



EVALUACION DE MEZCLADO REFRIGERANTE MODERADOR EN LA CENTRAL NUCLEAR EN ATUCHA.

F.Foumigiere* y G.Urrutia#

* Central Nuclear en Atucha. C.N.E.A.

Departamento Química de Reactores-Gerencia de Investigaciones-C.N.E.A.

El conocimiento del caudal de mezclado entre refrigerante y moderador es uno de los parámetros de importancia que determina: 1) el valor que alcanza la temperatura del moderador (1), que a su vez influye en el balance de reactividad. 2) las características del transporte de materia y de actividad en todo el sistema primario (en particular entre refrigerante y moderador). Es este último aspecto que nos resulta de particular interés, dada la importancia de este fenómeno en la generación de los campos de radiación existentes en la planta.

Evaluación del caudal de mezclado por datos térmicos: El mezclado de ambos subsistemas se produce por el juego existente entre los canales de refrigeración y el fondo del tanque moderador, y por la ranura anular existente en la tapa del tanque moderador, el cual está originado en la diferencia de velocidades existentes en el colector superior del líquido refrigerante (1). El mezclado en la parte superior, calculado en base a datos térmicos obtenidos en pruebas de calentamiento del líquido refrigerante sólo por medio de las bombas principales (antes de entrada en servicio de la Central) y enfriando solamente por QM y complementando con los ensayos de un modelo escala 1:3 existente en Erlangen fue de 800 Ton/hora, tomando como datos de diseño: Caudal de Mezclado Inferior $G_u = 20$ Ton/hora; Constante de proporcionalidad del calor nuclear directamente absorbido por QM $\alpha = 0.05$; constante de conducción a través de los canales de refrigeración y paredes del tanque moderador $\beta = 0.33$ MW/°C. El mezclado superior arriba indicado conduciría a una disipación de calor en QM de 157 MW (1) a 100% Pot. de diseño. En servicio nuclear de 100% de potencia de diseño se encontró una disipación de 108 MW (2) indicando que el valor de 800 Ton/hora es demasiado alto.

El valor de interés para nuestros fines es el tiempo característico de mezclado moderador refrigerante, y en vista de las discrepancias señaladas se consideró de interés la evaluación crítica del caudal de mezclado. Para ello se aprovecharon las mediciones de datos térmicos llevadas a cabo durante el estudio de factibilidad de incremento de potencia. Estos datos fueron obtenidos a 30, 50, 70, 100 y 108% de potencia (3).

Los cálculos fueron hechos con los siguientes balances térmicos (el significado de cada término queda explicitado en el esquema de la Figura 1)

$$(1) \quad G_m \text{ ime} + G_u \text{ ire} + G_o \text{ irs} + W_N \alpha + \beta \overline{\Delta T} = (G_u + G_o) \text{ ims}' + G_m \text{ ims}$$

$$(2) \quad (G_u - G_o) \text{ ims}' + G_o \text{ irs} = G_m \text{ ims}$$

La resolución del sistema de ecuaciones 1 y 2 conduce a

$$(3) \quad G_o = \frac{W_M - \alpha W_N - \beta \overline{\Delta T} - G_u(irs-ims)}{G_m (irs - ims) + W_M - \alpha W_N - \beta \overline{\Delta T} + G_u (irs-ire)}$$

Como podrá observarse se tomó como temperatura del líquido moderador que pasa al refrigerante una temperatura T_{ms}' que corresponde a una entalpía ims' que es la de suponer que los líquidos se mezclan en la parte superior del tanque moderador. Este modelo constituye una mejora a la aproximación presentada previamente (1) al mismo tiempo que permite demostrar que los resultados finales de mezclado son relativamente poco sensibles a los detalles del modelo empleado ya, que el uso de T_{ms} , en lugar de T_{ms}' , conduce a diferencias que no superan el 20%.

Los cálculos se hicieron para los parámetros de diseño y los resultados obtenidos pueden verse en la Figura 2 en que se representa el caudal de mezclado en función de la diferencia de densidad del moderador y refrigerante para los valores de diseño. Se muestra también como influyen variaciones en estos parámetros. Como puede apreciarse en todos los casos el caudal G_o tiende a disminuir con la diferencia de densidades entre refrigerante y moderador lo que por otra parte es esperable ya que dicha diferencia tiende a evitar el mezclado.

Como conclusión, en base a los datos ahora disponibles, el valor más aceptable para el caudal de mezclado total en plena potencia en la CNA es de alrededor de 250 Ton/hora.

Modelo de transporte de ^{41}Ar . A modo de ejemplo del papel que juega el mezclado sobre el movimiento de especies radioactivas se describen a continuación las ecuaciones de transporte de ^{41}Ar generados por activación de ^{40}Ar disuelto en el sistema primario, presente en muy pequeñas cantidades. Los resultados son la base de un proyecto actual de medición directa a partir de medidas de actividad de ^{41}Ar en refrigerante y moderador.

Sobre la suposición de que el refrigerante y el moderador son tanques agitados ideales* es posible plantear para el ^{41}Ar en estado estacionario con desgasificador fuera de servicio:

$$(4) \quad \begin{aligned} 0 &= -H C_m - V_m \lambda C_m + K_m + H C_r \\ 0 &= -H C_r - V_r \lambda C_r + K_r + H C_m \end{aligned}$$

donde H: caudal de mezclado (masa por unidad de tiempo); V_r , V_m masa de refrigerante y moderador (en este se incluye la masa del sistema TC-TA)**; K_r , K_m producción de ^{41}Ar en refrigerante y en moderador; C_r , C_m concentraciones de ^{41}Ar en refrigerante y moderador en moles/unidad de masa; λ constante de desintegración del ^{41}Ar .

* Esta suposición es cuestionable para el moderador pero no en este caso ya que la relación de concentración de ^{41}Ar entre la salida, la entrada y el seno de moderador no difieren en más de 1%.

de las ecuaciones 4 resulta

$$(5) \quad \frac{C_r}{C_m} = \frac{1 + \delta \left(\gamma + \gamma_r \frac{T_c}{\tau} \right)}{1 + \gamma_r \frac{T_c}{\tau} + \delta \gamma}$$

$$T_c = \frac{V_r + V_m}{H} \quad \gamma_m = V_m / (V_m + V_r) \\ \gamma_r = V_r / (V_r + V_m)$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad \gamma = V_r / V_m \quad \delta = K_r / K_m$$

En la Figura 3 puede observarse el cociente C_r/C_m en función de valores de T_c para valores de $\delta = 0, .05$ y $.1$ para las curvas inferior, media y superior respectivamente.

Estimación de δ

$$K_r = N_a \sigma_t C_{40Ar} \int_r \phi_t \rho \, dB + N_a \sigma_r C_{40Ar} \int_r \phi_r \rho \, dB$$

donde ρ es el elemento de volumen de refrigerante y ρ es la densidad del líquido en dicho elemento. Una expresión similar puede plantearse para K_m . Como σ_t vale $.66b$ y σ_r es del orden de $1mb$ y los flujos de ϕ_t y ϕ_r son del mismo orden de magnitud se puede escribir

$$\delta \cong \frac{\bar{\phi}_t^r v'_r}{\bar{\phi}_t^m v'_m}$$

donde $\bar{\phi}_t^r$ y $\bar{\phi}_t^m$ son los flujos neutrónicos medios en refrigerante y moderador y v'_r , v'_m son las masas de líquido en refrigerante y moderador en el núcleo.

** La ecuación más exacta de balance del moderador pudo haber sido planteada como:

$$(1') \quad 0 = -HC_m + C_m V_m^o + K_m + H C_r - G_{ta} (C_m - C_{ta}^s)$$

$$(2') \quad C_{ta}^s = C_m \exp (-V_{ta} / G_{ta}) = C_m (1 - V_{ta} / G_{ta})$$

donde G_{ta} : caudal del sistema TA; V_{ta} volumen de los sistemas TA-TC, V_m^o volumen de moderador, y C_{TA}^s concentración de ^{41}Ar a la salida del sistema TA.

Sustituyendo 2' en 1' se obtiene 4.

Conclusiones: Cualquier fenómeno dinámico químico o radioquímico con un tiempo característico inferior a una hora se manifestará en forma diferente en ambos sistemas. En el caso particular de perturbaciones bruscas deberá transcurrir un lapso de ese orden para alcanzar la homogeneización del sistema primario

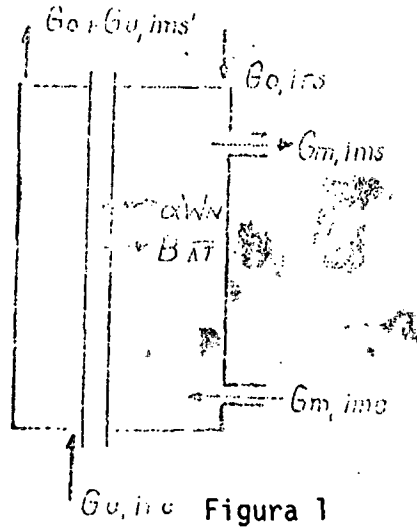


Figura 1

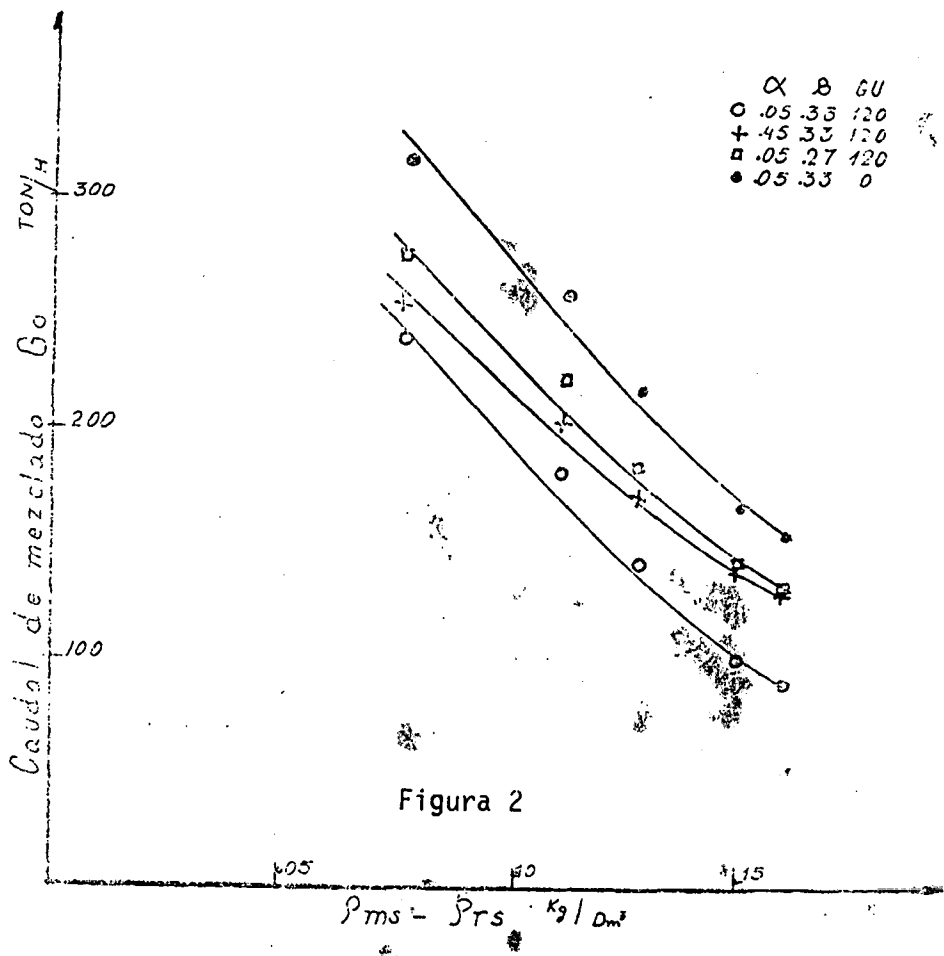
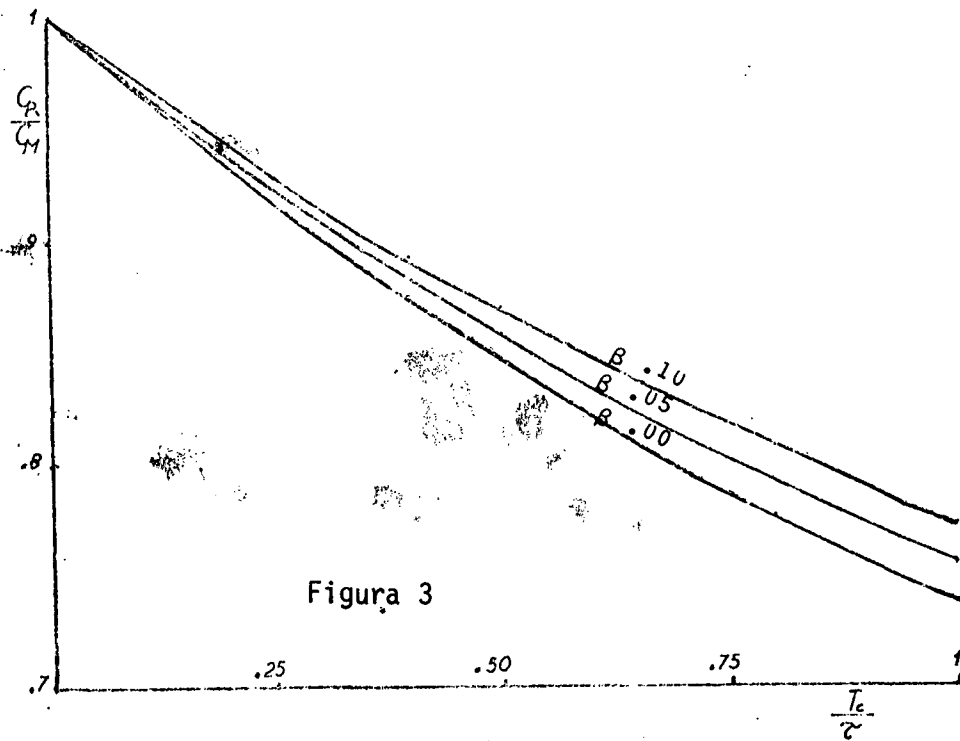


Figura 2



Referencias

- 1.- C.N.A. Acta Reunión N°15, 8/5/73.
- 2.- Manual de descripción C.N.A.
- 3.- INforme Comité "Ad Hoc" aumento de potencia.
- 4.- Huges et al Physical Review 78, 632, 1950.
- 5.- " " " " " 91, 1423, 1953.