

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

" P I Z Z A "

Código para el análisis termomecánico de barras
combustibles tipo CNA

Céfiro Montenero (*)

Ugo V. Rocca (**)

(*) Departamento Combustibles Nucleares, CNEA.

(**) Laboratorio Technologie Ceramiche, CNEN.

DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES NUCLEARES
Buenos Aires - Argentina

1 9 7 6

Este código ha sido elaborado como parte de las acciones previstas en el Convenio de Cooperación técnica Argentino Italiano, para el período 1972-1975.

El hecho de contener numerosos modelos físicomatemáticos y una lógica computacional factible y necesaria de mejorar continuamente, hace que este trabajo constituya una síntesis del estado actual del Código.

Se están realizando estudios experimentales y teóricos, tanto en el Comitato per L'Energia Nucleare como en la Comisión Nacional de Energía Atómica, que permitirán optimizarlo en los aspectos antes mencionados.

Los autores han contado con la colaboración y apoyo de muchas personas para la realización de este trabajo, en especial de

Roberto CIRIMELLO, en la parte de criterios de diseño.

Elena MARENGO, en la lógica computacional.

Osvaldo SARACCO, en los modelos de conductividad del UO_2 .

Raúl OLEZZA, en los modelos de liberación de gases de fisión.

I N D I C E

1. INTRODUCCION	1
2. LISTA DE SUBROUTINAS	3
3. DESCRIPCION GENERAL DEL METODO DE CALCULO	4
4. DESCRIPCION DEL PROGRAMA PRINCIPAL	5
4.1. Cálculos preliminares y condiciones físico-geométricas iniciales de la barra combustible	5
4.2. Proceso iterativo de cálculo	5
5. CALCULO DEL RADIO CORRESPONDIENTE A UNA TEMPERATURA DADA DE LA PASTILLA (Subrutina CRIRS)	8
6. CALCULO DE LA TEMPERATURA CENTRAL DEL COMBUSTIBLE	9
7. CALCULO DE LA CONDUCTANCIA TERMICA EN EL ESPACIO COMBUSTIBLE- VAINA (Subrutina GAP)	11
8. CALCULO DE LA PRESION DE GASES DENTRO DE LA BARRA COMBUSTIBLE (Subrutina PGAFI)	13
9. PRODUCCION Y LIBERACION DE GASES DE FISION	14
9.1. Gases de fisión producidos	14
9.1.1. Determinación del volumen de UO ₂ considerado	14
9.1.2. Cálculo de q'''	15
9.1.3. Cálculo del volumen de gases de fisión producidos	15
9.2. Modelo de liberación de gases de fisión	16
9.3. Modelo de liberación de gases de fisión en función de las variaciones de potencia en el tiempo	17
10. CALCULO DE LA DILATACION TERMICA DE LA PASTILLA	19
11. CALCULO DE LAS TENSIONES Y DEFORMACIONES EN LA VAINA	21
11.1 Cálculo del desplazamiento, de las tensiones y deforma- ciones en la vaina	21
11.2. Proceso de cálculo	25
12. BIBLIOGRAFIA	26
APENDICE 1 - Lista de parámetros de entrada	28
APENDICE 2 - Tarjetas de datos de entrada	31
APENDICE 3 - Lista de parámetros de salida	32
APENDICE 4 - Listado y salida del código	

FIGURAS

- Figura 1.1 - Interrelación de variables en una barra combustible.
- Figura 1.2 - Distribuciones típicas de potencia en elementos combustibles.
- Figura 1.3 - Variación de potencia en función del tiempo.
- Figura 1.4 - Potencias medias en las divisiones axiales de una barra combustible.
- Figura 1.5 - Esquema en bloque del código "PIZZA".
- Figura 5.1 - Esquema del cálculo del radio correspondiente a una dada temperatura de la pastilla (Subrutina CRIRS)
- Figura 6.1 - Esquema de cálculo de la temperatura central del combustible (Subrutina CTCTS)
- Figura 9.1 - Esquema de cálculo de la producción y liberación de gases de fisión (Subrutina RILGF)

1. INTRODUCCION

El código "PIZZA" fue desarrollado para poder comprobar la variación de los parámetros físico-geométricos de barras combustibles tipo Atucha en condiciones de generación de potencia y como paso previo a la elaboración de un código de diseño de barras combustibles. La finalidad es acceder al dimensionamiento y especificación de elementos combustibles de potencia, para Reactores de Uranio natural-Agua pesada, como aporte al manejo de su tecnología.

Es imprescindible poseer códigos de este tipo por ser la única manera posible de resolver los problemas que se plantean en el diseño de barras combustibles debido a la complejidad e interrelación de los fenómenos involucrados durante el servicio (Fig.1.1).

Este código, a partir de los datos geométricos de la barra combustible (BC), las constantes físicas de los materiales que la conforman, la potencia específica de trabajo en función del tiempo (Fig.1.3) y las condiciones físicas del refrigerante, nos determina el comportamiento de la BC en servicio a través del tiempo de permanencia en el reactor. Los datos obtenidos son: la distribución de temperatura, la presión interna, la cantidad de gases de fisión producidos, las tensiones y deformaciones en la vaina y en la pastilla, el coeficiente de transferencia térmica pastilla-vaina, etc. (Ver apéndice 3).

Como la BC del Reactor de la Central Nuclear en Atucha (CNA) tiene aproximadamente seis metros de largo con una distribución axial de potencia similar a la que se muestra en la figura 1.2, a los fines del cálculo se divide dicha barra axialmente en longitudes tales que nos permiten considerar la potencia constante en cada una de esas divisiones sin cometer errores apreciables (Fig.1.4). Entonces se analiza y resuelve cada división en forma separada, se integra el conjunto buscando previamente la igualdad de la presión de gases de fisión y finalmente la convergencia de las temperaturas superficiales de la pastilla a lo largo de toda la BC.

El método de convergencia utilizado, prácticamente una convergencia lineal, no es del todo satisfactorio en muchos casos. Por esto se está elaborando un nuevo código, "DISE 1"(1), que resuelve simultáneamente la convergencia de todas las divisiones consideradas, tanto respecto de la presión interna de gases como de las temperaturas en la superficie de las pastillas. A su vez, en la versión actual se utiliza un modelo de plasticidad de la vaina muy elemental y no se considera creep. Estos fenómenos también serán introducidos en el código "DISE 1" a través de la subrutina "MEPLA"(2).

El código "PIZZA" realiza el análisis del comportamiento termomecánico de la barra en condiciones de funcionamiento normal. Es decir que no tiene en cuenta los transitorios y posibles accidentes que se puedan producir durante la permanencia del combustible en el reactor.

En la figura 1.5, se muestra un esquema en bloque del código y posteriormente se hace una breve descripción del mismo y de sus subrutinas más importantes.

Se adjunta el listado completo del código "PIZZA" y se incluye un ejemplo del uso del mismo para el caso de una barra Atucha en condiciones normales de funcionamiento.

2. LISTA DE SUBROUTINAS

SUBROUTINA	PARAMETROS QUE CALCULA
BESK	Función de Bessel modificada de orden 0 ó 1 (K_0 ó K_1)
BIOF	Función de Bessel modificada de orden 0 (I_0)
BI1F	Función de Bessel modificada de orden 1 (I_1)
CALX	Inversa de la longitud de difusión, conocido el factor de Robertson
CRIRS	Radio correspondiente a una temperatura dada del combustible
CTCTS	Temperatura central conocida la temperatura superficial del combustible
GAP	Conductancia térmica en el espacio combustible-vaina
PARTS	Convergencia de las temperaturas superficiales del combustible a lo largo de toda la barra
PGAFI	Presión de gases dentro de la barra y los correspondientes V/T
RPCA	Dilataciones axiales y radiales del combustible
SWEGB	Hinchado del combustible
TIDRA	Temperatura externa de la vaina
ZIRCA	Comportamiento termo-mecánico de la vaina

3. DESCRIPCION GENERAL DEL METODO DE CALCULO

A partir del conocimiento de todas las variables geométricas involucradas dentro del cálculo de una barra combustible y de las divisiones axiales consideradas, el código lee el tiempo de irradiación y la distribución axial de potencia correspondiente a dicho tiempo de irradiación. Con estos datos realiza los respectivos cálculos hasta obtener las variables de salida al comienzo de la irradiación (Tiempo: 0) y al final de la misma.

En el caso de que esta barra sea sometida durante otro lapso a otro nivel de potencia (Intercambio de combustibles) se leen los nuevos valores de tiempo y potencia y el código vuelve a calcular todos los parámetros al principio y al final de este nuevo tiempo de irradiación, pero teniendo en cuenta la historia previa de la barra en cuestión.

Es decir que suponiendo variaciones de potencia similares a las de la Fig.1.3, el código calcula todos los parámetros de salida en los puntos 1, 2, 3 y 4.

Estas variaciones de potencia tienen diferentes niveles para cada una de las divisiones axiales de la BC, aunque lógicamente el tiempo de irradiación es el mismo para toda la barra.

Los sucesivos tiempos de irradiación y los correspondientes niveles de potencia no tienen ningún tipo de limitación. La única limitación es que durante cada lapso considerado la potencia debe suponerse constante.

4. DESCRIPCION DEL PROGRAMA PRINCIPAL

En el programa principal se establece la lógica que interrelaciona todas las variables que se ponen en juego en el análisis del comportamiento de una barra combustible.

Su estructura es tal que el cálculo de casi todos los parámetros fundamentales en los que se introduce algún modelo particular de resolución, como ser la liberación de gases de fisión, dilatación de la pastilla, etc., se realiza en subrutinas con el fin de que si se desea modificar algunos de los modelos propuestos se lo pueda hacer sin variar sustancialmente dicho programa principal.

Aparte en el mismo se leen los datos de entrada y se escriben los de salida.

Por la forma de operar del programa principal, lo podemos dividir en dos partes netamente diferenciadas entre sí: los cálculos preliminares y las condiciones iniciales físico geométricas de la barra y el proceso iterativo de cálculo propiamente dicho que en última instancia nos llevará a la solución del problema propuesto.

4.1 Cálculos preliminares y condiciones físico-geométricas iniciales de la Barra Combustible

Una vez leídas todas las tarjetas, salvo las que nos dan la distribución de potencia axial de la barra y el tiempo de irradiación, se procede a calcular las constantes físico-geométricas que luego se usarán a lo largo del desarrollo del problema considerado y aquellas que definen las condiciones de la barra antes de ser irradiada, como ser: peso y volumen de la pastilla, volumen del dishing, largo activo de la barra, volumen libre total, número de moles iniciales, peso del combustible y de la barra, etc.

4.2 Proceso iterativo de cálculo

El núcleo del programa principal está constituido por el cálculo iterativo para la determinación de todos los parámetros necesarios para la evaluación de una barra combustible en condiciones de servicio activo. Las variables que se toman como referencia a los fines de la convergencia por aproximaciones sucesivas son: la presión de gases de fisión en primera instancia y finalmente

las temperaturas superficiales de la pastilla en cada una de las divisiones axiales consideradas (Fig.1.5).

Entonces, una vez calculadas las variables que permanecerán constantes a lo largo de todo el cálculo, independientemente de los tiempos de irradiación y de las potencias correspondientes, el código lee estas dos últimas variables y compara el valor de la potencia anterior con el nuevo para determinar si debe calcular o no liberación de gases de fisión (Ver 9.3).

Luego determina si le fué dada la temperatura exterior de vaina (TGE), en caso negativo la calcula. Generalmente para nuestro trabajo la temperatura exterior de vaina entra como dato; pues su valor viene dado por los grupos de Termohidráulica del Núcleo los que poseen códigos mucho más elaborados que la subrutina TIDRA.

Una vez determinada la temperatura exterior de vaina, el código procede a calcular la temperatura interior de la misma a partir de:

$$\frac{W + WG}{2\pi} \ln \frac{RGE}{RGI} = \int_{TGE}^{TGI} K(T) dT \quad (4.1)$$

De donde conociendo la variación de la conductividad térmica de la vaina con la temperatura ($K(T)$), se puede resolver la 4.1 y obtener la temperatura interior de la vaina (TGI).

Esta temperatura habría que modificarla en las sucesivas iteraciones pues cambian los radios interior y exterior (RGI y RGE respectivamente), pero no se hace pues la influencia de esta variación sobre la temperatura interior de la vaina es despreciable.

Se toma ahora un valor tentativo de la conductividad del gap y con esto se obtiene una temperatura superficial de pastilla comenzándose el proceso iterativo propiamente dicho, pues a partir de este valor supuesto de temperatura superficial se calcula la distribución de temperatura y la temperatura central y con esto la dilatación de la pastilla. Una vez conocidos estos datos se calculan las modificaciones que se producen en la vaina por la dilatación de la pastilla y las variaciones de la presión interna de gases. De aquí se obtienen los radios dilatados de la vaina y las correspondientes tensiones y deformaciones.

Se puede calcular ahora con mayor exactitud, la conductividad del gap y obtener una nueva temperatura superficial de pastilla. Este valor se compara con el anterior y en caso de no coincidir, se lo modifica convenientemente y

se vuelve a recalcular todo hasta llegar a que converjan las temperaturas superficiales a lo largo de toda la barra.

5. CALCULO DEL RADIO CORRESPONDIENTE A UNA DADA TEMPERATURA DE LA PASTILLA (subrutina CRIRS)

Dado un valor cualquiera de temperatura (T) comprendido entre la temperatura superficial (TS) y la central (TC) del combustible, la subrutina CRIRS calcula el valor del radio correspondiente a esa dada temperatura.

Para ello partimos de la integral de conductividad

$$I = \frac{W}{4\pi} \cdot F(R, r) + \frac{W}{4\pi} \frac{R - r^2}{R^2} \quad (5.1)$$

donde $F(R, r)$ es el factor de Robertson que tiene en cuenta la depresión del flujo neutrónico en el combustible.

A su vez si se expresa la conductividad térmica del óxido ($K(T)$) de la forma:

$$K(T) = \frac{1}{B + CT} + D \cdot T^3 \quad (5.2)$$

El primer término de la 5.1 quedaría:

$$\int_{TS}^T K(T) dT = \frac{1}{C} \ln \frac{B + C \cdot T}{B + C \cdot TS} + \frac{D}{4} (T^4 - TS^4) \quad (5.3)$$

Igualando ahora 5.1 con 5.3 se obtiene el valor de r por aproximaciones sucesivas tal como se muestra en el esquema de la figura 5.1.

6. CALCULO DE LA TEMPERATURA CENTRAL DEL COMBUSTIBLE

La ecuación de Fourier para la transferencia térmica en una geometría cilíndrica es:

$$\frac{q(r)}{2\pi r} = -k \frac{dT}{dr} \quad (6.1)$$

en la cual $q(r)$ es el calor generado en un cilindro de altura unitaria y radio r .

A partir de esta ecuación se obtiene la integral de conductividad del combustible en función de la potencia específica y que viene dada por Robertson (3) para los diferentes casos que se pueden presentar: de los cuales nosotros analizaremos los que siguen:

- a) Pastilla con baja depresión de flujo (longitud de difusión L grande respecto al radio R)

$$CRORS = \int_{T_s}^{T_c} K(T) dt = \frac{W}{4\pi} \frac{I_0(xR) - 1}{1/2 x.R I_1(xR)} \quad (6.2)$$

- b) Pastilla con agujero central

$$CRORS = \frac{W}{4\pi} \frac{I_0(xR) - I_0(xr_c) - I_1(xr_c) \cdot x \cdot r_c \ln \frac{R}{r_c}}{1/2 [x.R I_1(xR) - x r_c \cdot I_1(xr_c)]} \quad (6.3)$$

en la cual r_c es el radio del agujero central y R el radio de la pastilla. Para $r_c = 0$, la 6.3 coincide con la 6.2.

A su vez para los casos tratados se tiene en cuenta la componente de la potencia gamma generada en el combustible sumándole a CRORS la cantidad $WG/4\pi$, pues se supone despreciable la depresión de flujo gamma en el combustible.

Se calcula también la integral de conductividad entre la temperatura superficial y la temperatura de fusión del óxido

$$CTFTS = \int_{T_s}^{T_F} K(T) dT = \frac{1}{C} \ln \frac{B + C \cdot T_F}{B + C \cdot T_S} + \frac{D}{4} (T_F^4 - T_S^4) \quad (6.4)$$

y este valor se confronta con el de CRORS pudiéndose producir los siguientes casos:

- I) CTFTS < CRORS, entonces TC = TF, por lo tanto el código da directamente la temperatura de fusión del óxido como la temperatura central y calcula el radio para el cual comienza a producirse la fusión en la pastilla por medio de la subrutina CRIRS.
- II) CTFTS = CRORS, entonces directamente la TC = TF.
- III) CTFTS > CRORS, entonces TC < TF, por tanto el código en este caso debe calcular el valor de la temperatura central, cosa que hace mediante la subrutina CTCTS.

Este último es el caso más normal en el comportamiento de las BC en las cuales el valor de la temperatura central del combustible es inferior a la correspondiente temperatura de fusión.

La subrutina CTCTS calcula el valor de TC conocido TS y CRORS de acuerdo al esquema de cálculo mostrado en la figura 6.1, donde

$$CTOTS = \int_{TS}^T K(T) dT = \frac{1}{C} \ln \frac{B + C \cdot T}{B + C \cdot TS} + \frac{D}{4} (T^4 - TS^4) \quad (6.5)$$

y el T final es la temperatura central del combustible buscada.

7. CALCULO DE LA CONDUCTANCIA TERMICA EN EL ESPACIO COMBUSTIBLE VAINA (Subrutina GAP)

A partir del conocimiento de los radios dilatados y de la temperatura interior de la vaina, del radiodilatado de la pastilla, de la presión de contacto pastilla-vaina en el caso que la hubiera y de la supuesta temperatura superficial de la pastilla, la subrutina GAP calcula la conductancia térmica pastilla-vaina a fin de obtener un nuevo valor de la temperatura superficial más aproximado que el anterior.

Para ello aplica algún modelo como por ejemplo el desarrollado por Ross y Stoute(5) a partir de los resultados obtenidos anteriormente por Cetinkale y Fishenden(4) que da para la conductividad del gap la siguiente fórmula:

$$HGAP = \frac{K_m \cdot P}{a_o \cdot R^{1/2} \cdot H} + \frac{K_g}{c(R_1 + R_2) + (g_1 + g_2)} \quad (7.1)$$

En la cual el primer término representa el intercambio de calor debido al contacto pastilla-vaina y el segundo el intercambio de calor a través del gas que llena el espacio entre pastilla-vaina.

Los símbolos tienen el siguiente significado:

$$K_m = 2 \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2} \quad \text{Donde } K_1 \text{ y } K_2 \text{ son las conductancias térmicas de los dos materiales en contacto.}$$

P : Presión de contacto entre las superficies

a_o : Coeficiente empírico comprendido entre 0,5 y 1.

$$R^{1/2} = \left| \frac{R_1^2 + R_2^2}{2} \right|^{1/4} \quad \text{en la cual } R_1 \text{ y } R_2 \text{ son las rugosidades de las dos superficies.}$$

H : Dureza Meyer del material más duro de los dos en contacto

K_g : Conductividad térmica del gas dentro de la barra (Se modifica con la liberación de gases de fisión)

c : coeficiente empírico igual a 2,5

$g_1 + g_2$: factores de acomodamiento del gas

Otro modelo empleado por la subrutina es la modificación propuesta al anterior por Kjarheim y Rolstad(6), quienes dan la siguiente fórmula:

$$H \text{ GAP} = \frac{K_m (P + \Delta P)}{a_o R^{1/2} H} + \frac{K_g}{c (R_1 + R_2) + (g_1 + g_2)} \quad (7.2)$$

la que incluye una corrección sobre la presión de contacto, pues considera que cuando dicha presión es nula hay una cierta cantidad de puntos de contacto entre la vaina y combustible que aportan a la conductividad del gap.

El código también incluye una modificación a estos modelos, introducida por investigadores del Laboratorio de Tecnología de Cerámicos del CNEN(7), basada en múltiples experiencias de irradiación.

Estos y otros modelos están siendo analizados en la actualidad pues dan buenos resultados y bastante coincidentes en los casos en que exista presión de contacto pastilla-vaina, pero en los casos de presiones de contacto bajas o nulas se producen divergencias.

Como este último caso es el correspondiente a las barras combustibles tipo Atucha o MZFR, se está en la actualidad desarrollando, en base a nuestra experiencia, modelos propios de transferencia térmica combustible-vaina.

Este dato es de fundamental importancia pues define la temperatura superficial de la pastilla que, junto con la conductividad térmica del óxido determinan la distribución de temperatura en el combustible; que como ya vimos es el fenómeno que regula prácticamente todo el comportamiento de la barra en condiciones de servicio.

La temperatura en la superficie de la pastilla (TS), se calcula suponiendo al gap como un tubo de paredes delgadas, así entonces:

$$TS = TGI + \frac{W + WG}{2\pi \cdot RGI \cdot H \text{ GAP}}$$

8. CALCULO DE LA PRESION DE GASES DENTRO DE
LA BARRA COMBUSTIBLE
(Subrutina PGAFI)

La presión de gases dentro de la barra se determina calculando primeramente todos los volúmenes libres dentro de la barra y las temperaturas correspondientes a dichos volúmenes. Una vez conocidos estos parámetros se determina directamente la presión por la ley de los gases ideales.

El único modelo que se introduce es que la zona de la pastilla que está por arriba de 1600°C se supone que fluye hacia el dishing y por tanto el volumen de dishing delimitado por el radio correspondiente a esa temperatura se lo considera nulo a los efectos de alojar gases⁽⁸⁾.

9. PRODUCCION Y LIBERACION DE GASES DE FISION

La producción y liberación de gases de fisión se calcula en la subrutina RILGF y por tanto la misma la podemos suponer dividida en dos partes netamente diferenciadas. Primeramente se calcula la producción de gases de fisión que se hace una sola vez para cada rampa de potencia y posteriormente en base a la cantidad de gas producido y por aplicación de algún modelo de liberación se procede a determinar esta liberación. Esta última parte es recalculada en cada iteración en el proceso de convergencia. En la figura 9.1 puede verse un diagrama de esta subrutina.

A continuación se explicita la forma en que se encaró el cálculo de los gases de fisión producidos y el modelo de liberación considerado.

9.1 Gases de fisión producidos

Para poder determinar la liberación de gases de fisión debemos primeramente calcular el volumen de gases de fisión producidos, los que vienen dados por:

$$V_1 = E \cdot V_{UO_2} \cdot q''' \cdot \Delta t$$

$E = 33,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{cm}^3}{\text{w.d.}}$: Factor de conversión de gases producidos a PTN por quemado unitario (85% de Xe, 15% de Kr)

V_{UO_2} : Volumen de combustible considerado

q''' : Potencia por unidad de volumen (W/cm^3)

Δt : Tiempo de irradiación a potencia q'''

E y Δt son datos de entrada directa al código, nos resta entonces determinar V_{UO_2} y q''' .

9.1.1 Determinación del volumen de UO_2 considerado

El volumen de UO_2 propiamente dicho se obtiene por consideraciones puramente geométricas en base a las dimensiones de la pastilla y a la cantidad de éstas que posee la barra combustible. Pero a este volumen geométrico se le introduce una corrección debido a la existencia de la depresión de flujo neutrónico.

Por este motivo se supone que no todo el volumen geométrico de la pastilla producirá una cantidad uniforme de gases de fisión; se postula que la producción será función del radio de la pastilla, realizando la corrección directamente sobre el volumen geométrico y quedando entonces un "volumen real" de combustible apto para la producción que tenga la misma variación radial que el flujo neutrónico.

Así que tomando una variación de flujo

$$\phi(r) = \phi_0 \cdot I_0(x \cdot r) \quad (9.2)$$

y afectando al volumen geométrico del mismo factor, nos queda que para una pastilla sin agujero central es:

$$V(r) = V_{UO_2} \cdot I_0(x \cdot r) \quad (9.3)$$

Mientras que si la pastilla tiene un agujero central de radio igual a FC tendríamos:

$$V(r) = V_{UO_2} \left[I_0(x \cdot r) + \frac{I_1(x \cdot FC)}{K_1(x \cdot FC)} \cdot K_0(x \cdot r) \right] \quad (9.4)$$

9.1.2 Cálculo de q'''

El dato de entrada al código es q' (Potencia por unidad de longitud, W/cm), debemos por lo tanto obtener el valor de q''' que varía con el radio debido a la depresión del flujo neutrónico⁽³⁾.

Entonces considerando un flujo variable de la forma dada en 9.2, tenemos que para una pastilla sin agujero central es:

$$q''' = \frac{x \cdot q'}{2\pi \cdot R \cdot I_1(x \cdot r)} \quad (9.5)$$

9.1.3 Cálculo del volumen de gases de fisión producidos

Reemplazando en (9.1) las (9.3) y (9.5), para pastillas sin agujero central y teniendo en cuenta que $q' = q'(L)$, pues se considera una distribución

axial de potencia, se llega a que el volumen de gases de fisión producidos es:

$$V1(L,r) = E \cdot V_{UO_2} \cdot q'(L) \Delta t \frac{x \cdot I_o(x,r)}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot I_1(x,R)} \quad (9.7)$$

Para pastillas con agujero central reemplazamos en (9.1) las (9.4) y (9.6), quedando para este caso:

$$V1(L,r) = E \cdot V_{UO_2} \cdot q'(L) \cdot \Delta t \frac{x | I_o(x,r) + I_1(x,FC) / K1(x,FC \cdot K_o(x,r)) |}{2 \cdot \pi \cdot R | I_1(x,R) - I_1(x,FC) |} \quad (9.8)$$

Una vez conocida la cantidad de gases de fisión producidos podemos determinar qué cantidad de ellos será liberado por la aplicación de algún modelo de liberación.

9.2 Modelo de liberación de gases de fisión

Con el fin de determinar qué cantidad de gases se liberan de los producidos se puede optar por buscar una ecuación, generalmente basada en la cinemática de la difusión (9)(10)(11), que relacione todas las variables que influyen en el proceso de liberación como ser: la distribución de temperatura, la densidad del óxido, los ciclados de potencia, el quemado, etc., o encontrar una correlación de tipo empírico para obtener una primera aproximación al fenómeno (12)(13). Esta opción es la más usada para el diseño de barras combustibles y la que fue adoptada en este código.

Una de las ecuaciones semiempíricas más conocida y la que parece dar resultados satisfactorios(14), es la propuesta por Lewis(12), en la cual se asignan porcentajes máximos de liberación de gases en diferentes zonas de las pastillas delimitadas por dos temperaturas

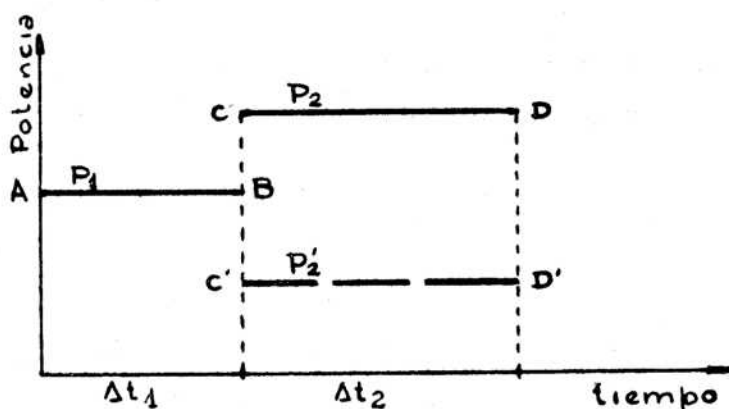
$$\begin{aligned} \% \text{ de Liberación} < | 0,3 \cdot 10^{-2} \sqrt{t} (0,5 \int_{\theta_{sup}}^{1000^{\circ}\text{C}} \lambda d\theta + 10 \int_{1000^{\circ}\text{C}}^{1300^{\circ}\text{C}} \lambda d\theta + 60 \int_{1300}^{1600} \lambda d\theta) + \\ + 95 \int_{1600^{\circ}\text{C}}^{\theta_{central}} \lambda d\theta \quad | \quad / \quad | \int_{\theta_{sup}}^{\theta_{central}} \lambda d\theta \quad | \end{aligned} \quad (9.9)$$

Este modelo considera la liberación de gases de fisión como función de la distribución de temperatura, del tiempo de permanencia de la barra en el reactor y de la densidad y estequiometría del combustible a través de la conductividad térmica del mismo.

Se introdujo a su vez en el código un modelo de liberación de gases de fisión en función de las variaciones de la potencia debida a los recambios de elementos combustibles.

9.3 Modelo de liberación de gases de fisión en función de las variaciones de potencia en el tiempo.

Para el análisis de este modelo vamos a suponer dos formas de variación de la potencia en función del tiempo tal como se muestra en la siguiente figura:



Estas variaciones de potencia corresponden a los casos en que un elemento combustible luego de permanecer un tiempo Δt_1 a una potencia P_1 es trasladado a una zona de mayor potencia P_2 durante un tiempo Δt_2 (curva ABCD) y otro que luego de permanecer a P_1 pasa durante el tiempo Δt_2 a una potencia P'_2 menor que P_1 (curva ABC'D').

El modelo adoptado consiste en fijar una cierta liberación de gases de fisión extra cuando la barra combustible es llevada a operar a una potencia superior a la que se encontraba (pasaje de B a C), y suponer que dicha liberación no se produce cuando la potencia disminuye (pasaje de B a C').

Es decir que si definimos a V_1 como el volumen de gases de fisión que que

dan retenidos en la pastilla y que por lo tanto serán factibles de ser liberados, este volumen V_1 se modificará de las siguientes maneras de acuerdo al modelo adoptado.

Para la variación ABCD

En A : $V_{1A} = 0$, pues el quemado es nulo

En B : V_{1B} = volumen de gases producidos entre A y B

En C : $V_{1C} = V_{1B}$ - volumen de gases liberado hasta B

En D : $V_{1D} = V_{1C} + V$. producido entre CD - V. Liberado en C

Para la variación ABC'D'

En C' : $V_{1C'} = V_{1B} - V$. liberado hasta B

En D' : $V_{1D'} = V_{1C'} + V$. producido entre CD

Realmente si se supone que la mayor liberación de gases se produce por el craqueado de la pastilla, tanto en C como en C' habría que considerar que existe liberación pues los cracks se producen fundamentalmente por variaciones de potencia, pero al aplicar este modelo se supone que cuando hay una disminución de potencia se reabsorben parte de los gases ya liberados.

10. CALCULO DE LA DILATACION TERMICA DE LA PASTILLA

El cálculo de las dilataciones de las pastillas debidas al gradiente térmico se realiza en la subrutina RPCA, en donde se han introducido varios modelos de cálculo que se usan de acuerdo al problema considerado.

Uno de los modelos introducidos para la dilatación radial es el desarrollado por Notley⁽¹⁵⁾, en el que la pastilla es dividida en dos zonas, una central plástica y una externa elástica que por efecto del gradiente de temperatura y del ciclado térmico se fractura. Entonces en el caso de que exista un volumen libre suficiente como para absorber la dilatación del núcleo plástico, la dilatación radial viene dada por la dilatación del anillo no plástico adyacente a este núcleo más la dilatación radial de algún fragmento de la zona elástica.

En caso de que el volumen libre no sea suficiente para acomodar la dilatación del núcleo plástico, a la dilatación calculada debe sumársele el aporte correspondiente a la dilatación volumétrica del núcleo plástico no absorbida por el dishing y la porosidad de la pastilla.

Este modelo es válido sólo para el caso en que en todo momento exista contacto entre la pastilla y la vaina con una cierta presión que produzca tensiones sobre la pastilla capaces de generar un núcleo plástico. Bajo estas condiciones el núcleo plástico se forma a radios cuyas temperaturas van de los 800°C a los 1600°C.

Se comprobó que alrededor de 1200°C es la temperatura más probable a la que puede esperarse ocurra este fenómeno⁽¹⁵⁾.

Por lo antes dicho este modelo es aplicable a los elementos combustibles de vaina colapsable tal como los CANDU; pero no da buenos resultados para el caso de vainas autoportantes que es el caso de los EC de Atucha y MZFR.

Para estos últimos tipos de combustibles es más exacto el cálculo suponiendo dilatación libre de la pastilla (sin sunchado de la vaina); a pesar de que de acuerdo a la distribución axial de potencia existan zonas de la barra (las que están a potencias superiores a los 250 W/cm), en que la pastilla toca a la vaina y se produce por tanto una cierta presión de zunchado entre ellas.

En este caso el cálculo de la dilatación térmica radial se realiza suponiendo a la pastilla como un cilindro macizo elástico, por lo que la dilatación radial viene dada directamente por:

$$\Delta R = \int_0^R \alpha(T) T(r) dr \quad (10.1)$$

donde $\alpha(T)$ es el coeficiente de dilatación del combustible y $T(r)$ la correspondiente distribución radial de temperatura en la pastilla.

Este tipo de comportamiento fué supuesto por SIEMENS cuando diseñó el elemento combustible de Atucha(16).

Basándose en este tipo de modelo, a los fines simplificativos se desarrollaron otros que hacen el cálculo suponiendo una distribución parabólica de temperatura en la pastilla y tomando entonces la temperatura media de dicha distribución para obtener el valor de la dilatación radial(17)(18).

Utilizando este último tipo de análisis no se ve que existan diferencias apreciables con lo anterior.

En síntesis, en los casos en que exista presión de zunchado el modelo desarrollado por Notley da buenos resultados no así cuando es nula la presión de contacto. Por esto, como en el caso de los elementos combustibles Atucha se dan los dos fenómenos, se está en la actualidad elaborando un modelo de dilatación de la pastilla que englobe ambos fenómenos simultáneamente(19).

11. CALCULO DE LAS TENSIONES Y DEFORMACIONES EN LA VAINA

Antes de proceder al cálculo de las tensiones y deformaciones en la vaina, la subrutina ZIRCA calcula los desplazamientos interiores y exteriores en dicha vaina como así también, con estos datos, la presión de contacto entre la pastilla y la vaina en los casos en que el desplazamiento de la pastilla supere al desplazamiento interior de la vaina.

La subrutina está preparada para realizar los cálculos para vainas de Zircaloy, acero inoxidable SS316 y Aluminio. Se utilizan para estos casos exactamente los mismos modelos de cálculo, pero introduciendo las constantes mecánico-térmicas correspondientes al material considerado.

11.1 Cálculo del desplazamiento, de las tensiones y de las deformaciones en la vaina

Se hace el desarrollo para un cilindro circular de pared gruesa de espesor constante que está sometido a la acción de presión exterior e interior y a un gradiente de temperatura⁽²⁰⁾.

Este cálculo es similar al realizado por M.Guyette⁽²¹⁾, pero está simplificado, pues como se dijo al comienzo de este trabajo, no se tienen en cuenta las deformaciones plásticas y por creep. Es decir que todo este análisis es sólo válido dentro del campo elástico.

Se hacen las siguientes suposiciones:

- a) La distribución de temperatura se toma simétrica respecto del eje del cilindro y constante a lo largo del mismo.
- b) La deformación del cilindro se postula simétrica respecto de su eje.
- c) Se toma un anillo del cilindro limitado por dos planos perpendiculares al eje y separados una distancia unitaria. Durante la deformación se supone que estos planos permanecen paralelos (cosa que en realidad ocurre con las anteriores suposiciones y tomando anillos suficientemente alejados de los extremos del cilindro).

Entonces las elongaciones unitarias en las tres direcciones perpendiculares vienen dadas por las siguientes ecuaciones de compatibilidad:

$$\epsilon_z = \frac{dw}{dz} = \text{cte.} = C_3 \quad (11.1a)$$

$$\epsilon_r = \frac{du}{dr} \quad (11.1b)$$

$$\epsilon_t = \frac{u}{r} \quad (11.1c)$$

Estas deformaciones pueden ser representadas en función de las tensiones y de la expansión térmica por

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\nu}{E} (\sigma_r + \sigma_t) + \alpha t \quad (11.2a)$$

$$\epsilon_r = \frac{\sigma_r}{E} - \frac{\nu}{E} (\sigma_z + \sigma_t) + \alpha t \quad (11.2b)$$

$$\epsilon_t = \frac{\sigma_t}{E} - \frac{\nu}{E} (\sigma_z + \sigma_r) + \alpha t \quad (11.2c)$$

Llamando Δ al incremento de volumen obtenemos:

$$\Delta = \epsilon_z + \epsilon_r + \epsilon_t = \frac{1 - 2\nu}{E} (\sigma_z + \sigma_r + \sigma_t) + 3\alpha t \quad (11.3)$$

De las (11.2) y la (11.3) llegamos a:

$$\sigma_z = \frac{E}{1+\nu} (\epsilon_z + \frac{\nu}{1-2\nu} \Delta) - \frac{E \cdot \alpha \cdot t(r)}{1-2\nu} \quad (11.4a)$$

$$\sigma_r = \frac{E}{1+\nu} (\epsilon_r + \frac{\nu}{1-2\nu} \Delta) - \frac{E \cdot \alpha \cdot t(r)}{1-2\nu} \quad (11.4b)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1+\nu} (\epsilon_t + \frac{\nu}{1-2\nu} \Delta) - \frac{E \cdot \alpha \cdot t(r)}{1-2\nu} \quad (11.4c)$$

A su vez sabemos que la ecuación de equilibrio de un elemento de volumen es:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_t}{r} = 0 \quad (11.5)$$

Sustituyendo ahora las (11.4) y las (11.1) en esta última ecuación nos

queda la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{du}{dr} - \frac{u}{r^2} = \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha(t) \frac{dt(r)}{dr} \quad (11.6)$$

La solución de esta ecuación nos determina el desplazamiento u para algún estado de tensiones y distribución de temperatura de la vaina en estudio. La solución es la siguiente:

$$u = \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{1}{r} \int_{R1}^r \alpha(t) \cdot t(r) dr + C1 \cdot r + C2 \cdot \frac{1}{r} \quad (11.7)$$

Donde $R1$ es el radio interno de la vaina.

Reemplazando este valor de u en las (11.1) obtenemos las deformaciones totales radiales y tangenciales:

$$\epsilon_z = C3$$

$$\epsilon_t = \frac{1+\nu}{1-\nu} \cdot \frac{1}{r^2} \int_{R1}^r \alpha \cdot t(r) dr + C1 + C2 \cdot \frac{1}{r} \quad (11.8)$$

$$\epsilon_r = \frac{1+\nu}{1-\nu} \left[\alpha \cdot t(r) - \frac{1}{r^2} \int_{R1}^r \alpha \cdot t(r) \cdot r dr \right] + C1 - C2 \frac{1}{r^2} \quad (11.9)$$

$$\Delta = \epsilon_z + \epsilon_t + \epsilon_r = \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha \cdot t(r) + 2 \cdot C1 + C3 \quad (11.10)$$

Las constantes que aparecen en estas ecuaciones ($C1$, $C2$, $C3$) son constantes de integración que se obtienen por las condiciones de contorno tal como veremos más adelante.

El valor de las tensiones se halla reemplazando las deformaciones dadas anteriormente en las (11.4).

$$\sigma_r = E \left[- \frac{1}{1-\nu} \cdot \frac{1}{r^2} \int_{R1}^r \alpha \cdot t(r) \cdot r dr - \frac{1}{r^2} \frac{C2}{(1+\nu)} + \frac{C1 + \nu C3}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right] \quad (11.11)$$

$$\begin{aligned} \sigma_t = E \left[\frac{1}{1-\nu} \cdot \frac{1}{r^2} \int_{R1}^r \alpha \cdot t(r) \cdot r dr - \frac{1}{1-\nu} \alpha \cdot t(r) + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^2} \frac{C2}{1+\nu} + \frac{C1 + \nu C3}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right] \quad (11.12) \end{aligned}$$

$$\sqrt{z} = E \left[-\frac{1}{1-\nu} \alpha t(r) + \frac{2 \cdot \nu \cdot C1 + (1-\nu) C3}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right] \quad (11.13)$$

Lo que nos resta hallar son las constantes de integración. Para ello tenemos las siguientes condiciones de contorno:

$$(\sqrt{r})_{r=R1} = P1 \quad (11.14)$$

Donde P1 es la presión interna en la vaina cuyo valor es directamente la presión de gases de fisión en los casos en que no existe contacto pastilla vaina y la presión de zunchado más la de los gases en los casos en que existe dicho contacto pastilla vaina.

$$(\sqrt{r})_{r=R2} = P2 \quad (11.15)$$

Aquí R2 es el radio externo de la vaina y P2 la presión exterior sobre la vaina que tiene el valor de la presión del refrigerante.

La tercera condición de contorno es la siguiente:

$$2 \cdot \pi \int_{R1}^{R2} \sqrt{z} \cdot r \cdot dr = Fz \quad (11.16)$$

Siendo Fz la resultante de las fuerzas en la dirección axial. Expresando esta fuerza en función de las presiones interior y exterior la (11.16) se puede modificar así:

$$2\pi \int_{R1}^{R2} \sqrt{z} \cdot r \cdot dr = \pi (P1 \cdot R1^2 - P2 \cdot R2^2) \quad (11.17)$$

En este caso la presión interna es siempre la presión de gases de fisión (PGF).

Reemplazando ahora las condiciones (11.14) y (11.15) en la (11.11), y la (11.17) en la (11.13), obtenemos las tres constantes de integración; con lo que queda resuelto el problema.

$$C1 = \frac{1}{R_2^2 - R_1^2} \left| \frac{1 - 3\nu}{1 - \nu} \int_{R_1}^{R_2} \alpha(t) t(r) dr - \left(\frac{1 - 2\nu}{E} \right) (P_2 \cdot R_2^2 - P_1 \cdot R_1^2) \right| \quad (11.18)$$

$$C2 = \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \frac{1 + \nu}{1 - \nu} \int_{R_1}^{R_2} \alpha(t) t(r) dr - \left(\frac{1 + \nu}{E} \right) (P_2 - P_1) \quad (11.19)$$

$$C3 = \frac{1}{R_2^2 - R_1^2} \left| 2 \int_{R_1}^{R_2} \alpha(t) t(r) dr - \left(\frac{1 - 2\nu}{E} \right) (P_2 \cdot R_2^2 - P_1 \cdot R_1^2) \right| \quad (11.20)$$

11.2 Proceso de Cálculo

Desde el punto de vista operativo la subrutina calcula primero las tres constantes de integración C1, C2 y C3, tomando como condiciones iniciales la presión de gases de fisión en el interior de la barra y la presión del refrigerante en el exterior. Con esto determina el desplazamiento interior de la vaina. Este valor lo compara con el radio dilatado de la pastilla, pudiendo ocurrir dos cosas:

- a) Radio interior de vaina mayor que el radio de la pastilla. En este caso se calculan directamente las tensiones y deformaciones.
- b) Radio interior de vaina menor que radio de pastilla. Cuando se da este fenómeno, interacción pastilla-vaina, en base a la interferencia entre ambas se calcula la presión de contacto de acuerdo a lo dado por Timoshenko⁽²⁰⁾ para el zunchado.

En este cálculo se considera a la pastilla como un cilindro con agujero central de radio igual al correspondiente a la temperatura de plasticidad del óxido considerado.

Una vez determinada esta presión de zunchado se compara con la tensión de fluencia del material y en caso que la supere se deja como presión de contacto la correspondiente a esta tensión de fluencia.

Conocida ahora la presión de contacto se vuelven a recalcular las constantes C1, C2 y C3, modificadas para este caso, pues varían las condiciones de contorno.

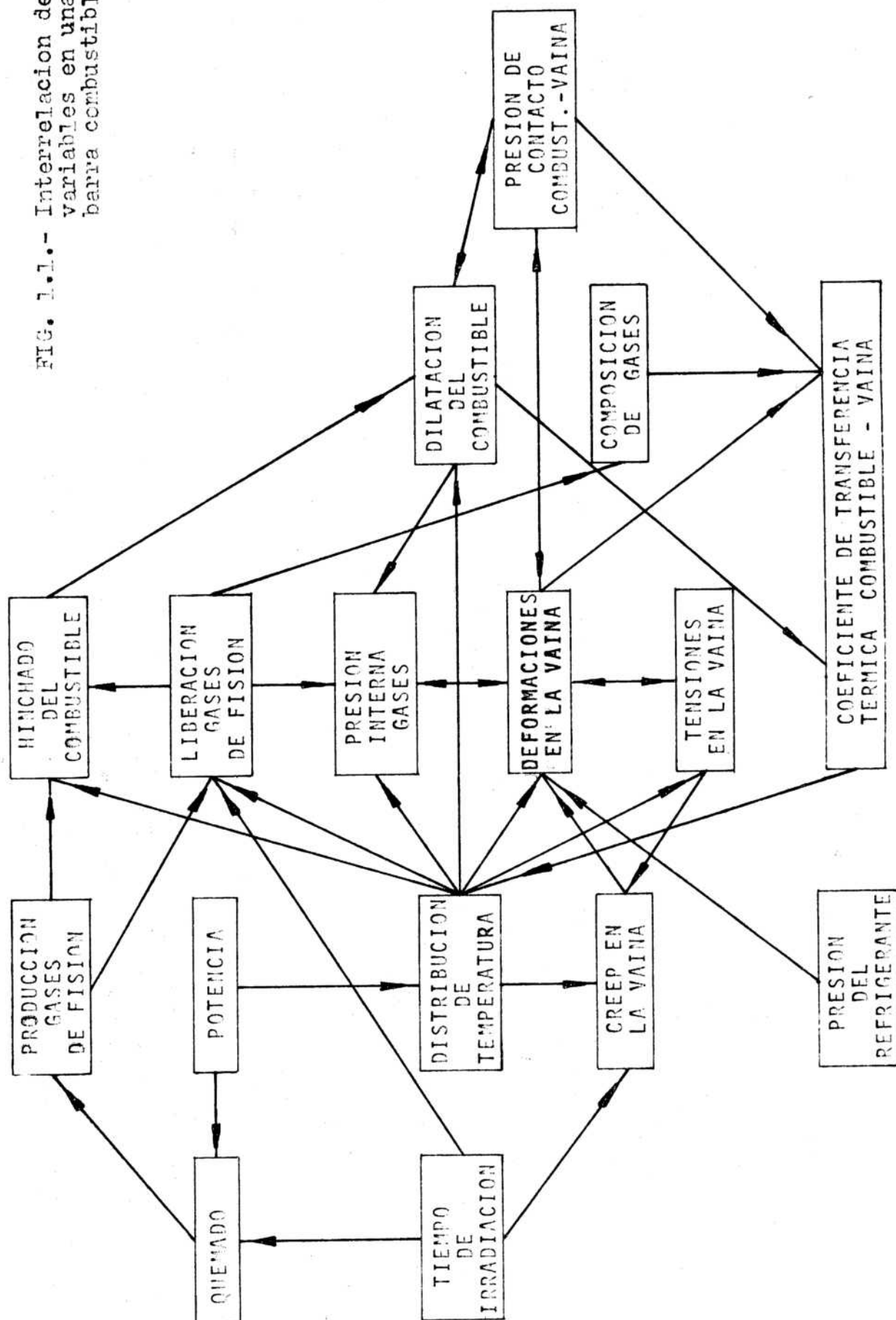
Luego se determinan las tensiones y las deformaciones para finalmente, hallar las tensiones y deformaciones equivalentes por aplicación del criterio de von Mises.

12. ~~BIBLIO~~ BIBLIOGRAFIA

- 1) "DISE 1", Código para comprobación y diseño de barras combustibles. (A publicarse).
- 2) R.SPARGVIERI, "MEPIA 2", Algoritmo computacional para la resolución de estados plásticos y de creep en vainas de combustibles nucleares. (A publicarse).
- 3) J.A.L.ROBERTSON, "f KdT in fuel irradiation", AECL 807, April 1959.
- 4) T.N.CETINKALE, M.FISHENDEN, "Thermal conductance of metal surfaces in contact", Proc. Int. Conf. on Heat Transfer, London, Institution of Mechanical Engineer (1951).
- 5) A.M.ROSS, R.L.STOUTE, "Heat transfer coefficient between UO₂ and Zircaloy 1", AECL 1552, June 1962.
- 6) G.KJAERHEIM, R.ROISTAD, "In-pile determination of UO₂ thermal conductivity, density effects and gap conductance", HPR 80, December 1967.
- 7) U.V.ROCCA, Comunicación personal.
- 8) R.O.CIRIMELLO, Comunicación personal.
- 9) W.B.LEWIS, "Behavior of fission gases in UO₂ fuel", DL 45, November 1961.
- 10) D.G.HURST, "Diffusion of fission gas calculated diffusion from a sphere taking into account trapping and return from the traps", CRRP 1124 (November 1962).
- 11) A.H.BOOTH, G.T.RYMER, "Determination of the diffusion constant of fission Xenon in UO₂ crystals and sintered compacts", AECL 692 (August 1958).
- 12) W.B.LEWIS, "Engineering for the fission gas in UO₂ fuel", Nuclear Application, Vol.2, pag.171, April 1966.
- 13) M.J.F.NOTLEY, "Calculation of fission product gas pressures in operating UO₂ fuel elements", AECL 2883.
- 14) R.L.OLEZZA, "Gases en barras de elementos combustibles", CN 3/136 (CNEA, 1974).
- 15) M.J.F.NOTLEY et al., "The longitudinal and diametral expansions of UO₂ fuel elements", AECL 2143, November 1964.
- 16) V.AISCH, Comunicación personal.

- 17) J.GITTUS, Nuc.App. and Tech., Vol.9, Julio 1970.
- 18) G.KARSTEN, KFK 848, EUR 4158 E, Noviembre 1968.
- 19) A publicarse.
- 20) S.TIMOSHENKO, Resistencia de Materiales (Segunda parte), Espasa Calpe S.A., (1955).
- 21) M.GUYETTE, "CRASH, a computer programme for the analysis of creep and plasticity in fuel pin sheaths", KFK 1050, August 1969.

FIG. 1.1.- Interrelacion de variables en una barra combustible.-



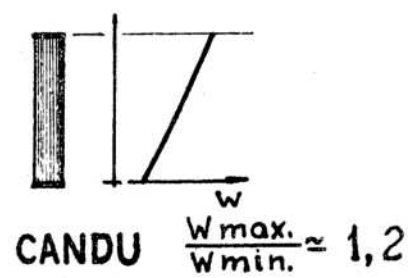
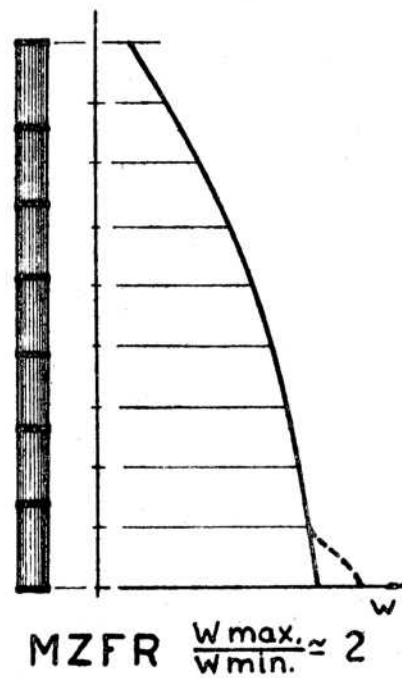
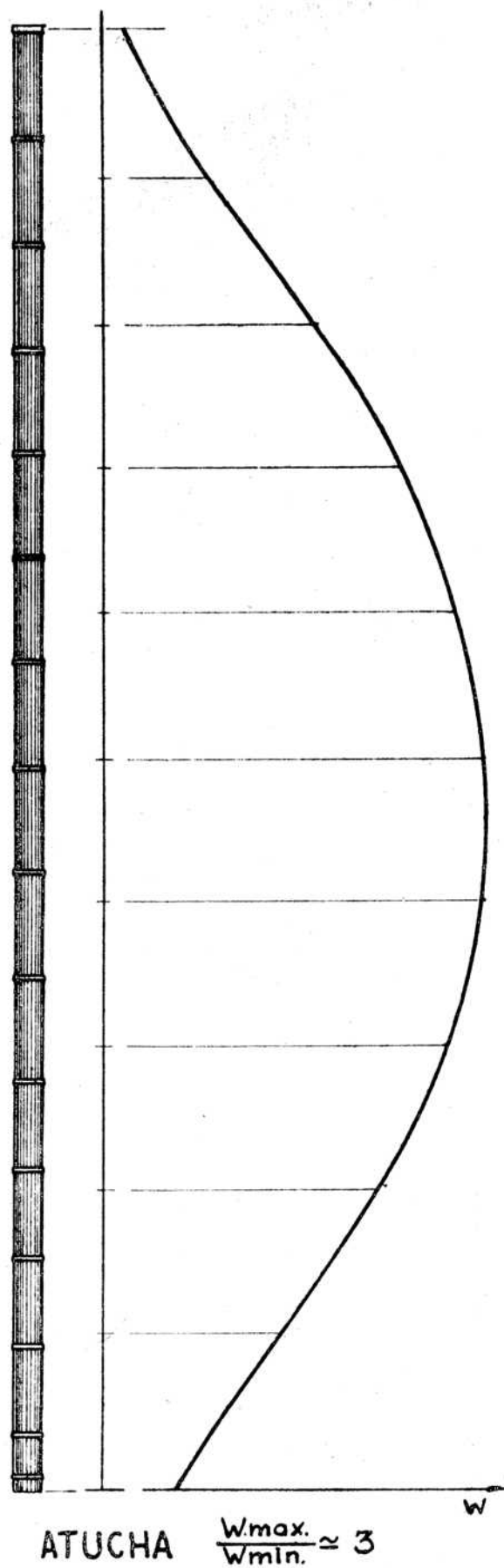


Fig 12.
DISTRIBUCIONES TÍPICAS
DE POTENCIA EN E.C.

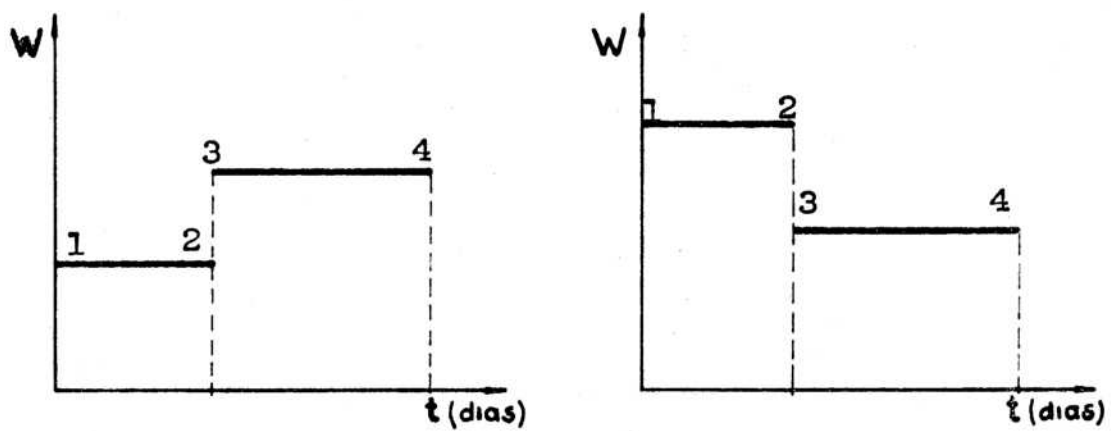


Fig 1.3. VARIACION DE LA POTENCIA EN FUNCION DEL TIEMPO

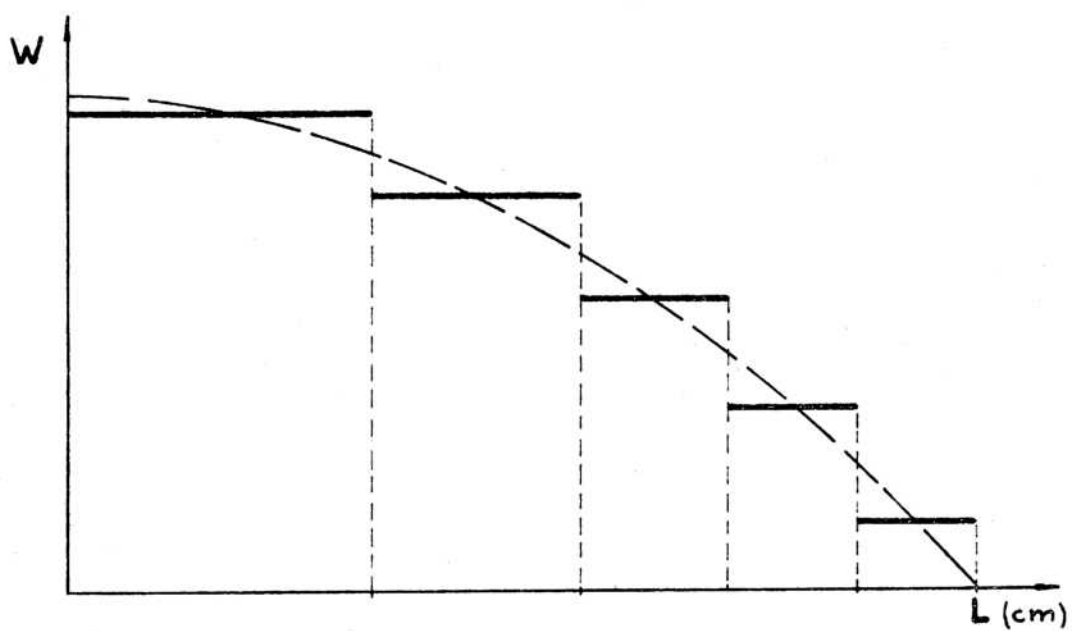


Fig 1.4. POTENCIAS MEDIAS EN LAS DIVISIONES AXIALES DE UNA BARRA COMBUSTIBLE

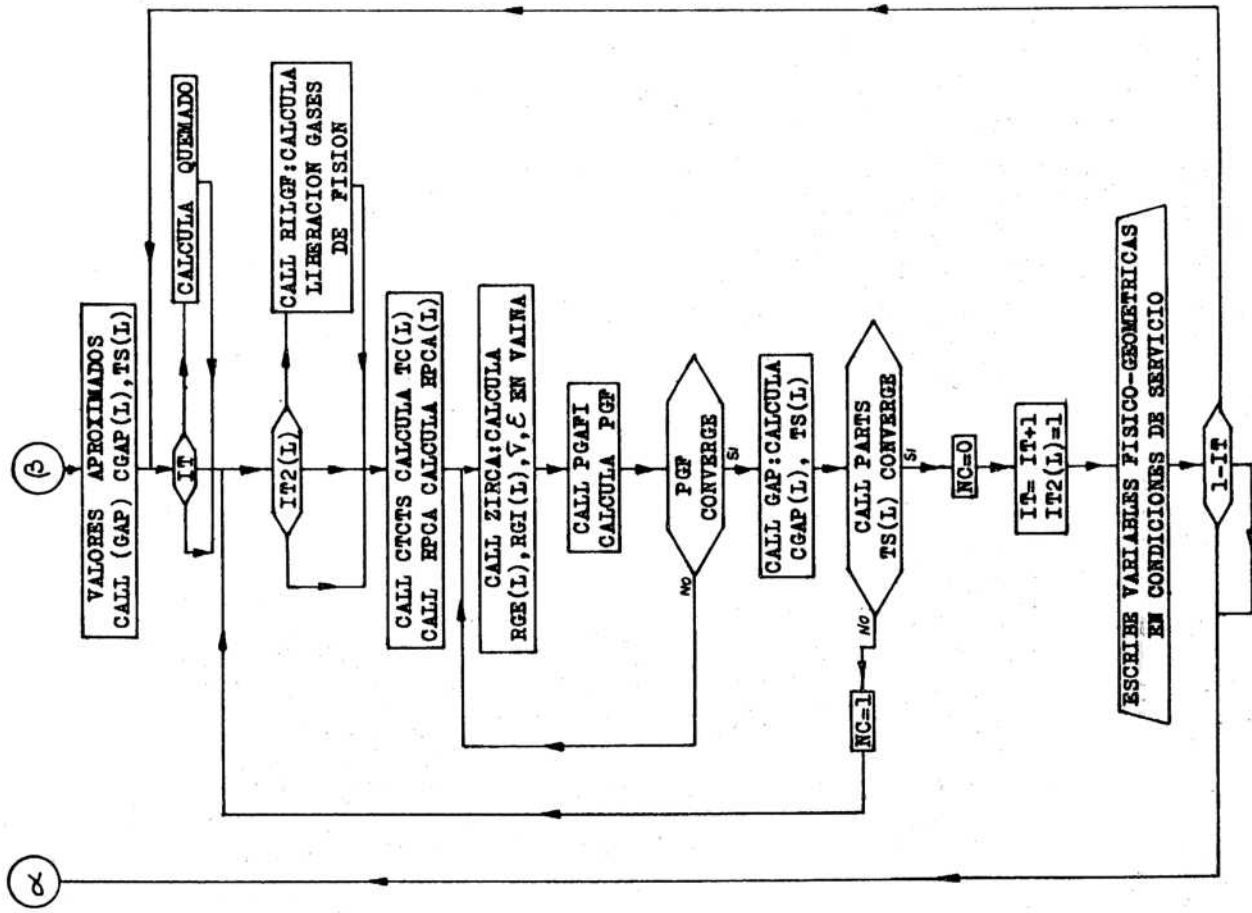
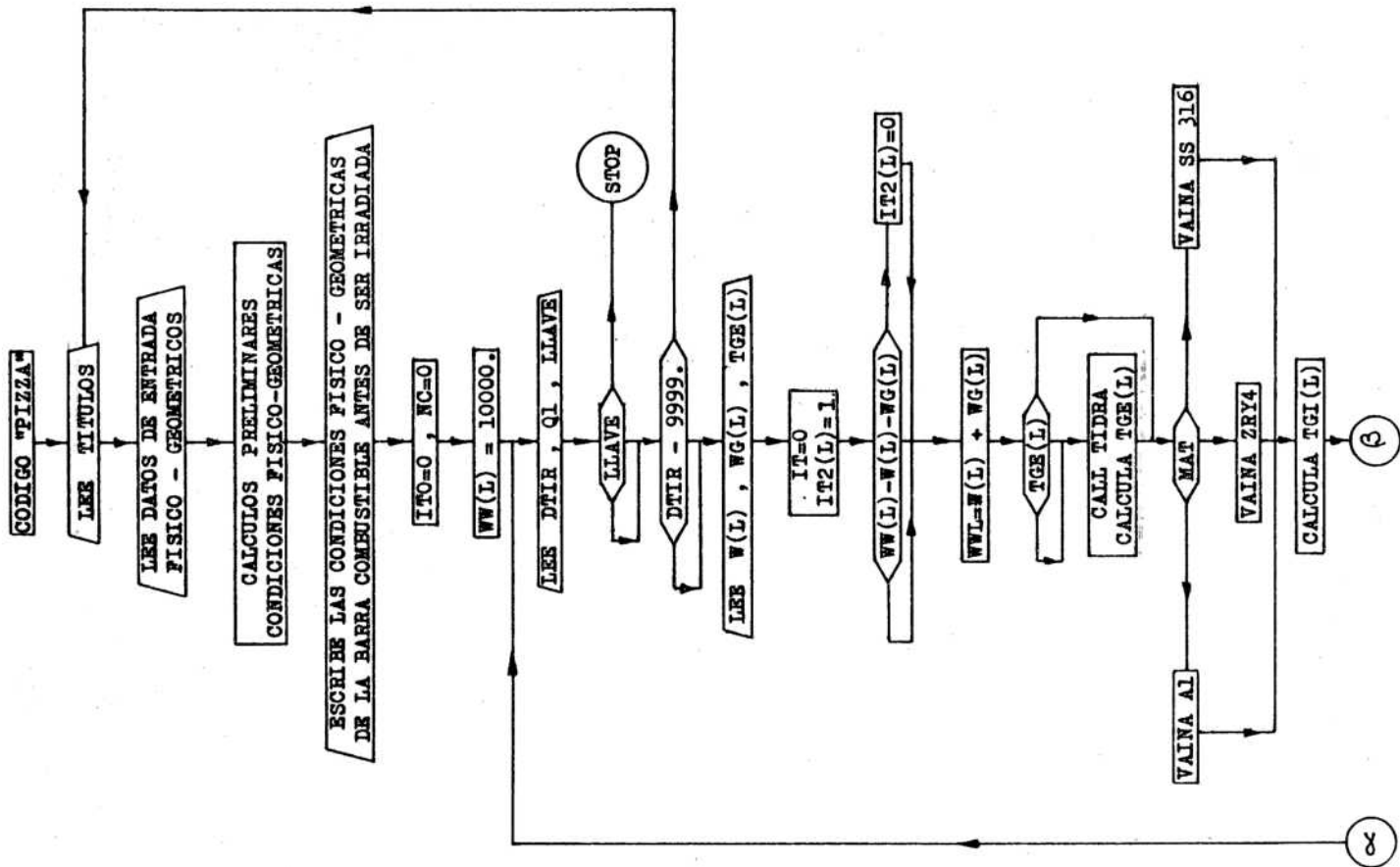


Fig. 1.5.- Esquema general del CODIGO "PIZZA"

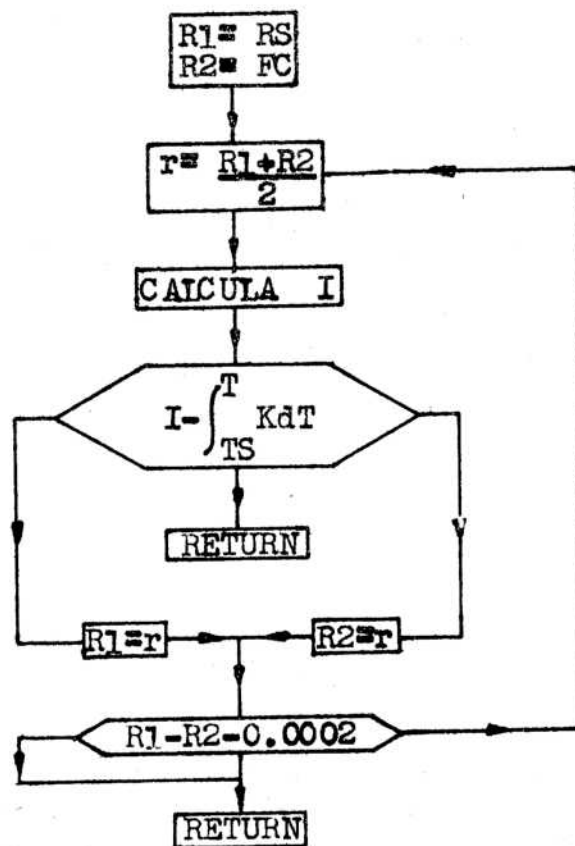


Fig. 5.1.- Esquema del cálculo del radio r correspondiente a una dada temperatura T (subrutina CRIRS)

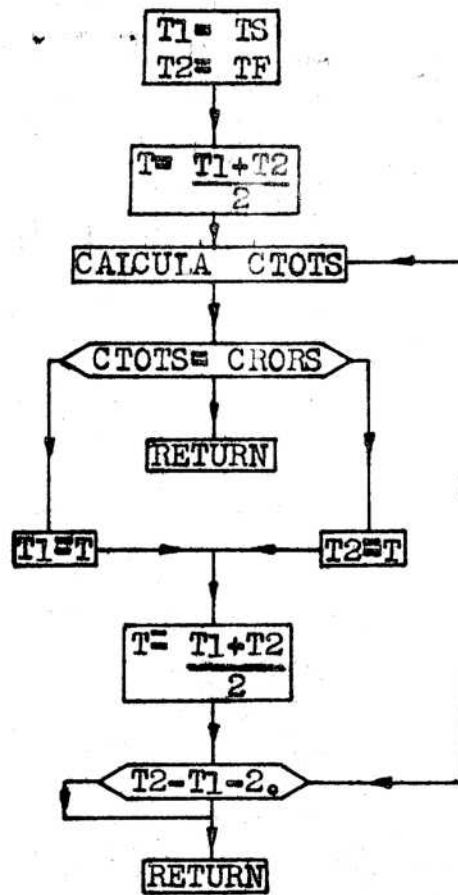


Fig. 6.1.- Esquema del cálculo de la temperatura central del combustible (subrutina CTCTS)

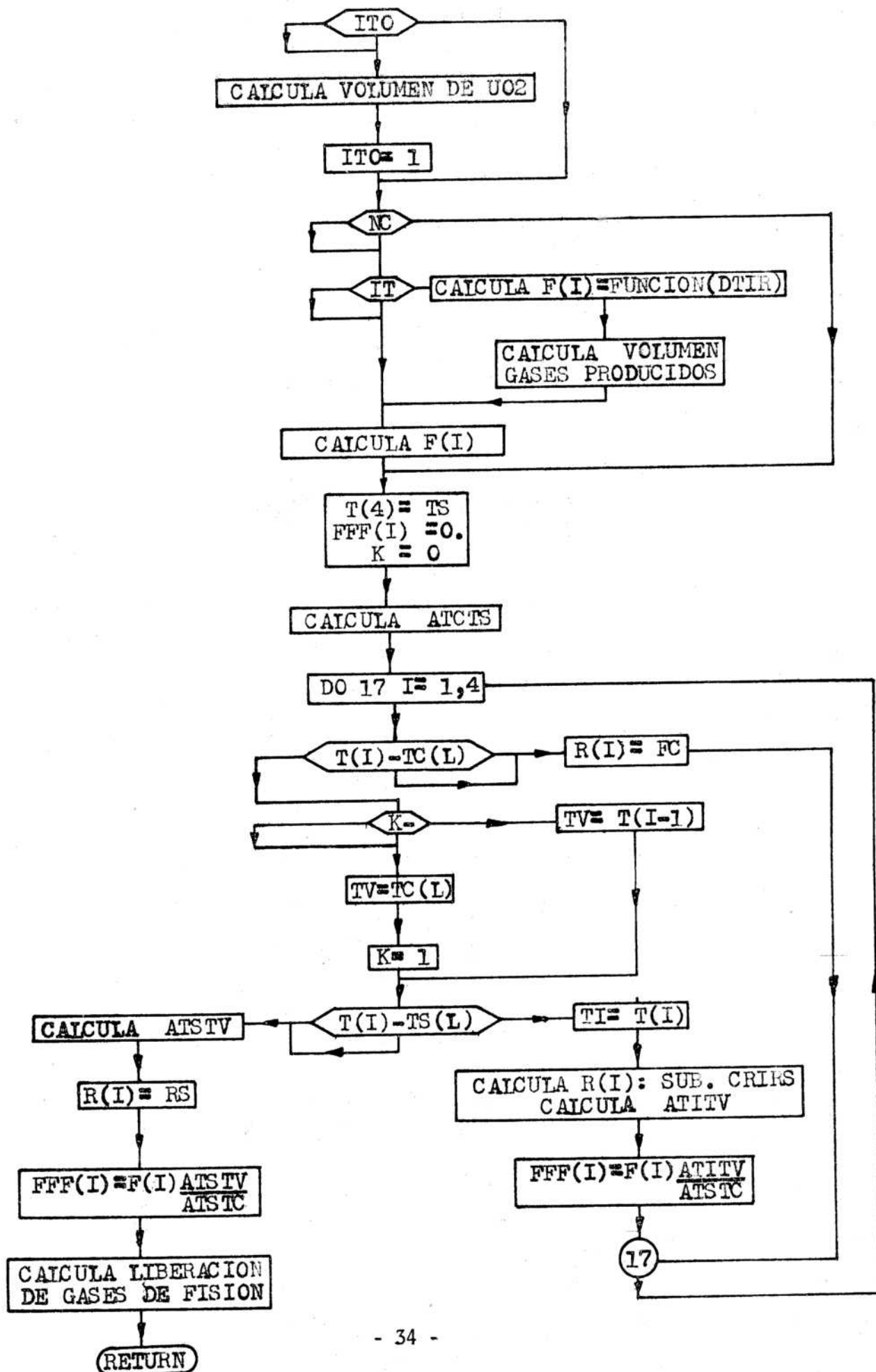


Fig 9.1. Esquema del cálculo de la producción y liberación de gases de fisión (Subrutina RILGF).-

A P E N D I C E 1

LISTA DE LOS PARAMETROS DE ENTRADA AL CODIGO

Tarj. N°	Variable	Parámetro que representa	Unidad
1	TITULO	Título del proyecto o experiencia	
2	PEDIDO FECHA 1	Nombre del solicitante Fecha en que solicita	
3	ENTREGA FECHA 2	Nombre del que informa Fecha de entrega del informe	
4	OXIDO GAS	Nombre del óxido del combustible Nombre del gas de llenado de la BC	
5	PREX *PORT *DCANT *TBULK *TSAT 1	Presión del refirgerante Caudal del canal refrigerante Diámetro del canal refrigerante Temperatura del refrigerante Temperatura de saturación del refrigerante a la presión PREX	kg/cm2 kg/seg cm °C °C
6	*CONDU *VISC *PR	Conductividad térmica del refrigerante Viscosidad del refrigerante Número de Prand del refrigerante	kcal/mhC
7	B C D ES ZERO	Constantes de la Conduc- tividad del óxido adop- tada, según la siguien- te expresión: $K = \frac{1}{B+C(T+ZERO) + D(T+ZERO)^{ES}}$ Generalmente 3. Igual a 273. ó 0. según se trabaje en temp. ab- soluta o centigrada res- pectivamente.	
8	FC TDP RS RGI	Radio del agujero central Relación entre la densidad del óxido empleado y su correspondiente densidad teórica. Radio de la pastilla Radio interior de la vaina	cm cm cm

Tarj. N°	Variable	Parámetro que representa	Unidad
8	DG	Espesor de la vaina	cm
	RUG 1	Rugosidad de la vaina	cm
	RUG 2	Rugosidad del combustible	cm
9	**X	Inversa de la longitud de difusión	1/cm
	**FAR 4	Factor de Robertson dividido 4	
	TIN	Temperatura de sinterización del óxido	°C
	**DR	Paso para estampar la distribución de temperatura	
	PI	Presión interna inicial de la BC	kg/cm ²
	APE	Relación de He a He+Ar en el llenado de la barra combustible	
	ADC	Altura total de los espacios para permitir la dilatación axial del combustible	cm
10	ALI	Altura total de los volúmenes libres	cm
	DS 1	Profundidad del dishing	cm
	DS 2	Radio máximo del dishing	cm
	DN	Cantidad de dishing por pastilla	
	PH	Altura de la pastilla	cm
	ALVA	Largo de la vaina	cm
	XLV	Largo total de la barra combustible	cm
11	MAT	Material de vaina -1: Aluminio 0: Zircaloy 1: SS 316	
	NL	Cantidad de divisiones axiales que se consideran en la barra combustible	
	NSTUP	Elección del CFA en la conductividad del gap, NSTUP=0; CFA- 0.2 NSTUP=1; CFA- 0	
	NG	Elige el modelo a usar en el cálculo de la conductividad del gap NG = 1; Modelo CNEN NG = 2; Modelo Westinghouse NG = 3; Modelo Robertson NG = 4; Modelo Halden NG = 5; Modelo G.E.	
	NF	División más solicitada de la B.C.	
	NRIL	Elige el modelo a usar en el cálculo de la liberación de gases de fisión - NRIL=1; Modelo Lewis	

Tarj. N°	Variable	Parámetro que representa	Unidad
12	TF 1	Temperaturas que limitan las diferentes zonas en que se considera dividida la pastilla a los efectos de la liberación de gases de fisión	°C
	TF 2		°C
	TF 3		°C
	F 11	Coef. de liberación de gases entre TC y TF 1	
	F 12	Coef. de liberación de gases entre TF 1 y TF 2	
	F 13	Coef. de liberación de gases entre TF 2 y TF 3	
	F 14	Coef. de liberación de gases entre TF 3 y TS	
13	AL(L)	Largo de cada división axial en que fue dividida la barra combustible	cm
14	DTIR	Tiempo de irradiación	días
	Q 1	Factor de potencia. Se lo utiliza cuando se da una potencia media y se la quiere hacer variar en cada período de irradiación.	
	LLAVE	Control de parada del código (Llave = 1; STOP)	
15	W(L)	Potencia lineal para cada A(L)	W/cm
	WG(L)	Potencia lineal para cada A(L) (gamma)	W/cm
	****TGE(L)	Temperatura exterior de vaina en cada A(L)	°C

* Datos necesarios en el caso de tener que calcular la temperatura externa de vaina (TGE).

** Se debe dar una de los dos parámetros. En base a uno de ellos el código calcula el otro.

*** No se usa en esta versión del código.

**** Si no se da este valor el código lo calcula por consideraciones termohidráulicas del refrigerante.

APENDICE 2

TARJETAS DE DATOS DE ENTRADA

Tarjeta N°	Variables	Formato
1	TITULO	20A4
2	PEDIDO, FECHA 1	15A4, 5A4
3	ENTREG , FECHA 2	15A4, 5A4
4	OXIDO, GAS	2(4A4)
5	PREX, PORT, DCANT, TBULK, TASAT 1	7E10.5
6	CONDU, VISC, PR	"
7	B, C, D, ES, ZERO	"
8	FC, TDP, RS, RGI, DG, RUG 1, RUG 2	"
9	X, FAR 4, TIN, DR, PI, APE, ADC	"
10	ALI, DS 1, DS 2, DN, PH, ALVA, XLB	"
11	MAT, NL, NSTUP, NG, NF, NRIL	7I10
12	TF1, TF2, TF3, F11, F12, F13, F14	7E10.5
13	AL (L), L = 1, NL	"
14	DTIR, Q1, LLAVE	2E10.5, 59X, I1
15 a		
15+(NL-1)	W(L), WG(L), TGE(L)	7E10.5

A P E N D I C E 3

LISTA DE PARAMETROS DE SALIDA

Variable	Parámetro que representa	Unidad
CONDICIONES INICIALES - V a i n a		
MAT	Material	
RGE	Radio externo	cm
RGI	Radio interno	cm
DG	Espesor	cm
RGME	Radio medio	cm
ALVA	Largo	cm
- P a s t i l l a		
OXIDO	Composición química	
TDP	Densidad respecto de la teórica	
RS	Radio	cm
PH	Altura	cm
VP	Volumen	cm3
PP	Peso	gr
DN	Cantidad de dishing	
DS 1	Profundidad del dishing	cm
DS 2	Radio máximo del dishing	cm
VDS 1	Volumen del dishing	cm3
VDS	Volumen relativo del dishing respecto del volumen de la pastilla	
FC	Radio del agujero central	cm
- B a r r a		
XLB	Largo total	cm
XLAC	Largo activo	cm
NUMP	Cantidad de pastillas	
PBA	Peso	gr
GAS	Composición del gas de llenado	
PI	Presión de llenado	kg/cm2

Variable	Parámetro que representa	Unidad
ALI	Altura del plenum	cm
VALI	Volumen del plenum	cm ³
EGAP	Espesor del gap	cm
VT 1	Volumen libre total	cm ³
VN 1	Volumen libre normal	cm ³
ANM 1	Volumen libre molar	moles
PCOMB	Peso de combustible	gr

CONDICIONES DEL SERVICIO - En la barra

WRTEIR	Tiempo de irradiación total	días
ANMR	Gases de fisión liberados	moles
BU	Quemado promedio	MWd/ton.
SUM 1	Gases de fisión liberados	cm ³
PGF	Presión interna	kg/cm ²
VSUT	Volumen sobre Temperatura	cm ³ /°K
DL	Dilatación axial del combustible	cm
PREX	Presión del refrigerante	kg/cm ²
DAV	Dilatación axial vaina	cm
PCGF	Porcentaje de gases de fisión liberados	
POTM	Potencia media en el combustible durante el intervalo de tiempo considerado	W/cm
CINTM	Integral de conductividad media en el intervalo de tiempo considerado	W/cm
POTMM	Potencia media total en el combustible	W/cm
CINTM	Integral de conductividad media total	W/cm
VTGP	Volumen total de gases de fisión producidos	cm ³

- En cada división axial

WWI	Potencia total	W/cm
W	Potencia nuclear	W/cm
WG	Potencia gamma	W/cm
TGE	Temperatura exterior de la vaina	C
TGI	Temperatura interior de la vaina	C
TS	Temperatura superficial de la pastilla	C
TC	Temperatura central de la pastilla	C

Variable	Parámetro que representa	Unidad
CGAP	Conductividad térmica del gap	W/cm C
RI	Radio interior de vaina	cm
RCB	Radio de la pastilla	cm
PSE	Presión de contacto pastilla-vaina	cm
RP	Radio plástico de la pastilla	cm
RF	Radio fundido de la pastilla	cm
TSM	Espesor del gap	cm
CF	Area de contacto pastilla-vaina	cm ²
AL	Longitud de la división axial	cm
CRORS	Integral de conductividad	W/cm
BUL	Quemado durante el Δt considerado	MWd/ton
BULT	Quemado total	MWd/ton
TMCO	Temperatura media en el combustible	C
- En la zona más solicitada de la vaina		
EZ1	Deformación axial en el radio interior	kg/cm ² " " " " " " " "
ET1	Deformación tangencial en el radio interior	
ER1	Deformación radial en el radio interior	
EQ1	Deformación equivalente en el radio interior	
EZ2	Deformación axial en el radio exterior	
ET2	Deformación tangencial en el radio exterior	
ER2	Deformación radial en el radio exterior	
EQ2	Deformación equivalente en el radio exterior	
SZI	Tensión axial en el radio interior	
STI	Tensión tangencial en el radio interior	
SRI	Tensión radial en el radio interior	
SEI	Tensión equivalente en el radio interior	
SZE	Tensión axial en el radio exterior	
STE	Tensión tangencial en el radio exterior	
SRE	Tensión radial en el radio exterior	
SEI	Tensión equivalente en el radio exterior	

```

C *****PIZZA *****
0001 DIMENSION RUL(5), RF(5), IIFUL(20), W(5), ISE(5), CROS(5), RTD(5)
0002 DIMENSION RSC(5), REF(5), RPS(5), PUS(5), PULF(5)
0003 DIMENSION REA(5), PEDIDU(5), ENIREG(5), FECHA1(5), FECHA2(5), OXIDU(4+0000040
      1), GAS(4)
0004 DIMENSION RPC1(5), RPC2(5), RPC3(5), RPC4(5), RPC5(5)
0005 COMMON TGI(5), IS(5), AT(5), AC(5), PSE(5), CGAP(5), CF(5)
0006 COMMON TC(5), W(5), W(5), X(5), AL(5)
0007 COMMON R(4), F(4), I(4), V(5+100), V2(5+100), IAV(5), IT2(5)
0008 COMMON TSM(5), IS1(5), IS2(5)
0009 1 CONTINUE
0010 READ(5,1010) IIFUL, PEDIDU, FECHA1, ENIREG, FECHA2, OXIDU, GAS
0011 1010 FORMAT(20A4, /, 2(15A4, 2A4, /), 2(4A4))
0012 2 CONTINUE
0013 READ(5,50) PAX, POKI, UCAN, IOLKA, ISALI
0014 READ(5,50) CONDU, VISC, PX
0015 3 CONTINUE
0016 READ(5,50) B, C, D, E, ZERO
0017 READ(5,50) FC, TOP, XN, RGI, DG, RUG1, RUG2
0018 READ(5,50) X, FAX4, TIN, DM, PI, APE, ADC
0019 READ(5,50) AL1, DS1, DS2, ON, PH, AL4, AL5
0020 READ(5,55) MAT, NL, NSTUP, NG, X, NRIL
0021 READ(5,50) TEL1, TEL2, TEL3, TEL4, F11, F12, F13, F14
0022 READ(5,50) (AL(L), L=1, NL)
0023 50 FORMAT(7E10.5)
0024 56 FORMAT(7I10)
0025 WRITE (6,1030) IIFUL, PEDIDU, FECHA1, ENIREG, FECHA2, OXIDU, GAS
0026 WRITE (6,1031) PAX, POKI, UCAN, IOLKA, ISALI
0027 WRITE (6,1031) CONDU, VISC, PX
0028 WRITE (6,1031) B, C, D, E, ZERO
0029 WRITE (6,1031) FC, TOP, XN, APE, DG, RUG1, RUG2
0030 WRITE (6,1031) X, FAX4, TIN, DM, PI, APE, ADC
0031 WRITE (6,1031) AL1, DS1, DS2, ON, PH, AL4, AL5
0032 WRITE (6,1032) MAT, NL, NSTUP, NG, X, NRIL
0033 WRITE (6,1031) TEL1, TEL2, TEL3, TEL4, F11, F12, F13, F14
0034 WRITE (6,1031) (AL(L), L=1, NL)
0035 1030 FORMAT(1H1, 10( / ), 2X, 15A4, 5A4, /, 5X, 2(4A4))
      1TRACAR//5X, 20A4, 2( /, 5A4, 15A4, 5A4, /, 5X, 2(4A4))
0036 1031 FORMAT(5X, 7( E10.5, 5X))
0037 1032 FORMAT( 5X, 7( I10, 5X))
0038 E1=ES+1.
0039 RQR=((RUG1**2+RUG2**2)*.5)**.25
0040 CRG=2.5*(RUG1+RUG2)*.001
0041 SR=3.*(RUG1+RUG2)
0042 RGE=RGI+DG
0043 RGM=(RGI+RGE)/2.
0044 EGAP=RGI-RS
0045 AL2=RGI-RS
0046 TP=1300.
0047 TF=2800.
0048 TGRAC=1+00.
0049 TDCMS=2200.
0050 ALCP=1.723E-4+(6.797E-6+2.376E-7*TP)*TP
0051 ALCF=1.723E-4+(6.797E-6+2.376E-7*TF)*TF
0052 TP=TP+ZERO
0053 TP4=TP**E1
0054 TF=TF+ZERO
0055 TF4=TF**E1

```

```

0056 C4=1./C 0000590
0057 D4=D/EL 0000500
0058 PGF=PI 0000610
0059 PGF1=PI 0000520
0060 VSUT=0 0000630
0061 SUM1=0 0000540
0062 XLAC=0. 0000650
0063 DLCS=0. 0000660
0064 DLRE=0. 0000670
0065 ITO=0 0000680
0066 NC=0 0000690
0067 PCGL=0. 0000700
0068 IT3=0 0000710
0069 POTMI=0. 0000720
0070 CINTMI=0. 0000730
0071 PRES=PREX*14.7 0000740
0072 TSAT=TSAT1*1.8+32. 0000750
0073 DEQ=(DCAN-2.)*(RGE 1)/30.43 0000760
0074 REV=PORT/((DCAN+2.)*RGE 1)*VISC*.325E-5 0000770
0075 COLB=.023*(CONDU/DEQ)*PR**.*RVE**.*8*(DCAN/12.*RGE 1)**.45 0000780
0076 FATP=2.2787E+6-5.1877E+6*(1.-TDP) 0000790
0077 IF(NSTUP)2001,2001,2002 0000800
0078 2001 CONTINUE 0000810
0079 CFA=0.2 0000820
0080 VALG=.8 0000830
0081 ESPQ=200. 0000840
0082 CATTR=.3 0000850
0083 GO TO 2003 0000860
0084 2002 CONTINUE 0000870
0085 CFA=0.0 0000880
0086 VALG=.5 0000890
0087 ESPQ=400. 0000900
0088 CATTR=.01 0000910
0089 2003 CONTINUE 0000920
0090 SUP=RG1*6.2832 0000930
0091 DP=(RS-FC)*.01 0000940
0092 IF(DS1)208,208,207 0000950
0093 208 RR=0. 0000960
0094 VDS=0. 0000970
0095 VDS1=0. 0000980
0096 GO TO 210 0000990
0097 209 CONTINUE 0001000
0098 RR=.5*(DS2+DS2/DS1+DS1) 0001010
0099 VDS=DS1+DS1*(RR-DS1/3.)*DN 0001020
0100 VDS1=VDS*3.14159 0001030
0101 VDS=VDS/(RS*RS*PH) 0001040
0102 210 CONTINUE 0001050
0103 VP=3.14159*SS**2.*PH-VDS1 0001060
0104 PP=10.76*TDP*VP 0001070
0105 RR2=RR*RR 0001080
0106 ALAM=0 0001090
0107 W1FC=0. 0001100
0108 IF(FAR*)309,309,308 0001110
0109 FRB=FAR*12.56636 0001120
0110 X1=0.1 0001130
0111 X2=20. 0001140
0112 C 0001150
      CALL CALX(FRB,RS,FC,X1,DFRB,DIRS,ALAM,W1FC,X1,X2) 0001160

```

0113	GO TO 9	00001170
0114	309 CONTINUE	00001180
0115	XRS=X*RS	00001190
0116	WRS=BIDF(XRS)	00001200
0117	WIRS=BILF(XRS)	00001210
0118	CALL BESK(XRS,0,WKRS,IER)	00001220
0119	CALL BESK(XRS,1,WKIRS,IER)	00001230
0120	IF(FC)5,5,4	00001240
0121	4 CONTINUE	00001250
0122	XFC=X*FC	00001260
0123	WFC=BIDF(XFC)	00001270
0124	WIFC=BILF(XFC)	00001280
0125	CALL BESK(XFC,1,WKIFC,IER)	00001290
0126	ALAM=WIFC/WKIFC	00001300
0127	DFRB=.5*XRS*(WIRS*WKIFC-WIFC*WKIRS)	00001310
0128	FRB=(WIFC*WKRS+WRS*WKIFC-(1./XFC))/DFRB	00001320
0129	GO TO 9	00001330
0130	5 CONTINUE	00001340
0131	DFRB=.5*XRS*WIRS	00001350
0132	FRB=(WRS-1.)/DFRB	00001360
0133	3 CONTINUE	00001370
0134	B5=X/(6.28318*RS*(WIRS-WIFC))	00001380
0135	FAR4=FRB/12.56636	00001390
0136	FG4=.0795/(RS*RS-FC*FC)	00001400
0137	TACB=0.	00001410
0138	DO 13 L=1,NL	00001420
0139	WM(L)=100000.	00001430
0140	RF(L)=0.	00001440
0141	RG(L)=0.	00001450
0142	RCF(L)=0.	00001460
0143	BULT(L)=0.	00001470
0144	TACB=TACB+AL(L)	00001480
0145	13 CONTINUE	00001490
0146	TEIR=0	00001500
0147	BU=0	00001510
0148	TAI1=0.	00001520
0149	TAI=0.	00001530
0150	ATAI=3.4797E-06/(RS*RS-FC*FC)*TDP*TACB	00001540
0151	DAI1=1./(.83*10.38*3.14159*IDP*RS*RS*TACB)	00001550
0152	DO 324 L=1,NL	00001560
0153	XLAC=XLAC+AL(L)	00001570
0154	BUS(L)=0.	00001580
0155	324 CONTINUE	00001590
0156	NUMP=XLAC/PH	00001600
0157	C PTAP ES EL PESO PROMEDIO (G) DE CADA IAPON MZFR	00001610
0158	PTAP=6.	00001620
0159	C PZY ES EL PESO DEL ZIRCALOY (G) DE LA BARRA (DENSIDAD DEL ZRY=6.57160000130	00001630
0160	PZY=(RGE**2.-RGI**2.)*3.14159*6.57*ALVA*2.*PTAP	00001640
0161	XNUMP=XLAC/PH	00001650
0162	PCOMB=XNUMP*PP	00001660
0163	PBA=PCOMB+PEY	00001670
0164	VALI=3.14159*RGI**2.*ALI	00001680
0165	C CALCULA EL VOLUMEN INICIAL	00001690
0166	VII=((ALI*RGI**4*G1)+TACB*(RGI*RGI-AS*RS+FC*FC)+DN*TACB*DS1*DS1*	00001700
0167	1(RR-DS1/3.)/PH)*3.14159	00001710
0168	C CALCULA GRAMOS MOL INICIALES	00001720
0169	VMI=VII*PI*273./298.	00001730
0170	ANMI=VMI/(273.*84.78)	00001740


```

0199 IF (TEIR-1152.)148,148,147 00002330
0200 147 TEIR=1152. 00002340
0201 148 CONTINUE 00002350
0202 DO 10 L=1,NL 00002360
0203 READ(5,50)W(L),WG(L),TGE(L) 00002370
0204 10 CONTINUE 00002380
0205 IT=0 00002390
0206 NCONF=0 00002400
0207 NCGNT=0 00002410
0208 PTM= 0. 00002420
0209 CINTM= 0. 00002430
0210 DO 20 L=1,NL 00002440
0211 W(L)=W(L)*QL 00002450
0212 WG(L)=WG(L)*Q1 00002460
0213 WUI=(W(L)+WG(L)) 00002470
0214 IT2(L)=1 00002480
0215 IF(WML)-W(L)-WG(L))102,101,101 00002490
0216 101 IT2(L)=0 00002500
0217 102 CONTINUE 00002510
C 00002520
C 00002530
C CALCULA LA POTENCIA MEDIA EN LA BARRA
0218 W(L)=W(L)+WG(L) 00002540
0219 PTM= PTM+AL(L)*W(L) 00002550
0220 IF (TGE(L))12,12,14 00002560
0221 12 CONTINUE 00002570
0222 CALL TIDRA(PRES,PORT,DCAN,IGULK,TSAT,CONDU,VISC,PR,TE,RGE,WUI,DEW, 00002580
      REY,COLB) 00002590
0223 TGE(L)=TE 00002600
0224 14 CWR=(W(L)+WG(L))*ALDG(RGE/RGI)/5.2832 00002610
0225 IF (MAT)72,15,16 00002620
0226 72 TGI(L)=CWR/2.05+TGE(L) 00002630
0227 GO TO 19 00002640
0228 15 TGI(L)=(-.1145+SQRT(2.*1.42E-4+CWR*(.1145+1.425E-4+TGE(L))*2))/1. 00002650
      1425E-4 00002660
0229 GO TO 18 00002670
0230 16 TGI(L)=(-.1501+SQRT(2.*1.34E-4+CWR*(.1501+1.34E-4+TGE(L))*2))/1. 00002680
      3000E-4 00002690
0231 18 CONTINUE 00002700
C 00002710
C CALCULA LA INTEGRAL DE CONDUCTIVIDAD MEDIA
0232 CRORS(L)=PAR4*W(L)+.0735*WG(L) 00002720
0233 CINTM= CINTM+AL(L)*CRORS(L) 00002730
0234 512 CONTINUE 00002740
0235 TS(L)=TGI(L) 00002750
0236 RCB(L)=RS 00002760
0237 RI(L)=RGI 00002770
0238 PSE(L)=0. 00002780
0239 20 CONTINUE 00002790
0240 PTM=PTM/XLAC 00002800
0241 CINTM=CINTM/XLAC 00002810
0242 CALL GAP(ANHL,ANHR,APR,B+C,D,ES,ZERO,CFA,NL,CRG,RQR,WG,MAI,SR,TEIR, 00002820
      1,AL2,VALG,ESPO) 00002830
C 00002840
C 00002850
C 110 CONTINUE 00002860
0243 DO 133 L=1,NL 00002870
0244 TS1(L)=TGI(L) 00002880
0245 TS(L)=TGI(L)+(W(L)+WG(L))/(SUP*CGAP(L)) 00002890
0246 TS2(L)=TP-ZERO-20. 00002900
0247 00002900

```

```

0248 IF(TS(L)-TS2(L))121,121,120 00002510
0249 120 TS(L)=TS2(L) 00002920
0250 121 CONTINUE 00002930
0251 133 CONTINUE 00002940
0252 IF(I1)113,113,111 00002950
0253 111 CONTINUE 00002960
0254 C 00002970
0255 DO 112 L=1,NL 00002980
0256 AA=(H(L)+W(L))*DK11+DTIR*AL(L) 00002990
0257 BU=BU+AA 00003000
0258 BUL(L)=AA*TACB/AL(L) 00003010
0259 BUL(L)=BUL(L)+BUL(L) 00003020
0260 BUS(L)=BUS(L)+AA 00003030
0261 TAI=TAI+ATAI*AA/DK11 00003040
0262 112 CONTINUE 00003050
0263 TAIL=TAIL+ATAI*TACB+DTIR*(W(NF)+W(NF)) 00003060
0264 WRITEIR=TEIR 00003070
0265 113 CONTINUE 00003080
0266 C 00003090
0267 125 CONTINUE 00003100
0268 COMIENZA ITERACIONES SOBRE TS(L) 00003110
0269 SUM5=0 00003120
0270 DTMB1=100000. 00003130
0271 DO 30 L=1,NL 00003140
0272 C 00003150
0273 ***** RILGF ***** 00003160
0274 C A L L RILGF (B,C,D4,E1,ZERO,RS,FC,PH,DM,DSL,US2,WC,RR,RZ2,00003170
0275 1BK,ALAM,IER,X,B5,FAR4,FG4,DFRB,RRS,WIFC,WK1FC,F11,F12,F13,F1400003180
0276 2,TF1,TF2,TF3,DP,DTIR,ITO,IT,NL,L,VIGP,SUM5,NRIL) 00003190
0277 T1=TS(L) 00003200
0278 TK1=T1+ZERO 00003210
0279 TS4=(T1+ZERO)*E1 00003220
0280 CTFTS=C4*ALOG((B+C*TF1)/(B+C*TK1))+D4*(TF1-TS4) 00003230
0281 IF(CTFTS-CRORS(L))25,26,26 00003240
0282 25 CALL CRIRS(CTFTS,RS,FC,W(L),WG(L),DFRB,FG4,RF1,WRS,WIFC,WK1FC,00003250
0283 1,X) 00003260
0284 TC(L)=TF-ZERO 00003270
0285 RF(L)=RF1 00003280
0286 GO TO 29 00003290
0287 C 00003300
0288 ***** CICTS ***** 00003310
0289 26 CALL CICTS(CRORS(L),TK1,TF,B,C,D,TCL,ZERO,E1,C4,D4) 00003320
0290 RF(L)=0. 00003330
0291 TC(L)=TCL 00003340
0292 29 CONTINUE 00003350
0293 RTD(L)=0. 00003360
0294 IF(TCL-TDEMS)129,129,327 00003370
0295 327 TGCTS=C4*ALOG((B+C*(TDENS+ZERO))/(B+C*TK1))+D4*(TDENS+ZERO)***-TS00003380
0296 14) 00003390
0297 CALL CRIRS(TGCTS,RS,FC,W(L),WG(L),DFRB,FG4,RTD(L),WRS,WIFC,WK1FC,00003400
0298 11FC,X) 00003410
0299 129 CONTINUE 00003420
0300 IF(TCL-TGRAC)126,126,127 00003430
0301 126 RGC(L)=0. 00003440
0302 IF(TC(L)-TIN)227,227,425 00003450
0303 227 RTS(L)=0. 00003460
0304 IF(TC(L)-TP+ZERO)623,623,624 00003470
0305 623 RP(L)=0. 00003480

```

```

0294      GO TO 226      0003490
0295      127 CONTINUE   0003500
0296      TGCT5=C+ALOG((B+C*(TGAC+ZERO))/(B+C*TK1))+D4*(TSRAC+ZER0)++4-TSGC003510
14)      CALL CRIRS(TGCT5,RS,FC,W(L),WG(L),DFRS,FG4,KG(L),WRS,WIFC,WKRS,WK0003520
11FC,X)      0003530
0297      425 TINTS=C+ALOG((B+C*(TIN+ZERO))/(B+C*TK1))+D4*(TIN+ZERO)**4-TS4) 0003540
0298      CALL CRIRS(TINTS,RS,FC,W(L),WG(L),DFRS,FG4,KG(L),WRS,WIFC,WKRS,WK0003550
11FC,X)      0003560
0300      624 CONTINUE   0003570
0301      IF (TP-TK1)224,224,225      0003580
0302      224 CONTINUE   0003590
0303      RP(L)=RS      0003600
0304      GO TO 226      0003610
0305      225 CONTINUE   0003620
0306      CTPTS=C+ALOG((B+C*TP)/(B+C*TK1))+D4*(TP4-TS4) 0003630
C      ***** CRIRS ***** 0003640
C      CALL CRIRS(CTPTS,RS,FC,W(L),WG(L),DFRS,FG4,RPL,WRS,WIFC,WKRS,WK1FC0003650
1,X)      0003660
0307      RP(L)=RPL      0003670
0308      226 CONTINUE   0003680
0309      T8=1050.+ZERO      0003690
0310      T84=T8**4      0003700
0311      CTPTS=C+ALOG((B+C*TP)/(B+C*TK1))+D4*(T84-TS4) 0003710
0312      CALL CRIRS(CTPTS,RS,FC,W(L),WG(L),DFRS,FG4,KG(L),WRS,WIFC,WKRS,WK1FC0003720
1X)      0003730
C      ***** RPCA ***** 0003740
C      CALL RPCTP(TS(L),RS,RPL,RF(L),ALCF,PC,ZERO,FC,WDS,TD0003750
1P,RF,RCCL),RTD(L),RCCL,RC2,RC3,RC4,KG) 0003760
C      ***** SNEB ***** 0003770
C      IF (IT)467,467,466      0003780
466 CONTINUE      0003790
CALL SNEB(KTS(L),FC,RP(L),RS,TUP,BUS(L),VDSL,PH,DRSW,W(L),DTMBU,0003800
IRG1,RCB(L))      0003810
C      467 CONTINUE      0003820
IF (DTMBU-DTMB1) 471,471,472      0003830
471 DTMB1=DTMBU      0003840
472 CONTINUE      0003850
RPC1(L)=RRC1      0003860
RPC2(L)=RRC2      0003870
RPC3(L)=RRC3      0003880
RPC4(L)=RRC4      0003890
RPC5(L)=RPC+DRSW      0003900
RCB(L)=RPC      0003910
RCF(L)=RFC      0003920
30 CONTINUE      0003930
ANM4=AVM1*(SUM1+SUM5)/VNI      0003940
SUM6=SUM1+SUM5      0003950
C      COMIENZA ITERACIONES SOBRE PRESION GASES DE FISION      0003960
C      0004010
C      0004020
C      0004030
C      0004040
C      0004050
0332      35 CONTINUE   0004060
0333      DAV=0.

```

```

0334 60 DO 64 L=1,NL 00004070
0335   WMI=WIL)+WGLL) 00004080
0336   TGI=TE(L) 00004090
0337   TSE=TS(L) 00004100
0338   XAL=XAL(L) 00004110
          C 00004120
          C 00004130
          C 00004140
          C 00004150
0339   CALL ZIRCA(WMI,RGI,RGE,TGI(L),TSE(L),PREX,PGF,RGM,PSI,CATTA,RP(L),00004160
          IRCBL),FC,TSE,FATTP,NF,SRI,STL,SZ1,SEQ1,SR2,SEQ2,SR3,SEQ3,SR4,SEQ4,SR5,SEQ5,SR6,SEQ6,SR7,SEQ7,SR8,SEQ8,SR9,SEQ9,SR10,SEQ10,SR11,SEQ11,SR12,SEQ12,SR13,SEQ13,SR14,SEQ14,SR15,SEQ15,SR16,SEQ16,SR17,SEQ17,SR18,SEQ18,SR19,SEQ19,SR20,SEQ20,SR21,SEQ21,SR22,SEQ22,SR23,SEQ23,SR24,SEQ24,SR25,SEQ25,SR26,SEQ26,SR27,SEQ27,SR28,SEQ28,SR29,SEQ29,SR30,SEQ30,SR31,SEQ31,SR32,SEQ32,SR33,SEQ33,SR34,SEQ34,SR35,SEQ35,SR36,SEQ36,SR37,SEQ37,SR38,SEQ38,SR39,SEQ39,SR40,SEQ40,SR41,SEQ41,SR42,SEQ42,SR43,SEQ43,SR44,SEQ44,SR45,SEQ45,SR46,SEQ46,SR47,SEQ47,SR48,SEQ48,SR49,SEQ49,SR50,SEQ50,SR51,SEQ51,SR52,SEQ52,SR53,SEQ53,SR54,SEQ54,SR55,SEQ55,SR56,SEQ56,SR57,SEQ57,SR58,SEQ58,SR59,SEQ59,SR60,SEQ60,SR61,SEQ61,SR62,SEQ62,SR63,SEQ63,SR64,SEQ64,SR65,SEQ65,SR66,SEQ66,SR67,SEQ67,SR68,SEQ68,SR69,SEQ69,SR70,SEQ70,SR71,SEQ71,SR72,SEQ72,SR73,SEQ73,SR74,SEQ74,SR75,SEQ75,SR76,SEQ76,SR77,SEQ77,SR78,SEQ78,SR79,SEQ79,SR80,SEQ80,SR81,SEQ81,SR82,SEQ82,SR83,SEQ83,SR84,SEQ84,SR85,SEQ85,SR86,SEQ86,SR87,SEQ87,SR88,SEQ88,SR89,SEQ89,SR90,SEQ90,SR91,SEQ91,SR92,SEQ92,SR93,SEQ93,SR94,SEQ94,SR95,SEQ95,SR96,SEQ96,SR97,SEQ97,SR98,SEQ98,SR99,SEQ99,SR100,SEQ100,SR101,SEQ101,SR102,SEQ102,SR103,SEQ103,SR104,SEQ104,SR105,SEQ105,SR106,SEQ106,SR107,SEQ107,SR108,SEQ108,SR109,SEQ109,SR110,SEQ110,SR111,SEQ111,SR112,SEQ112,SR113,SEQ113,SR114,SEQ114,SR115,SEQ115,SR116,SEQ116,SR117,SEQ117,SR118,SEQ118,SR119,SEQ119,SR120,SEQ120,SR121,SEQ121,SR122,SEQ122,SR123,SEQ123,SR124,SEQ124,SR125,SEQ125,SR126,SEQ126,SR127,SEQ127,SR128,SEQ128,SR129,SEQ129,SR130,SEQ130,SR131,SEQ131,SR132,SEQ132,SR133,SEQ133,SR134,SEQ134,SR135,SEQ135,SR136,SEQ136,SR137,SEQ137,SR138,SEQ138,SR139,SEQ139,SR140,SEQ140,SR141,SEQ141,SR142,SEQ142,SR143,SEQ143,SR144,SEQ144,SR145,SEQ145,SR146,SEQ146,SR147,SEQ147,SR148,SEQ148,SR149,SEQ149,SR150,SEQ150,SR151,SEQ151,SR152,SEQ152,SR153,SEQ153,SR154,SEQ154,SR155,SEQ155,SR156,SEQ156,SR157,SEQ157,SR158,SEQ158,SR159,SEQ159,SR160,SEQ160,SR161,SEQ161,SR162,SEQ162,SR163,SEQ163,SR164,SEQ164,SR165,SEQ165,SR166,SEQ166,SR167,SEQ167,SR168,SEQ168,SR169,SEQ169,SR170,SEQ170,SR171,SEQ171,SR172,SEQ172,SR173,SEQ173,SR174,SEQ174,SR175,SEQ175,SR176,SEQ176,SR177,SEQ177,SR178,SEQ178,SR179,SEQ179,SR180,SEQ180,SR181,SEQ181,SR182,SEQ182,SR183,SEQ183,SR184,SEQ184,SR185,SEQ185,SR186,SEQ186,SR187,SEQ187,SR188,SEQ188,SR189,SEQ189,SR190,SEQ190,SR191,SEQ191,SR192,SEQ192,SR193,SEQ193,SR194,SEQ194,SR195,SEQ195,SR196,SEQ196,SR197,SEQ197,SR198,SEQ198,SR199,SEQ199,SR200,SEQ200,SR201,SEQ201,SR202,SEQ202,SR203,SEQ203,SR204,SEQ204,SR205,SEQ205,SR206,SEQ206,SR207,SEQ207,SR208,SEQ208,SR209,SEQ209,SR210,SEQ210,SR211,SEQ211,SR212,SEQ212,SR213,SEQ213,SR214,SEQ214,SR215,SEQ215,SR216,SEQ216,SR217,SEQ217,SR218,SEQ218,SR219,SEQ219,SR220,SEQ220,SR221,SEQ221,SR222,SEQ222,SR223,SEQ223,SR224,SEQ224,SR225,SEQ225,SR226,SEQ226,SR227,SEQ227,SR228,SEQ228,SR229,SEQ229,SR230,SEQ230,SR231,SEQ231,SR232,SEQ232,SR233,SEQ233,SR234,SEQ234,SR235,SEQ235,SR236,SEQ236,SR237,SEQ237,SR238,SEQ238,SR239,SEQ239,SR240,SEQ240,SR241,SEQ241,SR242,SEQ242,SR243,SEQ243,SR244,SEQ244,SR245,SEQ245,SR246,SEQ246,SR247,SEQ247,SR248,SEQ248,SR249,SEQ249,SR250,SEQ250,SR251,SEQ251,SR252,SEQ252,SR253,SEQ253,SR254,SEQ254,SR255,SEQ255,SR256,SEQ256,SR257,SEQ257,SR258,SEQ258,SR259,SEQ259,SR260,SEQ260,SR261,SEQ261,SR262,SEQ262,SR263,SEQ263,SR264,SEQ264,SR265,SEQ265,SR266,SEQ266,SR267,SEQ267,SR268,SEQ268,SR269,SEQ269,SR270,SEQ270,SR271,SEQ271,SR272,SEQ272,SR273,SEQ273,SR274,SEQ274,SR275,SEQ275,SR276,SEQ276,SR277,SEQ277,SR278,SEQ278,SR279,SEQ279,SR280,SEQ280,SR281,SEQ281,SR282,SEQ282,SR283,SEQ283,SR284,SEQ284,SR285,SEQ285,SR286,SEQ286,SR287,SEQ287,SR288,SEQ288,SR289,SEQ289,SR290,SEQ290,SR291,SEQ291,SR292,SEQ292,SR293,SEQ293,SR294,SEQ294,SR295,SEQ295,SR296,SEQ296,SR297,SEQ297,SR298,SEQ298,SR299,SEQ299,SR300,SEQ300,SR301,SEQ301,SR302,SEQ302,SR303,SEQ303,SR304,SEQ304,SR305,SEQ305,SR306,SEQ306,SR307,SEQ307,SR308,SEQ308,SR309,SEQ309,SR310,SEQ310,SR311,SEQ311,SR312,SEQ312,SR313,SEQ313,SR314,SEQ314,SR315,SEQ315,SR316,SEQ316,SR317,SEQ317,SR318,SEQ318,SR319,SEQ319,SR320,SEQ320,SR321,SEQ321,SR322,SEQ322,SR323,SEQ323,SR324,SEQ324,SR325,SEQ325,SR326,SEQ326,SR327,SEQ327,SR328,SEQ328,SR329,SEQ329,SR330,SEQ330,SR331,SEQ331,SR332,SEQ332,SR333,SEQ333,SR334,SEQ334,SR335,SEQ335,SR336,SEQ336,SR337,SEQ337,SR338,SEQ338,SR339,SEQ339,SR340,SEQ340,SR341,SEQ341,SR342,SEQ342,SR343,SEQ343,SR344,SEQ344,SR345,SEQ345,SR346,SEQ346,SR347,SEQ347,SR348,SEQ348,SR349,SEQ349,SR350,SEQ350,SR351,SEQ351,SR352,SEQ352,SR353,SEQ353,SR354,SEQ354,SR355,SEQ355,SR356,SEQ356,SR357,SEQ357,SR358,SEQ358,SR359,SEQ359,SR360,SEQ360,SR361,SEQ361,SR362,SEQ362,SR363,SEQ363,SR364,SEQ364,SR365,SEQ365,SR366,SEQ366,SR367,SEQ367,SR368,SEQ368,SR369,SEQ369,SR370,SEQ370,SR371,SEQ371,SR372,SEQ372,SR373,SEQ373,SR374,SEQ374,SR375,SEQ375,SR376,SEQ376,SR377,SEQ377,SR378,SEQ378,SR379,SEQ379,SR380,SEQ380,SR381,SEQ381,SR382,SEQ382,SR383,SEQ383,SR384,SEQ384,SR385,SEQ385,SR386,SEQ386,SR387,SEQ387,SR388,SEQ388,SR389,SEQ389,SR390,SEQ390,SR391,SEQ391,SR392,SEQ392,SR393,SEQ393,SR394,SEQ394,SR395,SEQ395,SR396,SEQ396,SR397,SEQ397,SR398,SEQ398,SR399,SEQ399,SR400,SEQ400,SR401,SEQ401,SR402,SEQ402,SR403,SEQ403,SR404,SEQ404,SR405,SEQ405,SR406,SEQ406,SR407,SEQ407,SR408,SEQ408,SR409,SEQ409,SR410,SEQ410,SR411,SEQ411,SR412,SEQ412,SR413,SEQ413,SR414,SEQ414,SR415,SEQ415,SR416,SEQ416,SR417,SEQ417,SR418,SEQ418,SR419,SEQ419,SR420,SEQ420,SR421,SEQ421,SR422,SEQ422,SR423,SEQ423,SR424,SEQ424,SR425,SEQ425,SR426,SEQ426,SR427,SEQ427,SR428,SEQ428,SR429,SEQ429,SR430,SEQ430,SR431,SEQ431,SR432,SEQ432,SR433,SEQ433,SR434,SEQ434,SR435,SEQ435,SR436,SEQ436,SR437,SEQ437,SR438,SEQ438,SR439,SEQ439,SR440,SEQ440,SR441,SEQ441,SR442,SEQ442,SR443,SEQ443,SR444,SEQ444,SR445,SEQ445,SR446,SEQ446,SR447,SEQ447,SR448,SEQ448,SR449,SEQ449,SR450,SEQ450,SR451,SEQ451,SR452,SEQ452,SR453,SEQ453,SR454,SEQ454,SR455,SEQ455,SR456,SEQ456,SR457,SEQ457,SR458,SEQ458,SR459,SEQ459,SR460,SEQ460,SR461,SEQ461,SR462,SEQ462,SR463,SEQ463,SR464,SEQ464,SR465,SEQ465,SR466,SEQ466,SR467,SEQ467,SR468,SEQ468,SR469,SEQ469,SR470,SEQ470,SR471,SEQ471,SR472,SEQ472,SR473,SEQ473,SR474,SEQ474,SR475,SEQ475,SR476,SEQ476,SR477,SEQ477,SR478,SEQ478,SR479,SEQ479,SR480,SEQ480,SR481,SEQ481,SR482,SEQ482,SR483,SEQ483,SR484,SEQ484,SR485,SEQ485,SR486,SEQ486,SR487,SEQ487,SR488,SEQ488,SR489,SEQ489,SR490,SEQ490,SR491,SEQ491,SR492,SEQ492,SR493,SEQ493,SR494,SEQ494,SR495,SEQ495,SR496,SEQ496,SR497,SEQ497,SR498,SEQ498,SR499,SEQ499,SR500,SEQ500,SR501,SEQ501,SR502,SEQ502,SR503,SEQ503,SR504,SEQ504,SR505,SEQ505,SR506,SEQ506,SR507,SEQ507,SR508,SEQ508,SR509,SEQ509,SR510,SEQ510,SR511,SEQ511,SR512,SEQ512,SR513,SEQ513,SR514,SEQ514,SR515,SEQ515,SR516,SEQ516,SR517,SEQ517,SR518,SEQ518,SR519,SEQ519,SR520,SEQ520,SR521,SEQ521,SR522,SEQ522,SR523,SEQ523,SR524,SEQ524,SR525,SEQ525,SR526,SEQ526,SR527,SEQ527,SR528,SEQ528,SR529,SEQ529,SR530,SEQ530,SR531,SEQ531,SR532,SEQ532,SR533,SEQ533,SR534,SEQ534,SR535,SEQ535,SR536,SEQ536,SR537,SEQ537,SR538,SEQ538,SR539,SEQ539,SR540,SEQ540,SR541,SEQ541,SR542,SEQ542,SR543,SEQ543,SR544,SEQ544,SR545,SEQ545,SR546,SEQ546,SR547,SEQ547,SR548,SEQ548,SR549,SEQ549,SR550,SEQ550,SR551,SEQ551,SR552,SEQ552,SR553,SEQ553,SR554,SEQ554,SR555,SEQ555,SR556,SEQ556,SR557,SEQ557,SR558,SEQ558,SR559,SEQ559,SR560,SEQ560,SR561,SEQ561,SR562,SEQ562,SR563,SEQ563,SR564,SEQ564,SR565,SEQ565,SR566,SEQ566,SR567,SEQ567,SR568,SEQ568,SR569,SEQ569,SR570,SEQ570,SR571,SEQ571,SR572,SEQ572,SR573,SEQ573,SR574,SEQ574,SR575,SEQ575,SR576,SEQ576,SR577,SEQ577,SR578,SEQ578,SR579,SEQ579,SR580,SEQ580,SR581,SEQ581,SR582,SEQ582,SR583,SEQ583,SR584,SEQ584,SR585,SEQ585,SR586,SEQ586,SR587,SEQ587,SR588,SEQ588,SR589,SEQ589,SR590,SEQ590,SR591,SEQ591,SR592,SEQ592,SR593,SEQ593,SR594,SEQ594,SR595,SEQ595,SR596,SEQ596,SR597,SEQ597,SR598,SEQ598,SR599,SEQ599,SR600,SEQ600,SR601,SEQ601,SR602,SEQ602,SR603,SEQ603,SR604,SEQ604,SR605,SEQ605,SR606,SEQ606,SR607,SEQ607,SR608,SEQ608,SR609,SEQ609,SR610,SEQ610,SR611,SEQ611,SR612,SEQ612,SR613,SEQ613,SR614,SEQ614,SR615,SEQ615,SR616,SEQ616,SR617,SEQ617,SR618,SEQ618,SR619,SEQ619,SR620,SEQ620,SR621,SEQ621,SR622,SEQ622,SR623,SEQ623,SR624,SEQ624,SR625,SEQ625,SR626,SEQ626,SR627,SEQ627,SR628,SEQ628,SR629,SEQ629,SR630,SEQ630,SR631,SEQ631,SR632,SEQ632,SR633,SEQ633,SR634,SEQ634,SR635,SEQ635,SR636,SEQ636,SR637,SEQ637,SR638,SEQ638,SR639,SEQ639,SR640,SEQ640,SR641,SEQ641,SR642,SEQ642,SR643,SEQ643,SR644,SEQ644,SR645,SEQ645,SR646,SEQ646,SR647,SEQ647,SR648,SEQ648,SR649,SEQ649,SR650,SEQ650,SR651,SEQ651,SR652,SEQ652,SR653,SEQ653,SR654,SEQ654,SR655,SEQ655,SR656,SEQ656,SR657,SEQ657,SR658,SEQ658,SR659,SEQ659,SR660,SEQ660,SR661,SEQ661,SR662,SEQ662,SR663,SEQ663,SR664,SEQ664,SR665,SEQ665,SR666,SEQ666,SR667,SEQ667,SR668,SEQ668,SR669,SEQ669,SR670,SEQ670,SR671,SEQ671,SR672,SEQ672,SR673,SEQ673,SR674,SEQ674,SR675,SEQ675,SR676,SEQ676,SR677,SEQ677,SR678,SEQ678,SR679,SEQ679,SR680,SEQ680,SR681,SEQ681,SR682,SEQ682,SR683,SEQ683,SR684,SEQ684,SR685,SEQ685,SR686,SEQ686,SR687,SEQ687,SR688,SEQ688,SR689,SEQ689,SR690,SEQ690,SR691,SEQ691,SR692,SEQ692,SR693,SEQ693,SR694,SEQ694,SR695,SEQ695,SR696,SEQ696,SR697,SEQ697,SR698,SEQ698,SR699,SEQ699,SR700,SEQ700,SR701,SEQ701,SR702,SEQ702,SR703,SEQ703,SR704,SEQ704,SR705,SEQ705,SR706,SEQ706,SR707,SEQ707,SR708,SEQ708,SR709,SEQ709,SR710,SEQ710,SR711,SEQ711,SR712,SEQ712,SR713,SEQ713,SR714,SEQ714,SR715,SEQ715,SR716,SEQ716,SR717,SEQ717,SR718,SEQ718,SR719,SEQ719,SR720,SEQ720,SR721,SEQ721,SR722,SEQ722,SR723,SEQ723,SR724,SEQ724,SR725,SEQ725,SR726,SEQ726,SR727,SEQ727,SR728,SEQ728,SR729,SEQ729,SR730,SEQ730,SR731,SEQ731,SR732,SEQ732,SR733,SEQ733,SR734,SEQ734,SR735,SEQ735,SR736,SEQ736,SR737,SEQ737,SR738,SEQ738,SR739,SEQ739,SR740,SEQ740,SR741,SEQ741,SR742,SEQ742,SR743,SEQ743,SR744,SEQ744,SR745,SEQ745,SR746,SEQ746,SR747,SEQ747,SR748,SEQ748,SR749,SEQ749,SR750,SEQ750,SR751,SEQ751,SR752,SEQ752,SR753,SEQ753,SR754,SEQ754,SR755,SEQ755,SR756,SEQ756,SR757,SEQ757,SR758,SEQ758,SR759,SEQ759,SR760,SEQ760,SR761,SEQ761,SR762,SEQ762,SR763,SEQ763,SR764,SEQ764,SR765,SEQ765,SR766,SEQ766,SR767,SEQ767,SR768,SEQ768,SR769,SEQ769,SR770,SEQ770,SR771,SEQ771,SR772,SEQ772,SR773,SEQ773,SR774,SEQ774,SR775,SEQ775,SR776,SEQ776,SR777,SEQ777,SR778,SEQ778,SR779,SEQ779,SR780,SEQ780,SR781,SEQ781,SR782,SEQ782,SR783,SEQ783,SR784,SEQ784,SR785,SEQ785,SR786,SEQ786,SR787,SEQ787,SR788,SEQ788,SR789,SEQ789,SR790,SEQ790,SR791,SEQ791,SR792,SEQ792,SR793,SEQ793,SR794,SEQ794,SR795,SEQ795,SR796,SEQ796,SR797,SEQ797,SR798,SEQ798,SR799,SEQ799,SR800,SEQ800,SR801,SEQ801,SR802,SEQ802,SR803,SEQ803,SR804,SEQ804,SR805,SEQ805,SR806,SEQ806,SR807,SEQ807,SR808,SEQ808,SR809,SEQ809,SR810,SEQ810,SR811,SEQ811,SR812,SEQ812,SR813,SEQ813,SR814,SEQ814,SR815,SEQ815,SR816,SEQ816,SR817,SEQ817,SR818,SEQ818,SR819,SEQ819,SR820,SEQ820,SR821,SEQ821,SR822,SEQ822,SR823,SEQ823,SR824,SEQ824,SR825,SEQ825,SR826,SEQ826,SR827,SEQ827,SR828,SEQ828,SR829,SEQ829,SR830,SEQ830,SR831,SEQ831,SR832,SEQ832,SR833,SEQ833,SR834,SEQ834,SR835,SEQ835,SR836,SEQ836,SR837,SEQ837,SR838,SEQ838,SR839,SEQ839,SR840,SEQ840,SR841,SEQ841,SR842,SEQ842,SR843,SEQ843,SR844,SEQ844,SR845,SEQ845,SR846,SEQ846,SR847,SEQ847,SR848,SEQ848,SR849,SEQ849,SR850,SEQ850,SR851,SEQ851,SR852,SEQ852,SR853,SEQ853,SR854,SEQ854,SR855,SEQ855,SR856,SEQ856,SR857,SEQ857,SR858,SEQ858,SR859,SEQ859,SR860,SEQ860,SR861,SEQ861,SR862,SEQ862,SR863,SEQ863,SR864,SEQ864,SR865,SEQ865,SR866,SEQ866,SR867,SEQ867,SR868,SEQ868,SR869,SEQ869,SR870,SEQ870,SR871,SEQ871,SR872,SEQ872,SR873,SEQ873,SR874,SEQ874,SR875,SEQ875,SR876,SEQ876,SR877,SEQ877,SR878,SEQ878,SR879,SEQ879,SR880,SEQ880,SR881,SEQ881,SR882,SEQ882,SR883,SEQ883,SR884,SEQ884,SR885,SEQ885,SR886,SEQ886,SR887,SEQ887,SR888,SEQ888,SR889,SEQ889,SR890,SEQ890,SR891,SEQ891,SR892,SEQ892,SR893,SEQ893,SR894,SEQ894,SR895,SEQ895,SR896,SEQ896,SR897,SEQ897,SR898,SEQ898,SR899,SEQ899,SR900,SEQ900,SR901,SEQ901,SR902,SEQ902,SR903,SEQ903,SR904,SEQ904,SR905,SEQ905,SR906,SEQ906,SR907,SEQ907,SR908,SEQ908,SR909,SEQ909,SR910,SEQ910,SR911,SEQ911,SR912,SEQ912,SR913,SEQ913,SR914,SEQ914,SR915,SEQ915,SR916,SEQ916,SR917,SEQ917,SR918,SEQ918,SR919,SEQ919,SR920,SEQ920,SR921,SEQ921,SR922,SEQ922,SR923,SEQ923,SR924,SEQ924,SR925,SEQ925,SR926,SEQ926,SR927,SEQ927,SR928,SEQ928,SR929,SEQ929,SR930,SEQ930,SR931,SEQ931,SR932,SEQ932,SR933,SEQ933,SR934,SEQ934,SR935,SEQ935,SR936,SEQ936,SR937,SEQ937,SR938,SEQ938,SR939,SEQ939,SR940,SEQ940,SR941,SEQ941,SR942,SEQ942,SR943,SEQ943,SR944,SEQ944,SR945,SEQ945,SR946,SEQ946,SR947,SEQ947,SR948,SEQ948,SR949,SEQ949,SR950,SEQ950,SR951,SEQ951,SR952,SEQ952,SR953,SEQ953,SR954,SEQ954,SR955,SEQ955,SR956,SEQ956,SR957,SEQ957,SR958,SEQ958,SR959,SEQ959,SR960,SEQ960,SR961,SEQ961,SR962,SEQ962,SR963,SEQ963,SR964,SEQ964,SR965,SEQ965,SR966,SEQ966,SR967,SEQ967,SR968,SEQ968,SR969,SEQ969,SR970,SEQ970,SR971,SEQ971,SR972,SEQ972,SR973,SEQ973,SR974,SEQ974,SR975,SEQ975,SR976,SEQ976,SR977,SEQ977,SR978,SEQ978,SR979,SEQ979,SR980,SEQ980,SR981,SEQ981,SR982,SEQ982,SR983,SEQ983,SR984,SEQ984,SR985,SEQ985,SR986,SEQ986,SR987,SEQ987,SR988,SEQ988,SR989,SEQ989,SR990,SEQ990,SR991,SEQ991,SR992,SEQ992,SR993,SEQ993,SR994,SEQ994,SR995,SEQ995,SR996,SEQ996,SR997,SEQ997,SR998,SEQ998,SR999,SEQ999,SR1000,SEQ1000,SR1001,SEQ1001,SR1002,SEQ1002,SR1003,SEQ1003,SR1004,SEQ1004,SR1005,SEQ1005,SR1006,SEQ1006,SR1007,SEQ1007,SR1008,SEQ1008,SR1009,SEQ1009,SR1010,SEQ1010,SR1011,SEQ1011,SR1012,SEQ1012,SR1013,SEQ1013,SR1014,SEQ1014,SR1015,SEQ1015,SR1016,SEQ1016,SR1017,SEQ1017,SR1018,SEQ1018,SR1019,SEQ1019,SR1020,SEQ1020,SR1021,SEQ1021,SR1022,SEQ1022,SR1023,SEQ1023,SR1024,SEQ1024,SR1025,SEQ1025,SR1026,SEQ1026,SR1027,SEQ1027,SR1028,SEQ1028,SR1029,SEQ1029,SR1030,SEQ1030,SR1031,SEQ1031,SR1032,SEQ1032,SR1033,SEQ1033,SR1034,SEQ1034,SR1035,SEQ1035,SR1036,SEQ1036,SR1037,SEQ1037,SR1038,SEQ1038,SR1039,SEQ1039,SR1040,SEQ1040,SR1041,SEQ1041,SR1042,SEQ1042,SR1043,SEQ1043,SR1044,SEQ1044,SR1045,SEQ1045,SR1046,SEQ1046,SR1047,SEQ1047,SR1048,SEQ1048,SR1049,SEQ1049,SR1050,SEQ1050,SR1051,SEQ1051,SR1052,SEQ1052,SR1053,SEQ1053,SR1054,SEQ1054,SR1055,SEQ1055,SR1056,SEQ1056,SR1057,SEQ1057,SR1058,SEQ1058,SR1059,SEQ1059,SR1060,SEQ1060,SR1061,SEQ1061,SR1062,SEQ1062,SR1063,SEQ1063,SR1064,SEQ1064,SR1065,SEQ1065,SR1066,SEQ1066,SR1067,SEQ1067,SR1068,SEQ1068,SR1069,SEQ1069,SR1070,SEQ1070,SR1071,SEQ1071,SR1072,SEQ1072,SR1073,SEQ1073,SR1074,SEQ1074,SR1075,SEQ1075,SR1076,SEQ1076,SR1077,SEQ1077,SR1078,SEQ1078,SR1079,SEQ1079,SR1080,SEQ1080,SR1081,SEQ1081,SR1082,SEQ1082,SR1083,SEQ1083,SR1084,SEQ1084,SR1085,SEQ1085,SR1086,SEQ1086,SR1087,SEQ1087,SR1088,SEQ1088,SR1089,SEQ1089,SR1090,SEQ1090,SR1091,SEQ1091,SR1092,SEQ1092,SR1093,SEQ1093,SR1094,SEQ1094,SR1095,SEQ1095,SR1096,SEQ1096,SR1097,SEQ1097,SR1098,SEQ1098,SR1099,SEQ1099,SR1100,SEQ1100,SR1101,SEQ1101,SR1102,SEQ1102,SR1103,SEQ1103,SR1104,SEQ1104,SR1105,SEQ1105,SR1106,SEQ1106,SR1107,SEQ1107,SR1108,SEQ1108,SR1109,SEQ1109,SR1110,SEQ1110,SR1111,SEQ1111,SR1112,SEQ1112,SR1113,SEQ1113,SR1114,SEQ1114,SR1115,SEQ1115,SR1116,SEQ1116,SR1117,SEQ1117,SR1118,SEQ1118,SR1119,SEQ1119,SR1120,SEQ1120,SR1121,SEQ1121,SR1122,SEQ1122,SR1123,SEQ1123,SR1124,SEQ1124,SR1125,SEQ1125,SR1126,SEQ1126,SR1127,SEQ1127,SR1128,SEQ1128,SR1129,SEQ1129,SR1130,SEQ1130,SR1131,SEQ1131,SR1132,SEQ1132,SR1133,SEQ1133,SR1134,SEQ1134,SR1135,SEQ1135,SR1136,SEQ1136,SR1137,SEQ1137,SR1138,SEQ1138,SR1139,SEQ1139,SR1140,SEQ1140,SR1141,SEQ1141,SR1142,SEQ1142,SR1143,SEQ1143,SR1144,SEQ1144,SR1145,SEQ1145,SR1146,SEQ1146,SR1147,SEQ1147,SR1148,SEQ1148,SR1149,SEQ1149,SR1150,SEQ1150,SR1151,SEQ1151,SR1152,SEQ1152,SR1153,SEQ1153,SR1154,SEQ1154,SR1155,SEQ1155,SR1156,SEQ1156,SR1157,SEQ1157,SR1158,SEQ1158,SR1159,SEQ1159,SR1160,SEQ1160,SR1161,SEQ1161,SR1162,SEQ1162,SR1163,SEQ1163,SR1164,SEQ1164,SR1165,SEQ1165,SR1166,SEQ1166,SR1167,SEQ1167,SR1168,SEQ1168,SR1169,SEQ1169,SR1170,SEQ1170,SR1171,SEQ1171,SR1172,SEQ1172,SR1173,SEQ1173,SR1174,SEQ1174,SR1175,SEQ1175,SR1176,SEQ1176,SR1177,SEQ1177,
```

0370	PCGL= SUM1/VIGP=100.		00004050
0371	74 CONTINUE		00004050
0372	IF3=1		00004070
0373	PCGF= ANMR/(ANMR+ANM1)*100.		00004080
	C CALCULA EL QUEMADO MAXIMO Y PONE IF2(L)=1 PARA CALCULAR KILGF		00004090
	DO 190 L=1,NL		00004700
0374	IF2(L)=1		00004710
0375	BUMAX=BUMAX+WM(L)*AL(L)*DTMB1*OK11		00004720
0376	TSM(L)=RI(L)-RCG(L)		00004730
0377	DO 199 I=1,100		00004740
0378	VI(L,I)=V2(L,I)		00004750
0379	189 CONTINUE		00004760
0380	REX(L)=RI(L)+RG		00004770
0381	190 CONTINUE		00004780
0382	DEC=DL-ADC-DAY		00004790
0383	IF(DEC)403,403,404		00004800
0384	403 DAB=DAY		00004810
0385	GO TO 405		00004820
0386	404 DAB=OL-ADC		00004830
0387	405 CONTINUE		00004840
0388			00004850
0389	WRITE(6,1016)MATEIR,ANM1,BU,SUM1,PCGF,VISUF,DL,PREX,DAV,PCGL,DAB.		00004860
	2PCGF,POTM,CINTM,POTMM,CINTMM,VIGP		00004870
0390	1018 FORMAT(1H1,4X#*# C O N C I C I O N E S D E S E R V I C I O *00004870		00004880
	2 #3//11X#TIEMPO DE IRRADIACION (OIAS)= #,E11.4,9X#GASES DE FISION#00004880		00004890
	3 LIBERADOS (MUL)= #,E11.4,//17X#QU E M A D O (MWD/T)= #,E11.4,16X#00004890		00004900
	4X#VOLUMEN DE GASES (CM3)= #,E11.4,//14X#PRESION INTERNA (KG/CM2)00004900		00004910
	5)= #,E11.4,11X#VOLUMEN / TEMPERATURA (CM3/A)= #,E11.4,//11X#DILATACION00004910		00004920
	6CION AXIAL COMBUS. (CM)= #,E11.4,9X#PRESION REFRIGERANTE (KG/CM2)00004920		00004930
	7= #,E11.4,//11X#DILATACION AXIAL VAINA (CM)= #,E11.4,5X#GASES FISION#00004930		00004940
	8ION LIBERADOS (PORCIENTO)= #,E11.4,//11X#DILATACION AXIAL BARRA 100004940		00004950
	9CM)= #,E11.4,3X#GASES FISION EN GASES TUI. (PORCIENTO)= #,E11.4,//10X#00004950		00004960
	10X#POTENCIA MEDIA COMBUS. (W/CM)= #,E11.4,5X#INTEGRAL CONDUCTIVIDAD#00004960		00004970
	20 MEDIA (W/CM)= #,E11.4,//10X#POTENCIA MEDIA TOTAL (W/CM)= #,E11.4,//10X#00004970		00004980
	3.4,5X#INTEGRAL CONDUCT. MEDIA TOTAL (W/CM)= #,E11.4,//10X#VOLUMEN 100004980		00004990
	4OTAL GAS PRGD. (CM3)= #,E11.4		00005000
0391	WRITE(6,7100)		00005010
0392	7100 FORMAT(//5X#POTENCIA#5X#TEMP. EXI.#,2X#TEMP. INT.#,3X#TEMP. SUP.#00005010		00005020
	1#3X#T. CENTRAL#3X#CONDUCTIV.#,3X#RADIO INT.#,3X#R A D I O#4X#P#00005020		00005030
	2ESION DE#5X#T O T A L#2(4X#V A I N A#),2(5X#PASTILLAS#),4X#DEL 60005030		00005040
	3AP#5X#V A I N A#4X#PASTILLAS#5X#CONTACTOR#5X#(WATT/CM)#,6X#(C. 00005040		00005050
	4)#,3(7X#(C.)#),5X#(W/CM.C)#,2(8X#(CM)#),8X#(KG/CM2)#		00005060
0393	DO 7102 L=1,NL		00005070
0394	WMI=W(L)+WG(L)		00005080
0395	WRITE(6,7105)WMI,TGE(L),TGI(L),TSL(L),TCL(L),CGAP(L),RI(L),RCR(L),PS00005080		00005090
	1E(L)		00005100
0396	7105 FORMAT(4X,9(E11.4,2X))		00005110
0397	7102 CONTINUE		00005120
0398	WRITE(6,7115)		00005130
0399	7115 FORMAT(//5X,3(6X#POTENCIA#5X),2(8X A D I O#4X),# ESPESOR#5X#00005130		00005140
	1EA CONT.#,4X#LONGITUD#5X#INTEGRAL#6X#TOTAL#7X#NUCLEAR#7X#GAMA#00005140		00005150
	29,7X#PLASTICO#6X#FUNDIDOR#6X#DEL GAPA,3X#P-S-VAI#4X#3X#DI# AXI#00005150		00005160
	3LD,3X#DE CONDUCT.#5X,3(8X#(WATT/CM)#,4X),2X,3(8X#(CM)#,3X),#(CM2)#,8X#00005160		00005170
	4(CM)#,7X#(WATT/CM)#)		00005180
0400	DO 7117 L=1,NL		00005190
0401	WMI=W(L)+WG(L)		00005200
0402	WRITE(6,7105)WMI,W(L),WG(L),RPF(L),RF(L),TSM(L),CF(L),AL(L),CROSS#00005200		00005210
	1)		00005220
0403	7117 CONTINUE		

50

50


```

2 (RUG2)= @,ELL.4, //5X,INV. LONG. DIFUSION(X)= @,ELL.4,10X,FACIOX. D00005810
36 ROBERTSON(FAR4)= @,ELL.4, //5X,INV. DE ITERACIONES TEMPERATURA= @00005820
4,13,10X,INV. DE ITERACIONES SOBRE GASES FISICA= @,13) 00005830
WRITE(6,5000)(TAV(L),L=1,5) 00005840
8000 FORMAT(1X,TAV=@,512X,E10.4) 00005850
WRITE(6,700) 00005860
705 FORMAT(//3 R P C SEGUN DIFERENTES MODELOS @//) 00005870
DO 705 L=1,NL 00005880
WRITE(6,707) RCB(L),RPC1(L),RPC2(L),RPC3(L),RPC4(L),RPC5(L) 00005890
707 FORMAT(2X,6(5X,ELL.4)) 00005900
705 CONTINUE 00005910
WRITE(6,7053) BUMAX,BUMBI 00005920
7053 FORMAT(1X, //, @QUEMADO MAXIMO (KMO/TON) = @,ELL.4,5X,@TIEMPO MAXIMO 00005930
1 DE IRRADIACION (DIAS)= @,ELL.4) 00005940
IF(11-1)99,99,105 00005950
99 CONTINUE 00005960
CFA=0.2 00005970
CATTR=3 00005980
VALG=.8 00005990
ESPD=200. 00006000
GO TO 110 00006010
105 CONTINUE 00006020
GO TO 100 00006030
1111 CONTINUE 00006040
WRITE(6,406) 00006050
406 FORMAT(///5X,@POR FIN ESTO ESTA SALIENDO CHICHE CHICHE...@) 00006060
STOP 00006070
END 00006080

```

```

0001 SUBROUTINE BESK(X,N,BK,IER)
0002 DIMENSION T(12)
0003 B4=.0
0004 IF(V)10,11,11
0005 10 IER=1
0006 RETURN
0007 11 IF(X)12,12,20
0008 12 IER=2
0009 RETURN
0010 20 IF(X-170.0)22,22,21
0011 21 IER=3
0012 RETURN
0013 22 IER=0
0014 IF(X-1.136,36,25
0015 25 A=EXP(-X)
0016 9=1./X
0017 C=SQRT(B)
0018 T(1)=B
0019 DO 26 L=2,12
0020 T(L)=T(L-1)*B
0021 IF(N-1)27,27,27
C
C COMPUTE K0 USING POLYNOMIAL APPROXIMATION
C
0022 27 G0=A*(1.25334+14-.156694B*(11)+.063111278*T(12)-.091390954*T(5)
2+.13443762*T(4)-.22593503*T(5)+.37924097*T(5)-.52472773*T(7)
3+.53733684*T(8)-.42626327*T(9)+.21845181*T(10)-.066309767*T(11)
4+.009189383*T(12))*C
IF(N)20,28,29
0023 28 BK=G0
0024 RETURN
0025
C
C COMPUTE K1 USING POLYNOMIAL APPROXIMATION
C
0026 29 G1=A*(1.25334+14+.46994270*T(11)-.14653830*T(12)+.12804266*T(3)
2-.17354315*T(4)+.28476181*T(5)-.43943421*T(5)+.62833807*T(7)
3-.66322354*T(8)+.50502380*T(9)-.25813036*T(10)+.076600012*T(11)
4-.010324177*T(12))*C
IF(N-1)20,30,31
0027 30 BK=G1
0028 RETURN
0029
C
C FROM K0,K1 COMPUTE KM USING RECURRENCE RELATION
C
0030 31 DO 35 J=2,N
0031 GJ=2.*(FLOAT(J)-1.)*G1/X+G0
0032 IF(BJ-1.0E38)33,33,32
0033 32 IER=4
0034 GO TO 34
0035 33 G0=G1
0036 35 G1=GJ
0037 34 BK=GJ
0038 RETURN
0039 36 B=X/2.
0040 A=.57721566+ALOG(B)
0041 C=B*B
0042 IF(N-1)37,43,37
C

```

C COMPUTE K0 USING SERIES EXPANSION

```

0043      37 GO=A      00006670
0044      X2J=1.      00006680
0045      FACT=1.      00006690
0046      HJ=.0      00006700
0047      DO 40 J=1,6      00006710
0048      RJ=1./FLOAT(J)      00006720
0049      X2J=X2J+R      00006730
0050      FACT=FACT*RJ      00006740
0051      HJ=HJ+RJ      00006750
0052      40 GO=GO+X2J*FACT*(HJ-A)      00006760
0053      IF(N)43,42,43      00006770
0054      42 BK=GO      00006780
0055      RETURN      00006790

```

C COMPUTE K1 USING SERIES EXPANSION

```

0056      43 X2J=B      00006800
0057      FACT=1.      00006810
0058      HJ=1.      00006820
0059      G1=1./X+X2J*(1.5+A-HJ)      00006830
0060      DO 50 J=2,8      00006840
0061      X2J=X2J+R      00006850
0062      RJ=1./FLOAT(J)      00006860
0063      FACT=FACT*RJ      00006870
0064      HJ=HJ+RJ      00006880
0065      50 G1=G1+X2J*FACT*(1.5+(A-HJ)*FLOAT(J))      00006890
0066      IF(N-1)31,52,31      00006900
0067      52 BK=G1      00006910
0068      RETURN      00006920
0069      END      00006930

```

C

```

0001 FUNCTION B11F(Y)
0002 IF(Y-8.5)1,1,2
0003 1 X=Y*Y
0004 B11F=0.99999998+X*(0.25000100+X*(0.15324467E-1+X*(0.43412831E-3+X*(0.0007030
110.57713026E-5+X*(0.03370007E-7+X*(0.43089394E-9+X*(0.28275025E-1100007040
2+X*(0.4070650E-14+X*(0.53667275E-15))))))
0005 GO TO 3
0006 2 V=1.0/Y
0007 B11F=EXP(Y)/(SQRT(Y))*(0.3739+2.00+Y*(0.49857768E-1+Y*(0.28050530E-00007080
11+Y*(0.29213+07E-1+Y*(0.447+22.7E-1+Y*(0.9002988E-1+Y*(0.22039503)00007080
2))))))
0008 3 RETURN
0009 END

```

FORTRAN IV G LEVEL 21

B11F

DATE = 76176

11/32/21

PAGE 0001

```

0001 FUNCTION B11F(Y)
0002 IF(Y-8.5)1,1,2
0003 1 X=Y*Y
0004 B11F=Y*(0.49999998+X*(0.52500137E-1+X*(0.28041099E-2+X*(0.54282142000007160
1E-4+X*(0.67744105E-6+X*(0.20879355E-8+X*(0.32436067E-10+X*(0.175200067170
2359E-12+X*(0.25939929E-15+X*(0.30728920E-17))))))
0005 GO TO 3
0006 2 V=1.0/Y
0007 B11F=EXP(Y)/(SQRT(Y))*(((1+(-0.28+92141+Y-0.11673699)Y-0.57525704000007210
1E-11)+(-0.40907168E-1)Y-0.45751051E-1)Y-0.149003361Y+0.3989423)00007220
3 RETURN
0009 END

```

```

0001 SUBROUTINE CALX(FRB,RS,FC,XC,DFRB,WLRS,ALAM,WLFC,X1,X2)
0002 XC=2.
0003 IF(FG1)1,10
0004 1 CONTINUE
0005 XRS=XC*RS
0006 WRS=BIDF(XRS)
0007 WLRS=BIDF(XRS)
0008 FT=(WRS-1.)/(1.5*WRS*WRS)
0009 IF(FRB-FT)2,20,3
0010 2 CONTINUE
0011 X1=XC
0012 GO TO 4
0013 3 X2=XC
0014 4 XC=(X1+X2)*.5
0015 IF(X2-X1-.01)20,20,1
0016 10 CONTINUE
0017 XRS=XC*RS
0018 XFC=XC*FC
0019 WRS=BIDF(XRS)
0020 WLFC=BIDF(XFC)
0021 CALL BESK(XRS,0,WRS,IER)
0022 CALL BESK(XRS,1,WLRS,IER)
0023 CALL BESK(XFC,1,WLFC,IER)
0024 DFRB=.5*XRS*(WRS*WLFC-WLFC*WRS)
0025 FT=(WLFC*WRS+WRS*WLFC-(1./XFC))/DFRB
0026 ALAM=WLFC/WLFC
0027 IF(FRB-FT)12,20,13
0028 12 CONTINUE
0029 X1=XC
0030 GO TO 14
0031 13 X2=XC
0032 14 XC=(X1+X2)*.5
0033 IF(X2-X1-.01)20,20,10
0034 20 CONTINUE
0035 RETURN
0036 END

```

56

56

FORTRAN IV G LEVEL 21 CIRS DATE = 76176 11/32/21 PAGE 0001

```

0001 SUBROUTINE CIRS(CIFTS,K3,FC,A4,ANG,DFR0,F3,KM,WKS,WIFC,WKRS,
      1WKIFC,X)
      C
      CALCOLA IL RAGGIO E IL CORRISPONDENTE ALLA TEMPERATURA T1
      R1=K3
      R2=FC
      13 KM=(R1+R2)/2.
      IF(FC)7,7,8
      7 CIRS=WKS-BIOF(X*KM)
      GO TO 9
      8 CIRS=X*KM
      CALL DESK(CIRS,O,WKRM,IER)
      CIRS=WIFC*(WKRS-WKRM)+WKIFC*(WKS-BIOF(X*KM))
      9 CIRS=CIRS+AW/(DFR0*12.50030)+AW*FC*(K3**2-FC**2)
      IF(CIRS-CIFTS)10,11,12
      12 R2=KM
      IF(R1-R2-.0002)11,11,13
      10 R1=KM
      IF(R1-R2-.0002)11,11,13
      11 CONTINUE
      FRC=(WKS-BIOF(X*KM))/DFR0
      RETURN
      END
0020

```

57

FORTRAN IV G LEVEL 21 MAIN DATE = 76176 11/32/21 PAGE 0001

```

0001 SUBROUTINE CIRS(CIRS,IA,IB,8,C,D,19,2FR0,EL,C4,D4)
      C
      CALCOLA LA TEMPERATURA CENTRALE NOSTRA LA 15
      T1=TA
      T2=TB
      TOM=(T1+T2)/2.
      TA=TA**EL
      64 CIFTS=C4*ALOG((10+C*TOM)/(10+C*TA))+D4*(TOM**EL-TA**EL)
      IF(CIFTS-CR04)61,62,63
      61 T1=TOM
      TOM=(T1+T2)/2.
      IF(T2-T1-2.162162,64
      63 T2=TOM
      TOM=(T1+T2)/2.
      IF(T2-T1-2.162162,64
      62 CONTINUE
      T9=TOM-ZERO
      RETURN
      END
0017

```

57


```

0042 3 CGAP(L)=.081*AKM/(AKM+.081*AA) 00008000
0043 GO TO 15 00008010
C CALCULA LA CONDUCTANCIA ROBERTSON 00008020
0044 4 CGAP(L)=AKM/(CRG+AA) 00008030
0045 GO TO 15 00008040
C CALCULA LA CONDUCTANCIA HALDEN 00008050
0046 5 GF=.1+.9/10.+(100.*AA/RCB(L)) 00008060
0047 CFI(L)=GF 00008070
0048 CGAP(L)=GF*AKM/CRG+(1.-GF)*AKM/ALRG+AA/(1.-GF)+GF*AA*200. 00008080
0049 GO TO 15 00008090
C CALCULA CONDUCTANZA G.E. 00008100
0050 13 CGAP(L)=.456 00008110
0051 15 CONTINUE 00008120
0052 IF (NGC) 35,35,34 00008130
0053 34 CONTINUE 00008140
0054 CGL=CGAP(L) 00008150
0055 6 CONTINUE 00008160
0056 CF(L)=1. 00008170
0057 GO TO (7,8,11,12,14),NG 00008180
C CALCULA CONDUCTANCIA CMEN 00008190
0058 7 CGAP(L)=AKM*4200.*FIR/F1F2.*PSE(L)+VALG 00008200
0059 GO TO 150 00008210
C CALCULA CONDUCTANCIA WESTINGHOUSE 00008220
0060 8 IF (PSE(L)-50.) 9,9,10 00008230
0061 9 CGAP(L)=.5*AK*PSE(L)+AKM/(-.54*AL2)+AL3*TMG**3 00008240
0062 GO TO 150 00008250
0063 10 CGAP(L)=SQRT(PSE(L)/AM)*AKM/AL3*AKM/AL3*TMG**3 00008260
0064 GO TO 150 00008270
C CALCULA LA CONDUCTANCIA ROBERTSON 00008280
0065 11 CGAP(L)=AK*PSE(L)+AKM/LRG 00008290
0066 GO TO 150 00008300
C CALCULA LA CONDUCTANCIA HALDEN 00008310
0067 12 CGAP(L)=AKM*4200.*PSE(L)+AKM/LRG 00008320
0068 GO TO 150 00008330
C CALCULA CONDUCTANZA G.E. 00008340
0069 14 CGAP(L)=.456*(1.+(RCB(L)-RI(L))*395.) 00008350
0070 150 CONTINUE 00008360
0071 IF (NGC) 35,35,151 00008370
0072 151 CONTINUE 00008380
0073 AA=RI(L)-RCB(L) 00008390
0074 CGAP(L)=CGL+(CGAP(L)-CGL)*41.-AA/SR) 00008400
0075 35 CONTINUE 00008410
0076 IF (CGAP(L)-.09) 26,26,26 00008420
0077 26 CGAP(L)=.1 00008430
0078 28 CONTINUE 00008440
0079 20 CONTINUE 00008450
0080 VALG=VALG1 00008460
0081 RETURN 00008470
0082 END 00008480

```

FORTRAN IV G-LEVEL	21	PARTS	DATE = 76176	11/32/21	PAGE 0001
0001	SUBROUTINE PARTS (AC,SUP,NL)				00002090
0002	COMMON TGI(5),IS(5),RI(5),RCB(5),PSE(5),CGAP(5),CF(5)				00009100
0003	COMMON TG(5),W(5),WS(5),RP(5),AE(5)				00009110
0004	COMMON R(4),F(4),I(4),V1(5,100),V2(5,100),TAV(5),IT2(5)				00009120
0005	COMMON TSM(5),TS1(5),TS2(5)				00009130
0006	DO 97 L=1,NL				00009140
0007	TSM(L)=TS(L)				00009150
0008	WMI=W(L)+WG(L)				00009160
0009	TS(L)=TGI(L)+WMI/(SUP*CGAP(L))				00009170
0010	IF (ASSATSL)-TSM(L)-20.) 31,91,92				00009180
0011	91 CONTINUE				00009190
0012	TS(L)=(TS(L)+TSM(L))*5				00009200
0013	TS1(L)=TS(L)-100.				00009210
0014	TS2(L)=TS(L)+100.				00009220
0015	GO TO 95				00009230
0016	92 CONTINUE				00009240
0017	IF (TS2(L)-TS1(L)-5.) 395,395,396				00009250
0018	395 CONTINUE				00009260
0019	IF (ABS(TS(L)-TSM(L))-50.) 397,397,3961				00009270
0020	3961 CONTINUE				00009280
0021	IF (TS2(L)-TS1(L)-1.) 3962,3962,396				00009290
0022	3962 CONTINUE				00009300
0023	WRITE(6,3963)				00009310
0024	3963 FORMAT(1X,/,9 CONDUITIVITA GAP DISCONTINUA,/,)				00009320
0025	GO TO 95				00009330
0026	396 CONTINUE				00009340
0027	NC=NC+1				00009350
0028	397 CONTINUE				00009360
0029	C BUSCA UN NUEVO TS. METODO ROCCA				00009370
0030	IF (TSM(L)-TS(L)) 93,93,94				00009380
0031	93 CONTINUE				00009390
0032	TS1(L)=TSM(L)				00009400
0033	GO TO 95				00009410
0034	94 TS2(L)=TSM(L)				00009420
0035	95 TS(L)=(TS1(L)+TS2(L))*5				00009430
0036	96 CONTINUE				00009440
0037	97 CONTINUE				00009450
0038	RETURN				00009460
	END				00009470

FOURTRAN IV G LEVEL	21	PGAFI	DATE = 75176	11/32/71	PAGE 0001
0001		SUBROUTINE PGAFI(VSUT,PGF,DS1,DS2,FC,RS,KGI,FAN4,FG4,TF,B,C,D, 1ZER0,EL,C4,D4,RR,DN,PH,ALI,IP,TSULK,NL,DL,SUM6,MN1,DERB,MRS,WIFC,WK00G09490 2KRS,WK1FC,X,DLCB)			00003480 00009490 00009490
0002		COMMON TGI(5),TS(5),RI(5),RCB(5),PSE(5),CGAP(5),CF(5)			00009510
0003		COMMON IC(5),Y(5),WG(5),RP(5),AL(5)			00009520
	C	CALCULA V/T Y LA PRESION DE LOS GASES DE FISION			00009530
0004		TD=1600.			00009540
0005		TD4=(TD+ZERO)*.5E1			00009550
0006		BCTD=9+C*(TD+ZERO)			00009560
0007		VSUT=0			00009570
0008		DL=0.			00009580
0009		IF(DS2)701,701,702			00009590
0010		701 DS2=RS-C.1			00009600
0011		702 R=DS2			00009610
0012		DO 96 L=1,NL			00009620
0013		VT1=0			00009630
0014		VT2=0			00009640
0015		VT3=0			00009650
0016		VT4=0			00009660
0017		TSE=TS(L)			00009670
0018		TSM=TSE+ZERO			00009680
0019		TS4=(TSE+ZERO)*.5E1			00009690
0020		BCTS=B+C*(TSE+ZERO)			00009700
0021		AA=X*R			00009710
0022		WI=B1OF(AA)			00009720
0023		IF(FC)3,3,4			00009730
0024		3 CROTS=(MRS-WI)*.5E1/(12.56036*D*RB)+FG*(RS*XS-K*2)*WG(L)			00009740
0025		GOTO 5			00009750
0026		4 CALL BESK(AA,O,WK,IER)			00009760
0027		CROTS=(WIFC*(WKRS-WK)+WK1FC*(MRS-WI))*WG(L)/(12.56036*D*RB)+FG*(RS*XS-K*2)*WG(L)			00009770
		1*RS-R*2)*WG(L)			00009780
0028		5 CONTINUE			00009790
0029		CALL CTCY(CROTS,TSM,TF,B,C,D,IX,ZERG,EL,C4,B4)			00009800
0030		DL=DL+AL(L)*(1.723E-4+(6.797E-6+IX*2.896E-9)*TX)			00009810
0031		IF(FC)72,72,71			00009820
0032		71 VT1=(FC+1)+1.723E-4+(6.797E-6+IX*2.896E-9)*IC(L))*2/(TC(L)+200009830 *73.)			00009840
0033		72 CONTINUE			00009850
0034		IF(DS1)75,75,73			00009860
0035		73 CONTINUE			00009870
0036		ATDTS=C+*ALOG(BCD/FACTS)+D4*(TD4-TS4)			00009880
0037		CALL CR13(ATDTS,RS,FC,W(L),WG(L),DERB,FG4,RM,MRS,WIFC,WKRS,WK1FC,00009890 1X)			00009900
0038		IF(R-RM)75,75,74			00009910
0039		74 DS3=4R-S*AT(RR*RR-RM*RM)			00009920
0040		TM=((TD+IX)*.5)+273.			00009930
0041		AA=(DS1-DS3)*(RM*RM-FC*FC)			00009940
0042		IF(AA)174,174,175			00009950
0043		174 AA=0			00009960
0044		175 CONTINUE			00009970
0045		VT2=DS1+DS1*(RA-DS1/3.1)-DS3*DS3*(2K-DS3/3.1)-AA			00009980
0046		VT2=VT2*DM/(PH*TM)			00009990
0047		75 CONTINUE			00010000
0048		TM=(TSE+IP-ZERO)*.5			00010010
0049		VT3=(RCB(L)-RS*1.1+1.723E-4*(6.797E-6+TSE*2.896E-9)*TSE))*RCB(L)-0010020 1RP(L))/(TM+273.)			00010030
0050		IF(VT3)76,76,77			00010040
0051		76 VT3=0			00010050

61

61

```

0052 77 IF(RI(L)-C5(L))79,79,78 00010009
0053 78 TM=(TG(L)+TS(L))*5 00010070
0054 VT4=(RI(L)+R(L)-RG(L)+C5(L))/(TM+273.) 00010080
0055 79 VSUT=VSUT+VT4*V12+V13+V14)*3.1+159*AL(L) 00010090
0056 80 CONTINUE 00010100
0057 81 TM=(TBULK+TG(LNL))*5 00010110
0058 RGI=RGI+(1+15.0E-6*TM*4.E-9)*TM 00010120
0059 VSUT=VSUT+RGI 00010130
0060 82 CONTINUE 00010140
0061 PGF=(V41+SUM6)/(273.*VSUT) 00010150
0062 RETURN 00010160
0063 END 00010170

```

```

0001 SUBROUTINE TIDRA(PRES,PORT,DCAN,TBULK,TSAT,CONDU,VISC,PR,TE,RGE,MU)00012970
      H=DEV*REV*COLS 00012980
      C CALCULA LA TEMPERATURA EXTERNA DE LA VAINA 00012990
      MU=MUI*3170./(6.2832*RGE) 00013000
      CLOTTE=1.9*(MU1*.26)/EXP(PRES/500.) 00013010
      TLB=TSAT+CLOTTE-MUI/COLB 00013020
      IF((TLB-32.)*.557-TBULK)*02,*.03,*.03 00013030
      402 TE=(TSAT+CLOTTE-32.)*.557 00013040
      GO TO 401 00013050
      403 TE=(MUI/COLB)*.557+TBULK 00013060
      401 CONTINUE 00013070
      RETURN 00013080
      END 00013100

```

0001	SUBROUTINE KILCF(B,C,C4,B4,E1,ZERO,3,FC,PH,ON,DS1,DS2,NC,RR,RK2,00010130 1BK,ALAM,IERA,ES,FA4,FG4,GRB,GRS,HLFC,WR3,WR1FC,F11,F12,F13,F14,00010130 2,TF1,TF2,TF3,CP,CHIR,IIO,IF,NL,L,VIGP,SW5,WRIL) 00010200
0002	DIMENSION FFF(4),TTT(3),AAA(4),VV(4),V(5,100) 00010210
0003	COMMON TGI(5),TS(5),KLB(5),RCB(5),PSE(5),CGAP(5),CF(5) 00010220
0004	COMMON IC(5),W(5),WS(5),RP(5),AL(5) 00010230
0005	COMMON R(4),F(4),I(4),V(5,100),V2(5,100),LV(5),IT2(5) 00010240 00010250
	C CALCULA LA LIBERACION DE GASES DE FISION 00010260 C 00010270
0006	IF(ITG)30,30,31 00010280
0007	30 CONTINUE 00010290
0008	T(1)=TF1 00010300
0009	T(2)=TF2 00010310
0010	T(3)=TF3 00010320
0011	EE=3.14159*33.5E-6 00010330
0012	BK=0. 00010340
0013	R1=FC 00010350
0014	R2=DP 00010360
0015	DO 11 I=1,100 00010370
0016	RV=(K1+K2)*0.5 00010380
0017	IF(RV-DS2)7,6,6 00010390
0018	6 AH=PH 00010400
0019	GO TO 6 00010410
0020	7 AH=PH-DN*(SUNT(RR2-RV*RV)-RK+DS1) 00010420
0021	8 CONTINUE 00010430
0022	V(NC,I)=0. 00010440
0023	IF(FC)109,109,108 00010450
0024	108 AA=X*RV 00010460
0025	CALL BESK1AA,0,BK,IERA) 00010470
0026	109 V(NL,I)=EE*AH*(R2+K2-(1+K1)*(510F(X*RV)+ALAM*BK) 00010480
0027	R1=K2 00010490
0028	R2=K2+DP 00010500
0029	11 CONTINUE 00010510
0030	DO 313 K=1,NL 00010520
0031	DO 213 I=1,100 00010530
0032	V1(K,I)=0 00010540
0033	V2(K,I)=0 00010550
0034	AMP=AL(K)/PH 00010560
0035	V(K,I)=V(NL,I)+AMP 00010570
0036	313 CONTINUE 00010580
0037	VIGP=0. 00010590
0038	ITG=1 00010600
0039	31 CONTINUE 00010610
0040	IF(NC)73,73,73 00010620
0041	73 CONTINUE 00010630
0042	IF(I1)35,35,21 00010640
0043	21 CONTINUE 00010650
0044	RAD12=SQRT(0.118) 00010660
0045	RAD13=RAD12+FI3 00010670
0046	RAD14=RAD12+FI4 00010680
0047	RAD12=RAD12+FI2 00010690
0048	DO 34 I=1,100 00010700
0049	V1(L,I)=V1(C,I)+V1(L,I)+W(LI)+WG(LI)*BS*OTIR 00010710
0050	VIGP=VIGP+*(L,I)=(W(LI)+WG(LI))+BS*OTIR 00010720
0051	34 CONTINUE 00010730
0052	35 CONTINUE 00010740
0053	F(1)=F11 00010750

```
0054 F(2)=F12 00010750
0055 F(3)=F13 00010770
0056 F(4)=F14 00010790
0057 IF(I1)23,23,40 00010800
0058 40 CONTINUE 00010810
0059 IF(MRIL-1)424,424,123 00010820
0060 424 CONTINUE 00010830
0061 F(2)=RADT2 00010840
0062 F(3)=RADT3 00010850
0063 F(4)=RADT4 00010860
0064 123 CONTINUE 00010870
0065 23 CONTINUE 00010880
0066 T(4)=TS(L) 00010890
0067 T(1)=T(1) 00010900
0068 T(2)=T(2) 00010910
0069 T(3)=T(3) 00010920
0070 FFF(1)=0 00010930
0071 FFF(2)=0 00010940
0072 FFF(3)=0 00010950
0073 FFF(4)=0 00010960
0074 IF(I12(L))-125,125,122 00010970
0075 122 CONTINUE 00010980
0076 VI=0 00010990
0077 TS4=(TS(L)+ZERO)**E1 00011000
0078 BCIS=8+C*(TS(L)+ZERO) 00011010
0079 GO TO (51,52,22),NRIL 00011020
0080 51 CONTINUE 00011030
0081 TC4=(TC(L)+ZERO)**E1 00011040
0082 BCIC=8+C*(TC(L)+ZERO) 00011050
0083 ATCTS=C+*ALOG(BCIC/BCIS)+C*(TC4-TS4) 00011060
0084 GOTO 42 00011070
0085 22 CONTINUE 00011080
0086 F(2)=F(2)+(F(L)+F(L))*0.5 00011090
0087 T(1)=T(2)+(T(L)+T(L))*0.5 00011100
0088 T(3)=T(2)+(T(L)+T(L))*0.5 00011110
0089 52 CONTINUE 00011120
0090 42 CONTINUE 00011130
0091 K=0 00011140
0092 JRI=1 00011150
0093 DO 17 I=1,4 00011160
0094 IF(TC(L)-T(I))2,2,3 00011170
0095 2 JRI=JRI+1 00011180
0096 RFI=FC 00011190
0097 GOTO 17 00011200
0098 3 CONTINUE 00011210
0099 IF(N)83,83,84 00011220
0100 83 CONTINUE 00011230
0101 TV=TC(L)+ZERO 00011240
0102 K=1 00011250
0103 GOTO 85 00011260
0104 84 CONTINUE 00011270
0105 TV=T(I-1)+ZERO 00011280
0106 85 CONTINUE 00011290
0107 BCTV=8+C*TV 00011300
0108 TV4=TV**E1 00011310
0109 IF(T(1)-TS(L))4,4,5 00011320
0110 5 CONTINUE 00011330
0111 T(1)=T(1)+ZERO
```


0167	125 CONTINUE	00011920
0168	T(1)=ITT(1)	00011930
0169	T(2)=ITT(2)	00011940
0170	T(3)=ITT(3)	00011950
0171	RETURN	00011960
0172	END	00011970

C

```
0001 SUBROUTINE RPCT(IP,IS,RS,RPL,RF,ALCP,T11,ALCF,RPC,ZERO,FC,VDS,P,RF00011990 00011980
0002 1G,RCG,RT,RPCL,RC2,RC3,RC4,RC5) 00012000
0003 IF(T11+ZERO-TP)4,5,5 00012010
0004 4 CONTINUE 00012020
0005 TR=((T11+TS-40.)*.5) 00012030
0006 ALC=1.723E-4+(0.797E-6+2.896E-9*TR)*TR 00012040
0007 DR1=RS*ALC 00012050
0008 GO TO 3 00012060
0009 5 CONTINUE 00012070
0010 P35=-.0125+T11+1.875E-05 00012080
0011 IF(TS+ZERO-TP)6,7,7 00012090
0012 7 CONTINUE 00012100
0013 DR1=0. 00012110
0014 TR=TS-20. 00012120
0015 ALC=1.723E-4+(0.797E-6+2.896E-9*TR)*TR 00012130
0016 DR2=RS*ALC 00012140
0017 TR=(T11+TS-40.)*.5 00012150
0018 ALC=1.723E-4+(0.797E-6+2.896E-9*TR)*TR 00012160
0019 GO TO 8 00012170
0020 8 CONTINUE 00012180
0021 TR=(TP-ZERO+TS-40.)*.5 00012190
0022 ALC=1.723E-4+(0.797E-6+2.896E-9*TR)*TR 00012200
0023 DR1=(RS-RPL)*ALC 00012210
0024 DR2=RPL*ALC 00012220
0025 TR=(T11+TP-ZERO-40.)*.5 00012230
0026 ALC=1.723E-4+(0.797E-6+2.896E-9*TR)*TR 00012240
0027 8 CONTINUE 00012250
0028 RFG=FC 00012260
0029 AA=0. 00012270
0030 IF(RT120,20,19 00012280
0031 19 AA=(1.-P)*(RT1+R11-FC+FC)*(1.-P)*.3*(RCG+RC3-R11*RT1) 00012290
0032 RFG=5*RT1*(FC+FC+AA) 00012300
0033 GO TO 10 00012310
0034 20 CONTINUE 00012320
0035 IF(RCG)10,10,9 00012330
0036 9 RFG=5*RT1*(FC+FC+(1.-P)*(RCG+RC3-FC+FC)*.3) 00012340
0037 10 CONTINUE 00012350
0038 REPI=0. 00012360
0039 RCP2=FC*FC/(RPL*RPL) 00012370
0040 RFP2=RFP+RFP/(RPL*RPL) 00012380
0041 DR3=.5*RPL*(3.*ALC*(1.-RFP2)+(RFP2-RCPL)*.253-PRS-RCP2-VDS) 00012390
0042 IF(DR3-DR2)11,12 00012400
0043 1 DR1=DR1+DR2 00012410
0044 GO TO 3 00012420
0045 2 DR1=DR1+DR3 00012430
0046 3 CONTINUE 00012440
0047 RQC=RS+DR1 00012450
0048 C MODELO DE AISCH (SIEMENS BERICHT 30/66, CONFIDENCIAL) 00012460
0049 CDCA=2.3E-9 00012470
0050 CDG3=9.0E-9 00012480
0051 DTCS=T11-TS 00012490
0052 DT5=RS*(CDCA*TS+TS+.73.*TS*DTCS+8./15.*DTCS*.2.)+CDG3*TS+2./3.*00012500
0053 1DTCS)) 00012510
0054 RPEI=RS+DT5 00012520
0055 C MODELO DE GITTUS 1 (NUC. APP. TECH. VOL. 9, JULIO DE 1970) 00012530
0056 TM=TS+2./3.*DT5 00012540
0057 DR6=RS*(CDG3*TM+CDCA*TM*.2.) 00012550
```

```

0054      RPS2=RS+DR6      00012560
          C MODELO DE GITTUS 2 (NUC. APP. TECH. VOL. 9, JULIO DE 1970)
0055      IM=IS+2/3+4/3-(R8/R5+33.1)*DICS      00012570
0056      DR7=RS*(CDC3*IM+CDC4*IM**2.)      00012580
0057      RPS3=RS+DR7      00012590
          C MODELO DE KARSTEN (KFK. 8+8, EUR. 4153 E, NOVIEMBRE DE 1968)
0058      CDC1=3.9E-7      00012600
0059      CDC2=7.37E-6      00012610
0060      DR8=RS+6DG2+4*H+FS+60G1+H*IS+CDC1/3+*DICS**2.)      00012620
0061      RPS4=RS+DR8      00012630
0062      RPS=APC4      00012640
0063      RETURN      00012650
0064      END      00012660
    
```

```

0001      SUBROUTINE SMECB(RTS,FC,RP,RS,TP,BUS,VDSI,PH,DSM,AL,AA,RCI,RCB) 00012670
          C CALCULA EL INCREMENTO RADIAL DE LA PASTILLA DEBIDO AL SWELLING      00012680
          C SE USA EL MODELO DADO POR G. KARSTEN EN EL KFK 878 - EUR 4158 E (NOV. 00012690
          C 1970)
0002      P=1+TP      00012700
0003      RTS=RTS*RTS      00012710
0004      FC2=FC*FC      00012720
0005      RP2=RP*RP      00012730
0006      RS2=RS*RS      00012740
          C INCREMENTO VOLUMETRICO RADIAL POR SWELLING TOTAL      00012750
          DV=(1-P)*BUS*(RTS2-FC2)+7*(3*2-RTS2)+1.7*(RS2-RP2)+1.6)*1.-0      00012760
          C VOLUMEN RADIAL DISPONIBLE PARA ABSORBER SWELLING      00012770
          DV1=P*(RTS2-FC2)+.8*(4*2-RTS2)+.5*(RS2-RP2)+.3*(FC2+VDSI/(PH*3.14      00012780
          1159)      00012790
          IF (DV-DV1)>.5,0      00012800
0007      5 DRSW=0.      00012810
0010      60 TG=10      00012820
0011      6 DRSW=.3333*(DV-DV1)*RS      00012830
0012      10 CONTINUE      00012840
0013      C CALCULA EL TIEMPO MAXIMO DE IRRADIACION      00012850
          AA=RG1+GI-RCB*RG3      00012860
          IF (AA) 12,12,13      00012870
0014      12 AA=0.      00012880
0015      13 DV1=DV1+AA      00012890
0016      AA=DV1*BUS/DV      00012900
0017      AA=(AA-BUS)*TP*10.98*3.14159*RS2/W1      00012910
0018      RETURN      00012920
0019      END      00012930
0020      00012940
0021      00012950
    
```


FORTRAN IV G-LEVEL 21		ZIRCA	DATE = 76176	11/32/21	PAGE 0003
0104	12*(1.+ANUG))	SZ6=EC*(ALFAG*IG2/(ANUG-1.)+(2.*C1*ANUG+C3*(1.-ANUG)))/((1.+ANUG)*(00014280			00014270
	11-2.*ANUG))				00014290
0105	SEQ1=.7071*((SR1-ST1)**2+(ST1-SZ1)**2)**.5				00014300
0106	SEQ2=.7071*((SR2-ST2)**2+(ST2-SZ2)**2)**.5				00014310
0107	EQ1=.707*((ET1-EZ1)**2+(EZ1-ER1)**2+(ER1-ET1)**2)**.5				00014320
0108	EQ2=.707*((ET2-EZ2)**2+(EZ2-ER2)**2+(ER2-ET2)**2)**.5				00014330
0109	12 CONTINUE				00014340
0110	RETURN				00014350
0111	END				00014360

DIVISION DISENO Y PERFORMANCE

GRUPO DE CALCULO Y DISENO DE BARRAS COMBUSTIBLES

PROYECTO U BARRA ATUCHA RD 126 - GAP MINIMO - ESPESOR VAINA MEDIO

SOLICITADO POR	GRUPO DE CALCULO	FECHA	22 DE JUNIO DE 1970
ENTREGADO POR	GRUPO DE CALCULO	FECHA	22 DE JUNIO DE 1970
CODIGO EMPLEADO	P I Z I A		

CONDICIONES INICIALES

VAINA					
MATERIAL	ZIRCALOY 4	RADIO EXTER.(CM)	0.5930E 00	RADIO INTERNO (CM)	0.5380E 00
ESPESOR (CM)	0.5500E-01	RADIO MEDIO (CM)	0.5655E 00	LARGO (CM)	0.5051E 03

PASTILLA

COMPOSICION	UGZ	DENSIDAD (G/CM3)	0.9600E 00	RADIO (CM)	0.5315E 00
ALTURA (CM)	0.1200E 01	VOLUMEN (CM3)	0.3049E 01	PESO (G)	0.1105E 02
DISHING	CANTIDAD= 0.2000E 01	PROFUNDIDAD (CM)	0.2400E-01	RADIO (CM)	0.4615E 00
VOLUMEN (CM3)	0.1607E-01	VOLUMEN RELATIVO	0.1509E-01	RADIO AGUJ. G. (CM)	0.0

BARRA

LARGO TOTAL (CM)	0.5572E 04	LARGO AGUJ. (CM)	0.5250E 03	CANTIDAD DE PASTILLAS	37
PESO APROX. (G)	0.5563E 04	GASES DE LLENADO	HELIO	PRESION INT. (KG/CM2)	0.1700E 02
ALT. PLENUM (CM)	0.2000E 02	VOL. PLENUM (CM3)	0.1819E 02	ESPESOR DEL GAP (CM)	0.6500E-02
VOL. LIGRE (CM3)	0.3671E 02	VOL. NORMAL (CM3)	0.5710E 03	NUMERO DE MOLES	0.2470E-01
PESO COMBUST. (G)	0.4838E 04				

CONDICIONES DE SERVICIO

TIEMPO DE IRRADIACION (DIAS)= 0.3800E 02 GASES DE FISION LIBERADOS (MOL)= 0.2581E-02

QUEMADO (MWD/I)= 0.2739E 04 VOLUMEN DE GASES (CM3)= 0.5975E 02

PRESION INTERNA (KG/CM2)= 0.6684E 02 VOLUMEN / TEMPERATURA (CM3/K)= 0.3850E-01

DILATACION AXIAL COMBUS.(CM)= 0.3461E 01 PRESION REFRIGERANTE (KG/CM2)= 0.1260E 03

DILATACION AXIAL VAINA (CM)= 0.1194E 01 GASES FISION LIBERADOS (PORCIENTOS)= 0.1529E 02

DILATACION AXIAL BARRA (CM)= 0.1194E 01 GASES FISION EN GASES TOT.(PORCIENTOS)= 0.8504E 01

POTENCIA MEDIA COMBUS. (W/CM)= 0.4128E 03 INTEGRAL CONDUCTIVIDAD MEDIA (W/CM)= 0.3169E 02

POTENCIA MEDIA TOTAL (W/CM)= 0.3661E 03 INTEGRAL CONDUCC. MEDIA TOTAL (W/CM)= 0.2364E 02

VOLUMEN TOTAL GAS PROD. (CM3)= 0.3908E 03

POTENCIA TOTAL (WATT/CM)	TEMP. EXT. VAINA (C.)	TEMP. INT. VAINA (C.)	TEMP. SUP. PASTILLA (C.)	I. CENTRAL PASTILLA (C.)	CONDUCTIV. DEL GAP (W/CM.C)	RADIO INT. VAINA (CM)	RADIO PASTILLA (CM)	PRESION DE CONTACTO (KG/CM2)
0.2430E 03	0.3260E 03	0.3490E 03	0.4643E 03	0.1168E 04	0.6203E 00	0.5412E 00	0.5393E 00	0.0
0.3510E 03	0.3260E 03	0.3591E 03	0.4533E 03	0.1533E 04	0.1071E 01	0.5413E 00	0.5413E 00	0.1691E 03
0.4460E 03	0.3260E 03	0.3676E 03	0.4613E 03	0.1674E 04	0.1404E 01	0.5413E 00	0.5439E 00	0.4055E 03
0.5000E 03	0.3260E 03	0.3728E 03	0.4773E 03	0.2066E 04	0.1407E 01	0.5413E 00	0.5454E 00	0.4010E 03
0.3510E 03	0.3260E 03	0.3591E 03	0.4533E 03	0.1533E 04	0.1071E 01	0.5413E 00	0.5413E 00	0.1691E 03

73

POTENCIA TOTAL (WATT/CM)	POTENCIA NUCLEAR (WATT/CM)	POTENCIA GAMA (WATT/CM)	RADIO PLASFICO (CM)	RADIO FUNCION (CM)	ESPESOR DEL GAP (CM)	AREA COMT. PAS.-VAINA (CM2)	LONGITUD DIV. AXIAL (CM)	INTEGRAL DE CONDUCC. (WATT/CM)
0.2430E 03	0.2140E 03	0.2900E 02	0.0	0.0	0.1937E-02	0.5960E 00	0.3558E 02	0.1677E 02
0.3510E 03	0.3090E 03	0.4260E 02	0.2472E 00	0.0	-0.2711E-03	0.1000E 01	0.8000E 02	0.2711E 02
0.4460E 03	0.3920E 03	0.5400E 02	0.3481E 00	0.0	-0.2537E-02	0.1000E 01	0.2100E 03	0.3445E 02
0.5000E 03	0.4400E 03	0.5000E 02	0.3844E 00	0.0	-0.4094E-02	0.1000E 01	0.1100E 03	0.3662E 02
0.3510E 03	0.3090E 03	0.4200E 02	0.2472E 00	0.0	-0.2711E-03	0.1000E 01	0.9000E 02	0.2711E 02

73

POTENCIA QUEMAO QUEMAO TEMP. MED.
TOTAL PARCIAL TOTAL COMBUSTIB.
(WATT/CM) (MMO/TON) (MMO/TON) (C.)

0.2430E 03 0.1073E 04 0.1073E 04 0.9337E 03

0.3510E 03 0.1907E 04 0.1907E 04 0.1173E 04

0.4460E 03 0.3218E 04 0.3218E 04 0.1403E 04

0.5000E 03 0.3456E 04 0.3456E 04 0.1536E 04

0.3510E 03 0.2145E 04 0.2145E 04 0.1173E 04

* * O T R A S C O N S T A N T E S Y V A R I A B L E S * *

CONDUCTIBILITA CNEW

KUO2=1/18+C*11+0E+G1)+D*(1+ZEND)*ES D= 3.5000 C= 0.03453 D= 0.1100E-11 ES=3.000 ZERO273.

DEFORMACIONES EN LA ZONA MAS SOLICITADA

EZ1=0.37847E-02 EZ2=0.57447E-02

ET1= 0.62954E-02 ET2= 0.57404E-02

ER1= 0.97639E-03 ER2= 0.64108E-03

EQ1= 0.46081E-02 EQ2= 0.43337E-02

SRI=-0.4424E 03 ST1= 0.2494E 04 SZ1= 0.1372E 04 SEOT= 0.2977E 04

SRE=-0.1260E 03 STE=-0.3074E 04 SEF= 0.1744E 04 SE= 0.2860E 04

SRI=-0.4424E 03 SZ1= 0.1372E 04 SRE=-0.1200E 03 SE= 0.1794E 04

PRES=120.00 KG/CM2 POUT= 1.98 KG/SEC DCAN= 3.000 CM I ACUM=260.00 C I SAL=143.00 C

COND.= 0.37 VISC.= 1.35 PRANDT= 5.15

LIBERACION DE GASES DE FISION

DE TS A TF3=1000.0 F12=0.000015 DE TF3 A TF2=1300.0 F13=0.000300

DE TF2 A TF1=1500.0 F12=0.001800 DE TF1 A TF= 2800.0 F11=0.950000

RUGOSIDAD VAINA (RUG1)= 0.7000E-04 RUGOSIDAD PASTILLA (RUG2)= 0.2000E-03

INV. LONG. DIFUSION(X)= 0.1400E 01 FACTOR DE ROBERTSON(FAR4)= 0.7693E-01