

Sistema de Toma de Datos  
Basado en el Equipo MDAS  
para el Proyecto FEBEX

J. Alberdi

J. M. Barcala

J. J. Navarrete

P. L. Martín



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:** 238-98-002-5

**ISSN:** 1135-9420

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

052002

HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES; RADIOACTIVE WASTE STORAGE; DATA ACQUISITION SYSTEMS; PERFORMANCE TESTING; CONTAINMENT SHELLS; COMPUTER CODES; CONTAINMENT RESEARCH INSTALLATION.

## **“Sistema de Toma de Datos Basado en el Equipo MDAS para el Proyecto FEBEX”**

Alberdi, J.; Barcala, J.M.; Navarrete, J. J.; Martín, P. L.

22 pp. 8 figs. 2 refs.

### **Resumen:**

En el CIEMAT se están llevando a cabo estudios sobre el concepto de barrera de ingeniería para el almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad. Este documento describe el sistema de toma de datos de uno de los ensayos hechos con ese fin.

## **“Data Acquisition System Based in MDAS Unit for the FEBEX Project”**

Alberdi, J.; Barcala, J.M.; Navarrete, J. J.; Martín, P. L.

22 pp. 8 figs. 2 refs.

### **Abstract:**

The engineered barrier concept for the storage of radioactive wastes is being tested at CIEMAT facilities. This document describes the data acquisition system of one of that experiments.



## 1. Introducción

El experimento consta de 6 celdas grandes verticales rellenas de bloques de bentonita. Cada una de estas columnas verticales dispone de una fuente de calor (una resistencia calefactora) que mantiene una temperatura constante en su parte inferior controlada por un regulador a 100°C. Un termopar sirve de realimentación al controlador.

Cinco termopares distribuidos a lo largo de la columna sirven para registrar la distribución de calor. Por la parte superior se inyecta agua a presión en la bentonita. El volumen de agua es medido gracias a un intercambiador de volumen que dispone de un LVDT. Cada columna se hidratará un tiempo diferente, desde 6 meses hasta 2 años. Un esquema del montaje puede verse en la figura 1.

Este documento describe el sistema de adquisición de datos utilizado en este experimento. El sistema está basado en el MDAS 7200 de Kaye Instruments, Inc controlado por un programa de PC que permite preparar las secuencias de medida y recuperar los datos. Este programa se escribió para su uso bajo DOS.

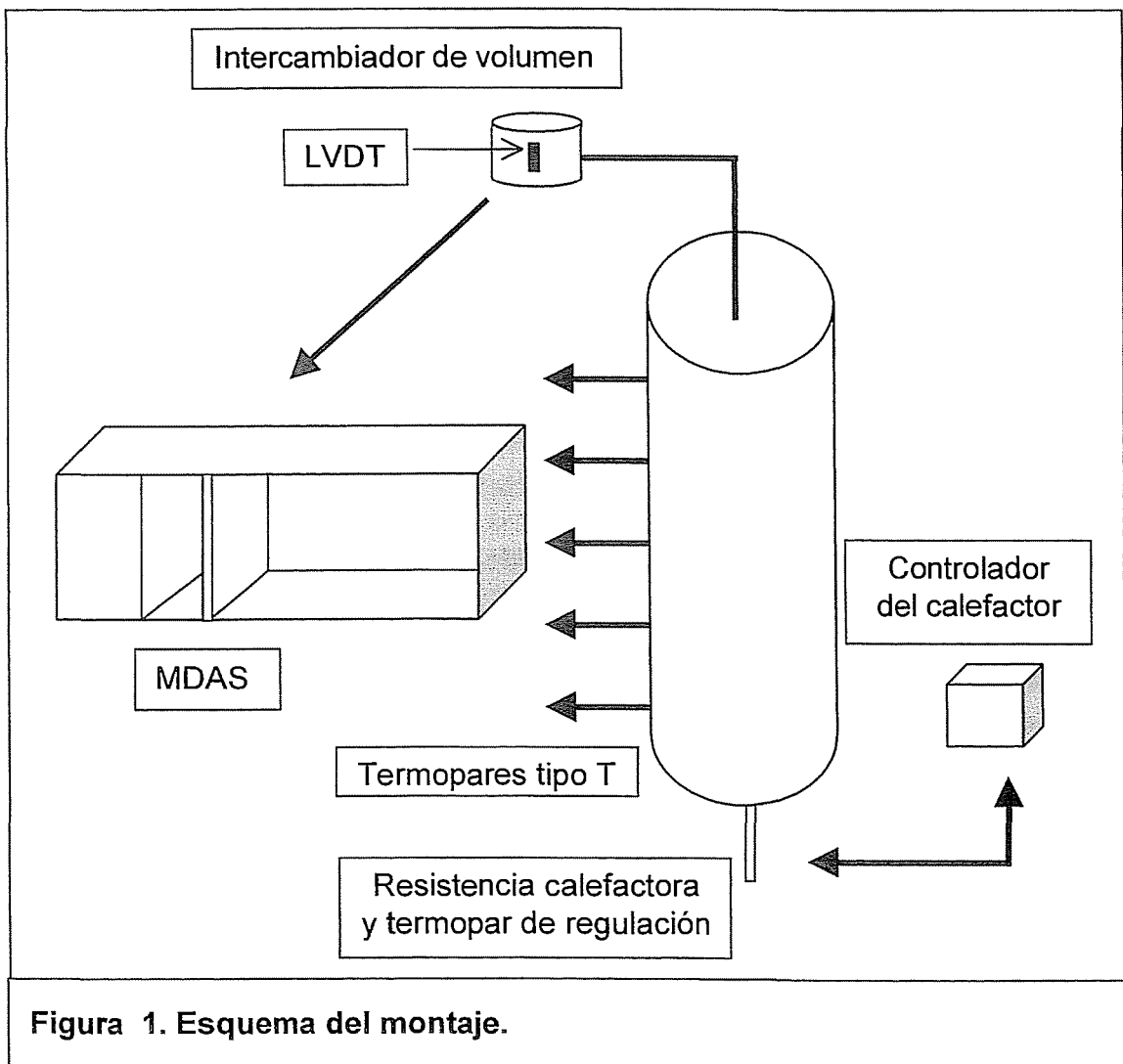


Figura 1. Esquema del montaje.

## 2. MDAS ( 7200 Modular Data Acquisition System )

El MDAS tiene unas dimensiones de 7,1 pulgadas de alto, 16 pulgadas de ancho y 11,2 pulgadas de profundidad. En el frontis de la unidad hay espacio para 16 tarjetas de adaptación. También hay dos slots para disquetera, unidad de cinta o discos duros. A la izquierda encontramos un display de doce dígitos en el que aparecen los mensajes de error que genera el MDAS y que también puede usarse para mostrar mensajes de usuario. Bajo el display hay tres pulsadores y un sistema de control de energía manejable por software con tres indicadores luminosos.

En la parte de atrás hay tres puertos de comunicaciones y uno de sincronía, la línea de alimentación y un conector para una batería externa.

El MDAS puede comunicarse con diversos dispositivos a través de sus tres puertos de comunicaciones. Dos de los puertos son serie: una interfase diferencial de alta velocidad RS-422 en el PORT1 y una RS-232 estándar en el PORT2. El tercer puerto es un puerto paralelo IEEE-488 (GPIB, General Purpose Interface Bus).

La información transferible a través de los puertos de datos puede catalogarse en tres tipos: comandos, entrada y salida. Los comandos se envían al MDAS para gobernar su operación. Los datos que recibe el MDAS se consideran pertenecientes al grupo de entrada. Los que envía el MDAS forman el grupo de salida. Cualquiera de los grupos de información puede direccionarse a cualquiera de los tres puertos de comunicaciones.

El MDAS usa un formato de punto flotante con 32 bits al igual que representaciones para enteros con 32, 16 y 8 bits. La transmisión para todos los formatos se hace mediante caracteres decimales ASCII.

Un número en punto flotante se representa internamente por cuatro bytes. Los tres primeros representan una mantisa de 24 bits. El valor de la mantisa es igual a esos 24 bits precedidos por un punto binario. El byte menos significativo es un bit de signo seguido por 7 bits para el exponente. Un "1" en el bit de signo indica que la mantisa es negativa.

Los rangos disponibles con estos formatos son:

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Mayor número positivo: | 9.22337177E+18  |
| Menor número positivo: | 5.42101070E-20  |
| Mayor número negativo: | -9.22337177E+18 |
| Menor número negativo: | -5.42101070E-20 |

La transmisión de datos en punto flotante se hace con caracteres ASCII, de acuerdo con el formato: -123.456E-12, donde el signo menos muestra la posición del signo.



Los formatos enteros se representan internamente por un bit de signo y siete, quince o treinta y un bits de datos en complemento a dos. El rango de los números manejados en este formato es:

8 bit: -128 to 127  
 16 bits: -32768 to 32767  
 32 bits: -2,147,483,648 to 2,147,483,647

La transmisión de datos enteros consiste en una tira de caracteres ASCII.

El MDAS puede usar 24 tipo de tarjetas de entrada y salida. Cada tipo se identifica por un código de tarjeta. Hasta 16 tarjetas pueden colocarse en cualquier orden en una única unidad. En esta experiencia sólo se usan dos tipos de tarjeta: el tipo B1 para entradas de puentes y el tipo T3 para termopares.

El tipo B1 admite dos canales y el tipo T3 tiene siete canales y uno más para la compensación del punto frío. Los canales se designan por una letra de la "A" a la "H". Este canal y un número de slot se usan en los comandos del MDAS para especificar un canal en una tarjeta determinada. Por ejemplo, el canal B de un módulo en el slot 12 se denomina "B12". Cualquier módulo E/S puede colocarse en cualquier slot por lo que debe asegurarse que el canal especificado en un comando existe en el módulo al que se dirige ese comando, y que este es adecuado para el módulo.

La distribución de sensores en el experimento es la siguiente:

| Tarjeta nº | Tipo tarjeta | Canal | Tipo sensor | Localización                     |
|------------|--------------|-------|-------------|----------------------------------|
| 1          | T3           | 1_a   | Termopar T  | Columna 1                        |
|            |              | 1_b   | Termopar T  | Columna 1                        |
|            |              | 1_c   | Termopar T  | Columna 1                        |
|            |              | 1_d   | Termopar T  | Columna 1                        |
|            |              | 1_e   | Termopar T  | Columna 1                        |
| 2          | T3           | 2_a   | Termopar T  | Columna 2                        |
|            |              | 2_b   | Termopar T  | Columna 2                        |
|            |              | 2_c   | Termopar T  | Columna 2                        |
|            |              | 2_d   | Termopar T  | Columna 2                        |
|            |              | 2_e   | Termopar T  | Columna 2                        |
| 3          | T3           | 3_a   | Termopar T  | Columna 3                        |
|            |              | 3_b   | Termopar T  | Columna 3                        |
|            |              | 3_c   | Termopar T  | Columna 3                        |
|            |              | 3_d   | Termopar T  | Columna 3                        |
|            |              | 3_e   | Termopar T  | Columna 3                        |
| 4          | T3           | 4_a   | Termopar T  | Columna 4                        |
|            |              | 4_c   | Termopar T  | Columna 4                        |
|            |              | 4_e   | Termopar T  | Columna 4                        |
| 5          | T3           | 5_b   | Termopar T  | Columna 5                        |
|            |              | 5_d   | Termopar T  | Columna 5                        |
| 15         | B1           | 15_a  | LVDT        | Intercambiador de vol. Columna 3 |
| 16         | B1           | 16_a  | LVDT        | Intercambiador de vol. Columna 1 |
|            |              | 16_e  | LVDT        | Intercambiador de vol. Columna 2 |

### **3. Como se programa el MDAS 7200**

El programa MDAS.EXE crea en el MDAS 7200 un buffer ejecutable que se encargará de tomar las medidas en la secuencia indicada. Crea también varios buffers enteros que usa como contadores.

Antes de lanzar las medidas se definen los canales según su tipo y se crean buffers adecuados para guardar las medidas temporalmente. A continuación se crea el buffer ejecutable y los buffers contadores. Por último el buffer ejecutable se lanza en "spawn" con un tiempo de interrupción de 1 minuto: tiempo mínimo de medida que permite este programa.

En los anexos se puede encontrar la lista de comandos que se envía al MDAS 7200 para preparar la secuencia de medida y los comandos que se colocan en el buffer ejecutable. Para cualquier aclaración sobre las funciones de cada comando puede consultarse MDAS user's guide: Section 2 Command Dictionary.

### **4. El programa MDAS**

Este programa funciona bajo DOS. Se escribió en C y para su parte gráfica y de comunicaciones hace uso de librerías de LabWindows v1.0 de National Instruments.

MDAS.EXE se comunica a través de una línea serie RS-232 con el MDAS 7200. Los parámetros de comunicación son: 9600 baudios, sin paridad, 1 bit de stop, 8 bits de datos. El MDAS debe ser ajustado además a 'echo on', y 'delimiter=<CR>'. También puede ser necesario establecer PORT2 como puerto de entrada y salida de comandos y datos. Todos estos ajustes se realizan manualmente gracias a los pulsadores y al display del MDAS. La comunicación se realiza mediante caracteres ASCII.

#### **4.1. Requisitos hardware**

El programa correrá en cualquier PC igual o superior a un 286. No tiene ningún requisito especial.

## 4.2. Instalación del programa

Para instalar el programa basta con copiar los ficheros mdas.exe y mdas.uir en un directorio cualquiera del disco duro. Es necesario que los dos ficheros se encuentren en el mismo directorio.

## 4.3. Guía de usuario

### 4.3.1. Pantalla principal

Con un entorno de ventanas (fig. 2) permite seleccionar el tipo de tarjeta presente en cada ranura del MDAS, bien B1- puentes o T3 – termopares (fig.3). Una vez hecho esto se puede señalar el canal concreto en el que se encuentra nuestro sensor (fig. 4) y proporcionar una etiqueta ("nombre"), tipo de entrada, unidades, y los factores de escala si fuera preciso (fig. 5). Esto debe repetirse para cada canal activo. Si los parámetros de medida se repiten podemos recurrir a la opción 'Copiar' que permite copiar los parámetros de un canal a otro a excepción de la etiqueta que debe ser única para cada canal.

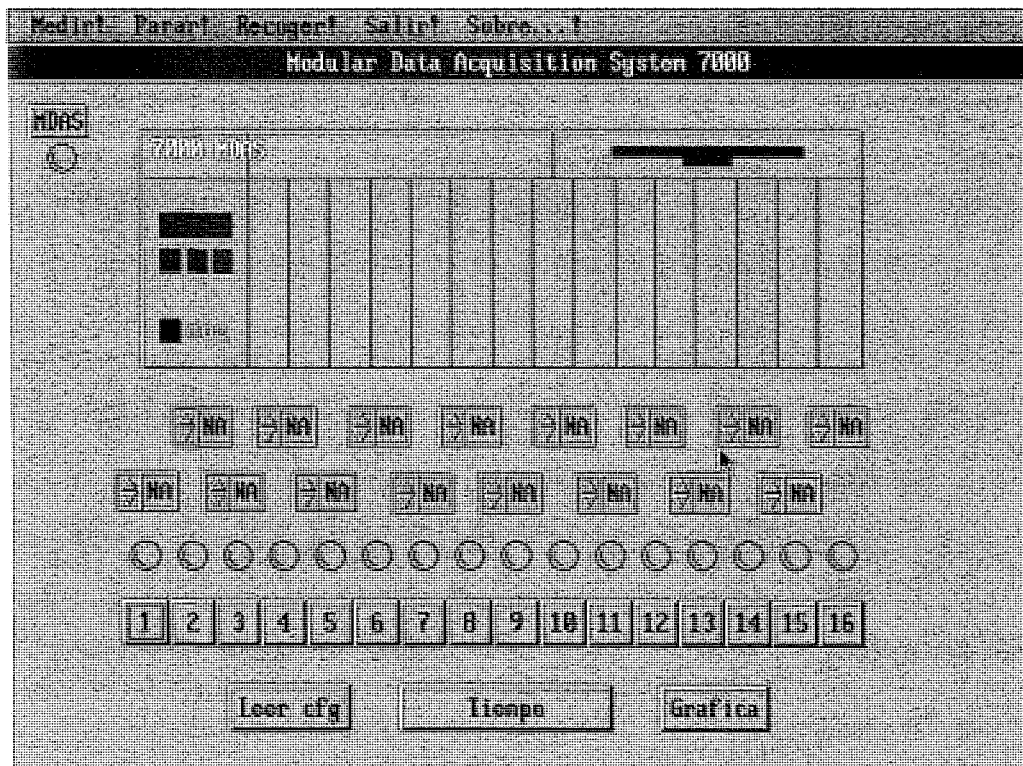


Figura 2. Pantalla principal.

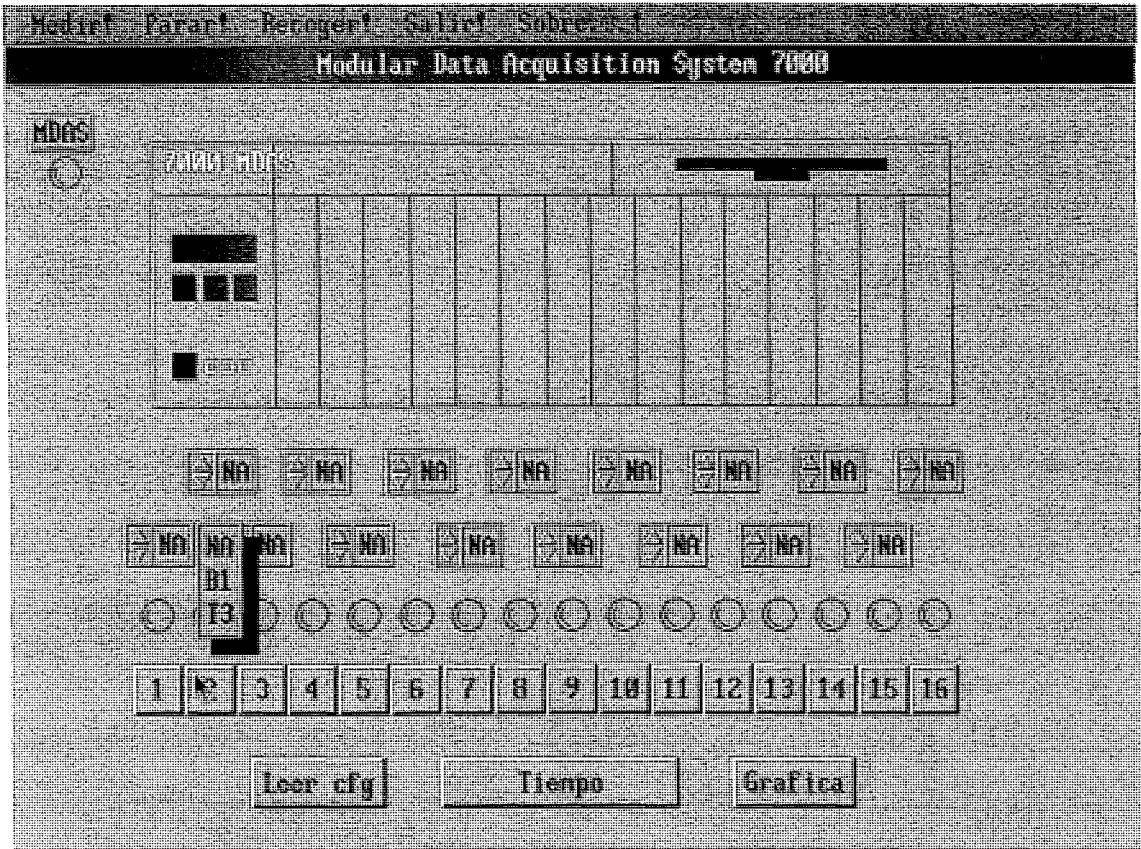


Figura 3. Pantalla principal. Elección de tipo de tarjeta E/S.

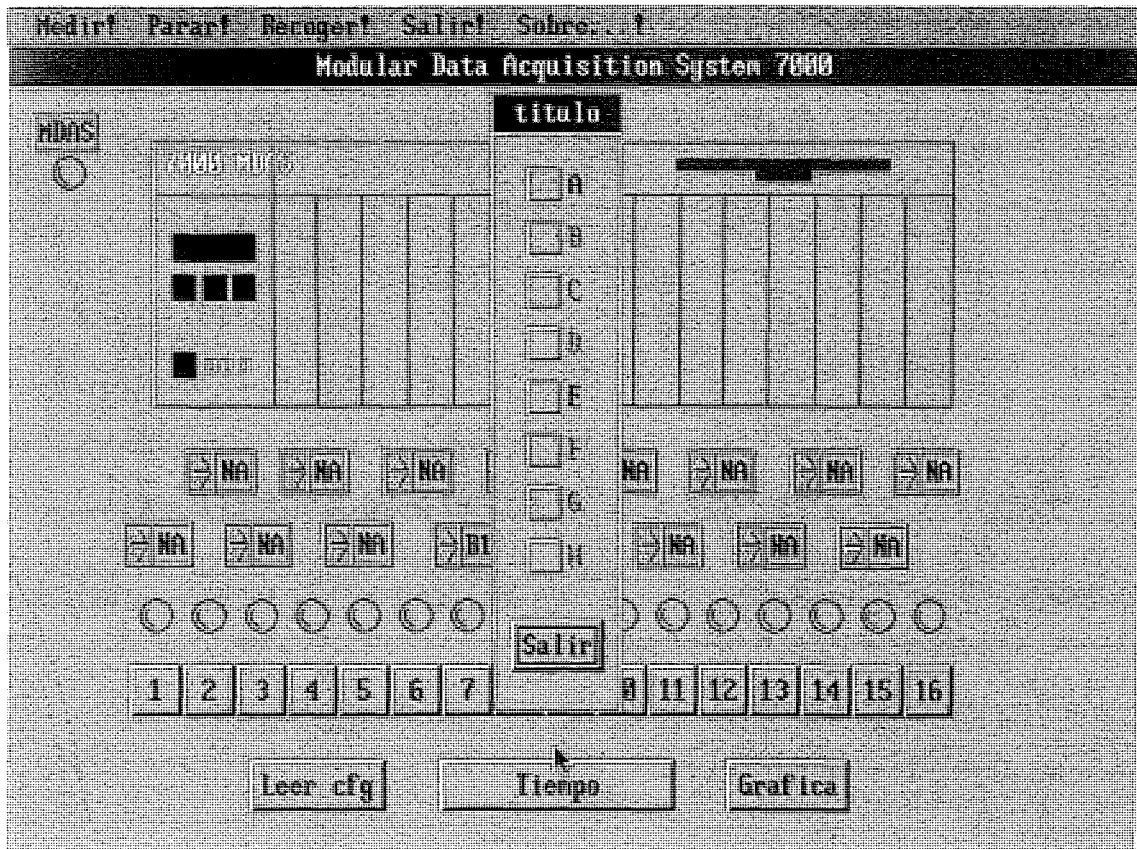


Figura 4. Pantalla principal. Selección de canales.

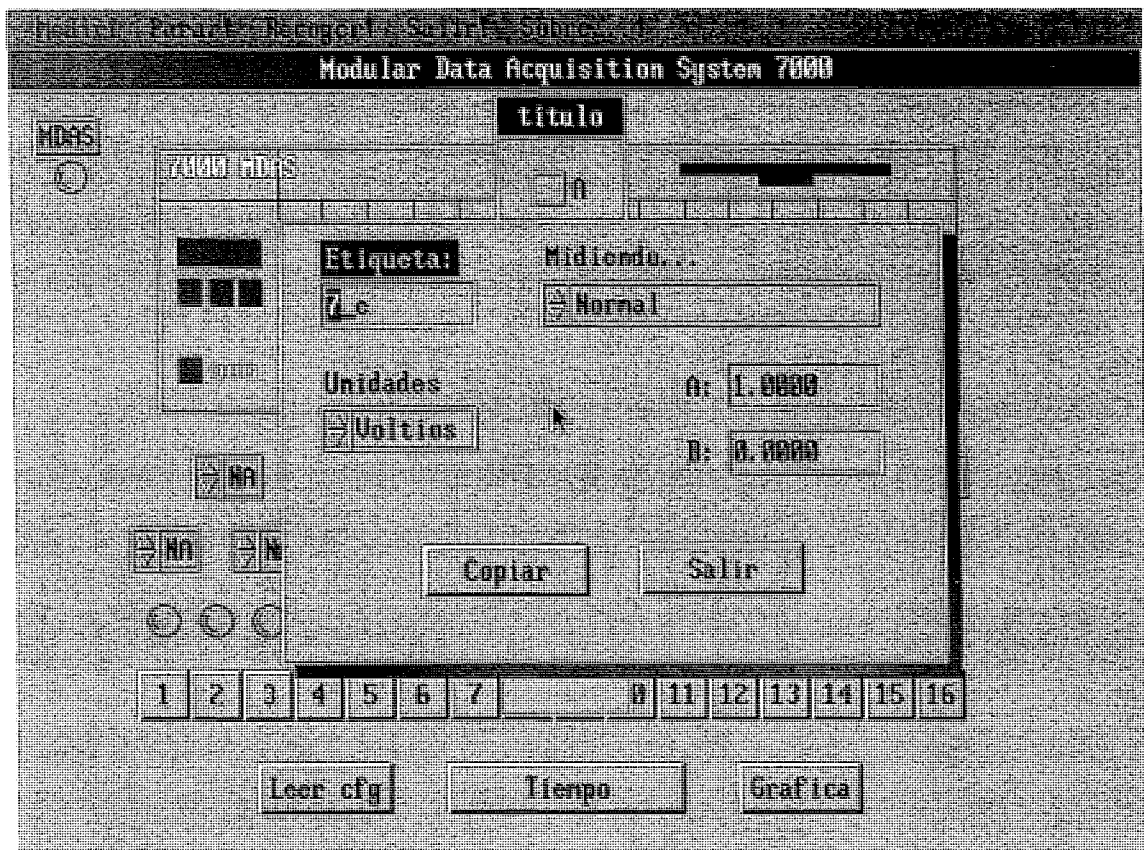


Figura 5. Pantalla principal. Parámetros de canal.

#### 4.3.2. Medir

Después de completada la configuración se puede recurrir a la opción 'Medir' del menú principal para dar comienzo a las medidas. En primer lugar nos pedirá el nombre de un fichero para guardar la configuración elegida. Al nombre escogido se le añadirá la extensión 'cfg'. Después, y antes de arrancar las siguientes medidas, se nos da la opción de borrar los datos presentes en el disco duro del MDAS. Si contestamos 'No' los datos que se tomen a continuación se añadirán a los ya presentes. Si la respuesta es afirmativa se borran los ficheros de datos y se inicia uno nuevo para las inmediatas medidas. Inmediatamente se procede a programar el MDAS y comenzar la secuencia de medida. Esto puede llevar algunos segundos.

#### 4.3.3. Parar

Esta opción provocará que el MDAS deje de tomar medidas. Los datos tomados hasta ese momento se conservarán en el disco duro pudiendo ser recuperados en cualquier momento.

#### 4.3.4. Recoger

Con esta opción podemos recuperar los datos del disco duro del MDAS. En primer lugar nos pedirá el nombre del fichero en el que se encuentra la configuración de la secuencia de medida actual. Esto se hace así ya que es posible que pase un tiempo considerable desde que se arranque una secuencia de medida hasta que se recuperen los datos.

Una vez actualizada la configuración se comienza a recuperar los datos de los canales activos que se guardarán en ficheros individuales con extensión '.dat' en el disco duro del PC. Después de recuperados todos los datos el programa nos preguntará el nombre del fichero donde queremos almacenar definitivamente los datos. En ese fichero encontraremos las medidas dispuestas por columnas encabezadas por la etiqueta que hayamos puesto a cada sensor. Las dos primeras columnas estarán ocupadas por la fecha y hora y el resto por los datos comenzando por el canal 'a' de la tarjeta '1' y a continuación el resto en orden creciente según su numeración en el MDAS. Solo se escriben los canales activos.

#### 4.3.5. Tiempos

Con esta opción escogemos las secuencias de medida (fig. 6). Por cadencia se entiende el intervalo entre medidas. Por duración el tiempo total durante el que se está tomando medidas con ese intervalo. La cadencia puede expresarse en minutos u horas. La duración en minutos, horas o días. En cuanto termina una secuencia comienza la siguiente. Debido a la gran duración de los experimentos se ha establecido que la secuencia número cuatro se repita indefinidamente para garantizar el registro adecuado de los datos.

Obviamente la duración debe ser mayor o al menos igual que la cadencia. La primera medida no se toma hasta que no ha transcurrido la primera cadencia de la primera secuencia por lo que es conveniente elegir cadencia igual a 1 minuto para esa primera secuencia si se quiere tener un dato lo más cercano posible al inicio de toma de datos.

#### 4.3.6 Leer configuración

Los ficheros de configuración usados en las medidas pueden recuperarse con esta opción (fig. 7). La forma para guardar una configuración se explica en el apartado 4.3.2 *Medir*.

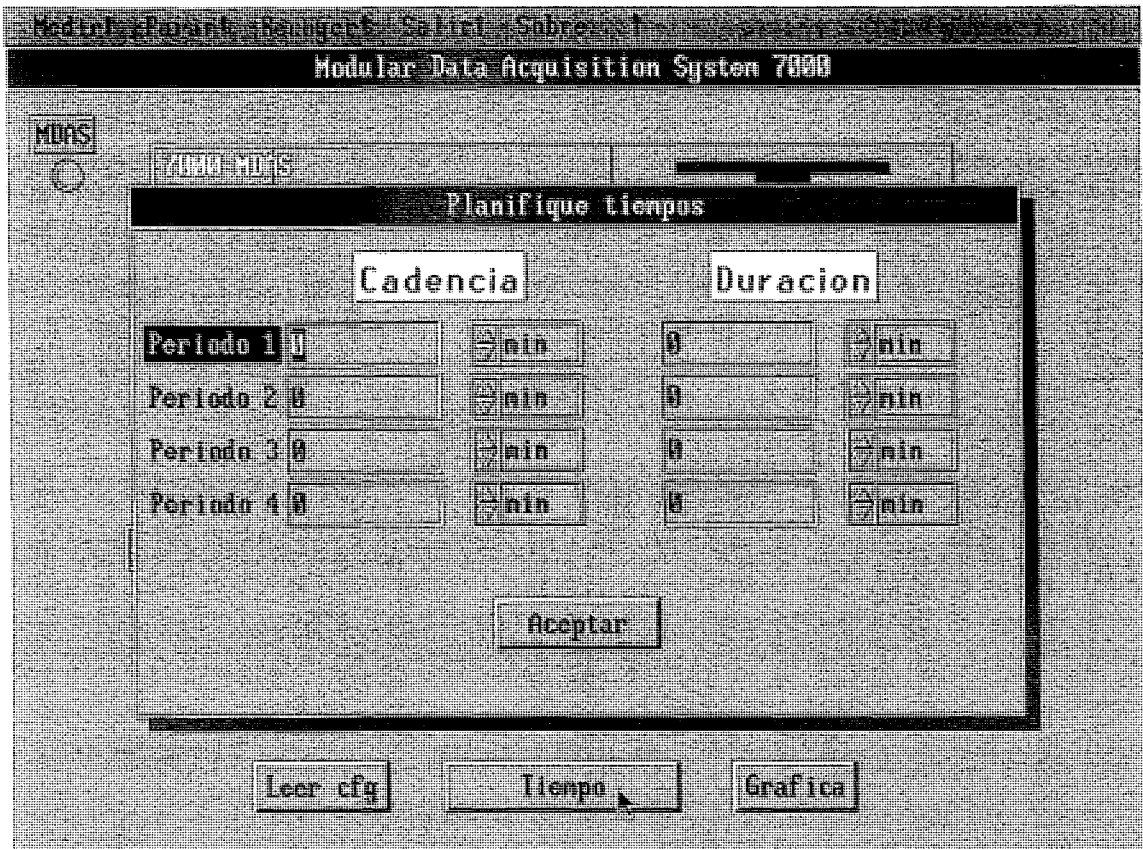


Figura 6. Tiempos.

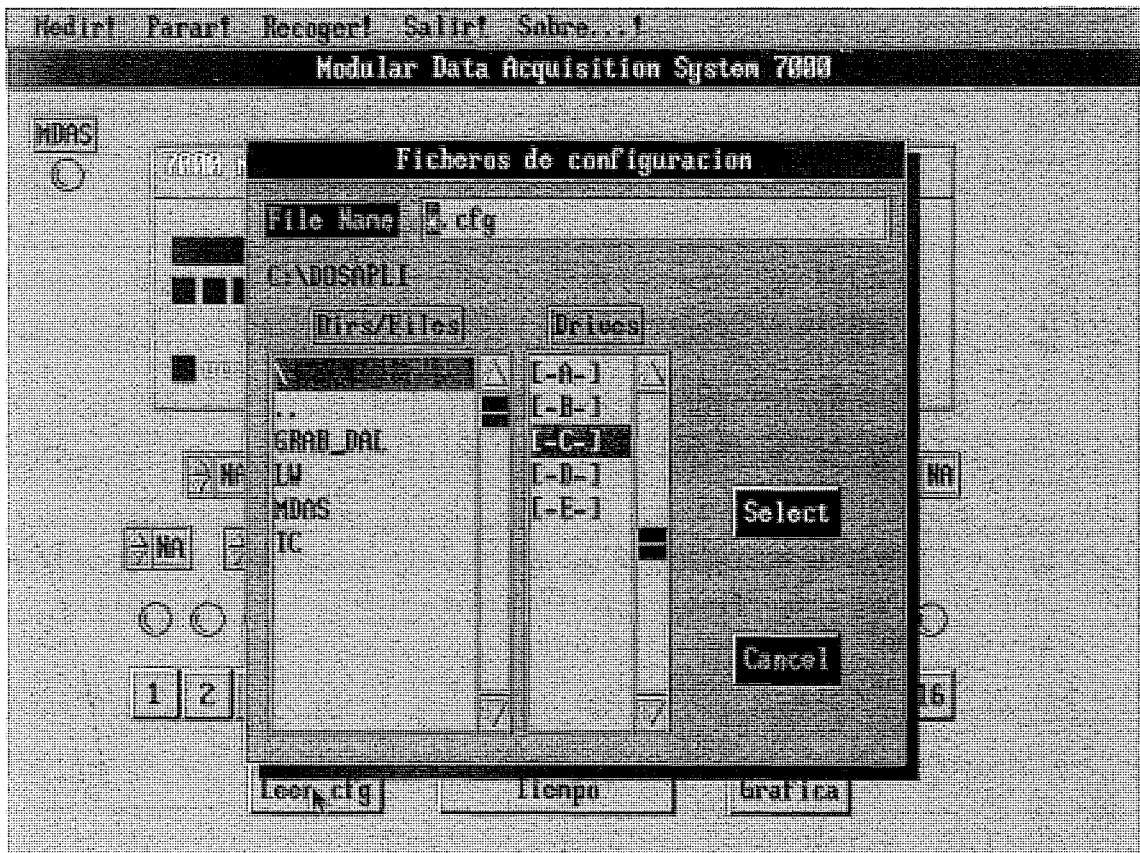


Figura 7. Leer configuración.

#### 4.3.7. Gráfica

Nos permite una representación gráfica de las medidas tomadas por un canal. Para ello nos pedirá la etiqueta de un sensor (fig. 8) y recuperará sus medidas del MDAS. El curso de la secuencia de datos no se ve afectado.

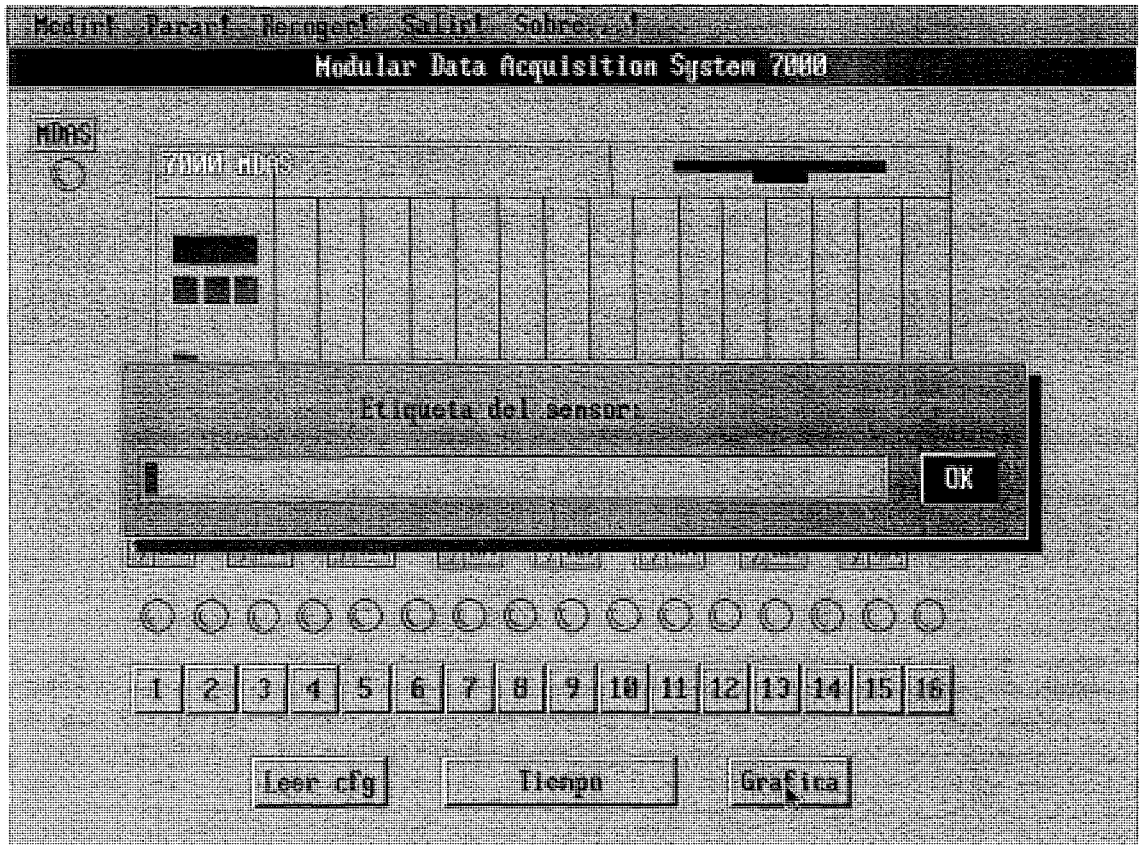


Figura 8. Pantalla para elegir el sensor a representar.

#### 4.3.8. Salir

Para abandonar el programa.



## **Agradecimientos**

El proyecto FEBEX se realiza en el marco de los programas de investigación y desarrollo de ENRESA y de la UE.

## **Referencias**

"MDAS user's guide". Kaye Instruments, Inc. July, 1990.

"Diseño, fabricación y montaje de las celdas grandes para ensayos termohidráulicos". Informe técnico CIEMAT/DIAE/54111/12/98. M.V. Villar, P.L. Martín, J. Cuevas, J.M. Barcala. Agosto – 1998.

## ANEXO A

En este anexo se encuentra el listado de las instrucciones que se mandan al MDAS para preparar la secuencia de medida.

El buffer 130 es un buffer ejecutable que se lanza en 'spawn', esto es, se ejecuta a golpe de interrupciones. En este caso el tiempo de interrupción está establecido en 60 segundos. En cada ocasión el buffer se ejecuta una vez.

Los buffers 131, 135 y 136 son de tipo entero y se usan como contadores que sirven para mantener las diferentes secuencias de medida programadas. El buffer 131 lleva la cuenta del número de medidas que quedan por hacer dentro de esta secuencia. El 135 el tiempo que queda (en número de interrupciones) para la siguiente medida. El 136 nos indica en que secuencia de medida estamos de las cuatro que podemos definir.

En el buffer 134 guardamos la fecha y hora cada vez que la leemos. Además se definen varios buffers de tipo flotante para guardar los datos tomados de cada canal (un buffer para cada canal).

*Reps* representa el número de medidas en la secuencia y tiene valores diferentes en cada subrutina. *Mult1*, *mult2*, *mult3* y *mult4* el tiempo entre medidas en cada secuencia.

```
deld c:*.dat;           // borra los ficheros de datos

del;                   // borra los buffers de la memoria del MDAS

dfn %d 100 4;          // define buffer en la memoria del MDAS
dfnc %c%d %d 137;     // define tipo de canal
tri 0;                // define tipo de trigger
per 1.6e-6;           // define periodo de medida
sint 60;              // define tiempo base de interrupciones
dfn 130 6000 5 131 1 3; // define buffers 130 y 131
dfn 132 1 3 134 200 1; // define buffers 132 y 134
dfn 135 1 3 136 1 3;  // define buffers 135 y 136
gw 132 1 0 1;         // inicia buffer 132 = 1

load 130;             // carga buffer ejecutable 130
wmsg 0 En marcha;    // escribe mensaje en el display
subi 135 132 135;    // 135 + 132 = 135
ifba 135 > 0;

bra fin;              // salto condicional
ai 1 %c%d %d 1;      // lee un dato del canal %c%d
wrđ %d c:%d.dat 1 0 1; // escribe dato en el disco duro
gt 134;              // lee fecha y hora
wrđ 134 c:tiempo.dat 8 0 1; // escribe fecha y hora en el disco duro
subi 131 132 131;    // 131 + 132 = 131
ifba 131 > 0;
bra seg;
ifba 136 = 1;
bra`rep2;
```

```

ifba 136 = 2;
bra rep3;
ifba 136 = 3;
bra rep4;
ifba 136 = 4;
bra rep4;
goto fin;           // salto incondicional
labl seg;
ifba 136 = 1;
bra cicl;
ifba 136 = 2;
bra cic2;
ifba 136 = 3;
bra cic3;
ifba 136 = 4;
bra cic4;
goto fin;
labl rep2;
gw 131 1 0 reps;
gw 136 1 0 2;
gw 135 1 0 mult2;
goto fin;
labl rep3;
gw 131 1 0 reps;
gw 136 1 0 3;
gw 135 1 0 mult3;
goto fin;
labl rep4;
gw 131 1 0 reps;
gw 136 1 0 4;
gw 135 1 0 mult4;
goto fin;
labl cicl;
gw 135 1 0 mult1;
goto fin;
labl cic2;
gw 135 1 0 mult2;
goto fin;
labl cic3;
gw 135 1 0 mult3;
goto fin;
labl cic4;
gw 135 1 0 mult4;
labl fin;
wmsg 0 Midiendo;
end;                // termina buffer ejecutable 130

gw 131 1 0 reps;
gw 135 1 0 mult1;
gw 136 1 0 1;
spn 130 0 1;       // ejecuta buffer 130 en spawn

wmsg 0 Midiendo...; // escribe mensaje en el display

```

## ANEXO B

En este anexo pueden encontrarse las calibraciones hechas a los LVDT que median la variación en los intercambiadores de volumen. Esta calibración era necesaria para hacer corresponder adecuadamente los valores de desplazamiento medidos con las variaciones de volumen en el intercambiador.

Los valores de los parámetros obtenidos en los ajustes lineales son:

$$\text{Volumen} = A * V_{\text{medida}} + B$$

| <b>Canales</b> | <b>Parámetro A</b> | <b>Parámetro B</b> |
|----------------|--------------------|--------------------|
| 15_a           | 833,3333           | 22,4170            |
| 16_a           | 854,7000           | 23,5530            |
| 16_e           | 911,9200           | 18,7880            |

# Calibración LVDT's

