

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 180**

51 Int. Cl.:

C02F 1/04	(2006.01) B03D 1/02	(2006.01)
C02F 1/16	(2006.01) B03D 1/24	(2006.01)
B01F 5/00	(2006.01)	
B01D 21/01	(2006.01)	
B01D 21/08	(2006.01)	
B01D 21/24	(2006.01)	
B03D 1/14	(2006.01)	
B01F 3/04	(2006.01)	
C02F 1/20	(2006.01)	
C02F 1/24	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2004 PCT/US2004/009313**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2004 WO04088277**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2004 E 04758400 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 1606043**

54 Título: **Sistema y procedimiento de gestión de energía de gas para flotación y separación de partículas**

30 Prioridad:

27.03.2003 US 458548 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2017

73 Titular/es:

**CLEAN WATER TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
151 WEST 135TH STREET
LOS ANGELES, CA 90061, US**

72 Inventor/es:

**MORSE, DWAIN;
MORSE, WADE O. y
MATHERLY, THOMAS G.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 602 180 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de gestión de energía de gas para flotación y separación de partículas

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere en general a componentes, sistemas y procedimientos de separación de líquidos. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema de separación por flotación líquido, que ocupa un espacio mucho más pequeño y que se puede ajustar para adaptarse a la corriente líquida cambiante.

A menudo es necesario eliminar los contaminantes del líquido. Por ejemplo, la necesidad de eliminar partículas, coloides, disolvente y aceite de aguas residuales es deseable en muchos entornos.

10 La mayoría de los componentes sólidos y emulsionados de aguas residuales, tales como las partículas del suelo, grasas, aceites y lubricantes, poseen cargas. Se añaden productos químicos o aditivos de procesamiento/tratamiento de aguas residuales tales como coagulantes y floculantes para neutralizar esta carga e iniciar la nucleación y el crecimiento de partículas coloidales y en suspensión más grandes, también conocidas como flóculos. Los flóculos pueden disponerse en tamaño de un milímetro a centímetros de diámetro cuando se optimizan los procedimientos de coagulación y floculación. El exceso de producto químico recargará los flóculos y causará su
15 ruptura y/o destrucción permanente puesto que las partículas o flóculos sobrecargados se repelerán entre sí y tenderán a permanecer separados.

Los coagulantes son productos químicos utilizados para neutralizar la carga de partículas, tales como sales inorgánicas (por ejemplo, cloruro férrico) o polímeros (por ejemplo, poliamidas catiónicos). Los floculantes son polímeros de gran peso molecular utilizados para recoger los flóculos coagulados más pequeños en grandes flóculos estables, lo que facilita la separación sólido/líquido. Estas grandes moléculas a menudo se enrollan y tienen que
20 desenrollarse además de mezclarse bien con la corriente de aguas residuales coagulada entrante.

Los coagulantes son a menudo productos químicos viscosos, que requieren un tiempo de mezcla adecuado y la energía para mezclarse homogéneamente con la corriente de aguas residuales entrante. Del mismo modo, se requiere una energía de mezcla óptima para los floculantes que se han desenrollado y mezclado bien con la corriente de aguas residuales coagulada entrante. Si los filamentos de polímero se enrollan o "agrupan en forma de globo", el polímero solo puede unir una mínima cantidad de partículas de desecho. Si la mezcla no está optimizada, una cantidad excesiva de polímero coagulante o floculante se puede introducir en el líquido contaminado en un intento de coagularlo en la mayor medida posible, desperdiciando así productos químicos coagulantes y poliméricos valiosos y costosos. Sin embargo, si se aplica demasiada energía de mezcla, se producirá la ruptura irreversible
30 ruptura de los flóculos y una separación líquido/sólido ineficaz.

Los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) se utilizan a menudo para separar partículas de material líquido, como aguas residuales. Estos sistemas suelen emplear el principio de que el ascenso de burbujas a través de un líquido adhiere y elimina las partículas suspendidas en el líquido. A medida que las burbujas alcanzan la superficie del líquido, las partículas unidas se unen para formar una espuma que se recoge.

35 Se prefiere que los aditivos líquidos y de tratamiento contaminados formen una mezcla homogénea de tal manera que cuando se añade el gas disuelto y posteriormente se permite su unión en burbujas, una buena mayoría de los contaminantes se lleven a la superficie con las burbujas. Si la mezcla no es homogénea, una cantidad inaceptable de contaminantes permanecerá en el líquido incluso después del tratamiento.

40 En el pasado, se creía que la mezcla vigorosa durante un período prolongado de tiempo proporcionada una mezcla óptima. Sin embargo, los inventores han encontrado que este no es el caso. En lugar de ello, los inventores han encontrado que ciertos aditivos de tratamiento son muy sensibles a la energía de mezcla utilizada. Por tanto, una mezcla en exceso, así como una mezcla débil, pueden tener efectos perjudiciales sobre los aditivos y pueden alterar su comportamiento o eficacia. Los inventores también han encontrado que el tiempo de mezcla de diversos aditivos de tratamiento varía en función de la energía de mezcla utilizada. Para utilizar con eficacia los coagulantes y floculantes, los inventores han encontrado que el tiempo y la energía de mezcla deben coincidir con la energía de presurización y despresurización para crear burbujas que tienen el tamaño adecuado para insertarse en los flóculos y crear burbujas que crecen en burbujas más grandes después de unirse a los flóculos. Esto garantiza la flotación de los grupos de flóculos fuera del agua y la sustitución de la mayor parte del agua arrastrada en el grupo de flóculos con el aire.

50 Los sistemas DAF tradicionales seleccionan una fracción de la corriente de salida del procedimiento y vuelven a saturar esta corriente con gas disuelto, normalmente aire atmosférico. Esta corriente fraccionada se descarga en la porción inferior del tanque de flotación y las burbujas disueltas ascienden a través del líquido y se unen a las partículas contaminantes en el líquido. La probabilidad de la unión es una función de la cantidad de burbujas formadas, los tamaños de burbuja, el ángulo de colisión, y la presencia de la atracción hidrófoba de la burbuja a la partícula. El tanque incluye una salida a través de la que el líquido tratado pasa a un caudal consistente con la tasa de entrada del líquido más la fracción de descarga que se ha hecho circular para el atrapamiento de aire.
55

El tiempo de procesamiento y la eficacia de eliminación de contaminantes del sistema de DAF dependen normalmente del tiempo de residencia de las burbujas en la solución y la probabilidad del contacto burbuja/partícula. El tiempo de residencia, a su vez, se ve afectado por el tamaño de burbuja, la flotabilidad de la burbuja, la profundidad a la que las burbujas se liberan en el tanque de flotación, y la cantidad de turbulencia en el líquido.

5 Espacios ocupados relativamente grandes son necesarios para permitir que las burbujas tengan tiempo suficiente de ascender desde la parte inferior del tanque y llegar a la superficie del líquido. Como resultado, los sistemas DAF tradicionales emplean tanques relativamente grandes y costosos que tienen "espacios ocupados" correspondientemente grandes.

El mismo tamaño de tales sistemas aumenta el período de tiempo entre el ajuste de control y el efecto. Esto es porque el agua que se hace pasar por el punto de ajuste, por ejemplo, una entrada de polímero corriente arriba de la DAF, requiere más de media hora, y, a menudo más de una hora, para llegar a la salida de la DAF. Por lo tanto, hay un retraso sustancial (es decir, tiempo de respuesta) antes de que el efecto del ajuste se pueda determinar con el fin de informar el siguiente ajuste. Por lo tanto, estos sistemas carecen de un control en tiempo real o incluso cercano al tiempo real. En el caso de que el procesamiento produzca una corriente efluente tratada que esté fuera de los requisitos de operación, el tiempo de respuesta largo da como resultado la producción de muchos galones de aguas residuales fuera de especificación.

10

15

Esto es especialmente cierto en circunstancias en las que la unidad de DAF recibe flujos de diversos procedimientos diferentes. Esto es una ocurrencia común. Muchas veces los flujos separados conforman fracciones variantes del flujo total que entra en la unidad de DAF. Los desagües de suelo de un suelo canning pueden, por ejemplo, soportar una cantidad bastante pequeña del líquido drenado la mayor parte del tiempo y grandes flujos durante las lavadas. Por lo tanto, la naturaleza del flujo de material compuesto que llega a la DAF puede cambiar comúnmente de un minuto al siguiente. A menos que se realicen ajustes en el procedimiento de DAF, por lo general a través de ajustes de las dosis químicas, la eficacia de remoción de contaminantes puede variar y puede degradarse por debajo de los requisitos. Existe la necesidad de poder hacer ajustes en tiempo real o casi en tiempo real que respondan a los cambios en la naturaleza de las corrientes a tratar. El gran tamaño del tanque del tanque de DAF convencional es contraproducente para hacer estos ajustes en tiempo real.

20

25

En un esfuerzo para reducir el tamaño del tanque para un sistema de DAF, una propuesta divulgada en la Patente de Estados Unidos n.º 4.022.696 emplea un carro giratorio y una cucharada de floculación. El carro dirige una solución de entrada sustancialmente de forma horizontal a lo largo de una trayectoria de flujo para aumentar la longitud de la trayectoria para el recorrido de la burbuja, y aumentando correspondientemente el tiempo de residencia. Sin embargo, el carro giratorio y la cucharada crean turbulencias que ralentizan el ascenso de las burbujas. Desafortunadamente, si bien la reducción del tamaño del tanque se establece como una ventaja, el problema con el rendimiento ligado a tiempo de residencia aún permanece.

30

Otra de las propuestas, divulgada en la Patente de Estados Unidos n.º 5.538.631, trata de abordar el problema de la turbulencia mediante la incorporación de una pluralidad de deflectores separados y dispuestos verticalmente. Los deflectores incluyen paletas respectivas dispuestas angularmente para volver a dirigir el flujo de líquido desde una entrada situada en la porción inferior del tanque. El líquido que se hace fluir a través del tanque se desvía hacia arriba a medida que atraviesa las paletas, reduciendo supuestamente la extensión y la intensidad de la turbulencia generada cerca de la entrada al tanque. Si bien esta propuesta pretende reducir el problema de la turbulencia en relación con el tiempo de residencia de la burbuja, el líquido redirigido parece todavía afectar al ascenso de burbujas en otras áreas del tanque, e influye en el tiempo de permanencia de tales burbujas. Además, la propuesta no aborda el problema básico del rendimiento de la DAF que depende de la necesidad de lograr una adhesión de burbuja a partícula durante el ascenso de burbujas. Esto aumenta el tiempo de residencia necesario para completar la separación.

35

40

En un esfuerzo por superar las limitaciones de los sistemas de DAF convencionales, Los hidrociclones de aire burbujeado (ASH) se han propuesto como sustituto de los sistemas de DAF. Una forma de hidrociclón de aire burbujeado se divulga por Miller en la Patente de Estados Unidos n.º 4.279.743. El dispositivo utiliza normalmente una combinación de fuerza centrífuga y burbujeo de aire para eliminar las partículas de una corriente de fluido. La corriente se alimenta a presión en una cámara cilíndrica que tiene una entrada configurada para dirigir la corriente de fluido en una trayectoria generalmente en espiral a lo largo de una pared porosa. El momento angular del fluido genera una fuerza centrífuga dirigida radialmente en relación con la velocidad del fluido e indirectamente con el radio de la trayectoria circular. La pared porosa está contenida dentro de una cámara de sobrepresión de gas que tiene gas a presión para penetrar la pared porosa y superar la fuerza centrífuga opuesta que actúa sobre el fluido.

45

50

55

60

Durante la operación, la unidad recibe y descarga la solución de rápida circulación, mientras que el aire penetra a través de la pared porosa. El aire que se hace pasar a través de las paredes del tubo poroso se cizalla en la corriente de fluido por el flujo de fluido que se mueve rápidamente. Las microburbujas formadas a partir de la acción de cizalla se combinan con las partículas o gases en la solución y flotan hacia el centro del cilindro como una espuma en un vórtice. El vórtice de espuma situado en el centro se captura y se hace salir a través de un identificador de vórtice dispuesto en el extremo superior del cilindro, mientras que la solución restante sale de la parte inferior del cilindro.

Durante la operación, sin embargo, una porción sustancial de la espuma tiende a quedar atrapada de nuevo en el

líquido que sale de la parte inferior del hidrociclón en lugar de salir de la parte superior. Además, la espuma que sale de la parte superior tiene, por lo general, una fracción sustancial de agua que se debe someter después a una larga deshidratación para decantarse de nuevo en el procedimiento corriente arriba del hidrociclón.

Una variación de la construcción de ASH, por lo general tal como se describe en las Patentes de Estados Unidos n.º 4.838.434 y 4.997.549, incluye el empleo de un pedestal de espuma en la parte inferior del cilindro para ayudar a dirigir el vórtice de espuma a través del identificador de vórtice. Otra modificación de ASH incluye la sustitución del identificador de vórtice y de pedestal de espuma con un divisor fijo dispuesto en la parte inferior del cilindro y que tiene un borde de cuchilla cilíndrica. El borde se sitúa para dividir la solución que se hace fluir helicoidalmente en componentes que dependen de la gravedad específica de los componentes. Como anteriormente, los sistemas de ASH tienden a sufrir de cantidades relativamente grandes de solución normalmente restantes en la espuma, y de concentraciones significativas de partículas que a menudo quedan en la solución. En la práctica, como el tamaño de partícula del contaminante se hace más pequeño, la fuerza de vector resultante de la velocidad axial y radial domina la situación de la partícula en la corriente líquida. Esto reduce la eficacia del separador hidrociclónico hasta el punto donde las partículas más pequeñas se distribuyen al azar en la solución independientemente de la gravedad específica.

Morse, *et al.* divulga en la Patente de Estados Unidos n.º 6.106.711 un sistema que utiliza un hidrociclón que difiere del anterior por la ausencia de un pedestal de espuma e identificador de vórtice y por el hecho de que tanto la espuma como el líquido salgan del hidrociclón juntos. Además, el sistema se basa en un tanque de corriente abajo con paletas que están inclinadas respecto a la vertical para separar los agregados de partículas de burbujas de la masa de la corriente líquida. Morse, *et al.* divulgan también en la Patente de Estados Unidos n.º 6.171.488 un sistema que utiliza un hidrociclón que difiere de la Patente de Estados Unidos n.º 6.106.711 en que el hidrociclón realiza una entrada sumergida en el tanque corriente abajo. Aunque para ambas de estas patentes el conjunto es pequeño en comparación con los sistemas de DAF, y proporciona así el control casi en tiempo real, el conjunto es una sola unidad que requiere una ubicación que se puede dimensionar y que es lo suficientemente grande como para requerir un equipo especial para moverlo. Tampoco puede acomodar la introducción secuencial de más de un aditivo que debe mezclarse completamente con la corriente antes de la introducción del siguiente aditivo. Por ejemplo, es deseable ajustar el pH antes de añadir floculantes poliméricos para que se eviten altas dosis de estos últimos. Además, un mayor número de burbujas extremadamente finas mejoraría la flotación. Para estas invenciones de Morse, no hay muchas variables que se puedan ajustar para optimizar el rendimiento, por lo que el sistema se debe adaptar, a menudo, durante la fabricación a la corriente de residuos específica a tratar.

El documento US 2.779.731 A describe un aparato de flotación por presión para separar una diversidad de sólidos en suspensión del líquido. La suspensión líquida se carga con gas, por lo general, a presiones superiores a la atmosférica, y se introduce después la mezcla cargada en una piscina mantenida a una presión más baja.

El documento US 3.977.970 A describe un aparato para y un procedimiento de filtrado de partículas sólidas a partir de un material en partículas – que contiene líquido. El agua residual que contiene materia en partículas se satura con aire u otro gas mediante un mezclador dinámico y se expulsa en un sistema de filtro por gravedad en un punto por encima de los medios de filtro pero por debajo del nivel de la superficie del agua.

En el documento US 2.746.605 A se describe un sistema de flotación para el tratamiento de líquidos por medio de gases disueltos, en el que los gases disueltos son utilizados por floculación y flotación.

El documento US 3.446.488 A describe un dispositivo para la producción de pequeñas burbujas a partir de un fluido gasificado, que comprende una carcasa en la que se forma una cavidad central. El documento US 5.542.675 A propone un sistema en el que se elimina la materia extraña sólida del líquido mediante el control de la cantidad de burbujas de gas aplicadas a los contaminantes suspendidos en el líquido.

El documento US 5.275.732 divulga un dispositivo y un procedimiento para la separación por flotación. El mismo divulga también cómo se pone el líquido en movimiento girando en el tanque de separación.

Las tecnologías actuales no son satisfactorias en su capacidad para responder rápidamente a un afluente de aguas residuales cambiante. La mezcla de aditivos químicos es a menudo físicamente destructiva. A menudo no son eficaces y generalmente requieren mucho tiempo, haciendo que los sistemas reales sean grandes y ocupen un valioso espacio en el interior de las instalaciones de fabricación.

Por lo tanto, la técnica anterior no ha resuelto los problemas esenciales de grandes espacios ocupados, control de procedimientos, diseño modular, mezcla homogénea de contaminantes, aditivos y aire o la flexibilidad para tratar flujos de más pequeños a más grandes con componentes estándares, o la capacidad de poner a punto estos componentes en el sitio. Existe la necesidad continua de un sistema de separación por flotación con componentes que no tengan que estar cerca uno del otro por lo que las limitaciones de espacio se pueden acomodar. También existe la necesidad de un procedimiento para la creación de manera simple y económica de grandes cantidades de la burbuja de tamaño óptimo necesarias en cada etapa del procedimiento de floculación y flotación. Existe la necesidad adicional de poder variar fácilmente el tipo y el orden de aditivos para reducir al mínimo las dosis e interferir con aditivos corriente abajo. Existe la necesidad adicional de un sistema de separación que reduce la cantidad de aditivos necesarios por unidad de volumen de líquido a tratar. Existe la necesidad de controlar el número, tamaño, y el momento de la formación de burbujas que crea fuerzas hidrófobas de largo alcance que actúan entre las partículas contaminantes y las burbujas, todas las que aumentarían la efectividad del sistema y reducir el coste de operación. El sistema y procedimiento de separación por flotación de la presente invención

satisfacen estas necesidades y proporcionan otras ventajas relacionadas.

Sumario de la invención

El sistema y procedimiento de acondicionamiento de fluido de la presente invención proporciona una forma eficaz y rentable de tratamiento de líquidos. Se crea un sistema para realizar pruebas de banco y desarrollar estrategias de mezcla de gas-líquido y sólidos, y que se implementan después a través de un sistema modular a cualquier escala, un sistema que está puesto a punto para mezclar homogéneamente los aditivos en el líquido sin degradar físicamente los agregados, organizar las burbujas (tamaño, cantidad, tiempo de flotación, trayectorias de reciclaje) para la unión de la burbuja/partícula efectiva, situación efectiva del flóculo resultante, y acelerar el drenaje del agua de estos flóculos.

Esto se logra en parte al minimizar el tiempo de residencia de la burbuja como un factor en el rendimiento del sistema de flotación. Además, el rendimiento del sistema se mejora al maximizar el contacto de partículas-burbujas, en parte por el aumento del número de burbujas de tamaños más eficaces en cada etapa de floculación y separación. La reducción de la necesidad del tiempo de residencia permite recipientes de flotación más pequeños, lo que a su vez reduce el espacio de suelo y los costes de materiales de construcción. Además, el control de procedimiento casi en tiempo real se puede lograr cuando no hay esencialmente tiempo de residencia (y, por tanto, tiempo de respuesta) entre los ajustes del procedimiento. Flexibilidad espacial sustancial se logra también a través de un diseño único que permite que los componentes se encuentren físicamente alejados entre sí. Una reducción sustancial en la cantidad de aditivos de alto coste se obtiene mediante la mezcla homogénea, la secuenciación de los procedimientos de mezcla y, dependiendo de los contaminantes en el agua, la personalización de la energía de mezcla y la duración del tiempo que el agregado se expone a la energía de mezcla.

Para realizar las ventajas anteriores, la invención comprende un sistema y procedimiento relacionado, para separar partículas de una corriente líquida contaminada por flotación. El líquido contaminado se criba primero para filtrar los objetos con cualquier dimensión mayor que la dimensión más pequeña de cualquier abertura en cualquiera de los componentes de la invención. La corriente líquida contaminada tiene, a continuación, productos químicos aditivos de mejora de separación necesarios añadidos a la misma y se bombea a un aparato para mezclar el líquido con los productos químicos aditivos y un gas. El aparato de mezcla comprende un cabezal del reactor que tiene un puerto de inyección de gas y una pluralidad de puertos de líquidos que se configuran para impartir un giro o de movimiento en espiral al líquido a medida que se hace pasar a un tubo descendente del aparato de mezcla. Los puertos de líquidos se configuran para recibir de forma desmontable restrictores de flujo de líquido, lo que permite alterar la velocidad y el volumen del líquido que se hace pasar a través del aparato de mezcla.

La corriente líquida contaminada mezclada se hace pasar, a continuación, a un dispositivo de reducción de presión que está en comunicación fluida con una salida del aparato de mezcla. Un sensor de presión se dispone de manera operativa entre el aparato de mezcla y el dispositivo de reducción de presión, y una válvula ajustable dispuesta entre el aparato de mezcla y el dispositivo de reducción de presión se utiliza para alterar el flujo de líquido a un dispositivo de reducción de presión.

El dispositivo de reducción de presión crea flóculos cargados con burbujas en el líquido. En una realización particularmente preferida, el dispositivo de reducción de presión comprende un tubo aumentado que tiene un elemento restrictor de flujo en su interior. Normalmente, el elemento restrictor de flujo comprende una placa de abertura, el tamaño y número de las aberturas seleccionándose de acuerdo con una predeterminación de las características del líquido contaminado para maximizar la creación de burbujas y la flotación.

Una salida del dispositivo de reducción de presión se dispone dentro de una cámara de fluorescencia de un tanque de flotación, en el que los flóculos cargados con burbuja se dirigen hacia arriba dentro de la cámara de fluorescencia hasta una porción superior del tanque de flotación. Los flóculos cargados con burbujas que no flotan inmediatamente a la superficie se hacen circular dentro de una porción superior de una cámara de separación del tanque de flotación hasta que asciendan a la superficie superior del tanque de flotación y el fluido. Una pared ajustable dispuesta entre la cámara de fluorescencia y la cámara de separación del tanque de flotación se utiliza para modificar el volumen del tanque de flotación y las características de circulación del líquido.

El líquido descontaminado se hace fluir a una porción inferior de la cámara de separación del tanque de flotación. Preferentemente, una pared con aberturas se dispone dentro de la cámara de separación del tanque de flotación sobre un suelo de la misma para ayudar en una eliminación más uniforme del líquido descontaminado. Una cámara de líquido descontaminado está en comunicación fluida con la porción inferior del tanque de flotación y con una salida de líquido descontaminado. La cámara de líquido descontaminado incluye una pared ajustable para controlar selectivamente el volumen de líquido descontaminado eliminado a través de la salida.

Un mecanismo, tal como una espumadera, elimina los flóculos de contaminantes flotantes de la superficie superior del tanque de flotación en un aparato de deshidratación, que deshidrata los flóculos contaminados eliminados.

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción más detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos, que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran la invención. En tales dibujos:

la Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de descontaminación de líquido de flotación que incorpora la presente invención;

la Figura 2 es un gráfico que ilustra el uso de un banco de pruebas para determinar los niveles óptimos de aditivos químicos que se utilizan en el tratamiento del líquido;

la Figura 3 es un gráfico que representa la determinación de una energía o velocidad de mezcla óptima en el tratamiento del líquido;

la Figura 4 es un gráfico que representa la determinación de un tiempo de mezcla óptimo en el tratamiento del líquido;

la Figura 5 es una vista parcialmente seccionada de un aparato de mezcla utilizado de acuerdo con la presente invención;

la Figura 6 es una vista esquemática de un cartucho del aparato de mezcla de la presente invención, que ilustra la inserción de tapones de restricción de fluido;

la Figura 7 es una vista en sección transversal superior que ilustra los puertos tangenciales formados en el cartucho del aparato de mezcla;

la Figura 8 es una vista esquemática en sección transversal de las partes componentes del aparato de mezcla de la Figura 5;

la Figura 9 es un gráfico que representa el número óptimo de orificios abiertos o puertos en el cartucho para los parámetros dados para tratar el líquido;

la Figura 10 es una vista esquemática de múltiples aparatos de mezcla de la presente invención unidos en serie a un dispositivo de reducción de presión, de acuerdo con la presente invención;

la Figura 11 es una vista esquemática de un segmento de la línea de fluido, que ilustra una válvula de fluido, un sensor de presión y el dispositivo de reducción de la presión utilizados de acuerdo con la presente invención;

la Figura 12 es una vista en planta superior de una placa con aberturas utilizada de acuerdo con la presente invención;

la Figura 13 es un gráfico que representa la determinación de la longitud y diámetro óptimos del dispositivo de reducción de presión de la presente invención;

la Figura 14 son diferentes representaciones de las burbujas creadas en un tanque de flotación en relación con el flujo o presión de líquido;

la Figura 15 es un gráfico que representa el tiempo de residencia de las burbujas para presiones de líquido dadas;

las Figuras 16A-16C son gráficos que representan la determinación de parámetros óptimos de la presente invención;

la Figura 17 es un gráfico que representa el número óptimo de aberturas en la placa con aberturas de la Figura 12 para un flujo y presión de líquido dados;

la Figura 18 es un gráfico que representa la determinación óptima de las características del dispositivo de presión y aparato de mezcla, de acuerdo con la presente invención;

la Figura 19 es una vista esquemática de un sistema de deshidratación de sólidos utilizado de acuerdo con la presente invención;

la Figura 20 es una vista esquemática que ilustra el uso de una rueda de paletas en tales sistema de deshidratación; y

la Figura 21 es una vista esquemática que ilustra el uso de un dispositivo de espumadera en el sistema de deshidratación de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Como se muestra en los dibujos adjuntos, con fines de ilustración, la presente invención reside en un sistema eficaz y rentable para el tratamiento de líquidos. El sistema se muestra en la Figura 1 e incluye un aparato 10 de mezcla acoplado de forma fluida a un dispositivo 12 de despresurización, que se dispone dentro de un tanque 14 de flotación. El aparato 10 de mezcla, como se describe más detalladamente en la presente memoria, está particularmente diseñado para mezclar aditivos químicos, gas, y similares, con el líquido contaminado de tal manera que el gas se arrastra en el líquido en un tamaño muy pequeño para unirse a las partículas sólidas y floculantes de tal manera que a medida que el líquido pasa a través del dispositivo 12 de despresurización, las burbujas aumentan su tamaño, ascendiendo los flóculos y los contaminantes sólidos hacia la superficie del tanque 14 de flotación. Eventualmente, las partículas flotantes forman un lodo o espuma 16, mientras que el líquido descontaminado 18 se hunde hacia la parte inferior del tanque 14 de flotación. La espuma 16 se retira a un subsistema o aparato 20 de deshidratación, donde la espuma 16 se deshidrata aún más y se desecha.

El acondicionamiento de fluido de la presente invención está diseñado para realizarse modularmente a cualquier escala que esté puesta a punto para mezclar homogéneamente los aditivos en el líquido sin degradar físicamente los agregados, organizar las burbujas (tamaño, cantidad, tiempo de flotación, trayectorias de reciclaje) para la unión burbuja/partícula efectiva, situar efectivamente el flóculo resultante y acelerar el drenaje del líquido descontaminado o agua de estos flóculos. Como se apreciará más completamente en la presente memoria, la presente invención reduce drásticamente el tiempo de residencia de la burbuja como un factor en el rendimiento del sistema de

flotación, lo que permite tanques 14 de flotación más pequeños, lo que a su vez reduce el espacio de suelo y los costes de materiales de construcción. Como se explicará con más detalle en la presente memoria, debido a la naturaleza ajustable de las partes componentes del sistema, así como el tiempo de residencia mínimo de burbujas, se puede lograr un control de procedimiento casi en tiempo real puesto que se pueden hacer ajustes del procedimiento para tratar la corriente líquida contaminada alterada. El espacio y flexibilidad se consiguen también puesto que los componentes del sistema pueden estar físicamente alejados entre sí.

Con referencia a continuación a las Figuras 2-4, con el fin de diseñar el sistema de la presente invención, una muestra del líquido contaminado se toma desde el usuario final potencial. Por lo general, unos cuartos de galón o unos cuantos litros de líquido es necesario para realizar la prueba del frasco o banco. Como es bien conocido en la técnica, se analizan porciones del líquido para determinar su pH, características de las partículas en suspensión, etc. Se determina después qué aditivos químicos son necesarios para alterar el pH, coagular las partículas, y crear los floculantes necesarios. La Figura 2 es un gráfico que representa una prueba del frasco con un mezclador magnético en el que se añade cada vez un aditivo químico y la turbidez se mide para determinar la cantidad óptima de aditivo químico, 80 partes por millón, para la corriente contaminada particular.

Como se ha descrito anteriormente, es la teoría convencional de que una energía de mezcla más lenta durante un período prolongado de tiempo da como resultado una mezcla óptima. Sin embargo, como se ilustra en las Figuras 3 y 4, los inventores han encontrado que este no es el caso. En cambio, hay una velocidad óptima de mezcla, o intervalo de velocidades, así como un tiempo de mezcla óptimo para una corriente líquida contaminada dada. Menos energía de mezcla no mezcla totalmente los aditivos y el gas dentro de la corriente contaminada para reducir la turbidez mientras que la energía de mezcla excesiva puede, en realidad, destruir los floculantes, como se ha descrito anteriormente. Del mismo modo, se ha encontrado que hay un "punto favorable" en la cantidad de tiempo que se aplica la energía de mezcla particular, para optimizar la reducción de la turbidez para aditivos químicos dados. Basándose en las determinaciones en la prueba de banco o frasco, los componentes individuales del sistema de la presente invención se diseñan y se afinan más adelante.

Cuando se trata el líquido contaminado, el mismo se criba primero para filtrar objetos de cualquier dimensión mayor que la dimensión más pequeña de cualquier abertura de cualquier componente de la invención. La corriente líquida contaminada tiene los productos químicos aditivos de mejora de separación necesarios añadidos a la misma, ya sea corriente arriba del aparato 10 de mezcla o dentro del aparato 10 de mezcla. En cualquier caso, el líquido contaminado se bombea a una presión predeterminada en el aparato 10 de mezcla.

Con referencia a continuación a las Figuras 5-8, el aparato 10 de mezcla de gas, sólido, líquido de la presente invención es similar a un hidrociclón, pero a diferencia de un hidrociclón de puerto único convencional, el aparato 10 de la presente invención tiene un mecanismo de suministro de dos etapas, como se describirá más completamente en la presente memoria. El aparato 10 de mezcla se compone de un cabezal 22 del reactor superior y un tubo 24 descendente inferior a través del que sale el líquido mezclado en una salida 26 del mismo. El aparato de mezcla está diseñado de tal manera que el cabezal 22 del reactor imparte un movimiento de giro al líquido 28 contaminado de tal manera que un vórtice se forma en el tubo 24 descendente, haciendo que los aditivos, líquido, contaminantes, y cualquier gas arrastrado se mezcle bien y normalmente, sustancialmente, homogéneamente.

El cabezal 22 del reactor incluye una entrada 30 de contaminante líquido formada en una pared lateral o de la misma cámara 32 de sobrepresión. Una base 34 y una tapa 36 crean un recinto. Un cartucho 38 se dispone dentro del recinto del cabezal 22 del reactor.

El cartucho 38 está en comunicación fluida con el tubo 24 descendente. El cartucho 38 incluye una pluralidad de puertos 40 que se extienden a través de la pared del bloque 38 de cartucho. Los puertos 40 se configuran de tal manera que el líquido se dirige generalmente en una dirección tangencial con respecto a una superficie 42 interior del cartucho 38 de manera que se haber impartido a la misma un movimiento de giro para formar un vórtice dentro del cartucho 38 y el tubo 24 descendente, como se ilustra en la Figura 5. Aunque el cartucho 38 se ilustra en las Figuras 5, 6 y 8 como cilíndrico, más normalmente, el bloque 38 de cartucho tiene múltiples facetas, como se ilustra en la Figura 7. El bloque 38 de cartucho se puede configurar como un hexágono, octágono, o cualquier otra estructura de múltiples facetas. Los puertos 40 se forman en al menos una de las facetas del mismo, y más normalmente en todas las facetas del mismo, como se ilustra en la Figura 7. La alineación de los pasos 40 de puertos de faceta a faceta puede ser uniforme o escalonada para reducir al mínimo las crestas en la cámara 44 ciclónica giratoria central del bloque 38 de cartucho.

Por lo tanto, el líquido contaminado se hace fluir en el cabezal 22 del reactor por la entrada 30 y en una cámara 46 de recepción definida por el espacio entre el bloque 38 de cartucho y la cámara 32 de sobrepresión, la base 34 y la tapa 36. A medida que el flujo de líquido llena la cámara 46 de recepción, el líquido se dirige a través del puerto 40 abierto de forma tangencial para crear el líquido en revolución, como previamente se ha descrito anteriormente y se ilustra en la Figura 5. El número de puertos 40 abiertos, el diámetro de los puertos 40 y el diámetro de la pared 42 interior o cámara 44 ciclónica y el tubo 24 inferior, que son normalmente sustancialmente iguales en dimensión, determinan la velocidad a la que el líquido se hace girar y pasa a través del aparato 10.

El diámetro de la cámara de giro ciclónica central, definida por las paredes interiores del bloque 38 de cartucho y el

tubo 24 descendente, se determina por el flujo del aparato 10 al que probablemente está expuesto. Aunque hay un amplio intervalo de flujos que un aparato 10 de diámetro dado puede gestionar correctamente, cuando se supera ese intervalo de flujo, el aparato 10 requiere el reemplazo por una cámara de mayor o menor diámetro. Por ejemplo, la cámara ciclónica con un diámetro de 2,5 cm (una pulgada) puede gestionar entre 0,37 l a 37 l por minuto (0,1 a 10 galones por minuto) de flujo. Un diámetro de cámara ciclónica de 5 cm (dos pulgadas) puede gestionar entre 18,92 l y 302,83 l (5 y 80 galones) por minuto de flujo. Una cámara ciclónica de 7,5 cm (tres pulgadas) de diámetro puede gestionar flujos entre 264,98 l y 946,35 l (70 y 250 galones) por minuto. Una cámara ciclónica de 15 cm (seis pulgadas) de diámetro puede gestionar flujos entre 1892,7 l y 7.570,82 l (500 a 2000 galones) por minuto. Cabe señalar que el intervalo superior de estos caudales no está limitado por la cámara ciclónica sino por el coste del sistema de bombeo requerido para suministrar el flujo, el requisito de presión para la corriente de procedimiento dado y el tamaño del dispositivo de flotación corriente abajo para el procesamiento y la separación de los componentes líquidos/sólidos resultantes.

Otro aspecto único particular de la presente invención es que los puertos 40 están adaptados para recibir tapones 48 del restrictor extraíbles. Por lo general, los puertos están taladrados y roscados para incluir roscas 50 que permiten que los tapones 48 del restrictor de rosca se enrosquen en los mismos con un destornillador u otra herramienta. Por supuesto, otros medios se pueden utilizar para insertar de forma desmontable los tapones 48 del restrictor dentro de los puertos 40, como se apreciará por los expertos en la materia. Mediante la inserción o retirada de estos tapones 48 a un caudal constante dado, la energía impartida al fluido 28 en revolución se aumenta o disminuye. Esto afecta el volumen de líquido que se hace fluir a través del aparato 22, así como al cambio en la presión del fluido a través del aparato 10.

Como se ha descrito anteriormente, en la técnica anterior, los expertos en materia reivindican que un tiempo de mezcla mayor (1 - 10 minutos) a una energía de mezcla baja (30 a 100 RPM de un mezclador mecánico) se necesita para una floculación y mezcla óptimas. Los inventores han encontrado que este no es necesariamente el caso porque tiempos de mezcla más cortos (5 - 10 segundos) con altas energías de mezcla (hasta 4000 rpm con un mezclador mecánico) alcanzaron un agua más limpia con baja turbidez y flóculos más grandes que flotaban más fácilmente. Por lo tanto, la mezcla centrífuga en el interior del aparato 10 puede durar solo unos segundos, pero alcanza excelentes resultados de mezcla y flóculos sin ninguna mezcla previa mecánica o potencial ruptura del polímero. La energía o velocidad de mezcla a la que se hace pasar el líquido 28 a través del aparato 10 se determina en gran parte por el número de puertos 40 que se abren para recibir el líquido. A menor número de puertos 40 abiertos, más alta será la velocidad del líquido 28 en revolución.

Con referencia ahora a la Figura 6, el aparato 10 de mezcla de la presente invención se puede ajustar adicionalmente proporcionando tapones 48' y 48" del restrictor, que tienen orificios de aberturas a través del centro de los mismos para permitir que una pequeña cantidad de líquido pase a través de los mismos. El diámetro de tales pequeños orificios de aberturas a través los tapones 48 puede variar de tal manera que un gran número de tapones 48 están disponibles para que el usuario final realice ajustes en el aparato 10 de mezcla. Mediante la modificación del tamaño de los orificios de abertura en los tapones 48, otro grado de control sobre la caída de presión/aceleración del líquido 28 se puede lograr mientras se expande el intervalo de flujo útil de un aparato 10 dado con una cámara ciclónica de diámetro fijo.

Con referencia a la Figura 9, se muestra un gráfico que ilustra la diferencia de pérdida de presión, que corresponde a la velocidad o rpm del líquido en revolución, en comparación con el número de puertos 40 abiertos en el cabezal 22 del reactor. Se verá que la alteración inicial del número de puertos abiertos afecta drásticamente la pérdida de presión diferencial. Sin embargo, a medida que se abren más puertos, el diferencial de presión disminuye. Esto se puede utilizar ventajosamente para afectar a la energía y al tiempo de mezcla. Por ejemplo, si un determinado producto químico requiere una energía de mezcla relativamente alta, el número de puertos 40 u orificios en el cartucho del cabezal 22 del reactor que están abiertos son solo algunos. Sin embargo, si la química es susceptible a la ruptura o de otro modo requiere una energía de mezcla inferior, el número de puertos 40 abiertos u orificios se aumenta para reducir la velocidad y diferencial de presión en el aparato 10 de mezcla.

Los aditivos, tales como la química de pH, floculantes, coagulantes, etc. se añaden normalmente a la corriente contaminada para alterar la química de la misma y unir los sólidos suspendidos en la corriente 28 de líquido. Aunque esto se puede hacer corriente arriba del aparato 10, el aparato 10 de la presente invención puede incluir también entradas 52 para la introducción de tales aditivos inmediatamente antes o durante el mezclado. Una entrada 54 de gas se forma también en el aparato 10, normalmente en el cabezal del reactor. Preferentemente, el puerto 54 de inyección de gas se forma en la tapa 36 del cabezal 22 del reactor de tal manera que a través de la misma el gas introducido se alimenta a un área 56 evacuada central de tal manera que el líquido en revolución absorbe y arrastra el gas que se introduce en el aparato 10. La cavidad 56 de vórtice de presión inferior hace que el gas introducido entre en contacto con el líquido en revolución en el centro a medida que gira en el tubo 24 descendente del aparato 10. El gas puede añadirse continuamente o intermitentemente a través del puerto 54 de inyección. Un sensor 58 se puede utilizar para detectar, donde termina la columna 56 de gas central, manipulándose la forma física del vórtice por la adición de más o menos gas al vórtice 56 central. Un sensor de este tipo puede ser visual, sónica, electrónicamente, o de otro modo detectar la ubicación del vórtice para determinar la cantidad de gas de reposición para reemplazar el gas que se absorbe en el líquido 28 y que es llevado corriente abajo.

Con referencia a continuación a las Figuras 5 y 8, en una realización particularmente preferida, el cabezal 22 del reactor es de naturaleza modular de tal manera que la tapa 36 se puede retirar de la cámara 32 de sobrepresión básica para su acceso al cartucho 38 central y los tapones 48 del restrictor y los puertos 40 de los mismos. Normalmente, una abrazadera de liberación rápida (no mostrada) sujeta la tapa 36 extraíble a la cámara 32 de sobrepresión, aunque otros medios se pueden utilizar, tales como fijaciones roscados, etc. Juntas 60 se utilizan normalmente para sellar la tapa 36 en el cartucho 38 y en la cámara 32 de sobrepresión. Con la tapa 36 extraíble, se puede acceder fácilmente al cartucho 38 central para su ajuste. El cartucho 38 se puede extraer fácilmente fuera de la cámara de presión del cabezal 22 del reactor para la adición de más tapones 48, o la sustitución de los tapones 48 sólidos con tapones 48' de aberturas perforadas, o para la eliminación de grandes trozos de material o películas finas de acumulación de minerales que podrían acumularse en cualquiera de los pasos 40 o en la cámara 44 ciclónica. Un punto de gran importancia para el operario del aparato 10 es que cualquier líquido 28 presente dentro del cabezal 22 del reactor durante uno de estos ajustes caiga de nuevo en la cámara de presión/cámara ciclónica cuando el cartucho central se eleva, dejando los suelos libres de derrames.

Por lo tanto, a medida que la fuente de líquido contaminado cambia, el aparato 10 de mezcla de la presente invención se puede alterar para mezclar adecuadamente los aditivos y el gas según sea necesario. Como se ha descrito anteriormente, abrir o cerrar algunos de los puertos 40, así como la reducción o el aumento de la presión de entrada puede gestionar la magnitud de las fuerzas de mezcla. Se ha encontrado que la mayoría de los contaminantes y sus aditivos de satisfacción de carga correspondientes tienen un "punto favorable" de energía de mezcla, donde se mejora el rendimiento de floculación. Poner a punto la energía de mezcla es un componente importante, pero hasta que ahora se ha pasado por alto, del diseño del sistema de flotación y de las metodologías de mezcla.

Tan pocos como un aparato 10 de mezcla individual o múltiples aparatos 10-10" de mezcla conectados de forma fluida en serie, como se muestra en la Figura 10, se pueden utilizar dependiendo de la cantidad de energía de mezcla y del tiempo requerido para optimizar la separación. La conexión en serie de una pluralidad de aparatos 10 de mezcla permite la inyección secuencial de productos químicos a la energía y tiempo de mezcla óptimos para cada componente químico individualmente, y múltiple exposiciones de vórtice disolventes de gas si la energía para optimizar el vórtice de mezcla de gas no es suficiente para saturar la corriente como resultado de los requisitos de energía de mezcla de química suave o similares. Como se apreciará por un experto en la materia, los tubos 62 interconectan la salida 26 y la entrada 30 de cada aparato 10. Se apreciará por los expertos en la materia que el aparato 10 de mezcla ajustable de la presente invención permite al usuario final añadir una alta energía de mezcla en un aparato 10 de mezcla, que tiene un número relativamente pequeño de puertos 40 abiertos, así como impartir una alta velocidad al líquido contaminado para mezclar en gran medida y de forma forzada el líquido y un aditivo químico, e inyectar después otra sustancia química en un segundo aparato de mezcla que tiene un requisito de energía de mezcla de química más suave y el aparato 10 de mezcla tiene un número relativamente grande de puertos 40 abiertos, así como para impartir un rpm relativamente lento y menor energía de mezcla. Del mismo modo, en lugar de utilizar un tubo descendente largo, una pluralidad de aparatos 10 de mezcla se pueden unir en serie para prolongar el tiempo de mezcla.

Con referencia ahora a las Figuras 10-12, la corriente sustancialmente mezclada homogéneamente se dirige después del uno o más aparatos 10 de mezcla a un dispositivo 12 de reducción de presión, referido en la presente memoria como cámara de nucleación. En una realización particularmente preferida, la cámara de nucleación comprende un tubo 64 hueco que tiene una placa 66 de cavitación dispuesta en su interior. La placa de cavitación tiene una pluralidad de aberturas 68 de un número y tamaño predeterminado a través de las que se debe hacer pasar el líquido. El diseño de la placa 66 de restricción de flujo asegura que las burbujas de nucleación comiencen a formarse con un tamaño que es lo suficientemente pequeño para crear fuerzas hidrófobas de largo alcance, promoviendo la unión burbuja/partícula. La cámara 12 de nucleación de la presente invención se diseña para crear el tamaño y número óptimos de burbujas en un entorno de mezcla correspondiente que puede ser único para cada flujo.

Con referencia a continuación a la Figura 13, el usuario final tendrá un flujo máximo de corriente contaminada, expresado en galones por minuto, para su aplicación particular. La cámara 12 de nucleación de reducción de presión se puede optimizar en tamaño para crear el mayor número de burbujas. Como se ilustra en la Figura 13, para un caudal dado, hay diámetros y longitudes de cámara óptimos. La porción de "visibilidad en pulgadas" del gráfico en la Figura 13 se refiere a la visibilidad en el tanque 14 de flotación. Con referencia a la Figura 14, que ilustra una serie de fotografías tomadas en diferentes flujos o presiones (5-80), cuando, relativamente, no hay burbujas presentes en la porción superior del tanque 14 de flotación, la visibilidad es muy alta, como se ilustra en el flujo "5". Sin embargo, debido a que el número de burbujas se incrementa debido a la optimización de los parámetros del dispositivo 12 de reducción de presión y de los parámetros del aparato 10 de mezcla, la porción superior del tanque 14 de flotación se llena cada vez más de burbujas, que se muestra como blanco en la Figura 14. Idealmente, la visibilidad es menos de una pulgada (25,4 mm) y es generalmente consistente a lo largo de la longitud del tanque, como se muestra en los flujos "40-70". Esto representa un número relativamente grande de burbujas que pueden unirse a las partículas en suspensión y la química de la corriente para su eliminación. Por lo tanto, por lo general, la longitud y el diámetro del tubo 64 de la cámara de nucleación se seleccionan para reducir la visibilidad en pulgadas del líquido en el tanque 14 de flotación.

Con referencia de nuevo a la Figura 1, la cámara 12 de nucleación se dispone dentro de una cámara 70 de florescencia del tanque 14 de flotación, donde la mezcla de líquido contaminado es forzada a través de la abertura 68 de la placa 66 de cavitación y despresurizada y flota a la superficie debido a que las burbujas nucleadas se agrandan de tamaño debido a la despresurización y coalescencia con otras burbujas.

5 Con referencia a continuación a la Figura 15, un gráfico que ilustra el tiempo en segundos que tarda una burbuja de salida ascender una distancia dada en pulgadas. Se verá que si la presión del líquido en la placa 66 de cavitación es de entre 138 kPa y 207 kPa (veinte y treinta psi), el tiempo para que las burbujas asciendan 12,5 cm (cinco pulgadas) es de aproximadamente de veinte a treinta segundos. Sin embargo, si la presión se aumenta a digamos 345 kPa-414 kPa (50-60 psi), el tiempo necesario para ascender 12,5 cm (cinco pulgadas) es más de un minuto.
 10 Esto se conoce como "tiempo de residencia" en la técnica. Normalmente, un mayor tiempo de residencia es deseable puesto que las burbujas son capaces de adherirse a más floculos y partículas cuanto más tiempo residen dentro del líquido antes de flotar a la superficie. Veinte o treinta segundos de tiempo de residencia no pueden optimizar la eliminación de las partículas del líquido. Sin embargo, los tiempos de residencia de los sistemas actuales que son entre 45 minutos y una hora no permiten los ajustes casi en tiempo real necesarios para procesar adecuadamente las corrientes líquidas cambiantes. Debido a la configuración y el diseño de la presente invención,
 15 tiempos de residencia entre 1-2 minutos eliminan satisfactoriamente los contaminantes del líquido.

Con referencia de nuevo a las Figuras 10 y 11, la presión P2 en la placa 66 de cavitación se puede ajustar en una diversidad de maneras, tales como cambiando el tamaño del impulsor de la bomba, aumentando la velocidad de giro de la bomba, o instalando una válvula 72 y un sensor 74 de presión para controlar el flujo y la presión en la placa 66 de cavitación para su optimización.
 20

Con referencia a continuación a las Figuras 16A-16C, se proporcionan gráficos que ilustran el número de aberturas 68 dentro de la placa 66 de cavitación, el tamaño de las aberturas en 3,81 cm (seis cuartos de una pulgada), la Hz de la bomba, el flujo relativamente constante en gpm, y el cambio resultante en la presión y la visibilidad en un punto a dos pies horizontales en una cámara 76 separación de la porción de tanque 14 de flotación. Por lo tanto, una
 25 revisión de la Figura 16A revelará que el tamaño óptimo de la abertura 68 de la placa 16 de cavitación es 18/64, lo que produce la visibilidad mínima de 1,50 pulgadas (38,1 mm). Una revisión de las Figuras 16A-16C revelará también que un menor número de orificios es deseable para aumentar el número de burbujas y, por lo tanto, reducir la visibilidad para el flujo dado.

Con referencia ahora a la Figura 17, se pueden crear gráficos que demuestran el número necesario de orificios o aberturas 68 en la placa 66 de cavitación para el flujo de corriente contaminada en galones por minuto como en frente a la presión del líquido de placa cavitación P2 deseada. Se ha encontrado que una presión P2 óptima está entre 50 y 60. De este modo, una vez que se determina el flujo del usuario final, este gráfico se puede utilizar para determinar la configuración óptima de la placa 66 de cavitación.
 30

Con referencia a continuación a la Figura 18, se apreciará por los expertos en la materia que es la puesta a punto y la consideración de tanto los factores ajustables del aparato 10 de mezcla, así como de la cámara 12 de nucleación los que se pueden igualar para optimizar el número y tamaño de las burbujas emitidas en el tanque 14 de flotación. Por lo tanto, el flujo a través del aparato 10 de mezcla, así como la velocidad del líquido a través del mismo, se pueden alterar y tomarse en cuenta por el tamaño del tubo 64 de la cámara de nucleación y el tamaño y número de aberturas 68 en la placa 66 de cavitación para optimizar la formación de burbujas (reducción de la visibilidad) en el tanque 14 de flotación.
 35
 40

Con referencia de nuevo a la Figura 1, una vez que el líquido mezclado sale de la cámara 12 de nucleación en la cámara 70 de florescencia, las burbujas empiezan a ampliarse en tamaño y ascienden hacia la porción superior del tanque 14 de flotación. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, no todas las burbujas ascenderán inmediatamente a la superficie del líquido dentro del tanque 14 de flotación. En lugar de ello, algunas de las burbujas necesitarán más tiempo para agrandarse completamente y ascender. La coalescencia de burbujas acelerará la flotación de algunas burbujas. Como se ha descrito anteriormente, de un cierto nivel o tiempo de residencia es deseable para optimizar la flotación de las partículas en el líquido. Una pared 78 separa la cámara 70 de florescencia de la cámara 76 de separación del tanque 14 de flotación. Esto da lugar a una circulación de burbujas y floculos en la porción superior del tanque 14 de flotación. El número 16 de referencia representa las partículas de burbujas completamente flotantes, que se refieren a veces como "espuma", que se acumulan en la superficie del líquido. Sin embargo, la entrada continua de nuevo líquido de la cámara 12 de nucleación crea un remolino en la porción superior del tanque de flotación donde las burbujas aumentan de tamaño y se unen con el tiempo y atraen y adhieren partículas y química para crear floculos que finalmente llegan a la superficie, normalmente dentro de un minuto o dos de tiempo. La pared 78 incluye un rebosadero 80 ajustable para controlar en cierto grado el flujo de corriente en la porción superior del tanque 14 de flotación, y para controlar también la cantidad de líquido que circula en la cámara 70 de florescencia y que se recarga en consecuencia un poco con nueva burbujas/líquido.
 45
 50
 55

A medida que el agua se descontamina y las burbujas/partículas flotan hacia arriba hasta la superficie del líquido del tanque 14 de flotación, el líquido 18 descontaminado más denso se hunde hacia la parte inferior del tanque 14 de flotación. En una realización particularmente preferida, el tanque 14 de flotación incluye una parte 82 inferior falsa restrictiva que tiene aberturas o puertos 84 de flujo a través de los que el líquido 18 descontaminado se hunde. La
 60

parte 82 inferior falsa equilibra el flujo a través de toda la parte inferior del tanque 14 antes de que el líquido descontaminado entre en una cámara 86 de salida. Una pared 88 ajustable se dispone dentro de la cámara 86 de salida para controlar el volumen de líquido 18 descontaminado retirado del tanque 14 de flotación y recibido a través de la salida 90. De esta manera, la altura del líquido en el tanque 14 de flotación se puede ajustar.

5 La traza 16 de espuma flotantes en la superficie superior del tanque 14 de flotación se retira en el aparato 20 de deshidratación. Por lo general, esto se hace a través de un dispositivo 92 de espumación, en el que una pluralidad de paletas se utiliza para empujar la espuma 16 de flóculos hacia arriba hasta una rampa 94 y en una porción 96 de recepción del aparato 20 de deshidratación. El dispositivo 20 de deshidratación de sólidos utiliza el exceso de gas disuelto residual en el agua, que está atrapado en los flóculos, para unirse a las nanoburbujas atrapadas en los
10 flóculos 16, empujando así el líquido residual de la espuma 16 de flóculos. Las paletas 92 del dispositivo de espumación eliminan los flóculos 16 flotantes a una velocidad óptima para los flujos particulares. Puesto que los flóculos 16 solo tienen unos cuantos minutos, el gas arrastrado en el agua/flóculos está todavía desgasificado, y una porción de este gas arrastrado se une con las burbujas atrapadas en los flóculos. Como resultado, estas burbujas se expanden, pero quedan atrapadas dentro de la flóculos. Esta expansión expulsa un volumen igual de agua de la
15 matriz flóculos, lo que reduce el contenido de agua del lodo 16, lo que da como resultado una espuma más seca, más flotante.

Con referencia a continuación a la Figura 13, el dispositivo 20 de recepción y deshidratación de sólidos incluye una cámara 96 de recepción definida por una pared 98 inclinada. La pared 98 de la cámara de recepción se ajusta para evitar la descarga de lodos o espuma 16 en el área 100 de recogida de agua. El agua o líquido de drenaje se hunde
20 a la parte inferior del área 100 de recogida de líquido. Periódicamente, el peso de flóculos 16 nuevos empuja el flóculos 16 más viejos a través de la parte inferior de la pared 98 de manera que flotan en la parte superior del líquido en el área 100. Los nuevos flóculos flotan en la parte superior del líquido residual hasta que caen en un tanque 102 de retirada. Periódicamente, el líquido deshidratado se retira a través de una salida 104, que se puede acoplar con una bomba o similar. Como se muestra en las Figuras 14 y 15, una rueda 106 de paletas o una
25 espumadera 108 se pueden implementar para empujar los flóculos 16 deshidratados en la cámara 102 de recogida. Un dispositivo 110 de detección que tiene un sensor 112 de nivel superior y un sensor 114 de nivel inferior se conecta normalmente a una bomba 116 de tal manera que a medida que el lodo 16 deshidratado alcanza una cierta elevación dentro de la bandeja 102 de recogida, la bomba 116 se activa para eliminar el lodo para su eliminación o posterior procesamiento. La bomba 116 se puede apagar automáticamente cuando el sensor 114 inferior indica que
30 el nivel de lodos 16 dentro de la cámara 102 de recogida ha alcanzado un nivel relativamente bajo.

Se apreciará por los expertos en la materia que el sistema de la presente invención proporciona muchas ventajas con respecto a los sistemas de descontaminación por flotación que se utilizan actualmente. Los componentes del sistema pueden tener ciertos miembros estructurales y características que se seleccionan y que se pueden controlar para optimizar la creación de burbujas en el tanque 14 de flotación. Por otra parte, debido al tiempo de residencia
35 relativamente corto de la burbuja/líquido saturado en un tanque 14 de flotación, ajustes casi en tiempo real se pueden hacer al flujo, presión, velocidad de mezcla, etc., del sistema para satisfacer las necesidades cambiantes de la corriente de contaminante casi en tiempo real. La interacción de la cámara 76 de florescencia y de la cámara 70 de separación del tanque 14 de flotación permite que el tanque 14 de flotación tenga un espacio ocupado muy pequeño (hasta el 10 % del espacio ocupado tradicional). A diferencia de los sistemas de DAF convencionales, la
40 mezcla sustancialmente completa y homogénea del aparato 10 de mezcla da como resultado una descarga del 100 % a través del dispositivo 12 de reducción de presión en el tanque 14 de flotación, tratando de este modo todo el flujo de corriente contaminado en lugar de solo una porción a la vez. Otras ventajas y beneficios de la presente invención serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para separar partículas de una corriente líquida contaminada por flotación, que comprende:
 - un aparato (10) para mezclar el líquido con un aditivo de mejora de separación y un gas, en el que el aparato (10) de mezcla comprende un cabezal (22) del reactor que tiene un puerto de inyección de gas y una pluralidad de puertos de líquidos configurados para impartir un movimiento de giro al líquido a medida que se hace pasar a un tubo descendente del aparato (10) de mezcla, y en el que los puertos de líquido están configurados para recibir de forma desmontable restrictores de flujo de líquido, en el que la velocidad y el volumen del líquido que se hace pasar a través del aparato (10) de mezcla pueden alterarse;
 - un dispositivo (12) de reducción de presión en comunicación fluida con una salida del aparato (10) de mezcla para la creación de flóculos cargados con burbujas en el líquido;
 - un tanque (14) de flotación que tiene una cámara (70) de fluorescencia y una cámara (76) de separación, la cámara (70) de fluorescencia en comunicación fluida con una salida del dispositivo (12) de reducción de presión, estando el tanque (14) de flotación configurado para dirigir los flóculos cargados con burbujas hacia arriba dentro de la cámara (70) de fluorescencia hasta una porción superior del tanque (14) de flotación y hacer circular los flóculos cargados con burbujas dentro de la porción superior del tanque (14) de flotación hasta que ascienden a una superficie superior del tanque (14) de flotación, y en el que el líquido descontaminado se hace fluir a una porción inferior de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación; y
 - un mecanismo para eliminar los flóculos contaminados flotantes de la superficie superior del tanque (14) de flotación.
2. El sistema según la reivindicación 1, que incluye un sensor (74) de presión dispuesto operativamente entre el aparato (10) de mezcla y el dispositivo (12) de reducción de presión.
3. El sistema según la reivindicación 2, que incluye una válvula ajustable dispuesta entre el aparato (10) de mezcla y el dispositivo (12) de reducción de presión para alterar el flujo de líquido al dispositivo (12) de reducción de presión.
4. El sistema según la reivindicación 1, en el que el dispositivo (12) de reducción de presión comprende un tubo aumentado que tiene un elemento restrictor de flujo en su interior.
5. El sistema según la reivindicación 4, en el que el elemento restrictor de flujo comprende una placa con aberturas.
6. El sistema según la reivindicación 5, en el que el tamaño y el número de aberturas en la placa se seleccionan de acuerdo con una predeterminación de las características del líquido contaminado.
7. El sistema según la reivindicación 1, que incluye una pared ajustable dispuesta entre la cámara (70) de fluorescencia y la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación.
8. El sistema según la reivindicación 1, que incluye una pared con aberturas dispuesta dentro de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación por encima de un suelo de la misma.
9. El sistema según la reivindicación 1, que incluye una salida de líquido descontaminado formada en una porción inferior del tanque (14) de flotación.
10. El sistema según la reivindicación 9, que incluye una cámara de líquido descontaminado en comunicación fluida con la porción inferior del tanque (14) de flotación y la salida de líquido descontaminado y que incluye una pared ajustable para controlar selectivamente el volumen de líquido descontaminado eliminado a través de la salida.
11. El sistema según la reivindicación 1, en el que el mecanismo de eliminación comprende una espumadera (108).
12. El sistema según la reivindicación 1, que incluye un aparato (20) de deshidratación dispuesto en relación con el tanque (14) de flotación para recibir y deshidratar los flóculos contaminados eliminados.
13. El sistema según la reivindicación 1, en el que
 - el dispositivo (12) de reducción de presión comprende un tubo aumentado que tiene un elemento restrictor de flujo en su interior, y en el que el mecanismo para eliminar los flóculos contaminados flotantes de la superficie superior del tanque (14) de flotación es una espumadera (108); incluyendo dicho sistema
 - una salida de líquido descontaminado formada en una porción inferior de la cámara (76) de separación; y
 - un aparato (20) de deshidratación dispuesto en relación con el tanque (14) de flotación para recibir los flóculos contaminados flotantes de la espumadera (108) y configurado para deshidratar los flóculos contaminados eliminados.
14. El sistema según la reivindicación 13, que incluye un sensor (74) de presión dispuesto operativamente entre el aparato (10) de mezcla y el dispositivo (12) de reducción de presión.
15. El sistema según la reivindicación 14, que incluye una válvula ajustable dispuesta entre el aparato (10) de mezcla y el dispositivo (12) de reducción de presión para alterar el flujo de líquido al dispositivo (12) de reducción de

presión.

16. El sistema según la reivindicación 13, en el que el elemento restrictor de flujo comprende una placa provista de aberturas, seleccionándose el tamaño y el número de aberturas en la placa de acuerdo con una predeterminación de las características del líquido contaminado.
- 5 17. El sistema según la reivindicación 13, que incluye una pared ajustable dispuesta entre la cámara (70) de fluorescencia y la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación.
18. El sistema según la reivindicación 13, que incluye una pared con aberturas dispuesta dentro de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación por encima de un suelo de la misma.
- 10 19. El sistema según la reivindicación 13, que incluye una cámara de líquido descontaminado en comunicación fluida con la porción inferior del tanque (14) de flotación y la salida de líquido descontaminado y que incluye una pared ajustable para controlar selectivamente el volumen de líquido descontaminado eliminado a través de la salida.
- 15 20. El sistema según la reivindicación 13, en el que dispositivo (12) de reducción de presión comprende un tubo aumentado que tiene una placa con aberturas en su interior, el tamaño y el número de las aberturas en la placa seleccionándose de acuerdo con una predeterminación de las características del líquido contaminado; y en el que la cámara (70) de fluorescencia y la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación están separadas por una pared ajustable; incluyendo dicho sistema
- 20 un sensor (74) de presión dispuesto operativamente entre el dispositivo (12) de reducción de presión y el aparato (10) de mezcla; y una válvula ajustable dispuesta entre el dispositivo (12) de reducción de presión y el aparato (10) de mezcla para alterar el flujo de líquido al dispositivo (12) de reducción de presión.
21. El sistema según la reivindicación 20, que incluye una pared con aberturas dispuesta dentro de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación por encima de un suelo de la misma.
- 25 22. El sistema según la reivindicación 20, incluyendo una cámara de líquido descontaminado en comunicación fluida con la porción inferior del tanque (14) de flotación y la salida de líquido descontaminado y que incluye una pared ajustable para controlar selectivamente el volumen de líquido descontaminado eliminado a través de la salida.
23. Un procedimiento para separar partículas de una corriente líquida contaminada por flotación, que comprende las etapas de:
- 30 mezclar el líquido con un aditivo de mejora de separación y un gas utilizando un aparato (10) de mezcla que comprende un cabezal (22) del reactor que tiene un puerto de inyección de gas y una pluralidad de puertos de líquidos configurados para impartir un movimiento de giro al líquido a medida que se hace pasar a un tubo descendente del aparato (10) de mezcla, y en el que los puertos de líquido están configurados para recibir de forma desmontable restrictores de flujo de líquido, en el que la velocidad y el volumen del líquido que se hace pasar a través del aparato (10) de mezcla pueden alterarse;
- 35 crear flóculos cargados con burbujas en el líquido reduciendo la presión de la corriente líquida mezclada utilizando un dispositivo (12) de reducción de presión; dirigir los flóculos cargados con burbujas hacia arriba dentro de una cámara (70) de fluorescencia de un tanque (14) de flotación;
- 40 hacer circular los flóculos cargados con burbujas en una porción superior de una cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación hasta que asciendan a una superficie superior del tanque (14) de flotación, en el que el líquido descontaminado se hace fluir a una porción inferior de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación; y eliminar los flóculos contaminados flotantes de la superficie superior del tanque (14) de flotación.
24. El procedimiento según la reivindicación 23, que incluye la etapa de alterar la velocidad y el volumen del líquido que se hace pasar a través del aparato (10) de mezcla restringiendo el flujo de líquido a través de los puertos de líquidos.
25. El procedimiento según la reivindicación 23, en el que la etapa de creación incluye la etapa de hacer pasar el líquido mezclado a través de un dispositivo (12) de reducción de presión que comprende un tubo aumentado que tiene un elemento restrictor de flujo en su interior.
- 50 26. El procedimiento según la reivindicación 25, en el que el elemento restrictor de flujo comprende una placa con aberturas.
27. El procedimiento según la reivindicación 26, que incluye la etapa de seleccionar el tamaño y el número de aberturas en la placa de acuerdo con una predeterminación de las características del líquido contaminado.

28. El procedimiento según la reivindicación 25, que incluye las etapas de controlar la presión de la corriente líquida, y alterar el flujo de líquido al dispositivo (12) de reducción de presión.
29. El procedimiento según la reivindicación 23, que incluye la etapa de ajustar una pared dispuesta entre la cámara (70) de fluorescencia y la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación.
- 5 30. El procedimiento según la reivindicación 23, que incluye la etapa de hacer pasar el líquido descontaminado a través de una pared con aberturas dispuesta dentro de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación por encima de un suelo de la misma.
31. El procedimiento según la reivindicación 23, incluyendo la etapa de eliminar el líquido descontaminado a través de una salida formada en una porción inferior del tanque (14) de flotación.
- 10 32. El procedimiento según la reivindicación 31, que incluye la etapa de hacer pasar el líquido descontaminado a través de una cámara en comunicación fluida con la salida de líquido descontaminado inferior, y de ajustar la pared dentro de la cámara para controlar selectivamente el volumen de líquido descontaminado eliminado a través de la salida.
- 15 33. El procedimiento según la reivindicación 23, en el que la etapa de eliminación incluye la etapa de espumar la superficie superior del tanque (14) de flotación.
34. El procedimiento según la reivindicación 23, que incluye la etapa de deshidratar los flocos contaminados eliminados.
35. El procedimiento según la reivindicación 23, en el que
- 20 el dispositivo (12) de reducción de presión se compone de un tubo aumentado que tiene un elemento restrictor de flujo en su interior; y en el que la eliminación de los flocos contaminados flotantes de la superficie superior del tanque (14) de flotación se realiza mediante el uso de una espumadera (108); dicho procedimiento incluye las etapas de
- 25 alterar el flujo de la corriente líquida a un dispositivo (12) de reducción de presión basándose en un seguimiento de la presión de la corriente líquida;
- eliminar el líquido descontaminado a través de una salida formada en una porción inferior del tanque (14) de flotación; y
- deshidratar los flocos contaminados eliminados.
36. El procedimiento según la reivindicación 35, que incluye la etapa de alterar la velocidad y el volumen del líquido que se hace pasar a través del aparato (10) de mezcla restringiendo el flujo de líquido a través de los puertos de líquidos.
- 30 37. El procedimiento según la reivindicación 35, en el que el elemento restrictor de flujo comprende una placa con aberturas.
38. El procedimiento según la reivindicación 37, que incluye la etapa de seleccionar el tamaño y el número de aberturas en la placa de acuerdo con una predeterminación de las características del líquido contaminado.
- 35 39. El procedimiento según la reivindicación 35, incluyendo la etapa de ajustar una pared dispuesta entre la cámara (70) de fluorescencia y la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación.
40. El procedimiento según la reivindicación 35, que incluye la etapa de hacer pasar el líquido descontaminado a través de una pared con aberturas dispuesta dentro de la cámara (76) de separación del tanque (14) de flotación por encima de un suelo de la misma.
- 40 41. El procedimiento según la reivindicación 35, que incluye la etapa de pasar el líquido descontaminado a través de una cámara en comunicación fluida con la salida de líquido descontaminado inferior, y de ajustar la pared dentro de la cámara para controlar selectivamente el volumen de líquido descontaminado eliminado a través de la salida.

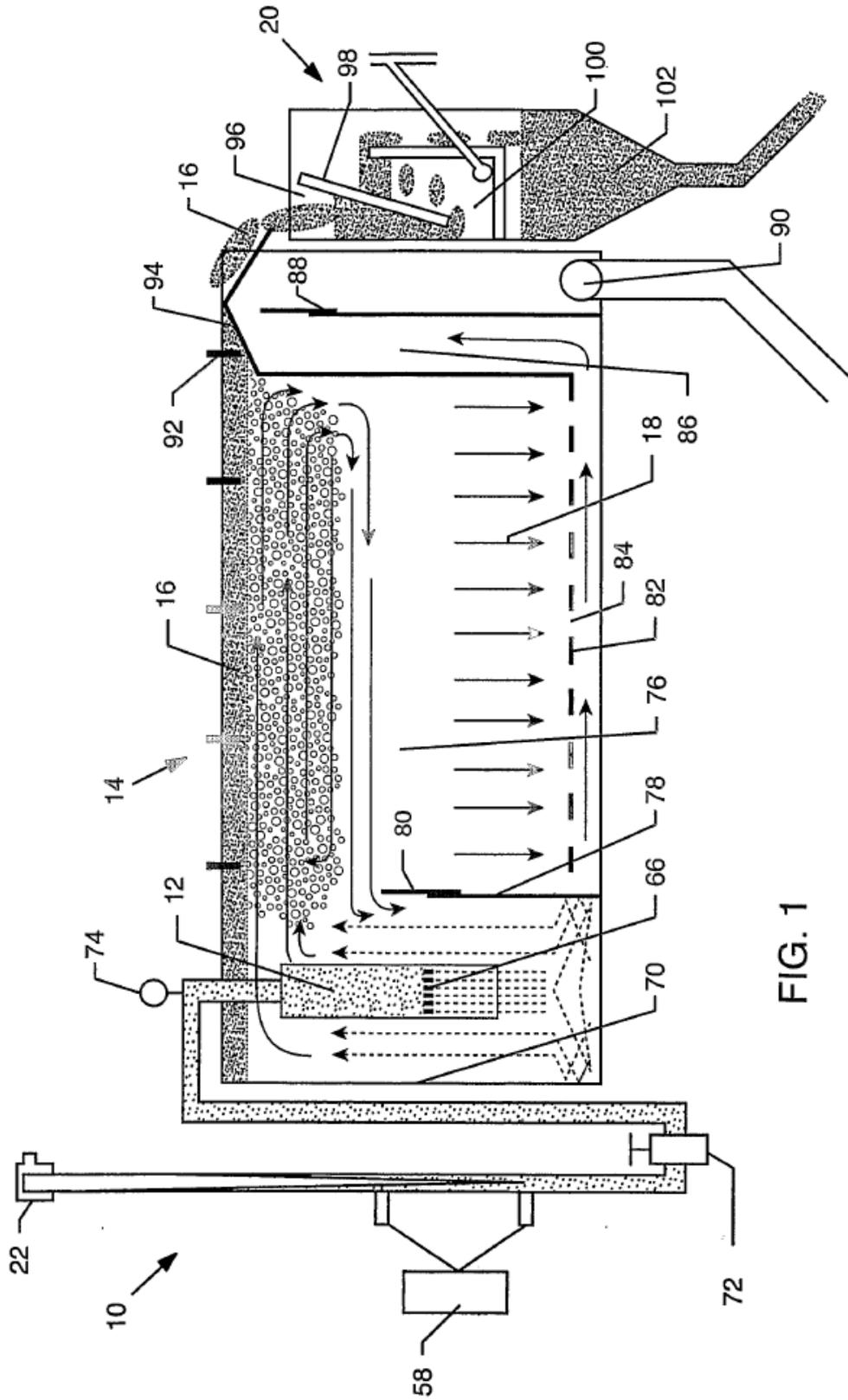


FIG. 1

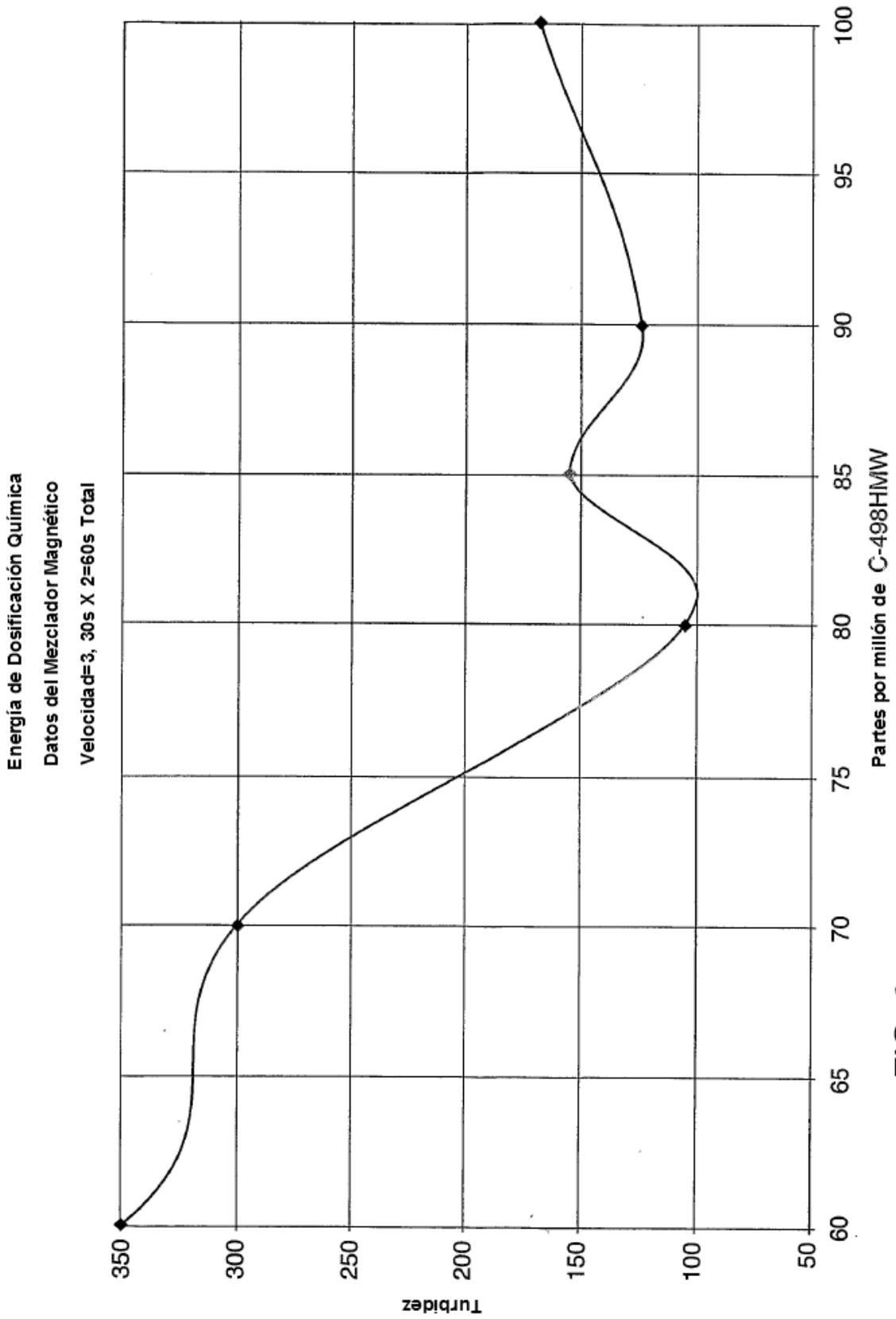


FIG. 2

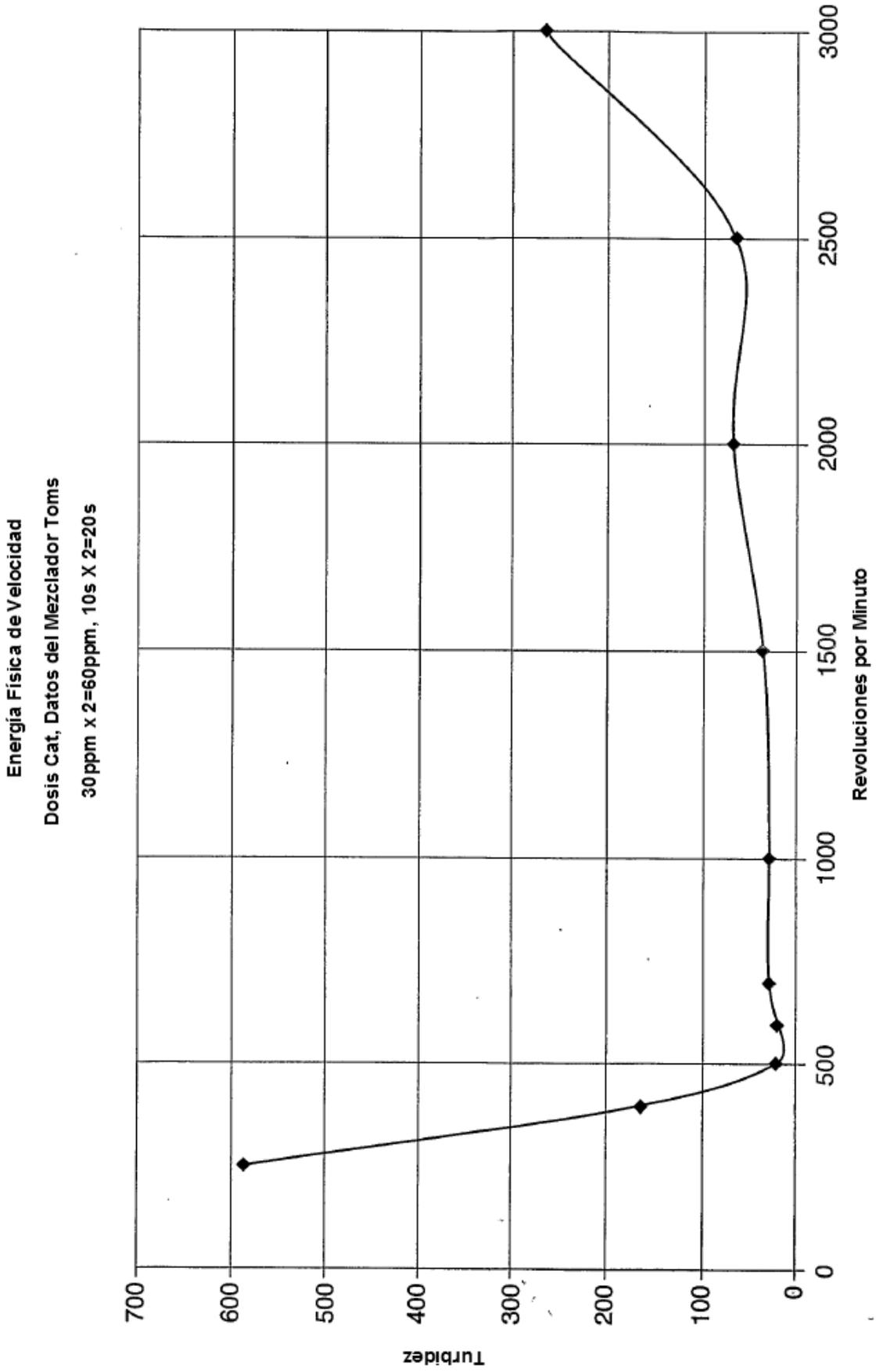


FIG. 3

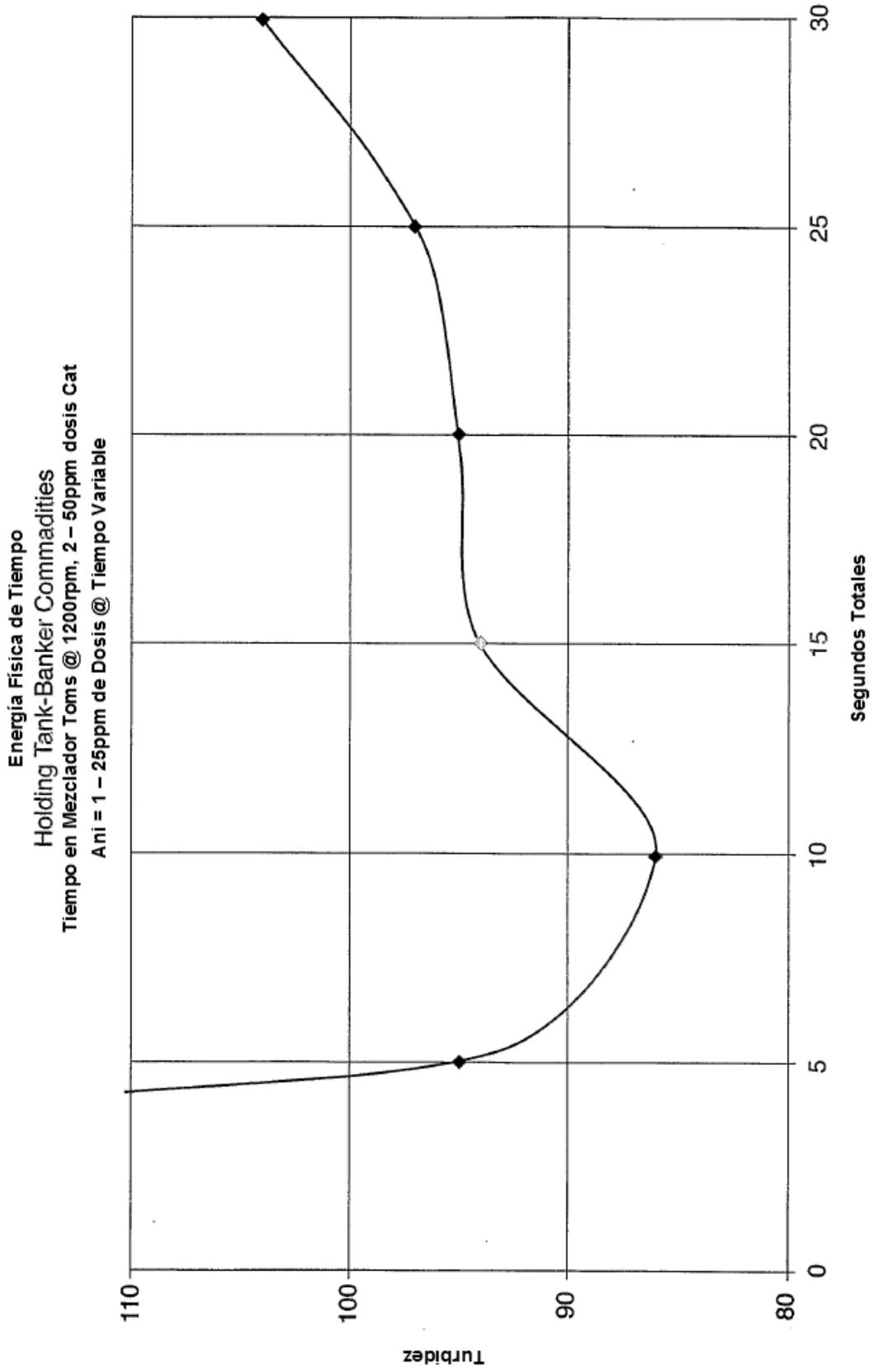


FIG. 4

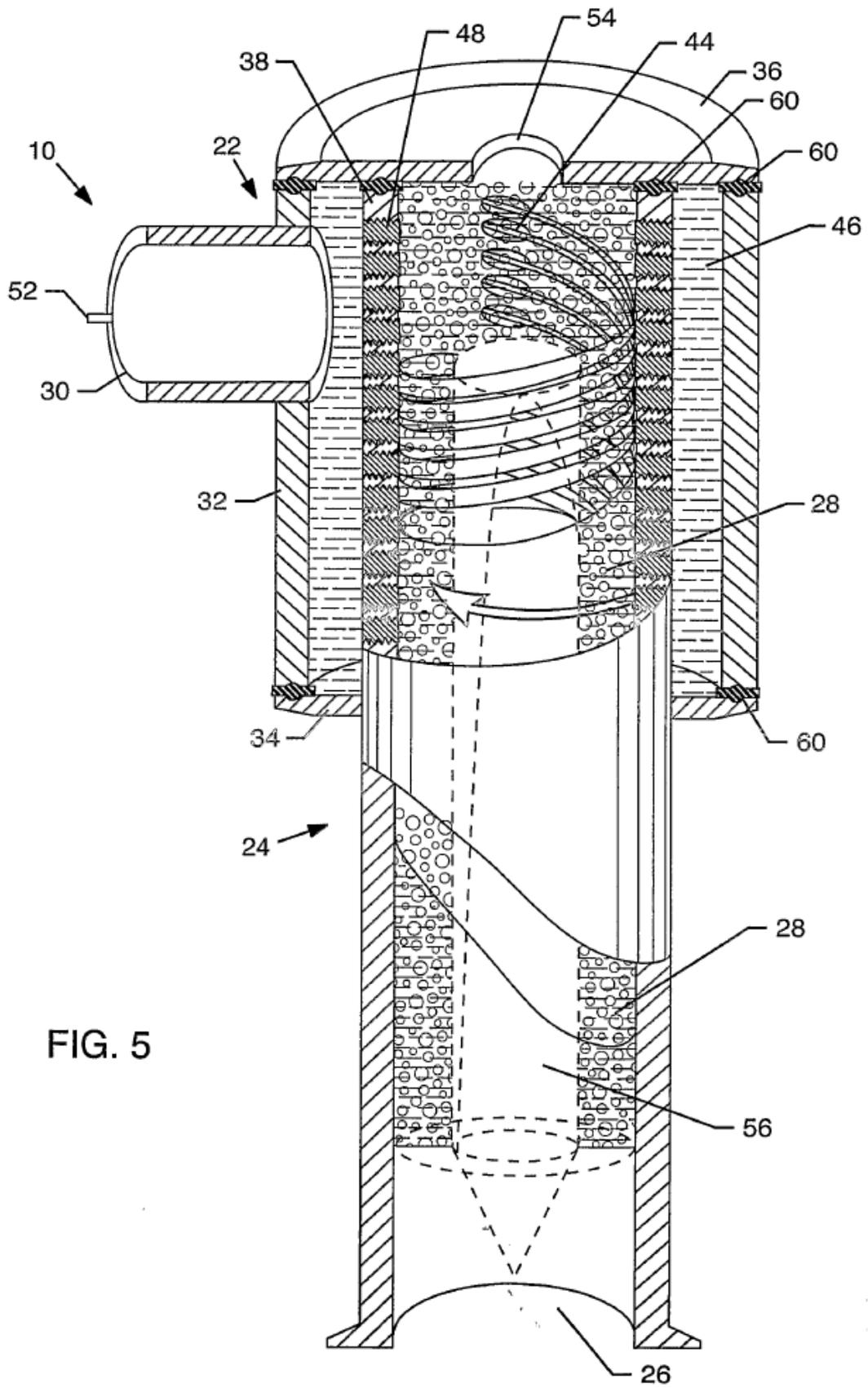


FIG. 6

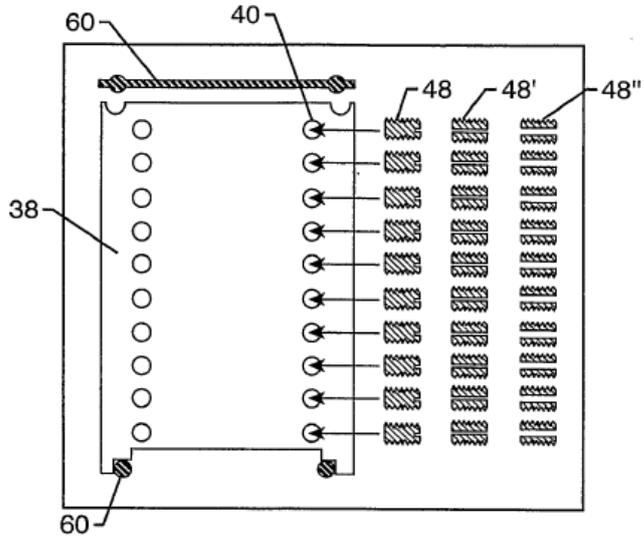


FIG. 7

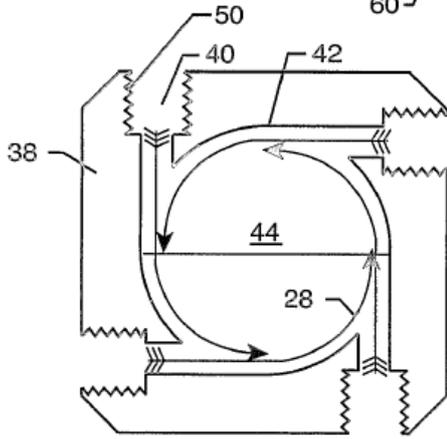
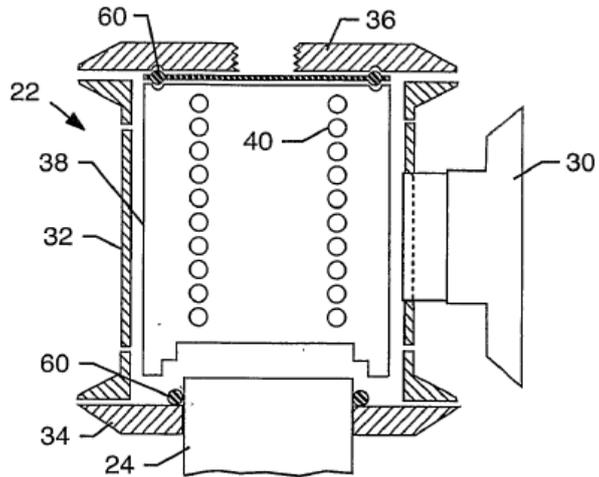


FIG. 8



Placa de 17 orificios en Reactor de 76,2 mm (3 pulgadas) a 0,55 m³/min (120 gpm)
Orificio del Reactor frente a Delta P

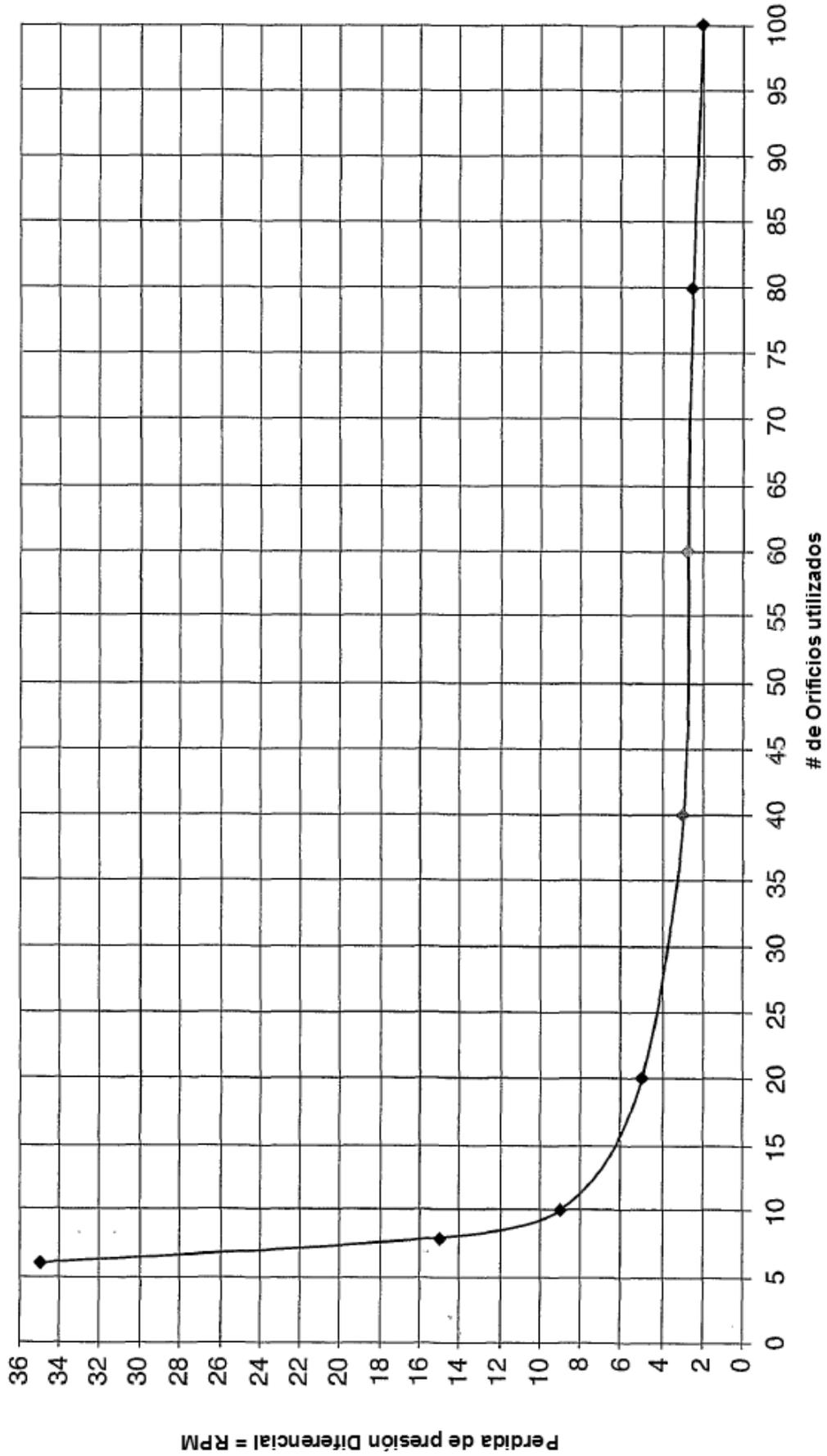


FIG. 9

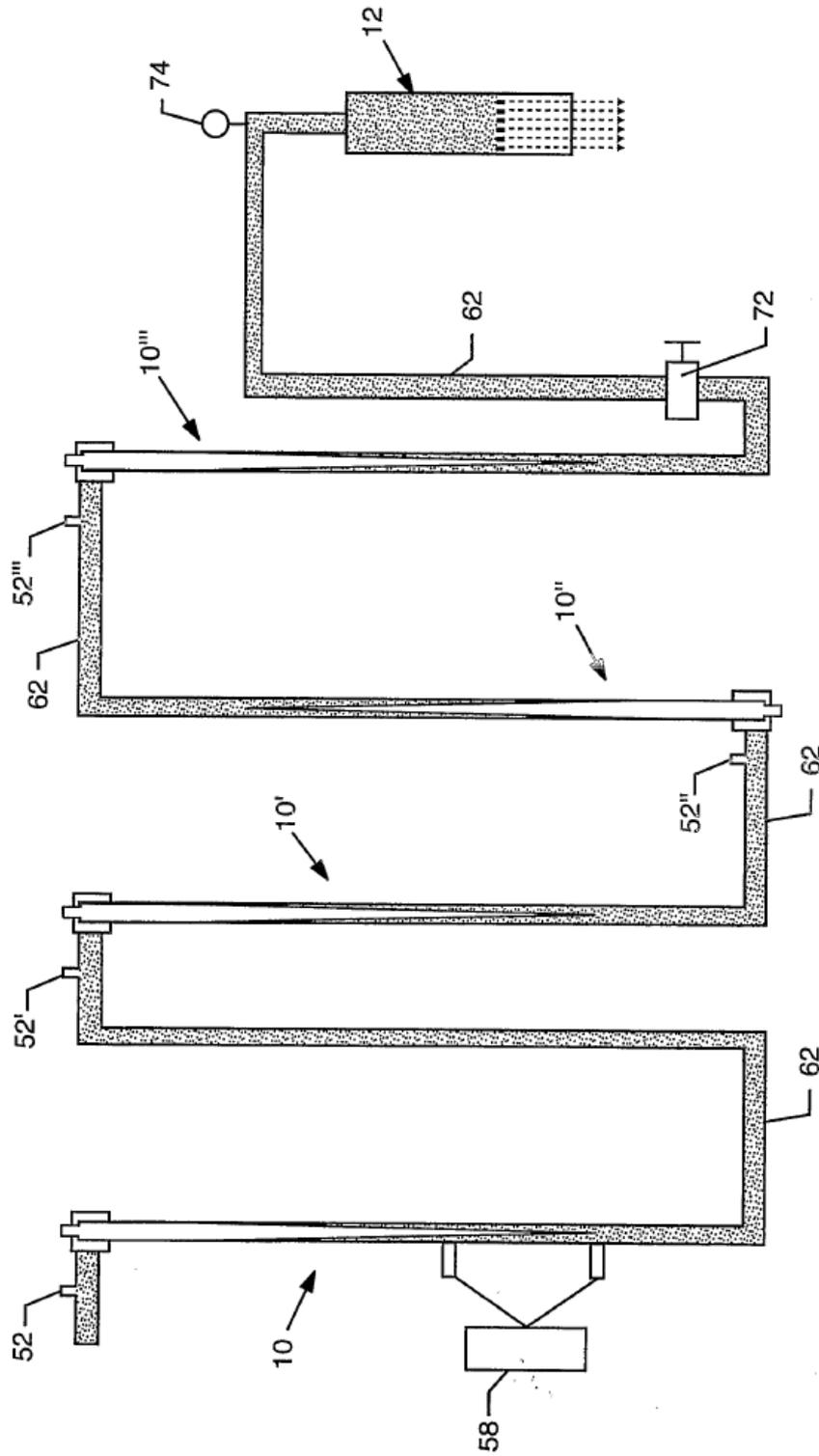


FIG. 10

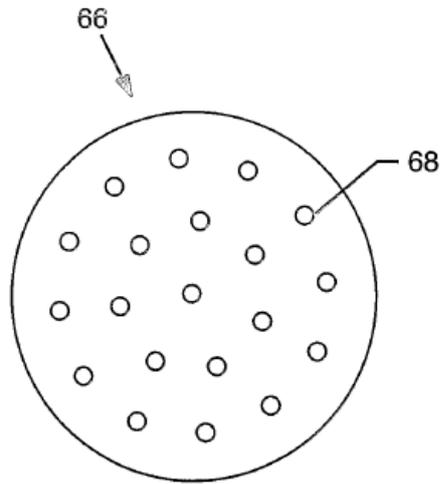
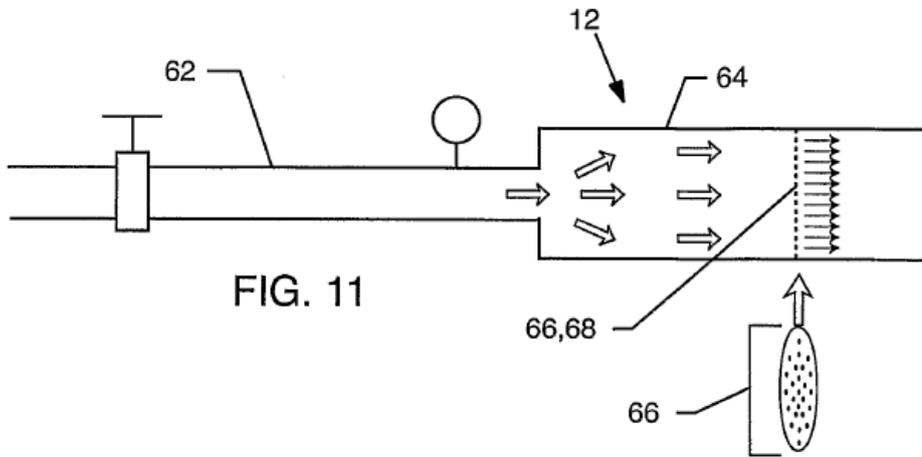


FIG. 12

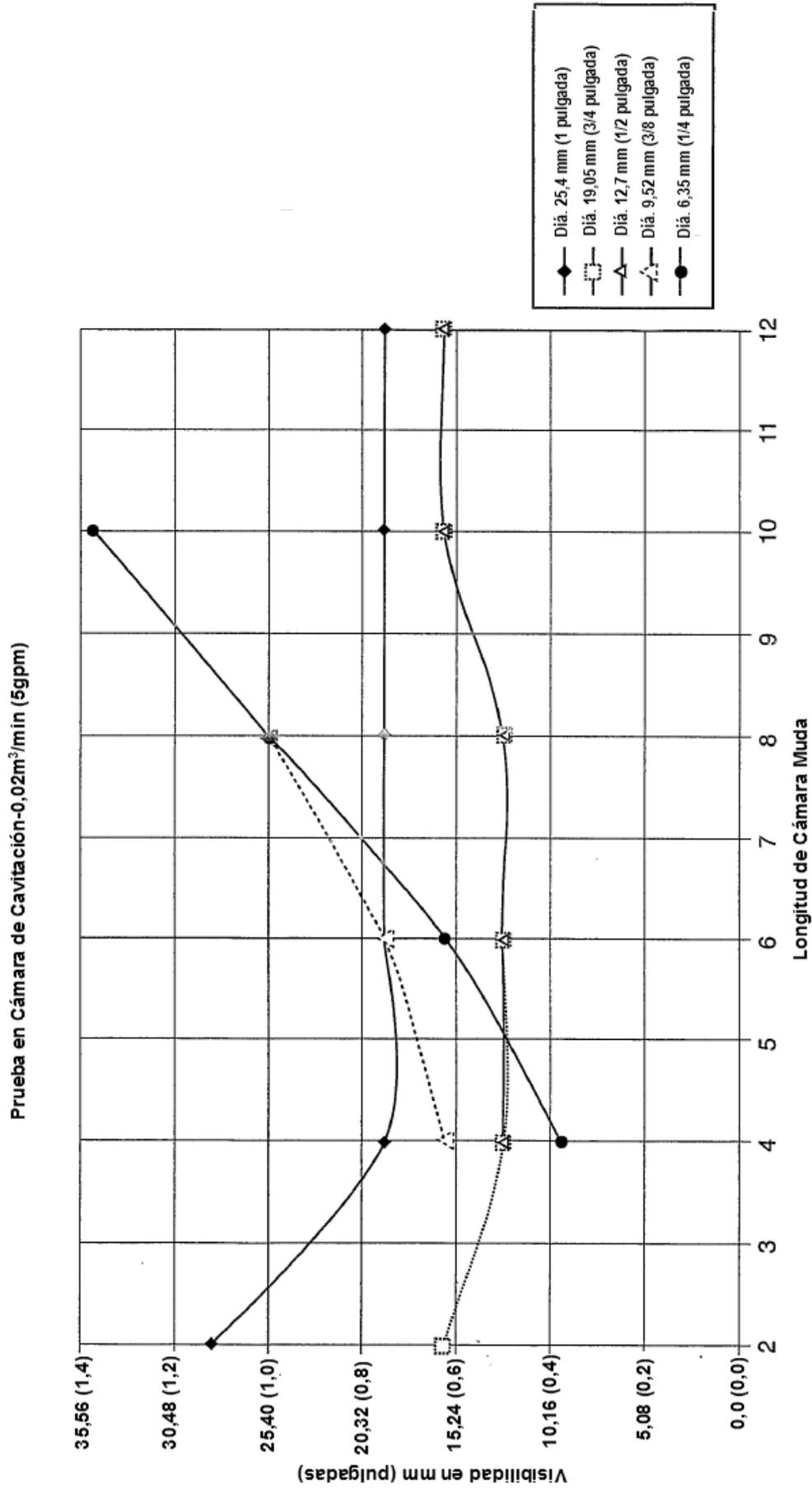


FIG. 13

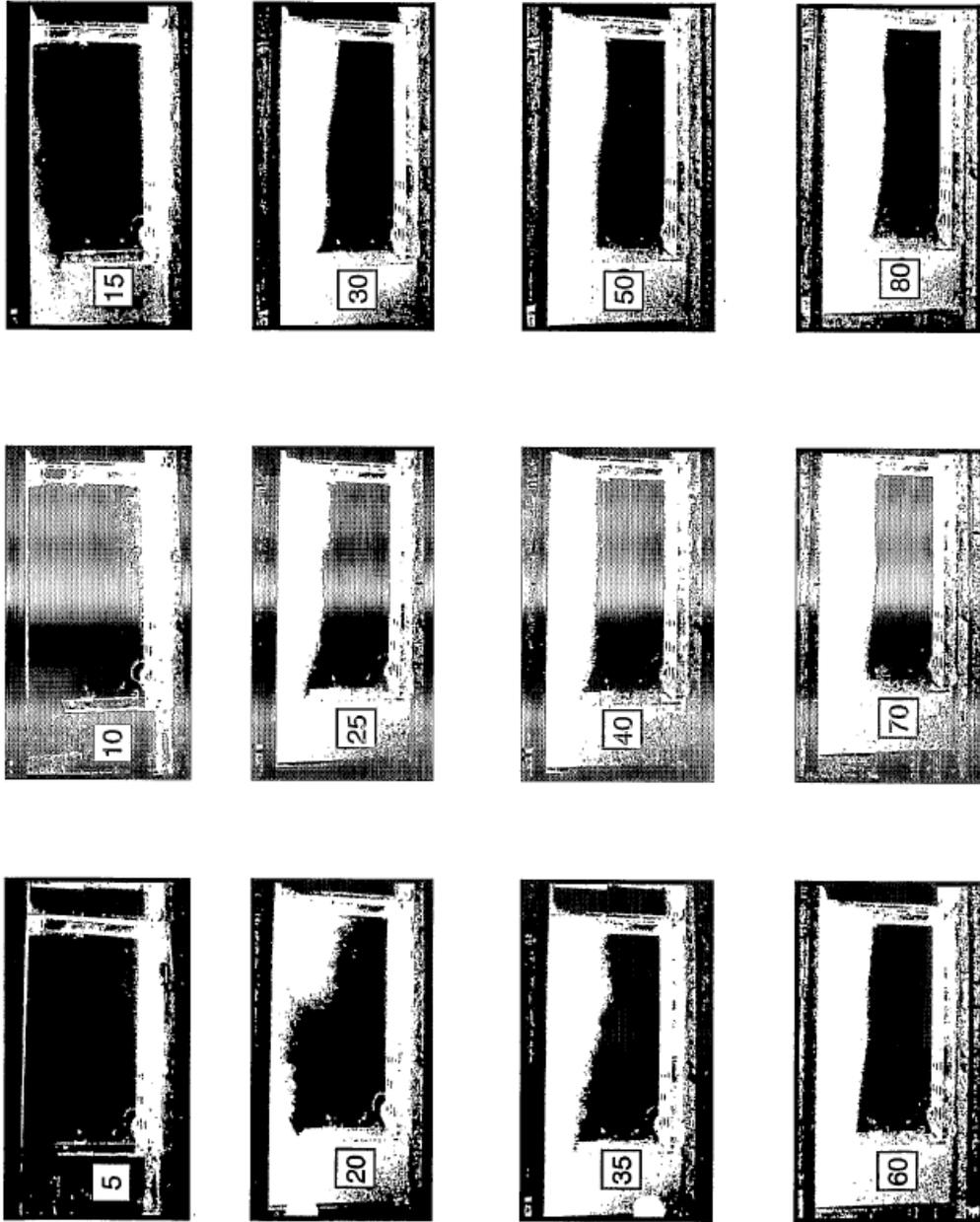


FIG. 14

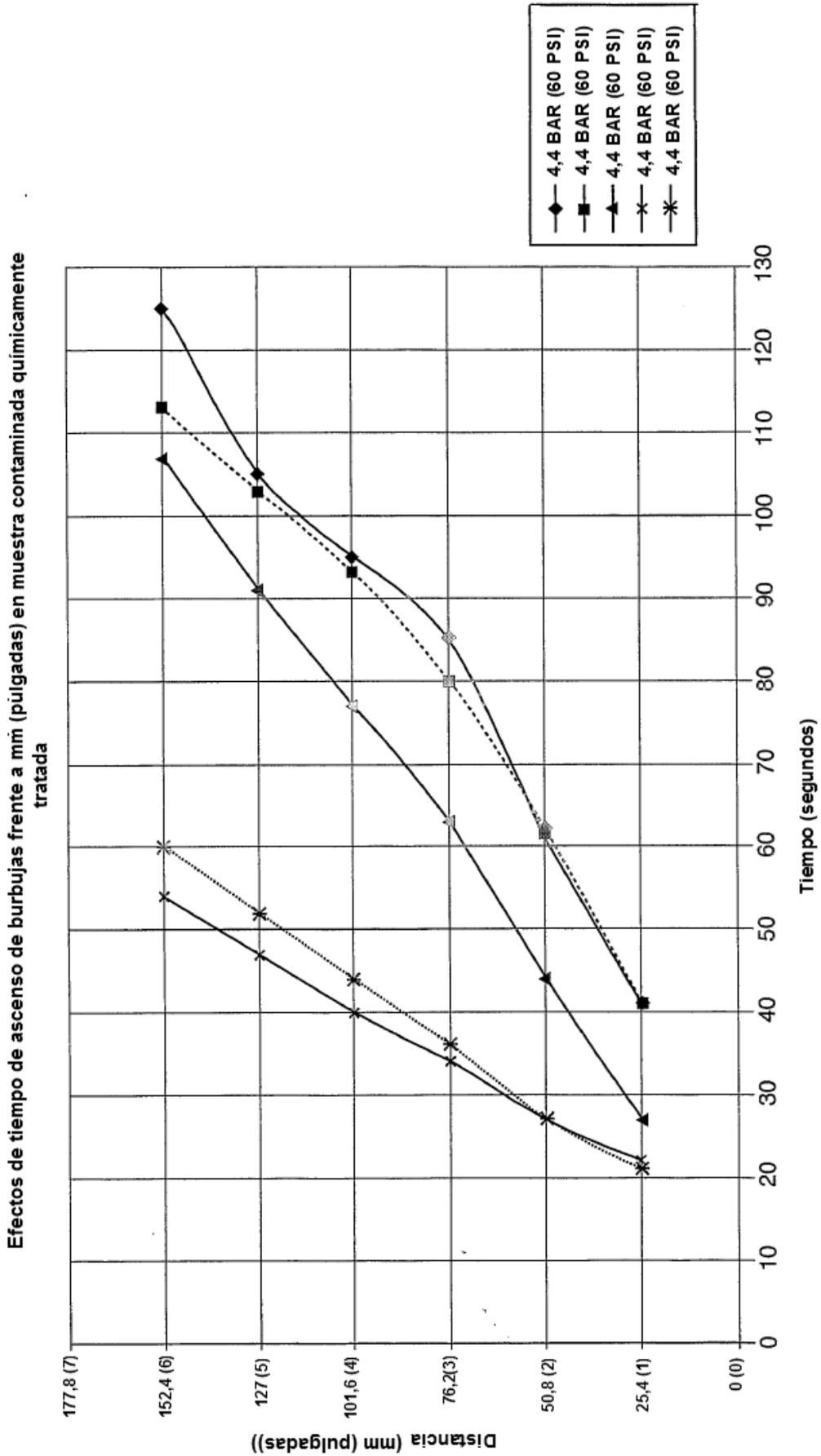


FIG. 15

38,1 mm (6/4 pulgadas)

# de Orificios	Hertz	M ³ /MIN (G PM)	P1	P2	Delta P	Vis 0,61 m (2 Pies)	Tamaño Python
7	46	0,045 (10)	54	33	21	4,000	20
7	48	0,045 (10)	57	36	21	3,250	19
7	50	0,045 (10)	62	43	19	1,500	18
7	51	0,045 (10)	68	47	21	1,750	17
7	56	0,045 (10)	82	63	19	2,000	G
7	58	0,045 (10)	90	70	20	1,750	16
7							15
7							14

FIG. 16A

38,1 mm (6/4 pulgadas)

# de Orificios	Hertz	M ³ /MIN (G PM)	P1	P2	Delta P	Vis 0,61 m (2 Pies)	Tamaño Python
20	40	0,045 (10)	38	32	6	6,000	20
20	41	0,045 (10)	40	36	4	4,000	19
20	45	0,045 (10)	50	45	5	3,500	18
20	46	0,045 (10)	51	46	5	2,750	17
20	52	0,045 (10)	70	66	4	3,250	G
20	54	0,045 (10)	76	70	6	2,750	16
20	56	0,045 (10)	83	78	5	3,500	15
20	60	0,045 (10)	96	91	5	7,000	14

FIG. 16B

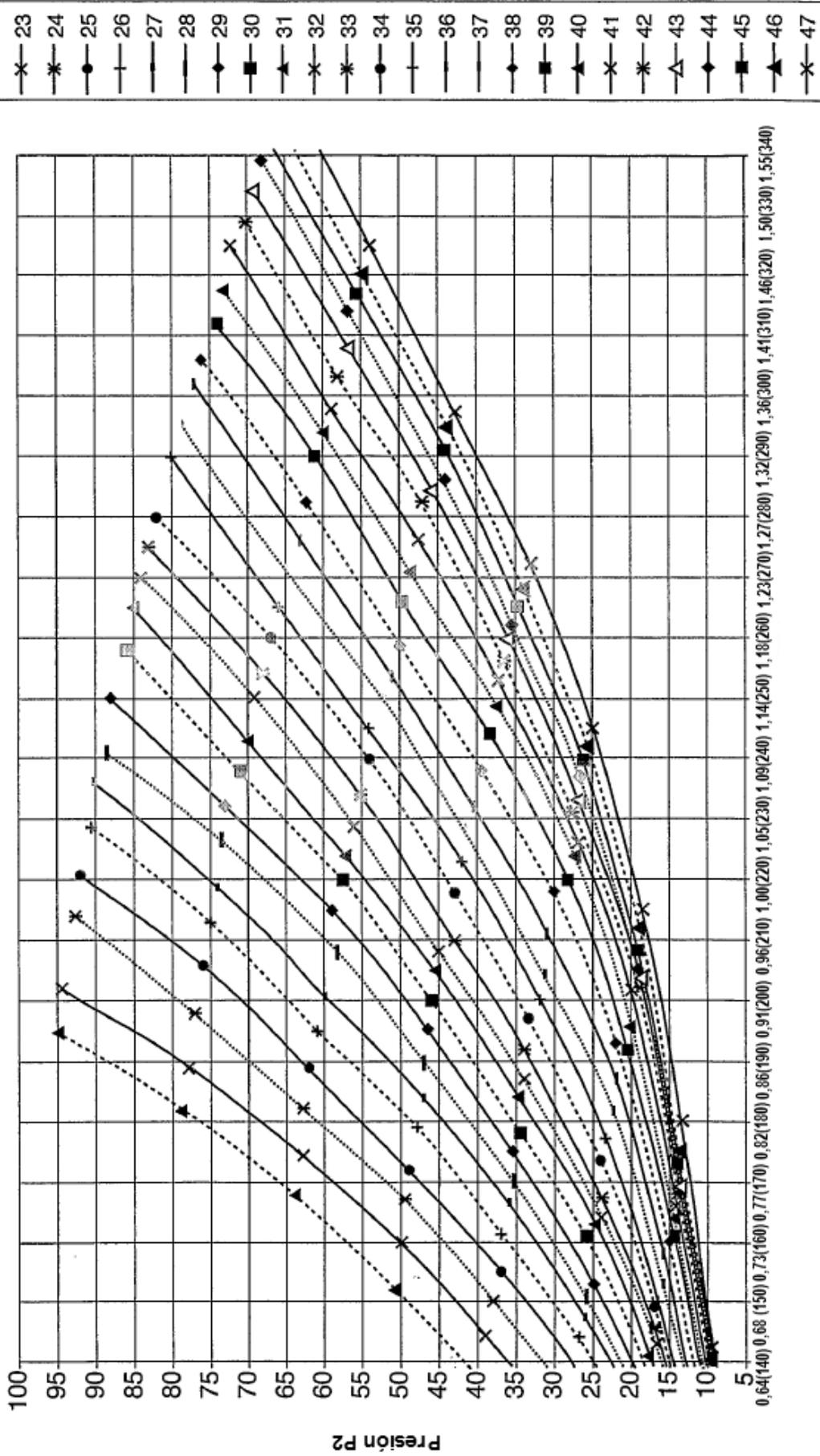
38,1 mm (6/4 pulgadas)

# de Orificios	Hertz	M ³ /MIN (G PM)	P1	P2	Delta P	Vis 0,61 m (2 Pies)	Tamaño Python
28	40	0,045 (10)	38	36	2	5,000	20
28	42	0,045 (10)	43	39	4	3,500	19
28	44	0,045 (10)	48	45	3	3,500	18
28	46	0,05 (10,2)	52	48	4	3,000	17
28	48	0,043 (9,5)	59	55	4	2,500	G
28	51	0,044 (9,7)	68	64	4	2,750	16
28	54	0,045 (10)	76	72	4	3,500	15
28	60	0,045 (10)	95	92	3	3,500	14

FIG. 16C

Prueba Python en Reactor de 76.2 mm (3 pulgadas), Orificio 9.52 (3/8) en Reactor de 40 orificios

M3/MIN (GPM) frente a Presión Python



M3/MIN (GPM)

FIG. 17

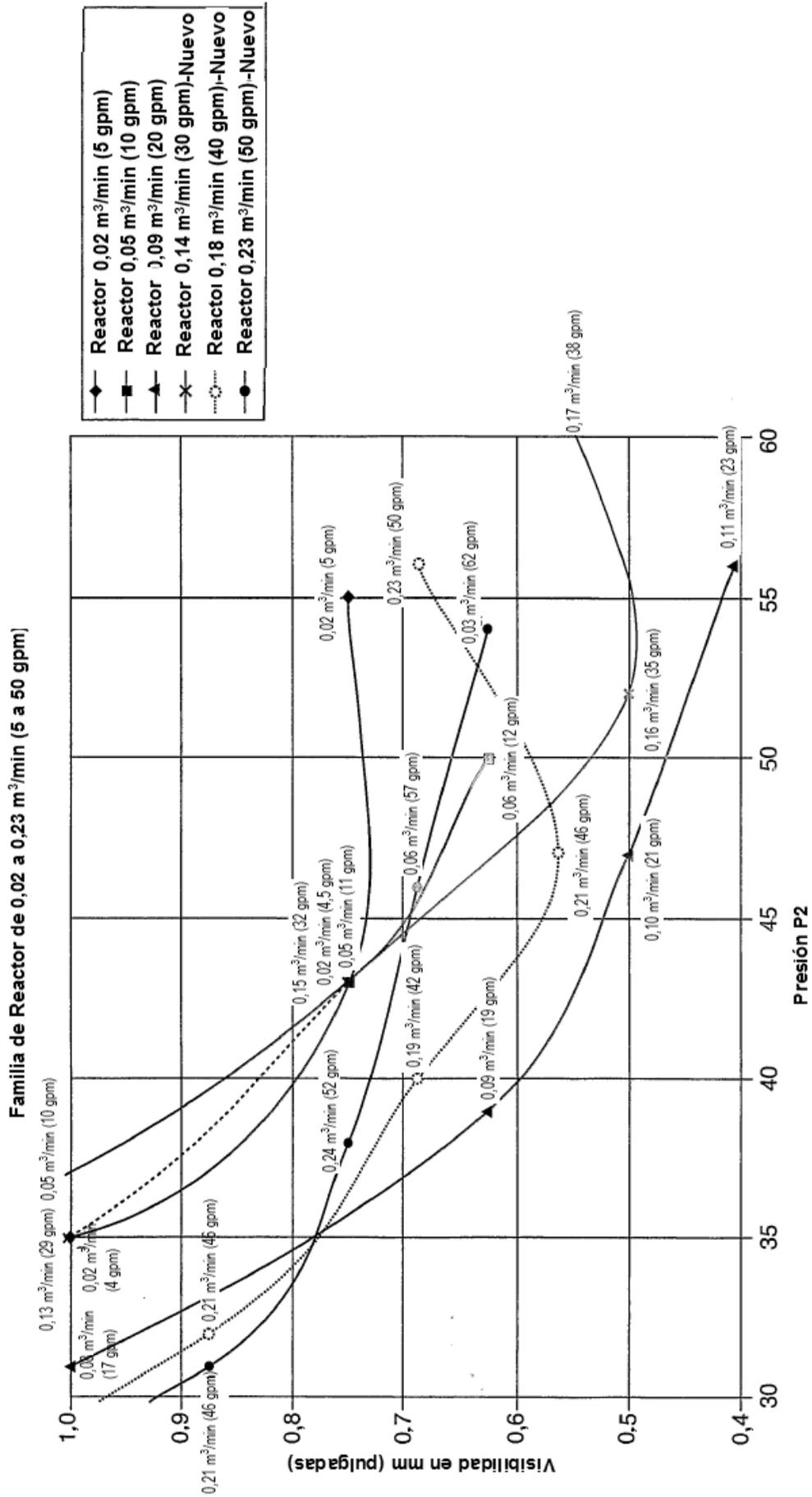


FIG. 18

