

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

- Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

⑩ ES	⑪ NUMERO	⑩ AT
	478.693	
	⑫ FECHA DE PRESENTACION	
	2.3.1979	

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria anejada.

③① PRIORIDADES:	③② FECHA	③③ PAIS
③① NUMERO		
P 28 10 917,3	14.3.1978	REP. FEDERAL ALEMANA

④⑦ FECHA DE PUBLICIDAD	④① CLASIFICACION INTERNACIONAL	④② PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G21C ; G01T	

④④ TITULO DE LA INVENCION
"METODO PARA EL CONTROL DEL LIMITE DE POTENCIA DEL NUCLEO INTERNO DE UN REACTOR NUCLEAR"

④⑦ SOLICITANTE (ES)
THE BABCOCK & WILCOX COMPANY
DOMICILIO DEL SOLICITANTE
161 East 42nd Street NEW YORK, N.Y. 10017 (U.S.A.)
④⑧ INVENTOR (ES)
D. William T. Brunson
④⑨ TITULAR (ES)
④⑩ REPRESENTANTE
D. MANUEL DE RAFAEL GARCIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere a un método para limitar la densidad de potencia local en los núcleos de reactores nucleares que comprenden una pluralidad de conjuntos de combustible dispuestos en una serie fija, estando el reactor nuclear provisto de detectores de flujo neutrónico automáticos prefijados que determinan el flujo neutrónico local. Más particularmente, la invención hace referencia a un sistema de control de límite de potencia y a métodos para ajustar automáticamente los límites de control de potencia de un núcleo interno.

En los grandes reactores de potencia nuclear, es necesario verificar la densidad de potencia local en el núcleo del reactor, o limitar las crestas de densidad de potencia mediante una acción apropiada con el fin de asegurar que los valores operativos permisibles no se han sobrepasado en ningún punto dentro del núcleo. Además, los reactores nucleares son accionados usualmente dentro de límites de diseño predeterminados relacionados con la distribución de la potencia en el núcleo, lo cual asegura un margen suficiente para evitar deterioro del núcleo en condiciones de estado de régimen y en condiciones transitorias.

Los sistemas y técnicas de instrumentación capaces de detectar y limitar las perturbaciones en la distribución de densidad de potencia, que usualmente ocupan grandes zonas y presentan distorsiones azimutales axiales y radiales, utilizan generalmente detectores

de densidad de flujo neutrónico e instrumentación de densidad de flujo al exterior del núcleo juntamente con instrumentación que mide la elevación de temperatura del refrigerante del reactor.

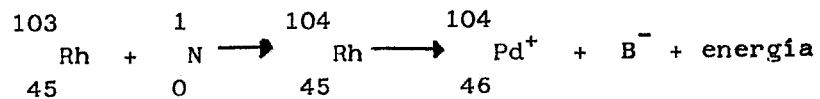
5 Las técnicas de detección de flujo neutrónico cumplen una importante función en la verificación de la potencia del núcleo del reactor gracias a la relación directa existente entre la distribución del flujo neutrónico y la distribución de potencia
10 térmica en el núcleo del reactor. Por tanto, muchos modelos de reactores comprenden sistemas de instrumentación de flujo neutrónico para proporcionar seguridad en cuanto a la información en relación con la distribución de la potencia. Los sistemas de
15 núcleo interno se pueden dividir usualmente en dos categorías, es decir, los sistemas que emplean detectores estacionarios distribuidos por todo el volumen del núcleo del reactor en varios lugares fijos para proporcionar datos en puntos discretos,
20 y los sistemas que utilizan dispositivos de detección móvil que proporcionan exploraciones de flujo neutrónico del núcleo a lo largo de una trayectoria sobre la que se desplaza el dispositivo. Los detectores de núcleo interno, estacionarios o fijos,
25 deben ser muy fiables, puesto que no se puede efectuar su manutención o sustitución sin detener el funcionamiento del reactor. Para servicio de núcleo interior se prefieren con frecuencia los detectores de núcleo interno del tipo de detectores
30 neutrónicos automáticos en los que se emplea el

proceso de decaimiento radioactivo de un material
activado por neutrones para producir una señal de
salida. Un detector neutrónico automático comprende
cuatro partes: un emisor sensible a los neutrones,
5 aislamiento, hilo conductor y revestimiento o
colector. El emisor, compuesto por un material
que posee una sección de activación neutrónica
térmica elevada, tal como rodio, está conectado
axialmente al hilo conductor. El hilo conductor y el
10 revestimiento exterior están separados por un ais-
lamiento cerámico muy compacto que mantiene una
resistencia eléctrica elevada en las condiciones
operativas del reactor. El hilo conductor y el
revestimiento están destinados a emitir pequeñas
15 partículas beta en comparación con el emisor. El
detector se conecta a tierra, a través de un contador
de corriente eléctrica, para permitir la medición
de la corriente que es proporcional al escape
de beta neto desde el emisor cuando el detector
20 se somete a un flujo neutrónico.

Las patentes estadounidenses núms. 3.603.793,
3.375.370 y 4.087.693 describen varios detectores
neutrónicos automáticos, mientras que la patente
estadounidense nº 3.892.969 se refiere a un hilo
25 conductor para empleo con dichos detectores. Los
detectores y sistemas de núcleo interno deben
presentar las condiciones ambientales locales
requeridas. Por ejemplo, las presiones ambientales
máximas pueden oscilar desde aproximadamente 6.730
30 kg/cm^2 en un reactor del tipo de agua a presión

hasta aproximadamente 2.050 kg/cm^2 en un reactor del tipo enfriado por gas a temperatura elevada. Las condiciones de temperatura ambiente en un reactor del primer tipo pueden ser de aproximadamente 343°C .

5 Los detectores de flujo neutrónico automáticos estacionarios pueden disponerse en varios puntos dentro del núcleo del reactor para medir la distribución del flujo axial y del flujo radial y para proporcionar un historial de las distribuciones y variaciones de potencia. Además, puede disponerse una pluralidad de dichos detectores de flujo local que forman un conjunto detector en lugares elevados axiales en el núcleo separados uniformemente para medir el gradiente de flujo axial. Tales conjuntos detectores se pueden disponer en posiciones radiales de núcleo preseleccionadas. En tal caso, cada detector individual mide el flujo neutrónico de sus proximidades. Durante el funcionamiento del reactor, los neutrones entrantes pasan a través del revestimiento y del aislador y son absorbidos por el emisor. Considerando el caso de un emisor constituido esencialmente de rodio:



25 La emisión de la partícula beta y su transferencia desde el emisor de rodio es la fuente de la señal de flujo local. La captura de un neutrón por el rodio-103 produce un isótopo radioactivo, rodio-104, que tiene un núcleo inestable. Después de cierto período de tiempo en el que las fuerzas del interior

del núcleo intentan, sin éxito, alcanzar un estado de equilibrio, es expulsada una partícula beta, formándose un producto descendiente, paladio. El paladio requiere un electrón más orbital que su precursor

5 con el fin de equilibrarse electrónicamente. Si la única vía de suministro electrónico al rodio es un conductor eléctrico, es decir, un hilo conductor, conectado a tierra a través de un circuito de medición de señal, se puede medir el régimen de decaimiento

10 de beta, que está relacionado con la deficiencia de la carga. El régimen de decaimiento de beta está en relación directa con el flujo neutrónico absorbido por el emisor. La mayoría de los electrones escapan del emisor, penetran en el aislador y finalmente

15 quedan en el revestimiento o sus proximidades. El decaimiento de beta en el emisor da como resultado una carga positiva sobre el hilo conductor. Se mide el valor de la carga positiva, que está en relación directa con el flujo neutrónico absorbido por el

20 emisor. La señal medida no es afectada por los electrones que escapan del revestimiento porque el revestimiento y sus proximidades están con potencial a tierra. La vida útil de los detectores es principalmente una función del régimen de empobrecimiento del rodio.

25 Sin embargo, este régimen de empobrecimiento es directamente proporcional a la corriente consumida y se puede determinar y compensar fácilmente por medio de técnicas bien conocidas.

La distribución de la densidad de la potencia

30 varía en todo el núcleo del reactor. En consecuencia, conviene reducir al mínimo la distribución de la

densidad de la potencia, por medio de un control de circuito cerrado oportuno, a la vez que se asegura que no se sobrepasen los límites operativos destinados a proporcionar márgenes de seguridad adecuada.

5 Las limitaciones de las distribuciones de potencia se pueden definir como los valores máximos que sobrepasan los límites operativos de diseño que proporcionan márgenes relativos, por ejemplo, a la salida a partir de ebullición nucleada (DNB), o
10 a fusión de pastilla completa central, o a un sistema de enfriamiento de núcleo de emergencia (ECCS) o a la actuación o combinación de dichos u otros conceptos.

 Un artículo "Instrumentación nuclear para reactores de agua a presión 1300-MW", por ejemplo,
15 que apareció en la revista "KERNTECHNIK" (Vol. 16, 1974 págs. 429-436), describe una técnica relativa a la verificación o limitación de la densidad de potencia en reactores nucleares en los que las señales de distribución de densidad de potencia se elaboran
20 juntamente con las señales de los valores medidos de la instrumentación de medición de flujo neutrónico al exterior del núcleo y con las señales de la instrumentación con uso de temperatura refrigerante de reactor. Una desventaja de tales procedimientos surge
25 del empleo de la instrumentación de medición de flujo neutrónico al exterior del núcleo y las señales de los datos de elevación de temperatura del refrigerante del reactor, dado que los cálculos de modelo detallado tienen que depender de la relación de dichos parámetros
30 integrales con las densidades de potencia local

discreta en el núcleo. Esto da como resultado una pérdida de sensibilidad de detección y hace que la precisión de la detección sea relativamente escasa. Además, no es posible detectar las perturbaciones
5 imprevistas en la distribución de densidad de potencia, es decir, las perturbaciones no señaladas por los cálculos de modelo.

En general, la seguridad directa relacionada con el empleo de la información de núcleo interior
10 ha sido confinada con el desarrollo de parámetros globales, tales como desviación de núcleo, es decir, la diferencia de potencia de núcleo media entre las mitades superior e inferior del núcleo, y la inclinación de cuadrante de núcleo, o sea la diferencia
15 de potencia media entre la dirección azimutal o radial de un cuadrante de núcleo. Estos parámetros globales se refieren a condiciones de limitación tales como la relación DNB, es decir, la relación del flujo térmico que podría proporcionar DNB con
20 el flujo térmico máximo disponible, o un régimen térmico ECCS límite que define un límite para el parámetro global que se controla. Se han estudiado varias funciones matemáticas que se conocen en la técnica para determinar la relación DNB (DNBR). Debido
25 a la pérdida de resolución resultante de un control sobre una base de parámetro global, se produce en general un exceso de predisposición a la conservación. El material conocido relativo a los sistemas de instrumentación, parámetros y técnicas empleados
30 para verificar o limitar la potencia del reactor

nuclear se describe en el "Manual de sistemas de instrumentación de reactor de potencia nuclear", volumen I (1973) y Volumen 2 (1974) disponible en el Servicio de Información Técnica Nacional del
5 Departamento de Comercio de los Estados Unidos con la referencia TID-25952-P1 y TID-25952-P2.

En las patentes estadounidenses núms. 4.080.251, 3.565.760, 4.075.059 y 4.079.236 se describen métodos y aparatos que se utilizan con
10 límites operativos de reactor.

Por tanto, los núcleos de reactor y el control de refrigerante asociado, así como los sistemas de protección se destinan con un margen apropiado para asegurar que no se sobrepasen los
15 límites operativos especificados aceptables durante cualquier condición de funcionamiento normal, incluyendo los efectos de los casos de funcionamiento anticipado. Al especificar un ajuste de limitación para una condición variable, se deben
20 establecer valores de referencia ajustables y técnicas para ajuste, para asegurar que la acción protectora corrija las situaciones anormales más acusadas que se presenten anticipadamente, es decir, antes de que se sobrepase la condición
25 de limitación.

La presente invención se refiere a técnicas de control de límite de potencia de un núcleo interno que identifican las distribuciones de potencia de limitación máxima, definen los
30 márgenes entre dichas distribuciones de potencia

y límites de régimen térmico y luego establecen los valores de referencia para los instrumentos de núcleo interno que solamente permiten aumentos en la densidad de potencia local o distribución de potencia que serían
5 aceptables si se produjeran en los lugares de núcleo de limitación máxima.

De acuerdo con una forma de realización de la técnica de la invención, se genera una señal de potencia local representativa, para un volumen de
10 núcleo local, derivada de una medición de detector de flujo neutrónico. Esta señal se convierte para estimular la señal de potencia local máxima en la condición más crítica del volumen. Se determina un margen sobre la base de la diferencia o la relación entre el valor
15 de potencia máximo permisible, para el volumen cubierto que usualmente comprende una parte con varios conjuntos de elemento de combustible, y el valor de potencia máxima convertida. Entonces se genera un valor de referencia asociada con el detector como una función
20 del múltiplo de la señal del detector en el volumen representado y la relación del valor de potencia de limitación y el valor de potencia local convertida máxima, o como una función de la combinación de la diferencia entre dichos valores y la señal del detector.

25 En otra forma de realización, la técnica según la invención consiste en generar una señal de potencia local, en un volumen de núcleo local, derivada de una medición de detector de flujo neutrónico de núcleo interno. Esta señal de potencia se compara
30 con las condiciones de limitación de potencia en el

volumen. Entonces se determina un margen basado en la diferencia o relación entre la señal de potencia y la condición de potencia de limitación máxima en el volumen. Luego se genera un valor de referencia asociado con el detector como una función del múltiple de la señal del detector en el volumen representado y la relación, o como una función de la combinación de la diferencia y la señal del detector.

En relación con cada una de las realizaciones de la técnica de acuerdo con la presente invención, si se sobrepasa el valor de referencia, la señal provoca una acción apropiada, por ejemplo, retroceso de potencia por traslación de varilla de control o parada rápida del funcionamiento del reactor nuclear a través de la varilla de control con la consiguiente reducción de la potencia iniciada por los circuitos de seguridad del reactor. El método según la invención permite la revisión continua de los valores de referencia de los instrumentos de núcleo interno solamente siempre que sean posibles aumentos de la potencia local y de la distribución de la potencia global que son aceptables si se producen en el lugar de limitación máxima.

Una de las finalidades de la invención es la provisión de un método con el que se mejoren la sensibilidad de la detección de la densidad de la potencia y la precisión de la detección y que, principalmente, tiene la ventaja de permitir la adaptación de perturbaciones en la distribución de la densidad de la potencia que no se han determinado

previamente, de manera que se evita que se produzcan valores operativos no permisibles.

Una característica de la invención consiste en que sus objetivos se consiguen analizando las
5 señales de medición del detector de flujos neutrónico fijas juntamente con los valores de limitación correspondientes, utilizando medios analógicos o digitales, o ambos medios, de tal manera que la densidad de la potencia se verifica o limita en un volumen predeter-
10 minado con respecto a un detector particular observado.

Otra característica de la invención consiste en que las cantidades medidas analizadas se pueden emplear como parte de un sistema de limitación para provocar automáticamente una reducción de la salida
15 de potencia del reactor. Otra particularidad de la invención reside en el hecho de que dichos métodos se pueden utilizar para determinar valores con el fin de verificar o limitar la densidad de la potencia local con objeto de realizar en las mejores condiciones la distribución de la potencia en el núcleo del
20 reactor.

Otra ventaja de los métodos de la invención consiste en que la densidad de la potencia en el núcleo del reactor se limita al valor local máximo permisible independientemente de que se alcance el
25 valor de densidad de potencia permisible máximo en el núcleo del reactor.

De acuerdo con las técnicas de la presente invención, la zona verificada por un detector
30 individual cubre preferiblemente una pluralidad

de conjuntos de elementos de combustible, hasta una cuarta parte de los existentes en el núcleo del reactor, en el plano radial del núcleo. Dichas zonas verificadas pueden cubrir una superficie predeter-

5 minable con el fin de que pueda obtenerse en el núcleo del reactor una consiguiente limitación múltiple de la densidad de la potencia local máxima. En un particular refinamiento de la técnica, los detectores se disponen axialmente, con lo que la

10 densidad de la potencia máxima es entonces una función directa de la altura axial del núcleo que se verifica.

Las varias características de la invención se describen particularmente en las reivindicaciones adjuntas que forman parte de la presente memoria.

15 Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas funcionales y los objetivos concretos obtenidos con su puesta en práctica, se acompañan unos dibujos y una explicación con referencia a una forma de realización preferida de la invención.

20 En los dibujos adjuntos, que forman parte de la descripción, y en los que las referencias numéricas similares designan partes análogas o correspondientes:

La figura 1 es una vista en sección longitudinal simplificada de un reactor nuclear del que se han retirado partes con fines de claridad y donde se ilustra el posicionamiento relativo de los conjuntos de combustible y los detectores de flujo neutrónico.

25

La figura 2 es una vista en sección a mayor escala considerada por la línea II-II de la figura 1

30

y que muestra un núcleo que comprende 205 conjuntos de elemento de combustible dispuestos simétricamente dentro de cuatro cuadrantes de un elemento cilíndrico.

5 La figura 3 es una vista en alzado lateral a escala ampliada y en sección parcial de un conjunto de elemento de combustible del tipo utilizado en el reactor de la figura 1.

10 La figura 4 es una vista en sección esquemática de un conjunto de elemento de combustible del tipo representado en la figura 3 y que ilustra el posicionamiento lateral relativo de elementos de combustible, tubos de guía y un tubo central, habiéndose omitido varios elementos de combustible.

15 La figura 5 es una vista en planta esquemática de un núcleo de reactor que comprende 205 conjuntos de combustible que muestran el volumen representado por los conjuntos detectores utilizados de acuerdo con la invención.

20 La figura 6 es una vista en perspectiva esquemática de un volumen representado por un conjunto detector empleado de acuerdo con la invención.

25 La figura 7 es una representación gráfica de densidad de potencia de limitación y operación por unidad de longitud axial para un volumen representado, y

30 La figura 8 corresponde a un gráfico del aumento posible relativo de régimen térmico a partir de la condición operativa de la figura 7, donde

la letra M significa "margen".

Con referencia a la figura 1, la misma es una representación en sección longitudinal de un reactor de agua a presión usual con el que se puede emplear un sistema de control de límite de potencia de núcleo interno y se utilizan las técnicas de la presente invención para ajustar automáticamente un valor de referencia en cooperación con un detector de flujo neutrónico previsto en el interior del reactor, y para limitar o verificar la potencia del núcleo interno.

Convencionalmente, la invención se describe con referencia a un reactor de energía nuclear del tipo de funcionamiento con agua a presión, no quedando limitada la técnica de la invención a este tipo particular de reactor que se cita solo a título de ejemplo.

El reactor ilustrado en la figura 1 comprende un recipiente de presión -20- que aloja soporta un núcleo de reactor -21- que está compuesto por una pluralidad de conjuntos de elemento de combustible -22- que son intercambiables mecánicamente. Como se representa en la figura 2, los conjuntos de elemento de combustible -22- están simétricamente dispuestos en el interior de un conjunto de soporte de núcleo cilíndrico -23- que soporta dichos conjuntos -22-, un conjunto de rejilla inferior -24- (figura 1) sobre el que descansan los conjuntos -22- y un distribuidor de flujo inferior -25-. Como se aprecia en la figura 1, una tobera de entrada -30-

y una tobera de salida -31- constituyen medios para la entrada y la salida del refrigerante del reactor en el recipiente de presión -20-. El refrigerante del reactor, que entra en el recipiente por la

5 tobera de entrada -30-, sigue en general una trayectoria indicada por las flechas -32-, fluyendo hacia abajo a través de un espacio anular -33- formado entre la cara interna de la pared del recipiente -20- y la superficie exterior del conjunto de soporte del

10 núcleo cilíndrico -23-. El flujo es distribuido en el núcleo de reactor -21- por el distribuidor de flujo inferior -25-. El refrigerante atraviesa los conjuntos de elemento de combustible -22- en una relación de recepción de calor y finalmente se

15 descarga refrigerante calentado desde el recipiente de presión -20- a través de la tobera de salida -31-.

Como se ilustra en las figuras 3 y 4, cada conjunto de elemento de combustible -22- comprende un dispositivo de acoplamiento extremo inferior -34- y un dispositivo de acoplamiento extremo superior

20 -35-, una pluralidad de elementos de combustible alargados -40-, una serie de tubos cilíndricos de guía -41- y un tubo de instrumentación central -42-. Los elementos de combustible -40-, los tubos de

25 guía -41- y el tubo de instrumentación central -42- están separados y soportados lateralmente en una disposición de cuadrícula por uno o más conjuntos de rejilla separadores -43- colocados a intervalos axiales separados a lo largo de la longitud del

30 conjunto de elemento de combustible. Los extremos

de los tubos de guía -41- se fijan mecánicamente a los dispositivos de acoplamiento extremos superior e inferior -34- y -35- respectivamente.

5 En la zona inferior del recipiente de presión -20- está dispuesta una pluralidad de toberas -44- conectadas a sendos elementos tubulares de guía de instrumento -45- del núcleo interno que, a su vez, están operativamente conectados a respectivos tubos de instrumentación -42- del
10 conjunto de elemento combustible.

Como se ilustra mejor en la figura 2, unos conjuntos -46- de detectores de flujo neutrónico automáticos fijos -50- están uniformemente distribuidos en posiciones preseleccionadas en el
15 interior del núcleo -21- del reactor. Cada conjunto -46- está provisto de una pluralidad de detectores de flujo neutrónico -50- distribuidos a intervalos axiales de separación uniforme que se extienden por el núcleo -21-. Cada conjunto
20 -46- está dispuesto en forma usual en el interior de un tubo de instrumentación central -42- de un conjunto de elemento de combustible -22-. Como se describe más adelante, por lo menos algunos de los detectores de flujo de núcleo interno -50- proporcionan señales que se pueden utilizar para regular
25 el posicionamiento de conjuntos de varillas de control (no ilustrados) en los tubos de guía -41- para compensar los cambios de reactividad debidos a variaciones en las condiciones operativas o para
30 detener el funcionamiento del reactor. Además,

dichas señales de flujo neutrónico se corrigen de la manera usual para eliminar o compensar corrientes de fondo por medios y técnicas ya muy conocidos. Las técnicas de la invención descritas más adelante no
5 requieren un posicionamiento especial de los detectores -50-, si bien deben distribuirse uniformemente por todo el núcleo -21-. Cada detector -50- proporciona señales de medición que son proporcionales al flujo neutrónico en sus proximidades y que se emplean para
10 determinar la densidad de la potencia local.

De acuerdo con la forma de realización preferida de la invención, las condiciones de potencia operativa de limitación, tales como la partida desde los límites de ebullición nucleada y los límites de
15 régimen térmico lineal ECCS, es decir, los kilovatios por metro de varilla de combustible se determinan a través del núcleo. Dichas condiciones de potencia operativa de limitación se seleccionan de manera que se proporciona una suficiente predisposición a la
20 conservación para asegurar que no se alcanzan las condiciones operativas críticas. Por tanto, la relación DNB local (DNBR), definida como la relación del flujo térmico que provocaría la partida desde la ebullición nucleada en un lugar particular del núcleo hasta el
25 flujo térmico real, se limita usualmente (para una energía producida por el reactor) a un valor mínimo durante el funcionamiento en estado de régimen, las condiciones operativas transitorias normales, y las condiciones transitorias anticipadas. Análogamente,
30 los límites de kilovatio por metro se basan en la

combinación de valores máximos de potencia en crestas radiales y axiales que impiden la fusión del combustible central.

Aunque la relación DNB no es un parámetro comensurable, los parámetros comensurables de potencia neutrónica, flujo del refrigerante del reactor, temperatura y presión se pueden relacionar con la relación DNB a través de correlaciones conocidas apropiadas para determinar la relación DNBR y la situación de la relación DNB para distribuciones axiales de flujo térmico uniformes y no uniformes. Se derivan señales de distribución de densidad de potencia y de densidad de las señales eléctricas generadas por al menos alguno de los conjuntos -46- de los detectores de flujo neutrónico del núcleo interno -50- fijos dispuestos en el interior del tubo instrumental central de cada conjunto de elemento de combustible -22-. Dichos conjuntos constituyen parte de un sistema de control de límite del núcleo interno (ILCS). Cada uno de los conjuntos -46'- ILCS verifica una región del núcleo -21- del reactor, designada a partir de ahora como el volumen -51- A a H representado por una disposición en hilera tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 5 y 6 y que comprende varios conjuntos de elemento de combustible. En el ejemplo ilustrado, un volumen usual -51- representativo de una disposición en hilera se compone de siete segmentos axiales L1 a L7 de igual volumen, cada uno de los cuales aloja un detector -50-. Como se representa esquemáticamente

en la figura 7, la densidad de la potencia local, o una potencia de segmento de nivel de detector -60- es una función del flujo neutrónico detectado por el detector -50'- en cada nivel axial L.

5 Las señales de potencia derivadas de los detectores ILCS, así como las señales relativas a la distribución de potencia en substancialmente todos los conjuntos de elementos de combustible hasta los volúmenes de instrumento ILCS, son enviadas preferi-
10 blemente a un computador de control de proceso continuo. Luego el régimen térmico de potencia ILCS o las señales de densidad detectados se comparan con el límite de condiciones de potencia -61- para deter-
15 minar los márgenes, es decir, las diferencias entre el límite de condiciones de potencia local en el volumen de segmento axial y la densidad de potencia local detectada, en cada disposición en hilera que
20 representa el volumen -51-. Los márgenes mínimos para todos los conjuntos de elemento de combustible
25 -22- en cada segmento axial se determinan, por ejemplo, seleccionando el valor mínimo de la relación de una condición de limitación de potencia, tal como los límites de régimen térmico DNBR o ECCS, y la densidad de potencia detectada. Alternativamente, los márgenes
30 mínimos -62-, indicados en la figura 8, se caracterizan por ser una función del incremento del régimen térmico relativo máximo permisible, o sea, hasta que se alcanza el régimen operativo, frente a la altura del volumen representativo de una disposición en hilera. El margen mínimo se utiliza para ajustar

un valor de referencia asociado con cada señal de detector ICLS que se proporciona, por ejemplo, para iniciar una reducción de potencia, mediante la regulación de la posición de una varilla de control, cuando se sobrepasa un valor de referencia de señal y para 5 determinar la reducción de la potencia cuando la señal es inferior al valor de referencia. Así, como se ilustra en la figura 6, existen siete valores de referencia DNBR y ECCS asociados con cada volumen -51- representativo de una disposición en hilera de los conjuntos -46'- 10 de control de límite de potencia del núcleo interno. En el caso de que la potencia del segmento en cada nivel sobrepase el valor de referencia, se produce una violación del margen. Debe reconocerse que los 15 varios parámetros del reactor dependen de una o más variables y que los valores de referencia, tales como los de los límites DNBR, se actualizan o ajustan continuamente.

El computador de control de proceso continuo 20 se utiliza para verificar en forma continua los márgenes en los valores de referencia y para ajustar tales valores de referencia, en base a los límites de la relación DNB y del régimen térmico lineal ECCS. Si se sobrepasa alguno de los valores de referencia, 25 se inicia automáticamente una acción para reducir la potencia.

En la forma de realización preferida, se expiden datos, en forma de señales eléctricas necesarias y para determinar los valores de referencia de DNBR 30 y ECCS, a un módulo generador de valor de referencia

que calcula los límites de DNBR y ECCS, en kilovatios por metro, en función de la altura axial de cada conjunto de elemento de combustible del núcleo del reactor. Luego, los regímenes térmicos operativos medidos (derivados de los detectores ICLS) se comparan con los límites, mediante cálculo de control en proceso continuo, para determinar el margen mínimo en cada nivel de cada volumen representativo de una disposición en hilera. Entonces se pueden determinar los márgenes mínimos, seleccionando para ello el valor mínimo de la relación entre la condición de limitación y la condición operativa en cada nivel del volumen representativo de una disposición en hilera, con lo cual se define el incremento relativo permisible de la potencia de segmento de nivel de detector. Luego se genera el valor de referencia DNBR o ECCS en función del producto del margen mínimo para el segmento de nivel de detector por la potencia del detector de corriente. Cuando el margen mínimo se genera como una función de la diferencia mínima, un límite operativo y la condición operativa, se obtiene el valor de referencia como función de la suma de la señal de condición operativa de corriente y el margen mínimo.

Las señales de medición de detector junto con los valores de límite correspondientes se pueden analizar alternativamente por medios analógicos o digitales, o con ambos medios, de la siguiente manera: Primero, las mediciones del detector de las proximidades del mismo se convierten en una salida de

potencia. Luego las salidas de potencia se convierten en la salida de potencia de varilla de combustible máxima en una zona en observación predeterminada, que preferiblemente abarca una pluralidad de conjuntos de elemento de combustible y hasta una cuarta parte del núcleo del reactor. Después, la salida de potencia máxima de varilla de combustible local así determinada se compara con el valor límite, en general una función de la altura axial, para la zona local con el fin de generar un margen y ajustar el valor de referencia relativo al detector.

Con objeto de evitar una sobrerreacción después de la iniciación de una reducción de potencia por el sistema de control de límite de potencia del núcleo interno cuando se utilizan, por ejemplo, detectores de flujo del núcleo interno automáticos provistos de emisores de rodio, se puede modificar cada señal de detector individual en función de la potencia del reactor corriente y la potencia durante el tiempo de actuación de la reducción de la potencia, con lo que se determina la reducción cuando:

$$S \left(\frac{P}{P_t} \right) < \text{Valor de referencia}$$

donde S -- señal de detector; P_t -- potencia del reactor en el tiempo de reducción de potencia iniciada.

5 P_{t+} -- potencia del reactor
en un tiempo subsiguiente
a la iniciación de re-
ducción de potencia.

El nivel de potencia en el que la señal
10 del detector es estable (P_t) se puede retrasar, con
lo que

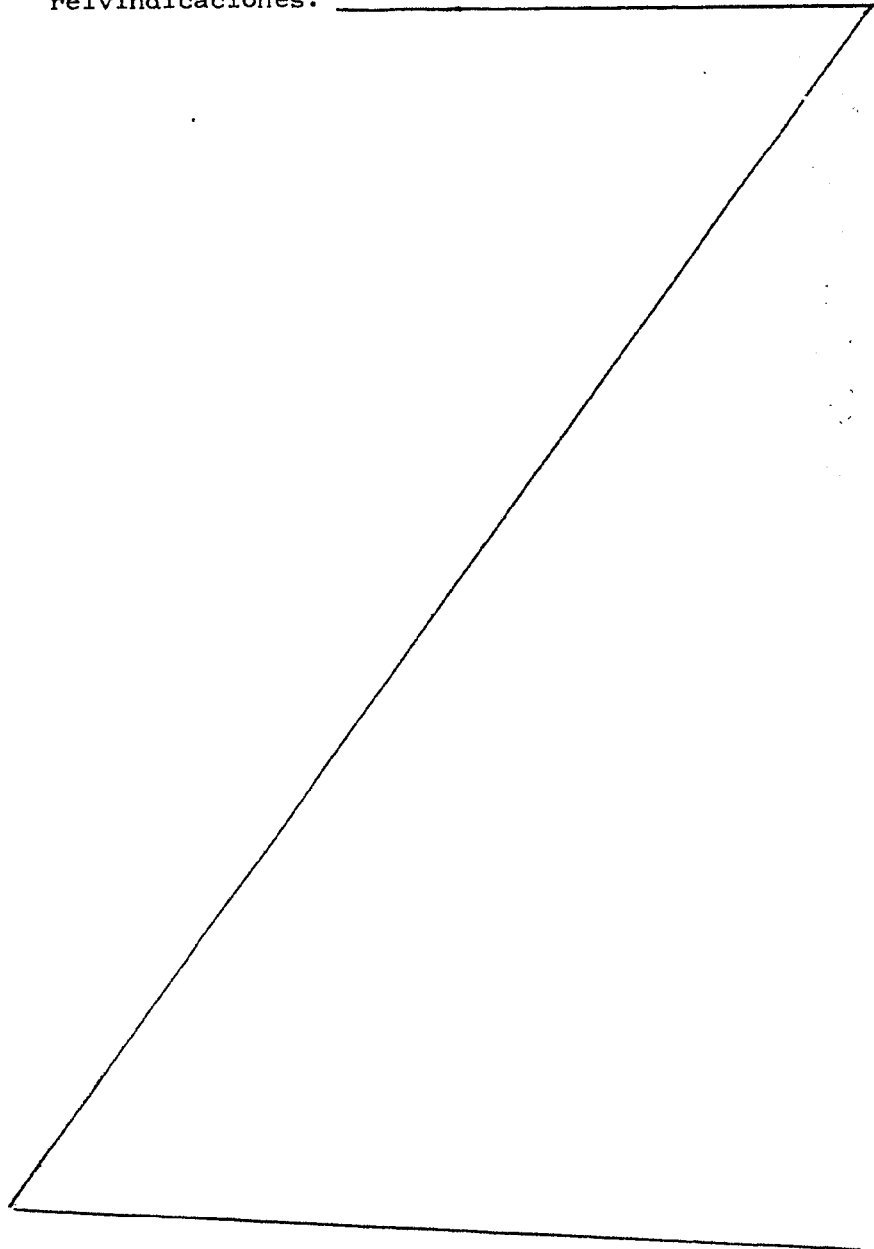
$$P_t = P_{t+} (1 - e^{-\lambda t})$$

15 donde λ representa la vida media en el
segundo cuarenta y tres de la reducción de potencia
y t representa el período de tiempo desde la ini-
ciación de la reducción de potencia hasta P_{t+} .

Aunque las técnicas de la invención se
han descrito con relación al ajuste de un valor de
20 referencia con la finalidad de limitar densidad de
potencia, los entendidos en la materia comprenderán
que mediante los métodos descritos se pueden ajustar
análogamente los valores de referencia con objeto
de proporcionar una verificación de la densidad de
25 potencia local, por ejemplo, para iniciar una alarma
con el fin de indicar que un parámetro o una condi-
ción de inspección o vigilancia han alcanzado un
valor elegido, o bien para proporcionar indicaciones
del estado de una densidad o de una distribución
30 de potencia local para proporcionar información
suficiente para un control por el operador.

La invención dentro de su esencialidad,
puede ser llevada a la práctica en otras formas de
realización que difieran solo en detalle de la

indicada únicamente a título de ejemplo, a las cuales
alcanzará igualmente la protección que se recaba.
Podrá, pues, realizarse este método, con los medios,
componentes y accesorios más adecuados, por quedar
5 todo ello comprendido en el espíritu de las siguientes
reivindicaciones.



REIVINDICACIONES

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención, haciendo constar que a todos los efectos pertinentes se invoca la prioridad de
5 14.3.1978 correspondiente a la Patente Alemana nº P 28 10 917.3.

1.- Método para ajustar un valor de referencia utilizado para verificar o limitar la densidad de la potencia local en el núcleo de un
10 reactor nuclear que presenta una pluralidad de conjuntos de elemento de combustible y detectores de flujo del núcleo interno uniformemente distribuidos por el núcleo, cuyo método comprende las etapas de:
15 generar señales de potencia de limitación que están proporcionadas con las condiciones operativas de potencia dentro de un volumen preseleccionado del núcleo; generar una señal de potencia local derivada de uno de los detectores de flujo de núcleo interno dentro de dicho volumen preseleccionado; comparar
20 la señal de potencia local con las señales de potencia de limitación y determinar los márgenes entre dichas señales; seleccionar el margen mínimo; ajustar el valor de referencia en función del margen mínimo y la señal de potencia local.

25 2.- Método, según la reivindicación 1, que comprende generar la señal de potencia local en función de la condición de potencia más rigurosa en el volumen preseleccionado.

en el que la señal de potencia de limitación es una medida de partida desde la ebullición nucleada.

11.- Método, según la reivindicación 9, en el que la señal de potencia de limitación es una medida del régimen térmico lineal de los elementos de combustible.

12.- METODO PARA EL CONTROL DEL LIMITE DE POTENCIA DEL NUCLEO INTERNO DE UN REACTOR NUCLEAR.

Consta la presente memoria descriptiva de veintisiete hojas mecanografiadas y cinco láminas de dibujos.

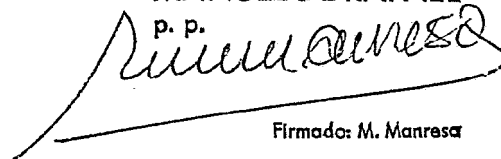
Barcelona 2 de Marzo 1979

THE BABCOCK & WILCOX COMPANY

p.a.

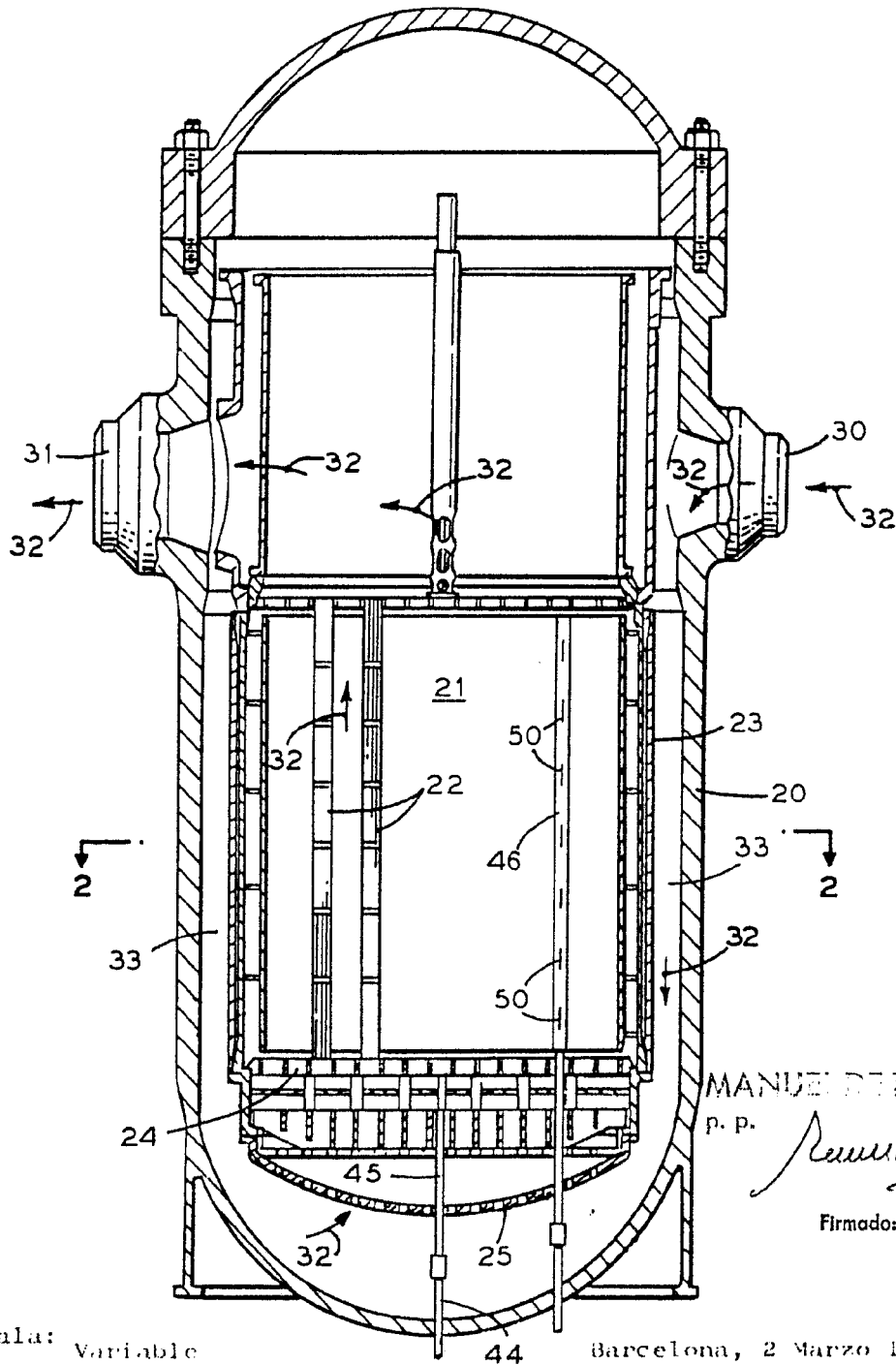
MANUEL DE RAFAEL

p. p.



Firmado: M. Manresa

FIG. 1

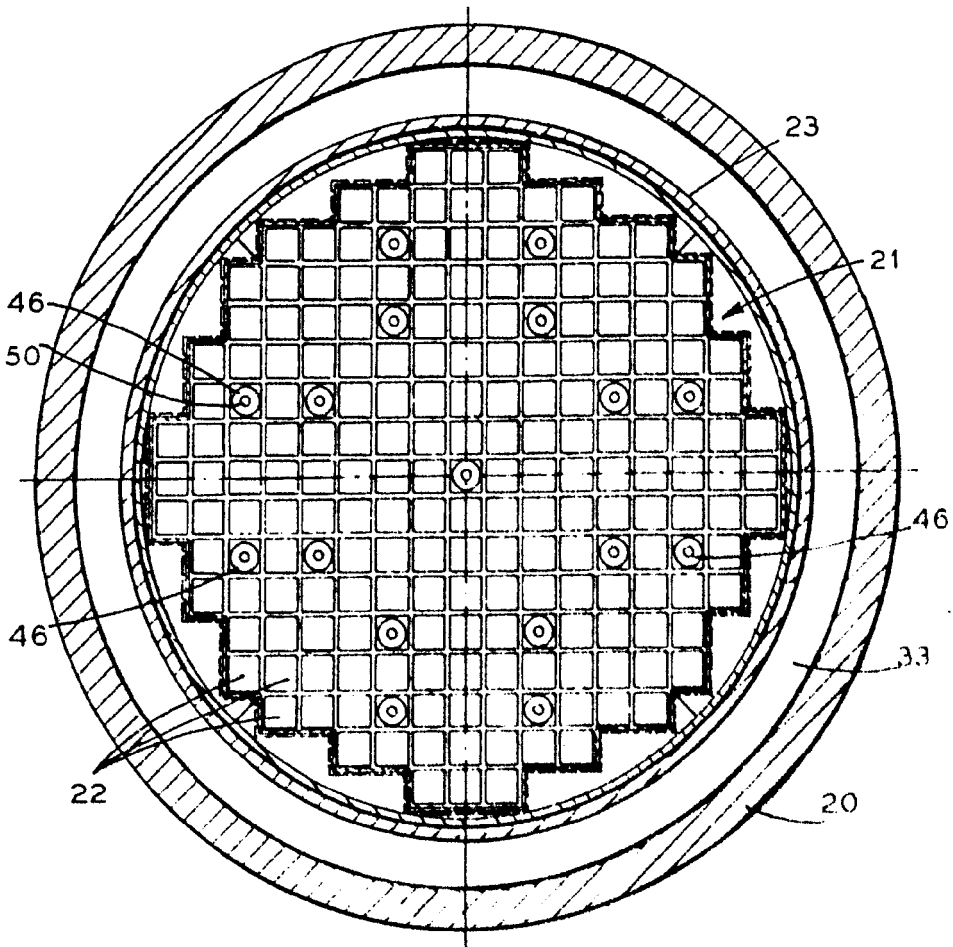


MANUEL DE RAFAEL
P. P.
Manresa
Firmado: M. Manresa

Escala: Variable

Barcelona, 2 Marzo 1879

FIG. 2

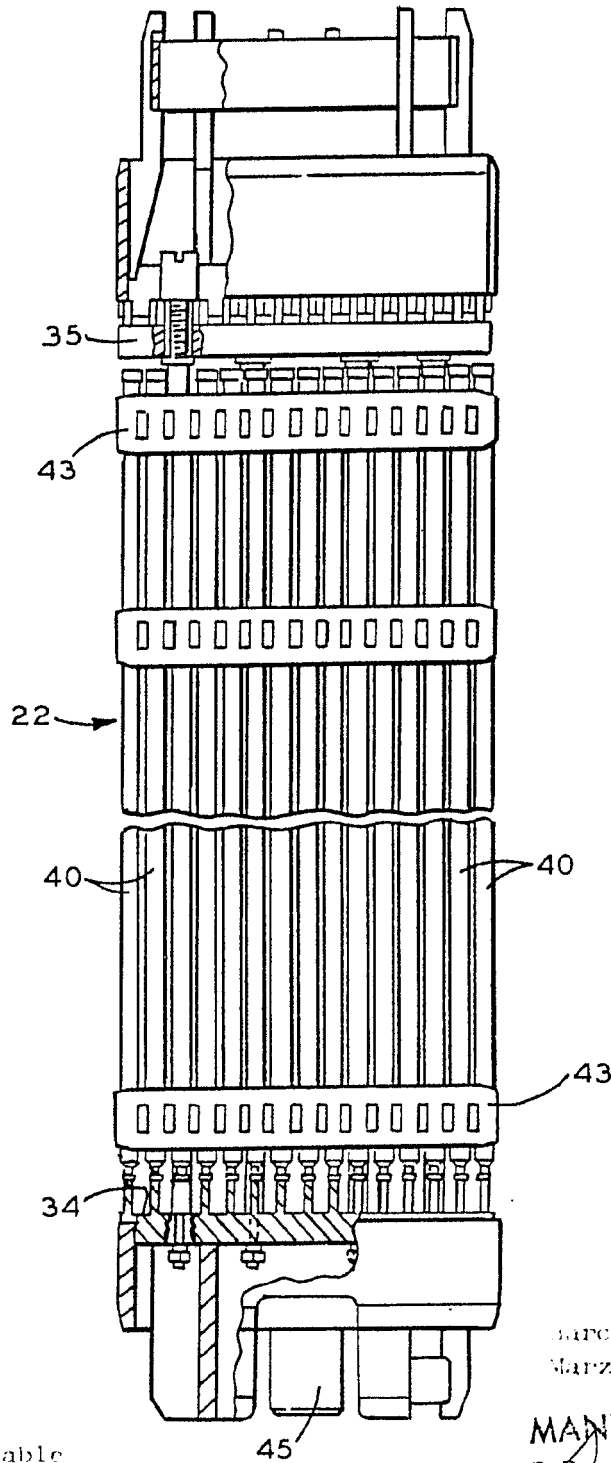


escala: Variable

MANUFACTURED BY THE BARON & WILCOX COMPANY
CHINA

Manresa
Firmado: M. Manresa

FIG. 3



Escala: Variable

Barcelona, 2 de
Marzo de 1.979

MANUEL DE RAFAEL

P.P. *[Handwritten Signature]*

Firmado: M. Manresa

FIG. 7

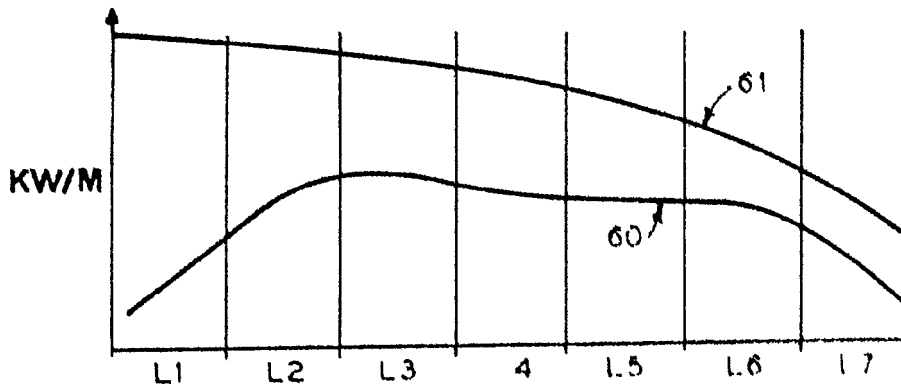
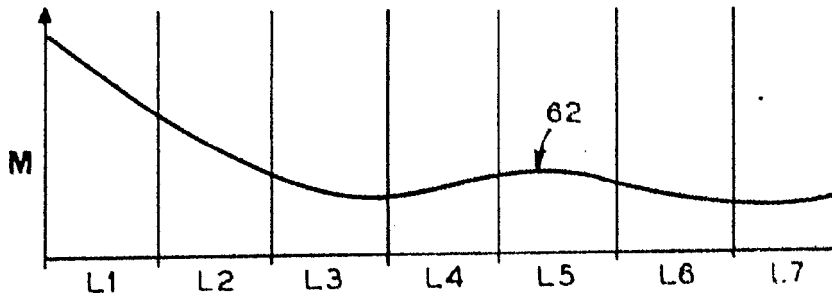


FIG. 8



Escala: Variable

Barcelona, 2 de Marzo de 1931

MANUEL DE RIBAS

P. P.

Firmado: M. Ribas