

5
CNEA/AC- 5/81

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

08.80.
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

NIVEL 2

TM-34980 - SISTEMA DE GAS ANULAR

Córdoba - Argentina

1 9 8 0

MANUAL DE CAPACITACION PARA CENTRAL NUCLEAR DE 600 MWe

Nivel 2

34980 Sistema de Gas Anular

Indice

- 1.0 INTRODUCCION
- 2.0 OBJETO
 - 2.1. Otras consideraciones y requerimientos
- 3.0. DESCRIPCION DEL SISTEMA
 - 3.1. Descripción del Proceso
 - 3.2. Equipos Principales
 - 3.3. Ubicación
 - 3.4. Instrumentación y Control
- 4.0. PRINCIPIOS OPERATIVOS
 - 4.1. Estado Estático
 - 4.2. Purgado
 - 4.3. Operación Anormal
- 5.0. CUESTIONARIO DE REVISION - NIVEL 2
- 6.0. REFERENCIAS

MANUAL DE CAPACITACION PARA CENTRAL NUCLEAR DE 600 MWeNivel 234980 Sistema de Gas Anular1.0 INTRODUCCION

Cada canal de combustible del reactor contiene dos tubos concéntricos. El tubo exterior es el tubo de calandria que está rodeado por D_2O moderador. El tubo interior es el tubo de presión, que es el que contiene el combustible y D_2O del sistema primario de transporte de calor (ver Figura 1, Items 9 y 10). El espacio anular entre estos dos tubos está lleno de gas; el sistema relacionado con este gas se llama Sistema de Gas Anular.

2.0. OBJETO

El objeto del Sistema de Gas Anular es:

- 1) Proveer una barrera térmica entre los tubos de presión y los de la calandria con el fin de minimizar la transferencia de calor del sistema primario de transporte de calor al sistema moderador.
- 2) Proveer un método para detectar y ubicar fugas en los tubos de presión con un mínimo de exposición del personal a la radiación.
- 3) Proveer una atmósfera de gas seco para reducir al mínimo la corrosión de los componentes del canal de combustible.

2.1. Otras Consideraciones y Requerimientos

El sistema de Gas Anular es un sistema estático, estando la mayor parte del gas expuesto a elevada irradiación y normalmente sólo requiere que se regule la presión. El gas utilizado es dióxido de carbono de grado extra seco y elevada pureza. Se ha preferido el CO_2 al N_2 para reducir el riesgo de corrosión si hubiera humedad presente. Además, el contenido de argón en el CO_2 es mucho más bajo que en el N_2 . El contenido de argón debe reducirse al mínimo, porque con la irradiación el argón se convierte en isótopo Ar-41 radiactivo, produciendo un considerable aumento en los campos de radiación. Debe mantenerse elevada la pureza del gas para evitar la formación de productos de corrosión, los que a su vez aumentarían los campos de radiación en torno a los componentes del Sistema de Gas Anular.

Para detectar fugas hacia el espacio anular se mide el punto de rocío del gas, a los efectos de determinar su contenido de humedad. Para esto se purga el sistema a intervalos predeterminados y se mide la humedad que tiene el gas en la salida, tomando muestras.

Con el fin de poder cumplir los objetivos mencionados, el sistema de gas anular deberá proporcionar lo siguiente:

- i) Un suministro de CO_2 para los espacios anulares, a presión controlada;
- ii) Un medio de purgar el CO_2 del espacio anular y medir su contenido de humedad;
- iii) Un medio para drenar líquido del sistema en caso de producirse fugas;
- iv) Un medio de identificar cuáles son los tubos con pérdidas.

3.0. DESCRIPCION DEL SISTEMA

3.1. Descripción del Proceso

El reactor tiene 380 canales de combustible dispuestos en forma de reticulado. Cada canal se identifica por medio de una clave alfanumérica como se muestra en la Figura 2. Hay 22 filas horizontales y 22 columnas verticales, conteniendo cada columna de 6 a 22 canales, dependiendo esto de su ubicación. Para facilitar el drenaje en caso de producirse una fuga, los espacios anulares se conectan formando una disposición vertical. Para lograr un esquema óptimo de instalación, cada columna tiene dos conexiones de entrada a los espacios anulares de los dos canales superiores, con cada espacio anular conectado alternativamente en serie. Las líneas corren independientemente una de otra, como se muestra en las Figuras 3 y 4. Las dos conexiones de salida en la parte inferior de cada columna están conectadas a un indicador visual de fugas. Con dos líneas por columna y 22 columnas en total, hay 44 trayectos de flujo independientes pasando a través de los espacios anulares de los 380 canales. Cada trayecto de flujo está provisto con un medidor de caudal o caudalímetro del tipo rotámetro con una válvula de aguja integral para ajustar el caudal, ubicada en el lado entrada. El ajuste y la medición del caudal del lado entrada es necesario para compensar la variación de la resistencia en los 44 trayectos de flujo, de modo que durante un purgado el volumen de gas en cada trayecto de flujo resulta desplazado aproximadamente a la misma velocidad en todos los espacios anulares comprendidos en la medición del contenido de humedad. Un caudal bajo o caudal cero indicado en uno de los medidores de caudal durante el purgado indicaría que está bloqueado el trayecto del flujo.

Los 44 caudalímetros están dispuestos en 4 bancos de 11 cada uno y alimentados de un colector común. El CO_2 es provisto desde botellones. Para incrementar la confiabilidad del suministro, la estación de botellones ha sido repartida en 2 múltiples, conectado cada múltiple a 5 botellones de CO_2 . Un regulador de alta presión en cada múltiple reduce la presión del gas del cilindro a $0,9 \text{ kg/cm}^2$ y $1,0 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. Debido a los dos ajustes distintos, solamente el múltiple que tenga el ajuste más elevado será el que alimente al sistema.

Con baja presión en el botellón, se originará una alarma que iniciará el reemplazo del botellón, en cuyo momento el suministro se transfiere al múltiple de reserva. Aguas abajo del regulador de alta presión hay un regulador que reduce más aún la presión, produciéndose automáticamente el flujo de reposición de CO_2 en el caso de que la presión dentro del sistema caiga por debajo de la presión de suministro, que es de $0,14 \text{ kg/cm}^2$. En torno al regulador de la línea se ha provisto una línea de derivación (by pass) que contiene una válvula normalmente cerrada que se abre para dejar pasar el caudal más elevado que se requiere durante el purgado. También se ha provisto una conexión para muestreo del lado de suministro para permitir la verificación del punto de rocío del gas de suministro.

Las 44 salidas de los canales están tendidos en paralelo hacia dos indicadores visuales de pérdida de flujo. Los indicadores de fuga son potencialmente útiles para determinar la ubicación de tubos de presión o tubos de la calandria con fugas. También permiten una estimación aproximada del régimen de pérdida (10 a 20 gotas $\approx 1 \text{ ml}$). El agua de las pérdidas será recolectada en el extremo inferior de los indicadores de fugas. Abriendo una válvula se puede drenar el agua hacia el tanque de recolección de D_2O . Una línea de purga común de los dos indicadores de fugas se conecta mediante una cañería desde el recinto de la máquina de recambio lado C a la Sala R-007, donde se encuentra ubicado el analizador de punto de rocío, el medidor del caudal de purga y las válvulas relacionadas con ellos, antes de descargar a la atmósfera de la máquina de recambio lado C. Se ha provisto un intercambiador de calor enfriado por aire con objeto de enfriar el gas a 65° durante el purgado, con el objeto de evitar que se produzcan daños en el hormigón por recalentamiento en la penetración del recinto.

Se ha provisto una protección contra la sobrenpresión del sistema del lado entrada y salida. Las válvulas de alivio protegen contra aumentos de la presión debido a fallas del regulador y algún mal ajuste de la presión de suministro. En caso de producirse alguna falla importante en un tubo de presión, el tubo pequeño que se encuentra entre los espacios anulares de canales individuales, junto con la válvula de alivio que está de lado de la salida, limitarán posibles daños.

3.2. Equipo Principal

3.2.1. Indicadores de Pérdidas LK1 y LK2

Los indicadores de pérdidas son, esencialmente, tubos de sección rectangular de acero inoxidable con mirillas de vidrio en los dos lados verticales y dos filas escalonadas de 11 conexiones de tubo "swagelock" de conexión rápida por cada indicador a lo largo de la parte superior. Los indicadores están instalados en pendiente para facilitar el drenaje se ha provisto una conexión para drenaje en la parte inferior y una conexión para venteo en el extremo superior.

3.2.2. Intercambiador de Calor 3498-HX1

Se ha provisto un intercambiador de calor de enfriamiento por aire de circulación natural para enfriar el gas durante el purgado y evitar que se produzca daños en el hormigón como consecuencia del recalentamiento en la penetración del recinto.

3.2.3 Cañerías

Toda la cañería del sistema es de acero inoxidable. Las conexiones de los tubos entre espacios anulares son de 0,6 cm de diámetro, con un largo mínimo de 61 cm. Esta configuración limita el aumento de la presión en los espacios anulares de los canales adyacentes en caso de producirse una falla grande en un tubo de presión. En este último caso parte del D_2O se convertirá instantáneamente en vapor, lo cual, conjuntamente con la tubería pequeña, producirá una elevada caída de la presión.

3.2.4. Estación de Suministro de CO_2

Esta estación consiste en dos bancos de 5 cilindros o botellones cada uno. El gas deberá tener una pureza de 99,9 % y un punto de rocío de $-40^{\circ}C$

3.3. Ubicación

3.3.1. El intercambiador de calor 3498-HX1 está ubicado en el recinto de la máquina de recambio lado C, Sala R-107, y no es accesible durante la operación.

3.3.2. La válvula de alivio de salida 3498-RV16, la válvula de drenaje 3498-V15 y el caudalímetro de purga 63498-F-45 junto con la válvula 3498-V11 para ajuste del caudal de purga y la válvula de aislamiento 3498-V12, están ubicadas en la Sala R-007, siendo accesibles durante la operación.

3.3.3. Los indicadores de pérdida 3498-LK11 y LK12 están situados en el recinto de la máquina de recambio lado C, Sala R-107 y no son accesibles estando el reactor en funcionamiento.

3.3.4. La estación de suministro de CO₂ está ubicada en la Sala S-106.

3.3.5. Panel de Distribución - Lado de Suministro

La línea de suministro que sale de la estación de botellones de CO₂ va a un panel de distribución ubicado en la Sala R-008 del edificio del reactor. La válvula manual de aislamiento de la contención 3498-V1 está ubicada en la línea de suministro en la penetración ubicada del lado de afuera de la pared del edificio del reactor. El panel de distribución contiene los 44 caudalímetros con las válvulas de aguja integrales 63498-F-1 a F-44, 4 válvulas de aislamiento 3498-V25 a V28, la válvula de alivio de presión 3498-RV32, las válvulas de derivación y de muestreo 3498-V24, V30 y V31. La sala R-008 es accesible estando el reactor en funcionamiento.

3.4. Instrumentación y Control

Es preciso realizar las siguientes funciones:

- i) Monitorear la presión del sistema y activar la alarma, con presiones alta o baja, en la sala de control,
- ii) Monitorear la temperatura de la salida del intercambiador de calor; activar la alarma con alta temperatura.
- iii) Medir los caudales de reposición y de purga.
- iv) Activar la alarma en la sala de control con baja presión del cilindro de dióxido de carbono.

Circuitos de instrumental que son importantes en este sistema y sus funciones:

- 3498-T-47 Un "RTD" que monitorea la temperatura del gas purgado aguas abajo de 3498-HX1. El circuito suministra indicación local y una entrada analógica a la computadora, para exhibición. La computadora genera alarma de aire con temperatura alta.
- 63498-P-48 Una medición de la presión en la línea de purga. El circuito proporciona una indicación local y una entrada analógica a la computadora, para exhibición. La computadora genera alarmas cuando la presión es alta o es baja.

4.0. PRINCIPIOS OPERATIVOS

4.1. Estado Estático

El sistema de gas anular trabaja normalmente en estado estático, dependiendo la presión en el sistema de la temperatura del sistema primario de transporte de calor. La presión inicial con el refrigerante frío será de $0,14 \text{ kg/cm}^2$. La temperatura en los espacios anulares aumentará a medida que se pone en funcionamiento el reactor y que el sistema de transporte de calor alcanza su temperatura operativa de 312°C . Con la temperatura del sistema moderador controlada a 71°C , la temperatura promedio en los espacios anulares aumenta a 192°C . A medida que la temperatura aumenta, la presión del gas aumentará también hasta alrededor de $1,0 \text{ kg/cm}^2$. Esta presión se mantendrá durante el funcionamiento, salvo que se produzca alguna fuga en el sistema. La estación de botellones de CO_2 repondrá automáticamente si la presión en el sistema cae por debajo de $0,14 \text{ kg/cm}^2$.

4.2. Purgado

Se requiere purgar para tomar muestra de humedad. El volumen total del sistema es de unos $11,0 \text{ m}^3$, de los cuales el 97% está contenido en los espacios anulares. El sistema debe ser purgado totalmente durante cada muestreo de humedad con un régimen de caudal de purga total de unos 7 N l/s . Con un volumen de $11,0 \text{ m}^3$ en el sistema y con un régimen de purga de 7 N l/s , el purgado insumirá de 20 a 30 minutos.

El muestreo del contenido de humedad debe realizarse una vez por turno durante la operación inicial. Una vez que el nivel de humedad permanece constante dentro de límites aceptables, se puede reducir la frecuencia de los muestreos.

4.3. Operación Anormal

4.3.1. Aumento del Nivel de la Humedad - Fugas

Para localizar la fuente de la fuga se hace pasar el flujo de purga por uno de los 4 bancos con 11 entradas, cerrando las válvulas correspondientes para aislar los otros 3 bancos. El muestreo de la humedad por intermedio de 3498-V15 bajo tales condiciones reducirá la ubicación de la pérdida a uno de los 4 bancos. En el banco que acusa una humedad elevada, se hace pasar el flujo de purga por cada uno de las 11 entradas de a una por vez cerrando las válvulas de salida del rotámetro de las otras 10 líneas. La línea que aparece indicando elevado contenido de humedad es la que incluye el canal con pérdidas. Esto reducirá la ubicación de 3 a 11 canales, dependiendo de la cantidad de canales que haya en la serie. Las medidas posteriores dependerán del grado de la pérdida. Puede ser posible controlar el nivel de humedad mediante un purgado más frecuente, o continuo, o puede llegar a ser necesario parar la unidad para identificar el origen de la pérdida.

5.0. CUESTIONARIO DE REVISION - NIVEL 2

- 1) Explicar el objeto del sistema de gas anular.
- 2) Hacer un esquema del sistema de gas anular indicando cuáles son los componentes principales y la función de cada uno de ellos. Indicar lo siguiente:
 - i) Temperatura del gas después del intercambiador de calor
 - ii) Ajustes de las válvulas reguladoras de la presión
 - iii) Caudal total de purga.
- 3) ¿Es indispensable sacar de servicio el sistema de gas anular cuando se para el reactor? En caso afirmativo, ¿Por qué?

- 4) Explicar el método empleado para tomar muestras de humedad.
- 5) Se recibe una alarma en la sala de control del transmisor 63498-P-48 que monitorea el sistema de presión. Indicar que se sospecha que está sucediendo y que medidas adoptaría:
 - i) Si la alarma indica que hay elevada presión en el sistema;
 - ii) Si la alarma indica que la presión es baja.
- 6) ¿En qué circunstancias aislaría Ud. los espacios anulares del suministro? ¿Que otra operación adicional se requiere? ¿Por qué razón?

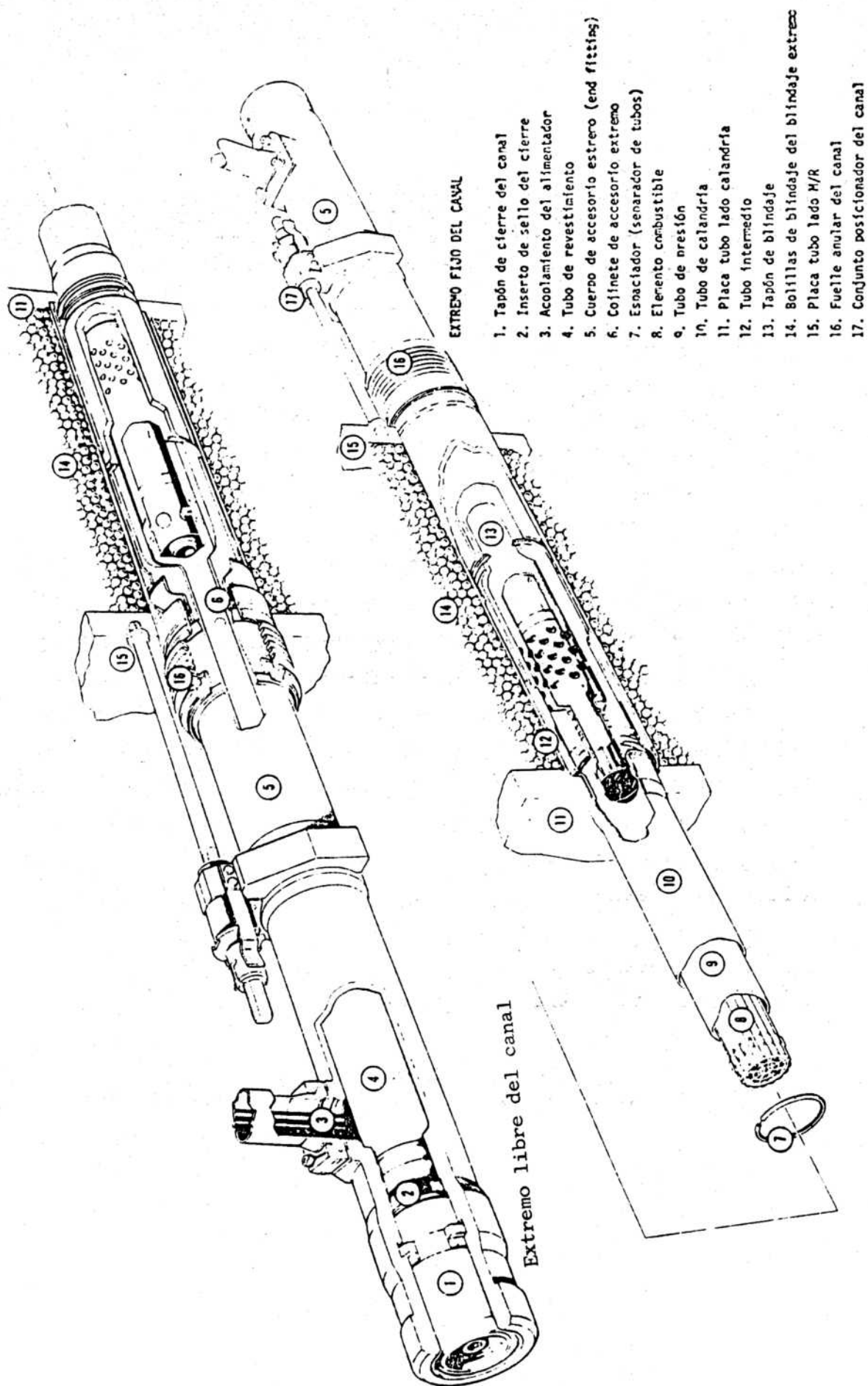
6.0. REFERENCIAS

Para obtener una información detallada acerca del equipo y su modo de operación y las respuestas al cuestionario de revisión, deberán estudiarse los siguientes documentos adicionales:

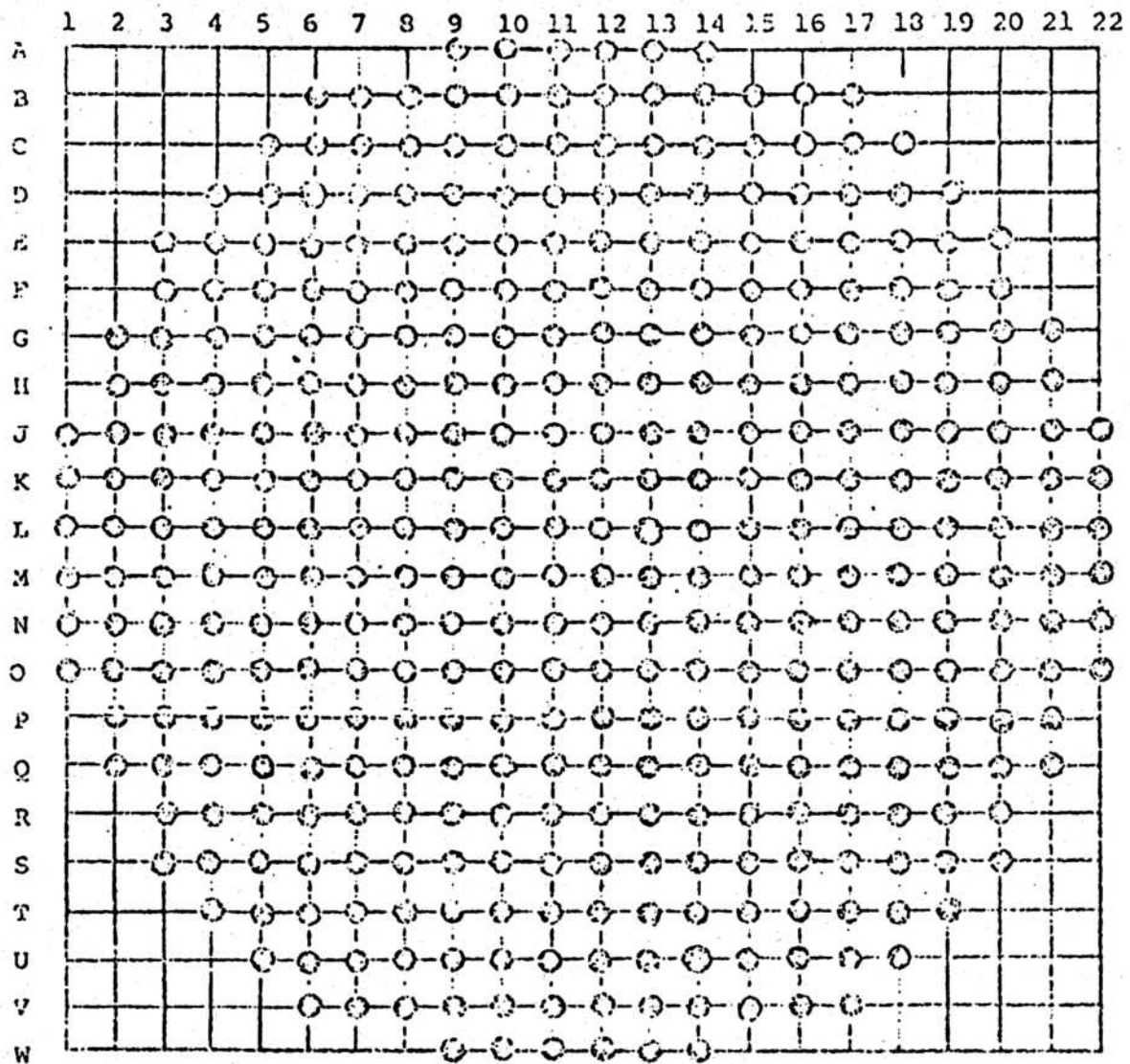
Diagrama de Flujo Operativo	18-34980-1-1-OF-E
Manual de Operación	OM-34980
Diagramas Elementales	18-63498-1-1-ED a
	18-34980/63498
Manual de Diseño	18-34980/63498

V.W. Stobie

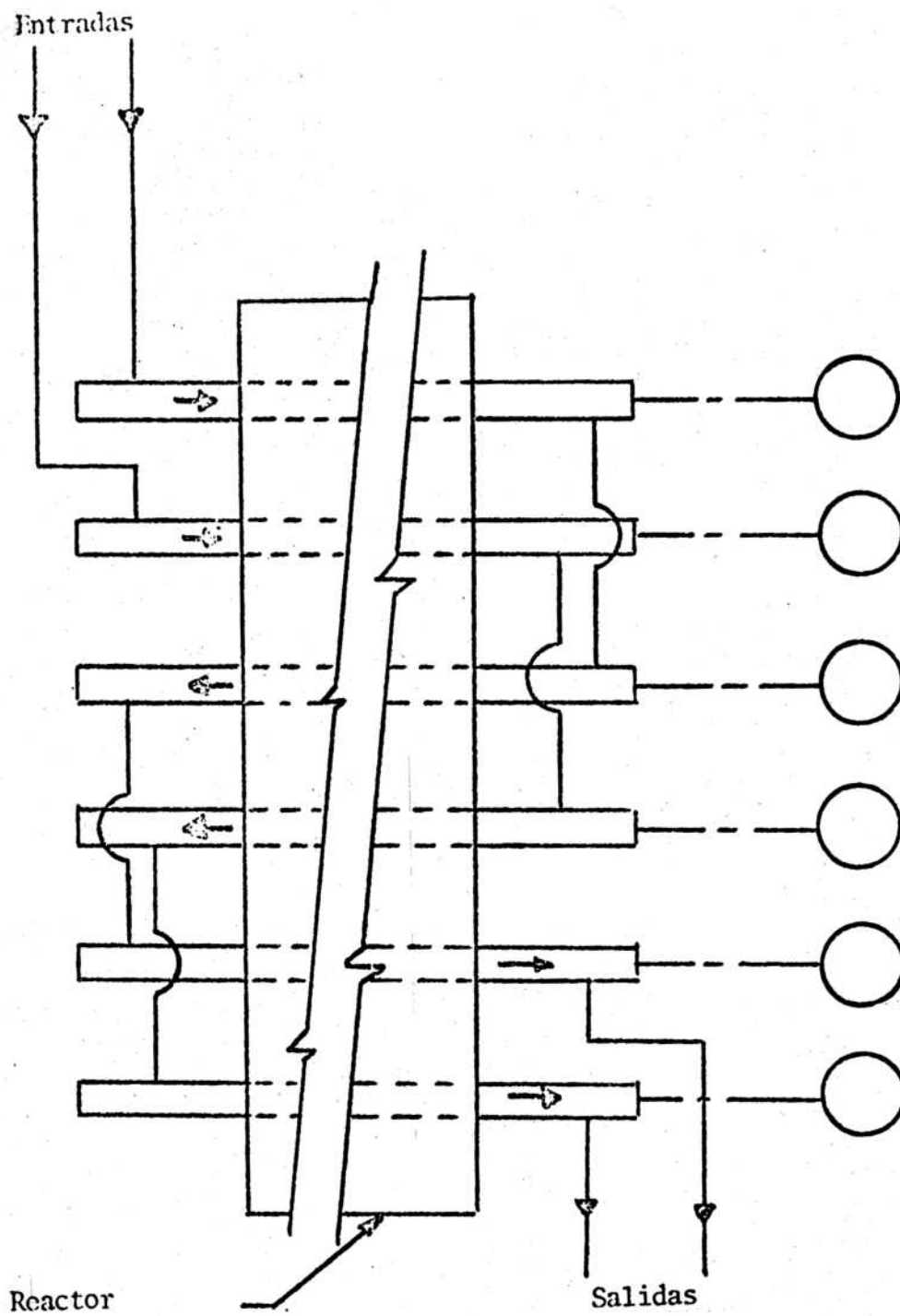
Noviembre 28, 1977



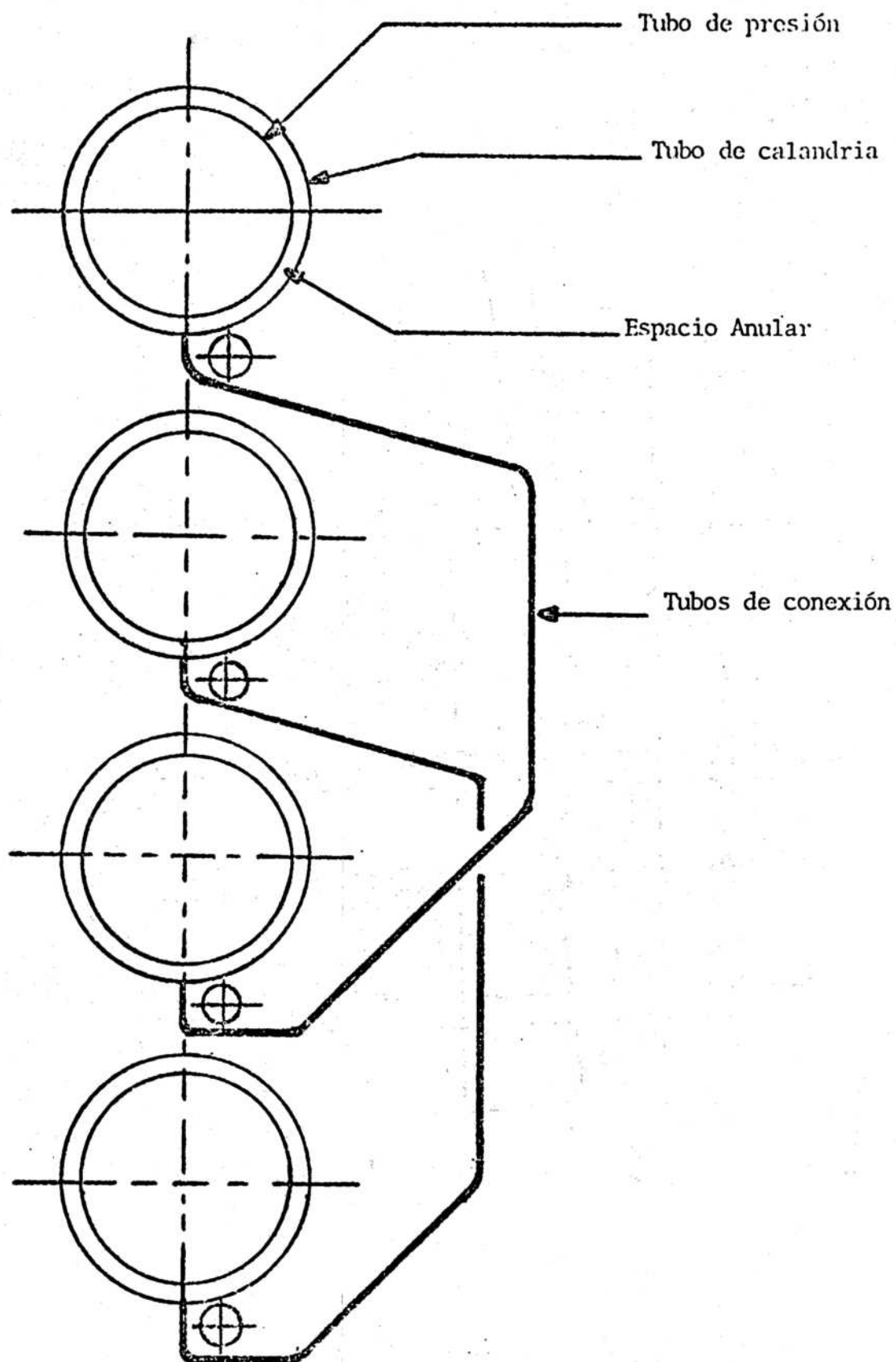
TM 34980 Figura 1: CONJUNTO CANAL DE COMBUSTIBLE



34980 Figura 2: Posiciones de los Canales de Combustible



34980 Figura 3: Cañería de Conexión del Sistema de Gas Anular -
Columna 1



34980 Figura 4: Conexiones entre espacios anulares