

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 606**

51 Int. Cl.:

**B09B 3/00** (2006.01)

**A61L 11/00** (2006.01)

**B01J 19/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2011 PCT/GB2011/050145**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011 WO11092509**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2011 E 11701862 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 2528699**

54 Título: **Aparato y procedimiento para tratar desechos**

30 Prioridad:

**28.01.2010 GB 201001375**

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

**01.03.2021**

73 Titular/es:

**AEROTHERMAL GROUP HOLDINGS LIMITED  
(100.0%)**

**52 New Town  
Uckfield, East Sussex TN22 5DE, GB**

72 Inventor/es:

**TOLL, IAN CECIL;  
TOLL, CHRISTIAN ANDREW IAN;  
BAILEY, NIGEL ANTHONY y  
WANG, ZHENGJIAN**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

ES 2 808 606 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

Aparato y procedimiento para tratar desechos

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere a un aparato y a un procedimiento para el tratamiento de desechos incluyendo pero sin limitarse a desechos sólidos municipales (DSM). Los desechos adecuados se clasificarán normalmente como no peligrosos y no tóxicos y pueden ser al menos en parte biodegradables o pueden ser totalmente biodegradables. Su composición puede depender del grado de la clasificación previa exigida por un municipio. Pueden incluir desechos domésticos o fracciones clasificadas de desechos domésticos, desechos de restauración (incluyendo desechos de restaurantes u otras instalaciones de restauración), desechos biodegradables de supermercados, desechos de papel y plásticos biodegradables, desechos comerciales parcial o totalmente biodegradables o mezclas de los mismos. Pueden incluir desechos alimentarios y de cocina y papel u otros desechos de materiales orgánicos y como desechos reciclables no biodegradables de componentes, por ejemplo plásticos, vidrio o una mezcla de los mismos. También pueden incluir desechos especializados, tales como desechos de origen animal y de pescado, por ejemplo, desechos de mataderos, desechos de mariscos, desechos de productos avícolas y desechos alimentarios de supermercados.

20 **Antecedentes de la invención**

El documento US-A-4540495 (Holloway, 1985) se refiere a un procedimiento para el tratamiento de desechos sólidos municipales (DSM). Da a conocer que los desechos comprenden fracciones inorgánicas, orgánicas y sintéticas. Se dice que la mayor parte de la fracción inorgánica son envases de metal y vidrio, cerámica, mampostería, materiales de construcción y similares. La fracción orgánica que se indica que comprende el 80% en peso de DSM consiste en lignocelulosa, por ejemplo, productos de papel junto con desechos de jardín (verdes) y desechos alimentarios. La fracción sintética comprende envases de plástico, película de plástico y otros productos de plástico sintético. Se dice que la fracción orgánica representa la mayor fuente económicamente accesible de materia prima de lignocelulosa del mundo industrializado para su conversión en alcohol y otros productos químicos industriales. Se explica además que los DSM constituyen una preocupación ambiental debido a la disponibilidad cada vez menor de vertederos. Se da a conocer un procedimiento de tratamiento en el que los DSM se alimentan a un recipiente a presión, se someten a calor a 132-160°C (270-320°F) a una presión de desde 276-517 kPa (de 40 a 75 psi) durante 30-90 minutos con introducción de vapor para dar un contenido de humedad residual del 60-70%, se descargan y se clasifican para dar una fracción orgánica como finos con un contenido de humedad del 60-70%.

El documento US-A-4884351 (Holloway) da a conocer un autoclave para el manejo de desechos sólidos municipales que tiene la forma de un recipiente cilíndrico inclinado aproximadamente 15° con respecto a la horizontal y que tiene extremos troncocónicos, cerrado cada uno de ellos por una escotilla articulada. La escotilla, en el extremo superior, sirve como entrada para los desechos que van a procesarse, y en el extremo inferior sirve como salida para los desechos procesados. El autoclave está soportado para su rotación alrededor de su eje longitudinal y tiene aspas internas formando un ángulo de aproximadamente 30° con respecto a su eje, mediante lo cual, en un modo de rotación hacia adelante, las aspas dirigen el material hacia el extremo inferior del autoclave durante el llenado y/o la descarga, y en un modo de rotación inversa, el material que se procesa se transporta hacia arriba y axialmente hacia el extremo superior y se mezcla y se agita, produciéndose rotación inversa durante el procesamiento del material. El calentamiento se realiza mediante la introducción de vapor saturado a través de una entrada en el eje del recipiente y en el extremo superior del mismo, siendo la temperatura de procesamiento de 48-108°C (120-228°F) preferiblemente de 88-102°C (190-215°F) para romper las bolsas de película de plástico pero para dejar los materiales de plástico de baja densidad sustancialmente intactos para que puedan identificarse y separarse fácilmente de otros componentes de los desechos.

El documento US-A-4974781 (Placzek) es similar y tiene como objeto la transformación en pasta de material de desecho que puede transformarse en pasta, siendo el contenido en agua del desecho normalmente del 50% en peso. Los desechos y el agua se añaden a un autoclave rotativo o un denominado "trómel" para dar un contenido en humedad de al menos el 30% de los componentes absorbentes de humedad de los desechos, considerándose óptimo un contenido en humedad del 65-75%. Una temperatura de trabajo de 100-115°C (212-240°F) se considera la mejor para la recuperación de plásticos y de 115-149°C se considera la mejor para la transformación de nuevo en pasta. El autoclave, que en uso está inclinado hacia abajo en un ángulo de 4°, está dotado de cuchillas de elevación y aspas direccionales, una entrada de desechos en su extremo superior y una salida de desechos en su extremo inferior. La entrada y la salida tienen cada una un dispositivo de cierre en forma de una válvula de compuerta deslizante que puede moverse axialmente hacia o alejándose de la entrada o la salida. El vapor y el agua pueden pasar al interior del autoclave desde su extremo inferior a través de una tubería de inyección que se extiende hacia el interior de y gira con el autoclave, conectándose la tubería a un sello rotativo en el eje de rotación del autoclave adyacente al extremo de descarga.

El documento US-A-5445329 (Anderson) da a conocer un autoclave rotativo montado en un armazón de soporte mediante muñones, de modo que el eje del autoclave puede inclinarse en cualquier dirección, de modo que en un

extremo de su desplazamiento de inclinación, su extremo delantero está orientado hacia abajo formando un ángulo de 45° con respecto a la vertical y en el otro extremo de su desplazamiento de inclinación, el extremo delantero está orientado hacia arriba formando un ángulo de 22° con respecto a la vertical, correspondiendo estos a los estados de carga y descarga, respectivamente. El recipiente se soporta en el armazón sobre soportes rotativos dotados de sensores de carga basados en galgas extensiométricas y mediante cojinetes de empuje. Un extremo del autoclave tiene una puerta para la rotación y descarga de la carga, y el otro extremo del autoclave está dotado de un colector externo desde el cual puede introducirse vapor en el autoclave a medida que rota por medio de un árbol hueco que se extiende en voladizo hacia el interior del recipiente en una parte de su extensión longitudinal, normalmente el 15-25% de la longitud total del recipiente, estando dotado el eje a lo largo de su longitud de chorros o aberturas separadas a través de las cuales puede introducirse vapor en el interior del autoclave. Los sensores de carga basados en galgas extensiométricas están en forma de rodillos adyacentes a los extremos opuestos del autoclave y se proporcionan para medir la distribución de carga viva dentro del recipiente. La entrada de los sensores se usa para efectuar una distribución aproximadamente igual del material ubicado en el recipiente durante la operación de tratamiento y para controlar el ángulo de inclinación del recipiente, de modo que si un sensor asociado con un soporte frontal del recipiente detecta una carga significativamente mayor que un sensor asociado con un soporte posterior del recipiente, el extremo frontal del recipiente se eleva para hacer que el material dentro del recipiente se mueva hacia el extremo posterior del mismo, formando esto parte de una operación denominada "equilibrado automático". No se da a conocer nada sobre el uso de sensores de carga en un autoclave que tiene un eje de rotación fijo.

El documento US-A-5655718 (Anderson, divisional del documento US-A-5445329) se refiere a un método de tratamiento de material de proceso, que comprende: introducir un primer lote de material de proceso que va a tratarse en el interior de un primer recipiente que tiene un eje longitudinal; hacer rotar el primer recipiente alrededor de su eje longitudinal; elevar la temperatura en el interior del primer recipiente a través de la introducción de vapor al interior del primer recipiente; introducir un segundo lote de material de proceso que va a tratarse en el interior de un segundo recipiente; reducir la temperatura en el interior del primer recipiente al tiempo que se aumenta la temperatura en el interior del segundo recipiente mediante la emisión del vapor del interior del primer recipiente y la introducción del vapor emitido al interior del segundo recipiente; continuar con la rotación del primer recipiente después de que el vapor en el interior del primer recipiente se haya emitido al segundo recipiente para facilitar el secado del material de proceso en el primer recipiente; hacer rotar el segundo recipiente alrededor de su eje longitudinal al tiempo que se hace rotar el primer recipiente; y vaciar el primer lote de material de proceso del primer recipiente.

En el documento US-A-7347391 (Michalek) se describe que se proporcionan entradas de vapor axiales en ambos extremos del recipiente, estando soportado el recipiente de modo que su dirección de inclinación pueda invertirse con el fin de superar el problema de la compactación de la carga.

La esterilización de los desechos por calor y presión, la separación de la materia orgánica y la fermentación seguida de destilación para retirar el alcohol, la centrifugación para retirar las grasas y los componentes alimentarios animales y la digestión anaerobia del efluente para recuperar el metano se dan a conocer en el documento WO 82/01483 (Holloway), véase también el documento WO 2004/041733 (Anderson, Comprehensive Resources).

El documento EP-A-2105414 (Anderson, Sterecycle, divisional de una solicitud europea correspondiente al documento WO 2004/041733) reivindica un método de tratamiento de material de desecho, que incluye materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo los materiales orgánicos almidones, celulosa y otros hidratos de carbono, comprendiendo el método: (a) someter el material de desecho a temperatura, presión y humedad aumentadas dentro de un aparato mediante la introducción de vapor en el aparato; (b) aumentar la temperatura y la presión dentro del aparato en una cantidad efectiva para hacer que el vapor alcance un estado saturado dentro del aparato; (c) reducir rápidamente la presión dentro del aparato para hacer que el vapor se sobrecaliente; (d) retirar el material del aparato y hacer pasar el material a través de una criba para separar el material por tamaño (por ejemplo, haciendo pasar material de tamaño <12 mm); y (e) diluir la biomasa obtenida a partir de los autoclaves de vapor con agua y someter al menos una parte de la mezcla diluida a digestión anaerobia en la que la parte de la mezcla se convierte en uno o más de un biogás adecuado para su uso como combustible, y un lodo residual. En particular, el procedimiento implica diluir al menos una primera parte del material con agua al tiempo que se agita la mezcla diluida resultante una cantidad suficiente y a una temperatura efectiva para hacer que las fibras de celulosa que llegan a retorcerse y enredarse durante el procesamiento dentro del aparato, se relajen y se enderecen o se desenreden. La memoria explica que se ha encontrado que las temperaturas de entre 126 y 132°C (260-270°F) alcanzadas dentro de los autoclaves de vapor potencian las características de las fibras de celulosa separadas de la biomasa producida por los autoclaves. Explican además que la fibra de papel generalmente incluye lignina que se une a la fibra de celulosa, la hemicelulosa, que es la parte soluble de la celulosa, y la celulosa, que es muy difícil de solubilizar a menos que se trate con ácidos, etc. Debido a que el punto de reblandecimiento de la lignina es de aproximadamente 128°C (262°F), las temperaturas alcanzadas dentro del autoclave de vapor hacen que la lignina que se une a las fibras de celulosa se ablande, pero la lignina no se calienta lo suficiente como para cristalizarse. Los plásticos de bajo punto de fusión dentro de la biomasa forman pequeñas perlas que se separan fácilmente durante las separaciones por densidad y tamaño posteriores para que no se incluyan con las fibras de celulosa usadas por la industria papelera. No se da a conocer ni se sugiere la digestión anaerobia del material celulósico y la

hidrólisis de la celulosa durante la etapa de esterilización en autoclave para facilitar o mejorar la etapa de digestión anaerobia.

5 El documento WO 2009/095693 (Reclaim Resources) da a conocer un procedimiento y un aparato para reciclar desechos sólidos municipales que comprende someter los desechos a vapor a 150-200°C. Después del tratamiento con vapor, el material resultante se separa en partes constituyentes y biomasa y/o los plásticos se someten a un tratamiento adicional que preferiblemente produce bioetanol a partir de la biomasa y diésel a partir de los plásticos. Como alternativa, parte o la totalidad de la biomasa puede gasificarse con el fin de producir hidrógeno, que a su vez puede alimentarse a una pila de combustible para producir una salida eléctrica. El biodiesel o bioalcohol también puede usarse para producir electricidad. No se da a conocer ni se sugiere la realización del tratamiento de vapor en autoclave bajo una combinación de condiciones de contacto térmico, temperatura y presión de manera que el componente celulósico se hidrolice significativamente dentro del autoclave.

15 Un aspecto adicional del diseño de autoclave industrial se refiere a una puerta de bloqueo oscilante que se reconoce en *Wikipedia* que es la pieza de hardware más costosa e importante en un autoclave. Para autoclaves de diámetro > cuatro pies (1,2 metros) resulta convencional usar una disposición de anillo de bloqueo rotatorio o la denominada "puerta de bloqueo de cierre". El documento US-A-2841308 (Weicker) da a conocer una disposición de este tipo. Un recipiente a presión circular tiene un anillo de bloqueo rotatorio montado en el recipiente adyacente a una abertura circular del mismo, teniendo el anillo una serie de orejetas orientadas hacia el interior alrededor de su circunferencia. La puerta también tiene una serie de orejetas orientadas hacia el exterior alrededor de su circunferencia, actuando las orejas de anillo conjuntamente con las orejetas de la puerta de modo que cuando el anillo rota en un sentido de cierre, la puerta queda bloqueada por superficies de leva en las orejetas, y cuando el anillo gira en sentido inverso, el anillo y las orejetas de cierre se mueven a una relación desbloqueada en la que la puerta puede moverse axialmente alejándose de la abertura. Una disposición generalmente similar se da a conocer en el documento US-A-2936093 (Passalacqua) y en el documento US-A-3804288 (Piegza).

20 El documento GB 593205 (Leeds & Bradford Boiler Company, 1947) da a conocer un recipiente a presión que tiene una puerta articulada y una entrada de vapor en el centro de la puerta. La patente estadounidense 2008/217444 (Michalek) da a conocer un aparato y un método para procesar productos de desecho sólidos que proporciona eliminación periódica de agua mientras el contenido está bajo presión. El aparato comprende un recipiente cilíndrico montado de manera rotatoria que tiene un primer extremo, un segundo extremo y una superficie interior. El recipiente se soporta sobre un punto de apoyo para el movimiento entre una posición en la que el primer extremo está más alto que el segundo extremo y una posición en la que el segundo extremo está más alto que el primer extremo. Ese movimiento permite que un operador equilibre la carga de la operación de carga de los productos de desecho antes y durante el tratamiento con vapor y que se agite la carga longitudinalmente. El recipiente tiene al menos un extremo que termina en una escotilla que puede abrirse para permitir el acceso al interior del recipiente y que puede cerrarse de manera sellada para permitir la presurización del recipiente. Una entrada de vapor para inyectar vapor está dispuesta en uno o ambos extremos y se dota a la o a cada entrada de vapor mediante conductos de vapor que están adaptados para albergar el movimiento y la rotación del recipiente.

40 **Sumario de la invención**

45 En algunas realizaciones, la presente invención permite el procesamiento de desechos municipales sin clasificar, eliminando la necesidad de recogidas independientes para materiales reciclables, así como para desechos de supermercados, incluyendo desechos de alimentarios. Las realizaciones del presente procedimiento también incluyen desechos clínicos y subproductos animales, y permiten la fácil separación de materiales reciclables limpios y estériles.

50 La invención proporciona un método de tratamiento de desechos sólidos según la reivindicación 1 que comprende:

introducir dichos desechos en el interior de un autoclave rotativo que tiene una orientación fija inclinada hacia abajo hacia su extremo de descarga y tiene una puerta en el extremo de descarga para cerrar el autoclave;

55 inyectar vapor para tratar la carga a través de dicha puerta por medio de una cámara impelente definida entre una región abombada frontal de la puerta y una placa sujeta a la puerta en un pequeño espacio hacia el interior de dicha región, realizándose la inyección por medio de una línea de administración de fluido, un conector rotativo estanco a la presión y una entrada que pasa axialmente a través de la región abombada para conducir vapor desde el conector rotativo al interior del autoclave; y

60 hacer pasar vapor desde la cámara impelente al interior del autoclave a través de salidas definidas en la placa y a través de una pluralidad de dispositivos unidireccionales colocados en las salidas y que proporcionan trayectorias paralelas desde la cámara impelente al interior del autoclave, impidiendo los dispositivos unidireccionales que entren desechos sólidos en la cámara impelente procedentes del interior del autoclave y siendo discos de acero inoxidable poroso o válvulas unidireccionales.

65 La invención también proporciona un autoclave rotativo según la reivindicación 8, que tiene un interior para tratar

desechos sólidos, que está soportado en un armazón de soporte en una orientación fija inclinada hacia abajo hacia su extremo de descarga y que tiene una puerta en el extremo de descarga,

5 proporcionándose medios en dicha puerta para inyectar vapor a través de dicha puerta por medio de una cámara impelente en dicha puerta al interior de dicho autoclave para tratar la carga, estando definida dicha cámara impelente entre una región abombada frontal de la puerta y una placa sujeta a la puerta en un pequeño espacio hacia el interior de dicha región, incluyendo dichos medios para inyectar vapor una línea de administración de fluido, un conector rotativo estanco a la presión y una entrada que pasa axialmente a través de región abombada para conducir vapor desde el conector (258) rotativo al interior del autoclave,

10 comunicando la cámara impelente con el interior del autoclave a través de salidas definidas en la placa y a través de una pluralidad de dispositivos unidireccionales colocados en las salidas y que proporcionan trayectorias paralelas desde la cámara impelente al interior del autoclave, impidiendo los dispositivos unidireccionales que entren desechos sólidos en la cámara impelente procedentes del interior del autoclave y siendo discos de acero inoxidable poroso o válvulas unidireccionales.

15 Realizaciones de la invención permiten que se procesen desechos en un autoclave de diseño sencillo y mecánicamente fiable sin que los desechos formen una masa compactada que posteriormente no pueda hacerse circular libremente a través del autoclave y por tanto, que sean resistentes a un procesamiento adicional.

20 Una realización proporciona un método para tratar desechos sólidos que comprende: introducir dichos desechos en un autoclave rotativo que está inclinado hacia abajo hacia su extremo de descarga y tiene una puerta en el extremo de descarga; e inyectar vapor a través de dicha puerta en dicho autoclave para tratar la carga.

25 Una realización proporciona además un método para tratar desechos sólidos, que comprende esterilizar en autoclave con vapor los desechos, digerir anaerobiamente una fracción rica en materia orgánica de los desechos esterilizados en autoclave, recuperar gas que contiene metano de la digestión anaerobia, someter a combustión interna el gas que contiene metano para generar energía y gas de escape, y generar vapor para esterilizar en autoclave usando el gas de escape.

30 Una realización proporciona un autoclave tal como se ha mencionado anteriormente en combinación con una planta para tratar desechos sólidos, que comprende al menos un tanque de digestión anaerobia para digerir una fracción rica en materia orgánica de los desechos esterilizados en autoclave, un sistema de recuperación para recuperar gas que contiene metano del o de cada tanque de digestión, al menos un motor de combustión interna para someter a combustión el gas que contiene metano y generar energía, y un generador de vapor alimentado con gas de combustión procedente del motor de combustión interna para generar y acumular vapor para suministrar a dicho al menos un autoclave.

35 Surge un problema en el tratamiento en autoclave de desechos en un autoclave en el que el eje de rotación está fijo y por ejemplo, se inclina hacia adelante y hacia abajo, especialmente con desechos que contienen una alta proporción de material celulósico tal como papel y cartón. El resultado de transportar los desechos al interior del autoclave puede ser dar lugar a una masa compactada de material en la base o el extremo delantero del autoclave como resultado de la rotación hacia adelante del autoclave durante la operación de alimentación y la acción de las aspas de rosca dentro del autoclave. La masa compactada resultante puede ser difícil de dispersar durante el procesamiento posterior por vacío o vapor simplemente con la rotación del autoclave en un sentido opuesto al sentido de rotación durante la introducción de la carga, por lo que la masa compactada puede no tratarse entonces de manera efectiva durante las fases de tratamiento con vacío y vapor del ciclo de esterilización en autoclave y, en casos extremos, puede requerir la extracción manual al final de tal ciclo. Incluso los casos ocasionales de masa compactada persistente al final de la esterilización en autoclave pueden dar lugar a dificultades de funcionamiento significativas. Por tanto, es deseable proporcionar un método para monitorizar externamente el comportamiento de la carga durante las fases de tratamiento con vacío y/o vapor para garantizar que la carga no haya permanecido como una masa compactada y esté circulando entre los extremos del autoclave.

40 Por consiguiente, aún una realización adicional de la divulgación proporciona un método de tratamiento de material de desecho en un autoclave rotativo, que comprende: cargar el material de desecho en una abertura superior del autoclave mientras se hace rotar el autoclave en un primer sentido en el que las aspas de rosca dentro del autoclave transportan los desechos hacia adelante a lo largo de un cuerpo inclinado hacia abajo del autoclave hacia una base del autoclave; hacer rotar el autoclave en un segundo sentido opuesto al primer sentido para establecer una circulación del material cargado entre los extremos superior e inferior del autoclave para facilitar el tratamiento con vacío y/o vapor del mismo; y monitorizar la carga conferida por los extremos superior e inferior adyacentes del autoclave durante la rotación inversa, proporcionando el aumento de la carga adyacente al extremo superior del autoclave una indicación de la circulación efectiva de la carga. Si la carga no está circulando como se desea, pueden tomarse medidas correctivas, por ejemplo añadiendo agua y/o vapor desde la base del autoclave, añadiendo agua y/o vapor en la parte superior del autoclave o ambos. Puede usarse control lógico programable (PLC) para modificar dinámicamente los parámetros de control del procedimiento para garantizar que los desechos se movilicen completamente dentro del autoclave y tengan una temperatura uniforme en todo momento.

La hidrólisis es la etapa de control en la digestión anaerobia (DA) de sólidos orgánicos. El procedimiento de hidrólisis requiere semanas para completarse en un procedimiento de DA tradicional. Una desventaja importante para la DA de desechos sólidos es que el procedimiento requiere grandes capacidades de reactor. Mediante un pretratamiento en autoclave, la mayoría de los sólidos orgánicos con una combinación adecuada de contacto, temperatura de procesamiento y tiempo de procesamiento pueden hidrolizarse y licuarse térmicamente. Por tanto, el tiempo de retención para el siguiente procedimiento de DA puede acortarse significativamente y el tamaño del tanque del digestor puede reducirse significativamente. Además, la combinación de degradación térmica y mecánica inducida por el autoclave tiene el efecto de aumentar enormemente la cantidad de material orgánico que puede digerirse por DA.

Otro inconveniente importante para la DA tradicional es la toxicidad del amoníaco para los microorganismos anaerobios asociados con el tratamiento de desechos con alto contenido en proteínas. La desnaturalización térmica y/o la hidrólisis de proteínas en un autoclave alivian la inhibición de la actividad bacteriana por la acumulación de amoníaco. Los desechos con alto contenido en proteínas incluyen desechos de matadero y desechos de subproductos animales, así como desechos alimentarios, por ejemplo, de supermercados y establecimientos de restauración. Un problema importante en los desechos de matadero es el tratamiento de la sangre, y se cree que los desechos de sangre de matadero pueden tratarse en un autoclave del presente tipo y luego transmitirse para la fermentación anaerobia sin acumulación de amoníaco inaceptable. Otra debilidad importante para la DA es que el procedimiento tiene una tolerancia limitada a las cargas de choque provocadas principalmente por las calidades desiguales de la materia prima. La esterilización en autoclave produce una materia prima completamente homogeneizada para el AD que reduce significativamente los riesgos de las cargas de choque.

Un problema adicional al que se refiere la divulgación es proporcionar un mecanismo de puerta para un autoclave para tratar desechos municipales u otros desechos sólidos, en el que el mecanismo de bloqueo y liberación es resistente a atascarse u obstruirse, por ejemplo con una banda o cinta o con piezas de material textil que forman parte de los desechos que están tratándose, y que es fácil de limpiar, por ejemplo con una manguera de presión.

Una realización del autoclave anterior incorpora un conjunto de puerta que comprende una puerta con resaltes y un reborde de autoclave dotado de un anillo de bloqueo, en el que el anillo de bloqueo tiene bloques de bloqueo de configuración en U orientada hacia el interior entre los que pueden pasar los resaltes de la puerta cuando el anillo está en una posición de liberación y que cuando el anillo se hace rotar hacia una posición de cierre, atrapa los resaltes de la puerta contra una brida que sobresale del reborde, discurriendo la brida de reborde dentro de una pata interior de los bloques de bloqueo y alojándose los resaltes de la puerta detrás de una pata exterior de los bloques de bloqueo cuando el anillo se hace rotar hacia su posición de cierre.

En realizaciones, el anillo de bloqueo comprende placas anulares interiores y exteriores entre las que se sujetan los bloques de bloqueo, llevando la placa anular interior en la realización lleva cojinetes de rodillos configurados para discurrir sobre una pista en el reborde de autoclave para soportar de manera rotatoria el anillo de bloqueo y la pata interior de los bloques de bloqueo que se ubican dentro de una ranura del reborde del autoclave. Además, en realizaciones, las patas exteriores de los bloques de bloqueo y los resaltes de la puerta tienen caras de cuña opuestas configuradas para accionar mediante leva la puerta hacia el reborde cuando el anillo se hace rotar hacia su posición de cierre y las patas exteriores de los bloques de bloqueo están revestidas con un material de bajo rozamiento para el contacto con los resaltes del reborde. Las patas interiores de los bloques de bloqueo también pueden estar revestidas con un material de bajo rozamiento para el contacto con la brida que sobresale. Los revestimientos de material de bajo rozamiento también pueden unirse de manera extraíble a las patas exteriores e interiores. El material de bajo rozamiento puede ser PTFE en forma de lámina o bloque y puede unirse por medio de tornillos o pernos.

Para el autocentrado de la puerta cuando se cierra, el reborde puede formarse con una superficie troncocónica protuberante hacia el exterior que se opone a una superficie correspondiente de la puerta cuando la puerta se cierra para alinear la puerta con el reborde del autoclave y la puerta puede montarse en el autoclave para un desplazamiento lineal cuando está más cerca del autoclave y para un desplazamiento oscilante cuando está más alejado del autoclave.

La puerta del autoclave anterior incorpora una cámara impelente de vapor y dispositivos unidireccionales mediante los cuales el vapor puede pasar al interior del autoclave, pero el contenido del autoclave no puede pasar al interior de la cámara impelente, donde hay una pluralidad de tales dispositivos que proporcionan trayectorias paralelas desde la cámara impelente al interior del autoclave. El área de sección transversal de la trayectoria o trayectorias desde la cámara impelente al interior del autoclave definida por dichos dispositivos unidireccionales puede ser igual a o mayor que el área de una entrada para el vapor inyectado al interior de la cámara impelente con el fin de evitar la disminución de presión excesiva en los dispositivos unidireccionales. Tal como se explicó anteriormente, los dispositivos unidireccionales pueden ser discos de metal sinterizado que conducen desde la cámara impelente al interior del autoclave, o pueden ser válvulas de tipo hongo o de asiento cónico u otras válvulas unidireccionales que conducen desde la cámara impelente al interior del autoclave. El reborde puede tener juntas de estanqueidad anulares interior y exterior dotadas de lengüetas que se orientan alejándose de entre las juntas de estanqueidad

para resistir la presión y el vacío, llegando las lengüetas a comprimirse cuando la puerta se cierra y se deforma dando lugar a rebajes en el reborde.

5 El conjunto de puerta mencionado anteriormente es particularmente útil para la puerta de descarga de un autoclave inclinado hacia abajo, pero también puede proporcionarse en el extremo superior o de entrada del mismo. También se entenderá que las referencias al suministro de vapor también se aplican, cambiando lo que se deba cambiar, a la aplicación de vacío, puesto que tanto el vapor y como el vacío se usan en el procesamiento de desechos municipales u otros desechos sólidos.

10 Otras características de la invención se definen en las reivindicaciones adjuntas a las que se dirige la atención.

### **Breve descripción de los dibujos**

15 Ahora se describirá cómo puede ponerse en práctica la invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra esquemáticamente las partes de esterilización en autoclave y clasificación de una planta para tratar desechos sólidos municipales;

20 la figura 2 muestra esquemáticamente una planta de digestión aerobia que forma una parte adicional de la planta de la figura 1;

25 la figura 3 muestra esquemáticamente una planta de almacenamiento de gas, motores, una planta de tratamiento de sólidos y una planta de tratamiento y gestión de agua que forma parte de la planta de la figura 1;

la figura 4 es una vista oblicua simplificada desde un extremo inferior del mismo de un autoclave y una estructura de soporte, y que es una versión piloto de uno de los autoclaves de la planta de tratamiento de la figura 1, mostrándose las puertas superior e inferior en sus posiciones cerradas;

30 la figura 5 es una vista oblicua del autoclave de la figura 4 desde su extremo superior, mostrándose una puerta superior en su posición abierta;

la figura 6 es una vista lateral ligeramente oblicua del autoclave que muestra la puerta inferior en su posición abierta;

35 la figura 7 es una vista lateral adicional del autoclave con las puertas tanto superior como inferior abiertas y con el autoclave visto en sección vertical longitudinal para revelar sus aspas internas;

40 las figuras 8 y 9 son respectivamente una vista en sección vertical y una vista frontal de una puerta inferior que forma parte del autoclave de la figura 4, y las figuras 10 y 11 son vistas de una arandela de retención para su colocación en la puerta de las figuras 8 y 9;

la figura 12 es un diagrama de tiempos para el procesamiento por lotes usando un solo autoclave tal como se muestra en las figuras 4-7;

45 las figuras 13 y 14 son diagramas de flujo que muestran procedimientos que usan el autoclave a escala piloto de las figuras 4-7 y la digestión anaerobia a escala piloto;

50 la figura 15 es un gráfico de rendimiento de metano frente al tiempo para la digestión anaerobia de material a partir de desechos no tratados y material que se ha tratado en autoclave con vapor para hidrolizar al menos una parte significativa del material celulósico presente.

55 la figura 16 es una vista en planta de un reborde para colocar un recipiente a presión de un autoclave, un anillo de bloqueo portado por el reborde, y una puerta cerrada hasta el reborde, estando el anillo de bloqueo en una posición de liberación;

la figura 17 es una vista de la puerta y el anillo de bloqueo en alzado exterior;

60 la figura 18 es una sección del reborde, el anillo de bloqueo y la puerta y las figuras 19 y 20 son vistas en detalle ampliadas;

la figura 21 es una vista trimétrica desde arriba de un bloque que forma parte del anillo de bloqueo de las figuras 16-19 y la figura 22 es una vista en sección del bloque;

65 la figura 23 es una vista trimétrica de parte del conjunto de cámara impelente que encaja en la puerta de las figuras 16-20 que muestra la cara que se dirige hacia el cuerpo de autoclave, la figura 24 es una vista trimétrica adicional de la parte del conjunto de cámara impelente que muestra la cara que se dirige hacia la puerta y la figura 25 es una

sección del conjunto de cámara impelente; y

las figuras 26-28 muestran partes de un extremo de un autoclave, un anillo de bloqueo, una puerta y un mecanismo de puerta que muestra la puerta en las posiciones completamente cerrada, parcialmente abierta y completamente abierta.

**Descripción detallada de realizaciones preferidas**

Efectos de esterilizar en autoclave DSM

Hay un beneficio en hacer pasar los DSM a través de un autoclave, ya que el material resultante de alta fracción orgánica y alto contenido en agua puede someterse a digestión anaerobia que descompone la materia orgánica para producir gas metano, que puede usarse para accionar un generador para producir electricidad “verde”. Debido a que la electricidad se produce a partir de una fuente renovable, el RU actualmente atrae asignaciones adicionales bajo el esquema de Renewable Obligation Credits (ROC) desde diciembre de 2009, lo que hace que valga alrededor de 15 p por kWh, y la mayor parte de esta electricidad puede suministrarse a la red de distribución nacional. El proceso de generación de electricidad también genera calor residual, que se usa para producir el vapor para los autoclaves por medio de calderas de recuperación de calor residual. Además, el exceso de calor puede usarse para otros fines. Después de la retirada de metales y plásticos, puede retirarse el floculo de celulosa o, como en la realización dada a conocer, puede dejarse en la mezcla que entra en el digestor anaerobio.

El biogás que sale del digestor se usa para generar electricidad. El generador tiene sólo aproximadamente un 35% de eficiencia y el resto de la energía se libera en forma de calor, parte de la cual se usa para generar vapor para el autoclave. El lodo resultante del digestor puede quemarse como biomasa, colocarse en un gasificador para producir “gas de síntesis”, transformarse en compost o incluso transformarse en un material de construcción.

El procesamiento de los materiales orgánicos en el autoclave da como resultado que se descompongan mucho más rápidamente en el digestor anaerobio; la lignina (un compuesto químico complejo) en la materia orgánica comienza a descomponerse, por lo que se produce más gas más rápidamente. El rendimiento de gas puede ser el doble que el de los desechos no esterilizados en autoclave; además, la velocidad de flujo máxima de gas puede producirse en cuatro días en lugar de cuatro semanas.

La directiva de vertederos de la UE exige que la cantidad de desechos orgánicos enviados se reduzca a la mitad para 2013, y este requisito está respaldado por un régimen fiscal intensificado. El impuesto sobre vertederos de la UE está aumentando a una tasa de 8 libras por tonelada por año (actualmente es de 40 libras por tonelada) y se espera que alcance las 70 libras por tonelada en el plazo de 5 años. Incluyendo los impuestos, el coste de deshacerse de desechos en vertederos es actualmente de alrededor de 60 libras por tonelada. El clima social también está a favor de soluciones sostenibles para desechos; existe un deseo general de mostrar más preocupación por el medio ambiente, pero al mismo tiempo, a la gente no le gusta la idea de ser multado por arrojar demasiada basura o mezclar productos reciclables. Las realizaciones del procedimiento y aparato presentes no solo eliminan la necesidad de separar diferentes tipos de desechos; también pueden ofrecer a las autoridades locales la oportunidad de aprovechar sus desechos, en lugar de pagar para deshacerse de ellos.

La esterilización en autoclave a una temperatura adecuada y durante un tiempo adecuado puede ayudar a evitar la acumulación excesiva de concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV), lo cual es una indicación de que la digestión anaerobia está fallando. Los microorganismos anaerobios usados en la digestión anaerobia son un cultivo mixto. Contienen principalmente tres grupos de bacterias: bacterias con enzimas hidrolíticas, bacterias acidogénicas y acetogénicas, y bacterias metanogénicas. El grupo de enzimas hidrolíticas es responsable de hidrolizar compuestos orgánicos de cadena larga para dar sustratos moleculares pequeños solubles que luego pueden convertirse en AGV por las bacterias acidogénicas y finalmente en ácido acético por las bacterias acetogénicas. Finalmente, las bacterias metanogénicas convertirán el ácido acético en biogás, que contiene principalmente metano y dióxido de carbono. Cuando un digestor anaerobio está cargado de manera razonable, estos grupos de bacterias están trabajando en armonía. Una vez que aumenta la carga, cada grupo de bacterias se desarrollará para alcanzar un nuevo equilibrio para hacer frente al cambio de tasa de alimentación. Sin embargo, cuando el digestor se sobrecarga, se destruirá el equilibrio metabólico de los diferentes grupos de bacterias anaerobias. El grupo enzimático se desarrolla en exceso y se reducirá el desarrollo de las bacterias metanogénicas. Sin embargo, las bacterias acidogénicas/acetogénicas son un grupo muy fuerte y pueden realizar un metabolismo rápido en circunstancias difíciles siempre que la temperatura se mantenga a un nivel adecuado. En estas condiciones, puede observarse una acumulación de AGV en el digestor y el fallo del procedimiento se vuelve inevitable.

El pretratamiento en autoclave puede provocar alteraciones celulares que pueden facilitar la posterior digestión anaerobia, pudiéndose hidrolizar la mayoría del material celulósico en los desechos, lo que puede reducir la necesidad de hidrólisis enzimática bacteriana en un proceso de digestión anaerobia posterior. Cuando el digestor se alimenta con desechos esterilizados en autoclave, el mecanismo del metabolismo de las bacterias anaerobias se acentuará automáticamente en el desarrollo de metanógeno. Por tanto, los materiales esterilizados en autoclave producirán más biogás que los no esterilizados en autoclave a las mismas tasas de carga. Dicho de otro modo, para



alcanzar la misma tasa de producción de gas, pueden aplicarse tasas de carga más altas en los desechos esterilizados en autoclave que en los desechos no esterilizados en autoclave. Esto significa que para tratar las corrientes de desechos con las mismas concentraciones de sólidos, puede usarse un tiempo de retención más corto en los desechos en esterilizados autoclave. Por tanto, el volumen del digestor puede reducirse.

5

#### Características del autoclave

En realizaciones de la invención, puede mejorarse la fiabilidad de funcionamiento de un autoclave rotativo para DSM y se mejora la variedad de materiales que pueden tratarse eficazmente empleando un autoclave que tiene una orientación fija orientada hacia abajo e inyectando vapor a través de un puerto en una puerta de descarga inferior del autoclave. En particular, una orientación fija facilita la realización del cuerpo o túnel del autoclave de material de grosor adecuado, no sólo para resistir la presión de vapor interna, sino también para continuar si hay corrosión o erosión como resultado del procesamiento de cargas húmedas de DSM. Por ejemplo, en un autoclave a escala comercial de diámetro por ejemplo de 3-5 metros y longitud de 10-20 metros, el cuerpo o túnel del autoclave puede estar formado por una placa de acero significativamente mayor que la placa de acero de 9 mm como en otras propuestas, por ejemplo de 12-25 mm, dependiendo el grosor preciso por ejemplo de las dimensiones del autoclave o autoclaves que se propone usar. El autoclave puede estar orientado hacia adelante y hacia abajo formando un ángulo de 5-20°, por ejemplo, 10-15°, de manera conveniente aproximadamente 15°.

10

15

20

25

30

35

40

La puerta puede estar articulada a un armazón de soporte de dicho autoclave para el movimiento de rotación entre una posición en la que se revela una abertura de descarga del autoclave y otra posición en la que la abertura de descarga está cerrada. La puerta lleva un acoplamiento rotativo para recibir vapor de una tubería de suministro cuando el autoclave se hace rotar. Se proporciona una cámara impelente para vapor en dicha puerta. Se inyecta vapor al interior del autoclave a través de una pluralidad de dispositivos unidireccionales que proporcionan trayectorias paralelas desde la cámara impelente al interior del autoclave, facilitado de ese modo la inyección de vapor sin disminución de presión excesiva en los dispositivos. Para este fin, el área de la sección transversal de la trayectoria o trayectorias desde la cámara impelente al interior del autoclave definido por dicho al menos un dispositivo unidireccional puede ser igual a o mayor que el área de una entrada para el vapor inyectado en la cámara impelente. La inyección de vapor al interior del autoclave puede realizarse a través de al menos un disco de metal sinterizado poroso que conduce desde la cámara impelente al interior del autoclave o puede realizarse a través de al menos una válvula de tipo hongo o de asiento cónico u otra válvula unidireccional que conduce desde la cámara impelente al interior del autoclave. El autoclave también puede tener una puerta de entrada para desechos en su extremo superior, y una entrada ubicada axialmente en dicha puerta para que se pulverice agua al interior del autoclave para condensar vapor en el mismo. El agua y el vapor que salen de la cámara impelente pasan directamente al espacio interno del autoclave, y no a través de tuberías de distribución que se extienden a lo largo de ese espacio. La puerta puede estar soportada para el movimiento articulado entre las posiciones abiertas y una posición separada y alineada axialmente con la abertura de descarga y está soportada para el movimiento de traslación entre la posición alineada separada axialmente y la posición en la que la abertura de descarga está cubierta.

45

El método de tratamiento de los desechos sólidos puede incluir inyectar vapor desde un acumulador de vapor que tiene una capacidad para un cuerpo de vapor a una temperatura y presión efectivas para calentar y penetrar completamente en la carga y también puede incluir inyectar vapor reciclado desde un segundo autoclave que ha completado sustancialmente su ciclo de tratamiento.

50

55

60

En una realización, el autoclave tiene aspas internas generalmente helicoidales, y se hace rotar durante la inyección de vapor en un sentido de manera que las aspas elevan los desechos desde el extremo de descarga al interior del cuerpo del autoclave. El control del procedimiento puede incluir monitorizar la carga en los extremos superior e inferior del autoclave mientras que las aspas están elevando los residuos desde el extremo inferior, indicando la igualación de la carga en los extremos superior e inferior en comparación con las cargas en el extremo de introducción de desechos que está teniendo lugar la elevación. El control del procedimiento puede incluir además monitorizar la presión en los extremos superior e inferior del autoclave, indicando una igualdad de presión sustancial que el vapor ha penetrado completamente en la carga. En realizaciones del presente procedimiento, se considera que ha comenzado el tiempo de procesamiento cuando el vapor ha penetrado completamente en la carga. En una característica adicional, se introduce agua líquida en el autoclave a medida que se introduce la carga, estando el agua ventajosamente casi en ebullición y se introduce en una cantidad del 25-100% basándose en el peso de la carga introducida, por ejemplo el 25-50% en peso basándose en el peso de la carga introducida. Una característica aún adicional comprende pulverizar agua al interior del autoclave después de la inyección de vapor y la finalización del ciclo de procesamiento con el fin de provocar la condensación de vapor, siendo la cantidad de agua pulverizada al interior del autoclave normalmente del 25-50% en peso del peso de los desechos al comienzo del procesamiento.

65

El presente sistema usa un autoclave de tambor rotatorio inclinado en forma de túnel que tiene un tornillo de Arquímedes interno soldado al recipiente. Este se hace rotar en un sentido durante la carga para facilitar la carga del autoclave, y se hace rotar en el otro sentido durante el funcionamiento para dividir los desechos y garantizar que la carga se procese de manera uniforme. Una vez que el recipiente está completamente cargado, se extrae todo el aire para crear un vacío. Este vacío rompe cualquier embalaje o envase sin abrir y también ayuda a garantizar que,

cuando se deja entrar el vapor en el recipiente, que penetre por completo en la carga. Cuando la cámara ha alcanzado sus condiciones de funcionamiento óptimas (160°C y presión de varias atmósferas), la mezcla se deja cocer durante aproximadamente 40 min.

5 En realizaciones, pueden suministrarse en pares tres tipos de autoclave (todos realizados a escala a partir del mismo diseño básico) para permitir que el vapor se recicle de un autoclave a otro para ahorrar energía. Un autoclave relativamente pequeño tiene en una realización una capacidad de siete toneladas y está dirigido principalmente al procesamiento de desechos alimentarios. Los recipientes de 15 y 30 toneladas son adecuados para autoridades locales y el tratamiento a gran escala de desechos municipales. Un par de autoclaves de 30 toneladas pueden procesar alrededor de 600 toneladas al día (200.000 toneladas al año), lo que equivale a las necesidades de eliminación de desechos de aproximadamente 400.000 personas. Basándose en una planta de 100 ktpa y precios reconocidos para los componentes de una tonelada estándar de desechos del distrito de Tower Hamlets en Londres, esto producirá anualmente más de 3,5 millones de libras en flóculos fibrosos, más de 1 millón de libras en material reciclable, y generar 6 millones de libras en primas para un operador comercial (o un ahorro de la misma cantidad para una autoridad local). Si la materia orgánica, incluyendo el flóculo de celulosa, se procesa en cambio en digestores anaerobios y se usa para producir electricidad, esto generará 2,5 millones de libras adicionales en electricidad "verde" y cubrirá todas las necesidades de calor y energía de una planta.

20 En la figura 1, los autoclaves 10, 12 de funcionamiento alterno están montados en armazones de soporte para la rotación alrededor de sus ejes longitudinales, están inclinados hacia abajo aproximadamente 15° y están dotados en extremos opuestos de puertas 14, 16 inferior y superior. Los autoclaves pueden procesar por ejemplo cada uno una carga de 15 toneladas y tener una longitud de normalmente 13 m y un diámetro de 3,33 m. El agua que se calienta preferiblemente hasta casi ebullición, por ejemplo, hasta 90°C, puede bombearse desde el tanque 30 de dilución a través de la línea 32 mediante la bomba 34 y luego a través de la línea 36 ó 38 de ramificación bajo el control de las válvulas 40, 42 al interior del autoclave, a través de la puerta 14 de extremo inferior. Para cada ciclo de procesamiento, pueden añadirse 7,5 toneladas de agua al comienzo del ciclo a través de la puerta 14 inferior de este modo. El vapor procedente del acumulador 18 puede pasar por la salida 20 a través de la puerta 14 de extremo inferior al interior de uno u otro autoclave cuando la válvula 22 ó 24 de control se abre para permitir que el vapor pase a través de la tubería 26 ó 28 de ramificación al interior de un autoclave 10 ó 12 seleccionado. Todo el vapor nuevo se introduce a través de la puerta 14 inferior, y al comienzo del ciclo. Normalmente, se inyectan aproximadamente 3,25 toneladas de vapor a través de la conexión inferior y se convierte en condensado. En cualquier momento dado, se introduce agua o vapor, de modo que las válvulas 40, 42 se cierran cuando una de las válvulas 22, 24 se abre y las válvulas 22, 24 se cierran cuando una de las válvulas 22, 24 se abre. Cuando sea necesario, la presión dentro de cualquiera de los autoclaves 10, 12 puede reducirse mediante las respectivas bombas 54, 46 de vacío, entonces las válvulas 62, 64 y 48 se cierran y la válvula 48 ó 50 se abre dependiendo de qué bomba de vacío esté funcionando. El gas bombeado desde cada autoclave mediante las bombas 54, 56 de vacío se filtra mediante el filtro 58 ó 60 de carbono y se emite a la atmósfera. Los autoclaves 10, 12 pueden funcionar a 130-170°C, considerándose óptimas una temperatura de 160°C y una presión de aproximadamente 6 bar.

40 Al final de un ciclo de proceso, el vapor puede reciclarse desde uno de los autoclaves que está finalizando su ciclo de procesamiento, por ejemplo el 10, hasta el otro autoclave, por ejemplo el 12, que está iniciando su ciclo de procesamiento al abrir la válvula 48, estando las válvulas 50, 52, 62, 64. El vapor reciclado entra a través de la puerta 16 superior. Durante la despresurización dentro de un autoclave, el condensado vuelve a evaporarse y se transfiere al otro autoclave a través de la válvula 48, habiéndose ya cargado el otro autoclave y evacuándose por las bombas de vacío. El vapor reciclado precalienta el segundo autoclave antes de que se deje entrar vapor nuevo desde el acumulador (18) de vapor y esto minimiza la cantidad de vapor nuevo requerido. El vapor restante en el autoclave 10 ó 12 al final de su ciclo puede condensarse entonces añadiendo agua fría procedente del tanque 66 usando la bomba 68 y la línea 70, abriéndose la válvula 62 ó 64 y cerrándose las válvulas 48, 50 y 52. Pueden añadirse aproximadamente 15 toneladas de agua al final del ciclo de procesamiento, condensando el vapor residual y enfriando los desechos hasta aproximadamente 70°C.

55 En la figura 4 se muestra un autoclave a escala piloto para demostrar la construcción y el funcionamiento de los autoclaves 10, 12. El autoclave 10 tiene un cuerpo cilíndrico inclinado hacia abajo, tal como se muestra, aproximadamente 15° y que tiene una región 210 cilíndrica central limitada en sus extremos superior e inferior por anillos de soporte inferior y superior soldados que tienen superficies 212, 216 laterales cilíndricas y superficies 214, 218 laterales inferiores. En los lados adicionales de los anillos de soporte, el cuerpo tiene regiones 220, 222 inferior y superior de sección decreciente, por ejemplo troncocónicas, o abombadas que están cerradas de manera extraíble por las puertas 14, 16 inferior y superior. El autoclave está soportado en una orientación fija en relación con la horizontal en un armazón que tiene lados 224, 226 primero y segundo unidos por travesaños, por ejemplo 228, 234. En su parte inferior, el cuerpo del autoclave está soportado para rotación en el armazón mediante ruedas 230 de soporte transportadas por travesaños 228 que discurren sobre la superficie 212 lateral del anillo de soporte inferior y por rodillos 232 de empuje que discurren sobre la superficie 214 lateral inferior del anillo de soporte inferior y proporcionan una reacción para el componente lateral de la carga del cuerpo de autoclave y su contenido (es decir, carga en una dirección longitudinal del cuerpo del autoclave). En su extremo superior, el cuerpo del autoclave está soportado para rotación por las ruedas 234 de soporte que discurren sobre la superficie 216 lateral del anillo de

soporte superior. El motor 238 de accionamiento transportado por el armazón puede hacerse funcionar para hacer rotar el cuerpo de autoclave en cualquier sentido a través de la cadena o correa 240 de accionamiento y la rueda 242 de accionamiento.

5 El mecanismo de pivote para la puerta 14 inferior es el siguiente. En una ubicación separada hacia arriba del eje del autoclave, el armazón de soporte tiene abrazaderas 244, 246 de fijación para el pasador 246 de articulación que lleva el manguito 248 de articulación. La puerta 14 está unida al manguito 248 mediante el brazo 250 y está equilibrada mediante contrapesos 252, 254. La línea 256 de administración de fluido pasa a lo largo del brazo 250 hasta el acoplamiento 258 de tubería rotativo estanco a la presión donde el vapor o el agua que entra radialmente se  
10 suministra a la puerta 14 a través de la cual pasa axialmente hacia el interior y hacia arriba al interior del autoclave. El flujo a través de la línea 256 está controlado por la válvula 260, y hay un acoplamiento de extremo para tuberías de suministro de vapor y agua. La puerta 16 superior está soportada de manera similar por las abrazaderas 262, 264 en el armazón que soportan el pasador 266 de articulación y el manguito 268 de articulación. De manera similar a la puerta 14, la puerta 16 está montada en el manguito de articulación por el brazo 270 y está contrapesada por los pesos 272, 274, conduciendo una línea 277 de suministro de vapor y agua a la válvula 276 de control y luego al conector 278 que es visible en esta vista y que proporciona una conexión con las líneas de suministro de vapor y  
15 agua.

20 La figura 5 es una vista oblicua del autoclave desde su extremo superior con la puerta 16 en su posición abierta para revelar la entrada 243 de desechos. También es visible la rueda 239 de accionamiento en el árbol del motor 238. Una placa 245 de seguridad de metal o plástico cubre el motor y la correa 240 de transmisión para reducir el riesgo de lesión a los operadores del autoclave. En la figura 6, la puerta 14 inferior se muestra en su posición abierta para la descarga de desechos tratados. En la figura 7 el autoclave se muestra en una vista lateral en sección vertical longitudinal para revelar una única o dos aspas 280 helicoidales internas de inicio que definen un tornillo de Arquímedes, mostrándose las puertas 14, 16 en sus posiciones abiertas.  
25

Las figuras 8 y 9 son vistas en sección y frontal de la puerta 14. El cuerpo de puerta comprende una región 282 abombada frontal y una región 281 de brida que sobresale hacia atrás vertical que se ajusta sobre y ayuda a sellar con la abertura inferior del cuerpo de autoclave desde la que se descargan los desechos tratados. Una tubería 284 corta pasa axialmente a través de la región 282 abombada para conducir agua y vapor desde el conector 258 rotativo al interior del autoclave. La placa 286 está soldada o sujeta de otro modo al cuerpo de puerta en un pequeño espacio hacia atrás de la región 282 abombada para definir con ella una cámara 288 impelente que tiene salidas 290, en esta realización en un número de tres. Cada salida 290 está equipada con una estructura que define una válvula unidireccional de manera que el agua y el vapor pueden pasar desde la cámara 288 impelente al interior del  
30 cuerpo de autoclave, pero el contenido del autoclave no puede pasar sustancialmente al interior de la cámara impelente y, en particular, los finos procedentes de los desechos no pueden pasar a la junta 258 rotativa. En esta realización, las válvulas unidireccionales están dotadas por discos de partículas sinterizadas de acero inoxidable en las que las partículas sinterizadas tienen un tamaño de aproximadamente 60 µm. En un autoclave a gran escala, también pueden usarse los discos de acero inoxidable poroso, o pueden reemplazarse por válvulas unidireccionales, por ejemplo, válvulas de asiento cónico. En la presente realización, los discos (en esta realización de 60 mm de diámetro, 3 mm de espesor) tienen la ventaja de que actúan como válvulas unidireccionales pero no tienen partes móviles. Los discos se sujetan a la cara posterior de la placa 286 mediante arandelas 294 de retención que están rebajadas en 296 en sus caras delanteras para recibir y retener los discos de acero inoxidable y se forman con orificios 298 de perno para permitir que las arandelas y los discos de acero se unan a la placa 286 mediante pernos pasados a través de los orificios 298 y alojados en los agujeros 300 roscados en la placa 286. Aletas 292 tienden a espaciar ligeramente la carga procedente de los discos u otras estructuras de válvula y, de ese modo facilitan el inicio de la introducción de agua o vapor al interior del autoclave. Se observará que la puerta no tiene una estructura que entre sustancialmente en el espacio interior del autoclave, y que puede moverse de manera articulada a un lado de la abertura de descarga inferior del autoclave para descargar la carga sin que ninguna parte de la puerta obstruya este movimiento.  
35  
40  
45  
50

La construcción de la puerta 16 superior generalmente es similar a la de la puerta 14, y puede incorporar discos de acero inoxidable poroso o válvulas de asiento cónico. Sin embargo, esto puede no ser necesario y puede ser suficiente una simple malla metálica que cierre las tres aberturas en la placa impelente.  
55

La figura 12 muestra un diagrama de tiempos para el funcionamiento de un autoclave individual tal como se muestra en las figuras 4-7. Al comienzo del procesamiento, la puerta 16 superior se abre y se introduce un transportador para material de DSM en la abertura 243 superior, llevando esto unos 2 minutos de tiempo de procesamiento. Entonces se hace rotar el autoclave en un sentido hacia adelante para permitir que tenga lugar la carga, enviando las aspas 280 internas la carga hacia la puerta 14 inferior. Al mismo tiempo, cualquier agua necesaria al comienzo del procesamiento puede introducirse a través de la puerta 16 superior. Si la carga comprende desechos alimentarios únicamente, puede que no sea necesario añadir agua ya que el contenido putrescible de los desechos alimentarios ya tiene un contenido en agua de alrededor del 80%. Si están presentes papel o cartón en la carga, entonces se añade agua de manera deseable para impedir una densificación indebida de la carga lo que interferiría con el procesamiento posterior. La cantidad de agua añadida dependerá del contenido celulósico y debe ser una cantidad que sea eficaz para mantener la movilidad de la carga durante el procesamiento posterior y para ablandar el  
60  
65

contenido de lignina de la carga. Puede comprender el 25% en peso basándose en el peso de los DSM, de manera más habitual de aproximadamente el 50% en peso y si el contenido celulósico es alto, del 100% o superior, es normal la cifra del 50% en peso. El volumen de carga en el llenado inicial debe ser <75% del volumen interno del autoclave.

5 Al finalizar la carga, la puerta 16 se cierra y la presión en el autoclave se reduce usando una bomba de vacío para retirar el aire y los compuestos volátiles del autoclave, filtrándose el gas descargado por medio de un filtro de carbono y emitiéndose a la atmósfera. Durante la emisión, el autoclave se hace rotar en el sentido inverso de modo que la carga circule continuamente hacia la puerta 16 superior y luego regrese por la gravedad. Los rodillos 230 y 236 de soporte incluyen celdas de carga basadas en galgas extensométricas mediante las cuales puede comprobarse la carga en el autoclave en varias etapas. Estas celdas de carga, en particular, se emplean durante esta etapa y durante el procesamiento en caliente posterior de la carga para comprobar una distribución de carga relativamente uniforme entre las partes superior e inferior del autoclave, lo que demuestra que la carga no ha permanecido compactada en el extremo inferior del autoclave.

15 Al finalizar la etapa de pretratamiento al vacío que puede durar aproximadamente 15 minutos, se introduce vapor y opcionalmente más agua a través de la puerta 14 para elevar la temperatura interna del autoclave, por ejemplo hasta aproximadamente 160° y la presión hasta aproximadamente 6 bar. La presurización del autoclave puede llevar algunos minutos, condensándose cantidades sustanciales de vapor introducido en la carga inicialmente fría, tal como se indicó anteriormente para aumentar el contenido en agua del mismo. Se continúa con la circulación de la carga a través del autoclave de manera inversa, e incluso la distribución de la carga continúa monitorizándose para comprobar que la carga no se haya compactado y que permanece en la parte inferior del autoclave. La penetración del vapor en y a través de la carga es gradual, y la presión se monitoriza en ambos extremos del autoclave, indicando el aumento de presión en el extremo superior del autoclave a o cerca de la temperatura de procesamiento nominal de ~ 160°C, que la etapa de presurización se ha completado. Al introducir vapor desde el extremo inferior y monitorizar la presión (o temperatura) en el extremo superior del autoclave, es posible garantizar que el vapor ha penetrado en toda la carga. El procesamiento a la temperatura y presión de trabajo se lleva a cabo durante un período de tiempo eficaz para descomponer la carga y, en particular, cualquier contenido de papel y celulósico de la carga y el agua que se añade por debajo o por encima de la carga a través de la puerta 14 y/o 16 según se desee.

30 Se apreciará que el material de carga se contrae sustancialmente durante el procesamiento a medida que los artículos de plástico se ablandan y las estructuras de madera colapsan.

Al finalizar la etapa de procesamiento, el autoclave se despresuriza bruscamente y se inyecta agua a través de la puerta 16 superior y se pulveriza al interior del autoclave para colapsar el vapor en la carga y evitar una columna de vapor. La despresurización brusca es ventajosa ya que altera cualquier estructura celular residual en el material de carga y hace que el contenido de carga sea más accesible a los microbios en la siguiente etapa de digestión anaerobia. Tal como se señaló anteriormente, puede ser necesario añadir un volumen considerable de agua para este propósito, siendo esto posible debido a la contracción de la carga durante la etapa de procesamiento térmico, y el volumen de agua añadida normalmente es del ~ 50% en peso de la masa de los desechos que van a tratarse. La despresurización puede llevar 10 minutos. En una instalación de autoclave doble, el vapor procedente del autoclave en funcionamiento naturalmente se reciclará al autoclave de inicio, tal como se describió anteriormente. El autoclave se somete de nuevo a un tratamiento de vacío, durando esta etapa algunos minutos. El sentido de rotación del autoclave se invierte entonces de nuevo, se abre la puerta 14 inferior y se descarga la carga, dejándose algunos minutos para esta operación. Se apreciará que la carga ahora se ha diluido con grandes cantidades de agua, de modo que al final del procesamiento, la carga colapsada combinada y el agua añadida llenan aproximadamente el 50% del autoclave, pero esto no es un problema porque la materia prima para la etapa de digestión DA posterior es de manera deseable una suspensión acuosa diluida.

50 Los termopares y las celdas de carga para el autoclave pueden proporcionar entradas para un microcontrolador u ordenador con instrucciones almacenadas apropiadas, por ejemplo para ejecutar la siguiente lógica de inicio para uno de un par de autoclaves con reciclaje de vapor.

1. Registrar las lecturas de la celda de carga y medir el diferencial.
- 55 2. Inyectar la cantidad establecida de agua al interior del autoclave a través de la puerta abierta.
3. Registrar las lecturas de la celda de carga y medir el diferencial.
4. Añadir un peso conocido de desechos con rotación lenta hacia adelante.
- 60 5. Registrar las lecturas de la celda de carga y medir el diferencial.
6. Detener la rotación, cerrar la puerta y confirmar el estado cerrado.
- 65 7. Registrar las lecturas de la celda de carga y medir el diferencial.

8. Iniciar la rotación en sentido inverso e iniciar la bomba de vacío.
9. Registrar las lecturas de la celda de carga y medir el diferencial.
- 5 10. Cuando la presión ha disminuido hasta un nivel preestablecido (P1), detener la bomba de vacío e iniciar el reciclaje de vapor a través de la puerta superior. Una vez que la presión se ha estabilizado, iniciar la inyección de vapor nuevo a través de la puerta inferior.
- 10 11. Cuando la presión en la puerta superior se ha elevado hasta un nivel predeterminado (P2), detener la inyección de vapor.
- 15 12. Con la rotación activada, registrar las lecturas de las celdas de carga superior e inferior.
- 15 13. Apagar la rotación y dejarlo durante un tiempo establecido antes de tomar otro conjunto de lecturas de la celda de carga.
- 20 14. Calcular el cambio promedio en peso para ambas posiciones de la celda de carga.
- 20 15. Reiniciar la rotación en sentido inverso y, después de un tiempo establecido, tomar un conjunto adicional de lecturas de la celda de carga.
- 25 16. Calcular el cambio promedio en peso para ambas posiciones de la celda de carga.
- 25 17. Calcular un promedio de los promedios calculados en 10 y 13. Este es el movimiento de peso inducido por la rotación. Esto se comparará con un valor establecido que es el criterio para el movimiento satisfactorio.
- 30 18. Si el cambio promedio supera el valor establecido, entonces el suministro de vapor se conecta de nuevo y se permite que la presión aumente hasta el punto establecido principal (P3).
- 30 19. Si el cambio promedio es menor que el valor establecido, entonces se inyectará una cantidad establecida de agua a través de la puerta inferior y el proceso volverá a la etapa 7.
- 35 20. Si esto no resulta satisfactorio en la movilización de la carga, este bucle puede repetirse.
- 35 21. Si esto no resulta satisfactorio después de un número específico de bucles, el procedimiento se pone en espera y se solicitará la intervención del operador.

### **Digestión anaerobia**

- 40 La invención puede comprender además suministrar una fracción rica en materia orgánica de los desechos procesados desde el autoclave hasta un digestor anaerobio, y recuperar un gas rico en metano a partir de ahí. El digestor anaerobio funciona ventajosamente en condiciones mesófilas o termófilas. Puede suministrarse gas rico en metano a al menos un motor de combustión interna (por ejemplo, basado en pistones alternativos o una turbina) para la generación de energía y gases de escape, y para generar vapor para dicho autoclave usando los gases de escape procedentes de dicho motor de combustión interna. El agua de camisa recuperada puede usarse para calentar el agua suministrada al autoclave y también el agua que va a suministrarse a un generador de vapor del autoclave o al sistema de digestión anaerobia. El agua de camisa recuperada también puede usarse de forma independiente para llevar a cabo la digestión anaerobia a una temperatura elevada, por ejemplo, para mantener condiciones mesófilas o termófilas.
- 45
- 50

En referencia de nuevo a la figura 1, al finalizar el ciclo de procesamiento, la corriente 72 ó 74 de desechos pasa a través del transportador 76 a la criba 78 en estrella. Los materiales reciclables pasan desde la criba primaria en 80 y se espera que se retiren de este modo aproximadamente 3,5 toneladas por ciclo de materiales reciclables. La fracción orgánica digerible pasa a la estación 82 de clasificación en húmedo, donde se combina con agua fría bombeada a través de la bomba 92 para limpieza y enfriamiento, añadiéndose aproximadamente 12 toneladas de agua para enfriar los desechos hasta aproximadamente 50°C. Entonces se hacen pasar los desechos a través del transportador 86 por gravedad hasta un tanque 88 diario agitado que puede albergar material procedente de varios lotes de autoclave, incluyendo cada uno de los cuales condensado y agua añadida hasta aproximadamente 54,25 toneladas. Con el fin de albergar cuatro cargas de autoclave, será necesario que el tanque de retención tenga un tamaño de aproximadamente 250 m<sup>3</sup>, y su contenido se agita tal como se muestra para mantener los materiales orgánicos en suspensión.

La figura 2 muestra una planta de digestión anaerobia que forma una parte adicional de la planta de tratamiento de la figura 1. Puede hacerse funcionar en condiciones húmedas, siendo el contenido en sólidos <15%, por ejemplo del 2-15%, como otro ejemplo de aproximadamente el 10%. También puede hacerse funcionar operar en condiciones semisecas con un contenido en sólidos del 15-20% o en condiciones secas con un contenido en sólidos del 30-40%,

pero estas posibilidades se prefieren menos. La línea 90 conduce a través de las válvulas 94a-94f de entrada hasta tanques 92a-92f de digestión anaerobia agitados, cada uno de los cuales contiene el componente de desecho orgánico esterilizado en autoclave durante 15-30 días, por ejemplo, aproximadamente 20 días, trabajando con un contenido de aproximadamente el 10% p/v de contenido en sólidos y con una capacidad de líquido cada uno de aproximadamente 2500 m<sup>3</sup>, una altura de 10 m y un diámetro de 21 m. El gas se recoge por encima y pasa a través de la línea 96 común hasta el lavador 98 químico de gas y luego al compresor 100, saliendo gas comprimido a al menos aproximadamente 0,1 barg, por ejemplo aproximadamente 0,25 barg, en la línea 102. El líquido calienta los tanques a través de serpentines de calentamiento internos y regresa a 104. El material digerido procedente de los tanques se descarga a 106. Los tanques pueden hacerse funcionar en condiciones mesófilas, por ejemplo a 35-40°C o en condiciones termófilas. El procedimiento puede configurarse para usar bacterias acidogénicas y metanogénicas juntas en una sola etapa como en la realización dada a conocer, o en una realización adicional el procedimiento puede hacerse funcionar en dos etapas, una primera etapa acidogénica y una segunda etapa metanogénica.

En la figura 3, el gas que contiene metano procedente de los tanques 92a-92f de digestión pasa a través de la línea 102 hasta los tanques 108a-108c de almacenamiento de gas, que puede almacenar normalmente una producción de alguna hora u horas, 3750 m<sup>3</sup> a aproximadamente 0,25 barg. El gas procedente de los tanques de almacenamiento fluye a través de la línea 109 hacia los motores 110a-110c, donde se somete a combustión para generar energía. Los motores pueden tener una potencia nominal de por ejemplo 1,5 MW cada uno, descargando a través de su escape aproximadamente 315 GJ de calor por día con una temperatura de escape de aproximadamente 500°C. El gas de escape de los motores se hace pasar a través de la línea 114, la válvula 116 y la línea 118 de alimentación de calentador hasta el serpentín 122 calentador del acumulador 18, un control de derivación, controlando la derivación 124 el flujo de gas de escape hasta la línea 126 de derivación, uniéndose la salida del serpentín 122 y la línea 126 de derivación en el orificio 128 de emisión. Se requiere que el acumulador 18 administre bajo demanda 3,25 toneladas de vapor y puede tener un tamaño de 13 m de longitud y 2,5 m de diámetro, con una capacidad de aproximadamente 65 m<sup>3</sup>.

El líquido procedente de los tanques de digestión en 104 se bombea mediante la bomba 130 como agua de camisa para los motores, y sale de ellos a través de la línea 132 a 110°C. Una primera línea 134 de ramificación conduce a través de la válvula 136 al serpentín 138 calentador de un pozo 140 caliente que almacena agua a 90°C. El agua que sale del serpentín 138 calentador pasa a través de la línea 142 al serpentín 144 de calentamiento del secador 146 y luego en la línea 148 regresa a 150 como alimentación caliente a los tanques 92a-92f de digestión. Una segunda línea 152 de ramificación pasa agua de camisa a través del serpentín 154 calentador del tanque 30 de dilución para mantener el contenido del mismo a aproximadamente 90°C y luego en 156 se combina con el flujo en la línea 142.

El tanque 158 de almacenamiento de agua mantenido por ejemplo a aproximadamente 37°C proporciona una alimentación a través de la línea 160 y la bomba 162 al tanque 164 de tratamiento de alimentación de caldera, desde el cual el agua fluye hasta el pozo 140 caliente a través de la línea 166, proporcionando el pozo caliente alimentación a través de la línea 176 y la bomba 178 al acumulador 18 de vapor. El agua también fluye a través de la línea 170 y una bomba y un enfriador por chorro de aire al tanque 66 de agua fría. Una tercera corriente procedente del tanque 158 se bombea a través de la línea 172 mediante la bomba 174 hasta el tanque 30 de dilución. La descarga rica en sólidos procedente de los tanques 92a-92f de digestión pasa a través de la línea 106 para descargar el tanque al mismo flujo de volumen que el líquido que entra en los tanques de digestión. El tanque 180 de descarga puede recibir aproximadamente 48 m<sup>3</sup>/hora de lodo diluido que transporta aproximadamente 60 toneladas por día de sólidos, teniendo el tanque normalmente una capacidad de aproximadamente 250 m<sup>3</sup>. La bomba 182 bombea el lodo diluido desde el tanque 180 a través de la línea 184 donde se combina con floculante procedente del tanque 186 de inyección de floculante, pasando el flujo combinado a través de la línea 190 hasta una prensa de correa o similar formando una etapa 192 de separación primaria. El agua pasa de la etapa 192 de separación primaria a través de la línea 202 hasta el tanque 206 de tratamiento y luego regresa a través de la línea 208 al tanque 158 de almacenamiento de agua. El transportador 194 transporta una corriente rica en sólidos a una etapa 196 secundaria de deshidratación que puede adoptar la forma de una prensa de husillo, pasando los sólidos a través del transportador 198 hasta el secador 146 y saliendo como una corriente 200 de residuos sólidos. Una corriente acuosa desde la etapa 196 secundaria de deshidratación pasa en la línea 204 hasta el tanque 206 de tratamiento de agua.

El agua de camisa procedente de los motores también absorbe aproximadamente 315GJ/día, saliendo el agua de los motores a aproximadamente 110°C y enfriándose durante el procesamiento hasta aproximadamente 50°C, siendo el flujo de agua de aproximadamente 1260 toneladas/día. Se estima que el calentamiento del agua de alimentación para los autoclaves en el tanque 30 de dilución y el calentamiento del agua de alimentación en el pozo 140 caliente que alimenta al acumulador 18 de vapor, en ambos casos desde aproximadamente 35°C hasta aproximadamente 90°C consumen aproximadamente 50 GJ/día. Mantener los tanques de digestión a 37°C podría requerir hasta 20 GJ/día, dependiendo de la temperatura ambiente. La eliminación de 45 toneladas/día de humedad a partir de la descarga en la línea 106, suponiendo una eficiencia del proceso del 50%, podría requerir un aporte de calor de aproximadamente 225 GJ/día. Por tanto, el rechazo de calor del sistema de agua caliente puede ser aproximadamente equilibrado.

En las etapas 192, 196 primera y segunda de deshidratación se separan aproximadamente de 45 toneladas/ciclo de agua, lo que da aproximadamente 900 toneladas por día de agua a 37°C a través de las líneas 202, 204 disponibles para su reutilización. De ese flujo, 150 toneladas/día pasan a través de la línea 172 al tanque 30 a medida que el agua de dilución se recalienta tal como se indicó anteriormente hasta 90°C, teniendo el tanque 30 normalmente una capacidad de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>. Aproximadamente 685 toneladas por día pasan a través de la línea 168, 170 para enfriar y clasificar y el enfriador por chorro de aire enfría hasta temperaturas cercanas a ambiental antes de entrar en el tanque 66, enfriando desde aproximadamente 37°C hasta aproximadamente 25°C, rechazando aproximadamente 34 GJ/día de calor y teniendo el tanque 66 normalmente una capacidad de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>. Aproximadamente 65 toneladas por día de agua pasan a través de la línea 160 hasta el tanque 164 donde se añade al agua de alimentación de la caldera y se suministra al acumulador 18 de vapor. El residuo 198 procedente de la segunda etapa 196 puede tener un contenido de sólidos del 50%, de modo que de manera deseable se eliminan alrededor de 52,5 toneladas por día mediante secado térmico en 146 usando agua de camisa de motor para eliminar otras 45 toneladas por día de humedad. El residuo 200 puede ser normalmente 75 toneladas por día con un contenido en humedad del 20% y que representa menos del 25% de la cantidad del desecho original. Es rico en nitrógeno y puede añadirse a los desechos verdes para formar compost. Alternativamente, puede hidratarse hasta un contenido en sólidos de aproximadamente el 80%, mezclado con plásticos troceados de baja calidad y gasificado.

### Ensayos experimentales

Se llevó a cabo una serie preliminar de experimentos en una escala piloto usando un autoclave a escala piloto individual tal como se muestra en las figuras 4-7 y digestión anaerobia a escala piloto. Esto demostró y cuantificó las mejoras que podrían lograrse usando el autoclave descrito anteriormente para pretratar los DSM antes de enviarlos a digestión anaerobia (DA). Estos experimentos se llevaron a cabo usando muestras proporcionadas por una empresa de recogida de DSM de desechos orgánicos sin procesar y de una fracción orgánica pretratada mecánicamente de los mismos. Los resultados mostraron que:

- Aunque la generación de gas se vio significativamente afectada por la naturaleza de las muestras de desechos proporcionadas, la esterilización en autoclave de los DSM sin procesar de muestra proporcionó un rendimiento de gas muy superior a un objetivo de 65 m<sup>3</sup>/tonelada de desechos (figura 13).
- Las mejoras obtenidas con los desechos recogidos (hasta un factor de 7) se debieron a una combinación de efectos. Se aumentó la fracción de los desechos que podían digerirse, el rendimiento de gas a partir de cada kilogramo de desechos enviado a los digestores y se redujo la cantidad de material que requiere su eliminación.
- La esterilización en autoclave de una segunda muestra que era una fracción orgánica preprocesada mecánicamente de la primera muestra de DSM proporcionó una mejora sustancial en el rendimiento de gas, consiguiendo una cifra superior a 100 m<sup>3</sup>/tonelada de desechos procesados (figura 14).
- Los materiales esterilizados en autoclave fueron menos propensos al desarrollo de altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) que un material no esterilizado en autoclave.
- El consumo de vapor coincidía estrechamente con las predicciones.

Para la toma de muestras, el material se extendió sobre una bandeja de mezclado y se mezcló exhaustivamente, después de lo cual se dividió en cuatro partes. Entonces se tomó el 15% de cada parte y se volvió a mezclar y se volvió a dividir en cuatro partes. Este procedimiento se repitió hasta que quedó una muestra final de 1000 g, que se dividió para producir muestras para la determinación del contenido en humedad, el contenido en sólidos volátiles (SV) y el procesamiento en los digestores.

Para el análisis químico, se midió el pH usando un pH-metro Accumet AB 15. Se midió el nitrógeno amoniacal usando un espectrómetro de barrido CIL serie 3000. Las muestras se hicieron reaccionar con salicilato y ácido dicloroisocianúrico para producir un compuesto azul que tiene un pico de absorción a 655 nm. Los ácidos grasos volátiles se analizaron usando un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010. Las muestras en primer lugar se pretrataron añadiendo ácido fórmico concentrado para producir disoluciones de ácido fórmico al 10% y después se centrifugaron. Se analizó el líquido sobrenadante. Las muestras se compararon con disoluciones convencionales (500 mg l<sup>-1</sup>) de los ácidos acético, propanoico, isobutírico, butírico, isovalérico, valérico, hexanoico y heptanoico. Los sólidos secos (SS) y los sólidos volátiles (SV) se midieron gravimétricamente usando un horno de convección (105°C) y un horno de mufla (550°C) según métodos convencionales. A partir de esta medición también se obtuvo el contenido en humedad y la concentración de cenizas de la muestra. Para el análisis de gas desprendido, se determinaron el metano y el dióxido de carbono usando un cromatógrafo de gases Varian CP-3800.

Inmediatamente después de la administración a los DSM sin procesar y los DSM pretratados mecánicamente se colocaron en almacenamiento refrigerado hasta que se necesitaron para las pruebas. Después, tal como se muestra

en las figuras 11 y 12, las dos muestras de desechos se dividieron cada una en cuatro partes. Una parte de cada desecho se procesó cada día, cuatro días por semana. La mitad de cada una se procesó por medio de la ruta de autoclave y la otra mitad se procesó por medio de una ruta sin autoclave. Se obtuvieron los equilibrios de masas en todas las unidades a partir del ensayo.

5 Los procedimientos de manipulación, clasificación y toma de muestras para los DSM sin procesar implicaron las siguientes etapas. Para la ruta sin autoclave (figura 13) se pesaron los desechos que iban a procesarse, se abrió la bolsa en la que estaban contenidos y los desechos se transfirieron a un banco de clasificación y se separaron en fracciones para metales, vidrio, plásticos, papel y cartón, materiales textiles, combustibles diversos, materia putrescible y otros, cada uno de los cuales se pesó. Los materiales putrescibles se trituraron, el material triturado se colocó en una bandeja de mezclado y se mezcló manualmente y después se tomaron muestras. Se midieron los valores de SS y SV para cada muestra y las muestras orgánicas se alimentaron a los digestores. Para la ruta de autoclave, los desechos se pesaron, se cargaron en un autoclave con agua añadida si era necesario en cuyo caso se anotó el peso del agua añadida. Se anotó el nivel de agua fría en el condensador y se llevó a cabo la esterilización en autoclave tal como se indica a continuación. Se pesó la carga descargada desde el autoclave, se volvió a medir el nivel del condensador y los desechos se transfirieron a un banco de clasificación para clasificar en metales, vidrio, plásticos, materiales textiles, materiales no combustibles diversos y otros. La suspensión orgánica a partir de la clasificación manual se extendió sobre una bandeja de mezclado, se mezcló y se tomaron muestras para digestión anaerobia.

20 Para el material pretratado mecánicamente (figura 14) en el tratamiento sin autoclave se pesaron los desechos, se extendieron sobre una bandeja de mezclado y se tomaron muestras, se midieron los SS y SV de una muestra recogida y se cargaron muestras adicionales en digestores. Para la ruta de autoclave se pesaron los desechos que iban a procesarse, se cargaron al interior del autoclave con agua añadida si era necesario en cuyo caso se anotó el peso del agua añadida. Se registró el nivel de agua fría en el condensador, se hizo funcionar el autoclave tal como se describe a continuación, los desechos se descargaron y pesaron, el nivel de agua en el condensador se volvió a medir, los desechos se extendieron sobre una bandeja de mezclado y se mezclaron. Se tomaron muestras de los desechos mezclados para la medición de SS y SV y para digestión anaerobia.

30 Para el tratamiento en autoclave se introdujo la carga en el autoclave a través de su puerta superior, después de lo cual se evacuó el autoclave usando una bomba de vacío para retirar gases incondensables que se adsorben usando un filtro de carbono activado. Entonces se eleva la presión y la temperatura del autoclave (6,2 bares abs/160°C) mediante la inyección de vapor. Cuando las temperaturas en los extremos inferior y superior del autoclave han igualado la carga, se deja "cocer" durante un periodo apropiado mientras que el autoclave continúa rotando. Al final de este periodo, el autoclave se desconecta del suministro de vapor y se conecta a su sistema de condensador de pulverización dedicado que permite que el autoclave se despresurice hasta por debajo de la presión atmosférica. Finalmente se abre una válvula de ventilación para volver a admitir aire al interior del autoclave y devolverlo a la presión atmosférica. Entonces se abre la puerta inferior del autoclave y la carga se descarga.

40 Para la digestión, se usaron doce digestores anaerobios cilíndricos de tanque agitados constantemente (CSTR), cada uno de los cuales tenía un volumen de trabajo de 1,8 litros. Cada reactor era de PVC con una parte superior embreada estanca a los gases con orificios para permitir adiciones de alimentación, retirada de efluente, recogida de gases y un agitador accionado por motor. Los agitadores presentaban un diseño en empalizada con el árbol de transmisión insertado en el reactor a través de un acoplamiento sellado; cada uno se accionó mediante un motor de CC a 40 rpm. Los digestores se mantuvieron a una temperatura de baño de agua controlada a un nivel constante de 37°C. Se recogió biogás por medio de un tubo de salida de gas conectado con un recogedor de gas de 5 litros mediante un método de desplazamiento de agua. La digestión se llevó a cabo por triplicado para cada desecho sometido a prueba. Para comenzar el procedimiento, en primer lugar se añadieron 1,8 litros de inóculo simiente en cada digestor. Cuando los digestores alcanzaron su temperatura designada, comenzó un régimen de funcionamiento semicontinuo de alimentación diario según las tasas de carga orgánica designadas. La producción de biogás se monitorizó diariamente y una composición del gas se midió semanalmente. El pH de los materiales digeridos se monitorizó diariamente y otras propiedades tales como SS, SV, amoníaco y AGV se analizaron semanalmente.

55 Para la fracción orgánica de DSM sin procesar clasificada a partir del material sin esterilizar en autoclave, el contenido en sólidos volátiles (SV) varió entre 0,04 y 0,19 kg de SV/kg de desechos sin procesar durante la mayor parte del periodo, pero esta cifra aumentó rápidamente hasta 0,6 kg de SV/kg de desechos sin procesar al final del periodo cuando la muestra suministrada era predominantemente, desechos alimentarios. Esta variación en la materia prima dio lugar a una variación correspondiente en el rendimiento del digestor. Las cifras correspondientes para la corriente esterilizada en autoclave proporcionaron una fracción de SV que osciló entre 0,18 y 0,41 kg de SV/kg de desechos sin procesar. Los desechos no esterilizados en autoclave proporcionaron rendimientos de gas en el intervalo de 15-45 m<sup>3</sup>/tonelada de desechos, mientras que los desechos esterilizados en autoclave proporcionaron un rendimiento de gas promedio de 83 m<sup>3</sup>/tonelada de desechos. Esto estaba muy por encima del objetivo de 65 m<sup>3</sup>/tonelada de desechos y mostró claramente que la esterilización en autoclave proporciona una mejora sustancial en la salida de gas a partir de DA, impulsada por una casi duplicación en la cantidad de SV que puede manipularse en la planta de DA y una casi duplicación del rendimiento de gas por kg de SV. La concentración de metano fue de aproximadamente el 55%, aunque en experimentos posteriores se consiguieron valores superiores al



60%.

En el tratamiento posterior de desechos de restos normales, los SV a partir de los desechos esterilizados en autoclave fueron casi 7 veces mayores que los de los de a partir de los desechos no esterilizados en autoclave, dando como resultado aproximadamente 7 veces más biogás producido por tonelada de desechos sin procesar entrantes. El intervalo en la producción de biogás específica (m<sup>3</sup>/kg de SV añadido) entre ambos casos no era grande debido a que el procedimiento de autoclave había convertido la mayoría de los materiales celulósicos tales como papel, cartón y otros materiales textiles en materia prima de DA. Se han obtenido aproximadamente 150 m<sup>3</sup> de gas a partir de cada tonelada de desechos esterilizados en autoclave, lo que está muy por encima del objetivo de 65 m<sup>3</sup>/tonelada.

La figura 15 presenta resultados experimentales de una prueba anaerobia de potencial de biometano en desechos sólidos municipales con y sin tratamiento de autoclave (160°C durante 45 minutos). Puede observarse claramente que para conseguir un rendimiento de metano específico de 0,3 m<sup>3</sup>/kg de SV añadidos se requiere un tiempo de residencia mayor de 35 días para los desechos no esterilizados en autoclave, mientras que lleva menos de 10 días en conseguir el mismo rendimiento cuando se tratan los desechos esterilizados en autoclave. Si, por ejemplo, se tratan 100 toneladas por día de corrientes de desechos esterilizados en autoclave y no esterilizados en autoclave (concentraciones de sólidos ajustadas al 10% para ambos casos), entonces el volumen del tanque de DA requerido para ambos casos puede calcularse de la siguiente manera:

- Desechos no esterilizados en autoclave – volumen de digestor = 100 × 35 = 3500 m<sup>3</sup>
- Desechos esterilizados en autoclave – volumen de digestor = 100 × 10 = 1000 m<sup>3</sup>

Resulta evidente que el pretratamiento en autoclave en condiciones que implican una hidrólisis significativa del material celulósico presente tiene el potencial de reducir el tamaño de los tanques de DA requeridos en un 70%. Los beneficios son evidentes adicionalmente haciendo referencia a las tablas adjuntas:

Tabla 1. Resultado de clasificación manual de DSM (promedio de tres meses):

Categoría	Concentración,%	
	Desechos no esterilizados en autoclave	Desechos esterilizados en autoclave
Fracción orgánica	23,9	82,7
Metal	6,0	3,5
Vidrio	3,7	1,0
Plásticos	19,6	7,1
Papel y cartón	29,3	N/A
Materiales textiles	6,6	3,4
Combustibles diversos	7,5	1,6
Materiales no combustibles diversos	1,2	0,5
Otros	2,2	0,2
Total	100	100

Tabla 2. Resultados del análisis de sólidos de fracciones orgánicas de los DSM (promedio de tres meses):

Categoría	Resultados del análisis	
	Desechos no esterilizados en autoclave	Desechos esterilizados en autoclave
Sólidos secos (SS),%	42,2	18,3
Sólidos volátiles (SV),%	32,4	14,8
SV disponibles para DA derivados de desechos sin procesar, kg de SV/ton de DSM	87,1	290,6

Las tablas anteriores ilustran la clasificación y los resultados del análisis de sólidos de un ensayo de tres meses en DSM. Puede observarse que el tratamiento en autoclave podría producir 3,3 veces más SV para conversión anaerobia de biometano. Y en última instancia, podría generarse hasta 8 veces más de biogás a partir de esterilización en autoclave y la DA de una tonelada de DSM que la DA de una tonelada sin procesar de DSM (véase la tabla 3).

Tabla 3. Resultado resumen de la DA de DSM esterilizados en autoclave y no esterilizados en autoclave

Parámetro	Esterilizados	No	Esterilizados	No	Esterilizados	No
-----------	---------------	----	---------------	----	---------------	----

	en autoclave	esterilizados en autoclave	en autoclave	esterilizados en autoclave	en autoclave	esterilizados en autoclave
HRT, días	40	40	27	27	20	20
Tasa de carga, kg de SV/m <sup>3</sup> /día	2	2	3	3	4	4
pH	7,20 ± 0,04	7,16 ± 0,03	7,08 ± 0,04	7,09 ± 0,05	7,14 ± 0,03	7,11 ± 0,04
NH <sub>3</sub> -NH <sub>4</sub> , mg/l	906 ± 40	980 ± 77	547 ± 53	983 ± 55	485 ± 37	752 ± 102
AGV, mg/l	55 ± 6	59 ± 8	77 ± 2	87 ± 4	275 ± 20	309 ± 18
Contenido en TS, %	3,5 ± 0,2	3,9 ± 0,5	4,0 ± 0,3	4,2 ± 0,3	4,3 ± 0,2	4,7 ± 0,1
Contenido en SV, %	1,9 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,7 ± 0,3	2,7 ± 0,1	3,3 ± 0,3
Producción de biogás específica, m <sup>3</sup> /kg de SV añadidos	0,53 ± 0,02	0,47 ± 0,02	0,52 ± 0,04	0,44 ± 0,04	0,49 ± 0,02	0,37 ± 0,01
Rendimiento de metano específico, m <sup>3</sup> de CH <sub>4</sub> /kg de SV añadidos	0,32 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,31 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,22 ± 0,01
Producción de biogás, m <sup>3</sup> /t de DSM	148 ± 5	25 ± 1	151 ± 12	19 ± 2	147 ± 6	17 ± 1
Eliminación de SV, %	76,6 ± 1,1	73,6 ± 2,2	69,2 ± 2,5	66,5 ± 3,3	65,8 ± 1,7	58,1 ± 3,6

Puerta para autoclave de tratamiento de DSM a escala completa

5 Las figuras 16-26 muestran una disposición de puerta para un autoclave a escala completa para tratar desechos sólidos municipales y que está pensada para facilitar la limpieza y minimizar los problemas creados por materia extraña a partir de la carga que queda atrapada dentro del mecanismo de la puerta y que interfiere con el funcionamiento de ese mecanismo.

10 Haciendo referencia a las figuras 16-20, se proporciona un reborde 310 anular para soldarlo a un extremo de un cuerpo de autoclave o túnel, estando el reborde formado con un rebaje 312 de modo que puede encajarse en y soldarse a la pared del cuerpo de autoclave. La superficie exterior del reborde 312 está formada con una pista 314 plana que proporciona una superficie de apoyo sobre la cual discurren los cojinetes 316 de rodillos del anillo 318 de bloqueo para permitir que el anillo de bloqueo se haga rotar entre las posiciones de bloqueo y liberación. Inmediatamente hacia el exterior de la pista 314, está formado un reborde 310 con un rebaje 320 de retención, una brida 321 de reborde y una cara 322 de cierre de reborde dirigida radialmente. El reborde 326 tiene una región saliente hacia el exterior en el extremo interior de la cara 322 de cierre definida por la cara 326 de alineación troncocónica, una cara 328 frontal dirigida radialmente, una cara 330 interior dirigida axialmente y una cara 332 troncocónica macho de sección decreciente hacia el exterior. La cara 324 de cierre está formada con rebajes 334, 336 de sello anular interior y exterior para sellos 338, 340 respectivos y la cara 326 de alineación también tiene rebajes 342 para almohadillas 344 de alineación insertadas, por ejemplo, de bronce fosforado.

25 El anillo 318 de bloqueo comprende una multiplicidad de bloques 350 de ubicación separados circunferencialmente unidos entre la placa 352 anular interior y la placa 354 anular exterior, portando la placa 352 interior los cojinetes 316 de rodillos y mecanismos de elevación (no mostrados) y estando la placa 354 exterior formada con resaltes 356 separados circunferencialmente orientados hacia el interior alineados con los bloques 350 de ubicación. Cada placa 352, 354 es un anillo simple si tiene grosor uniforme y por tanto no contribuye al atrapamiento de masa húmeda cuando se abre una puerta de descarga de autoclave de esta estructura. Cada bloque de apoyo tiene generalmente forma de U orientada hacia el interior en vista de extremo con patas 360 interiores que encajan en los rebajes 320 en los que se retienen, y con patas 362 exteriores que se ubican detrás de los resaltes 356. Las patas 360 interiores son de grosor constante para su ubicación en el rebaje 320 y sus caras interiores tienen unidas a las mismas, por ejemplo mediante tornillos 363 de fijación, placas 364 de desgaste por ejemplo de grafito y/o PTFE relleno de vidrio, PEEK, acetil, otro material de plásticos de bajo rozamiento no higroscópico, prefiriéndose PTFE debido a sus propiedades de bajo rozamiento. Las patas 362 exteriores presentan una sección decreciente con el fin de accionar mediante leva la puerta hasta su posición completamente cerrada y tienen placas 366 de desgaste también de material de bajo rozamiento sujetas de manera reemplazable en su posición mediante tornillos 368 de fijación.

Mediante el uso de estos elementos reemplazables de material de bajo rozamiento se consigue facilidad de reemplazo y se evita el enganche de elementos de metal sobre metal. Se observará que los bloques, donde encajan entre placas 352, 354, también tienen una forma simple con un mínimo de superficies donde la masa húmeda puede atraparse o acumularse. Los espacios abiertos entre los bloques promueven el drenaje y facilitan la limpieza con agua o chorros de aire. La rotación del anillo 318 de bloqueo entre sus posiciones de bloqueo y liberación puede ser mediante uso de elevación neumática o hidráulica tal como es convencional en la técnica de autoclave.

La puerta 370 comprende un buje 372 tubular, una placa 374 de puerta abombada formada en su cara interior con nervaduras 376 y que termina en una brida 378 formada con orejetas 380 con resaltes separadas circunferencialmente configuradas para encajar entre los bloques 350 tal como puede observarse en las figuras 16 y 17, en las que el anillo 318 de bloqueo está en su posición de liberación. Tal como se observa en la figura 16, los resaltes 380 son de un perfil de cuña que coincide con las superficies de cuña de las patas 362 con las que se interbloquean para cerrar la puerta y también para accionar mediante leva o bloquear con cuña la puerta en su posición completamente cerrada. La cara 382 interior de cierre dirigida radialmente es opuesta a la cara 322 de cierre y la cara 384 de alineación troncocónica hembra es opuesta a la cara 326 de alineación. Un buje exterior combinado y un tubo 390 de suministro de vapor permite que la puerta se controle para el movimiento traslacional dentro y fuera de enganche con el reborde 310 de túnel y también proporciona una ruta para el vapor hasta un conjunto 392 impelente de la puerta.

La cámara 400 impelente de la puerta puede alimentarse con vapor a través de un tubo 390 de suministro. El anillo 402 impelente tiene en un extremo una brida a la que está unida la placa 404 interior mediante tornillos 406 de fijación. La placa 404 porta grupos 408 de discos 410 de acero inoxidable sinterizado a través de los que la corriente fluye desde la cámara impelente al interior del túnel o cuerpo del autoclave. Se observará que hay cinco grupos 408 conteniendo cada uno siete discos 410 de modo que hay en esta realización 34 discos 408 cuya área supera colectivamente el área del paso de vapor en el tubo 390 de suministro, de modo que los discos 408 confieren sólo una disminución relativamente insignificante de presión al vapor que fluye al interior del autoclave. Pilares 412 de separación conectan la placa 404 con una placa 414 de montaje, estando la placa de montaje unida al buje 372 por medio de tornillos 416 de fijación. Tal como resulta evidente en la figura 19, el anillo 402 impelente es opuesto y encaja dentro de la cara 330 del reborde 310 cuando la puerta está cerrada. Al mismo tiempo, las superficies 326 y 384 troncocónicas actúan conjuntamente para colocar la puerta correctamente y hacer que la puerta se autoalinee cuando se cierra. Para que esto sea posible, el desplazamiento inicial de la puerta hacia y desde su posición completamente bloqueada debe ser lineal, aunque la puerta oscile principalmente desde y hacia el enganche de cierre con el reborde 310 (figuras 26-28). Además, en la realización a escala comercial mencionada anteriormente, el autoclave al final de su ciclo contiene >15 toneladas de masa húmeda, y la apertura de la puerta inferior da como resultado una liberación brusca de este material. El desplazamiento axial inicial promueve el chorreo hacia abajo del material húmedo en vez de la pulverización lateral del material, y la estructura abierta del anillo de bloqueo ayuda al drenaje.

Haciendo referencia a la figura 20, las juntas 338 y 340 de estanqueidad interior y exterior se forman con regiones 420 deformables interiores, regiones 422 centrales menos deformables y regiones 424 deformables exteriores. Cada junta de estanqueidad está formada con una lengüeta 426, 428 deformable pequeña (mostrada en la figura 20 como si la puerta no estuviera presente) que cuando se cierra la puerta se comprime en los rebajes 427, 429 que son adyacentes a los rebajes 334, 336 de junta de estanqueidad principales. La lengüeta 428 está en el lado interior de la junta 338 de estanqueidad interior y la lengüeta 426 está en el lado exterior de la junta 340 de estanqueidad. La lengüeta 428 resiste la presión dentro del autoclave cuando se aplica presión de vapor y la lengüeta 426 resiste la presión atmosférica cuando el autoclave se hace funcionar en condiciones de presión reducida o de vacío. Las lengüetas proporcionan de manera eficaz sellos automultiplicadores en la medida en que cuanto mayor es el diferencial de presión aplicado, mayor es la acción de sellado, y juntos evitan el desarrollo de presión reducida en la región entre los sellos 338, 340. Por tanto, es posible abrir la puerta del autoclave después de que el autoclave ha estado funcionando a presión reducida sin daño a los sellos 338, 340. Proporcionar dos lengüetas o solapas en un único sello no funcionaría, y en condiciones de vacío el sello actuaría como una ventosa haciendo difícil abrir la puerta sin sacar el sello de su rebaje.

Pueden realizarse diversas modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente sin apartarse de la invención que está limitada por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, dependiendo de la importancia relativa de la energía y el combustible, en lugar de suministrar el gas que contiene metano a un motor de combustión interna, parte podría alimentarse a una caldera para aumentar el vapor para suministrar al autoclave y también para suministrar agua caliente a la etapa de digestión anaerobia y el resto podría añadirse al biometano mediante la eliminación del dióxido de carbono por completo o en parte.

## REIVINDICACIONES

1. Método para tratar desechos sólidos que comprende:
- 5 introducir dichos desechos en el interior de un autoclave (10) rotativo que tiene una orientación fija inclinada hacia abajo hacia su extremo de descarga y tiene una puerta (14) en el extremo de descarga para cerrar el autoclave, teniendo la puerta una región (282) abombada frontal y una región (281, 378) de brida que sobresale que ayuda al sellado con una abertura inferior del cuerpo de autoclave desde la que se descargan los desechos tratados;
- 10 inyectar vapor para tratar la carga a través de dicha puerta por medio de una cámara (288) impelente definida entre la región (282) abombada frontal de la puerta y una placa (286) sujeta a la puerta en un pequeño espacio hacia el interior de dicha región (282) abombada frontal, realizándose la inyección por medio de una línea (256) de administración de fluido, un conector (258) rotativo estanco a la presión y una entrada (284) que pasa axialmente a través de dicha región (282) abombada frontal para conducir vapor desde el conector (258) rotativo al interior del autoclave; y
- 15 hacer pasar agua y vapor desde la cámara impelente al interior del autoclave a través de salidas (290) definidas en la placa y a través de una pluralidad de dispositivos unidireccionales colocados en las salidas y que proporcionan trayectorias paralelas desde la cámara impelente al interior del autoclave, impidiendo los dispositivos unidireccionales que entren desechos sólidos en la cámara impelente procedentes del interior del autoclave y siendo discos (408) de acero inoxidable poroso o válvulas unidireccionales.
- 20
2. Método según la reivindicación 1, en el que el área de sección transversal de la trayectoria o trayectorias desde la cámara (288) impelente al interior del autoclave definida por dichos dispositivos unidireccionales es igual a o mayor que el área de la entrada (284) para el vapor inyectado al interior de la cámara impelente.
- 25
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, que tiene una o más de las características siguientes:
- 30
- (a) inyectar el vapor al interior del autoclave a través de discos (408) de metal sinterizado poroso que conducen desde la cámara impelente al interior del autoclave o a través de válvulas de tipo hongo o de asiento cónico que conducen desde la cámara impelente al interior del autoclave;
- 35
- (b) inyectar vapor desde un acumulador (18) de vapor que tiene una capacidad de acumulación de vapor a una temperatura y presión efectivas para calentar y penetrar completamente en la carga;
- (c) inyectar vapor reciclado desde un segundo autoclave (12) que ha completado sustancialmente su ciclo de tratamiento;
- 40
- (d) hacer rotar el autoclave durante la inyección de vapor en un sentido de manera que aspás (280) internas generalmente helicoidales elevan los desechos desde el extremo de descarga al interior del cuerpo del autoclave, y monitorizar la carga en los extremos superior e inferior del autoclave mientras que las aspás están elevando los residuos desde el extremo inferior, indicando la igualación de la carga en los extremos superior e inferior en comparación con las cargas en el extremo de introducción de desechos que está teniendo lugar la elevación;
- 45
- (e) introducir agua líquida en el autoclave a medida que se introduce la carga, estando el agua que se introduce casi en ebullición e introduciéndose el agua en una cantidad del 25-50% basándose en el peso de la carga introducida;
- 50
- (f) pulverizar agua al interior del autoclave después de la inyección de vapor para la condensación del vapor, siendo la cantidad de agua pulverizada al interior del autoclave del 25-50% en peso del peso de los desechos al comienzo del procesamiento.
- 55
4. Método según cualquier reivindicación anterior, que comprende además suministrar una fracción rica en materia orgánica de los desechos procesados desde el autoclave hasta un digestor (92a) anaerobio y recuperar un gas rico en metano a partir del mismo.
- 60
5. Método según la reivindicación 4, que comprende:
- esterilizar en autoclave con vapor los desechos para producir desechos tratados húmedos de contenido en sólidos inferior al de los desechos sólidos municipales suministrados;
- 65 separar los materiales reciclables de una fracción acuosa rica en materia orgánica de los desechos tratados húmedos;

digerir anaerobiamente la fracción rica en materia orgánica;

recuperar gas que contiene metano de la digestión anaerobia;

5 someter a combustión interna el gas que contiene metano en un motor (110a) de combustión interna para generar energía y calor residual, y

generar vapor para esterilizar en autoclave usando el calor residual.

10 6. Método según la reivindicación 5, en el que el contenido en agua de los desechos tratados húmedos producidos es del 30-60% en peso de agua.

15 7. Método según la reivindicación 5, que tiene una o más de las características siguientes;

(a) recuperar agua de camisa calentada procedente del motor (110a) de combustión interna, y proporcionar un vapor derivado del agua de camisa para proporcionar una alimentación caliente para mantener una temperatura de digestión anaerobia elevada;

20 (b) siendo los desechos, desechos alimentarios, desechos de matadero, incluyendo opcionalmente sangre de matadero u otros desechos ricos en proteínas;

(c) siendo los desechos, desechos sólidos municipales o una fracción clasificada de los mismos;

25 (d) hacer funcionar el digestor (92a) anaerobio en condiciones mesófilas o termófilas.

30 8. Autoclave (10) rotativo que tiene un interior para tratar desechos sólidos, que está soportado en un armazón (224, 226, 228, 234) de soporte en una orientación fija inclinada hacia abajo hacia su extremo de descarga y que tiene una puerta en el extremo de descarga, teniendo la puerta una región (282) abombada frontal y una región (281, 378) de brida que sobresale hacia atrás vertical que ayuda al sellado con una abertura inferior del cuerpo de autoclave desde la que se descargan los desechos tratados,

35 proporcionándose medios en dicha puerta para inyectar vapor a través de dicha puerta por medio de una cámara (288) impelente en dicha puerta al interior de dicho autoclave para tratar la carga, estando definida dicha cámara impelente entre la región (282) abombada frontal de la puerta y una placa (286) sujeta a la puerta en un pequeño espacio hacia el interior de dicha región (282) abombada frontal, incluyendo dichos medios para inyectar vapor una línea (256) de administración de fluido, un conector (258) rotativo estanco a la presión y una entrada (284) que pasa axialmente a través de dicha región (282) abombada frontal para conducir vapor desde el conector (258) rotativo al interior del autoclave,

40 comunicando la cámara impelente con el interior del autoclave a través de salidas (290) definidas en la placa (286) y a través de una pluralidad de dispositivos unidireccionales colocados en las salidas y que proporcionan trayectorias paralelas desde la cámara impelente al interior del autoclave, estando configurados los dispositivos unidireccionales para impedir que entren desechos sólidos en la cámara impelente procedentes del interior del autoclave y siendo discos de acero inoxidable poroso o válvulas unidireccionales.

45 9. El autoclave según la reivindicación 8, que tiene una o más de las características siguientes:

50 (a) el área de sección transversal de las trayectorias desde la cámara (288) impelente al interior definida por los dispositivos unidireccionales es igual a o mayor que el área de una entrada al interior de la cámara impelente para el vapor inyectado;

55 (b) los dispositivos (408) unidireccionales son de metal sinterizado poroso o son válvulas de tipo hongo o de asiento cónico;

(d) una puerta (16) de entrada para desechos en su extremo superior, y una entrada en dicha puerta para que se pulverice agua al interior del autoclave para condensar vapor en el mismo;

60 (e) aspas (280) internas generalmente helicoidales y un accionamiento (238, 240) configurado para hacer rotar las aspas durante la inyección de vapor en un sentido de manera que las aspas elevan los desechos desde el extremo de descarga al interior del cuerpo del autoclave, comprendiendo además preferiblemente

65 (f) sensores de carga en los extremos superior e inferior de dicho autoclave para detectar la carga mientras que las aspas están elevando los residuos desde el extremo inferior, indicando la igualación de la carga en los extremos superior e inferior en comparación con las cargas en el extremo de introducción de desechos que está teniendo lugar la elevación;

(g) sensores de presión en los extremos superior e inferior del autoclave para detectar la presión dentro del autoclave, indicando una igualdad de presión sustancial que el vapor ha penetrado completamente en la carga;

5

(h) un eje de rotación que se inclina hacia delante y hacia abajo formando un ángulo de 10-15°.

10. Autoclave según la reivindicación 8 ó 9 en combinación con al menos un tanque (92a) de digestión anaerobia para digerir una fracción rica en materia orgánica de los desechos esterilizados en autoclave, un sistema (102, 108) de recuperación para recuperar gas que contiene metano del o de cada tanque (92a) de digestión, al menos un motor (110a) de combustión interna para someter a combustión el gas que contiene metano y para generar energía, y un generador de vapor alimentado con gas de combustión procedente del motor de combustión interna para generar y acumular vapor para suministrar al autoclave.

10

15 11. Autoclave según la reivindicación 10, que tiene una o más de las características siguientes:

(a) el generador de vapor comprende un tanque (18) de acumulación de vapor;

20

(b) un sistema (134, 152) de recuperación para recuperar agua de camisa procedente del motor de combustión interna, un tanque (30) para que se suministre agua al autoclave, un segundo tanque (140) para que suministre agua al generador (18) de vapor y calentadores (138, 154) en los tanques primero y segundo para calentar el agua en los mismos hasta estar casi en ebullición usando el calor de dicha agua de camisa.

25

Fig. 1

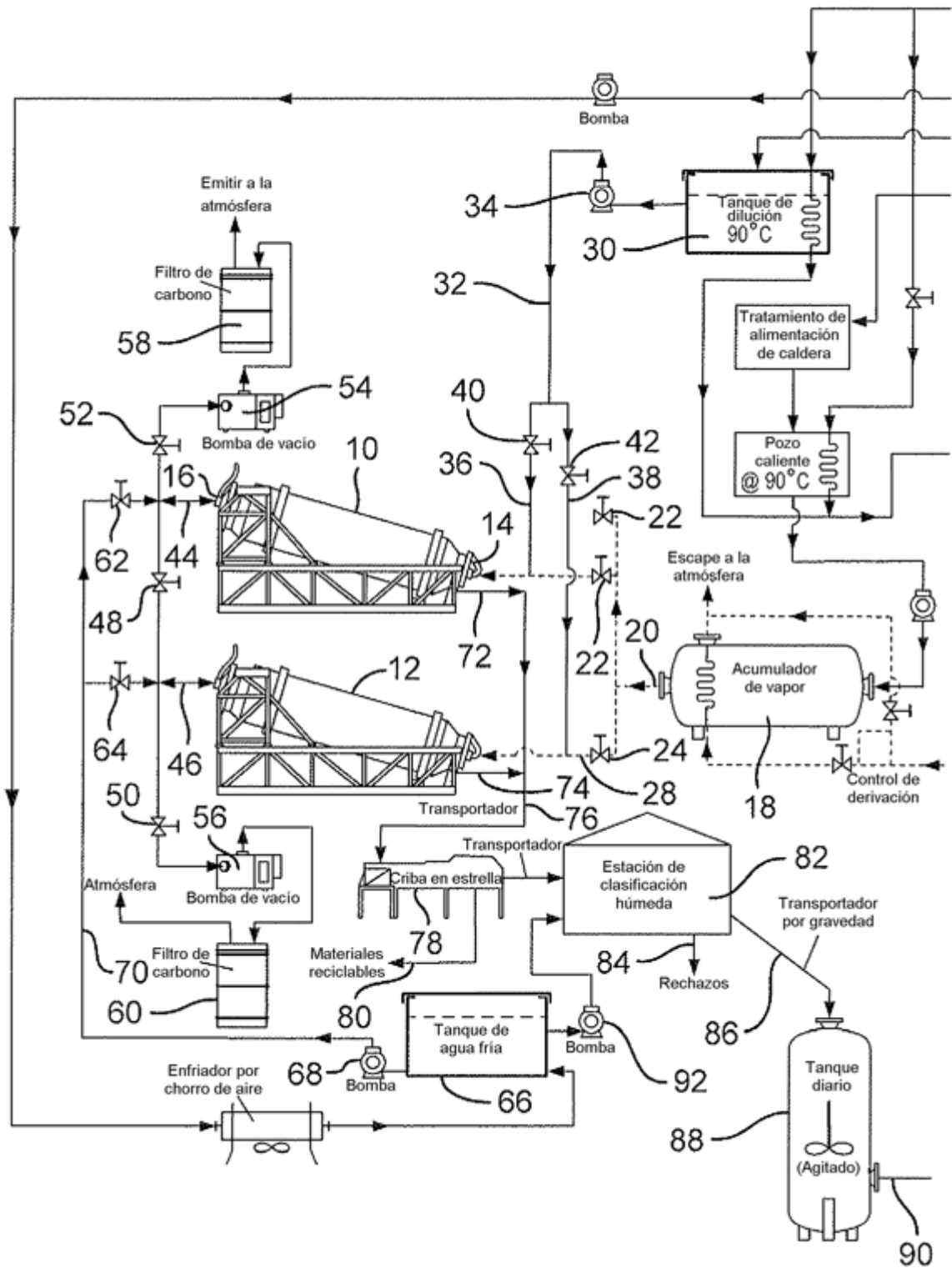


Fig. 2

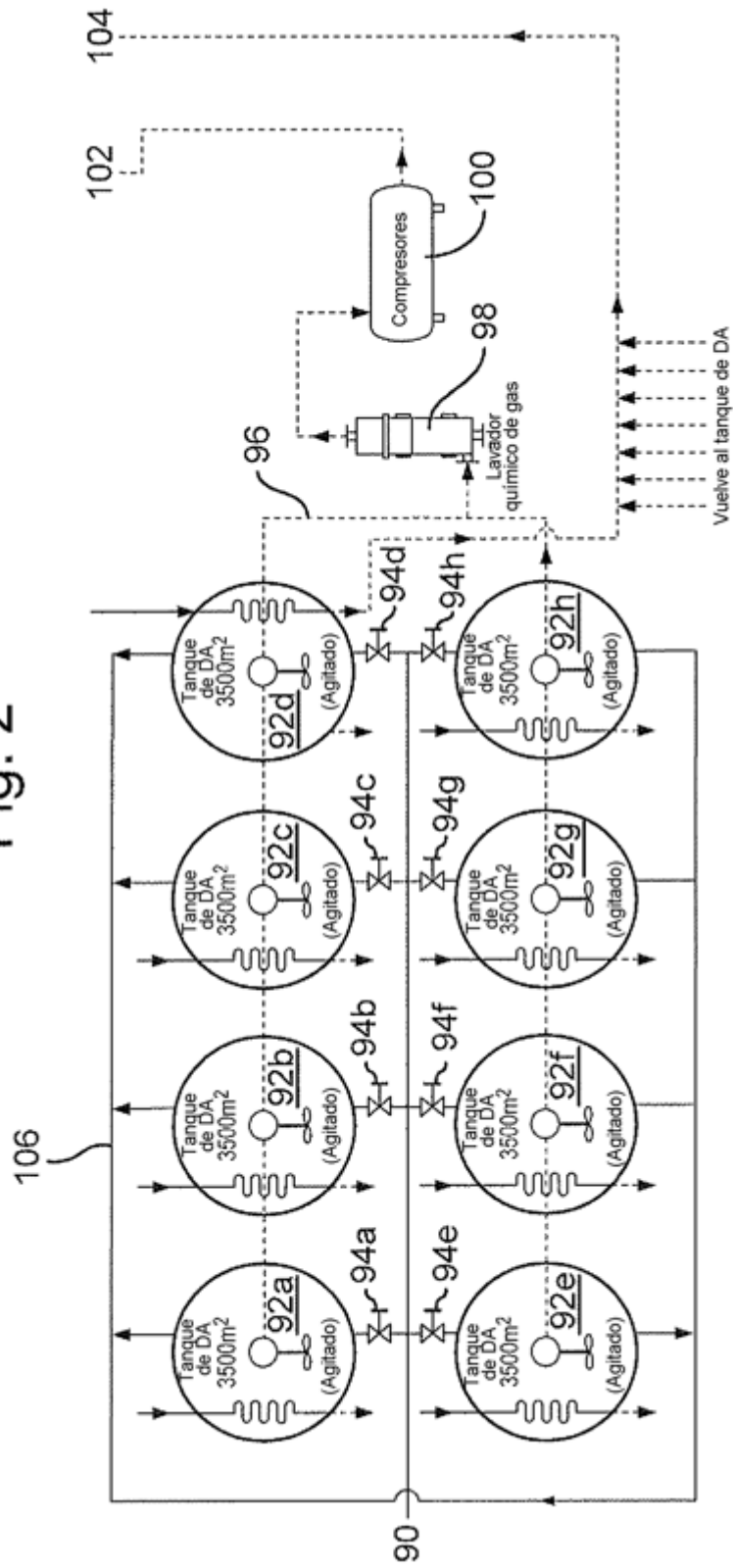
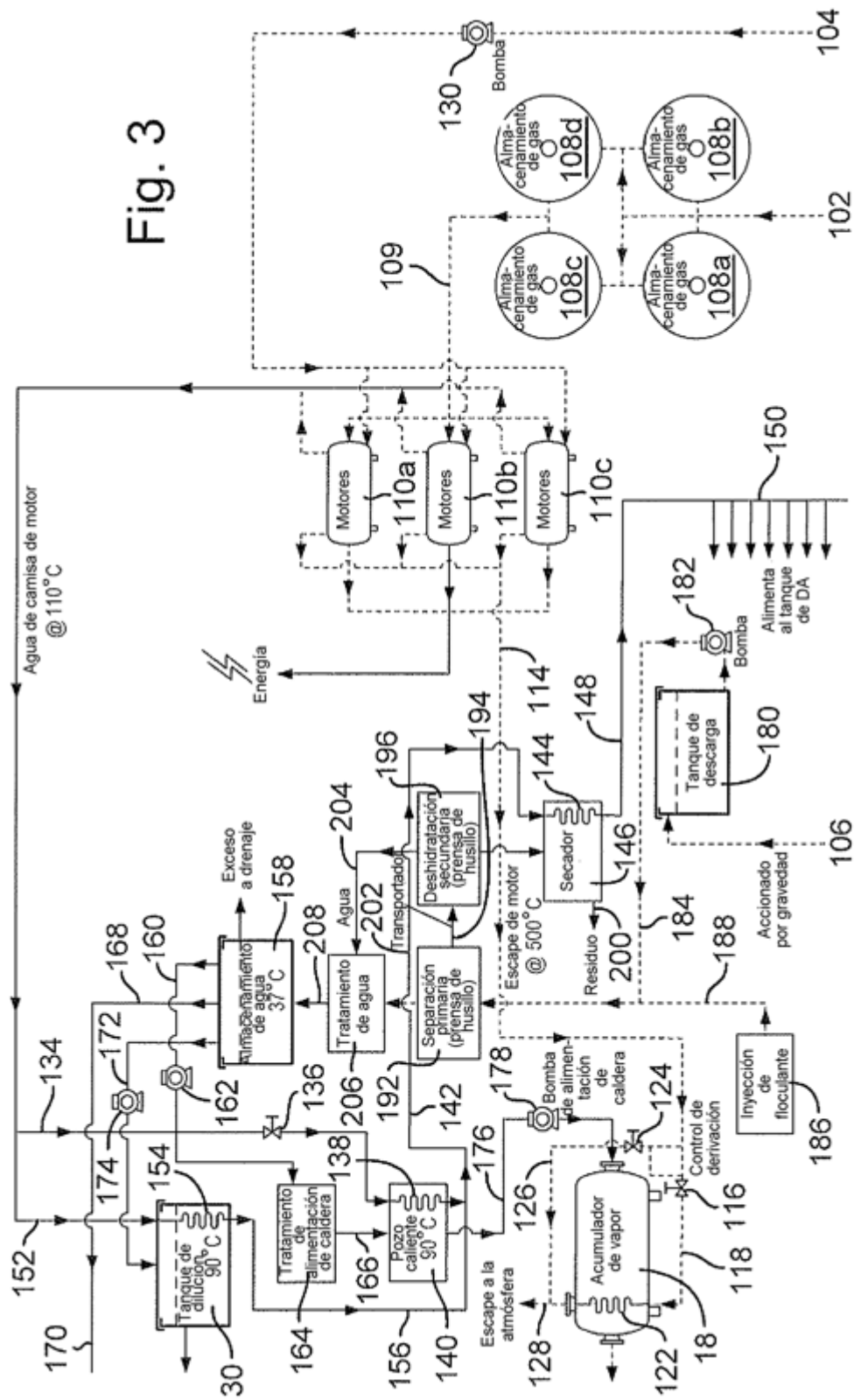




Fig. 3



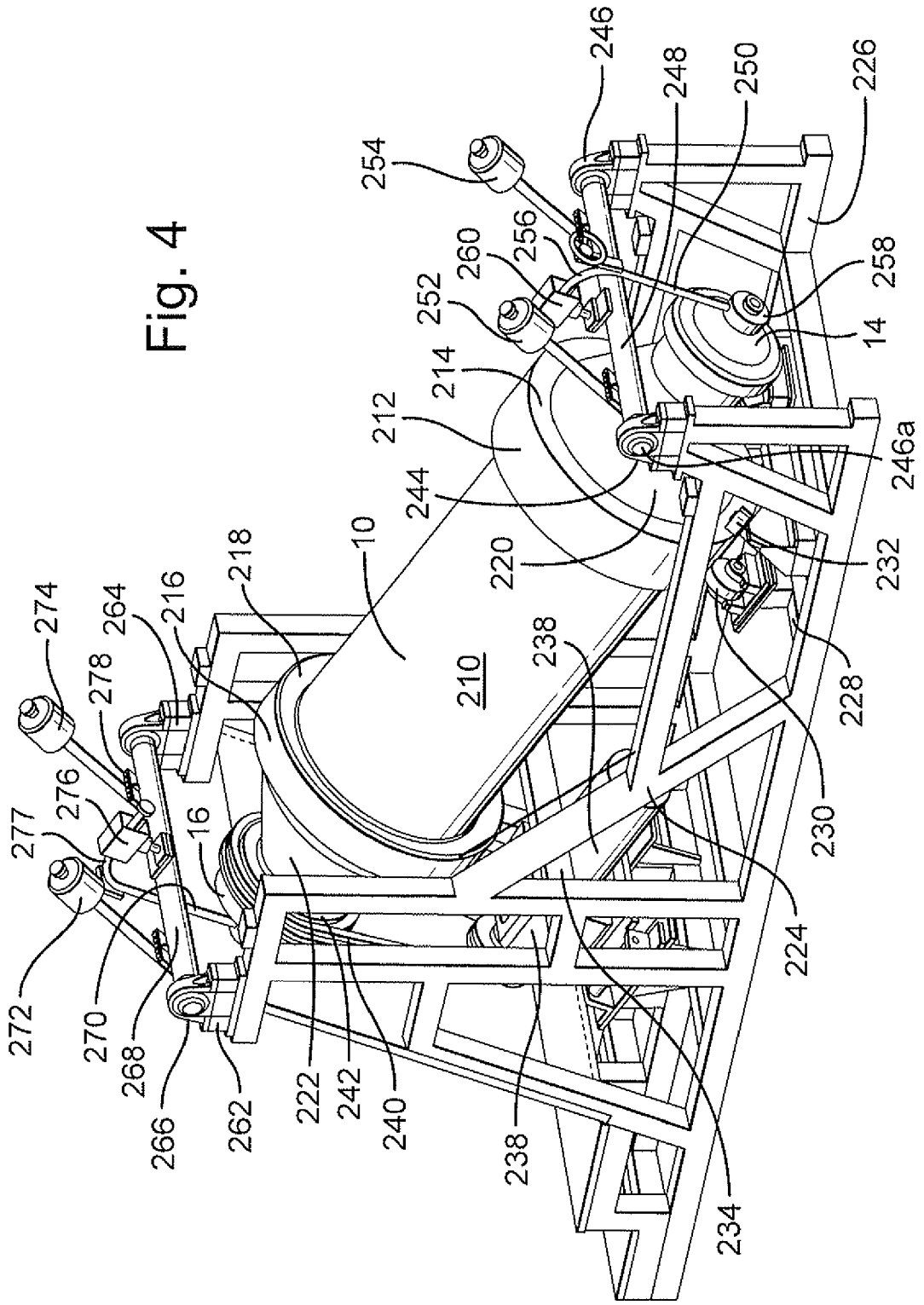
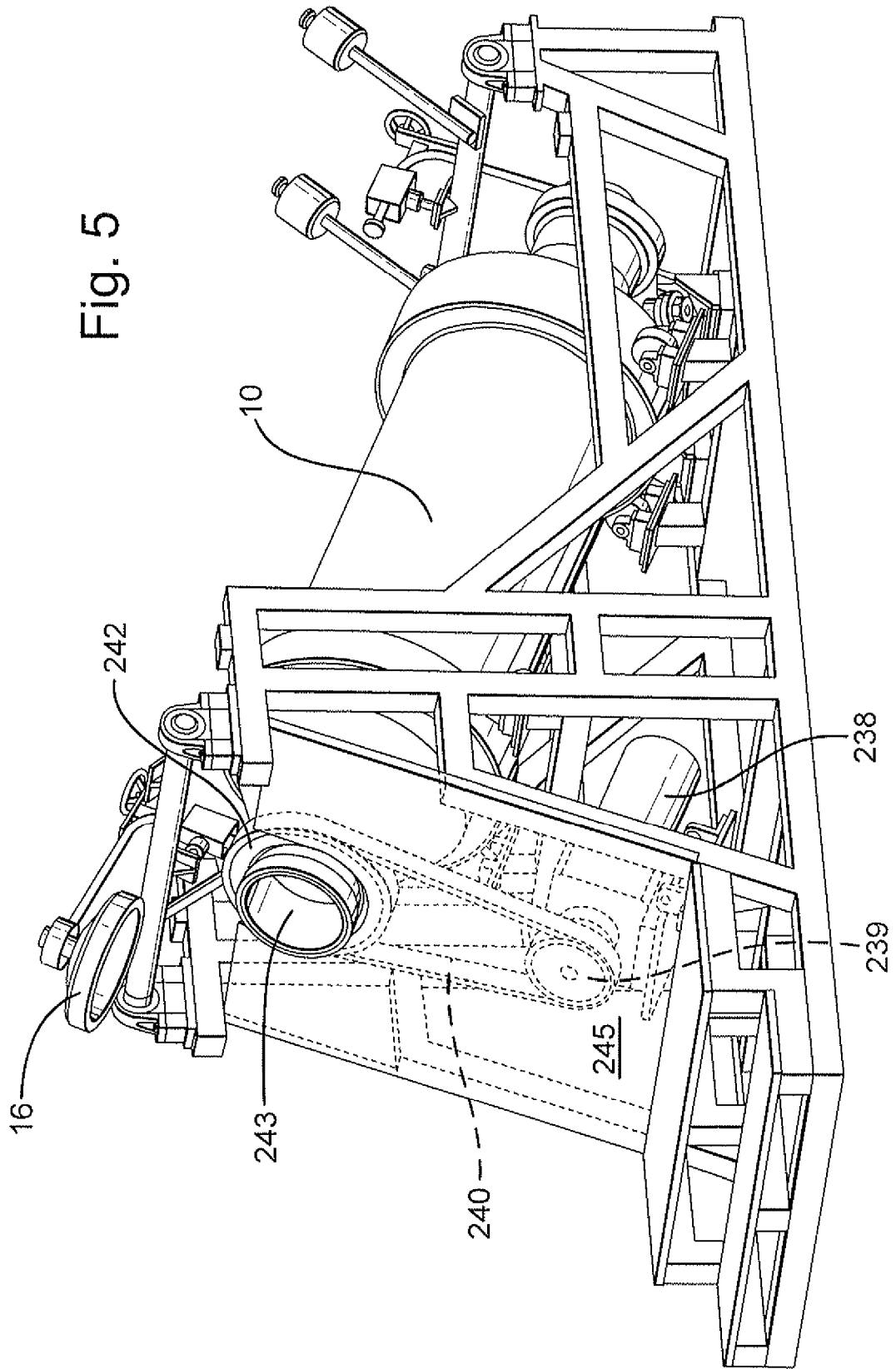


Fig. 5



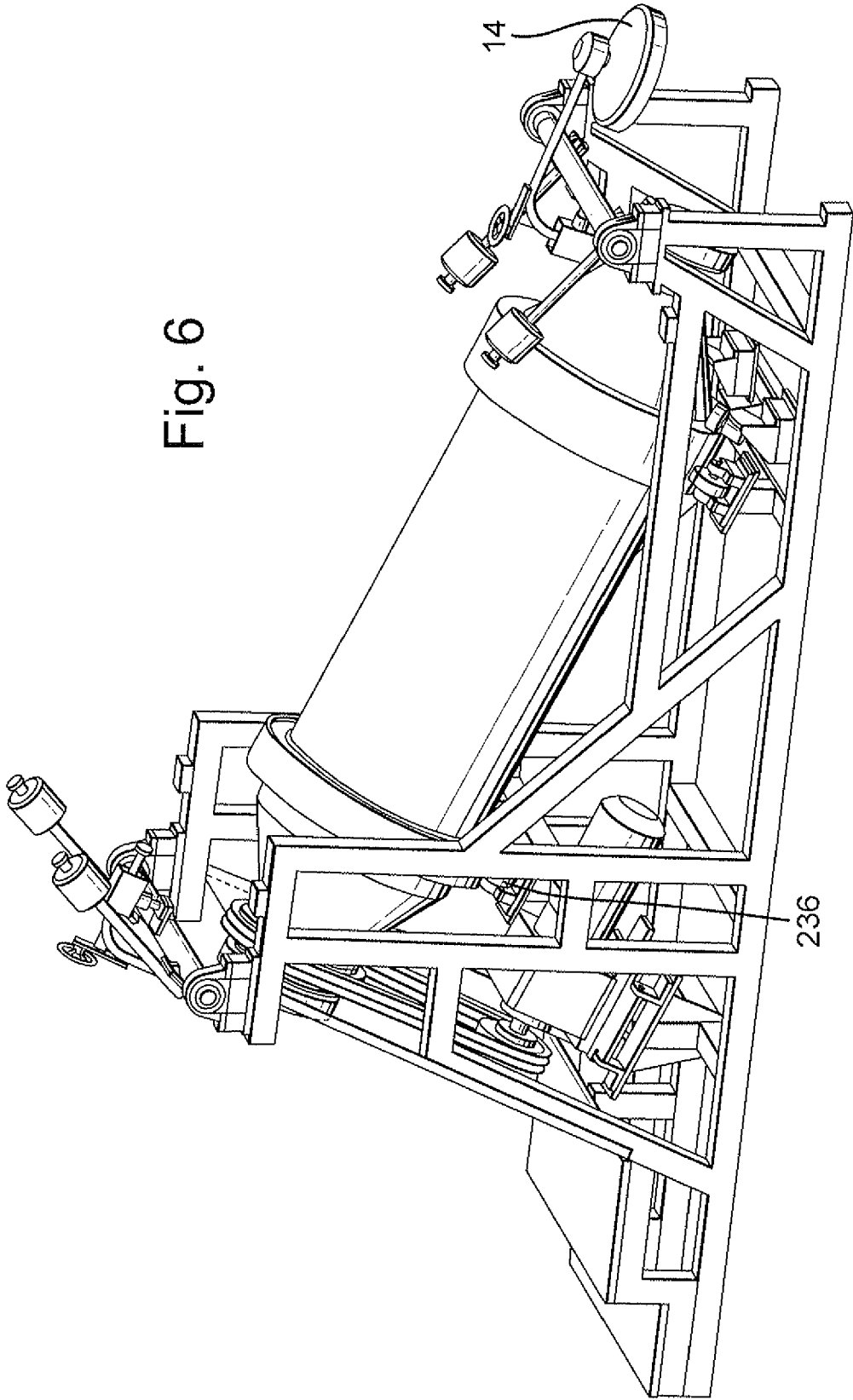


Fig. 7

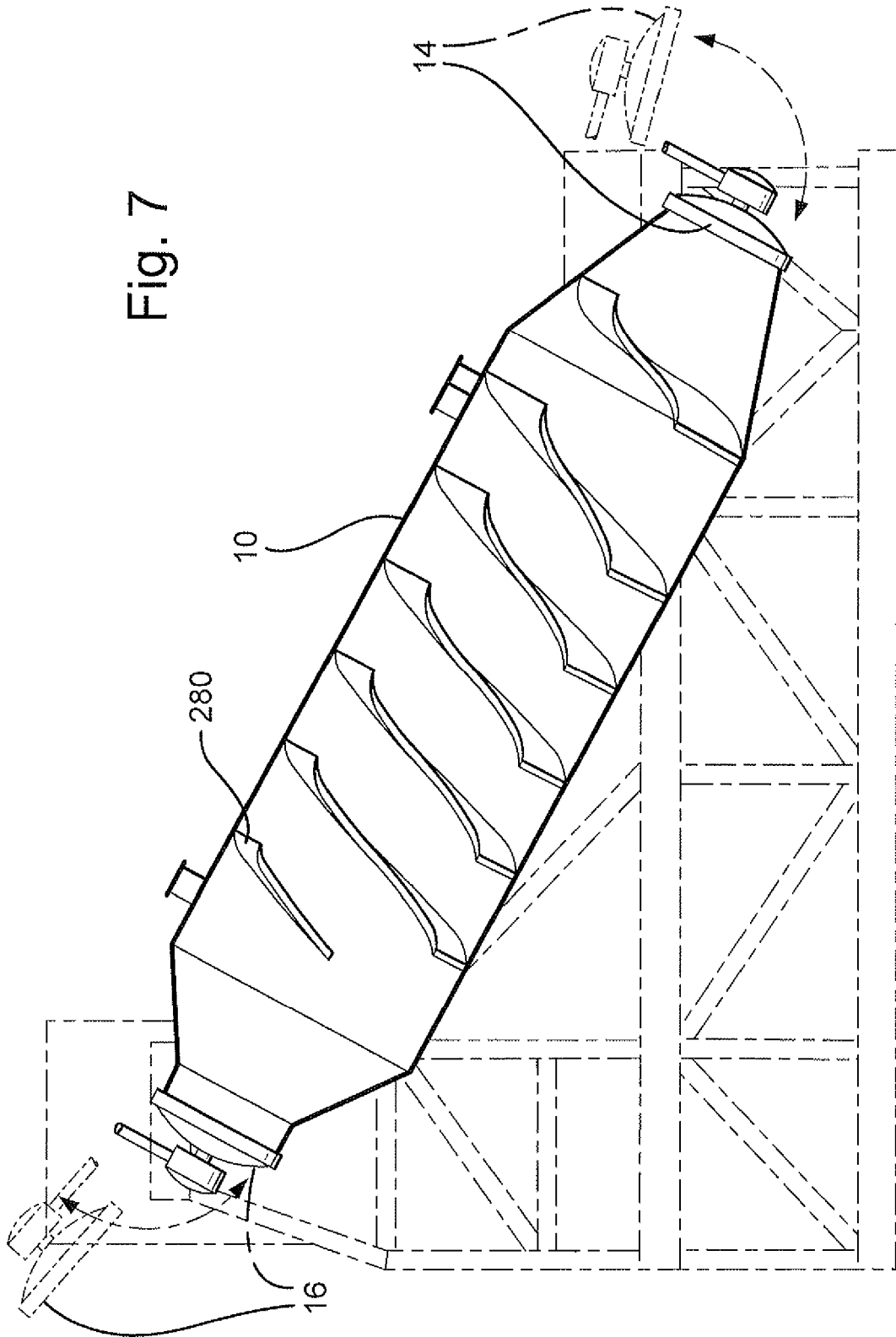


Fig. 8

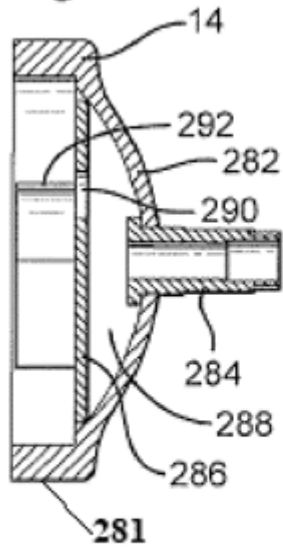


Fig. 9

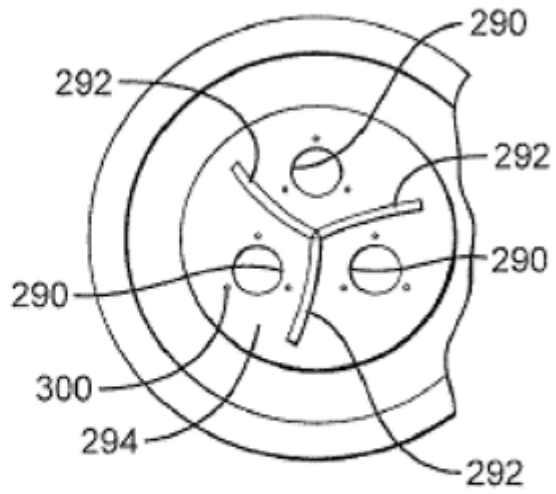


Fig. 10

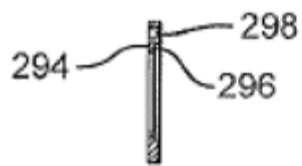


Fig. 11

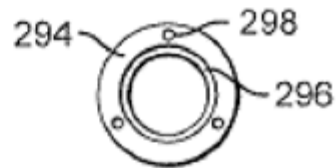


Fig. 12 Transportador hacia dentro

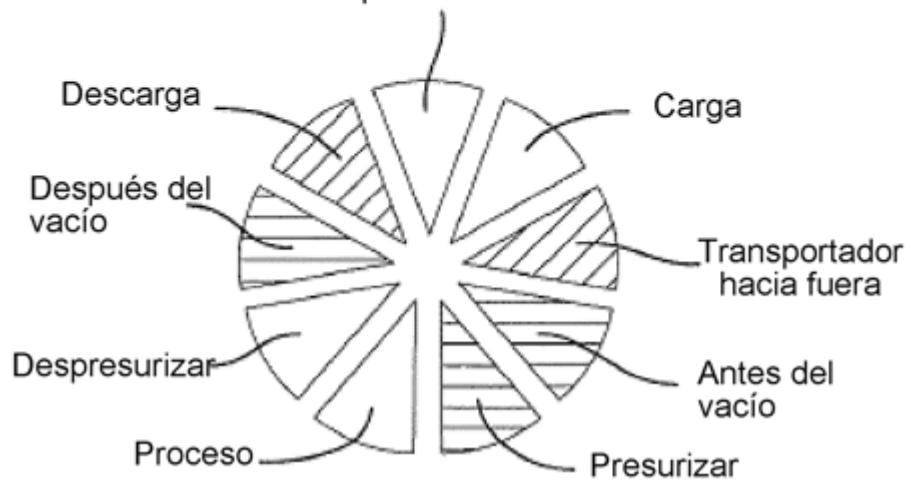


Fig.13

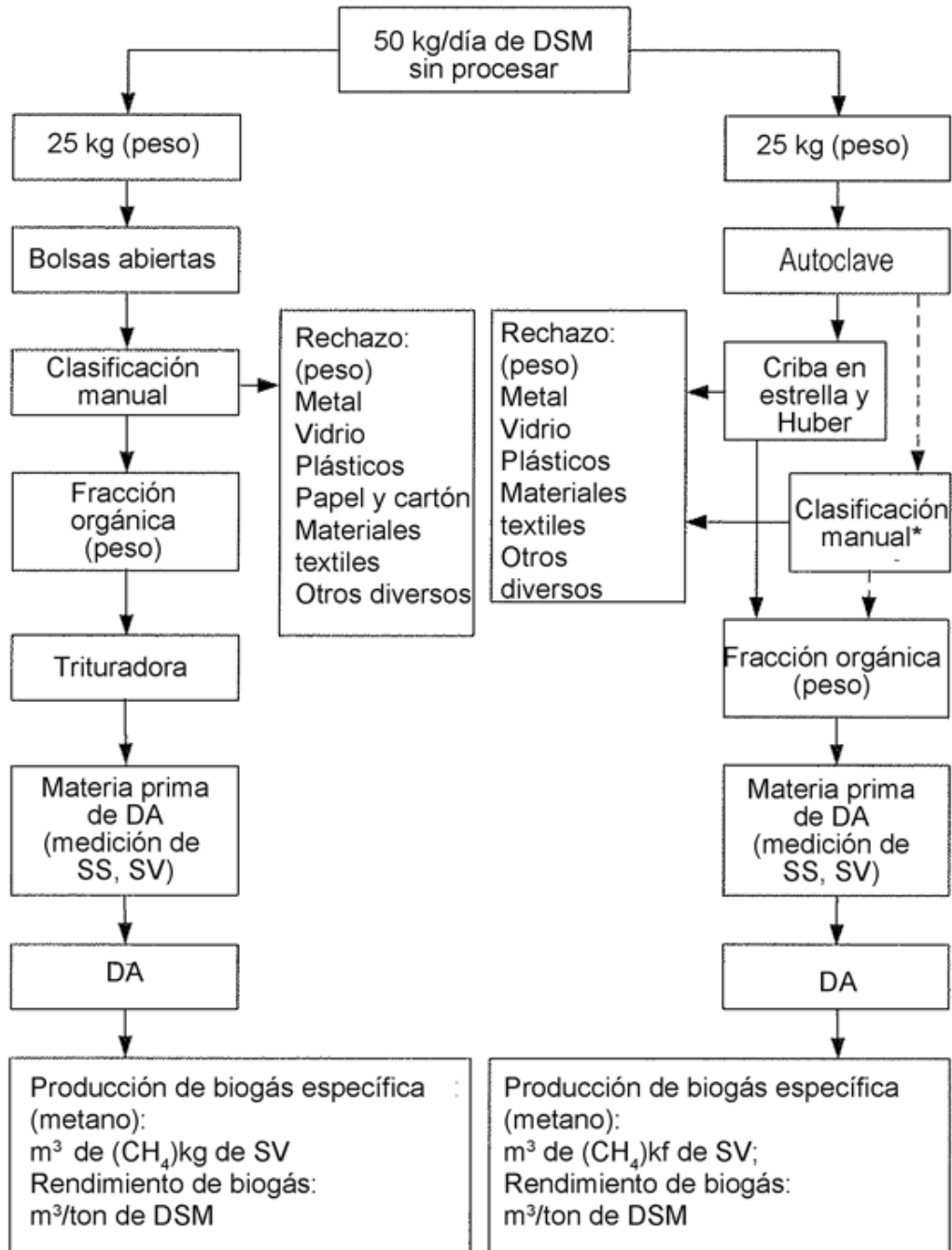


Fig.14

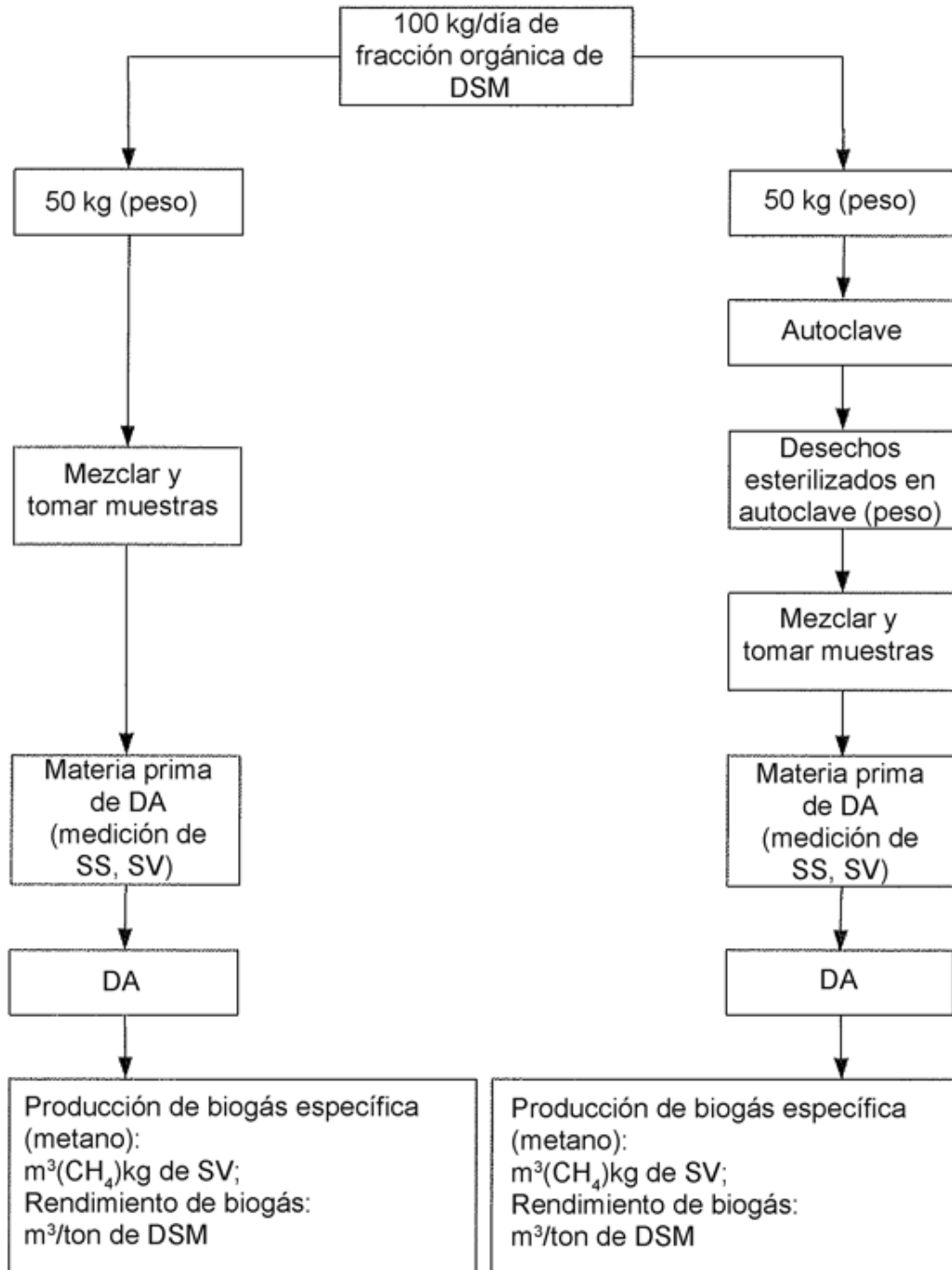
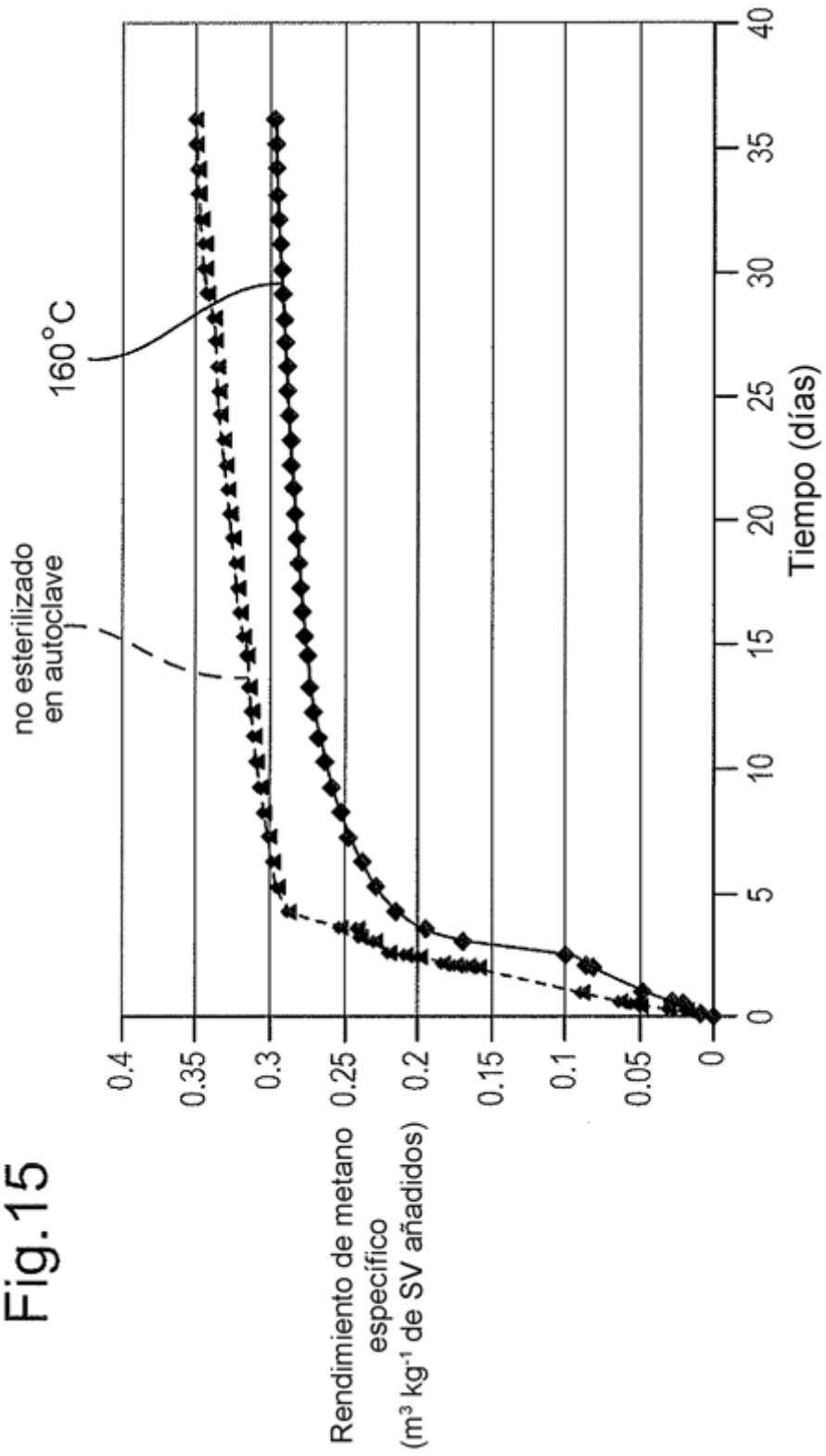
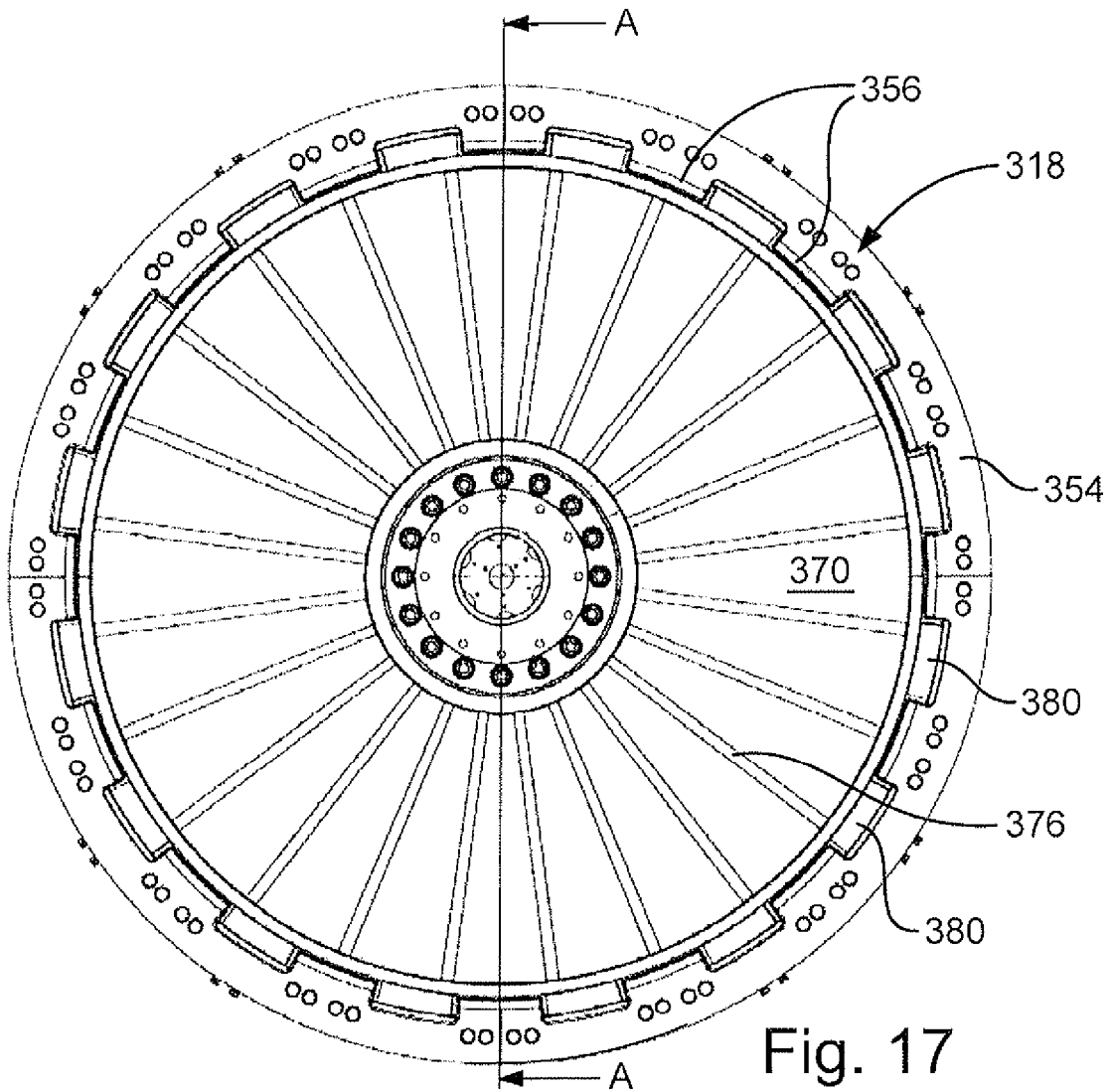
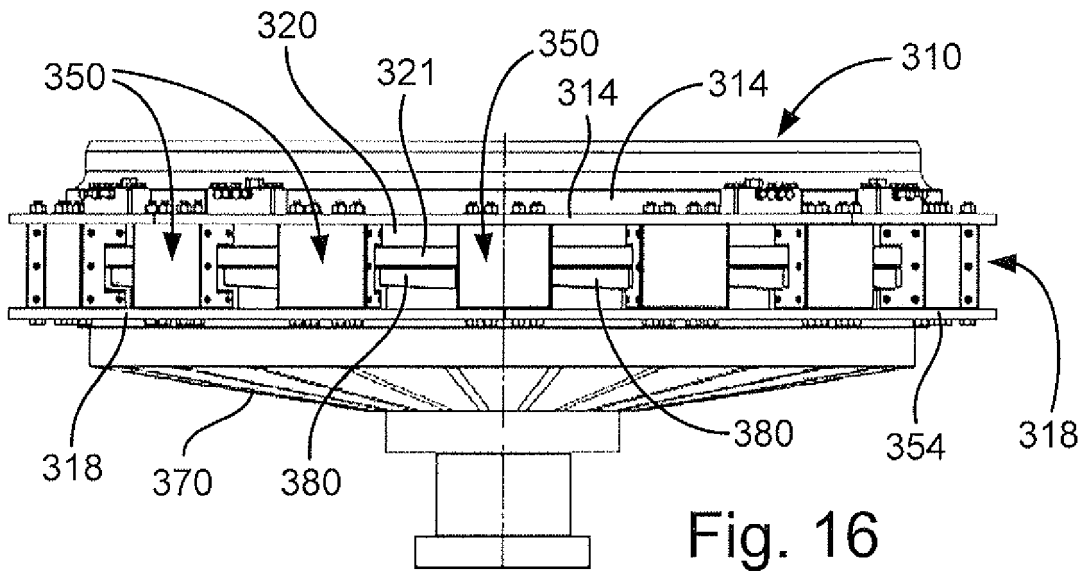




Fig.15





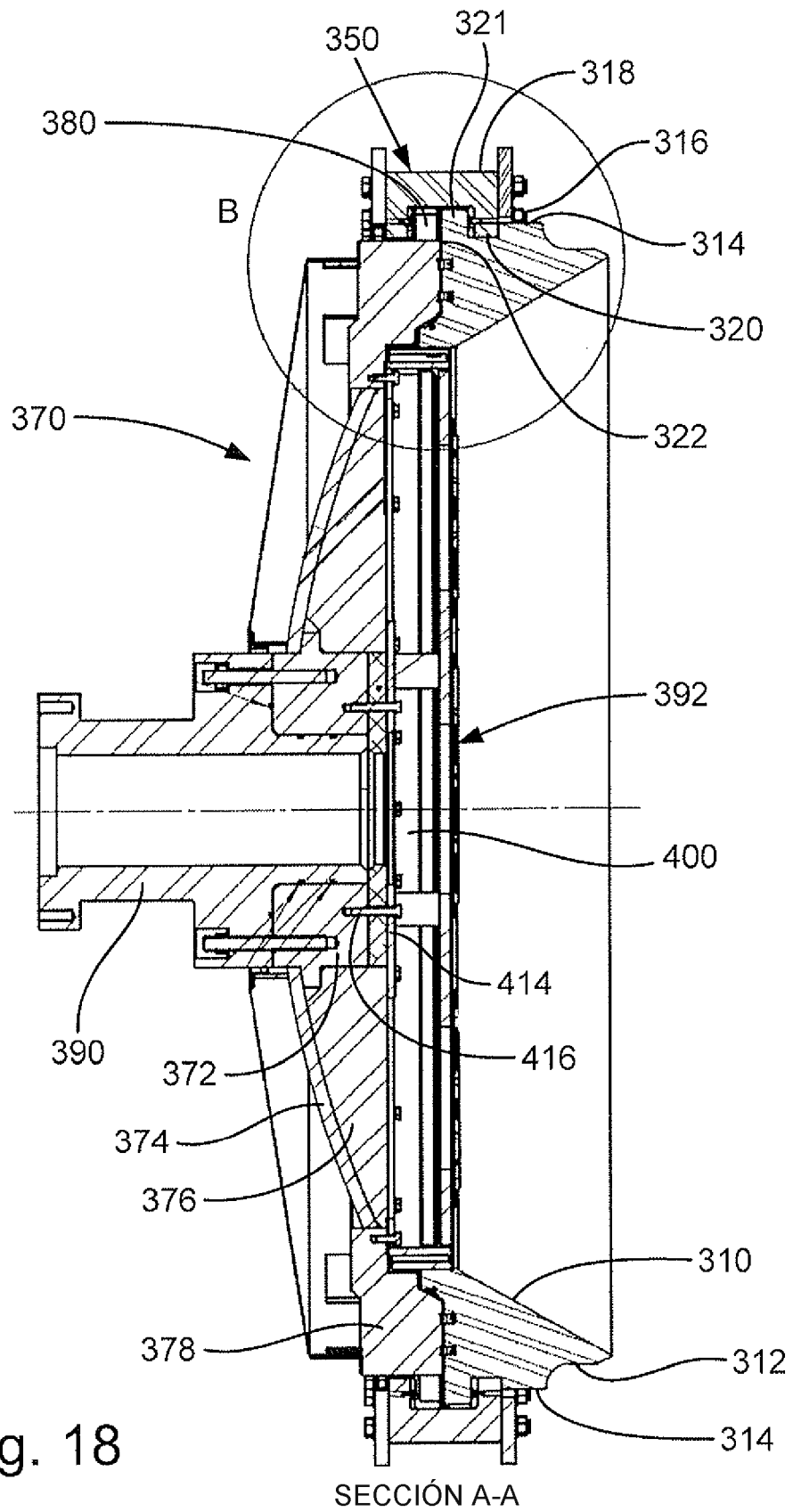


Fig. 18

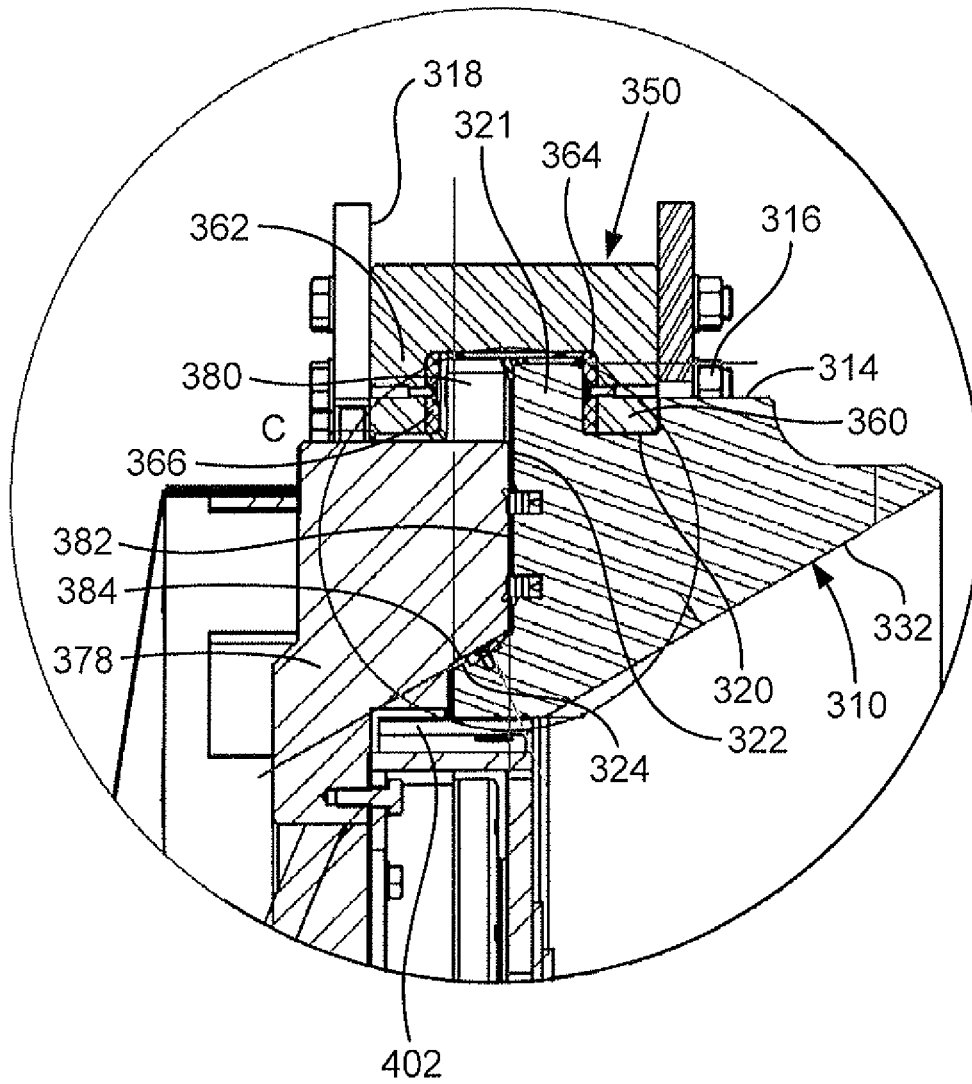


Fig. 19

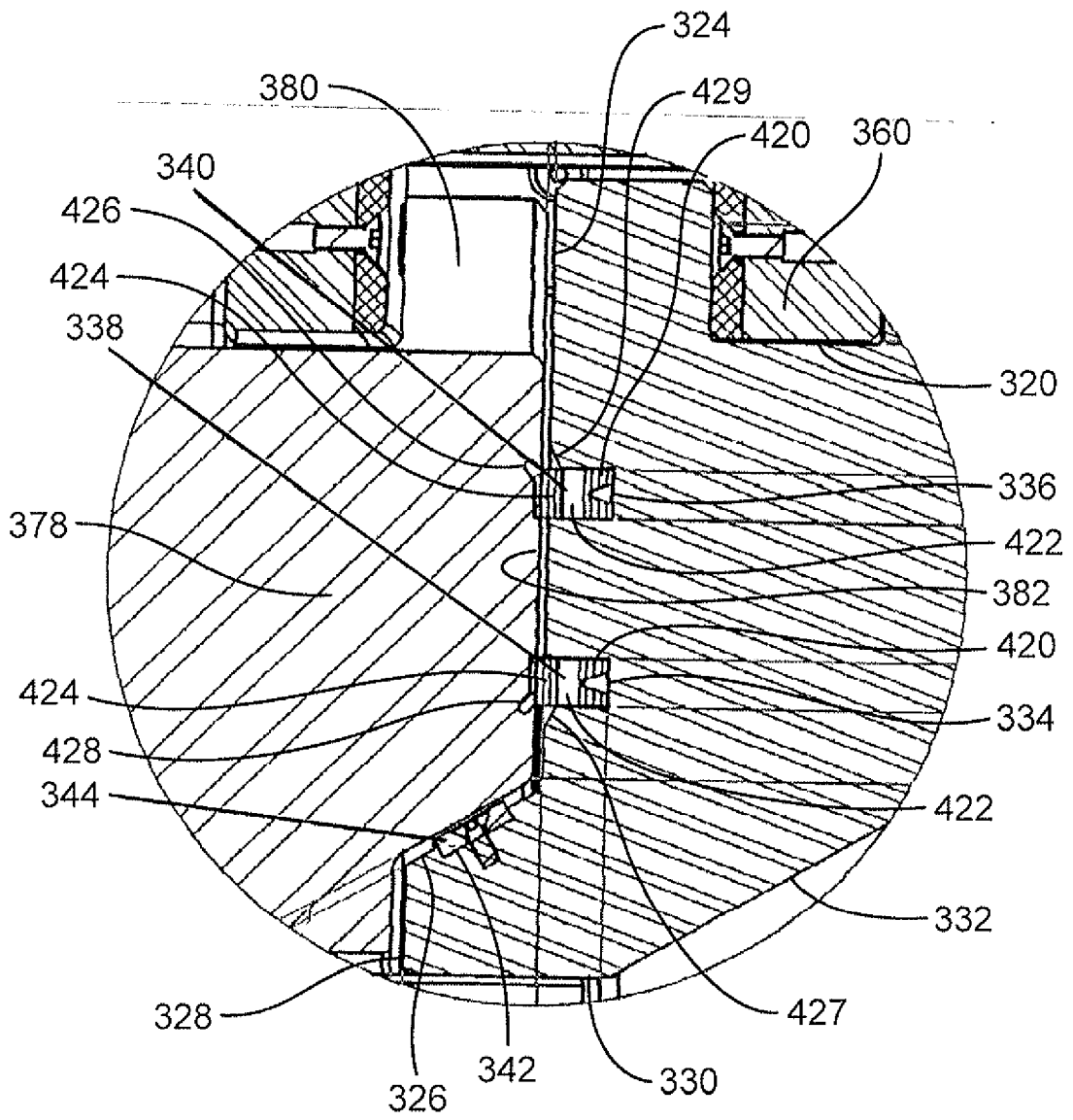


Fig. 20

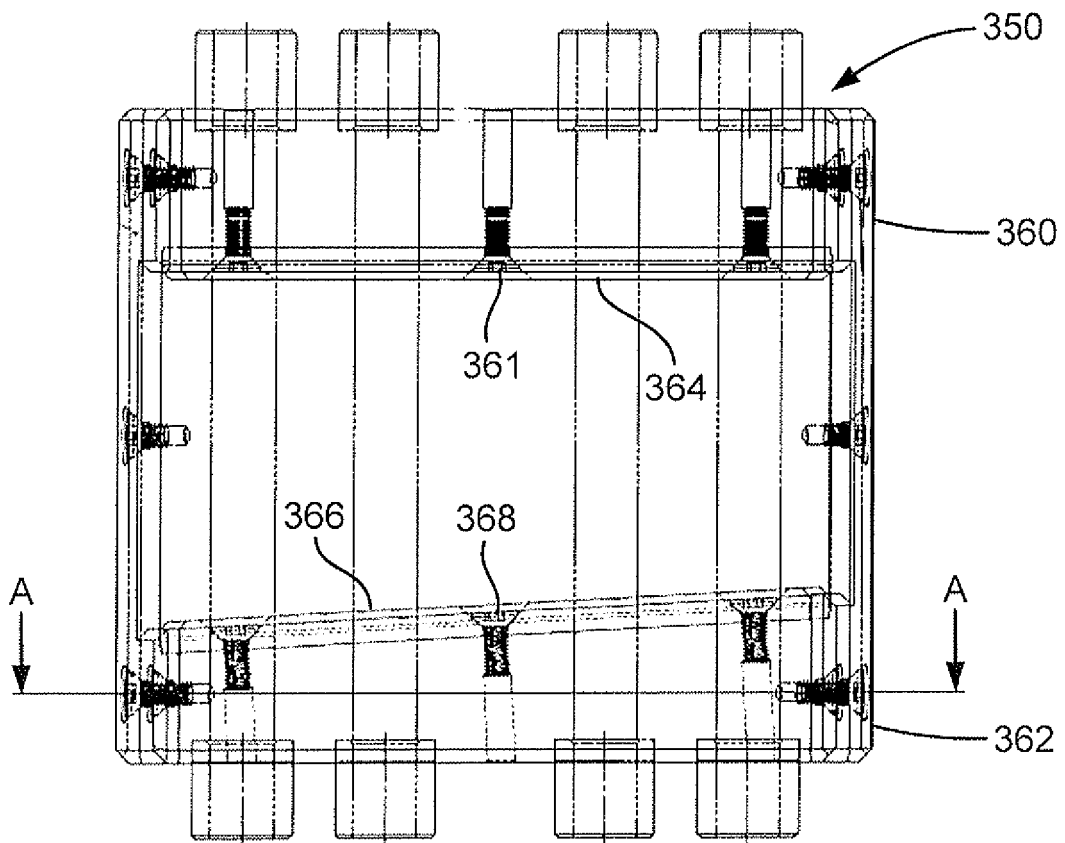
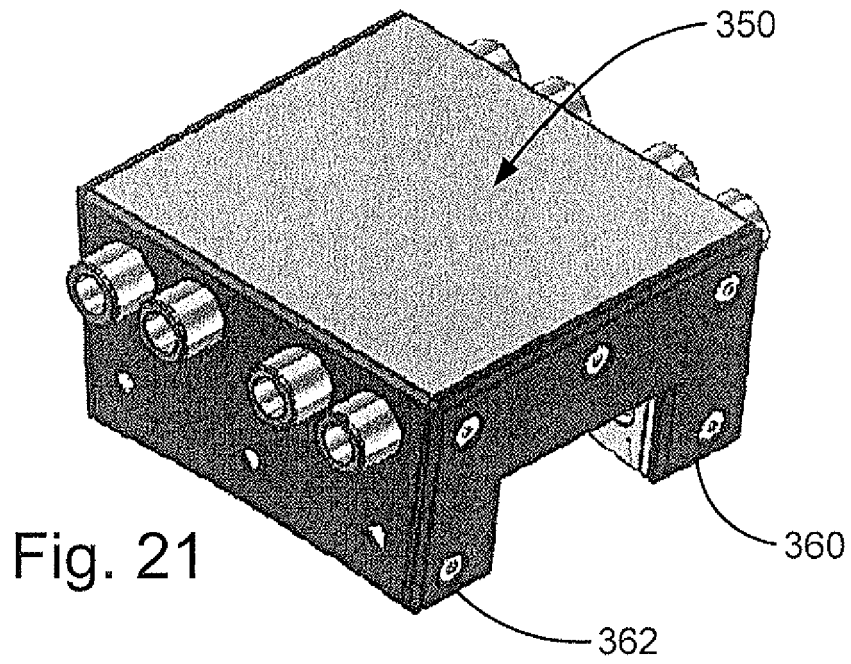


Fig. 22

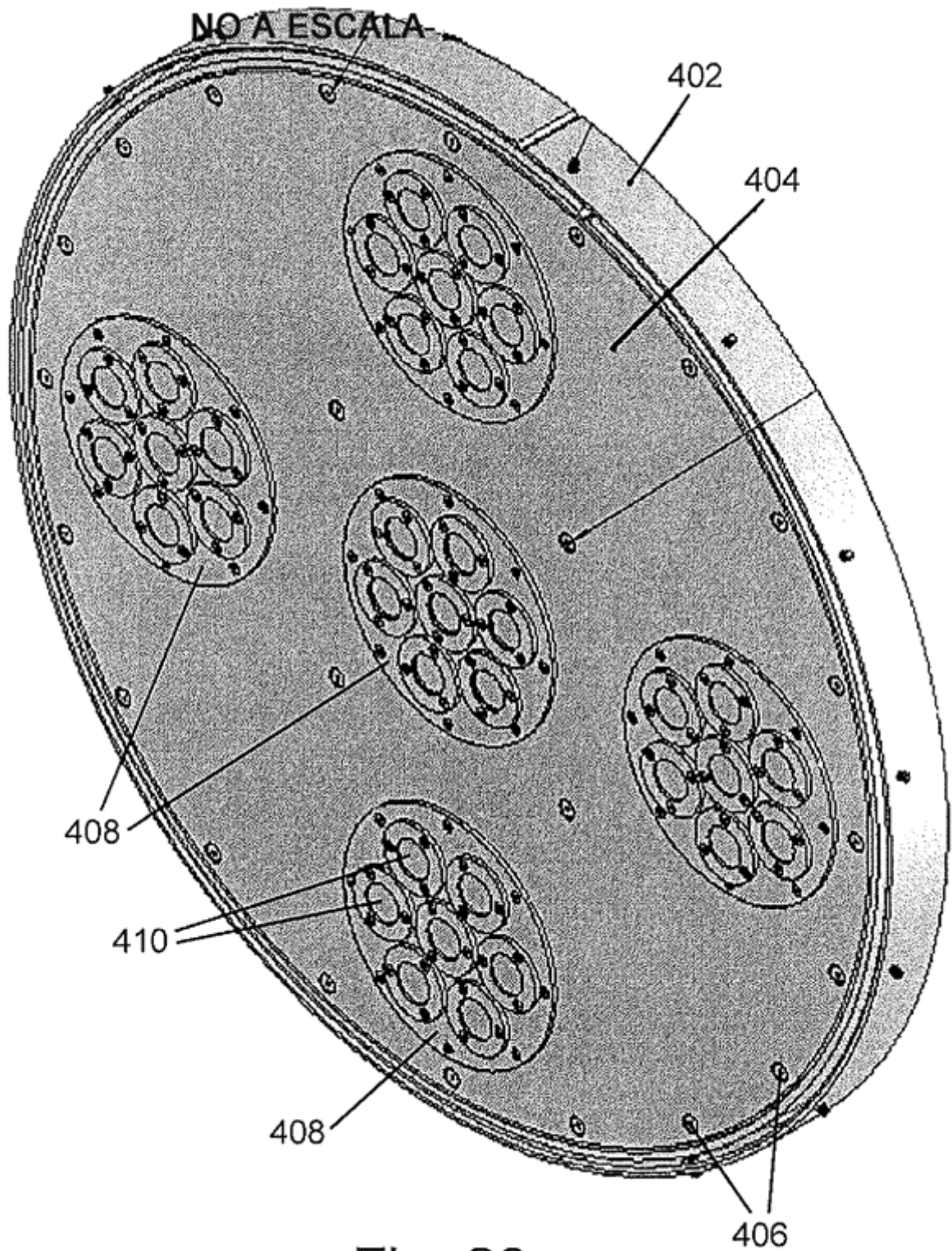


Fig. 23

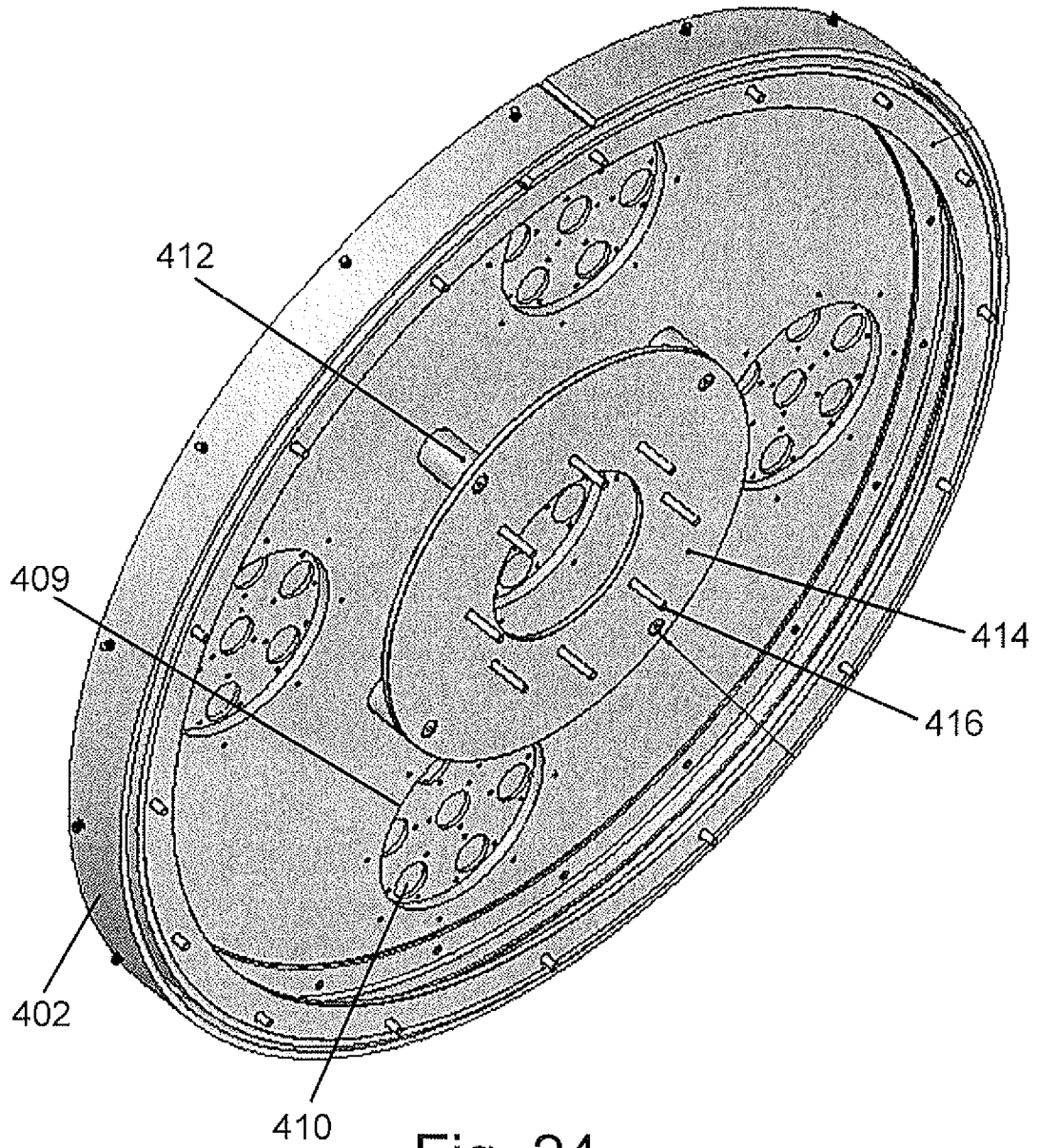


Fig. 24



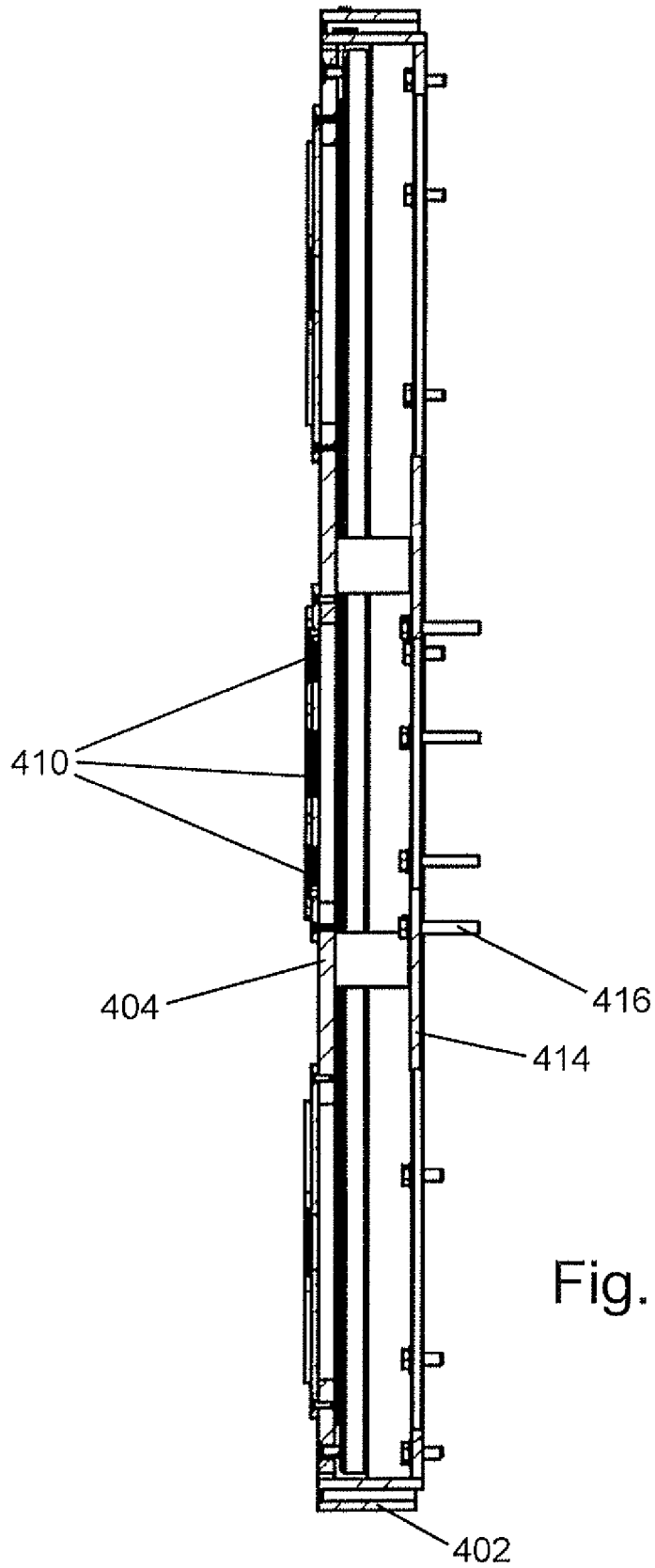


Fig. 25

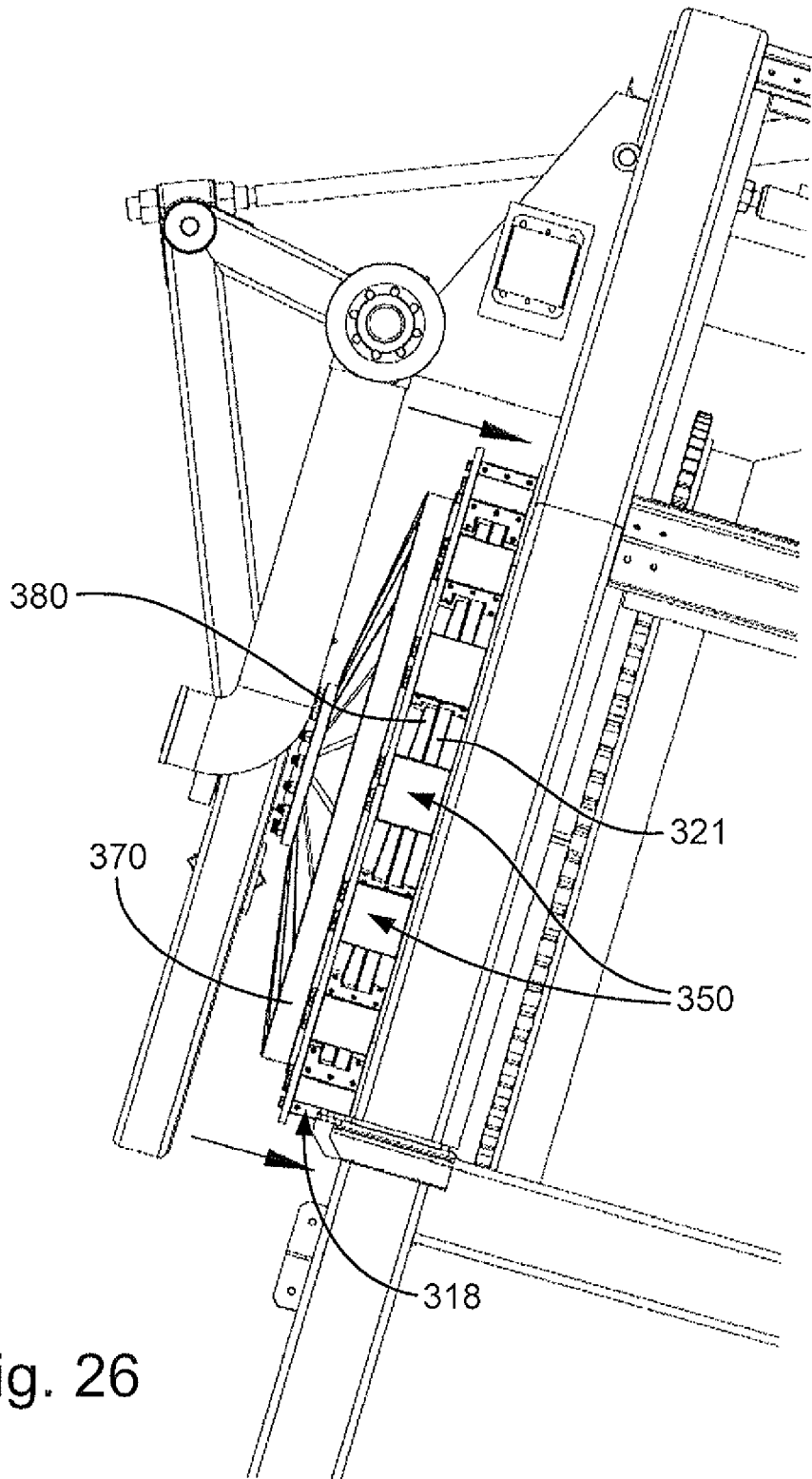
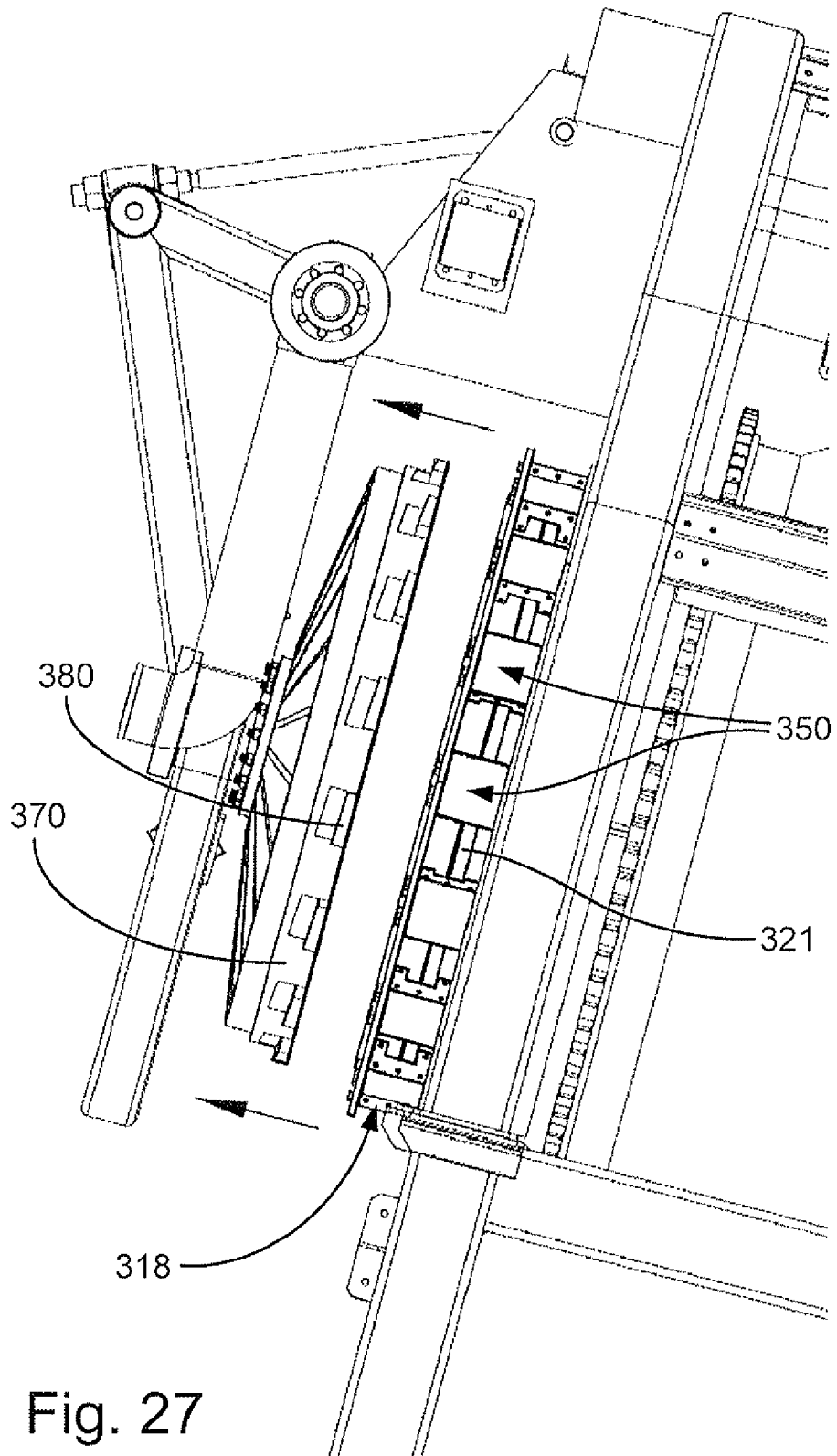


Fig. 26



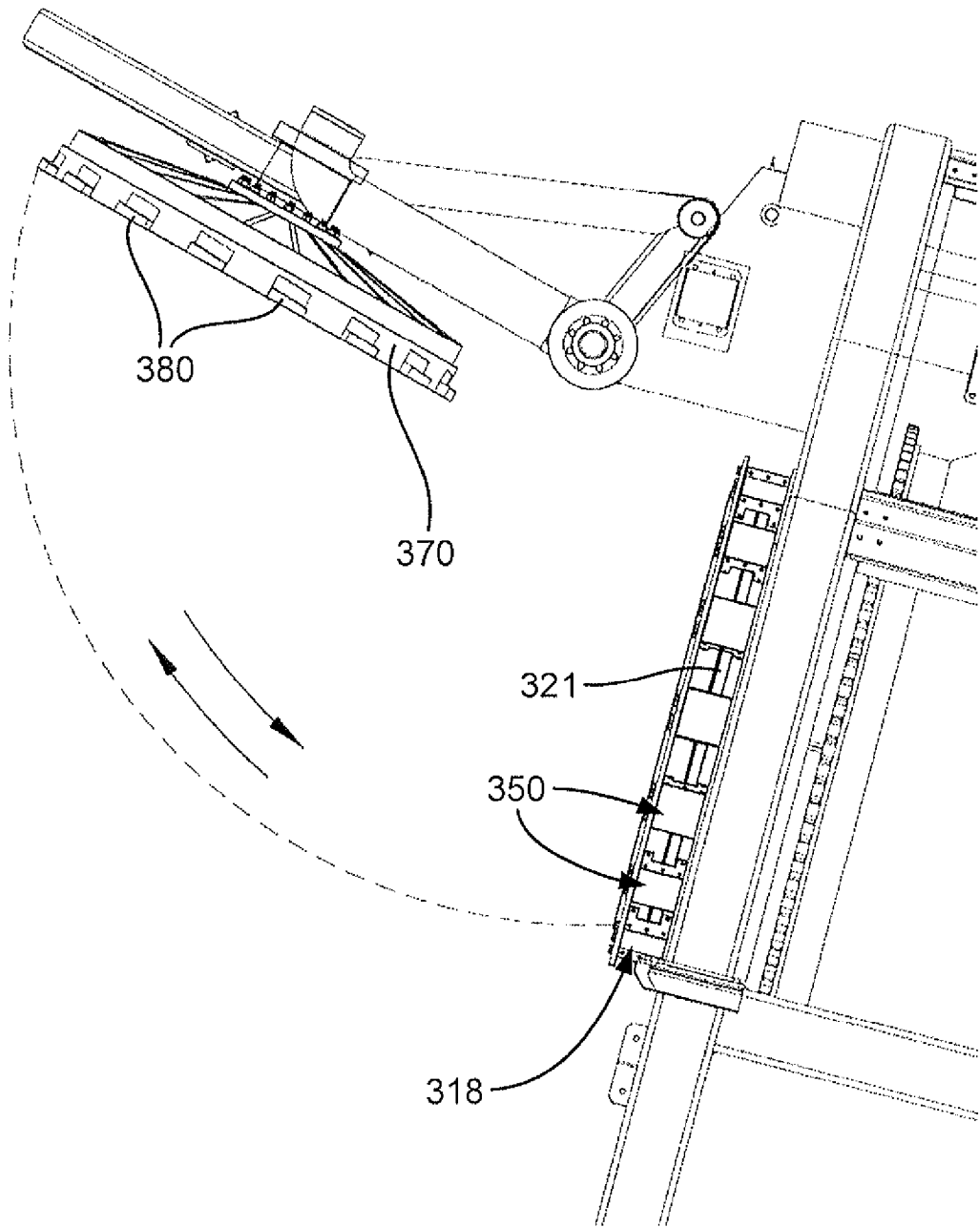


Fig. 28