



⑩ ES	⑪ NUMERO	⑩ A 1
	21	
	⑫ FECHA DE PRESENTACION	
	22	2-10-1975

PATENTE DE INVENCION

P.- 61.383

File No.  
34268-F

③① PRIORIDADES:		
③① NUMERO	③② FECHA	③③ PAIS
513.724	10-10-74	E.U.A.
565.872	7-4-75	"
④⑦ FECHA DE PUBLICIDAD	⑤① CLASIFICACION INTERNACIONAL	⑥② PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	CO2C	
⑤④ TITULO DE LA INVENCION		
"UN METODO RAPIDO Y EFICAZ PARA DESINFECTAR EFLUENTES DE AGUAS RESIDUALES"		
⑦① SOLICITANTE (S)		
HOUDAILLE INDUSTRIES, INC.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
One M & T Plaza, Buffalo, Nueva York, Estados Unidos de América		
⑦② INVENTOR (ES)		
Mikkel Gordon Mandt		
⑦③ TITULAR (ES)		
⑦④ REPRESENTANTE		
DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ		

31 OCT 1975



5 El presente invento se refiere en general al campo del tratamiento de desechos y más en particular al campo de la desinfección de líquidos de desecho, tales como aguas residuales, mediante el uso de agentes desinfectantes tales como el ozono o el cloro.

10 Durante muchos años se ha considerado el cloro como un buen desinfectante y en una forma u otra ha intervenido en la mayoría de los sistemas diseñados para producir agua exenta de gérmenes. En casi todas las instalaciones de tratamiento de aguas residuales modernas, por ejemplo, se usa el cloro para reducir el número de bacterias del efluente final antes de ser éste descargado desde el sistema, usualmente a un río o a una corriente. También se puede proporcionar un sistema o instalación de cloración para eliminar el color, corregir los sabores, eliminar el olor y suprimir otros tipos de desarrollos biológicos no deseables. También se usa mucho el cloro en el tratamiento de aguas y desechos industriales.

20 En las últimas décadas se han efectuado avances sustanciales en la química de la cloración del agua. Esta química es sabido que es relativamente complicada, y se pueden examinar diversos aspectos de la química de la cloración del agua en la obra "Chemistry and Control of Modern Chlorination" ("Química y Control de la Moderna Cloración") de A.T. Palin (1973). A este respecto, sin embar-

25

31 OCT 1975

go, está admitido que el cloro es un buen desinfectante cuando se aplica a un líquido de desecho en forma de una solución de cloro gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ) en agua. Cuando se añade el cloro al agua, rápidamente se hidroliza para formar ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) y ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ), disociándose este último parcialmente para proporcionar iones hidrógeno e iones hipoclorito ( $\text{H}^+\text{OCl}^-$ ). Estas tres formas de cloro disponible, es decir, el cloro molecular ( $\text{Cl}_2$ ), el ácido hipocloroso no ionizado ( $\text{HOCl}$ ) y el ion hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ), existen juntas en equilibrio, estando determinadas las proporciones relativas de cada una por el valor del pH y la temperatura del agua. Estas formas de cloro "libre" reaccionan con relativa rapidez con varios tipos de componentes de aguas de desecho, incluidos ciertos compuestos nitrogenados e hidrocarbonados. Es sabido que las formas de hipoclorito de los compuestos de cloro "libre" son, en general, más potentes que las formas "combinadas", las cuales son producidas por reacción con compuestos presentes en el agua de desecho que ha de ser tratada. También se considera que el  $\text{Cl}_2$  molecular disuelto es un agente desinfectante muy potente, pero no existe en cantidades apreciables en condiciones de equilibrio para el pH de la mayoría de las aguas de desecho. Se debe reducir el valor del pH a un valor relativamente bajo a fin de que el  $\text{Cl}_2$  molecular pueda existir en solución en concen-



traciones sustanciales. El tratamiento con un pH bajo para grandes flujos de aguas de desecho es, en general, prohibitivamente costoso, especialmente si se requiere además un tratamiento de neutralización subsiguiente.

5                    Dos de los parámetros más importantes de diseño y de funcionamiento con respecto a los sistemas de desinfección en gran escala usuales son la dosis o concentración de cloro y el tiempo de contacto o de retención, el cual se refiere al espacio de tiempo durante el  
10                    cual el efluente tratado con cloro es retenido en un depósito de contacto con cloro. La determinación de la dosis o concentración de cloro implica el equilibrado de varios factores, tales como el aumento de la velocidad de destrucción o la disminución del tiempo de contacto  
15                    resultantes de una alta dosis de cloro frente a los más elevados costes del desinfectante. La no conveniencia de las mayores cantidades de cloro residual y de los diversos subproductos de la cloración resultantes del tratamiento con dosis de cloro más altas, es también un factor  
20                    cada vez más importante que ha de ser considerado. A este respecto, se está comprobando que el cloro residual y los subproductos de la cloración, tales como las aminas y los hidrocarburos clorados, son cada vez menos deseables en lo que se refiere al impacto en el ambiente.

25                    Tomando en consideración factores tales como



el coste inicial, las exigencias de espacio y las exigencias de tiempo de retención y de dosis de cloro, la consecución de características óptimas en el presente diseño del depósito de contacto con cloro implica, en general, la provisión de un circuito de múltiples canales sinuosos a través de los cuales pasa el efluente, con un tiempo de retención de efluente desde aproximadamente 15 hasta aproximadamente 30 minutos. Se efectúa la desinfección introduciendo una solución acuosa de cloro por la entrada a través de la cual entra el efluente en el depósito de contacto con cloro.

Se está en la creencia, como resultado de investigaciones relativamente recientes, de que por lo que se refiere a la desinfección de efluente procedente de un sistema de tratamiento de desechos, el mezclado inicial o "súbito" del efluente con  $\text{HOCl}$  y  $\text{OCl}^-$  al entrar el efluente en un depósito usual de contacto con cloro, aumenta la velocidad de destrucción de las bacterias y de los virus en el efluente. Las comunicaciones tituladas "The Enhancement of Viral Inactivation by Halogens" ("El Favorecimiento de la Inactivación Viral por los Halógenos") de C.W. Kruse, V.P. Olivieri y K. Kawata, aparecida en la publicación "Water and Sewage Works", páginas 187-193 (junio de 1971) y "Kinetics of Wastewater Chlorination in Continuous Flow Processes" ("Cinética de la Cloración de Aguas de Desecho



5 ,en Procedimientos de Flujo Continuo") de R.E. Selleck,  
H.F. Collins y G. White, presentada en las quintas Jorna-  
das Internacionales de Investigación de la Contaminación  
del Agua (julio, agosto de 1970) se refieren a tales in-  
10 vestigaciones relativamente recientes con respecto a tal  
mezclado inicial o "súbito". Quizá la más reciente y ex-  
tensa investigación referente a la técnica de la desin-  
fección por cloración se ha comunicado en un artículo ti-  
15 titulado "Improvement in Terminal Desinfection of Sewage  
Effluents" ("Mejora en la Desinfección de Terminales de  
Efluentes de Aguas Residuales"), publicada en el Número  
de Junio de 1973 de la publicación "Water & Sewage Works"  
relativo al trabajo efectuado en la Instalación de Trata-  
miento de Aguas Residuales Número 2, Fort Meade, Maryland,  
20 en 1972 por los señores C.W. Kruse, K. Kawata, V.P.  
Olivieri y K.E. Longley del Departamento de Salud Ambien-  
tal, Escuela de Higiene y de Salud Pública "John Hopkins",  
Baltimore, Maryland. Lo esencial de las conclusiones a las  
que llegaron los autores del artículo indicado en lo que  
25 antecede es que se puede mejorar la desinfección mejoran-  
do para ello el mezclado del cloro con las aguas residua-  
les y disminuyendo el pH de la reacción con el cloro.

Las investigaciones que dieron por resultado  
el presente invento fueron también llevadas a cabo en par-  
25 te en el Departamento de Salud Ambiental, Escuela de Hi-

31 OCT 1975



giene y Salud Pública "John Hopkins" y en la Instalación de Tratamiento de Aguas Residuales Número 2 de Fort Meade. El campo inicial de las investigaciones guardaba relación con el tratamiento del efluente con mezcladores del tipo de eyector de una sola boquilla, utilizando los principios de Venturi, en los cuales se usó como desinfectante cloro acuoso como fluido motor. Este trabajo inicial, realizado durante un periodo de 10 meses con preparaciones de bacterias y virus tanto de aguas residuales como de efluente sintético, no supuso mejora alguna sustancial sobre los resultados del trabajo comunicado por Kruse y otros. No obstante, durante estas investigaciones iniciales se determinó que serían necesarias cantidades sustanciales de flujo de la corriente motriz para producir un efecto de mezclado deseado, y que el caudal de la solución acuosa de cloro necesario para producir este efecto excedía sustancialmente del caudal que proporcionaría un nivel de dosis de cloro aceptable. Además, aunque podía usarse una cantidad sustancial de solución de desinfectante diluida, ello aumentaría la demanda de agua de dilución y aumentaría paralelamente el flujo de aguas residuales final. Se determinó, además, que el uso de una zona de flujo turbulento a través de la cual pasa todo el efluente que ha de ser tratado podría favorecer la desinfección, proporcionando un mezclado más completo y más a fondo de

31 OCT 1974  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
OCT 1974  
REC-270

cloro acuoso y efluente. También se determinó durante estas investigaciones estudiar la introducción directa de cloro gaseoso y ozono, en vez de solución de cloro acuosa, en una zona de mezclado de efluente turbulento. A  
5 continuación se investigaron sistemas y métodos de mezclado del tipo de eyector más complicados. En este trabajo subsiguiente se empleó como líquido motor una parte del líquido de desecho que había de ser tratado, y el desinfectante de cloro acuoso fué introducido circunferencialmente  
10 alrededor del chorro de líquido motor. En términos de estructura, dos boquillas concéntricas descargaban en una cámara de mezclado, descargando la boquilla interior un chorro de velocidad relativamente alta de efluente de líquido de desecho y descargando la segunda boquilla, o  
15 boquilla circundante, un chorro de cloro acuoso.

Este sistema de mezclado de dos boquillas proporcionaba capacidad para controlar independientemente el efecto del mezclado y de la cantidad de solución de desinfectante, y se investigaron además los métodos de  
20 desinfección en los que se emplea una zona de mezclado turbulento y la introducción directa de cloro gaseoso o de ozono en el efluente. Se comprobó que los métodos y el aparato desarrollados y perfeccionados en el curso de este trabajo proporcionaban ventajas sustanciales en la  
25 desinfección de aguas de desecho en cuanto a tiempo de

31 OCT 1975

desinfección, dosis de desinfectante y destrucción de bacterias y virus para una dosis dada de desinfectante. Además, puede reducirse en tamaño, o eliminarse, la costosa gran cámara de contacto de la mayor parte de los sistemas de desinfección con cloro actualmente existentes, al tiempo que se puede mejorar sustancialmente el comportamiento de las cámaras de contacto de desinfección por cloración existentes, sin modificaciones importantes.

El actual estado de la técnica de la desinfección con cloro es capaz, en general, de producir resultados favorables en cuanto a la "destrucción" de los gérmenes y otras diversas ventajas que pueden obtenerse mediante el uso del cloro. No obstante, serían muy deseables mejoras en relación con diversos aspectos de la desinfección de aguas de desecho, tales como el del espacio del tiempo y los costes que implica la obtención de una desinfección satisfactoria, lo concienzudo de la desinfección, la cantidad de cloro que se requiere para producir una desinfección satisfactoria y las cantidades de cloro residual y de subproductos de la cloración que resultan del proceso de cloración.

En consecuencia, un objeto del presente invento es proporcionar un método y un aparato mejorados para la desinfección de líquidos de desecho, tal como del efluente final de un sistema de tratamiento de aguas re-



siduales.

Otro objeto es la provisión de métodos y aparatos capaces de proporcionar tiempos de desinfección cortos, una desinfección concienzuda, bajas dosis de desinfectante y bajos niveles de cloro residual y de sub-  
5 productos de la cloración.

Estos y otros objetos del invento se exponen más detalladamente en la descripción detallada que sigue y en los dibujos que se acompañan, en los cuales:

10 La Figura 1 es una vista en planta parcialmente esquemática de un sistema de desinfección de la técnica anterior;

La Figura 2 es una vista en corte de una realización de un sistema de desinfección construido de acuerdo con el presente invento;  
15

La Figura 3 es una vista en corte de una realización de una mezcladora hidrodinámica de doble boquilla para tratar efluente con solución de cloro acuosa;

La Figura 4 es un gráfico en el que se ilustran los resultados de la eliminación de bacterias coliformes de un efluente de aguas residuales en función de la dosis de desinfectante;  
20

La Figura 5 es un gráfico en el que se ha representado el tanto por ciento de eliminación de virus  $f_2$  del efluente de aguas residuales en función de la dosis de  
25



desinfectante;

La Figura 6 es un gráfico en el que se ha representado el tanto por ciento de eliminación de bacterias coliformes en función del tiempo;

5 La Figura 7 es un gráfico en el que se ha representado el tanto por ciento de eliminación de virus  $f_2$  en función del tiempo;

10 Las Figuras 8, 9 y 10 son gráficos que presentan datos de desinfección obtenidos del funcionamiento de una instalación existente de desinfección por cloración, modificada de acuerdo con los principios del presente invento;

15 La Figura 11 es una vista en planta parcialmente esquemática de la instalación de desinfección de la cual se obtuvieron los datos representados en las Figuras 8, 9 y 10;

La Figura 12 es una vista en corte, a escala ampliada, de la parte de colector de la instalación ilustrada en la Figura 11.

20 En general, el presente invento se refiere a métodos y aparatos para desinfectar rápida y uniformemente líquidos de desecho acuosos, tales como aguas residuales tratadas parcialmente, mediante el uso de un desinfectante fluido. Pueden ser desinfectantes adecuados ya sean gases o ya sean líquidos y entre ellos se incluyen el cloro

25

gaseoso, el ozono, el dióxido de cloro, y las soluciones  
 acuosas de cloro, bromo y yodo. Las soluciones acuosas de  
 cloro, el cloro gaseoso y el ozono son desinfectantes  
 preferidos, y se prefieren en particular las realizacio-  
 5 nes del presente invento en las cuales se emplea el clo-  
 ro gaseoso.

De acuerdo, en general, con el presente in-  
 vento, el fluido desinfectante y el efluente que ha de  
 ser tratado son hechos pasar continuamente a través de  
 10 una zona de mezclado turbulento inicial donde los gra-  
 dientes de la concentración del desinfectante son reduci-  
 dos rápidamente dentro de un periodo limitado de tiempo,  
 y el efluente mezclado de modo turbulento es conducido  
 desde la zona de mezclado turbulento para proporcionar  
 15 una corriente de descarga de efluente tratado, al tiempo  
 que se excluye de la corriente de descarga el efluente  
 que no ha sido hecho pasar a través de la zona de mezcla-  
 do turbulento. También de acuerdo con el presente inven-  
 to se mantiene por lo menos un nivel de disipación de la  
 20 energía mínimo en la zona de mezclado turbulento durante  
 el procedimiento de desinfección, y se consume por lo me-  
 nos una cantidad de energía mínima por unidad de produc-  
 ción de efluente tratado.

Como se ha indicado, el desinfectante y el  
 25 efluente que han de ser tratados son hechos pasar a tra-

31 OCT 1975

vés de una zona de mezclado turbulento, en la cual los gradientes de concentración de desinfectante son reducidos rápidamente para proporcionar una corriente de producto sustancialmente homogéneo dentro de un periodo de tiempo limitado. A este respecto, y aunque es posible mezclar durante periodos de tiempo más largos (mezclado en exceso), el nivel de disipación de la energía deberá ser el suficiente para que se pueda conseguir ese nivel deseado de "inhomogeneidad" (falta de homogeneidad) dentro de aproximadamente 1,5 segundos. Para los fines del presente invento, el tiempo de permanencia medio  $\theta$  del efluente y el desinfectante en la zona de mezclado turbulento viene definido como sigue:

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

donde V es el volumen de la zona de mezclado turbulento y donde Q es el caudal volumétrico de la corriente de descarga tratada.

En condiciones ordinarias de funcionamiento, el tiempo de permanencia  $\theta$  deberá ser de aproximadamente 1,5 segundos o menor.

Como también se ha indicado, se mantiene por lo menos un régimen de disipación de la energía mínimo en la zona de mezclado turbulento durante el procedimiento.

A este respecto, deberá mantenerse un régimen de disipación de la energía mínimo de modo que la zona de mezclado turbulento tenga un régimen de mezclado  $\tau^{-1}$  (seg.<sup>-1</sup>) el cual puede también denominarse como un "régimen de cizallamiento" de por lo menos aproximadamente 10 segundos<sup>-1</sup>,  
 5 aunque para algunos sistemas de mezclado mayores que tienen una capacidad de producción de más de unos 757 litros por minuto, el régimen de mezclado deberá ser de por lo menos unos 5 segundos<sup>-1</sup>. De acuerdo con los principios  
 10 de la dinamica de fluidos, el régimen de mezclado  $\tau^{-1}$  está directamente relacionado con el régimen  $\xi$  de disipación de la energía turbulenta específico de la zona de mezclado turbulento y está en relación inversa con el cuadrado de la macroescala escalar  $L_s$  de la estructura  
 15 de turbulencia de la zona de mezclado turbulento como sigue:

$$\tau^{-1} = k( \xi / L_s^2 )^{1/3}$$

20 donde k es una constante que vale 0,489 para el sistema de medidas cgs.

La falta de homogeneidad o "inhomogeneidad", I, puede definirse como la raíz media cuadrática de las fluctuaciones de la concentración local de desinfectante,  
 25 a, dividida por la concentración media (mezclada)  $\bar{A}$ , y de



31

acuerdo con los principios de la hidrodinámica, el régimen de mezclado y el tiempo de permanencia de mezclado pueden también utilizarse para caracterizar la inhomogeneidad de la corriente del producto con respecto a los

5 gradientes de concentración del desinfectante dentro de la corriente de producto existente en la zona de mezclado inicial. En el presente invento, se considera que los gradientes de concentración de desinfectante son reducidos a una concentración casi uniforme en un tiempo de

10 permanencia muy corto, para proporcionar un ambiente uniformemente tóxico para la inactivación de organismos antes de una pérdida sustancial de actividad o potencia del desinfectante. En relación con los desinfectantes tales como el cloro, se considera que la inhomogeneidad del pro-

15 ducto se reduce con la suficiente rapidez como para que estén disponibles las formas o especies más potentes de productos químicos desinfectantes en todo el campo turbulento, dispersas homogéneamente hasta el punto de que tienen una alta disponibilidad estadística para interacción

20 con los organismos dentro del campo turbulento durante un periodo de tiempo anterior a un cambio en las formas o especies químicas desinfectantes debido a un cambio del pH, a la reacción con agua, o a la reacción con otros productos químicos o con impurezas no biológicas.

25 Desde un punto de vista práctico, se ha deter-

minado que tiene lugar una desinfección muy mejorada con regímenes de mezclado de aproximadamente 10 segundos<sup>-1</sup> o mayores, con los correspondientes tiempos de permanencia de mezclado de 1,5 segundos o menores. Aunque no se ha efectuado medidas, se supone que para estas condiciones la inhomogeneidad del producto se reduce a 0,1 ó menos.

Como se ha indicado, es también útil definir un número de mezclado  $\theta \tau^{-1}$ , el cual es el producto del tiempo de permanencia de mezclado por el régimen de mezclado, y el cual caracteriza a la inhomogeneidad de la corriente de producto. Deberán aplicarse números de mezclado desde aproximadamente 1,5 hasta 15 o mayores para conseguir superiores resultados de desinfección.

Además, para un sistema de flujo pasante con mezclado continuo, la necesidad de energía específica  $e$  (la energía disipada por unidad de producción de corriente de producto o bien el trabajo realizado en el mezclado de corriente de producto) deberá ser preferiblemente de por lo menos unos 0,05 caballos de vapor por millón de litros de efluente tratado por día (MLD). Para un nivel dado de mezclado, la energía específica requerida aumentará al aumentar la escala de mezclado  $L_g$ , pero estará en general en el margen desde aproximadamente 0,05 CV/MLD a 0,78 CV/MLD.



La potencia de mezclado disipada en un líquido es finalmente disipada de modo viscoso en calor. Puede disiparse a través de gradientes de velocidad media (en forma similar a la disipación de potencia que  
5 tiene lugar en el flujo laminar), y en la región turbulenta a través de gradientes de fluctuación de la velocidad. Es por tanto útil diferenciar entre la cantidad total de potencia disipada por unidad de masa de líquido y aquella parte disipada por unidad de masa de líquido a  
10 través de fluctuaciones de velocidad turbulenta. Para los fines de este invento, la primera se define como el régimen de disipación de energía total específica  $\xi_T$ , mientras que la última se define como un régimen de disipación de energía turbulenta específica  $\xi$ . El régimen  
15 de disipación de energía total específico  $\xi_T$  viene definido como:

$$\frac{P}{pV}$$

20 donde P es la pérdida de potencia neta para el fluido, p es la densidad del fluido y V es el volumen de fluido.

El régimen de disipación de energía turbulenta específico se define como

25 
$$\xi = \eta \xi_T$$

donde  $\eta$  es la intensidad de la turbulencia.

De acuerdo con realizaciones preferidas del método, se emplea un sistema de mezclado del tipo de ejetor en el cual se produce la zona de mezclado turbulento por introducción de una corriente motriz de una parte secundaria del líquido de desecho que ha de ser tratado en una zona de inducción a la cual se suministra la parte principal del líquido de desecho que ha de ser tratado. La corriente motriz es generada impulsando para ello el líquido de desecho a través de una boquilla adecuada u otro orificio apropiado. La introducción de la corriente motriz en la zona de inducción da por resultado el arrastre de líquido de desecho de la zona a la corriente y a la formación de un campo de flujo turbulento en ella. La zona de mezclado turbulento así producida tiene un volumen creciente y un área de la sección transversal creciente a lo largo de su dirección de movimiento dentro de la zona de inducción. El desinfectante se introduce preferiblemente en la zona de mezclado turbulento con la corriente motriz al introducirse ésta en la zona de inducción. Subsiguientemente, por lo menos una parte de líquido de desecho es conducida desde la zona de mezclado turbulento para proporcionar una corriente de descarga mientras que se excluye de la corriente de descarga el líquido de



desecho que no formaba parte de la corriente de chorro original o que no fué inducido en la zona de mezclado turbulento, de tal modo que sustancialmente todo el líquido de desecho de la corriente de descarga procede de la zona de mezclado turbulento.

En la Figura 2 se ilustra un aparato para poner en práctica varias realizaciones preferidas del presente invento, y se hará una descripción más detallada de los métodos preferidos con referencia al aparato ilustrado. Como se ha ilustrado en la Figura 2, se ha previsto un conducto de flujo 15, el cual comprende una parte 16 de entrada cilíndrica que tiene un diámetro  $D_i$ , una parte de cuello convergente 17a, una parte de mezclado paralela 18 que tiene un diámetro  $D_p$ , y una parte terminal divergente 17b. Un conjunto 19 de boquilla doble está situado dentro y a lo largo del eje geométrico longitudinal de la parte de entrada 16 del conducto 15. El conjunto de boquilla 19 incluye un conjunto de boquilla para líquido 21a que tiene un diámetro interno  $d$  y una boquilla circundante concéntricamente 21b situada en el extremo de descarga de la boquilla 21a y la cual tiene un diámetro interno del orificio de descarga ligeramente mayor que  $d$ . Una tubería de entrada 20 suministra a la boquilla de líquido 21a, y tanto la boquilla 21a como el conducto 22 de gas desinfectante suministran a la boquilla 21b. En



sistemas de mezclado que han sido hechos funcionar satisfactoriamente, el diámetro  $d$  del orificio de la boquilla 21b ha estado en tal relación con el diámetro  $D_p$  de la parte paralela de mezclado 18 que la relación de  $D_p$  a  $d$  está comprendida en el margen de aproximadamente 2,5:1 a aproximadamente 13:1 (con un margen de relaciones de área correspondiente de aproximadamente 6,25:1 a aproximadamente 169:1). Se prefiere que el margen de relaciones de áreas esté comprendido entre aproximadamente 25:1 y aproximadamente 169:1 (con una relación de diámetros correspondiente de 5:1 a 13:1), la cual es más alta que la empleada generalmente en los sistemas de mezclado del tipo de eyector. Por razones que se pondrán de manifiesto en la descripción de la formación y obturación de la zona de mezclado turbulento contra las paredes de la parte paralela de mezclado 18 o del cuello convergente 17a, el extremo de descarga de la boquilla 21b está espaciado longitudinalmente del extremo próximo de la parte cilíndrica de mezclado 18 en una distancia que está también en relación con los diámetros de la boquilla 21b y de la parte de mezclado paralela 18. A este respecto, la boquilla 21b deberá estar preferiblemente espaciada axialmente a una distancia de aproximadamente 1 a aproximadamente 2 veces  $D_p$  del extremo próximo de la parte de mezclado paralela 18, y de preferencia a una distancia de aproximadamente



1,5  $D_p$ . Análogamente, la longitud de la parte de mezclado paralela deberá estar comprendida preferiblemente entre aproximadamente 2 y aproximadamente 5 veces su diámetro, y de preferencia deberá ser de unas 3 veces su diámetro.

5

En funcionamiento, una parte secundaria del efluente que ha de ser tratado es bombeada a través de la tubería de suministro 20 y es impulsada a través de la boquilla 21a para formar una corriente de chorro del líquido de desecho, el cual pasa también a la boquilla 21b y a través de ésta. Al pasar a través del conjunto de boquilla 21b, se induce un desinfectante tal como cloro gaseoso en la corriente de chorro desde la cámara de la boquilla, y la cantidad de desinfectante así inducida puede ser controlada por separado a partir de la cantidad de líquido de desecho que pasa a través de la cámara de la boquilla. Típicamente, para cloración con gas activada por vacío, el gas desinfectante puede ser introducido en la corriente de chorro de líquido de desecho para un vacío de aproximadamente 12,7 cm a 17,8 cm de mercurio, aunque se puede emplear introducción para un vacío menor, y también se pueden usar sistemas bajo presión. La corriente del chorro de líquido de desecho y el desinfectante inducido forman una corriente motriz que sale de la boquilla 21b, la cual es introducida en la cámara de inducción. Se

10

15

20

25



ha determinado que son eficaces velocidades de la corriente de motriz en el margen de aproximadamente 5,1 metros por segundo hasta aproximadamente 24,6 metros por segundo, y en general la corriente motriz deberá tener una  
5 velocidad de por lo menos unos 5,1 metros por segundo. La boquilla 21b descarga, en consecuencia, tanto cloro gaseoso como fluido motor en forma de un chorro de velocidad relativamente alta en el efluente circundante dentro de la cámara de mezclado turbulento, produciéndose así  
10 un campo turbulento y mezclándose en esencia instantáneamente el gas desinfectante con el efluente al pasar el gas a solución.

La mezcla del chorro de velocidad relativamente alta de efluente y de desinfectante que es introducida en la cámara de inducción turbulenta produce un  
15 campo altamente turbulento de forma cónica, indicado por las líneas de trazos en el número de referencia 23, el cual proporciona un mezclado a fondo (es decir, una rápida reducción de los gradientes de concentración del  
20 desinfectante) del fluido motor de la corriente de chorro, el desinfectante y el efluente inducido en la corriente de chorro. En su extremo expandido, la zona de mezclado turbulento intercepta la pared del conducto 15 para proporcionar una obturación continua de fluido turbulento, la cual actúa para evitar que el efluente que no  
25



ha pasado a través de la zona de mezclado turbulento entre en la corriente de descarga, la cual es conducida a través de la parte de mezclado paralela 18.

5 Puesto que el aparato de la Figura 2 es simétrico radialmente alrededor de su eje geométrico longitudinal (con la excepción de la tubería 22 de entrada de desinfectante), la zona de mezclado turbulento, la cual se designará en lo que sigue como el "cono de mezclado", es también de forma simétrica desde su vértice en el extremo de descarga de la boquilla 21 hasta su base en su intersección de forma circular con la pared del conducto 15. El ángulo  $\alpha$  incluido definido por el vértice (extrapolado) del cono de mezclado, variará dependiendo de consideraciones referentes a la velocidad relativa del efluente en la cámara de mezclado, pero para un efluente tranquilo, el ángulo  $\alpha$  incluido será en general de aproximadamente  $14^{\circ}$ .

10

15

Como se ha indicado, una parte secundaria  $Q_1$  de la cantidad de líquido de desecho que ha de ser tratado es impulsada a través de la boquilla 21b para formar una corriente motriz, y la parte principal  $Q_2$  del líquido de desecho que ha de ser tratado es suministrada a la zona de inducción, donde es arrastrada al cono de mezclado turbulento. Se han empleado satisfactoriamente relaciones de flujo  $M$  de caudal volumétrico de efluente indu-

20

25



5 cido  $Q_2$  a caudal volumétrico de efluente de aguas residuales motrices  $Q_1$  desde aproximadamente 1,4:1 hasta aproximadamente 23,1:1. De preferencia la relación de  $Q_2$  a  $Q_1$  estará comprendida entre aproximadamente 5:1 y aproximadamente 15:1.

10 El tiempo de permanencia medio  $\theta$  para el aparato del tipo ilustrado en la Figura 2 puede determinarse fácilmente a partir del volumen del cono de mezclado turbulento. Puede suponerse, en general, que el efluente y el desinfectante se mezclan dentro de límites de gradientes de concentración de desinfectante aceptables, al llegar a un punto adyacente a la base del cono de mezclado en su intersección con el conducto 15. El volumen  $V$  del cono de mezclado así definido puede calcularse como sigue:

$$V = \frac{\pi D^3 (1 - R^{3/2})}{24 \tan(\alpha / 2)} \quad (3)$$

20 donde  $D$  es el diámetro del conducto de interceptación en el punto de intersección con el cono de mezclado,  $R$  es la relación del área del orificio de la corriente de chorro original al área de la sección transversal del conducto de interceptación en el punto de intersección, y  $\alpha$  es el ángulo incluido del cono de mezcla-



31 OCT 1974

.do.

El tiempo de permanencia del aparato de la Figura 2 puede calcularse como sigue, a partir de las ecuaciones (1) y (3) para condiciones en las cuales todo el fluido que pasa a través del cono de mezclado es conducido directamente a la corriente de descarga

$$\theta = \frac{V}{Q_1 (1 + M)} \quad (4)$$

10

donde M es la relación de  $Q_2$  a  $Q_1$ .

Sustituyendo el valor para  $Q_1$  y combinando las ecuaciones (4) y (3), puede volverse a definir el tiempo de permanencia  $\theta$  como sigue:

15

$$\theta = \frac{1 - R^{3/2}}{6 \tan(\alpha/2) (1+M)R} (D/u_1) \quad (5)$$

20

También se verá de estas relaciones que se puede obtener una relación M de flujos volumétricos deseada del efluente arrastrado  $Q_2$  al efluente motor  $Q_1$ , por variación de una serie de factores tanto en el diseño físico como en el funcionamiento del aparato. También es de hacer notar que el volumen del cono de mezclado turbulento empleado en las realizaciones preferidas para el pre-

25



5           sente método está limitado a no más de unas 1,5 veces el  
volumen del flujo por segundo de la corriente de descar-  
ga conducida desde el cono de mezclado turbulento. Para  
sistemas de mezclado del tipo de eyector, el método y  
el aparato del presente invento pueden caracterizarse  
en términos de los márgenes establecidos de relación de  
áreas R, de velocidad de la corriente motriz  $\underline{u}$ , y los  
caudales M, los cuales pueden proporcionar valores de  
 $\tau^{-1}$  o de  $\underline{e}$  fuera de los márgenes dados anteriormen-  
10           te.

No obstante, de acuerdo con el presente méto-  
do, el régimen de disipación de la energía deberá ser en  
general suficiente para proporcionar un régimen de mez-  
clado  $\tau^{-1}$  de por lo menos aproximadamente 5. A este  
15           respecto, el régimen  $\xi$  de disipación de la energía tur-  
bulenta específico está relacionado en general con la en-  
trada de potencia P a la corriente motriz como sigue:

$$\xi = \frac{f \eta P}{\rho V}$$

20           donde  $\eta$  es la intensidad de la turbulencia,  
donde P es la entrada de potencia neta procedente de la  
corriente motriz, y  $\rho$  es la densidad del fluido, la cual  
para un efluente de aguas residuales acuoso es muy apro-  
ximadamente igual a la del agua. El factor  $f$  representa  
25

la fracción de la potencia primaria disipada en la zona de mezclado. Puesto que la resistencia pelicular, que favorece los gradientes de velocidad, es mínima en este sistema,  $\xi$  es muy aproximadamente igual a  $\xi_{\text{T}}$ , y  $\zeta$  es muy aproximadamente igual a 1. Esto contrasta con lo que ocurre en una mezcladora de conducción de tubería pura donde  $\xi$  puede ser igual a tan solo del 10 % al 15 % de  $\xi_{\text{T}}$ . El régimen de disipación de energía turbulenta específico  $\xi$  para un aparato del tipo ilustrado en la Figura 2 puede también expresarse en términos del ángulo  $\alpha$  incluido del cono de mezclado, de la relación de áreas de sección transversal R, la velocidad de la corriente motriz  $u_1$  y el diámetro D de la base del cono de mezclado en su punto de interceptación y de obturación con la pared del conducto 15:

$$\xi = 3 \tan(\alpha/2) \left[ \frac{fR}{1-R} \right]^{3/2} (u_1/D)$$

La macroescala escalar  $L_g$  para un sistema tal como el ilustrado en la Figura 2 puede ser de aproximadamente 0,131 D para fines de cálculo para diseño del equipo, y combinando las relaciones (2) y (7) se verá que el régimen de mezclado  $\tau^{-1}$  para tal sistema puede expresarse como:

$$\tau^{-1} = 1.36 \left[ \frac{fR}{1-R} \right]^{1/3} (u_1/D)$$

La desinfección del efluente de aguas residuales con desinfectante de cloro gaseoso de acuerdo con el presente invento es capaz de proporcionar, de modo regular y fiable, regímenes de destrucción de bacterias que superan el 99,9% medidos por eliminación de coliformes fecales, y regímenes de destrucción de virus superiores al 99% medidos mediante la eliminación de virus f<sub>2</sub>, en cuestión de segundos (por ejemplo, en tres segundos). Tales resultados con el cloro gaseoso pueden ser debidos, al menos en parte, a la rapidez con la cual el Cl<sub>2</sub> disuelto se mezcla con la totalidad del efluente de aguas residuales con respecto al régimen con el cual entra el cloro acuoso en reacciones secundarias no deseables con los componentes del efluente, tales como varios materiales con base de nitrógeno.

También está admitido que puede esperarse que el cloro gaseoso entre en solución muy rápidamente y que el valor del pH del efluente de aguas residuales es en general tal que esencialmente no habrá presente Cl<sub>2</sub> disuelto alguno (en contraste con los iones de hipoclorito) en equilibrio en condiciones ordinarias. A este respecto, puede ocurrir también que la introducción de cloro gaseoso en la zona turbulenta del efluente, en forma de burbujas finas muy dispersas, dé por resultado la transferencia a solución y la mezcla del Cl<sub>2</sub> disuelto con la sufi-

310



cienta rapidez como para proporcionar exposición del  
efluente dentro de la zona turbulenta al cloro en la for-  
ma de  $Cl_2$ .

Independientemente de que las explicaciones  
5 dadas en lo que antecede sean las correctas, subsiste el  
hecho de que el tratamiento del efluente de aguas resi-  
duales con cloro en las condiciones de mezclado hidrodinámico que existen en el presente invento, proporciona  
un comportamiento de desinfección sensiblemente mejorado  
10 y reduce el tiempo requerido para conseguir cualquier re-  
ducción dada de bacterias y de virus. No obstante, se con-  
sidera que es importante excluir el líquido de desecho  
que no haya sido hecho pasar a través de la zona de mez-  
clado turbulento inicial, de la corriente de descarga del  
15 sistema. En consecuencia, solamente se descarga desde la  
salida del sistema el líquido de desecho que haya sido  
mezclado a fondo con desinfectante dentro de un periodo  
de tiempo limitado después de la introducción del desin-  
fectante, reduciéndose con ello al mínimo los efectos  
20 perjudiciales de las reacciones secundarias adversas y  
haciéndose máximo el rendimiento del sistema. En relación  
con las realizaciones descritas con respecto al aparato  
de la Figura 2, el cono de mezclado de expansión turbulenta  
corta a los límites del conducto 15 para formar una ob-  
25 turación turbulenta continua, la cual impide que el lí-



quido de desecho que no forma parte del cono de mezclado  
pase más allá de la obturación turbulenta. A este respec-  
to, los efectos turbulentos de la intersección del cono  
de mezclado son suficientes para interrumpir cualquier  
5 región de flujo laminar sustancial adyacente a la pared  
del conducto 15 en su región de obturación turbulenta.  
Para el desarrollo y el mantenimiento de tal obturación  
turbulenta, la configuración geométrica del sistema y la  
entrada de potencia a la corriente motriz deberán ser ta-  
10 les que permanezca suficiente energía turbulenta en el  
cono de mezclado turbulento para cuando éste llegue a su  
punto de intersección con la pared del conducto de la co-  
rriente de descarga, para que pueda ser efectuada tal ob-  
turación. En funcionamiento, una característica deseable  
15 del método es que pueda mantenerse un flujo volumétrico  
constante del flujo motor a través de la boquilla 21a (por  
ejemplo, mediante el uso de una bomba de volumen constan-  
te) mientras que el régimen de líquido de desecho inducido  
en el cono de mezclado y el caudal de descarga volumétri-  
20 co pueden variar en un margen sustancial de acuerdo con  
las variaciones en el suministro de líquido de desecho pa-  
ra desinfección a la cámara de inducción. La configuración  
geométrica del sistema, incluida la colocación de la bo-  
quilla 21b, puede ser tal que la intersección del cono de  
25 mezclado con el conducto 15 esté situada aproximadamente



en el extremo próximo de la parte cilíndrica de mezclado  
18 para regímenes intermedios de flujo de tratamiento de  
efluente. Con el mismo caudal motor y con regímenes me-  
nores de tratamiento total, la obturación de intersección  
5 del cono de mezclado puede tener lugar a lo largo de la  
superficie de la parte de cuello convergente 17a del con-  
ducto 15, y para regímenes de tratamiento total mayores,  
la parte paralela de mezclado 18 extendida proporciona el  
mantenimiento de una obturación al cortar al cono de mez-  
10 clado en posiciones aguas abajo del cuello convergente  
del conducto. Si la boquilla está colocada inadecuadamen-  
te con respecto al límite de superficie que se pretende  
que sea cortado por el cono de mezclado, o si la aporta-  
ción de potencia a la corriente motriz de efluente es in-  
15 suficiente para proporcionar una intersección de la sufi-  
ciente energía, no se proporcionará una obturación ade-  
cuada y puede entrar efluente con altos valores biológi-  
cos en la parte cilíndrica de mezclado y en la corriente  
de descarga del sistema. Además, en este último aspecto,  
20 de acuerdo con los principios de la dinámica de fluidos,  
desde un punto de vista del mezclado, es deseable hacer  
funcionar el sistema de tal modo que la intensidad de la  
turbulencia  $\zeta$  y la fracción de potencia primaria disipa-  
da  $F$  se aproximen a 1, de modo que la entrada de potencia  
25 total se aproxime a ser, o sea, disipada turbulentamente.



A fin de conseguir ésto, el sistema puede ser hecho funcionar por poca o ninguna recuperación de presión para la corriente de descarga desde la corriente motriz (es decir, la presión de descarga deberá ser, de preferen-

5      cia, aproximadamente igual a la presión de la masa del sistema de mezclado) pues esta recuperación de la presión es una medida de  $(1-F)P$ .

Al establecer y mantener una obturación eficaz es deseable que el límite que es cortado por el cono

10      de mezclado tenga una configuración que reduzca al mínimo la formación de una capa límite laminar de efluente potencialmente sin desinfectar, adyacente a la superficie. Se ha comprobado que, incluso con límites muy lisos, tales como los que se encuentran con tubería de poliéster

15      reforzada con fibra de vidrio, se obtienen excelentes resultados cuando se trabaja de acuerdo con las anteriores condiciones. No obstante, la formación de una obturación eficaz y la interrupción del flujo laminar pueden favorecerse mediante proyecciones o depresiones superficiales en

20      el límite de la superficie cortada, tal como una serie de anillos salientes que interrumpen el flujo junto a la superficie. Se admitirá, por supuesto, que a medida que se aproxima un campo turbulento a cualquier límite fijo, tiene lugar una desviación con respecto a la isotropía y disminuye la intensidad de la turbulencia. No obstante, se

25



considera que para una obturación eficaz la intensidad de la turbulencia deberá ser de aproximadamente 0,1 ó superior a una distancia de 0,1 D desde el límite fijo.

5 En la Figura 3 se ha ilustrado un dispositivo de mezclado 25a, el cual está especialmente adaptado para tratar efluentes o líquidos de aguas residuales con soluciones de cloro acuosas. El dispositivo que en ellas se ha ilustrado incluye una boquilla interior 25, la cual es coaxial con una boquilla exterior 26. Esta última está recibida en aplicación a rosca dentro de un alojamiento 27, en 10 el cual hay formada una parte de cuello que se estrecha 28 y una parte de mezclado tubular 29. El fluido motor de aguas residuales principal es introducido en la boquilla interior 25 a través de una entrada 30, mientras que se suministra una solución de cloro acuosa a la boquilla interior 25 por medio de un conducto 31. El líquido de aguas 15 residuales secundario es suministrado a una zona de inducción por medio de una entrada 32 cuyo eje geométrico está en ángulo recto con el eje geométrico de las boquillas 25 y 26. 20

Al ser impulsado el fluido motor de aguas residuales principal a través de la boquilla interior 25 bajo presión sustancial, entra en contacto a velocidad sustancial con la solución de cloro acuosa suministrada a la 25 boquilla 26, y educa solución de cloro antes de salir desde

31 OCT 1975



la boquilla exterior 26. El caudal de la solución de cloro acuosa puede ser controlado independientemente del caudal del fluido efluente motor, y será relativamente pequeño en comparación con el caudal de efluente motor y con el caudal de tratamiento de efluente total. Por ejemplo, una solución de tratamiento desinfectante de aguas residuales de cloro acuosa puede tener usualmente concentraciones comprendidas entre unos 300 mg/l y aproximadamente 3.000 mg/l y para una dosis de tratamiento típica de unos 2 mg/l, el caudal de desinfectante de cloro acuoso estará comprendido entre aproximadamente 2,65 litros por minuto y aproximadamente 26,5 litros por minuto para un sistema que tenga un caudal de efluente motor de 454,2 litros por minuto y un caudal de tratamiento de efluente total de 3.785 litros por minuto. La corriente motriz de cloro acuoso y de líquido efluente principal sale de la boquilla 26 a la zona de inducción turbulenta, donde es inducido líquido de desecho adicional en la corriente de chorro para formar un cono 26a de mezclado que se expande continuamente con forma cónica y altamente turbulento, el cual corta al extremo próximo de la parte cilíndrica de mezclado 29. El efluente que no ha sido sometido al paso a través del cono de mezclado es excluido de la corriente de producto la cual fluye a través de la parte cilíndrica de mezclado 29 y es descargada desde su extremo alejado. Aunque el uso de una

31 OCT 1975



solución de cloro acuosa es menos eficaz que el uso de  
cloro gaseoso en las mismas condiciones de funcionamien-  
to, el sistema de mezclado representado en la Figura 3  
proporciona sin embargo ventajas sustanciales en compa-  
5 ración con los sistemas de desinfección usuales en los  
cuales se emplea una solución de cloro acuosa como agen-  
te de tratamiento. Cuando se usa un desinfectante de clo-  
ro acuoso se prefiere que el desinfectante tenga un pH  
inferior a aproximadamente 5 y más preferiblemente de  
10 aproximadamente 3 ó menos. Aunque la acidez de la solu-  
ción desinfectante tiene escaso efecto en el pH del  
efluente tratado, desplazará el equilibrio de las espe-  
cies del desinfectante para aumentar la concentración de  
más  $Cl_2$  y  $HOCl$  letales. Al efectuarse un mezclado rápido,  
15 se supone teóricamente que se obtendrán algunas de las  
ventajas de esta concentración aumentada de especies le-  
tales antes de que se alcancen las condiciones de equili-  
brio para el más alto valor del pH de la corriente de  
producto mezclado.

20 Fueron obtenidos datos experimentales en can-  
tidad sustancial en ensayos llevados a cabo sobre efluen-  
te secundario procedente de una instalación de tratamien-  
to biológico, utilizando un mezclador de ensayo que fué  
alimentado alternativamente con cloro gaseoso (G) y con  
25 cloro acuoso (A). El margen variable satisfactorio de es-



tudio para este trabajo fué el siguiente:

	Relación de flujo M	1,4:1 a 23,1:1
	Relación de diámetros D/d	2,5:1 a 13:1
	Velocidad de la corriente	
5	motriz $\mu_1$	5,1 a 24,6 m/segundo
	Régimen de mezclado	$\tau^{-1}$ 98,6 a 303 segundos <sup>-1</sup>
	Tiempo de permanencia	0,014 a 0,346 segundos
	Número de mezclado $\theta \tau^{-1}$	1,51 a 10,85
	Energía específica requeri-	
10	da e	0,0028 a 1,53 CV/MLD
	Producción total	Hasta 151,4 litros por minuto

Se apreció una diferencia muy significativa en el régimen de desinfección, en la destrucción total y en la cantidad de cloro requerido. En las Figuras 4 y 5 se ilustran los tantos por cientos de eliminación de bacterias coliformes totales y de virus  $f_2$  en función de la dosis de desinfectante. En la Figura 4 se ilustra que se efectuó una eliminación esencialmente completa de bacterias coliformes mediante una dosis de solamente 4 miligramos por litro de cloro gaseoso, mientras que fué necesaria una dosis superior a 16 miligramos por litro para efectuar la misma destrucción con la solución acuosa. La reducción en la cantidad total de cloro necesaria usando cloro gaseoso, de acuerdo con el presente invento, para conseguir una eliminación sustancialmente completa de bac-

terias coliformes de las aguas residuales representa una economía considerable en material. Esta va acompañada por la producción de un líquido de descarga que tiene un contenido en cloro más bajo (cloro residual) del que corrientemente se logra y que, por consiguiente, es menos tóxico para la vida marina.

La eliminación de virus  $f_2$ , como se ha ilustrado en la Figura 5 es todavía más significativa. Es un hecho bien conocido que los sistemas desinfectantes por cloro usados en el pasado han sido bastante ineficaces para destruir los virus. Solamente se obtiene usualmente una ligera reducción de los virus a través de una cámara de contacto con cloro. Las eliminaciones obtenidas tanto con cloro acuoso como con cloro gaseoso, ilustradas en la Figura 5, son superiores a las obtenidas con los sistemas de desinfección por cloro de los que puede disponerse comercialmente. Las condiciones de mezclado mejoradas del presente invento hacen que la eliminación de virus con cloro sea igual o superior a la obtenida con los métodos usuales de tratamiento con ozono, un agente conocido por su poder viricida. Por supuesto, las propiedades viricidas del ozono pueden utilizarse, a su vez, a través del método del presente invento empleando el ozono como líquido desinfectante.

En las Figuras 6 y 7 se ilustra la elimina-

31 OCT



ción de bacterias coliformes y de virus  $f_2$  medida de acuerdo con los métodos normalizados para el examen de agua y de agua de desecho, en función del tiempo con niveles de dosificación de 17 miligramos por litro en cada caso. Como se ve en estos dos gráficos, el presente invento proporciona un régimen extremadamente alto de destrucción, efectuando una eliminación del 99% o superior de virus  $f_2$  en cuestión de algunos segundos o menos. (La destrucción se efectuó tan rápidamente como podía efectuarse el ensayo).

Además del comportamiento en cuanto a desinfección del presente invento, en términos de destrucción mejorada de bacterias y virus, lo cual, por supuesto, es importante desde el punto de vista de la salud y del punto de vista ecológico, el invento proporciona además una serie de ventajas adicionales. En primer lugar, el presente invento puede emplearse para eliminar la necesidad de la cámara de contacto que se emplea generalmente en los sistemas de cloro usuales, tal como el ilustrado en la Figura 1. La cámara 10, la cual puede comprender una estructura grande de hormigón descubierta, incluye un par de deflectores paralelos 11 y 12, los cuales juntamente con las paredes laterales verticales de la cámara, definen un circuito tortuoso de flujo para el efluente de aguas residuales que ha de ser tratado. El efluente



es introducido en la cámara de contacto 10 por medio de una entrada 13a de efluente, y se introduce una solución de cloro acuosa en la cámara de contacto a través de una segunda entrada 14 espaciada pero próxima. La mezcla de cloro acuoso y de aguas residuales se mueve dentro de la cámara de contacto alrededor de los deflectores 11 y 12 y es finalmente descargada a través de una salida de efluente 13b. El tiempo de permanencia del efluente en tales sistemas variará típicamente de 15 a 30 minutos.

Las cámaras de contacto no solamente implican una inversión de capital sino que implican además la utilización de una cantidad considerable de superficie en planta la cual, dependiendo del tamaño del sistema de cloración, del emplazamiento del mismo y del uso al cual se pueda dedicar con más provecho el terreno implicado, puede ser un factor sumamente significativo. Además, el presente invento reduce realmente los costes totales que intervienen en la desinfección de una cantidad dada de efluente. Inherente al sistema de desinfección de cámara de contacto usual es el coste inicial que implica la construcción de la cámara y el de la potencia requerida para producir y bombear la solución de cloro acuoso a la cámara de contacto.

En la Figura 11 se ilustra una instalación de desinfección de cámara de contacto, la cual es similar a



la instalación representada en la Figura 1. La realización de la Figura 11 es esquemáticamente ilustrativa de la cámara de contacto empleada en la instalación de tratamiento de desechos de lodos activados de propiedad municipal situada en Prophetstown, Illinois. Una diferencia entre la cámara de contacto representada en la Figura 11 y la situada en Prophetstown radica en el número de canales que intervienen. La cámara de contacto de Prophetstown incluye tan sólo un único canal, mientras que la cámara de contacto ilustrada en la Figura 12 incluye tres canales. Funcionalmente, sin embargo, los dos canales son idénticos, y la cámara de contacto de la Figura 11 ha sido ilustrada con tres canales únicamente para hacerla corresponder con la cámara de contacto de la técnica anterior representada en la Figura 1.

Inicialmente, la cámara de contacto de Prophetstown incluía una entrada de efluente, como se ha ilustrado por el número de referencia 13a en la Figura 1, una salida de efluente como la representada en 13b y una tubería de entrada como la representada en 14a. Recientemente, sin embargo la cámara de contacto fué modificada para adaptarla a la representada en la Figura 11, en la cual se utilizan los principios del presente invento.

Como se ha ilustrado en las Figuras 11 y 12, la cámara de contacto indicada en general por el número



de referencia 110 comprende una entrada de efluente 113a y una salida de efluente 113b. Se ha formado un colector 30 en el extremo de entrada de la cámara de contacto 110 y se ha añadido una pared de separación 31 para definir el colector 30 en parte.

Situado dentro del colector 30 hay un conducto 115 similar al conducto 15 ilustrado en la Figura 1. Un conjunto de boquillas 119 está dispuesto en alineación axial con el conducto 115, la boquilla interior del cual es suministrada con efluente bajo presión por medio de una bomba sumergible 32 a través de un conducto 33, y la boquilla exterior del cual es suministrada con cloro gaseoso por medio de una tubería de suministro 122. Una varilla vertical 34 se extiende a través de una pestaña 36 formada en la bomba 32 para guiar en la colocación y recuperación de la bomba y del conjunto de boquillas.

Una válvula de control ajustable 37 está montada en la tubería 122 de suministro de cloro gaseoso para controlar el flujo de gas cloro al conjunto de boquillas 119. Situado aguas abajo del conducto 115 (y de preferencia cerca de la salida de efluente 113b) hay un receptor o sonda 38, la función del cual es la de producir una señal que varía de acuerdo con las variaciones en el nivel de cloro residual en el efluente que es descargado desde la cámara de contacto 110.

El perceptor 38 y la válvula de control 37 están conectados entre sí eléctricamente a través de un analizador 39 de tal modo que el analizador 39 puede ser ajustado para controlar el flujo de gas cloro al conjunto de boquillas 119, para producir un nivel seleccionado de cloro residual en el efluente al ser éste descargado desde la cámara de contacto 110.

Además, se puede utilizar el sistema de control para dosificar un flujo apropiado de agente de descloración, tal como  $SO_2$ , en el efluente desinfectado, para eliminar cualquier cloro residual que quede.

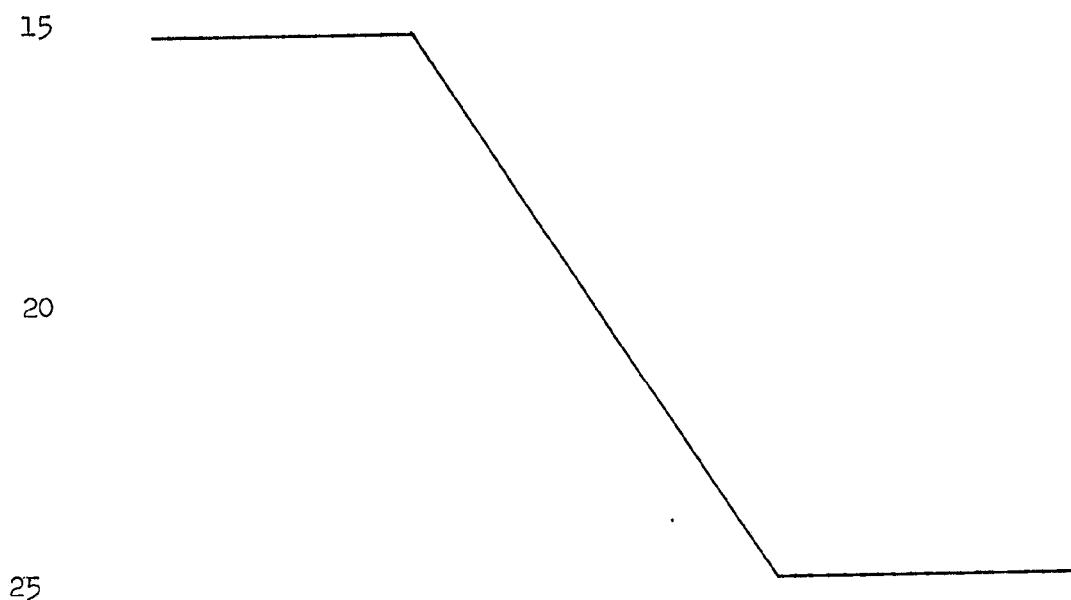
Fueron realizados ensayos en la cámara de contacto de Prophetstown tal como existía antes de su modificación (esencialmente como se ha ilustrado en la Figura 1) y usando cloro gaseoso como agente de desinfección, a la manera en la cual había sido anteriormente hecha funcionar. A este respecto, el gas cloro fué simplemente difundido directamente en el efluente en el extremo de entrada de la cámara de contacto.

También fueron llevados a cabo ensayos después de haber sido modificada la cámara de contacto de acuerdo con los principios del presente invento. Los resultados de estos ensayos se han ilustrado en las Figuras 8, 9 y 10.

Estas últimas figuras, en las cuales se compara la eficacia de la cámara de contacto de desinfección

por cloración de Prophetstown tanto antes como después de su modificación, revelan la significativa mejora en cuanto a eficacia que se obtuvo como resultado del empleo del presente invento. No solamente fué muy reducido el número de coliformes fecales, tanto en cuanto a eliminación en tanto por ciento como a eliminación de bacterias real, sino que esa desinfección se efectuó con dosis de cloro reducidas. La eliminación de estreptococos fecales fué también notablemente mejorada como consecuencia del presente invento.

En la Tabla I siguiente se incluyen datos adicionales referentes a los mejores resultados obtenidos con la instalación de desinfección de Prophetstown mediante el uso del presente invento.



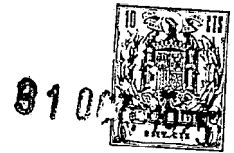


TABLA I  
COLIFORMES FECALES

	<u>Fecha del Ensayo</u>	<u>Antes Nº/100 ml</u>	<u>Después Nº/100 ml</u>	<u>% de Destrucción</u>	<u>Dosis (mg/l)</u>	<u>Cloro Residual (mg/l)</u>
5	4-22-74	320.000	40	99,98	3,1	0,95
	4-24-74	25.000	0	100,00	2,3	0,85
	5-1-74	350.000	380	99,89	3,3	1,40
	6-4-74	330.000	15	99,99	3,75	0,60
10	6-19-74	290.000	0	100,00	2,83	0,52
	7-16-74	150.000	250	99,83	1,31	0,60
	7-30-74	1.260.000	45	99,99	2,77	2,75
	7-31-74	660.000	0	100,00	2,80	0,40
	8-6-74	650.000	320	99,95	1,18	0,18
15	8-13-74	820.000	160	99,98	2,30	0,27
	8-15-74	110.000	0	100,00	1,18	0,80
	8-20-74	200.000	4	99,998	1,73	1,30
	8-22-74	120.000	180	99,85	1,18	,21
	9-4-74	280.000	0	100,00	5,28	3,50
20	Promedio	400.000	100	99,96	2,50	1,02

En la Tabla II siguiente se consigna la información que caracteriza al efluente de aguas residuales.

25

22-10-75

TABLA II

PROMEDIOS MENSUALES EN LA INSTALACION DE

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PROPHETSTOWN

Mes	Demanda de Oxígeno Bioquímico Crudo (promedio)	Demanda de Oxígeno Bioquímico Crudo (Margen)	Demanda de Oxígeno Bioquímico Final (Promedio)	Demanda de Oxígeno Bioquímico Final (Margen)	Sus. S. en Crudo (Promedio)	Sus. S. en Crudo (Margen)	Sus. S. Final (Promedio)	Sus. S. Final (Margen)	NH <sub>3</sub> -N	pH
JU- NIO	180	190-170	---	---	210	220-160	12	14-10	7,03	7,3
JU- LIO	117	160-80	25	40-14	136	182-136	8	26-8	9,97	7,25
AGOS- TO	163	220-188	20	26-16	206	304-152	25	55-12	14,66	7,54
SEP- TIEM- BRE	180	210-160	16	19-9	218	242-158	17	21-8	16,0	7,50

NH<sub>3</sub>-N MARGEN - 4,9 - 23,0 mg/l  
 pH MARGEN - 7,1 - 7,65





En la anterior Tabla I, la columna titulada "Antes" indica el número real de coliformes fecales por cien mililitros de efluente, tal como entra el efluente en el sistema de desinfección modificado. La columna titulada "después" indica el número real de bacterias coliformes fecales en el efluente al descargar éste desde el sistema de desinfección modificado. Así, la Tabla I revela no solamente una reducción significativa en el número real de coliformes fecales por mililitro de efluente al descargar éste desde la cámara de contacto, sino que indica además un aumento sustancial en el tanto por ciento de destrucción, al tiempo que se usa una dosis disminuida y a la vez que se consigue una reducción sustancial del cloro residual. Con respecto a la columna titulada "dosis", apreciarán los expertos en la técnica que la dosis que interviene en las cámaras de contacto usuales utilizando cloro acuoso está comprendida típicamente entre 5 y 10 miligramos por litro y frecuentemente llega a ser de hasta 15 a 20 miligramos por litro. El margen de variables estudiado satisfactoriamente en la instalación de tratamiento de Prophetstown fué el siguiente:

Relación de flujo M	2 a 6
Relación de diámetros D/d	9,8
Velocidad de la corriente	
25        motriz $\mu_1$	9,6 metros por segundo

31 OCT 1974



	Régimen de mezclado $\tau^{-1}$	10,9 segundos <sup>-1</sup>
	Tiempo de permanencia $\theta$	1,19 a 0,71 segundos
	Número de mezclado $\theta \tau^{-1}$	13 a 7,7
	Energía específica requerida e	0,18 a 0,36 CV/MLD
5	Producción total	757 a 1.892 litros por minuto

Ha de entenderse que nuestro invento contempla además el uso de más de un conducto de flujo de desagüe y de más de un conjunto de boquillas si el caudal de efluente es de suficiente magnitud. Así, con referencia a las Figuras 11 y 12, se puede disponer una pluralidad de conductos de flujo de desagüe 115 y de conjuntos de boquillas 119 dentro del colector 30 para acomodar sistemas mayores que tengan mayores caudales de efluente. La pluralidad de boquillas pueden estar provistas, cada una, de una disposición separada de conducto de mezclado cilíndrico, o bien más de una boquilla pueden estar dirigidas a un conjunto de conductos de mezclado cilíndricos, de tal modo que los conos de mezclado intercepten ya sea un límite sólido, o a cada uno de los demás, para proporcionar una obturación. Además, se pueden emplear conductos y boquillas de sección transversal que no sea circular y el fluido puede salir de la zona de mezclado turbulento por más de un punto.

25 En una instalación mayor, en la que se tratan



varios millones de litros por día, se montaron cuatro unidades, como se ha ilustrado en la Figura 11, en paralelo sobre la pared de separación en una mitad de una cubeta de contacto de doble tren. Los cuatro conjuntos de boquillas motrices fueron alimentados mediante una sola bomba. La otra mitad de la cubeta o pileta fué dejada sin modificar, de modo que se podía efectuar una comparación simultánea. Se alimentó cloro gaseoso directamente a las boquillas del sistema modificado, como anteriormente se ha descrito. El sistema de disolución y dosificación de gas usual fué dejado intacto, de modo que el sistema usual fué alimentado con una solución de cloro acuosa, como es la práctica normal.

Los resultados de la desinfección comunicados fueron los siguientes:

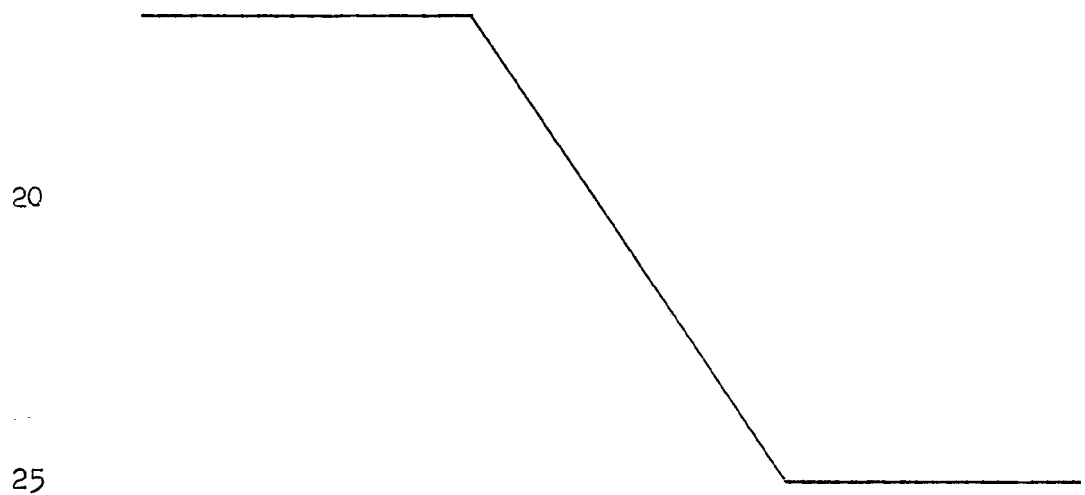




TABLA III

COLIFORMES FECALES

Sistema Usual Frente al Sistema Modificado

Tiempo de Contacto en el Canal Diez Minutos

5	Fecha del Ensayo	Antes Nº/ 100 ml	Después Usual		Después Modificado		Dosis mg/l
			Nº/ 100 ml	% de des- truc- ción	Nº/ 100 ml	% de des- truc- ción	
	3-10-75	373.000	2.340	99,37	166	99,96	1,54
10	3-11-75	247.000	1.740	99,30	100	99,96	1,61
	3-12-75	137.000	2.140	98,44	60	99,96	1,55
	3-13-75	57.000	340	99,40	52	99,91	1,61
	3-17-75	66.000	320	99,82	78	99,88	1,48
	3-18-75	86.700	620	99,28	91	99,90	1,34
15	Promedio	161.200	1.250	99,22	91	99,94	1,52

Los expertos en la técnica podrían sugerir varias modificaciones, y ha de entenderse que se pretende que queden incorporadas dentro del alcance de la Patente que aquí se pide todas esas modificaciones en cuanto razonablemente queden dentro del alcance de la presente contribución a la técnica.

En las reivindicaciones que siguen se describen varias características del invento.

La presente solicitud que corresponde a las pre-

sentadas en los Estados Unidos de América el 10 de Octubre de 1.974, Nº 513.724 y el 7 de Abril de 1.975, Nº. 565.872, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

#### REIVINDICACIONES


---

10 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15 1ª.- Un método rápido y eficaz para desinfectar efluentes de aguas residuales, en el que se hacen pasar continuamente desinfectante fluido y el efluente de aguas residuales a través de una zona de mezclado turbulento, caracterizado porque comprende las operaciones de mezclar y hacer pasar continuamente efluente de aguas residuales con valores biológicos de pretratamiento a desinfectar y un nivel de dosis eficaz desinfectante de tratamiento de aguas residuales de un desinfectante fluido a través de una zona de mezclado turbulento, al tiempo que se mantiene un nivel de disipación de energía turbulenta en la zona de mezclado turbulento tal que el régimen de

20

25

  
25-2-77

mezclado en la zona de mezclado sea de al menos aproxima-  
damente 5 segundos <sup>-1</sup> para proporcionar una corriente de  
producto turbulentamente mezclada que tiene un ambiente  
tóxico sustancialmente uniforme para inactivación de or-  
ganismos, produciéndose dicha zona de mezclado turbulento  
mediante la introducción de al menos una corriente motriz  
de una parte secundaria del efluente de aguas residuales  
a tratar en una zona de inducción que se alimenta con la  
parte principal del efluente de aguas residuales a tra-  
tar, en donde la relación del caudal volumétrico de in-  
ducción de efluente de aguas residuales desde la zona de  
inducción en la zona de mezclado turbulento al caudal vo-  
lumétrico de la corriente motriz se encuentra en el margen  
de aproximadamente 1,4:1 a aproximadamente 23:1, y en don-  
de la velocidad de la corriente motriz introducida en la  
zona de inducción es al menos de aproximadamente 5,1 me-  
tros por segundo; y conducir la corriente de producto de  
efluente de aguas residuales y desinfectante turbulenta-  
mente mezclados desde dicha zona de mezclado para propor-  
cionar una corriente de descarga tratada tal que el tiem-  
po de permanencia medio en dicha zona de mezclado turbu-  
lento de dicha corriente de producto conducida desde di-  
cha zona de mezclado sea de aproximadamente 1,5 segundos  
o menos, al tiempo que se mantiene una demanda de energía  
específica de al menos aproximadamente 0,05 caballos de

25



25-2-77

vapor por millón de litros por día de la corriente de descarga y se excluye de dicha corriente de descarga el efluente de aguas residuales que no ha pasado a través de dicha zona de mezclado turbulento para proporcionar efluente tratado.

5

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, caracterizado además porque dicho desinfectante es cloro gaseoso.

10

3ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que dicha corriente de producto se conduce desde dicha zona de mezclado turbulento a una zona de conducto de mezclado, y en el que dicha exclusión de efluente de aguas residuales de la zona de mezclado no turbulento se efectúa formando una obturación turbulenta entre la zona de mezclado turbulento y el límite de la zona de conducto de mezclado.

15


4ª.- Un método según la reivindicación 1ª, caracterizado además porque dicho desinfectante es cloro gaseoso o acuoso y porque dicha dosis de desinfectante es de 17 mg o menos por litro de efluente.

20

5ª.- Un método según la reivindicación 4ª, caracterizado además porque dicho desinfectante es una solución acuosa de cloro que tiene un pH de menos de 5.


25

6ª.- Un método según la reivindicación 4ª, caracterizado además porque dicho desinfectante es una solución acuosa que tiene un pH de menos de 3.

  
25-2-77

7ª.- Un método según la reivindicación 3ª, caracterizado además porque la corriente motriz introducida en la zona de inducción y la obturación turbulenta de la zona de mezclado turbulento con el límite de la zona de conducto de mezclado son circulares en sección transversal, y en donde la relación del diámetro de la zona de mezclado turbulento en su obturación turbulenta al diámetro de la corriente motriz introducida en la zona de inducción se encuentra en el margen de 2,5:1 a 13:1.

8ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que todo el efluente constituido por líquido de desecho se dirige a través de un circuito de flujo de desagüe turbulento, una parte secundaria de dicho líquido de desecho que fluye a través de dicho circuito de flujo se dirige a través de una boquilla para líquido dispuesta dentro de dicho circuito de flujo para producir una corriente motriz que descarga desde la salida de dicha boquilla en la parte principal de dicho líquido de desecho y para producir un campo turbulento en dicho circuito de flujo inmediatamente aguas abajo de la salida de dicha boquilla, y el desinfectante se introduce en el líquido de desecho en dicho circuito de flujo en una zona anular que rodea inmediatamente la salida de dicha boquilla, en el que la velocidad de la corriente motriz es por lo menos superior a 5,1 metros por segundo, la relación del área de la sección transversal del circuito

  
25-2-77

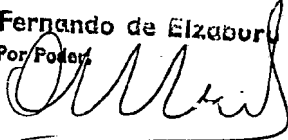
de flujo de desagüe de fluido a la de la boquilla está com-  
prendida en el margen de aproximadamente 6,25:1 a aproxima-  
damente 169:1 y la relación del caudal volumétrico de lí-  
quido de desecho inducido en el campo turbulento al del  
5 líquido de desecho dirigido a través de dicha boquilla es-  
tá comprendida en el margen de aproximadamente 1,4:1 a apro-  
ximadamente 23:1.


9ª.- Un método rápido y eficaz para desinfectar  
efluentes de aguas residuales.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-  
tecede, representado en los dibujos que se acompañan y pa-  
ra los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de cincuenta y cuatro hojas  
escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 01. MAR 1977

P.A. **Fernando de Elizaburu**  
Por Poder  


  
MCC.  
25-2-77

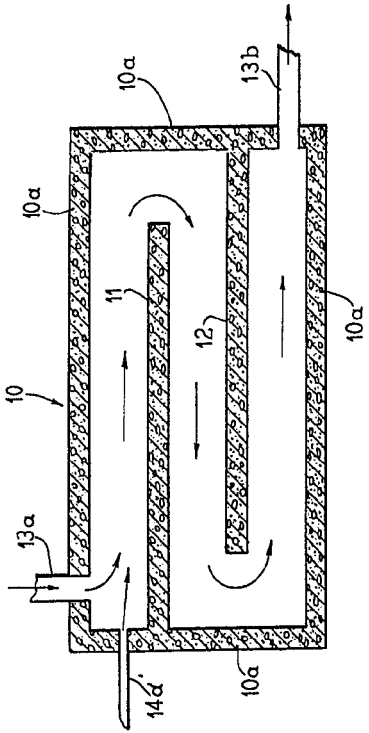


Fig. 1

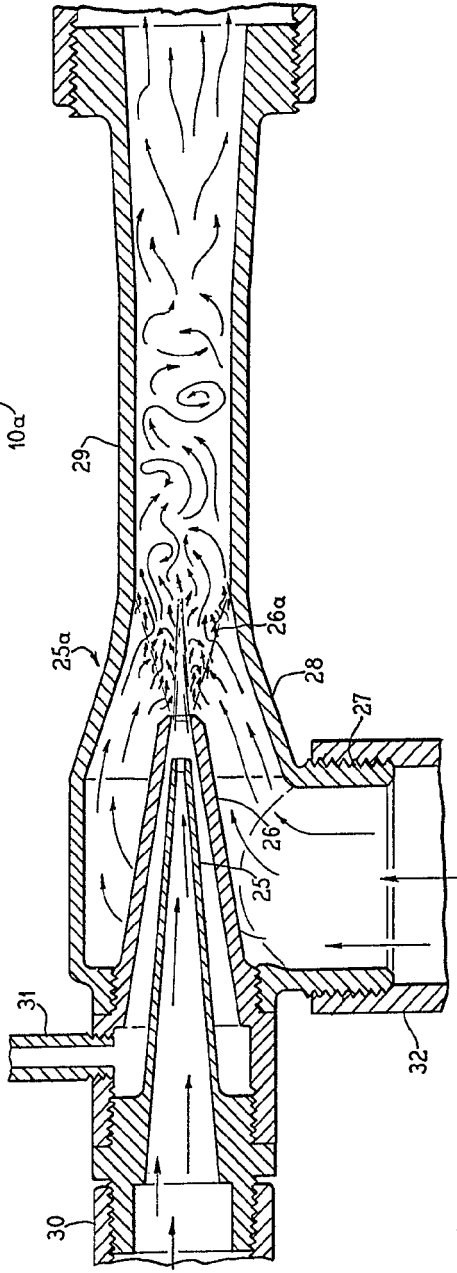


Fig. 3

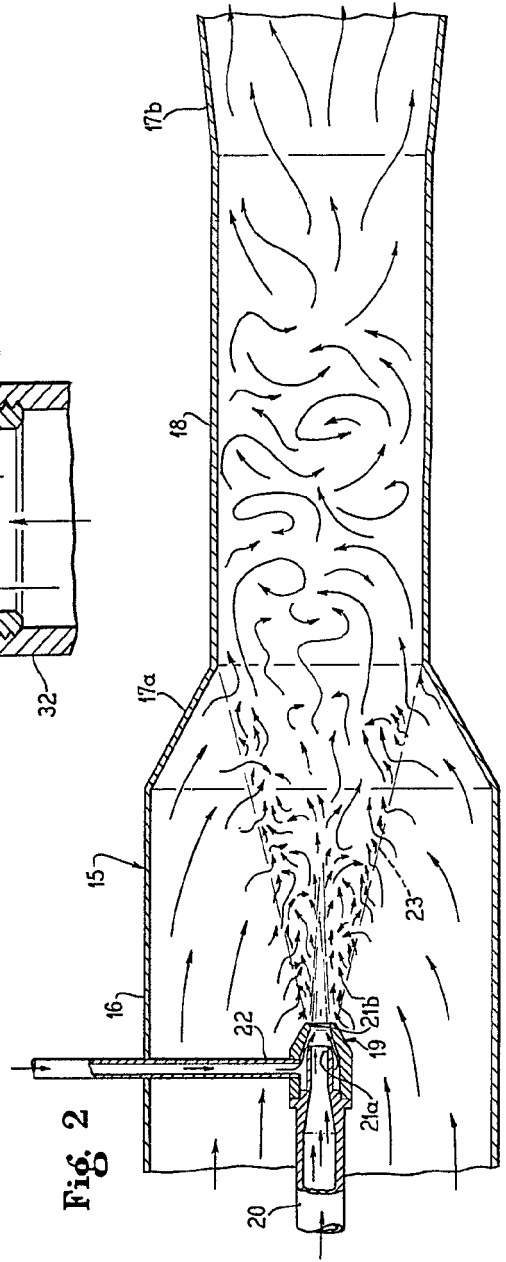


Fig. 2

Fig. 1

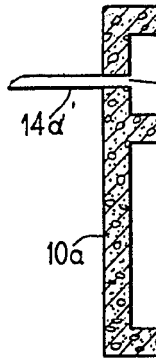


Fig. 3

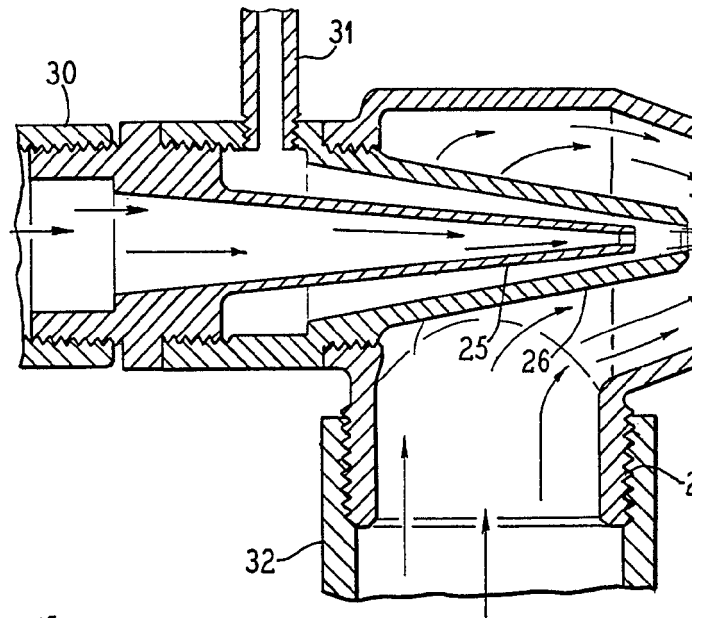
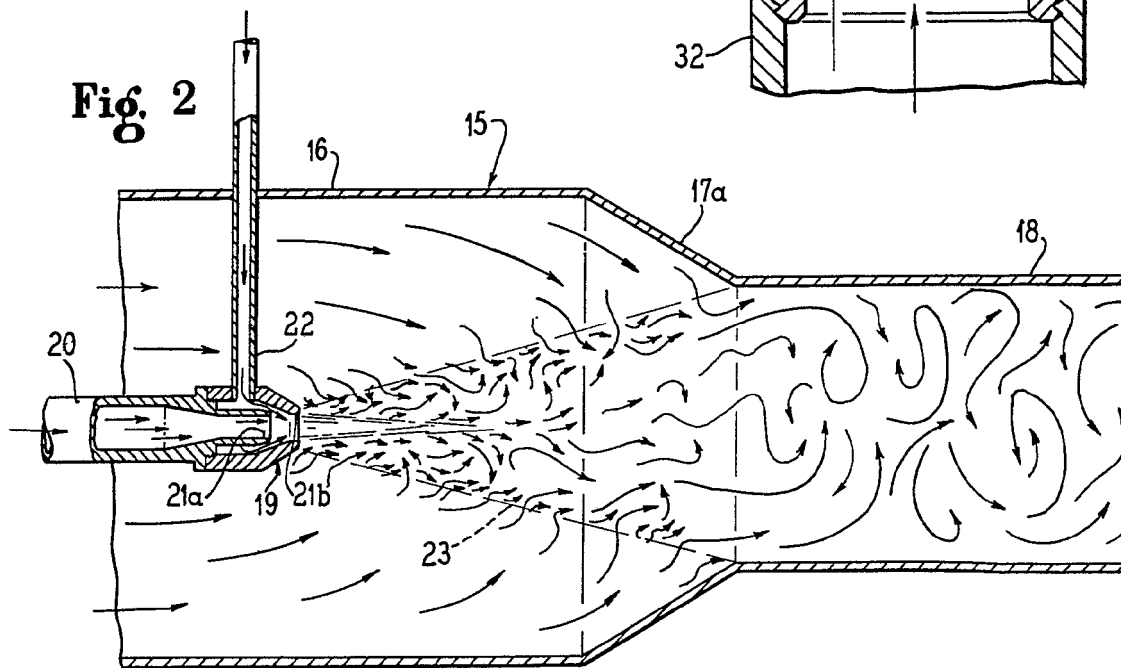
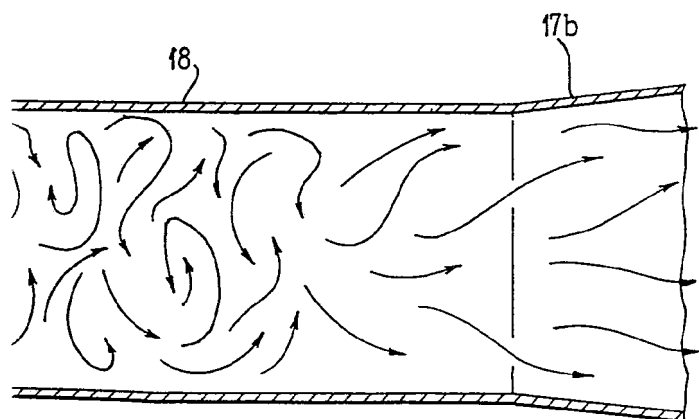
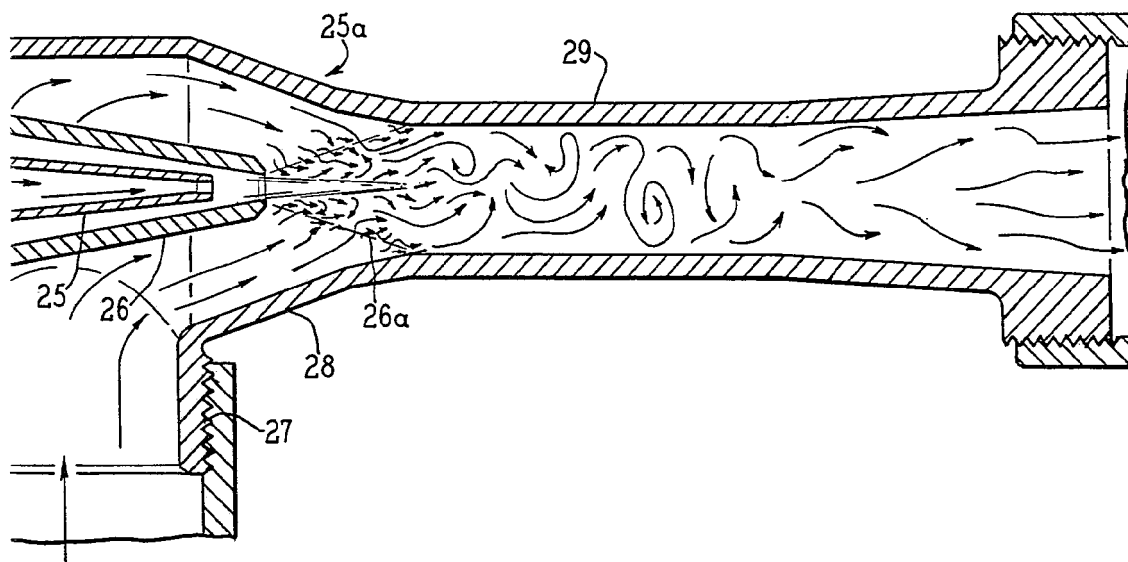
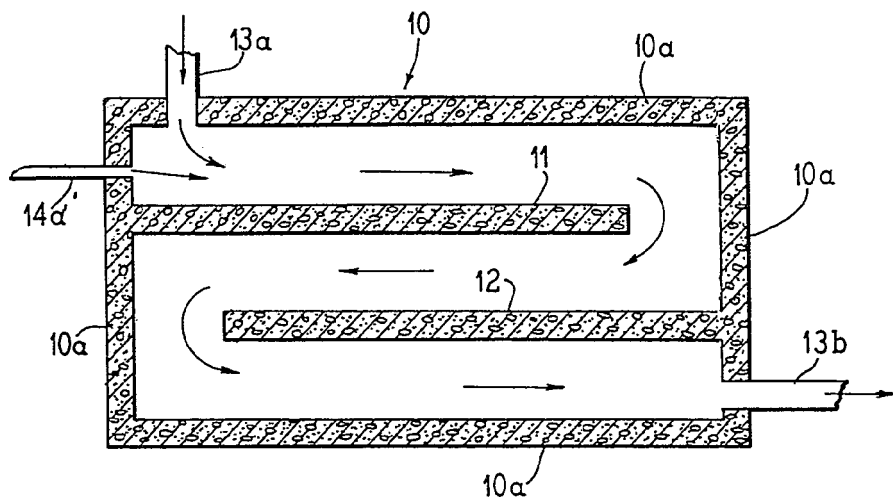


Fig. 2





Fernando de Elzaburu  
Por F. 10



Fig. 4

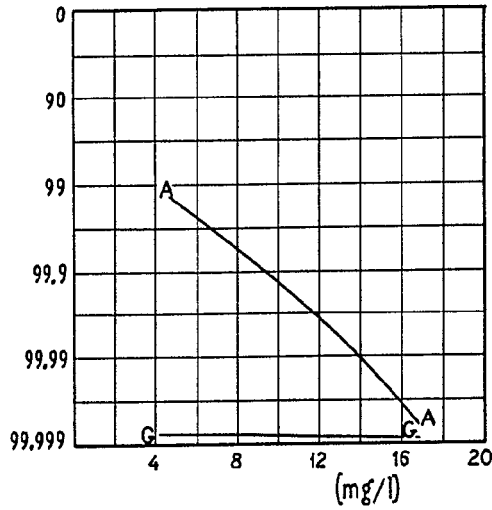


Fig. 5

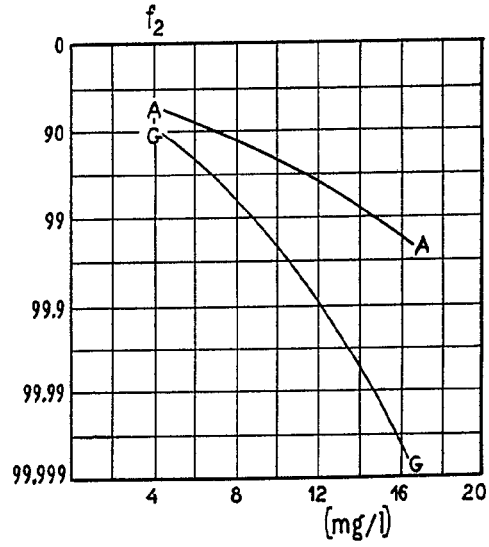


Fig. 6

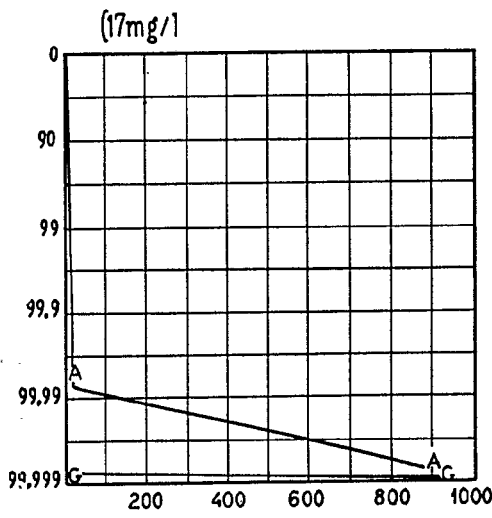
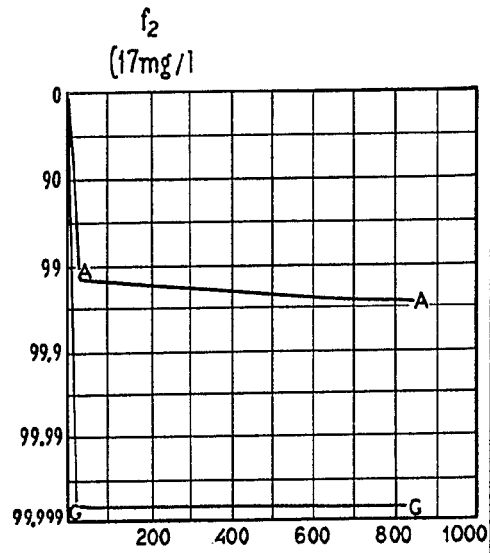


Fig. 7



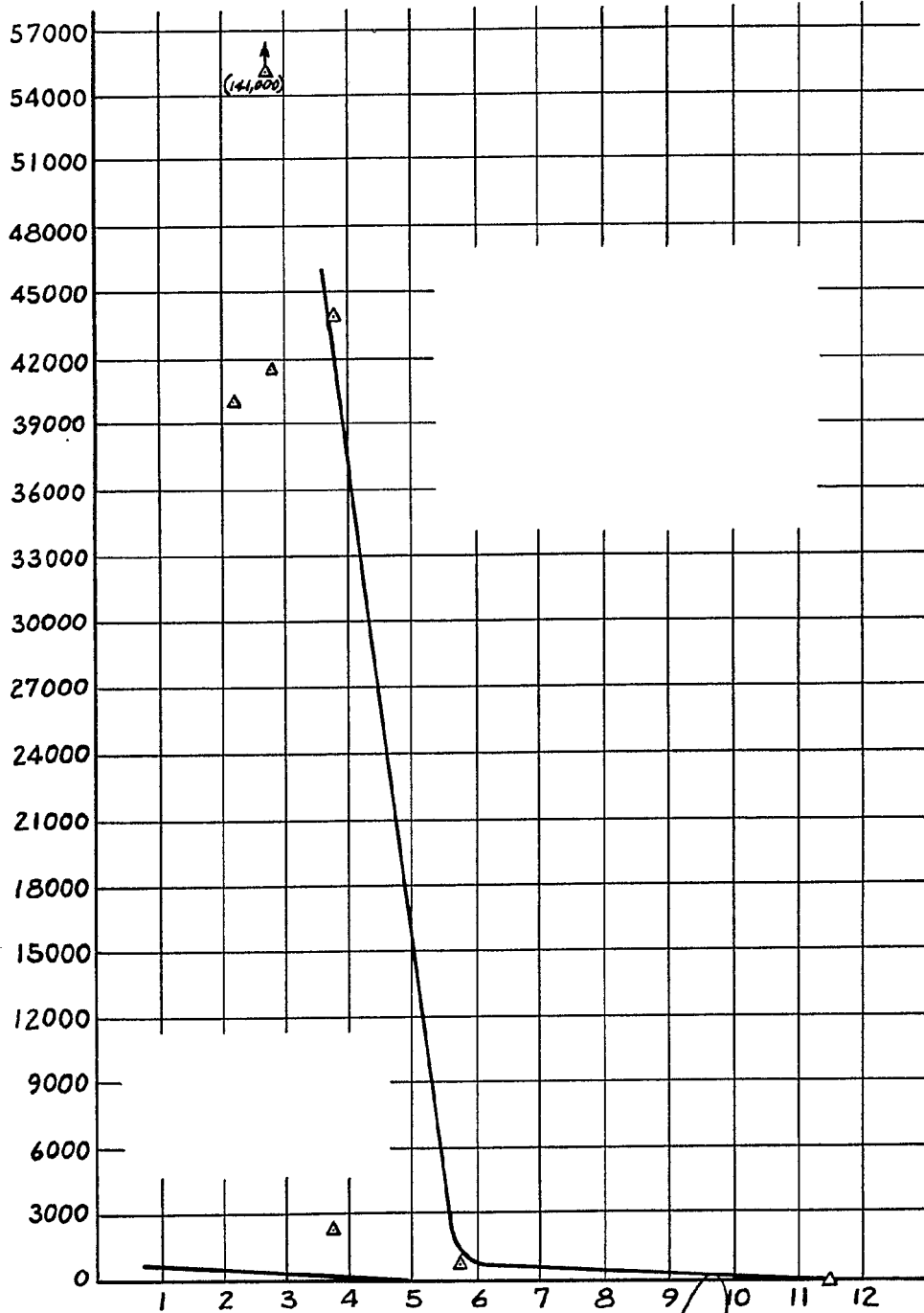
Fernando de Elizaburg  
 Per Poder



311 0



Fig. 9



Fernando de Eizoburu  
Por Poder



Fig 10

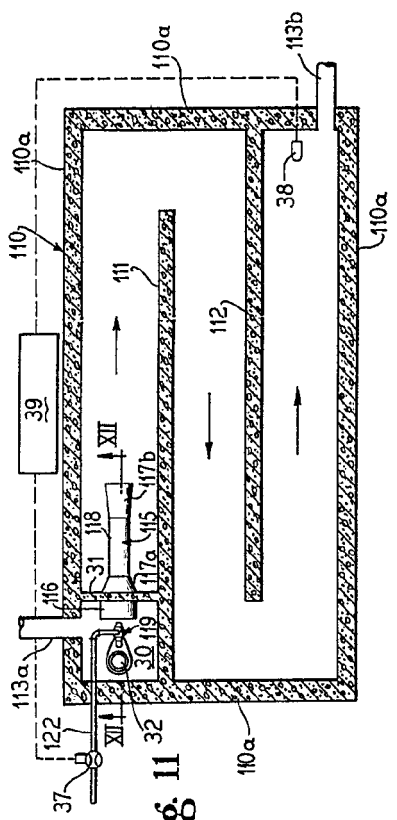
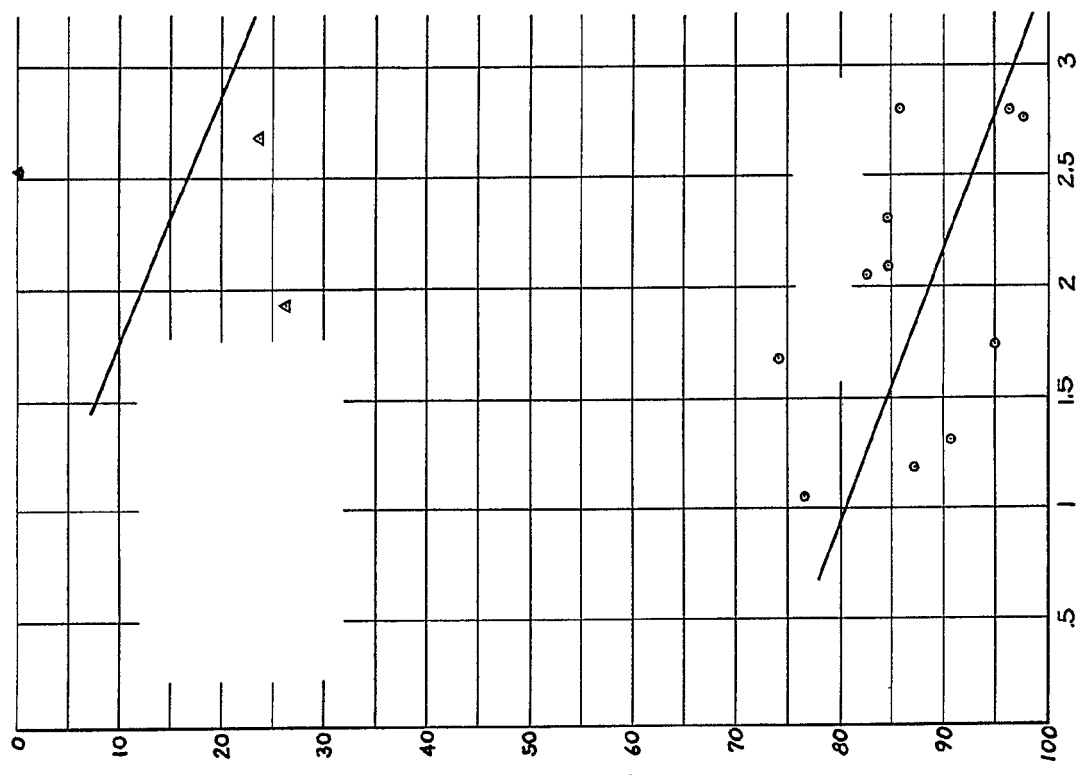
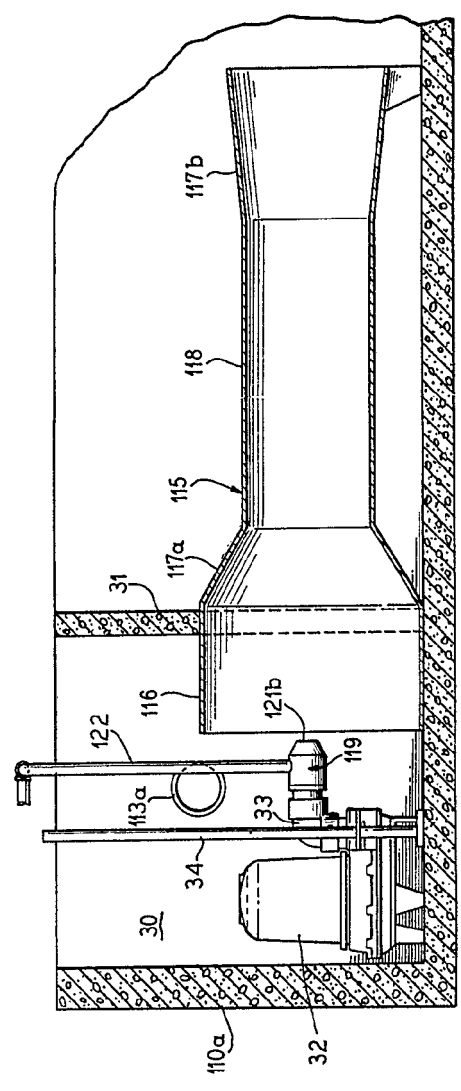


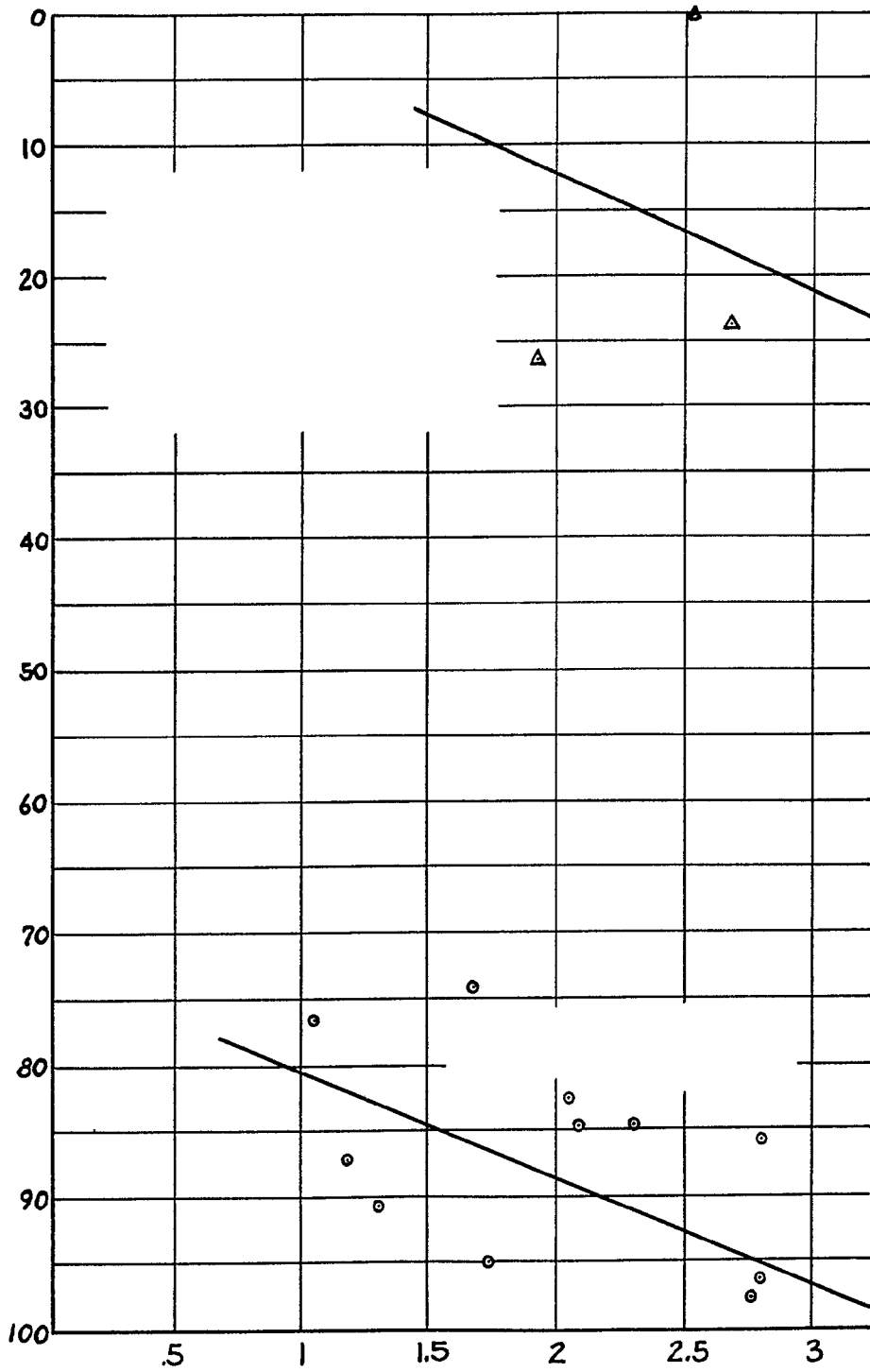
Fig. 11

Fig. 12



*Handwritten signature*  
 Patent Office

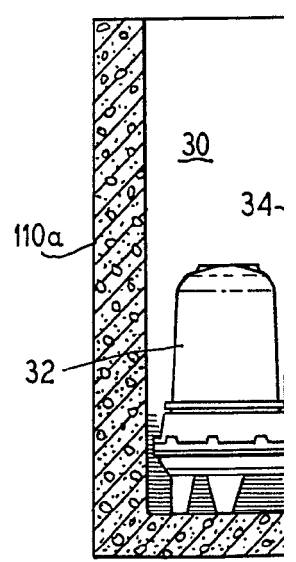
Fig 10

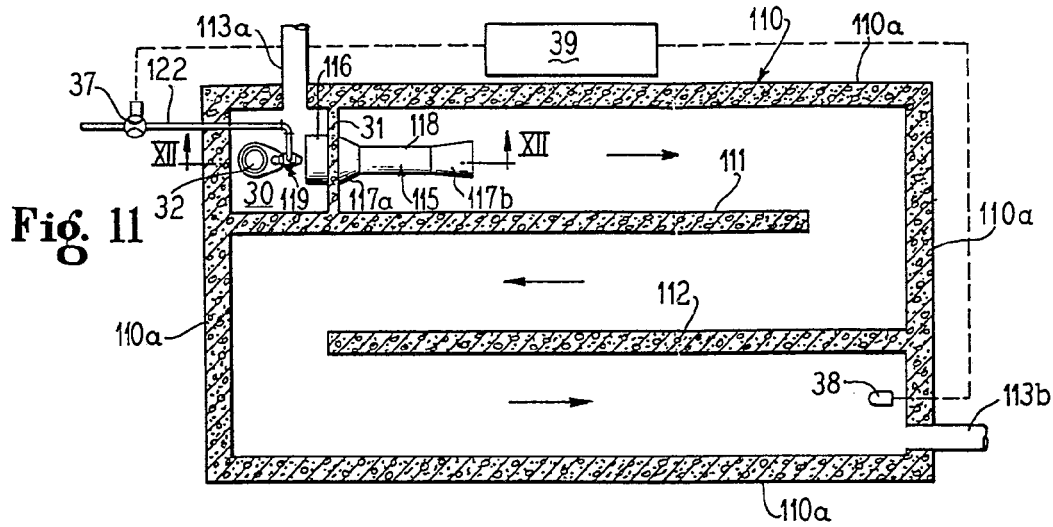


37

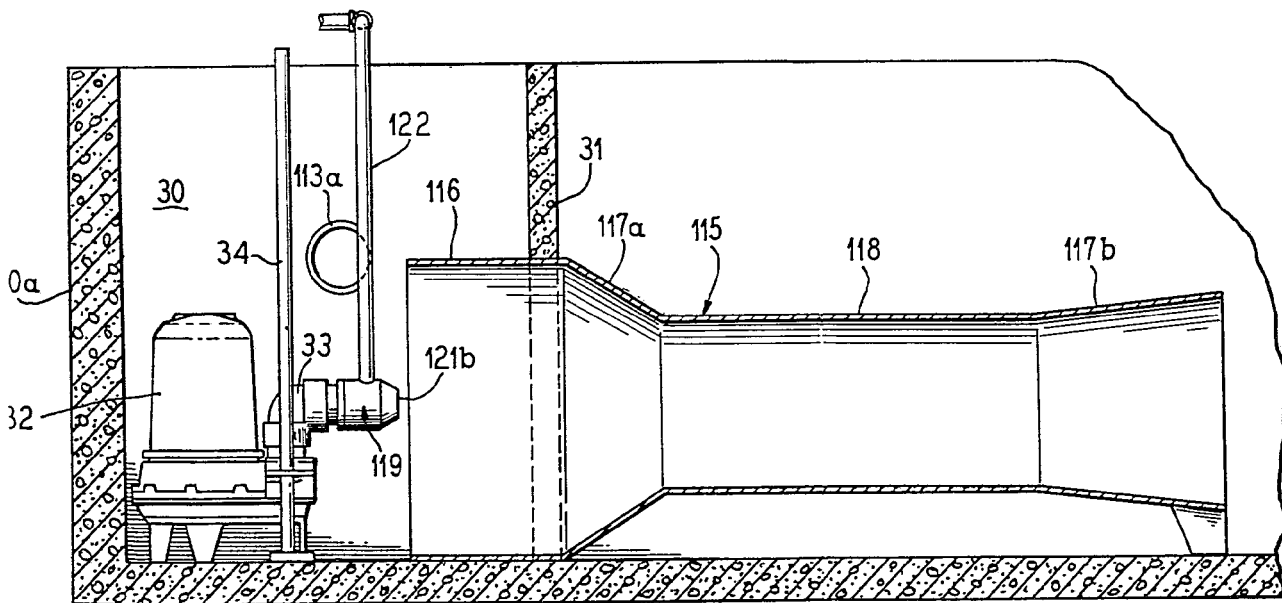
Fig. 1

Fig. 12





**Fig. 12**



Fernando de Eizaburu  
*[Signature]*