

SIMULACION DE LA PRIMERA PUESTA A CRITICO DE LA CENTRAL NUCLEAR EN EMBALSE.
DETERMINACIONES DE REACTIVIDADES Y DISTRIBUCIONES DE FLUJO DE NEUTRONES
TERMICOS A BAJA POTENCIA.

JUAN CARLOS VINEZ

1.0 Resumen

Se presentan simulaciones de: primera puesta a crítico, curvas características de las unidades de control líquido, valores en reactividad de las barras ajustadoras, barras mecánicas de control, barras de corte del reactor y distribuciones de flujo de neutrones térmicos para la configuración nominal del núcleo y otras configuraciones de especial interés. De los resultados es posible deducir los procedimientos a ser seguidos durante e inmediatamente después de la primera aproximación a crítico.

2.0 Códigos utilizados

CHEBKEMAX resuelve las ecuaciones de difusión de neutrones a dos grupos de energía y en tres dimensiones, por diferencias finitas. En este trabajo se lo utilizó para obtener el K-efectivo y distribuciones de flujo en el núcleo.

POWERPUFS- V es un código de celda, con el cual se calcularon las propiedades de la red para uranio natural y empobrecido.

MATMAP identifica y enumera las diferentes combinaciones de materiales que puedan aparecer en el modelo a partir del mapa del combustible básico y las posiciones de los mecanismos de reactividad (M/R).

EXTEN es capaz de desdoblar distribuciones de flujo a núcleo completo, calculadas con modelos que tienen simetrías.

INTREP calcula valores de flujo en ubicaciones de interés utilizando interpolación parabólica.

3.0 Simulación de un cuarto de núcleo

El núcleo del reactor se representó en un modelo de 1/4 de núcleo para reducir el tiempo de computación pero se agregó mucho detalle al incluir todo el material estructural de los M/R utilizando finalmente 24 x 28 x 15 líneas en el modelo.

En la Fig. 1 se presenta una vista del modelo geométrico. La presencia del material estructural en esta simulación permite determinar con precisión las condiciones de la primera puesta a crítico (valor absoluto del veneno en el moderador) y también la distribución del flujo térmico.

3.1 Resultados

3.1.1 Primera aproximación a crítico. Las predicciones para alcanzar criticidad son:

	Moderador	Refrigerante
Temperatura	35°C	30°C
Concentración de boro	9 ppm	0
Composición isotópica	99,75% en peso	99,75% en peso

MECANISMOS DE REACTIVIDAD

Barras ajustadoras totalmente insertadas.

Barras mecánicas de control totalmente extraídas.

Nivel promedio de zonas líquidas 32%

Valor en reactividad del boro en el moderador $\rho_{\text{Boro}} = -8,6 \frac{\text{mk}}{\text{ppm}}$

3.1.2 Curva de reactividad para las zonas líquidas

Se simularon cambios de nivel del agua al mismo tiempo desde 0% (vacías) al 100% (llenas). El resultado se presenta en la Fig. 2.

Como se observa en la Fig. 3 la distribución de flujo térmico está notablemente deprimida en la región central del núcleo a causa del combustible empobrecido (0,52% U-235) y las barras ajustadoras.

3.1.3 Barras ajustadoras de cobalto

La predicción de 12,5 mk para todas las barras extraídas posibilita una autonomía de la central de aprox. 40 días de plena potencia en el caso de indisponibilidad de las máquinas de recambio.

3.1.4 Barras mecánicas de control

La predicción para las 4 barras de Cadmio es -10,05 mk, valor suficiente para compensar el aumento de reactividad que se produce al ir de operación normal a parada caliente (coeficiente de potencia). Se puede observar en la Fig. 4 la gran distorsión que causan estas barras en la distribución del flujo térmico y también un aumento en la desviación del mismo entre la parte superior e inferior del núcleo.

4.0 Simulación del núcleo completo.

Se modeló el núcleo completo de CNE para simular configuraciones asimétricas que no podían representarse en el modelo anterior. El modelo del núcleo completo permite posicionar al combustible empobrecido (52 canales centrales, 2 manojos por canal) en la posición real que ocupará en el núcleo. Para simplificar el modelo geométrico se eliminó el material estructural utilizando finalmente una malla de 42 x 28 x 15 líneas. Ver Fig. 5

4.1 Resultados

4.1.1 Barras ajustadoras

Los valores individuales en reactividad y de cada uno de los 7 bancos se presenta en la Tabla 6.

4.1.2 Barras mecánicas de control

En la Fig. 7 se presenta la notable influencia de un banco al 50% sobre la distribución de flujo térmico. Se calcularon también valores en reactividad para barras individuales y para los bancos en diferentes posiciones.

4.1.3 Barras de corte del reactor

Los valores en reactividad para las 28 barras introducidas al mismo tiempo y para cada barra en forma individual se muestra en la Tabla 8.

5.0 Conclusiones.

Las conclusiones de este informe pueden resumirse como sigue:

- Se pondrá el reactor crítico con 9 ppm de boro en el moderador y las demás condiciones como se estableció anteriormente.
- El sistema de zonas líquidas (H_2O) será calibrado con boro que se irá agregando al moderador. El rango en que opera el sistema de regulación del reactor, del 20% al 70% da: -3,7 mk.
- El aplanamiento que se logra con las 21 barras ajustadoras introducidas y los 104 manojos de uranio empobrecido permiten subir al 100% de potencia con núcleo fresco.
- Los 12,5 mk de las 21 barras ajustadoras posibilita una autonomía de la central en aprox. 40 días de plena potencia en el caso de indisponibilidad de la máquina de recambio y también da un margen de ~ 30 min. para vencer al Xe -135 para la recuperación a plena potencia a continuación de una salida rápida de servicio.
- Las barras mecánicas de control garantizan reactor subcrítico cuando se pasa de operación al 100% Pot. a parada caliente.

ONE: MODELO DEL NUCLEO - POTENCIA CERO

Vista Lateral del Nucleo mostrando las Barras Ajustadoras con el Número de Lapiceros de Control.

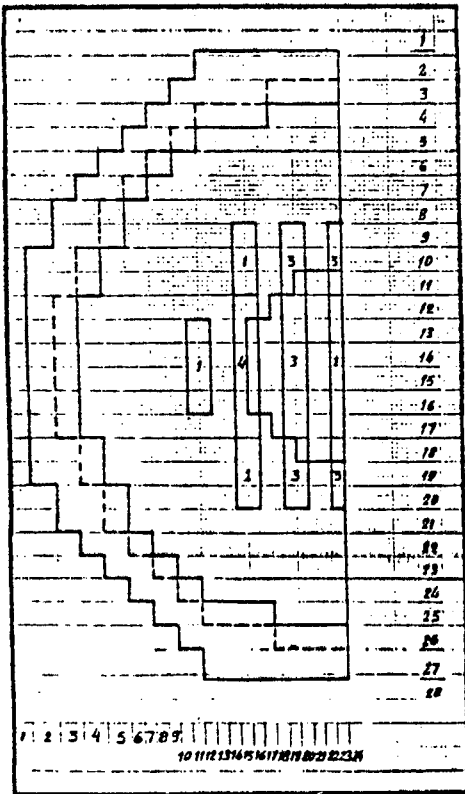


Figura 1

ONE: SIMULACION PARA NUCLEO FRESCO - POTENCIA CERO

Curva caracterización de las Bomas Líquidas.

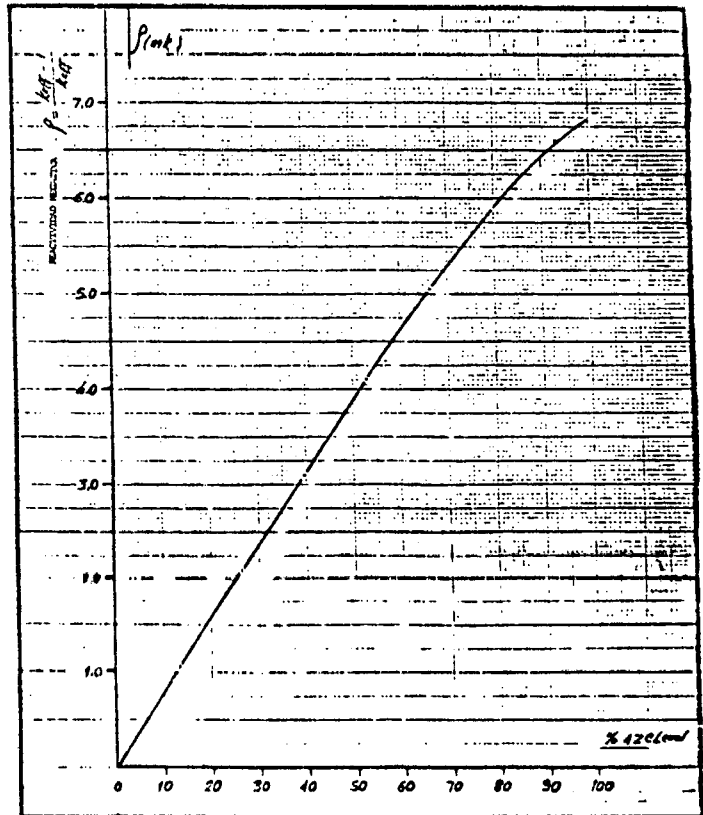


Figura 2

ONE: SIMULACION PARA NUCLEO FRESCO

Distribución de Flujo Térmico en La Posición Horizontal (HFD 3)

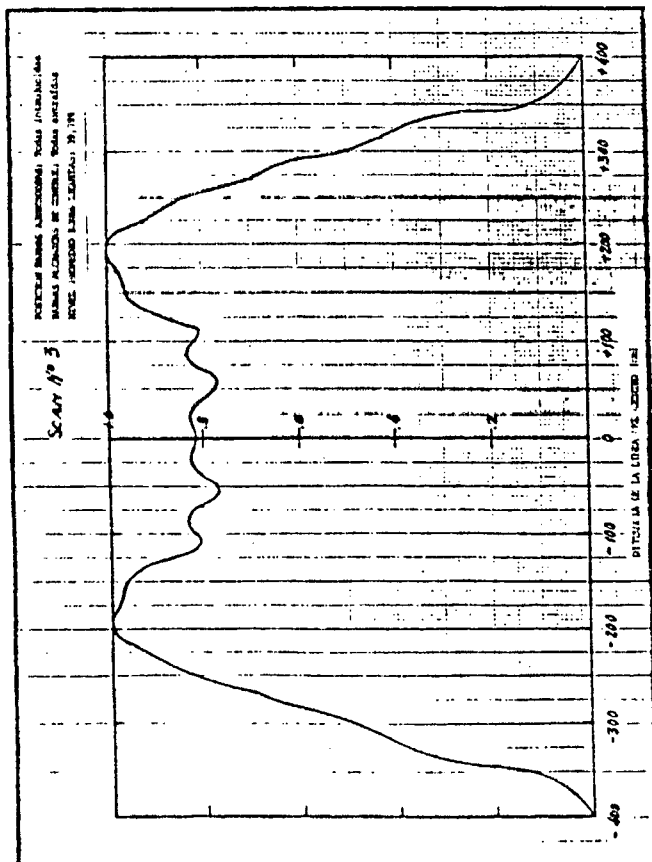


Figura 3

ONE: SIMULACION DE NUCLEO FRESCO - POTENCIA CERO

Distribución Horizontal de Flujo (HFD 3)

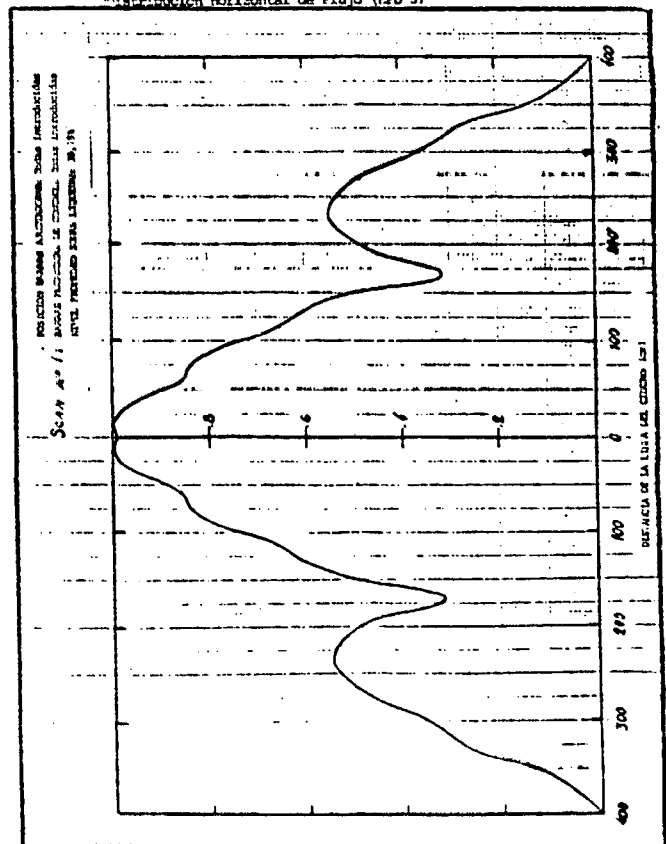


Figura 4

OE: MODELO DEL NUCLEO FRESCO - POTENCIA CERO

Vista del Nucleo mostrando las Zonas Líquidas y los Niveles de Agua Supuestos.

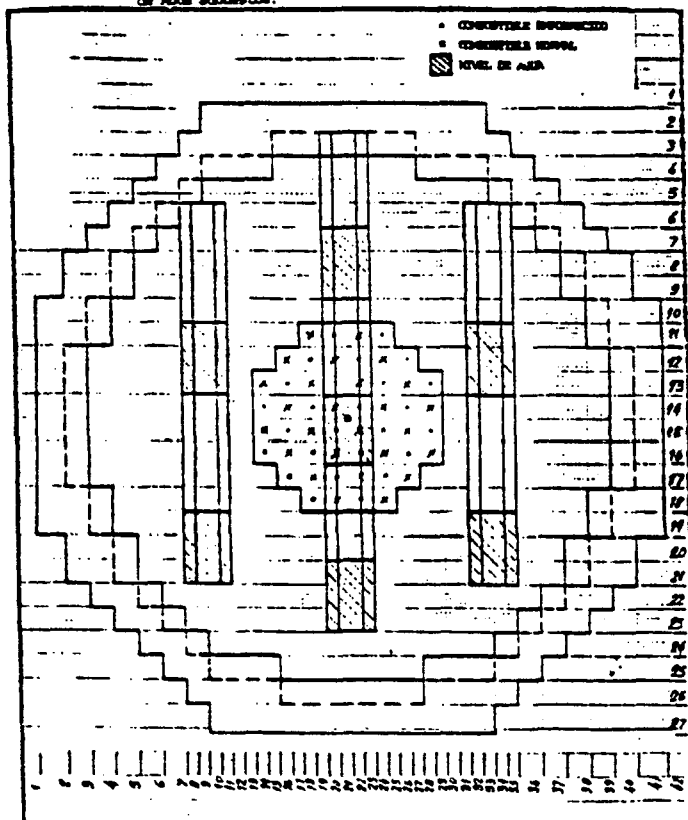


Figura 5

OE: SIMULACION PARA NUCLEO FRESCO - POTENCIA CERO

Distribución Vertical del Flujo Térmico (VP2)

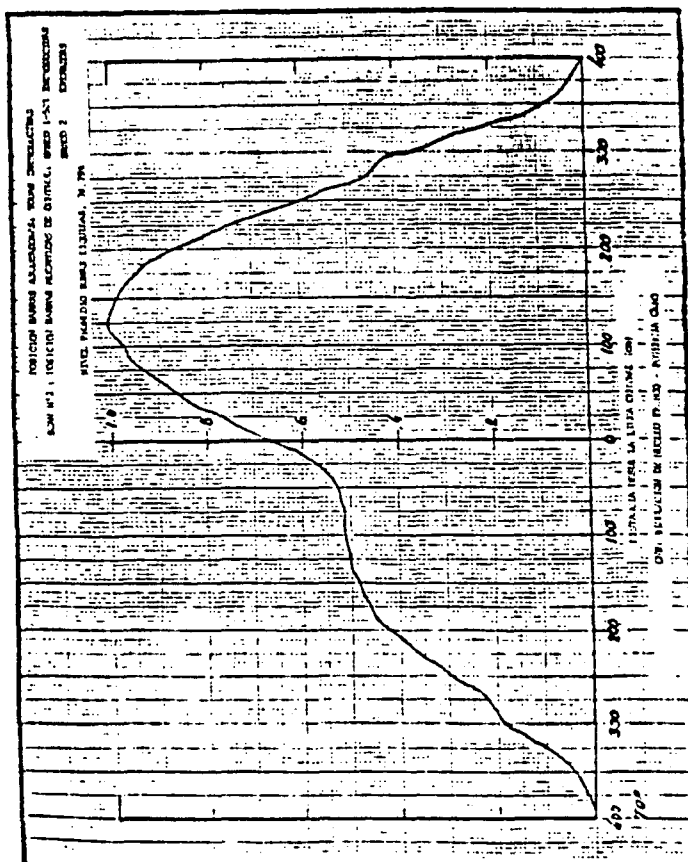


Figura 7

TABLA 6

OE: SIMULACION PARA NUCLEO FRESCO - POTENCIA CERO

Reactividad de Barras Individuales

NUMERO	BARRAS SIMETRICAS	REACTIVIDAD (mk.)
0	—	—
AA1	AA7, AA15, AA21	0.11
AA11	—	0.60
AA2	AA6, AA16, AA20	0.67
AA3	AA5, AA17, AA19	0.67
AA4	AA18	0.45
AA8	AA14	0.13
AA9	AA13	0.82
AA10	AA12	0.38

Reactividad para Bancos de Barras Ajustadoras

NUMERO DE BARRAS	POSICION BARRAS AJUSTADORAS	BANCO INDIVIDUAL	REACTIVIDAD DE BANCO INDIVIDUAL (mk.)
4	BANCO 1 EXTRAIDO RESTO INTRODUCIDO	BANCO 1	1.83
5	BANCOS 1 + 2 EXTRAIDOS RESTO INTRODUCIDO	BANCO 2	1.77
6	BANCOS 1 + 2 + 3 EXTRAIDOS RESTO INTRODUCIDO	BANCO 3	1.83
7	BANCOS 1 + 2 + 3 + 4 EXTRAIDOS RESTO INTRODUCIDO	BANCO 4	2.11
8	BANCOS 1 + 5 EXTRAIDOS RESTO INTRODUCIDO	BANCO 5	1.54
9	BANCOS 1 + 6 EXTRAIDOS BANCO 7 INTRODUCIDO	BANCO 6	1.77
10	TODAS LAS BARRAS EXTRAIDAS	BANCO 7	2.56

TABLA 8

OE: SIMULACION PARA NUCLEO FRESCO - POTENCIA CERO

Reactividad de Las Barras de Corte

OE: REFERENCIA { Barras Mecánicas de Control Extraídas
Barras Ajustadoras Introducidas
Nivel Promedio Zonas Líquidas 40%

MODELO	POSICION DE LAS BARRAS DE CORTE	CASO DE REFERENCIA (mk.)	CASO PERTURBADO	DIFERENCIA
1/4 NUCLEO	TODAS LAS BARRAS INTRODUCIDAS	-0.56	-0.80	-0.24
NUCLEO COMP.	SA 4 BARRA INTROD.	+1.77	+0.51	-1.26
NUCLEO COMP.	SA 3 BARRA INTROD.	+1.77	+0.15	-1.62
NUCLEO COMP.	SA12 BARRA INTROD.	+1.71	-1.05	-2.76
NUCLEO COMP.	SA11 BARRA INTROD.	+1.71	-1.38	-2.91
NUCLEO COMP.	SA 8 BARRA INTROD.	1.76	+0.86	-0.90
NUCLEO COMP.	SA15 BARRA INTROD.	1.78	+0.38	-1.38
NUCLEO COMP.	SA13 BARRA INTROD.	1.70	+0.32	-1.38
NUCLEO COMP.	SA 7 BARRA INTROD.	1.67	-0.92	-2.19