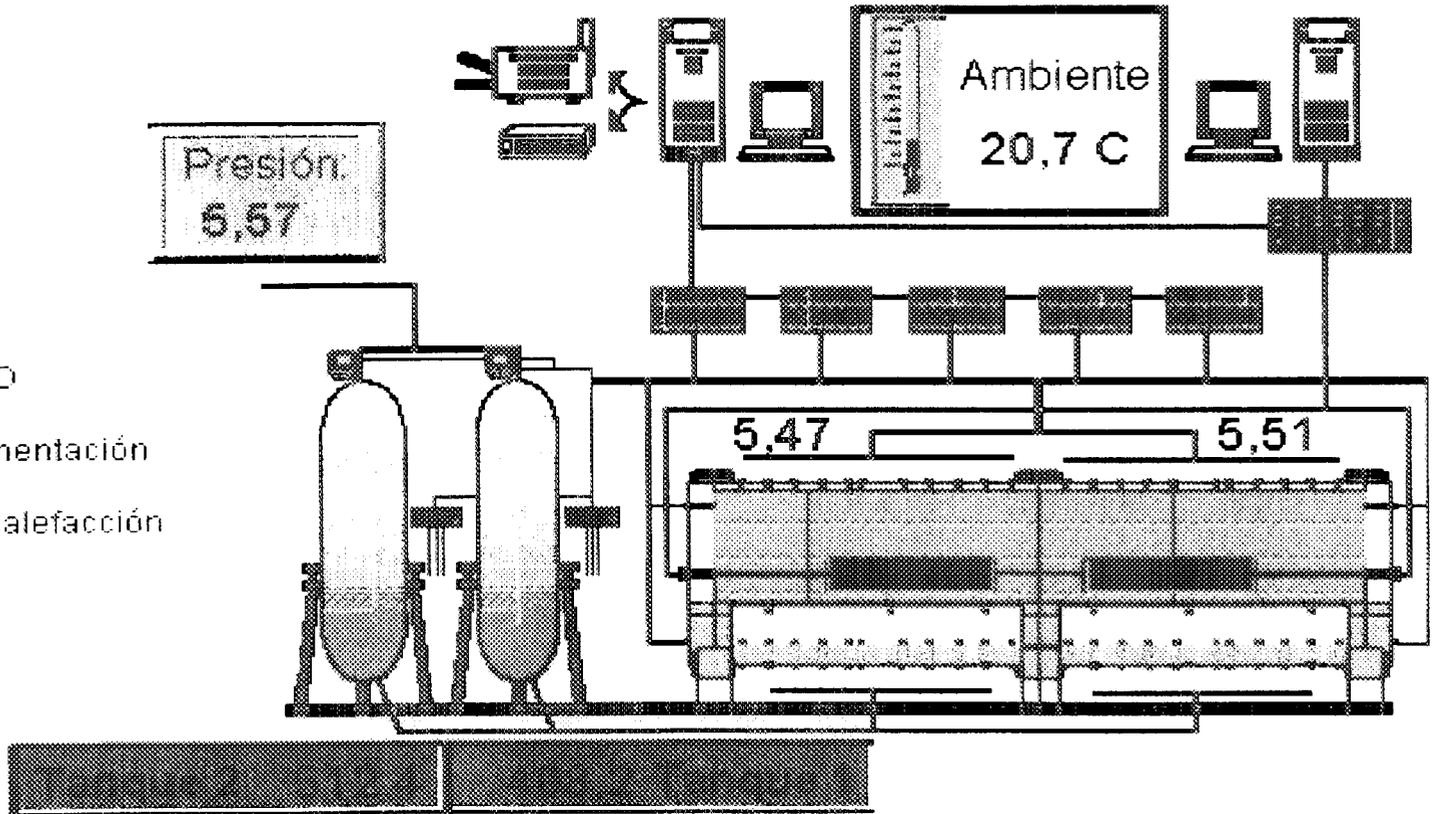
Barrera de Ingeniería

8:41:59
20/02/97

- Maqueta
- PLC
- Alarmas

- Alarma de RTD
- Fuente de Alimentación
- Anomalía en calefacción

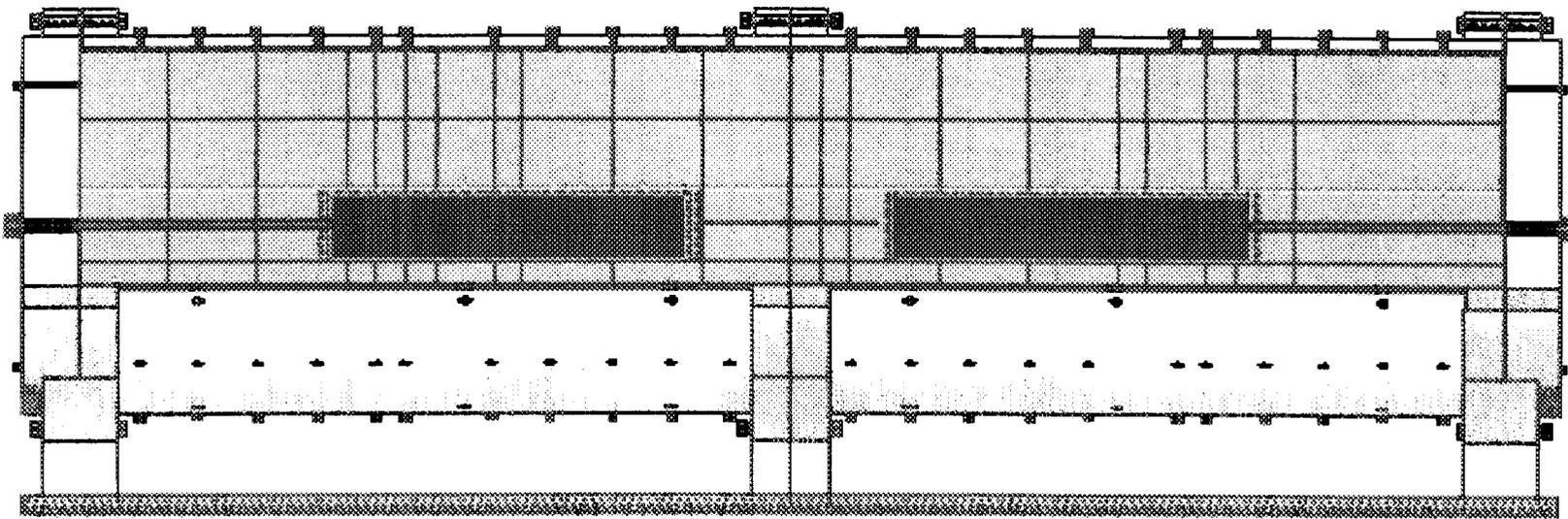
Contadores de alarmas
0
3



23,0 Fuente de 24V
10,0 Fuente de 10V

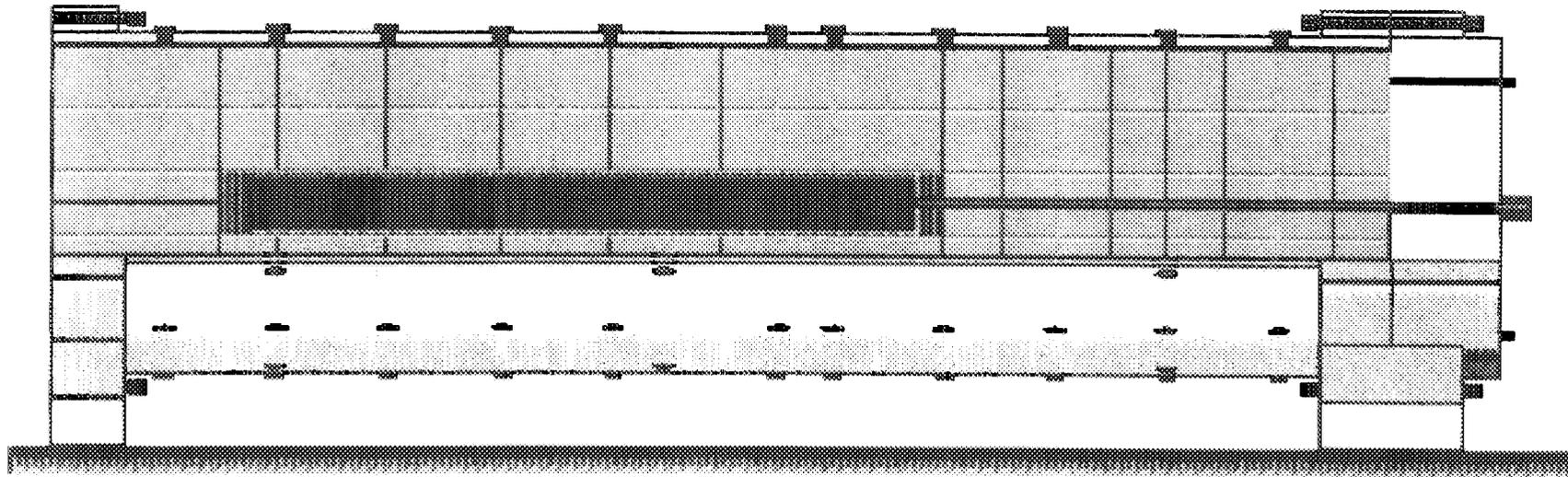
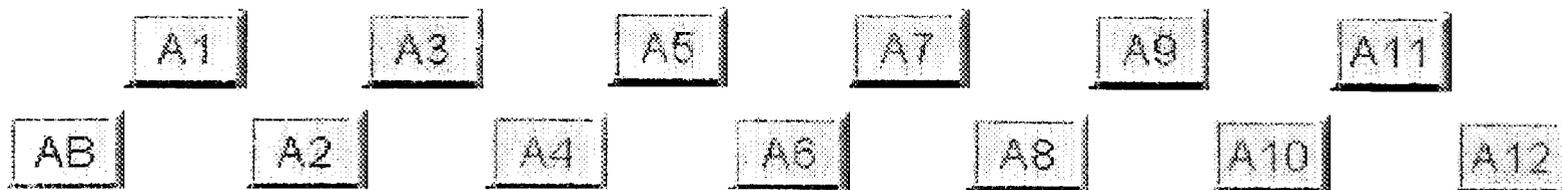
Semicilindro B

Semicilindro A



Planta

Secciones disponibles:



Maqueta

Planta

