

08.63.06

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1963

CIRCUITO EXPERIMENTAL DESTINADO AL ESTUDIO
DE BURNOUT EN REGIMEN TRANSITORIO

Lic. R.F. de TURJANSKI

Ing^o A. BLUMENKRANTZ

CEEA-Re-3a

INTRODUCCION

En los reactores enfriados por agua, la potencia está limitada por la aparición del fenómeno de Burnout, por encima de cierto flujo de calor, la pared de los elementos combustibles a refrigerar corre el riesgo de fundirse, o por lo menos sufre una excursión de temperatura u oscilaciones de temperatura incompatibles con los esfuerzos mecánicos que le son impuestos, o con la seguridad de funcionamiento del reactor.

Este fenómeno puede ocurrir durante el funcionamiento transitorio consecutivo a un accidente, tal como la detención de bombas, pudiendo en tal caso igualmente conducir a resultados de sastrosos.

Los intentos de correlacionar los resultados experimentales sobre burnout, han conducido a expresiones a menudo contradictorias, y que en todo caso no cubren la gama completa de variación de los parámetros, faltando datos en zonas de interés tales como las de las presiones cercanas a la atmosférica, zona de interés especial en los reactores del tipo del construido actualmente en Ezeiza.

Faltan además datos en condiciones de transitorios, y se necesitaría más información en flujo axial no uniforme. Muchas de las aplicaciones rectoriles de las correlaciones de Burnout son durante funcionamientos transitorios rápidos, mientras que virtualmente todos los datos experimentales han sido obtenidos en estado estacionario, existiendo la posibilidad que las correlaciones desarrolladas en base a los datos de dicho estado no sean tal vez directamente aplicables en los transientes rápidos, aún cuando las condiciones instantáneas de funcionamiento sean conocidas.

La experiencia que encaramos está destinada a reproducir las condiciones térmicas e hidráulicas en un elemento combustible del reactor R.A.E.P., durante un accidente de detención de bombas, determinando en qué condiciones se llegará a producir burnout, la evolución de las caudales y temperaturas de cha-pa.

Las disposiciones especiales adoptadas para asegurar la refrigeración en caso de detención de bombas (compuerta que se abre automáticamente, permitiendo el establecimiento de la convección natural) conducen a contemplar el régimen transitorio que sigue a esa detención.

El objetivo de la experiencia es buscar el flujo crítico capaz de provocar burnout para un conjunto dado de condiciones iniciales.

PLANTEO DEL PROBLEMA

Los fenómenos que debemos representar sobre el circuito de ensayos son:

- La disminución de caudal por detención de la bomba impulsora.-
- La inversión de corriente de refrigerante debida al establecimiento de la convección natural.
- La variación de la potencia calefactora en función del tiempo.-

Los parámetros experimentales que tenemos la posibilidad de hacer variar, para ver su influencia sobre el fenómeno, son:

q - Caudal inicial

Δt - Intervalo de tiempo entre la detención de la bomba y la apertura de la compuerta.

T_i - Temperatura de entrada del agua.

P - Potencia calórica generada.

Se determinará la aparición del fenómeno de Burnout por el análisis de los registros de las termocuplas de pared, que presentarán una excursión local de temperatura en la zona donde dicho fenómeno aparece.

DESCRIPCION DEL CIRCUITO

El dispositivo experimental consistirá en un modelo donde reproduciremos el comportamiento térmico de los elementos combustibles sobre una sección de ensayos cuyas paredes son calentadas por efecto Joule.

Este dispositivo experimental (Fig.1) puede funcionar según dos esquemas hidráulicos diferentes: uno, que se cierra a través de la bomba y el intercambiador de calor (válvula A cerrada), destinado a reproducir las condiciones iniciales de estado estacionario; y otro, que se cierra a través de la válvula A, que reproducirá las condiciones del funcionamiento en convección natural.

SUMINISTRO DE POTENCIA.- Se prefirió usar corriente continua en vez de alternada, dado que el uso de esta última provoca fluctuaciones en la temperatura del metal que, aunque no de gran amplitud, no son despreciables. Ellas pueden perturbar el fenómeno de ebullición superficial en el área donde éste comienza a aparecer que es precisamente la región de interés (Peaceful Uses of Atomic Energy 1958, P/1150).

Como fuente de potencia se cuenta con un equipo rectificador de las siguientes características:

- Alimentación : C.A. 3 x 380 Volts

- Salida : 20 Volts C.C.

2000 Amperes

Ondulación inferior al 5 %

La potencia en la carga podrá ser regulada entre el 10 y el 100 % de su valor nominal.

Las partes constitutivas del circuito son:

- Un tanque cilíndrico de aproximadamente 1 m³ de volumen, que jugaría el rol de las partes del tanque del reactor que rodean al núcleo reactante.

El gran volumen de agua almacenado en este reservorio representará el agua que proviene de la piscina en el caso de funcionamiento en convección natural: la disposición es tal que el régimen de convección natural pueda ser estudiado convenientemente hasta tanto el volumen de agua caliente en el tanque no sea demasiado grande.

- La válvula A, de cierre rápido, accionada eléctricamente, representa a la compuerta y su apertura permite el establecimiento de la convección natural.
- Una bomba de caudal 2 m³/hora.
- Un intercambiador de calor diseñado para 50 Kw .
- Una válvula C de regulación de caudal y una válvula exclusiva B, accionada eléctricamente.
- Un dispositivo electrónico permitirá regular el intervalo de tiempo entre la detención de la bomba y la apertura de la válvula A.

SECCION DE ENSAYOS

Es nuestro propósito estudiar distintas geometrías de secciones de ensayo.

En una primera etapa, y con el objeto de simplificar los problemas constructivos, se investigará una sección circular de acero inoxidable de 1 cm de diámetro y 1 mm de espesor de pared.

Otra solución optativa para esta primera etapa es el uso de nichrome reemplazando al acero inoxidable.

Con el objeto de simular lo más exactamente posible un canal de elementos combustibles del reactor R.A.E.P., se ensayará también secciones de geometría rectangular.

En este tipo de geometría es necesario disminuir el flujo calórico en los ángulos, ya que en dichos puntos, la deficiente transmisión de calor conduciría a valores del flujo de Burnout inferiores a los reales.

En la Fig.2, se muestra un esquema de sección de ensayos rectangular, en la que para cumplir con la condición precedente, se ha disminuido el espesor en los lados menores del rectángulo.

Teniendo en cuenta la limitación de corriente disponible, y con el objeto de alcanzar flujos calóricos más elevados, estamos desarrollando la sección de ensayos rectangular representada en Fig.3, donde puede observarse que sólo una de las caras disipa calor.

Esta sección tiene además la ventaja que el flujo de calor es nulo en la zona de deficiente transmisión calórica.

Se ha adoptado el principio de encastrar la placa calefactora de acero inoxidable en una contraplaca de Micarta. Para la unión entre placa y contraplaca se está ensayando pegarlas con el sistema Resina Epikote 828 - Agente de Curado DDS, que conserva una buena resistencia mecánica a temperaturas del orden de 180°C.

Con el objeto de disminuir las tensiones térmicas se sustituirá posteriormente la placa de acero inoxidable por un material de bajo coeficiente de dilatación (Telvar 36).-

///

ESQUEMA DEL ACCIDENTE EXPERIMENTAL

1º - Antes del instante inicial, $t < 0$

Estando la válvula A cerrada, B abierta, y la bomba en funcionamiento, se establecerá un caudal estacionario del orden de 2 m³/hora que podrá regularse con la válvula C, con figurando así las condiciones iniciales del accidente reproducido.

2º - Después del instante inicial, $t \geq 0$

La detención de la bomba, en el instante $t = 0$ producirá la disminución del caudal refrigerante,

Después de un intervalo de tiempo Δt variable, se abrirá la válvula A; cerrándose simultáneamente la válvula B. Este segundo esquema hidráulico permitirá la inversión del caudal por el establecimiento de la convección natural.

Se proyecta igualmente programar la variación de la potencia calórica durante el transitorio.

MEDICIONES

La temperatura de la placa calefactora se medirá por una serie de termocuplas soldadas en la superficie exterior de dicha placa. Se usarán termocuplas de Chromel Alumel Bristol Armox de .025" de diámetro exterior.

Termocuplas de cobre Constantán medirán la temperatura de entrada y salida del agua al canal de ensayos.

Dos caudalímetros Pottermeter medirán el caudal variable en ambas ramas del circuito experimental. Estos medidores entregan una señal cuya frecuencia es proporcional al caudal. Dicha señal se envía a un convertidor que provee una salida continua, de amplitud proporcional a la frecuencia de entrada.

Todas estas señales serán registradas en un registrador múltiple rápido.

El rectificador estará provisto en su panel frontal de un voltímetro y un amperímetro. Además, un shunt intercalado en el circuito eléctrico permitirá llevar la señal de la corriente calefactora al aparato registrador. También se registrará la caída de tensión en la placa calefactora.

///

Para evitar la destrucción de la sección de ensayos por sobrecalentamiento, la termocupla ubicada en el punto más caliente accionará un disparo de seguridad que debe cortar rápidamente la corriente.

OBJETIVOS Y NECESIDADES

Esta experiencia forma parte de un plan de trabajo más amplio, que tendría por finalidad resolver los problemas térmicos relativos a los proyectos de reactores en marcha.

El conocimiento detallado de los aspectos termodinámicos es de gran interés en obras de la magnitud del reactor actualmente en construcción y evidentemente indispensable al proyectar un reactor de potencia.

A fin de evacuar la necesidad de resolver estos problemas, hasta hoy nos hemos abocado primordialmente al aspecto teórico, habiendo calculado las condiciones de funcionamiento, tanto en estado estacionario como durante los transitorios, del núcleo reactante y de los blindajes.

Consideramos que en este momento el planteo numérico de los problemas encarados ha llegado a un grado de madurez que justifica que nuestro esfuerzo se vuelque a la obtención de correlaciones experimentales, únicas capaces, en definitiva, de verificar la exactitud de las hipótesis efectuadas, y de proveer, por otra parte, los datos necesarios para elaboraciones numéricas posteriores.

Es quizá obvio aclarar que esta complementación profunda de los cálculos con la experiencia representa el sistema de trabajo seguido por los principales centros de investigación extranjeros.

Por todo ello es a nuestro juicio indispensable disponer de las facilidades de un laboratorio de transmisión del calor.

Ante la imposibilidad económica de instalar en forma inmediata dicho laboratorio, optamos por integrarlo en forma escalonada montando las experiencias cuya vigencia sea más urgente en el presente. Es de observar también que los equipos básicos usados en esta experiencia, constituyen elementos fundamentales para la ejecución de todo otro trabajo sobre el tema.

Provisoriamente se instalarán los equipos en la parte posterior del galpón de Facilidad Crítica, esperándose la terminación del edificio en construcción para efectuar el traslado definitivo de dichos equipos, y la instalación de todo el instrumental restante, que está actualmente en licitación,-

NECESIDADES DE PERSONAL

1 - Técnico Mecánico

1 - Técnico Electricista

Ambos estarían encargados de instalar y poner a punto los circuitos e instalaciones eléctricas. Hasta tanto la envergadura del laboratorio no lo exija, no estarían afectados en forma permanente.

1 Instrumentista; que estaría afectado en forma permanente, y que tendría a su cargo la construcción de secciones de ensayo y las tareas anexas que exigen una mecánica de precisión; pudiendo estar igualmente encargado de la ejecución de las mediciones de rutina.

-.-.-.-.-.-

A P E N D I C E

ESTUDIO SOBRE BURNOUT EN RÉGIMEN ESTACIONARIO.

CONVECCION FORZADA

El trabajo en régimen estacionario tendrá por finalidad poner a punto las técnicas de medida a ser usadas en el estudio de transitorios, y proveerá además nuevos valores experimentales sobre Burnout en régimen estacionario a presión atmosférica, rango en el cual los resultados experimentales existentes son escasos.

Hemos decidido limitar nuestro estudio al caso de "subcooling" (temperatura de la masa del fluido inferior a la de ebullición), por ser éstas las condiciones reinantes en el núcleo del R.A.E.P.

El esquema del circuito experimental a utilizar está indicado en la Fig.4, estando ya por otra parte ejecutados los planos de detalle.

Dado que la potencia eléctrica disponible es reducida., nos veremos limitados en esta primera etapa, al estudio de Burnout dentro del rango de velocidades inferior a 1 m/seg.

Hemos efectuado algunos cálculos previos que nos permitieron prever el orden del flujo calórico de Burnout.

Para ello hemos seleccionado la correlación propuesta por Mirshak, Durant y Towell, válida para velocidades del fluido mayores que 1,5 m/seg. y hemos admitido la hipótesis que la extrapolación a nuestro rango sea válida.

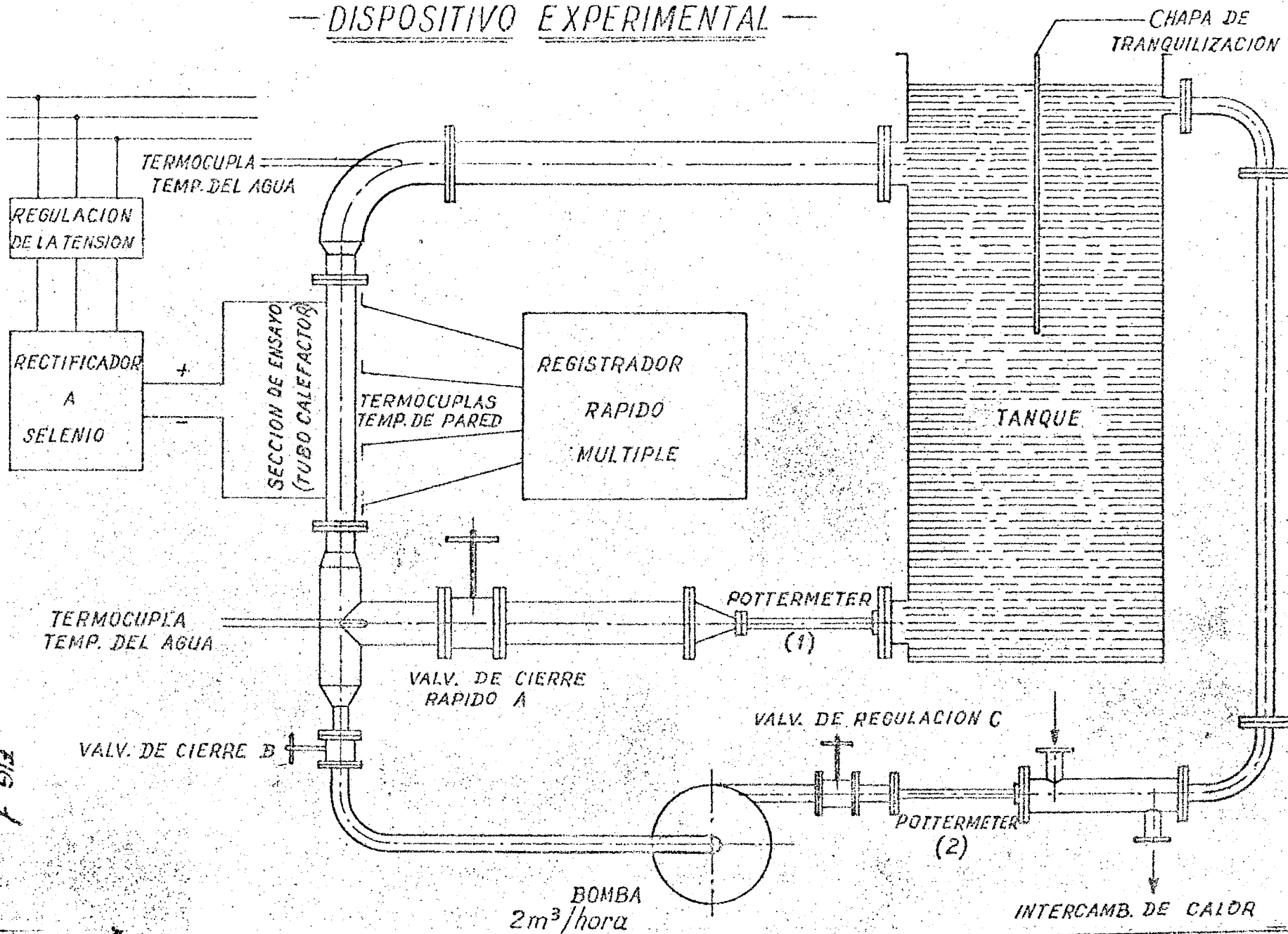
Algunos de los resultados obtenidos por cálculo se en la tabla siguiente:

VELOCIDAD (m/seg.)	T fluído (°C)	(Q/Δ) Burnout (watt/cm ²)
1	60	276,67
1	70	258,15
1	80	239,63
1	90	221,12
0,83	60	270,52
0,83	70	252,41
0,5	60	260,67
0,5	70	243,22
0,5	80	225,77
0,5	90	208,33

B I B L I O G R A F I A

- 1) - S. J. GREEN - "Transient Burnout and Pressure Drop Studies"
WAPD - TH - 391.-
- 2) - R.A. De Bortoli et al. "Forced-convection heat transfer
Burnout studies for water in rectangular channels and round
tubes" WAPD - 188.-
- 3) - S.MIRSHAK et al. "Heat Flux at Burnout" DP - 355
- 4) - W.R.GAMBILL, R.D.BUNDY - "Burnout heat fluxes for low -
pressure water in natural circulation" ORNL - 3026
- 5) - Ph. VERNIER "Flux de Burnout en régime transitoire de con-
vection naturelle" -Rapport TT N° 25.
- 6) - Ph. VERNIER "La cellule Super Bob pour l'étude des risques
de Burnout en régime transitoire".Note TT N° 147
- 7) - S.LEVY et al. "Heat Transfer to water in thin rectangular
channels" Journal of Heat Transfer, May 1959.-

— DISPOSITIVO EXPERIMENTAL —



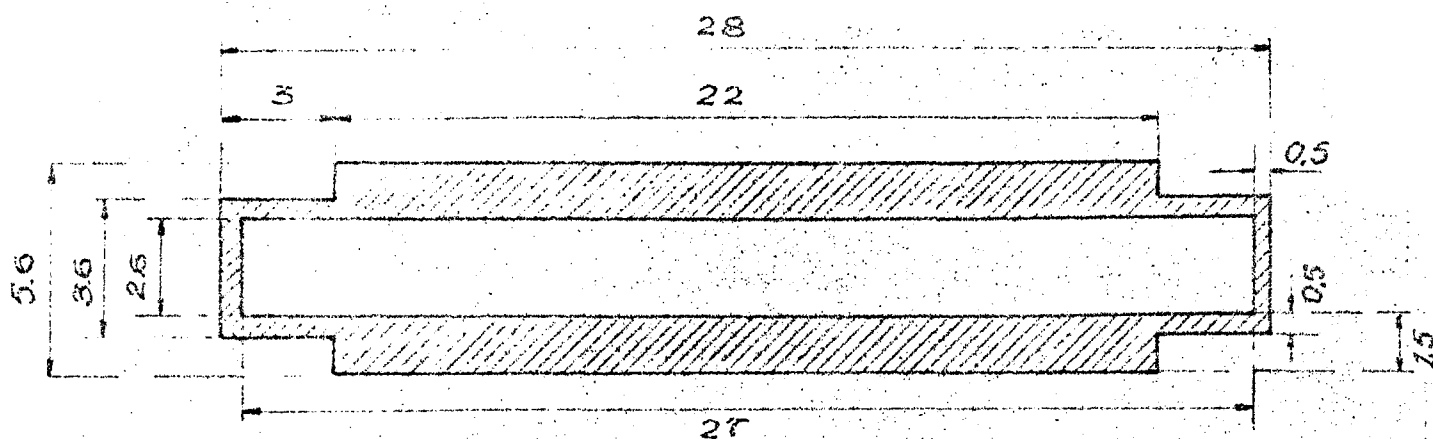


FIG. 2

SECCIONES DE ENSAYO

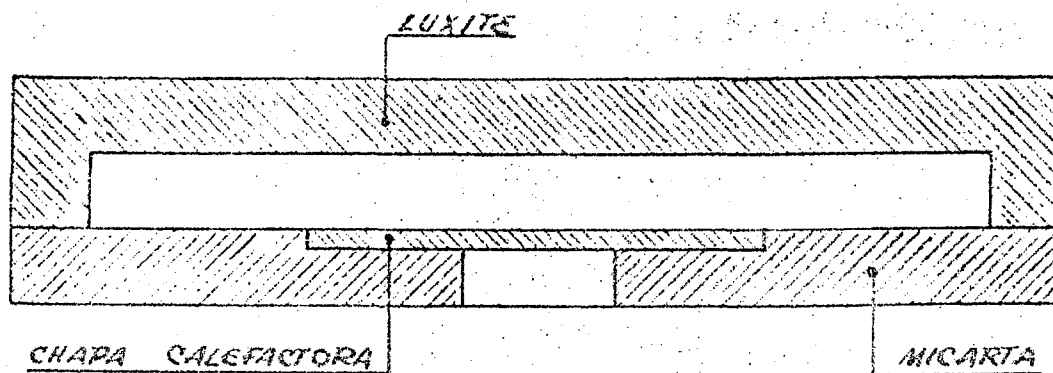


FIG. 3

CIRCUITO DE ENSAYOS TERMODINAMICOS

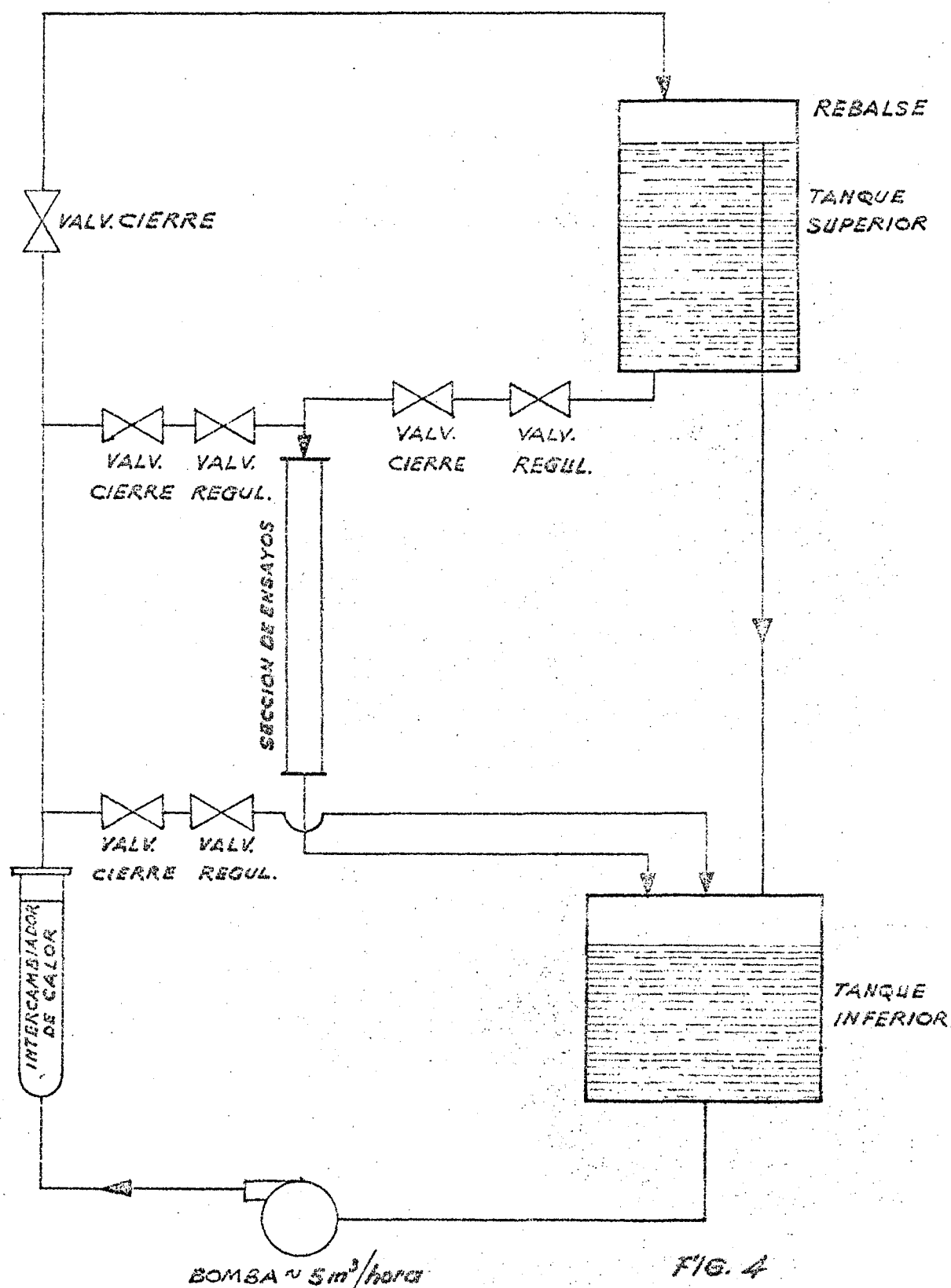


FIG. 4