

56826 11 1969



memoria descriptiva

SECCION TECNICA
GENERAL ELECTRIC COMPANY
F-04
F

CLASE DE REGISTRO PATENTE DE INVENCION, por veinte años en España

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE GENERAL ELECTRIC COMPANY
- sociedad norteamericana -

RESIDENCIA Y DOMICILIO New York, N.Y. 10016 (EE. UU.)
159 Madison Avenue

OBJETO " MEJORAS EN LA CONSTRUCCION DE BOMBAS DE CHORRO "

PRIORIDAD: Solicitud patente U.S.A. Serial N° 737.090 del día 14 de Junio de 1968.

INVENTORES: D. Douglas Marvin Gluntz, y D. Robert Henry Moen;
ambos de nacionalidad norteamericana.



1 Las bombas de chorro convencionales incluyen un cuer-
po, que tiene tres regiones distintas, a saber una sección con-
5 vergente de admisión, una sección mezcladora de área, en sec-
ción transversal, sustancialmente uniforme a través de su lon-
gitud y una sección difusora, que diverge o aumenta en área de
sección transversal en la dirección de la corriente. Si se de-
sea, puede incluirse en el extremo del difusor una breve tube-
10 ría de cola, teniendo un área uniforme de sección transversal
igual al área de sección transversal de la salida del difusor.
Una tobera está situada en la sección de admisión para conver-
tir una corriente de alta presión de fluido impulsor en un -
chorro de alta velocidad y baja presión de fluido impulsor, -
que fluye axialmente a través de la sección de admisión y den-
15 tro de la sección mezcladora del cuerpo de la bomba de chorro.
El chorro de alta velocidad arrastra el fluido, que rodea la
tobera en la sección de admisión, así como en la región de en-
trada de la sección mezcladora por transferencia de momento,
induciendo por ello continuamente a que el fluido circundante
20 o "impulsado" penetre pasando a través de la presión de admi-
sión. La velocidad del fluido arrastrado, impulsado aumenta,
debido al área de flujo de decreciente en sección transversal,
según se va moviendo el fluido a través de la admisión conver-
gente. Así, la presión de los fluidos impulsor e impulsado com-
25 binados se reduce a un valor bajo. La sección de admisión con-
vergente, que rodea la tobera, dirige el fluido impulsado ha-
cia la sección mezcladora. Dentro de la sección mezcladora, el
chorro de alta velocidad de fluido impulsor se ensancha gra-



1969

- 2 -

1 dualmente, según va teniendo lugar un proceso de arrastre y mez-
cla con el fluido impulsado. Durante el mezclado se transfiere
un momento por la corriente impulsora de alta velocidad al flui-
do impulsado, y así aumenta la presión de la corriente combina-
5 da. El proceso de mezclado termina en teoría después de que la
velocidad longitudinal, a través de un área perpendicular al
eje longitudinal, se hace aproximadamente constante, excepto
en la capa límite, cercana a las paredes. Cuando esto ocu-
rre, se dice que se ha alcanzado un perfil de velocidad casi
10 plano. Generalmente, se supone que el perfil plano ocurre poco
después de que el chorro se expande, para tocar las paredes
de la sección mezcladora. Desde la sección mezcladora, los flui-
dos impulsor e impulsado, mezclados tienden hacia un difusor de
área de sección transversal creciente en la dirección de flujo,
15 aumentando ulteriormente la presión de la bomba según se va re-
duciendo ulteriormente la velocidad de los fluidos mezclados.

Así, una bomba de chorro trabaja según el principio
de la conversión del momento a presión. El fluido impulsor des-
de la tobera tiene baja presión, pero alta velocidad y momento.
20 Por un proceso de intercambio de momento, el fluido impulsado,
desde la sección de admisión o sección de succión, es arrastra-
do y el flujo combinado entra en la sección mezcladora, donde
el perfil de velocidad, es decir una curva mostrando la veloci-
dad del fluido, como una función de la distancia desde el eje
25 longitudinal de la sección mezcladora, se varía mezclando, de
tal modo que disminuya el momento, y el perfil de velocidad se
haga casi plano, es decir perpendicular al eje longitudinal de

30



1 la cámara mezcladora. La disminución en el momento da por re-
sultado un aumento en la presión de fluido. El perfil plano de
5 velocidad da un momento mínimo con un resultante aumento máxi-
mo de presión en la sección mezcladora. También la caja limí-
trofe entre la porción principal fluyente del fluido y la pa-
red de la cámara deberá ser lo más fina posible para permitir
10 rendimiento óptimo de la sección difusora, que sigue a la sec-
ción mezcladora. En este difusor divergente hacia fuera, la ve-
locidad relativamente alta de la corriente combinada se reduce
suavemente y se convierte en una presión todavía más alta. En
bombas de chorro, así como en otra maquinaria hidráulica, ocu-
15 rren fluctuaciones de flujo, acomodadas, bien sea dentro del
equipo o procedente del equipo adyacente. Es importante que es-
tas pulsaciones se mantengan en importes bajos, puesto que las
bombas de chorro pulsantes generan vibraciones inducidas por
20 flujo, que pueden causar que se suelten pernos, sollicitaciones
de fatiga etc. en los equipos relacionados. Cuando varias bom-
bas de chorro se presentan emparejadas para descargar dentro
de un depósito pleno común, una condición de resonancia, que
comprenda pulsaciones inducidas de flujo, debe ser evitada.
Así, el diseño general de un sistema de bomba de chorro, tiene
que ser tal que limite y amortigue las pulsaciones de flujo.

25 Las bombas de chorro son útiles en muchos sistemas,
y bombean grandes cantidades de fluido a elevados regímenes.
Así, pequeñas mejoras en el rendimiento de la bomba pueden te-
ner efecto mayor sobre rendimiento y la economía del sistema.
Una aplicación para la que las bombas de chorro son especial-

30



11

669

- 4 -

1 mente adecuadas, es la recirculación de refrigerante en un reac-
tor nuclear del tipo de agua hirviendo. Las bombas de chorro -
son también adecuadas para bombear muchos fluidos, tales como
5 agua, gases, metales líquidos, líquidos arrastrando partículas
sólidas suspendidas, etc. En el típico gran reactor nuclear de
energía, se hacen recircular por medio de bombas de chorro al-
rededor de 270.000 galones/minuto de refrigerante. Así, resul-
tará aparente, que pequeños aumentos en la eficacia de la bom-
ba de chorro producirán importantes mejoras en el rendimiento
10 del sistema y grandes economías.

De acuerdo con el presente invento, una bomba de cho-
rro se ha previsto teniendo una tobera de configuración mejora-
da, situada en una posición óptima dentro de una admisión de
configuración mejorada, teniendo una sección mezcladora una pro-
15 porción óptima de longitud a diámetro, y un difusor mejorado
al máximo, si se desea una sección de tubería de cola, todas
las cuales cooperan de una manera única para constituir una bom-
ba de eficacia excepcionalmente elevada.

20 La eficacia "E" de la bomba de chorro se define como
el producto de la proporción de flujo "M" multiplicada por la
proporción de cabeza "N". La proporción de flujo es la propor-
ción del régimen de flujo impulsado o de succión, dividido por
el régimen de flujo impulsor a través de la tobera. La propor-
25 ción de flujo se calcula de la ecuación $M = W_2/W_1$ en que W_2 es
el régimen de flujo de peso de fluido impulsado y W_1 es el ré-
gimen de flujo de peso de fluido impulsor. La proporción de ca-
beza es la proporción de la cabeza diferencial, producida en

30

1 el fluido impulsado por medio de la acción de la bomba de cho-
rro, dividida con la cabeza diferencial poseida por el flujo
impulsor en la tobera. Esta proporción de cabeza se calcula em
5 pleando la ecuación:

$$N = \frac{\bar{P}_d}{\bar{P}_l} - \frac{\bar{P}_s}{\bar{P}_d}$$

10 en que N es la ración de cabeza, P_d es la presión de estanca-
miento corriente abajo a la salida de la bomba, P_s es la pre-
sión de estancamiento corriente arriba en el fluido impulsado
o de succión antes de que alcance la admisión de la bomba, y
P_l es la presión de estancamiento corriente arriba, en el flui-
15 do impulsor en la tubería de suministro de la tobera por delan-
te de la tobera. Así, la eficacia en valores de tantos por cien-
to se calcula por la ecuación E = M x N x 100. Aunque esta de-
finición difiere de las descripciones convencionales de efica-
cia es convencional en la tecnología de las bombas de chorro,
20 puesto que expresa claramente la eficacia relativa de las bom-
bas de chorro comparables.

Los detalles y varias ejecuciones preferentes del pre-
sente invento resultarán aparentes haciendo referencia a los di-
bujos, en que:

25 La figura 1 muestra una representación esquemática de
una sección longitudinal a través de una bomba de chorro según
este invento junto con un estudio gráfico de las variaciones de
presión a través de la bomba;



1

5

10

15

20

25

30

la figura 2 muestra una vista detallada esquemática de las porciones de tobera y de admisión de la bomba de chorro del presente invento;

la figura 3 muestra un alzado esquemático de la bomba de chorro del presente invento, montada en un reactor nuclear de agua hirviendo.

En los dibujos las letras tienen el siguiente significado: A = presión de admisión de fluido impulsor; B = presión de admisión de fluido impulsado; C = disminución de presión de fluido impulsor; D = incremento de presión de fluido impulsado; E = fluido impulsado y F = fluido impulsor.

Haciendo ahora referencia a la figura 1, se ve en la misma una sección a través de una bomba de chorro según el presente invento. Esta bomba se compone básicamente de una tobera 10, una sección 11 de admisión convergente, una sección 12 cilíndrica mezcladora, una sección 13 difusora divergente y una tubería de cola 14 cilíndrica.

La distribución de presión dentro de la tobera y del cuerpo de bomba para el fluido impulsor y el fluido impulsado se ilustran aproximadamente por curvas 15 y 16, respectivamente, inscritas a lo largo de porciones apropiadas de la bomba de chorro. El fluido impulsor entra en la tobera 10 a una presión relativamente alta y baja velocidad. El fluido abandona la tobera a presión sustancialmente reducida y con alta velocidad, debido al diámetro de tobera disminuido en la salida. Esta corriente impulsora de alta velocidad arrastra fluido impulsado o de succión. El movimiento del fluido impulsado dentro de la sección de admisión convergente da por resultado presión baja



1 en la admisión hacia la sección mezcladora, que da por resul-
tado un flujo del fluido impulsado hacia la sección mezclado-
ra.

5 El chorro desde la tobera 10 diverge gradualmente y
se mezcla con el fluido impulsado. Cuando se transfiere un mo-
mento desde el fluido impulsor al fluido impulsado, la presión
combinada continúa aumentando. Finalmente, el chorro de la to-
bera 10 se ha ampliado hasta que toque en la pared inferior de
10 la sección mezcladora 12. Para la eficacia más alta, esto debe-
ría ocurrir en la línea, en que la sección mezcladora 12 se -
une a la sección difusora 13. Si el chorro primero se pone en
contacto con la pared de la sección mezcladora 12 bastante an-
tes de esta línea, disminuirá la eficacia, debido a fricción
15 incrementada, a lo largo del resto de la pared de la sección
mezcladora 12. Sin embargo, existe una pérdida todavía mayor
de eficacia, si este chorro no se pone en contacto con la pa-
red de la sección mezcladora, sino que se extiende hacia fue-
ra, penetrando en la sección difusora, debido a la mezcla in-
20 completa de los fluidos impulsor e impulsado y las malas con-
diciones de admisión del difusor. Por lo tanto, es una prácti-
ca mejor hacer que la sección mezcladora 13 sea ligeramente -
más larga de lo óptimo para asegurarse de que el chorro de la
tobera 10 se ponga en contacto con la pared de la sección mez-
25 cladora 12 antes de que alcance la sección difusora 13.

30 Como puede observarse según la curva se acerca al -
punto 17, la presión ya no aumenta rápidamente, puesto que se
ha completado el mezclado. Cuando los fluidos combinados en-



1 tran en la sección difusora 13, aumenta de nuevo la presión,
debido a la transferencia de momento desde el fluido suavemen-
te decelerante. El aumento de presión se hace más lento cuando
5 el fluido alcanza el final de un difusor óptimo según se indi-
ca en el punto 18. Se ha encontrado que la adición de una tube-
ría de cola 14 de longitud optima al difusor dará por resulta-
do un ligero ulterior incremento de presión, ya que el flujo
de fluido se suaviza y se hace más lento.

10 Muchas de las dimensiones de las bombas de chorro de
alta eficacia del presente invento, pueden relacionarse con el
diámetro inferior de la sección mezcladora " D_M ". Por ejemplo,
se ha encontrado que en una proporción de flujo desde alrede-
dor de 1 hasta alrededor de 2,5 y con temperatura de agua des-
de alrededor de 400 hasta alrededor de 650°F, la proporción de
15 la longitud de la sección mezcladora (L_M) al diámetro de la -
sección mezcladora (D_M) deberá ser preferentemente de 9,5: 1
hasta alrededor de 18 : 1. Dentro de los alcances arriba indi-
cados pueden obtenerse proporciones óptimas L_M/D_M para propor-
ciones de flujo dadas y temperaturas de agua. Típicamente, a
20 alrededor de 530°F y con una proporción de flujo de alrededor
de 1, se ha encontrado que la proporción óptima L_M/D_M es de al-
rededor de 11, mientras que a una temperatura de alrededor de
530°F y con una proporción de flujo de alrededor 2 se ha encon-
25 trado que la proporción óptima L_M/D_M es de alrededor de 13,5.

Manteniéndose constantes otros factores, se ha encon-
trado que la eficacia de la bomba de chorro disminuye típica-
mente en alrededor de dos puntos de tanto por ciento cuando la



11 JUN 1964

- 9 -

1 sección mezcladora es 25% más larga que la óptima y alrededor
de 4 puntos de tanto por ciento cuando la sección mezcladora
es alrededor de 25% más corta que la óptima. Cuando la sección
mezcladora es más corta que la óptima, la pérdida es mucho ma-
5 yor que cuando es más larga que la óptima, puesto que el efec-
to de mezcla incompleta en la sección corta es mayor que la de
las pérdidas aumentadas de fricción en la sección más larga.
Fuera de las proporciones L_M/D_M indicadas arriba, son graves
las pérdidas de eficacia. Así, es altamente deseable que la
10 proporción óptima L_M/D_M se elija para una aplicación dada de
bomba dentro de este alcance.

También es de importancia principal la alineación
de la tobera con las secciones mezcladoras y difusoras. Prefe-
rentemente la excentricidad de las líneas centrales de las sec-
15 ciones de tobera y mezcladora no deberá ser mayor que $0,05 D_M$,
con la eficacia óptima cuando esta excentricidad no sea mayor
de $0,02 D_M$. La mala alineación angular de la línea central de
la tobera con la línea central del difusor no deberá ser más
de 1° , preferentemente no más de $0,1^\circ$. La excentricidad de las
20 líneas centrales del mezclador y difusor no deberá ser mayor
de $0,02 D_M$; preferentemente no mayor de $0,002 D_M$. Los errores
de alineación, que exceden de estos límites, tienden a causar
que uno de los lados del chorro en expansión de la tobera to-
que en la pared de la sección mezcladora bastante antes que
25 el límite del mezclador-difusor, mientras que el otro lado
no alcanza la pared del mezclador. Así, el perfil de veloci-
dad del fluido, cuando entra en el difusor, se distorsiona,

30



1 afectando adversamente de modo grave el rendimiento del difu-
sor. Manteniéndose constantes otros factores, se ha encontrado
que la mala alineación más allá de los alcances arriba indica-
dos, puede causar fácilmente una disminución de eficacia de 5
5 puntos de tanto por ciento.

En la sección difusora se ha obtenido la máxima efi-
cacia general de la bomba cuando la proporción del área de sec-
ción transversal de salida del difusor respecto al área de en-
trada está en el alcance de alrededor de 7 : 1 hasta alrededor
10 de 5 : 1 y el ángulo incluido (ϕ) es de alrededor de 5 hasta
alrededor 8°. Con el agua a una temperatura desde alrededor de
400 hasta alrededor de 650°F y con un régimen de flujo desde
alrededor de 1 hasta alrededor de 2,5 se han obtenido resulta-
dos óptimos con una proporción de área de alrededor de 6 : 1
15 y un ángulo incluido ϕ de alrededor de 6°. Manteniéndose cons-
tantes otros factores, se ha encontrado que la eficacia de la
bomba de chorro disminuye por varios puntos de tanto por cien-
to, cuando las proporciones del difusor están fuera de estos
alcances.

20 Se ha encontrado que puede aumentarse ulteriormente
la eficacia general de la bomba de chorro hasta alrededor de
0,8 puntos de tanto por ciento, por la adición de una tubería
de cola, teniendo preferentemente una longitud (L_T) desde al-
rededor de 2,5 hasta alrededor de 15 veces el diámetro de la
25 sección mezcladora (D_M).

Las configuraciones de la tobera 10 y la sección de
admisión 11 también tienen un efecto mayor sobre la eficacia



1 de la bomba. Estas secciones se muestran en detalle en la figura 2.

5 La tobera 10 consiste en un tubo teniendo un extremo convergente, que tiene la configuración interna de un cono truncado, conduciendo a un cilindro circular recto de breve longitud. La tobera es coaxial con las secciones de admisión, de mezcla, de difusor y de tubería de cola.

10 Para regímenes de flujo desde alrededor de 1 hasta alrededor de 2,5 la proporción del diámetro de tobera (D_N) al diámetro de la sección mezcladora (D_M) deberá ser desde alrededor de 0,53 hasta alrededor de 0,30. El diámetro de tobera variante tiene, naturalmente, un efecto directo sobre la proporción de flujo, a la que se alcanza, la eficacia máxima por la bomba de chorro.

15 Para asegurar pérdidas de entrada, reducidas al mínimo y/o desviaciones reducidas al mínimo del perfil de velocidad de salida de la tobera apartándose de un perfil de velocidad uniforme esencialmente preferido, el diámetro (D_p) de la tubería de alimentación 19 deberá ser por lo menos doble del
20 diámetro de la tobera (D_N).

25 El ángulo exterior (θ) y el ángulo interior (Ψ) de la sección convergente de tobera tienen una influencia principal sobre la eficacia de la bomba. Preferentemente el ángulo exterior θ deberá ser entre alrededor de 14 y alrededor de 50° y el ángulo interior Ψ deberá estar entre alrededor de 4 y 30°. El ángulo exterior θ deberá ser usualmente mayor que el
30 ángulo interior . Las paredes de la tobera deberán tener su-



1 eficiente grosor para resistir a la corrosión durante la vida
de la bomba, para procurar la resistencia necesaria y para evi-
tar la vibración. Naturalmente, si las paredes son inecesaria-
mente gruesas, aumentarán el peso y los problemas de manipula-
5 ción y el coste. El grosor de la pared de la tobera puede ser
variado, bien sea variando los ángulos relativos y exterior o
variando la longitud de la breve sección de admisión cilíndrica,
mostrada en 20 en la figura 2. se han obtenido resultados
óptimos con ángulo exterior Θ a alrededor de 22° y ángulo in-
10 terior Ψ de alrededor de 15° . Cuando el ángulo interior es me-
nor, se incrementarán las pérdidas de fricción en la tobera,
mientras que ángulos exteriores mayores causarán pérdidas de
rotación en el fluido impulsado, que entre en la admisión alre-
dedor de la tobera.

15 Es altamente deseable, que se incluya en la abertura
de salida de la tobera una breve sección 20 cilíndrica. Prefe-
rentemente, esta longitud de sección cilíndrica (L_C) deberá
ser desde alrededor de 0,1 hasta alrededor de 0,3 multiplicado
por el diámetro de la abertura de tobera (D_N). Se han obtenido
20 resultados óptimos cuando la proporción de D_N a L_C es de alre-
dedor de 0,25. Una sección 20 cilíndrica más larga tiende a
incrementar las pérdidas de fricción, mientras que una sección
más corta puede procurar insuficiente material para retener las
25 dimensiones originalmente manufacturadas, en el caso de que se
presenten procesos de erosión de material durante el tiempo de
vida propuesto para la bomba.

También se prefiere que se provea un borde obtuso 21



11

JUN

- 13 -

1 alrededor de la abertura de tobera. Preferentemente este borde
tiene un grosor de alrededor de 0,01 hasta alrededor de 0,20
pulgadas, con resultados óptimos a alrededor de 0,05 pulgadas.
5 Si este borde es demasiado grueso, se fomentará la turbulencia
en la punta de la tobera, mientras que un borde demasiado del-
gado procura demasiado poco material para resistir a las pérdi-
das potenciales de material de la erosión, así como dejan de
procurar una suficiente resistencia para resistir a las vibra-
ciones de superficie, inducidas por el flujo.

10 Manteniéndose constantes los otros factores, se ha
encontrado que la tobera ilustrada en la figura 2, produce al-
rededor de 2 a 3 puntos de tanto por ciento de incremento en
la eficacia de la bomba de chorro por encima de las toberas
15 convencionales, que tienen una sección interior cilíndrica re-
lativamente larga, paredes gruesas y ángulo exterior relativa-
mente alto.

Situando apropiadamente la tobera 10 respecto a la
sección de admisión 11 es muy importante para fomentar la al-
ta eficacia de la bomba. Si la tobera se proyecta demasiado
20 lejos dentro de la admisión, se estrangulará innecesariamente
el flujo del fluido impulsado alrededor de la tobera a través
de la admisión. Si la tobera es espaciada demasiado lejos fue-
ra de la admisión, el chorro de fluido impulsor de la tobera
se expansionará demasiado rápidamente y no se mezclará bien
25 con el fluido impulsado. En efecto, puede ocurrir un efecto
de "estrangulación de fluido" que limita gravemente el impor-
te de fluido impulsado, que entra en la bomba. Se han obteni-

30



1 do buenos resultados cuando el extremo de la tobera está espa-
ciado del comienzo de la sección cilíndrica mezcladora desde
alrededor de 0 hasta alrededor de 2 veces el diámetro de la
sección mezcladora (D_M). Han ocurrido los mejores resultados
5 cuando la proporción de este espaciamiento a D_M es de alrede-
dor de 0,1 para regímenes de flujo desde alrededor de 1, y -
0,5 para regímenes de flujo de alrededor de 2,5. Se ha encon-
trado que disminuye la eficacia de la bomba de chorro rápida-
mente cuando el espaciamiento está fuera del alcance arriba ci-
10 tado, por ejemplo, se ha encontrado que, aumentando este espa-
ciamiento por sólo alrededor de $0,8 D_M$, puede causar una pér-
dida en la eficacia, de más de 3 puntos de tanto por ciento.

Generalmente las admisiones de bombas de chorro de
la técnica anterior, han usado una disposición convergente có-
15 nica. Ahora se ha encontrado, sin embargo, que puede obtener-
se mayor eficacia de bomba, cuando la pared de la sección de
admisión tiene una sección transversal elíptica. Esta confi-
guración permite que el fluido impulsado fluya mas suavemente
dentro del cuerpo de la bomba. Tal geometría evita la separa-
20 ción de la corriente de las paredes de la admisión, que ocu-
rre frecuentemente con un diseño, que deje de procurar la sua-
ve transición entre las secciones de admisión y de mezcla, -
ofrecido por la geometría elíptica de transición. En la figu-
ra 2 esta sección transversal elíptica está ilustrada esquemá-
25 ticamente sobre la línea de trazos 22 con el centro de la elip-
se en 23. Se han obtenido los mejores resultados cuando esta
elipse tiene un eje mayor ($\frac{A}{maj}$), aproximadamente igual al diá-



11

- 15 -

1 metro de la sección mezcladora (D_M) y un eje menor (A_{min}) de por
lo menos alrededor de 0,36 multiplicado por el diámetro de la
sección mezcladora. Se ha encontrado que, al sustituir esta -
5 forma de admisión, en lugar de las anteriores admisiones cóni-
cas, da por resultado un elemento de eficacia de por lo menos
un punto de tanto por ciento.

10 El acabado de superficie de la tobera interna y de
la superficie del cuerpo de bomba es importante. Preferentemen-
te estas superficies deberán ser hidráulicamente lisas bajo las
condiciones de flujo usadas. Se han obtenido buenos resultados
cuando la rugosidad de superficie efectiva es menos de alrede-
dor de 63 micropulgadas (rms) con los mejores resultados, cuan-
do la rugosidad efectiva es menor de alrededor de 24 micropul-
15 gadas (rms). Se ha encontrado que una rugosidad, que exceda -
aproximadamente de este límite superior puede causar una pérdi-
da de eficacia de más de 10 puntos de tanto por ciento.

20 Las bombas de chorro construídas con parámetros den-
tro del alcance arriba citado, tiene en general una eficacia
bombedora muy alta en relación a las anteriores bombas de cho-
rro. Se ha encontrado que estas bombas producen una estabili-
dad de pulsación de flujo muy buena.

25 Pueden seleccionarse cifras óptimas dentro de estos
alcances por un técnico en la materia, para procurar la bomba
más eficaz para un ajuste particular de régimen de flujo de
fluido y de condiciones de temperatura.

30 Las bombas de la clase arriba descrita son especial-
mente útiles en instalaciones de energía nuclear del tipo de -



1
agua hirviente, como se ilustra esquemáticamente en la figura
3.

5
Como se muestra en la figura 3, el reactor está en-
cerrado en un recipiente 24 de presión cilíndrico, vertical,
cerrado en su extremo inferior por una cabeza de fondo 25 en
forma de plato y teniendo una cabeza superior 26 desmontable,
en forma de cúpula. Una tubería 27 de purga en la cabeza supe-
rior 26 está normalmente cerrada por la válvula 28. Un núcleo
convencional de reactor 29 está alojado dentro de una mortaja
10 30 de núcleo, montada coaxialmente con el recipiente de presión
24, de modo que se forma un espacio 31 anular descendente en-
tre la mortaja 30 y el recipiente de presión 24. Una bomba de
chorro vertical 32 está montada en el espacio descendente 31
con el extremo de descarga de la bomba penetrando en una falda
15 de soporte 33 de la mortaja cilíndrica. Mientras que se utili-
zará más de una bomba de chorro ordinariamente, sólo se ilus-
tra una de ellas en la figura 3 para mayor claridad. La falda
33 de mortaja generalmente cilíndrica está asegurada al fondo
de la mortaja 30 del núcleo y en la cabeza 25 del recipiente
20 de presión para formar un depósito de pleno 34 de agua de ali-
mentación. Se suministra fluido impulsor a la bomba de chorro
32 por la bomba 35 de recirculación a través de la tubería 36
conectada a la tobera 37 en el extremo de admisión de la bom-
ba 32. Una corriente de agua de alta velocidad es dirigida -
25 por la tobera 37 dentro de la admisión de la bomba para indu-
cir el flujo de agua impulsora, desde una acumulación de agua
en el espacio descendente y para impulsarla dentro del depó-

30



1 sito pleno 34. El agua se mantiene en el recipiente de presión
24 a un nivel indicado por la línea interrumpida 38 por encima
del extremo de admisión de la bomba de chorro. Se fuerza agua
5 a través del núcleo 29 del reactor, donde la misma extrae calor,
y una porción del agua es convertida en vapor, que pasa
ascendiendo al depósito pleno 39 por encima del núcleo del -
reactor. La cantidad de calor generado en el núcleo 29 se controla
en parte por barras de control, una de las cuales se -
ilustra en 40.

10 Una mezcla de agua y vapor pasa ascendiendo a través
de los separadores 41 de vapor y los secadores 42 de vapor. -
El agua retorna al espacio 31 descendente, mientras que el vapor
abandona el recipiente de presión a través de la tubería
de vapor 43 hasta la turbina 44. El vapor que abandona la tur-
15 bina es condensado en el condensador 45 y el producto condensado,
devuelto por la bomba 46 al reactor. La turbina puede
impulsar al generador eléctrico 47 ó el vapor producido en el
reactor puede ser empleado para cualquier otro propósito. En
un reactor típico, tal como el mostrado en la figura 3, que
20 produce alrededor de 600 MWe es deseable hacer circular alrededor
de 72×10^6 libras de agua por hora. Así, resulta aparente
que pequeños incrementos en la eficacia de la bomba de
chorro producirán importantes economías en el tamaño y en los
requisitos de fuerza para bombas de recirculación, tales como
25 la bomba 35 en la figura 3.

El siguiente ejemplo explicará con más detalle las
ventajas de la bomba de chorro del presente invento, que tie-



1
5
10
15
20
25
30

ne óptimas condiciones de tobera, admisión, mezclador, difusor y tubería de cola.

Una bomba de chorro está construida según se ilustra en las figuras 1 y 2. El cuerpo de la bomba incluye una sección de admisión convergente, teniendo una sección transversal elíptica con un eje mayor de alrededor de 6,8 pulgadas y un eje menor de alrededor de 2,18 pulgadas, teniendo una sección mezcladora cilíndrica un diámetro interno de alrededor de 6,8 pulgadas y una longitud de alrededor de 81,5 pulgadas, seguida de una sección difusora divergente, teniendo un diámetro de salida de alrededor de 16,75 pulgadas, y un ángulo incluido de alrededor de 6° y finalmente una tubería de cola teniendo una longitud de 17,0 pulgadas. Coaxialmente con el cuerpo de bomba está situada una tobera, espaciada en alrededor de 2,96 pulgadas desde el comienzo de la sección mezcladora. La tubería de alimentación a la tobera tiene un diámetro interno de alrededor de 7 pulgadas. La abertura de la tobera tiene un diámetro interno de alrededor de 3,4 pulgadas. El ángulo encerrado de la pared interna de la tobera es de alrededor de 15° y el de la pared exterior es de alrededor de 22°. La corta pared interna cilíndrica en la abertura de la tobera tiene una longitud de alrededor de 1,3 pulgadas, el grosor del borde en la abertura de la tobera es de alrededor de 0,05 pulgadas. Esta bomba de chorro es accionada en agua a una temperatura de alrededor de 530°F con un régimen de flujo de alrededor de 1,2.

Se ha encontrado que la eficacia de esta bomba es mejor que alrededor de 45%.



1 En una instalación de energía típica, tal como la -
ilustrada en la figura 3, la energía eléctrica neta generada
es de alrededor de 600MWe. En el reactor de agua hirviente, el
5 flujo total de agua refrigerante a través del núcleo es de al-
rededor de $73,5 \times 10^6$ libras por hora (un kilo = 2,2 libras),
de esto, alrededor de $10,24 \times 10^6$ libras por hora abandona el
reactor como vapor, haciendose recircular el resto. Se produce
vapor a una presión de alrededor de 1020 libras por pulgada -
10 cuadrada a una temperatura de 545°F. Con una proporción de flu-
jo impulsado a flujo impulsor de alrededor de 1,2, se bombea
alrededor de $34,2 \times 10^6$ libras por hora de agua, a través de
las bombas de circulación, fluyendo el 98% de ello a un múlti-
ple, que dirige el agua a las toberas de la bomba de chorro.
15 El agua alcanza la sección de tobera a una presión de alrede-
dor de 118 libras por pulgada cuadrada por encima de la pre-
sión de los fluidos descendentes circundantes y a una temperatu-
ra de alrededor de 532°F. 20 bombas de chorro como las descri-
tas arriba están dispuestas en paralelo en el espacio anular
entre el núcleo del reactor y el recipiente de presión. Cada
20 bomba produce alrededor de $3,68 \times 10^6$ por hora de flujo total.
Estas bombas altamente eficaces permiten el uso de menos bom-
bas de chorro y una bomba de recirculación de menor capacidad
de lo que era posible anteriormente.

25 N O T A

=====

 La presente patente de invención, comprende las si-
guientes reivindicaciones:



1

1.- Mejoras en la construcción de bombas de chorro comprendiendo una tobera y un cuerpo, caracterizadas porque dicho cuerpo comprende una sección de admisión convergente, una sección mezcladora de área de sección transversal sustancialmente constante a través de su longitud, y una sección difusora divergente, teniendo dicha sección mezcladora una proporción de longitud a diámetro desde alrededor de 9,5 : 1 hasta alrededor de 18 : 1.

5

10

2.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha tobera tiene un diámetro de abertura, igual a alrededor de 0,30 hasta alrededor de 0,53 multiplicado por el diámetro de la sección mezcladora.

15

3.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque el ángulo incluido por las paredes exteriores de la sección convergente de la tobera es de alrededor de 14° hasta alrededor de 50°, y el ángulo incluido por las paredes interiores de dicha sección convergente es de alrededor de 4° hasta alrededor de 30°.

20

4.- Mejoras según la reivindicación 3, caracterizadas porque el ángulo incluido por dichas paredes exteriores es de alrededor de 22° y el ángulo incluido por dichas paredes interiores es de alrededor de 15°.

25

5.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque la pared interior de dicha tobera tiene una sección de superficie interna cilíndrica en la abertura de la tobera, teniendo dicha superficie cilíndrica una longitud igual a alrededor de 0,1 hasta alrededor de 0,3 multiplicada por el diámetro.

30



- 21 -

1 metro de dicha abertura de tobera.

5 6.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha tobera tiene un borde en la abertura de tobera con una superficie sustancialmente perpendicular al eje de la tobera, teniendo dicho borde un grosor desde alrededor de 0,01 hasta alrededor de 0,20 pulgadas.

10 7.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha abertura de tobera está situada sustancialmente sobre la línea central de la sección mezcladora y está espaciada desde el comienzo de dicha sección mezcladora a una distancia de alrededor de dos veces el diámetro de dicha sección mezcladora.

15 8.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque la pared de dicha sección de admisión convergente tiene una sección transversal en la forma de por lo menos una porción de una verdadera elipse con el eje menor de dicha elipse sustancialmente perpendicular a la línea central de dicha sección mezcladora, al comienzo de dicha sección mezcladora, teniendo dicha elipse un eje mayor aproximadamente igual al diámetro de la sección mezcladora y un eje menor de alrededor de 0,36, multiplicado por el diámetro de la sección mezcladora.

25 9.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha sección difusora divergente tiene una proporción de sección transversal de salida respecto al área de sección transversal de entrada desde alrededor de 5 : 1 hasta alrededor de 7 : 1.

30



1

10.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha sección difusora divergente tiene un ángulo incluido interior que va desde alrededor de 5° hasta alrededor de 8°.

5

11.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas por una sección de tubería de cola teniendo una longitud igual desde alrededor de 2,5 hasta alrededor de 15 multiplicado por el diámetro de la sección mezcladora.

10

12.- Mejoras en la construcción de bombas de chorro. Según se describe y reivindica en esta memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma se acompañan.

15

Consta dicha memoria de veintidos hojas foliadas y escritas a máquina por una sóla de sus caras.

Madrid, 11 JUN. 1969

CARLOS ROEB



20

25

30

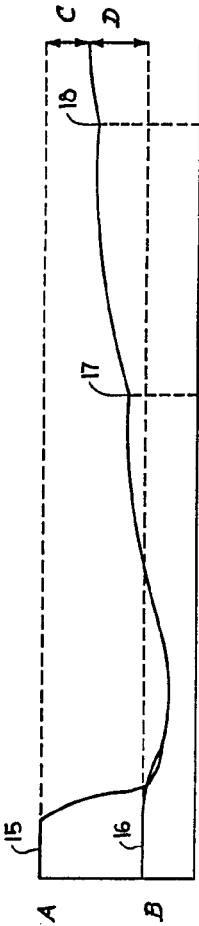


Fig 1

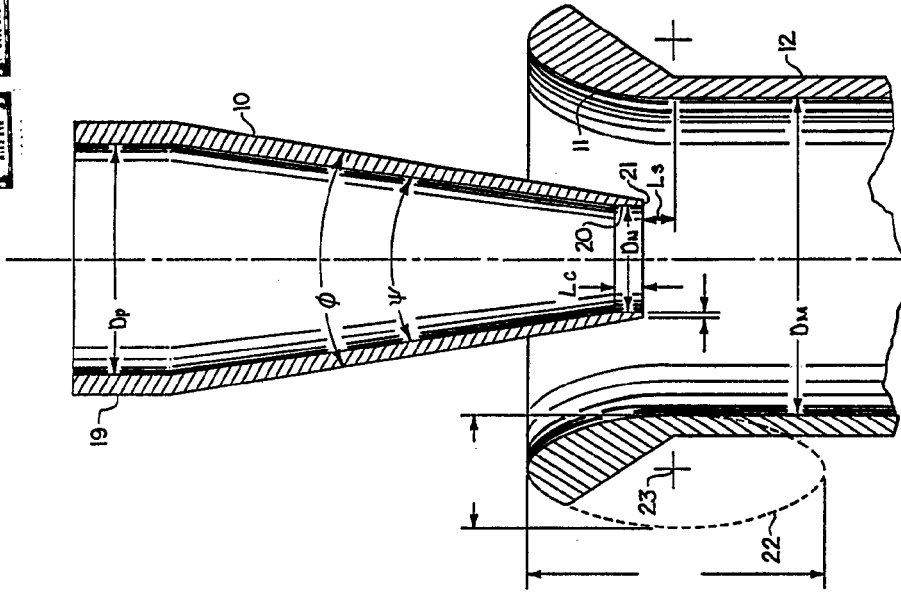
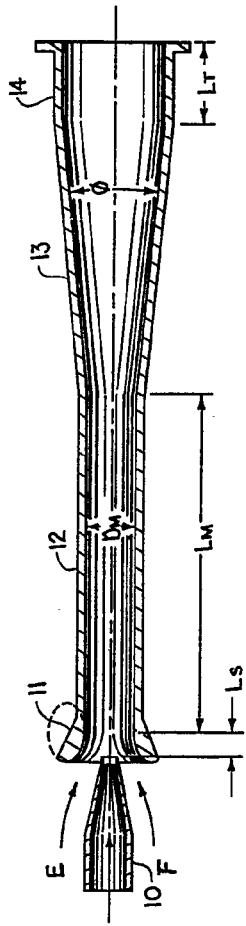


Fig 2

BOBILA VARIABLE

CARLOS ROEB

Carlos Roeb

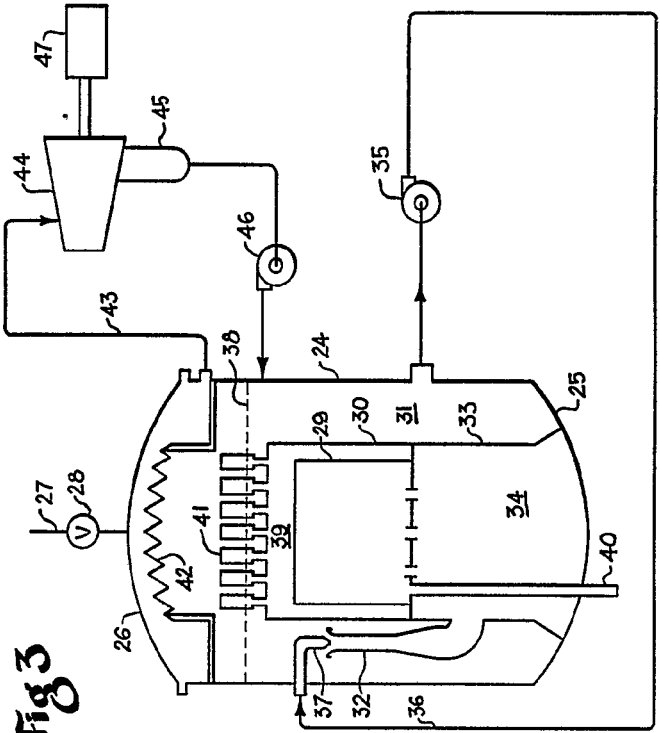


Fig 3

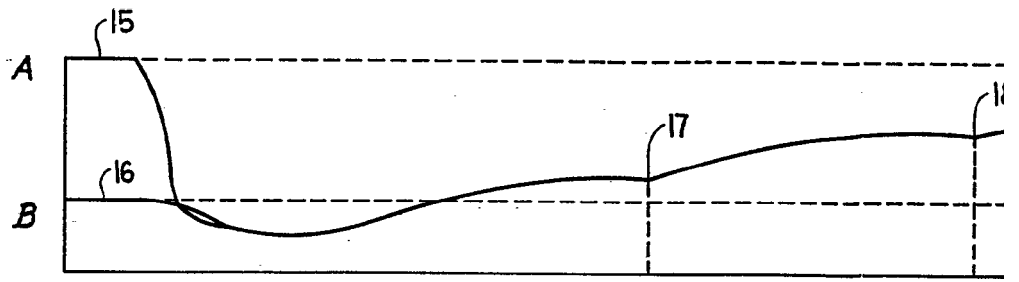


Fig 1

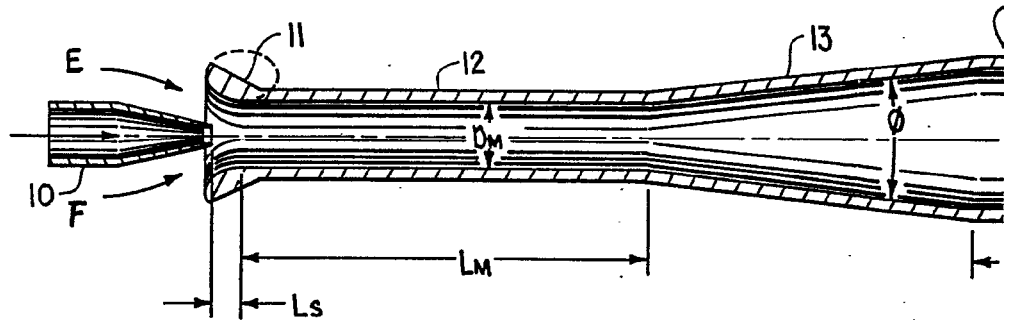
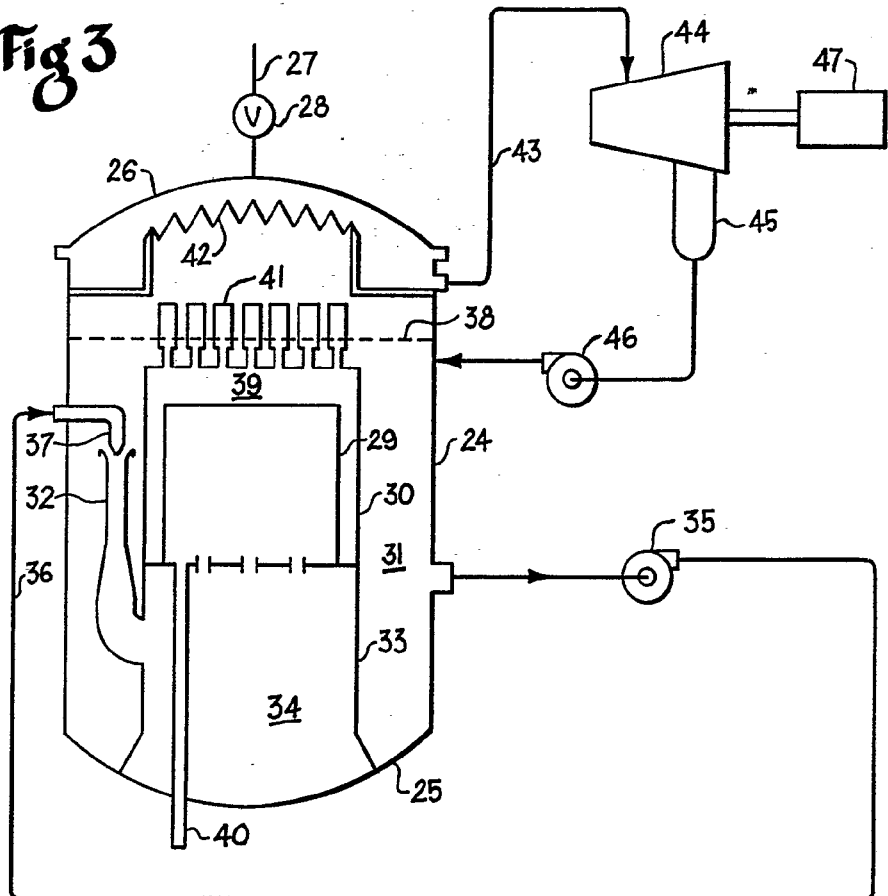


Fig 3



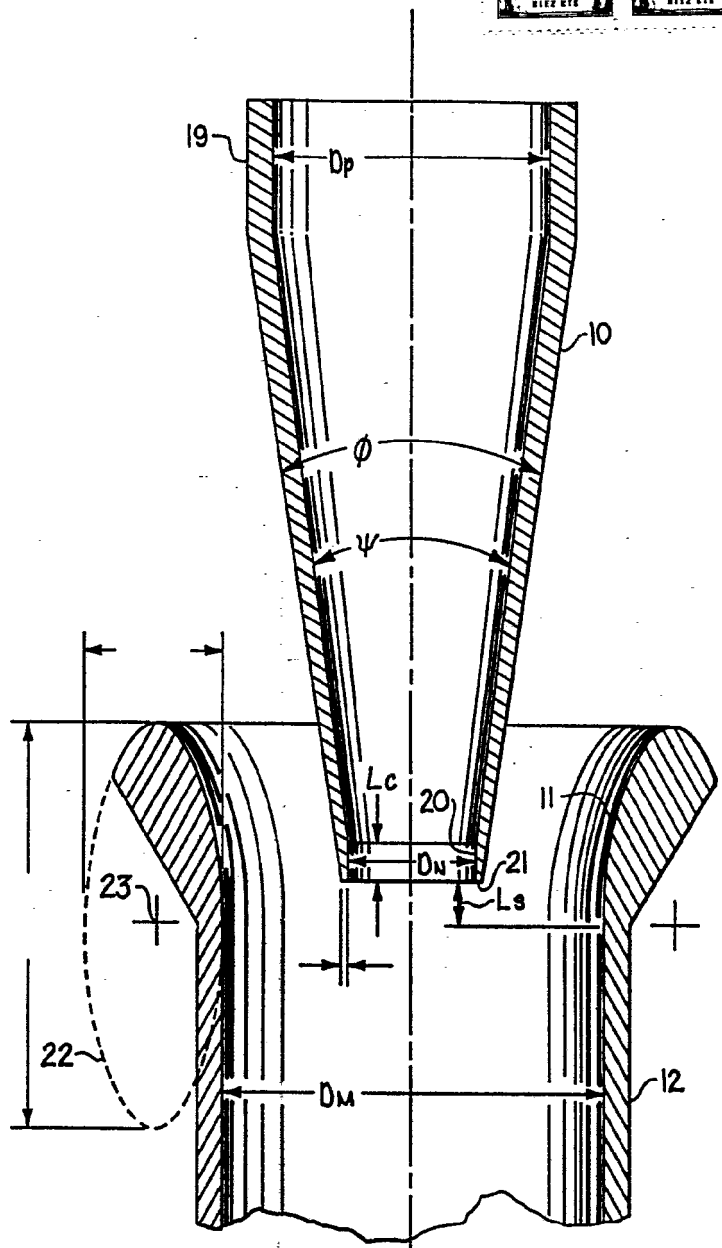
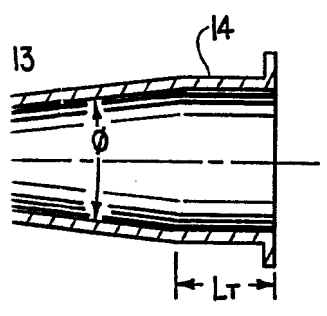
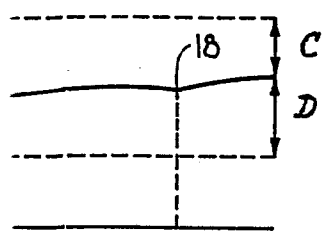


Fig 2

ESCALA VARIABLE
CARLOS ROEB