

301.33



SECCIÓN TÉCNICA
CLASIFICACIÓN I. P. C.
CLASE <u>F</u> <u>22</u>
SUBCLASE <u>B</u> _____

PATENTE DE INVENCION

que por veinte años, para España y sus posesiones, se solicita a favor de la firma COMBUSTION ENGINEERING, INC., entidad estadounidense, residente en WINDSOR (CONNECTICUT-ESTADOS UNIDOS DE AMERICA), calle Prospect Hill Road, nº. 1000, por: "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN LOS GENERADORES DE VAPOR SUPERCRITICOS."

MEMORIA DESCRIPTIVA

Esta invención se refiere a unos perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor de presión supercriticos que comprenden un circuito de recirculación y en particular con el medio de bomba de recirculación de los mismos.

5 Los generadores de vapor de presión supercriticos funcionan sobre el principio de flujo directo en donde una bomba de agua de alimentación empuja el agua continuamente a través de la superficie de calentamiento tubular dentro del generador de vapor y luego hacia una turbina de vapor y otro dispositivo consumidor de vapor. El agua
10 por lo general fluye primero a través de un economizador, luego a través de los tubos de la pared del horno y finalmente a través del recalentador. En la unidad del tipo de recirculación una porción del agua es extraída corriente abajo de los tubos de la pared del horno



15 y recirculada hacia un punto, corriente arriba, de los tubos de la
pared del horno. Esto proporciona regimenes de flujo más altos a -
través de los tubos de la pared del horno durante una operación de
carga baja de lo que se experimentaría normalmente. Este flujo ele-
vado, a su vez, disminuye la temperatura del metal de los tubos de-
bido a la menor resistencia del tubo a la lámina de agua a la trans-
20 misión de calor. Disminuye también la diferencia de temperatura del
fluido que pasa a través de los tubos de la pantalla de agua. La bom-
ba de circulación que efectúa dicha recirculación puede colocarse
sea en la línea de recirculación o en la porción de flujo directo a
través de la cual va a efectuarse la recirculación. Las patentes
25 norteamericanas números 3.135.252 y 3.135.249 describen el funciona-
miento de dicho sistema en donde la bomba de circulación "flota" en
el sistema de recirculación.

A cualquier carga determinada en el generador de vapor, la
temperatura del fluido que sale de las paredes del horno permanece
30 constante independientemente de la cantidad de recirculación. La tem-
peratura de entrada hacia las paredes varía junto con la cantidad
de flujo a través de las paredes. Cuando la unidad se hace arrancar
con agua fría, todo el circuito de recirculación desde luego está a
baja temperatura. La unidad se calienta y se inicia un pequeño flujo
35 directo de tal manera que se llega a un punto en donde se alcanza una
alta temperatura dentro del orden de 425°C., mediante el fluido que
sale de los tubos de la pantalla de agua. Una gran cantidad de este
fluido se hace recircular y se mezcla con el agua de alimentación
de entrada a baja temperatura de manera que la temperatura del flui-
do que entra en las paredes del horno solo es ligeramente menor que
40 aquella que sale de las paredes del horno. A medida de que se aumen-
te la carga en el generador de vapor, se aumenta el flujo directo
mientras que el flujo de recirculación disminuye dando por resulta-
do una medida de más agua fría y menos agua caliente mediante lo cual
45 la temperatura de entrada hacia las pantallas de agua disminuye, mien-
tras que la temperatura de salida de la pantalla de agua permanece
por lo general al mismo nivel que anteriormente.

A una carga baja en donde existe una alta temperatura en
la entrada de la pantalla de agua, el agua tiene un alto volumen es-
50 pecífico. Por lo tanto, aún cuando se logre un régimen de flujo vo-



lúmétrico alto, el régimen de flujo de masa es relativamente bajo. Puesto que el régimen de flujo de masa es un factor determinante principal de la resistencia de la lámina del tubo inferior a la transmisión de calor, esta densidad baja conduce a temperaturas re-
55 lativamente altas del metal de tubo. El aumentar el régimen de flu-
jo de masa desde luego proporcionaría cierto alivio.

Puesto que una pared del horno consiste de un gran número de tubos en paralelo, existe un problema para distribuir el flujo entre los muchos tubos paralelos. Cuando hay una distribución
60 de flujo incorrecta, son aquellos tubos que reciben el menor porcen-
taje del flujo que producen problemas de alta temperatura del tubo. Esta estabilidad de tubo en tubo se mejora cuando se reduce al mí-
nimo el cambio en la densidad del fluido que pasa a través de los
tubos de la pared del horno. Por lo tanto, los regímenes de recir-
65 culación más altos que producen una temperatura de entrada más al-
ta, tienden a mejorar la estabilidad de tubo en tubo. Además, cuan-
do existe una caída de presión insuficiente a través de los circui-
tos de la pared del horno, se encuentran algunas veces los proble-
mas con el peso del agua en el tubo que recibe muy poco calor. El
70 peso del agua en este tubo se reduce a medida que se disminuya la
densidad con temperatura aumentada y por lo tanto este problema
también se reduce al mínimo mediante recirculación aumentada.

Los problemas de bajo flujo de masa y distribución insa-
tisfactoria son más difíciles en cargas dentro del orden de 20 por
75 ciento o menos de una clasificación de carga completa cuando el
fluido de temperatura relativamente alta, de densidad baja entra
en las pantallas de agua. Los regímenes de recirculación más altos
durante este tiempo serían ventajosas. La bomba de circulación nor-
malmente se suministra con un repuesto que se coloca en paralelo
80 y estas dos bombas se hacen funcionar en paralelo para tratar de
aumentar el régimen de flujo. Sin embargo, puesto que la temperatu-
ra del fluido mezclado que entra en las pantallas de agua aumenta
con la recirculación, el aumento en el flujo de masa logrado me-
diante el funcionamiento de las dos bombas en paralelo es dentro
85 del orden de 1 a 2 por ciento.

De conformidad con la invención, se propone un generador de vapor de presión supercrítico que comprende un circuito de re-



circulación y un medio de bomba de recirculación el cual está ca-
racterizado por el hecho de que el medio de recirculación comprende
90 una primera y una segunda bomba centrífuga dispuestas de tal manera
que consiguen conectado conectado un flujo continuo. Es posible, tal
y como se explicará a continuación, aumentar el régimen del flujo
de masa a través de los tubos de la pared del horno hasta aproxima-
damente 10 por ciento en vez de 1 a 2 por ciento de la disposición
95 de flujo en paralelo del arte anterior. Cualquiera de las dos bom-
bas puede ser accionada sola separada de la otra o las dos bombas
pueden ser accionadas en serie.

Consecuentemente, resulta la ventaja de que la recircula-
ción a través de los tubos de la pared del horno durante los perio-
dos críticos del funcionamiento del generador de vapor se llevará
100 al máximo sin la instalación de una capacidad de bombeo adicional.

La figura 1 es un diagrama esquemático de un generador de
vapor con las bombas de recirculación en la porción mixta de flujo
de la trayectoria de flujo;

105 La figura 2 muestra la interrelación de la curva de ressis-
tencia del sistema y las curvas de la bomba para una disposición
en paralelo y en serie de las bombas de recirculación;

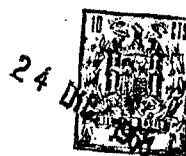
La figura 3 es un diagrama esquemático de una disposición
de bombas de recirculación por lo general igual como la disposición
110 mostrada en la figura 1.

La figura 4 es una disposición semejante a la figura 3 con
una disposición de válvula ligeramente diferente;

La figura 5 es un diagrama esquemático de una disposición
de bombeo que usa menos válvulas pero impide el funcionamiento en
115 paralelo de las bombas de circulación; y

La figura 6 es un diagrama esquemático de un generador de
vapor con las bombas de circulación que están emplazadas en la línea
de recirculación.

Haciendo referencia a la figura 1, la bomba de agua de ali-
mentación 21 fuerza el agua de alimentación a través del generador
120 de vapor. El generador de vapor incluye una superficie 22 del econo-
mizador, una superficie 23 de la pantalla de agua del horno y un re-
calentador 24. El flujo caliente en circulación es pasado luego a

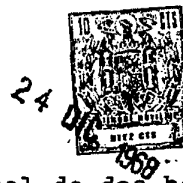


125 a través de una turbina de vapor 25 y condensado en el condensador
27. La superficie 23 de la pantalla de agua esta constituida por tu-
bos paralelos que forran las paredes del horno 28 incluyendo este
horno un quemador 29 que quema combustible en el horno.

130 Un medio divisor de flujo 30 que puede ser una simple co-
nexión de conductos en T con un circuito de recirculación 32 que con-
tiene una válvula de retención 33 se coloca para transportar el flui-
do recirculado de nuevo hacia el recipiente mezclador 34. La recircu-
lación a través de este sistema se efectua mediante la bomba de cir-
culación 35 que está situada en la parte de flujo mixto del circuito
directo de flujo.

135 La curva 40 de resistencia del sistema en la figura 2 es
un plano de la resistencia total de la trayectoria de recirculación
cuando el generador de vapor es accionado con el 20 por ciento del cir-
cuito directo. Esta resistencia del sistema es mucho más pronunciada
que una curva cuadrada debido a varias razones. El diferencial hidráu-
140 lico neto entre la porción del tubo descendente del circuito y la -
porción del tubo vertical del circuito es efectiva para producir una
acción de bombeo a través del circuito. Por lo tanto, la curva de re-
sistencia del sistema tiende a aproximarse a un valor menor de cero
a medida de que se aproxime el flujo a cero. La curva tambien es pro-
145 nunciada debido a que debe trazarse contra la carga en metros del -
fluido que se está bombeando mediante la bomba 35 a fin de producir
una curva significativa en relación a la curva de la bomba. A medida
que se aumentala recirculación a una carga determinada, se aumenta
la temperatura del agua mezclada que pasa a través de la bomba 35. -
150 Por lo tanto, la densidad disminuye y cualquier caída de presión de-
terminada se convierte en metros en este fluido y se obtiene una cifra elevada
para los regimenes altos de recirculación. Si no se usara esta medi-
da específica, la aplicación de la curva de la bomba a la curva de
resistencia del sistema resultaría muy difícil pero evidentemente se
155 producirán finalmente los mismos resultados.

La curva 41 es una curva de bomba que representa la carac-
terística de la bomba 35. Funcionando únicamente esta bomba, el flu-
jo real a través del sistema es de aproximadamente 26.000 litros por
minuto representados por el punto 42 en la intersección de la curva
160 de la bomba y la curva de resistencia del sistema. Con esta operación



160 deben abrirse las válvulas 2 y 3.

El funcionamiento en paralelo convencional de dos bombas da por resultado el funcionamiento de la bomba 43 en paralelo con la bomba 35 abriéndose también las válvulas 1 y 5. La curva de bomba compuesta de estas dos bombas que funcionan en paralelo se representa mediante la curva 44 que intersecta la curva de resistencia del sistema en el punto 45. Puede verse que el aumento en el flujo que se obtiene solo es nominal; y cuando este se corrige para una densidad disminuida a este régimen de flujo más alto, el aumento en el flujo de masa es solo de 1 a 2 por ciento.

170 De conformidad con la invención, las bombas 35 y 43 pueden hacerse funcionar en serie, abriéndose la válvula 4. La particularidad de válvula de retención de la válvula 1 impide el flujo invertido hacia el lado de aspiración de la bomba 35 mientras que la particularidad de válvula de retención de la válvula 2 impide el flujo invertido desde la descarga de la bomba 43. Estas dos bombas que funcionan en serie operan de acuerdo con la curva de bomba 46. Esta curva intersecta la curva de resistencia del sistema en el punto 47 representando un flujo de aproximadamente 33.000 litros por minuto. Puesto que la densidad del fluido disminuye, el aumento resultante en el flujo de masa solo es dentro del orden de 10 por ciento, pero esto es sustancialmente mayor que el aumento que se logra mediante el funcionamiento en paralelo de las dos bombas.

185t Puesto que el cambio del funcionamiento de una bomba al funcionamiento de dos bombas en serie puede producir una alteración temporal considerable en el generador de vapor, las dos bombas pueden primero hacerse funcionar en paralelo permaneciendo cerrada la válvula 4. La válvula 4 luego puede abrirse gradualmente a fin de que el cambio desde el funcionamiento en paralelo al funcionamiento en serie se logre gradualmente sin alteración repentina en el sistema de generación de vapor.

190 La figura 3 ilustra la misma disposición de válvulas como usado en la figura 1, pero con una disposición esquemática ligeramente diferente. Puede verse que cualquiera de estas ilustraciones que la bomba 35 puede aislarse para efectuar el trabajo de mantenimiento p como un recurso temporal en caso de que haya un escape en



el cierre de las válvulas 3, 4 y 2. Todo el flujo pasa entonces a través de la válvula 1 y de la bomba de circulación 43. Alternativamente, la bomba 43 puede aislarse, cerrando las válvulas 1, 4 y 5 con la bomba 35 en funcionamiento. Se diseñan muchas unidades de manera que durante la operación con la elevada carga no se requiere un funcionamiento de la bomba de circulación. Con la disposición de válvulas de las figuras 1 y 3, dicho funcionamiento puede lograrse cerrando las válvulas 3 y 5 desviándose el flujo de las bombas a través de las válvulas 1, 4 y 2. Durante esta operación no pueden aislarse ni la bomba 35 ni la bomba 43.

La figura 4 ilustra una disposición de válvulas variada en que la válvula 11 es una simple válvula de retención en vez de la válvula de retención de cierre 1 y la válvula 12 es una simple válvula de retención en vez de la válvula de retención de cierre 2. La válvula de cierre 6 se añade en el lado de descarga de la bomba 35 añadiéndose la válvula de cierre 7 en el lado de aspiración de la bomba 43. Con esta disposición, ambas bombas pueden ser desviadas mediante las válvulas 6 y 7 cerradas permitiendo el aislamiento de una o ambas bombas de circulación. Con dicha disposición de válvulas, la bomba 35 puede ser separada, cerrándose solo las válvulas 3 y 6 mientras que la bomba 43 puede ser separada, cerrándose solamente las válvulas 5 y 7.

La figura 5 ilustra una disposición de válvulas variada que es más sencilla y menos costosa que las disposiciones de las figuras 3 y 4. De nuevo la bomba 35 puede aislarse, cerrándose las válvulas 3 y 6 y la bomba 43 puede aislarse cerrándose las válvulas 5 y 7. La unidad puede hacerse funcionar haciendo pasar el flujo alrededor de ambas bombas de las válvulas 11 y 12, si se desea. Cualquier bomba puede hacerse funcionar sola o las dos pueden hacerse funcionar en serie. Esta disposición de válvulas específico, sin embargo, impide la operación o el funcionamiento en paralelo de las dos bombas de circulación.

La figura 6 ilustra un generador de vapor semejante al de la figura 1. La única diferencia es el emplazamiento de las bombas de circulación que están montadas en la línea de recirculación 32 en vez de estar colocadas en la trayectoria del flujo directo.



La bomba y la disposición de válvulas es igual que aquellas que se ilustran en la figura 4. Puesto que la temperatura de salida de la pantalla de agua no cambia con la recirculación la temperatura del fluido que pasa hacia estas bombas y por lo tanto su densidad es constante a cualquier carga determinada. Puesto que el generador de vapor por lo general se hace funcionar a través de una escala de carga considerable de aproximadamente una temperatura constante de la salida de la pantalla de agua, hay poca variación en la densidad durante el arranque puesto que estas bombas funcionan inicialmente en frío y finalmente llegan a funcionar en vapor a temperatura de 425°C.

A medida que se aumente la carga en el generador de vapor, la caída de presión entre el recipiente mezclador 34 y el medio de división 30 aumenta considerablemente. Puesto que la bomba está bombeando el fluido a densidad muy baja, es muy difícil que esta bomba produzca carga suficiente para vencer el diferencial de presión a través de la porción de recirculación de la trayectoria de flujo directo.

La bomba desde luego podrían diseñarse para una carga muy alta. Puesto que la bomba debe funcionar con agua fría durante el arranque a esta misma carga elevada, serían considerables los requisitos de energía del motor. Con la disposición en serie de la invención estas bombas pueden hacerse funcionar en serie cuando se requiera para obtener una recirculación considerable a cargas altas en el generador de vapor puesto que las cargas de la bomba son aditivas en vez de ser flujos de la bomba tal y como se indica generalmente en la figura 2.

Descrita suficientemente la naturaleza y alcance de la presente invención se hace constar que en la misma podrán ser variables los materiales, dimensiones y en general aquellos otros detalles accesorios o secundarios que no alteren, cambien ni modifiquen la esencialidad propuesta.

Los terminos en que queda redactada esta memoria son ciertos y fiel reflejo del objeto descrito, debiendose tomar en un sentido más amplio y nunca en forma limitativa.



REIVINDICACIONES

Se reivindica como de la propia y nueva invención la propiedad y explotación exclusivas de:

- 270 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor supercriticos, que comprende un circuito de recirculación y un medio de bomba de recirculación; caracterizados porque el medio de recirculación comprende una primera y una segunda bomba centrífuga colocadas para conectarse en relación de flujo en serie.
- 275 2ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor supercriticos, según reivindicación 1ª, caracterizados porque el primero y el segundo conducto de derivación respectivamente se correccionan con la primera y la segunda bomba respectivamente; el conducto tiene un tamaño suficiente para llevar por lo menos el flujo de
- 280 una bomba, comprendiendo el primer conducto bypas un primer medio de válvula y el segundo conducto bypas un segundo medio de válvula.
- 3ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor supercriticos, según reivindicación 2ª, caracterizados porque de los primero y segundo medios de válvula comprende cada uno una válvula
- 285 de retención.
- 4ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor supercriticos, según reivindicación 2ª, caracterizados porque los terceros elementos de válvula están dispuestos corriente arriba de la primera bomba, mientras que los cuartos elementos de válvula están situados corriente abajo de la primera bomba y corriente arriba de la segunda bomba, desviando el primer conducto bypas además del tercer y cuarto elemento de válvula, estando dispuestos los quintos elementos de válvula corriente abajo de la segunda bomba, desviando el segundo conducto bypas además del cuarto y quinto elemento de válvula.
- 295
- 5ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor supercriticos, según reivindicación 4ª, caracterizados porque del tercero, cuarto y quinto elemento de válvula comprende cada uno una válvula de cierre y, mientras que del primero y segundo elemento de válvula lleva cada uno una válvula de retención y de cierre.
- 300
- 6ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor supercriticos, según reivindicación 4ª, caracterizados por un sexto -



305 elemento de válvula inmediatamente corriente abajo de la primera
bomba y corriente arriba del segundo conducto bypas y por un septi-
mo elemento de válvula inmediatamente corriente arriba de la segun-
da bomba y corriente abajo del primer conducto bypas.

310 7ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor su-
percriticos, según reivindicación 6ª, caracterizados porque el pri-
mer y segundo elemento de válvula comprende cada uno una válvula de-
retención.

315 8ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor
supercriticos, según reivindicación 3ª, caracterizados por estar
previstos elementos de válvula corriente arriba y corriente abajo
de cada una de las bombas, desviando además los conductos bypas ade-
más las válvulas de las respectivas bombas.

320 9ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor
supercriticos, según reivindicaciones 3ª ó 7ª, en que los elementos+
de bomba de recirculación estan previstos en el conducto entre una
caldera de recirculación mezcladora y los tubos del generador de
vapor, caracterizados porque los conductos bypass estan dimensiona-
dos para el flujo del generador de vapor a plena carga.

325 10ª.- Perfeccionamientos introducidos en los generadores de vapor
supercriticos, según reivindicación 2ª, caracterizados por estar
previstos elementos de bomba de recirculación en el circuito de re-
circulación.

11ª.- "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN LOS GENERADORES DE VAPOR
SUPERCITICOS."

Consta la presente memoria descriptiva de diez hojas nu-
meradas y mecanografiadas por una sola cara, a las que se les acom-
pañan dos planos para su mejor comprensión.

MADRID, 24 DE DICIEMBRE DE 1.968.

RODOLFO DE LA TORRE
Enlino García
Mazaga

24 Dic 1968

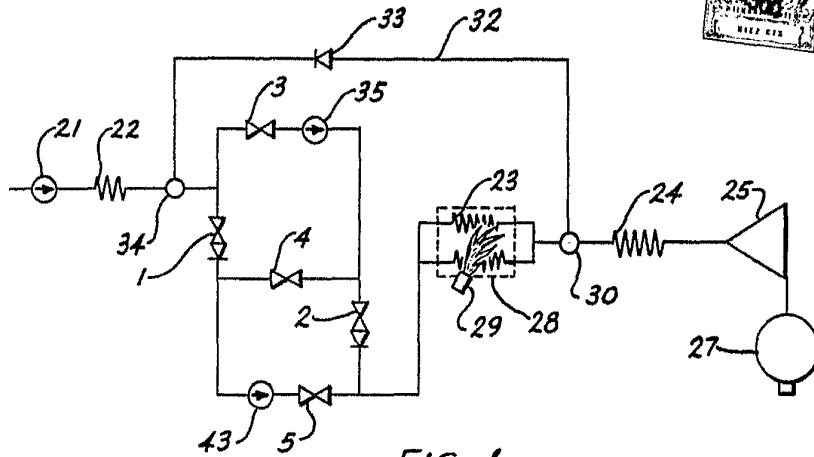


FIG-1

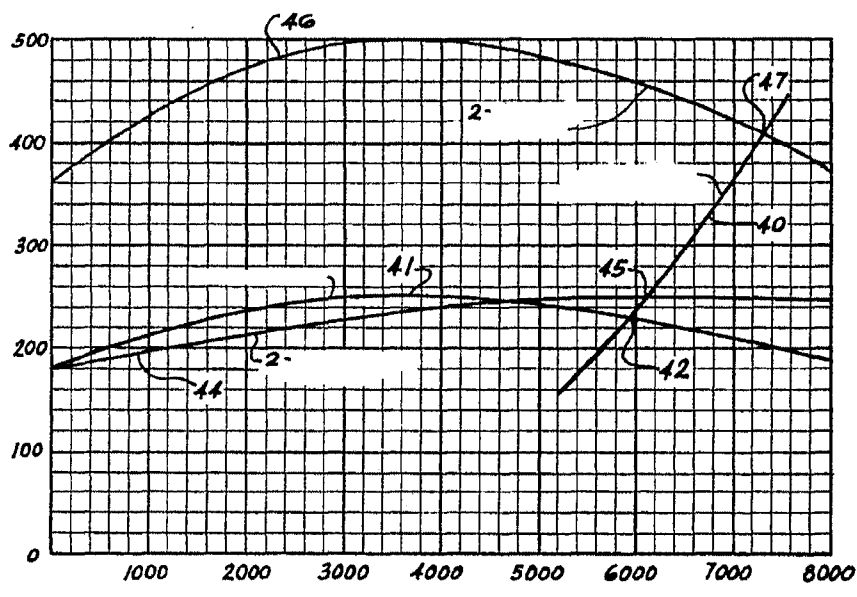


FIG-2

ESCALA VARIABLE

24 Dic 1968
RODOLFO DE LA ROSA
P. A.

[Handwritten signature]
Firma: COMBUSTION ENGINEERING, INC.

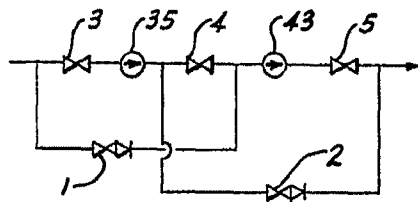


FIG-3

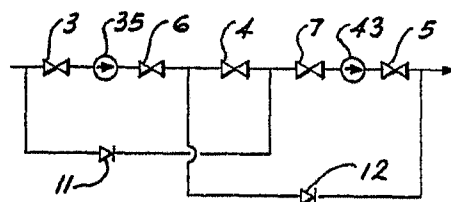


FIG-4

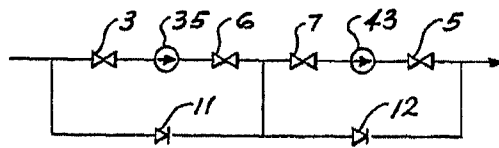


FIG-5

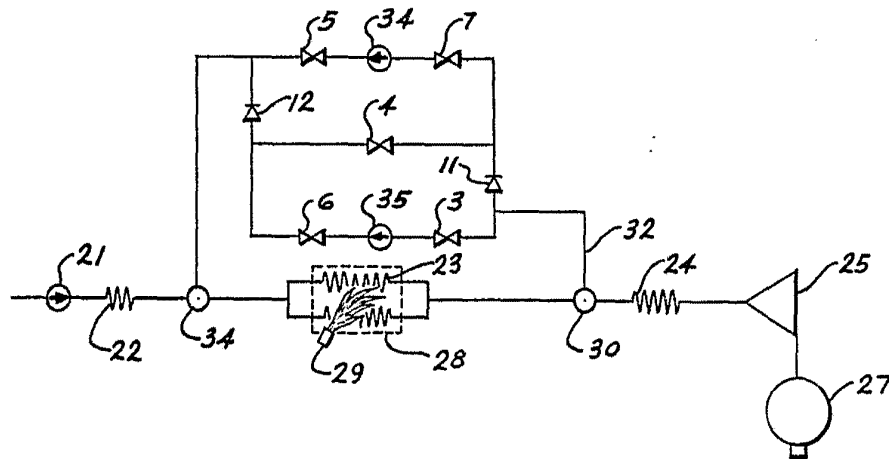


FIG-6

ESCALA VARIABLE

24 DIC. 1968

RODOLFO DE LA TORRE

P.P.

[Handwritten Signature]
Enrique García Arceaga