

2

CNEA/AC - 7/81

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

04.80

MANUAL DE CAPACITACION PARA
CENTRALES NUCLEARES DE
600 Mwe.

Preparado por AECL para el entrenamiento del personal
de la Central Nuclear en Embalse

N I V E L 2

TM-63105 - SISTEMA DE LOCALIZACION DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DEFECTUOSOS

Córdoba - Argentina

1 9 8 0

MANUAL DE CAPACITACION PARA CENTRAL NUCLEAR DE 600 MWe

Nivel 2

63105 Sistema de Localización de Elementos Combustibles Defectuosos

Indice

- 1.0 INTRODUCCION
- 2.0 OBJETO
 - 2.1 Otras Consideraciones
- 3.0 DESCRIPCION DEL SISTEMA
 - 3.1 Descripción del Proceso
 - 3.2 Equipo Principal
 - 3.3 Ubicación
 - 3.4 Instrumentación y Control
- 4.0 PRINCIPIOS DE OPERACION
- 5.0 CUESTIONARIO DE REVISION
- 6.0 REFERENCIAS

MANUAL DE CAPACITACION PARA CENTRAL NUCLEAR DE 600 MWeNivel 263105 Sistema de Localización de Elementos Combustibles Defectuosos1.0 INTRODUCCION

Una vez que el "Sistema de Monitoraje de Alta Actividad" (63103) ha detectado alta actividad, indicativa de una falla en el elemento combustible, corresponde al "Sistema de Localización de Elementos Combustibles Defectuosos" (63105) que se describe en este manual, determinar la ubicación exacta del elemento defectuoso.

2.0 OBJETO

A fin de mantener el control de la radiactividad del sistema de TC, la función de este sistema consiste en identificar el canal de combustible con el elemento combustible defectuoso y determinar el momento en que este ha sido retirado mediante sucesivas operaciones de recambio de combustible.

2.1 Otras Consideraciones

Las siguientes consideraciones influenciaron el diseño de este sistema:

- a) Impedir que las muestras de canales de combustible se entremezclen en una serpentina de muestreo común (lo que puede suceder cuando las válvulas de solenoide individuales no cierran herméticamente).
- b) Reducir al mínimo la modulación cruzada entre los canales, espaciando los detectores lo más posible, alternándolos en el plano horizontal y en el vertical.
- c) Alcanzar tiempos iguales de transporte de muestras desde la toma del caño de alimentación hasta los conjuntos de serpentina de muestreo, para poder alternar en forma uniforme los isótopos de vida más corta N-16 y N-17 en cada canal.

- 2 -

d) Asegurarse de que la toma en la línea de muestreo esté ubicada en una zona donde no hay ebullición durante el funcionamiento a alta potencia del reactor a fin de poder obtener condiciones constantes de flujo.

3.0 DESCRIPCION DEL SISTEMA

Este sistema localiza el elemento defectuoso monitoreando cada canal de combustible para detectar actividad de neutrones retardados de los isótopos I-137 y Br-87,

La Figura 1 de 63105 muestra un diagrama de flujo representativo.

En cada sala las serpentinas de muestreo están dispuestas en dos matrices de 6 x 16, una encima de la otra, y rodeadas por un moderador de H₂O que termalizan los neutrones retardados que provienen de los isótopos I-137 y Br-87.

El tiempo de transporte de muestra desde los caños de alimentación de salida a las serpentinas de muestreo se elige de forma de permitir un decaimiento significativo de los isótopos no deseados de corta vida N-16 y N-17, y aumentar la relación señal-radiación de fondo.

La ubicación de la toma de muestra en el alimentador de salida fué elegida de manera tal de poder obtener una muestra de la fase líquida en todos los niveles de potencia a fin de asegurar tiempos de transporte compatibles.

Hay seis detectores BF₃ asociados a cada tanque moderador, insertados en el centro de las serpentinas de muestreo, para monitoreo. Tres de los detectores habrán de monitorear el flujo neutrónico en las serpentinas superiores, mientras que los otros tres detectores lo harán en serpentinas inferiores. Respecto de la Figura 1, la válvula de control PV-1 se abre para que el detector N°1 monitoree 48 serpentinas de muestreo del circuito N°1 del SPTC mientras que la PV-3 se abre para que el detector del retorno monitoree las 47 serpentinas de muestreo restantes del circuito N°1 del SPTC Operando PV-2 y PV-4, respectivamente, se debe efectuar una exploración similar bi-direccional, para las 95 serpentinas de muestreo del circuito N°2 del SPTC.

3.2 Equipo Principal

El equipo principal de este sistema consta de un carro motorizado para transportar y posicionar un grupo de seis detectores de radiación a lo largo del tanque moderador y para introducir y extraer los detectores dentro y fuera de los conjuntos de serpentinas de muestreo.

Descripción del Carro

El carro se desliza sobre rieles abulonados a cada lado del tanque moderador. El movimiento se logra mediante un motor de velocidad gradual que actúa a través de un engranaje de piñón y cremallera, es decir, la cremallera está montada al lado de uno de los rieles y el piñón está en el eje de salida de un motorreductor de velocidad. El motor de accionamiento es comandado desde un controlador para mover y posicionar el carro en cualquiera de las 16 posiciones discretas.

La indicación de la posición en unidades de ingeniería está dada por un codificador de eje BCD absoluto. Esta realimentación de la posición no es necesaria para posicionar el carro, es solamente para información del operador.

Los seis detectores están dispuestos en dos grupos de tres. Los detectores de cada grupo están suspendidos por cables de acero desde un tambor. Cada vuelta del mismo mueve los detectores de la posición completamente extraídos a la de completamente introducidos. Los dos grupos están accionados independientemente por dos motores sincrónicos, de velocidad gradual mediante reductores. Cada grupo de detectores puede colocarse en una de tres posiciones: Arriba - permite el movimiento horizontal del carro; Media - monitorea las serpentinas de muestreo superiores y Baja - monitorea las serpentinas de muestreo inferiores. Cada posición es detectada por un microinterruptor y se usa para parar el motor de accionamiento del detector y para encender una luz indicadora en el panel del operador. En cada una de las 16 posiciones horizontales discretas del carro se inserta un perno de bloqueo accionado neumáticamente dentro de un orificio apropiado. Los enclavamientos de los interruptores limitadores de perno de bloqueo inhabilitan el accionamiento del carro y permiten que opere el mando del detector vertical. La posición del perno está también indicada en el panel del operador.

Descripción del Tanque Moderador

Las 380 serpentinas de muestreo están dispuestas en dos tanques de moderador (uno en la sala R-303 y otro en R-304). En cada tanque se suministra un circuito de enfriamiento de agua de servicio para eliminar el calor durante la detección. El flujo de enfriamiento está controlado por un Regulador de Temperatura y una Válvula de Solenoide SI/NO. La ubicación de la serpentina de muestreo para una exploración determinada, conjuntamente con detectores alternados verticales y horizontales proporciona una óptima eliminación de las interferencias por modulación cruzada. Remitirse a la Fig. 2 de 63105 para la disposición de las serpentinas de muestreo.

3.3 Ubicación

El equipo principal de este sistema, es decir los conjuntos serpentina de muestreo/tanque del moderador, los carros motorizados y las válvulas de solenoide están ubicados en las salas R-303 y R-304.

El equipo de control descrito en la sección 3.4 que aparece a continuación, es decir, el conjunto amplificador/discriminador, los escalímetros, la alimentación de alta tensión, panel de operadores y calculadora programable está ubicado en la sala R-307 de Monitoraje de Productos de Fisión Gaseosos (PFG)

Las salas R-303, R-304 y R-307 son normalmente accesibles durante la operación del Reactor.

3.4 Instrumentación y Control

3.4.1 Requerimientos Generales

1) Procesamiento de la Señal

Los requisitos son los siguientes:

- a) Detectar, amplificar, discriminar y acumular el conteo de neutrones retardados provenientes de los 12 detectores BF₃.

- 5 -

b) Levantar y bajar los seis detectores en dos grupos de tres a una de las tres posiciones verticales: afuera, serpentina superior, serpentina inferior.

c) Abrir y cerrar las válvulas de solenoide en las líneas de retorno del muestreo. Remitirse a la Figura 1 de 63105.

3.4.2 Circuito Detector BF₃

Los detectores que se utilizan en este sistema son detectores de neutrones BF₃ de alta sensibilidad enriquecidos con B-10. La reacción nuclear que se produce en el detector es la siguiente:



El pulso de salida está generado por la capacidad de ionización de la partícula α . El detector es relativamente insensible a la radiación γ (gamma) debido a los efectos menores de ionización de los γ con respecto a las partículas α . Para polarizar el detector se requiere una alta tensión de aproximadamente 2500V.

Los isótopos emisores de neutrones retardados indicativos de un elemento combustible defectuoso son: I-137 con una vida media de 22,3 segundos y Br-87, con una vida media de 55,6 seg. La energía de estos isótopos es .46 Mev y .25 Mev, respectivamente. Para que estos isótopos reaccionen con el isótopo B-10 del detector, los neutrones deben ser termalizados o moderados, es decir, se debe reducir su nivel de energía a .025eV.

Los otros dos isótopos emisores de neutrones que están siempre presentes en el sistema de TC son los N-16 y N-17. Sin embargo, debido a su vida media de 7.13 seg y 4,14 seg respectivamente, su efecto en la cuenta total se ve reducido drásticamente.

- 6 -

Circuito Detector Simple

La Figura 3, muestra un circuito detector simple típico. La salida del pulso del detector BF_3 va a un preamplificador sensible a las cargas, montado íntegramente dentro del conjunto detector a fin de mantener el largo del cableado y por ende de la captación de ruido a un mínimo.

Los pulsos de salida del preamplificador se alimentan entonces a un módulo amplificador/discriminador lineal de función dual (en la sala R-307). El amplificador también es regulable, para que suministre al discriminador una amplitud de pulso de nivel suficiente para que permita la máxima resolución del ajuste del nivel del discriminador, a fin de poder rechazar el ruido de fondo y los impulsos de baja energía con mayor facilidad. Los impulsos de salida se alimentan, a continuación, a un escalímetro que acumula las cuentas de un período determinado previamente, tal como lo determine el módulo común contador temporizador. El discriminador también es capaz de alimentar un contador de recuento lineal/logarítmico para una exhibición analógica del régimen de recuento. La señal analógica también está disponible para un registrador de cinta para obtener un registro impreso del régimen de recuento de un canal en particular. Al final del período de conteo la cantidad de impulsos acumulada en el escalímetro se transfiere a la calculadora programable, vía el contador/temporizador, para computar la relación del régimen de recuento con respecto al promedio del régimen de recuento de las once ubicaciones de exploración restantes.

Control General de los Detectores

La exploración de un circuito determinado del SPTC se lleva a cabo con los dos carros que hacen que los 12 escalímetros acumulen cuentas simultáneamente. Las órdenes a los escalímetros provienen de la calculadora programable. Al final del período de conteo, se transfiere el recuento acumulado, de a un escalímetro y se reanuda la cuenta simultáneamente cuando los detectores han sido posicionados para una nueva ubicación de muestreo. Este proceso de puesta en marcha, lectura y reposicionamiento de los escalímetros se repite 16 veces para exploración completa del circuito del SPTC bajo control de la calculadora programable.

3.4.3 Calculadora Programable

La calculadora programable junto con su "hardware" asociado tiene la función de efectuar el control automático de los accionamientos del carro/detector para una exploración de circuito que incluye obtención de datos, cálculos y salidas y control parcial del carro en el modo manual. Un programa almacenado asegura que todas las funciones descriptas con anterioridad se ejecuten en la secuencia debida.

3.4.4 Accionamiento del Carro

El carro se desplaza a lo largo de un riel horizontal por la acción de un motor de velocidad gradual en un circuito abierto, es decir, no se usa realimentación de la posición para parar el carro cuando se alcanza la posición deseada. Remitirse a la Figura 4 de 63105, donde se observa un diagrama de bloques del control del motor de velocidad gradual. La exactitud del posicionamiento sin realimentación de la posición sólo es posible utilizando las características únicas de un motor de velocidad gradual. Como su nombre lo indica, el motor de velocidad gradual gira a incrementos iguales ó pasos para un número dado de pulsos de potencia. Por ejemplo: Para ubicar el carro desde la posición N°1 a la posición N°2 es necesario alimentar el número correcto de pulsos al motor, lo que equivale a la distancia a ser recorrida dividida por la resolución (distancia/intervalo) del motor de velocidad gradual.

- 8 -

La realimentación de la posición del movimiento del carro se exhibe en el panel del operador en unidades de ingeniería derivada de un Codificador de Eje BCD absoluto.

4.0 PRINCIPIOS DE OPERACION

4.1 Modos de Operación

El sistema puede ser operado de cualquiera de los siguientes modos:

1) Modo Automático

En el modo automático el accionamiento del carro, el posicionamiento del detector, el perno de bloqueo y la operación de la válvula se hallan bajo control del programa almacenado en la Calculadora Programable. La elección del detector y la duración del conteo son elegidos por el operador antes del comienzo de la exploración. Ambas salas pueden ser exploradas simultáneamente. El control de los escalímetros y el contador/temporizador están también bajo el mismo control por programa. Al término de la exploración de doce serpentinas de muestreo (6 en cada sala) se genera un impreso en página. Esto significa que se generan 16 páginas de impreso para cada rastreo completo de circuito.

2) Modo Manual

La operación manual del carro, los detectores y las válvulas puede ser controlada desde el panel del operador y desde el Controlador del Motor de velocidad gradual en la sala R-307. Desde este panel de mando, se puede operar un solo sistema de carro/detector a la vez.

Solo se puede elegir un canal detector para monitorear una serpentina de muestreo determinada, razón por la cual el escalímetro ciego, el contador/temporizador y el Medidor de Recuento Lin/Log están también bajo control del operador.

- 9 -

4.2 Operación Normal

El combustible defectuoso en un circuito en particular es indicado en primer lugar por el "Sistema de Monitoraje de Alta Actividad" 63103. La localización del canal exacto se efectúa explorando el circuito afectado en el modo automático. Un canal de combustible con una relación de conteo >1.3 NR (Neutrones Retardados), comparada con un grupo de 12 estaciones de exploración (1 a 12 detectores) es indicativo de una falla de elemento combustible.

Una vez que se ha identificado el canal de combustible, el sistema de control en el modo manual explorará el canal sospechoso mientras que se produce el retiro de los elementos combustibles con las M/R hasta que el elemento defectuoso ha sido retirado. Esta remoción está indicada en el contador/temporizador y/o en el medidor de recuento lin/log por medio de un retorno a la normalidad del conteo del canal.

4.3 Exploración simulada

Periódicamente se efectúan exploraciones simuladas, sin flujo a través de las bobinas de muestreo, es decir, las válvulas de retorno comunes no se abren para establecer el conteo de fondo (background) del conjunto serpentina/tanque. Con el objeto de aumentar la resolución del sistema de conteo, este ruido de fondo se deduce del conteo normal que efectúa el explorador de canales.

5.0 CUESTIONARIO DE REVISION

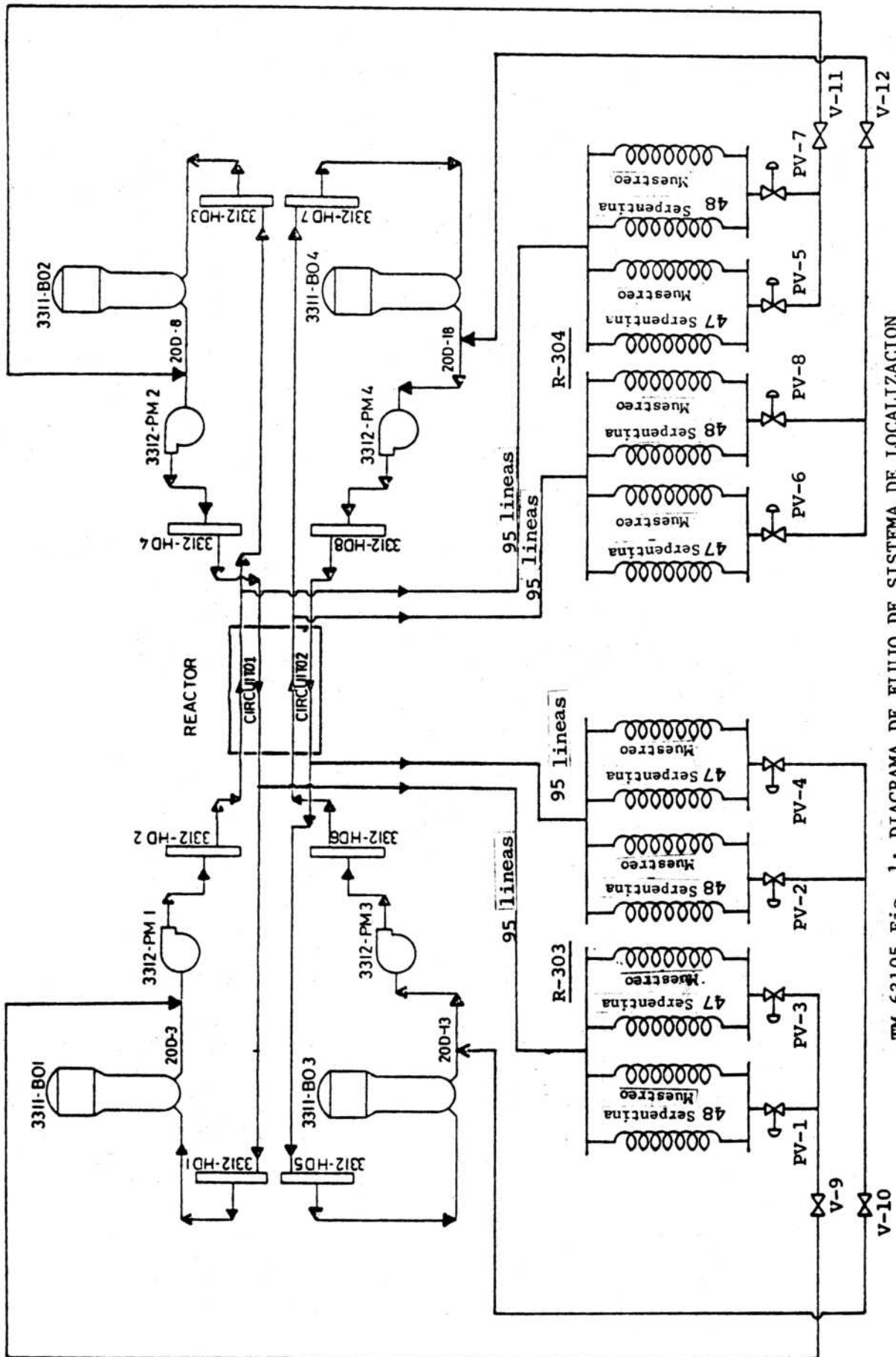
- 1) Nombrar los isótopos de neutrones retardados indicativos de una falla en el elemento combustible.
- 2) De qué manera se indica en primer lugar una falla de elemento combustible ?
- 3) Qué función cumple la Calculadora Programable ?

- 10 -

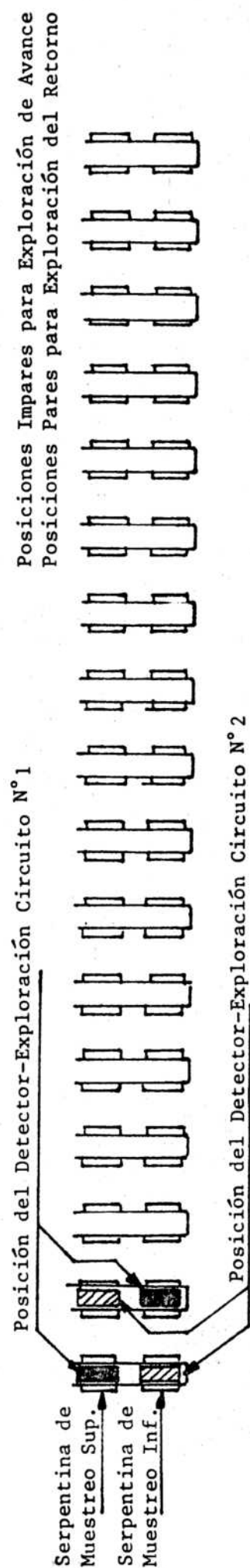
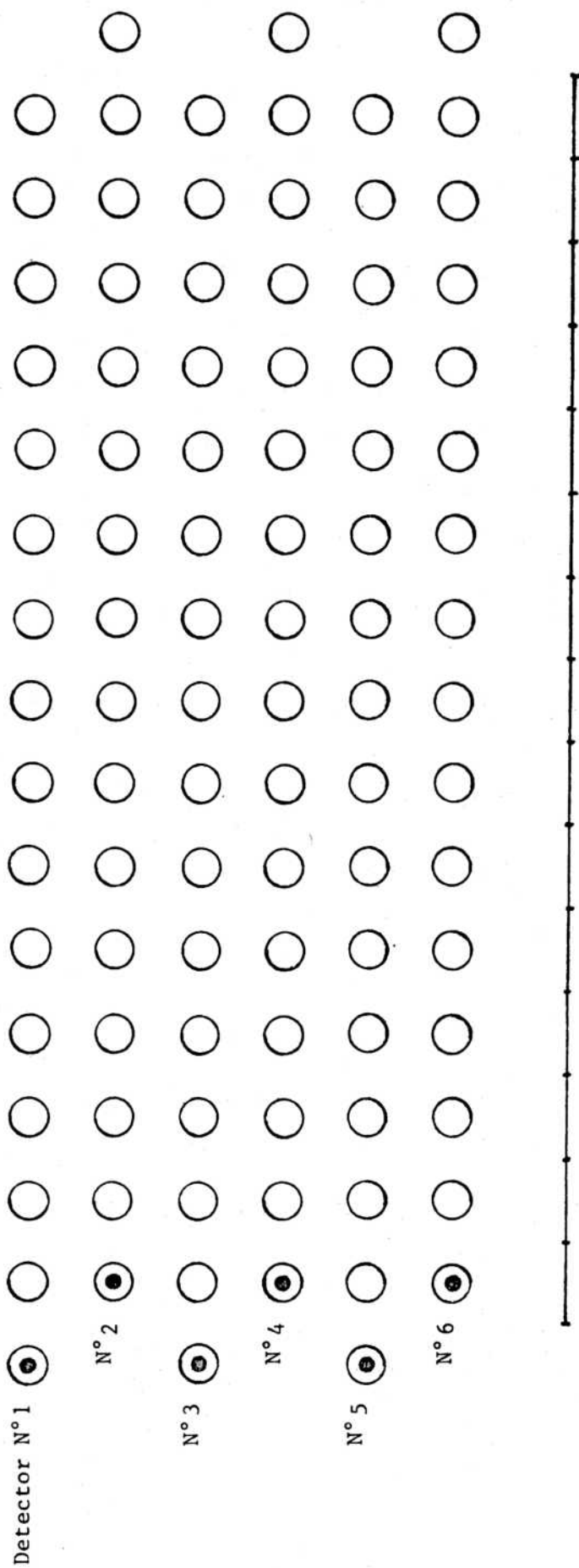
- 4) Enumerar las válvulas solenoides que deben abrirse para explorar
a) el circuito 1 y b) el circuito 2.
- 5) Cuáles son los cambios que deben experimentar los neutrones retardados antes
de ser contados y cómo se hace ésto ?

6.0 REFERENCIAS

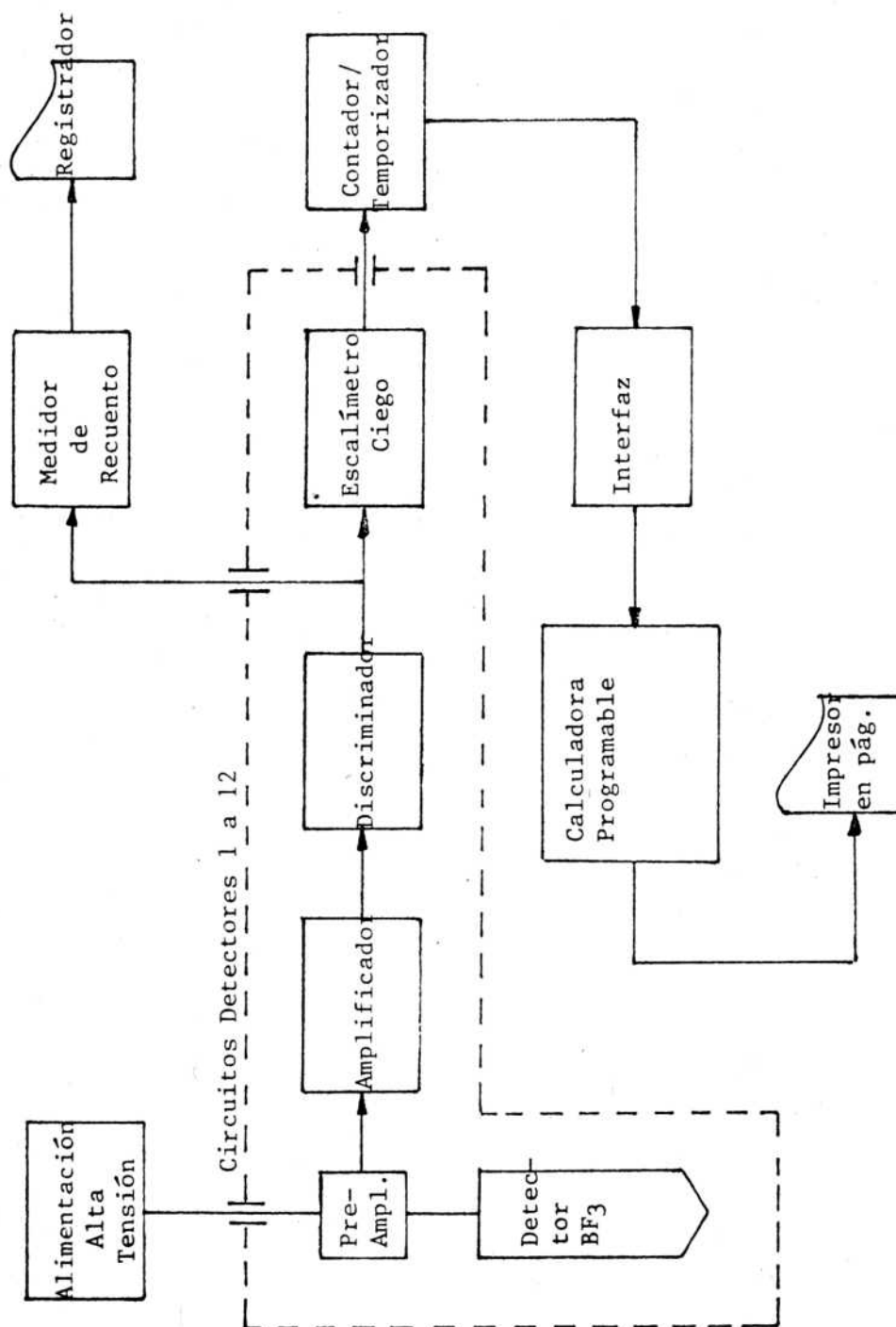
Descripción de Diseño	DD66-63105
Especificación Técnica	TS66-63105
Diagrama de Flujo	1666-63105-003-01-FS-E
Diagrama de Flujo	1666-63105-003-02-FS-E



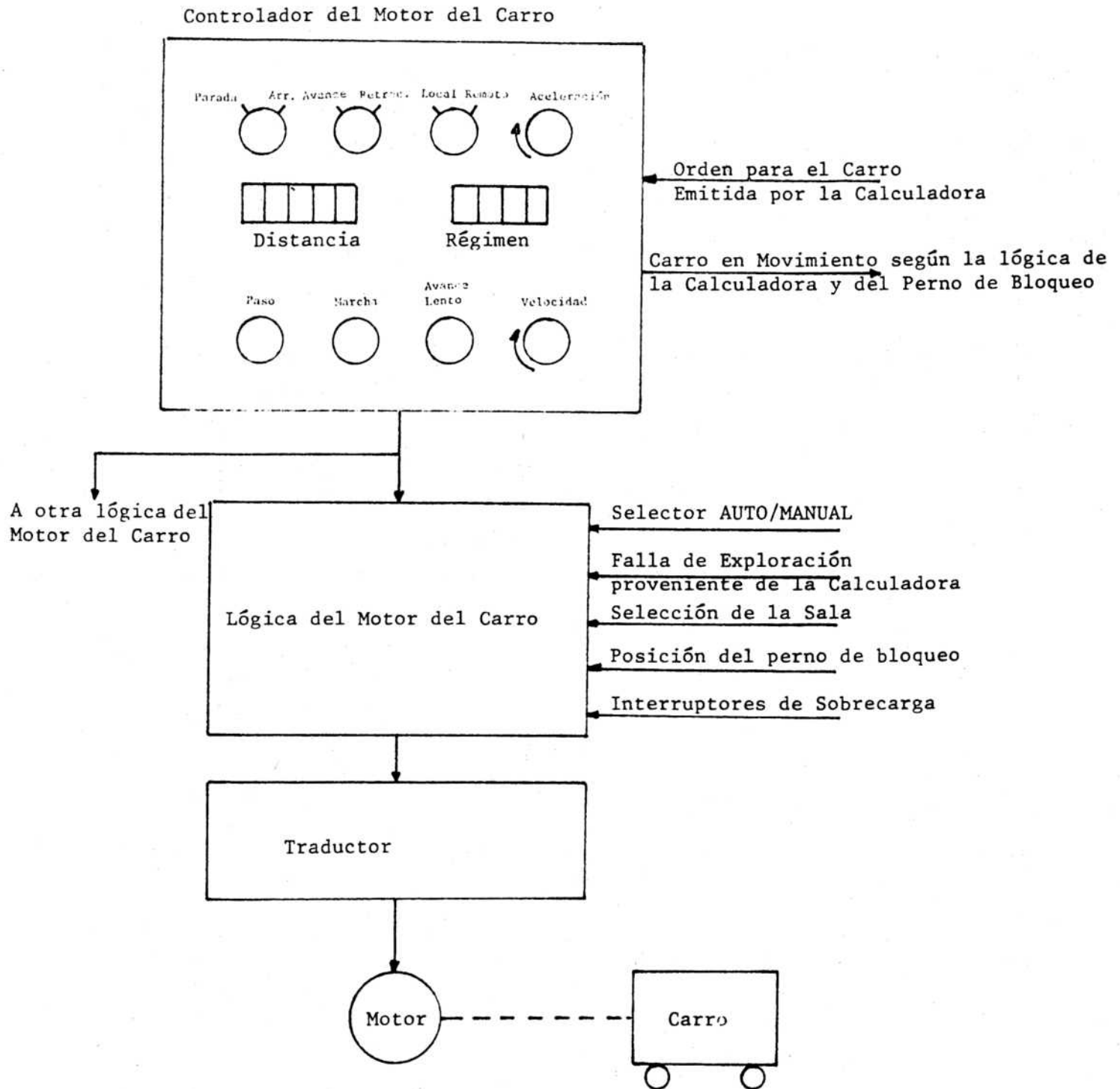
TM-63105 Fig. 1: DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA DE LOCALIZACION DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DEFECTUOSOS.



TM-63105 Fig. 2: DISPOSICION DE LAS SERPENTINAS DE MUESTREO EN LOS TANQUES DEL MODERADOR.



TM-63105 Fig. 3: CIRCUITO DETECTOR SIMPLE TÍPICO DE NEUTRONES
EN LOS TANQUES DEL MODERADOR.



TM-63105 Fig. 4: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MOTOR DE VELOCIDAD
GRADUAL DE ACCIONAMIENTO DEL CARRO.