

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 733**

51 Int. Cl.:

**F04D 29/22** (2006.01)

**F04D 29/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2009** **E 09753334 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016** **EP 2331826**

54 Título: **Mejoras relacionadas con impulsores de bomba centrífuga**

30 Prioridad:

**27.05.2008 AU 2008902665**

**16.03.2009 AU 2009901137**

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

**26.04.2016**

73 Titular/es:

**WEIR MINERALS AUSTRALIA LTD (100.0%)**

**1 Marden Street**

**Artarmon, NSW 2064, AU**

72 Inventor/es:

**BURGESS, KEVIN EDWARD;**

**LIU, WEN-JIE y**

**LAVAGNA, LUIS, MOSCOSO**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 567 733 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**

Mejoras relacionadas con impulsores de bomba centrífuga

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a bombas centrífugas, y más en concreto, aunque no de forma exclusiva, a bombas para manipular materiales abrasivos tales como por ejemplo pulpas y similares.

Antecedentes

10 Las bombas centrífugas para pulpa, que normalmente contienen revestimientos y/o carcasas de metales duros o elastómeros que resisten el desgaste, se utilizan de forma generalizada en la industria minera. Normalmente, cuanto mayor es la densidad de la pulpa o más grandes o duras las partículas de la pulpa, mayor será el desgaste y más breve será el ciclo de vida de la bomba.

15 Las bombas centrífugas para pulpa se usan comúnmente en plantas de procesamiento de minerales desde el inicio del proceso, cuando la pulpa es muy gruesa y el índice de desgaste es alto (por ejemplo durante la molienda), hasta el final del proceso, cuando la pulpa se hace mucho más fina y por ende se reduce considerablemente el índice de desgaste (por ejemplo, cuando se producen relaves de flotación). Como ejemplo, la vida útil de las piezas de las bombas que procesan pulpas más gruesas puede medirse en términos de semanas o meses, comparado con aquellas al final del proceso, que tienen piezas cuya vida útil puede durar de uno a dos años en funcionamiento.

20 El desgaste de las bombas centrífugas que se usan para pulpa de partículas más gruesas normalmente es peor en la entrada del impulsor, pues las partículas sólidas tienen que pasar por un ángulo recto (de flujo axial en el tubo de entrada a flujo radial en el impulsor de la bomba), y al hacerlo la inercia y el tamaño de las mismas genera mayor impacto y movimiento de deslizamiento contra la paredes del impulsor y el borde delantero de los álabes del mismo.

25 El desgaste del impulsor se produce principalmente en los álabes y recubrimientos delanteros y posteriores de la entrada del mismo. El alto desgaste en esas zonas puede influir también en el desgaste del revestimiento delantero de la bomba. El pequeño espacio que existe entre el impulsor giratorio y el revestimiento fijo delantero (que a veces se denomina buje de garganta) también tendrá un efecto en la vida útil y en el rendimiento de las piezas de desgaste de la bomba. Este espacio normalmente es bastante pequeño, aunque normalmente aumenta debido al desgaste en la parte delantera del impulsor, en el recubrimiento del impulsor o debido al desgaste tanto en el impulsor como en el revestimiento delantero.

30 Un modo de reducir el flujo que escapa de la zona de la carcasa de alta presión de la bomba (a través del espacio que hay entre la parte delantera del impulsor y el revestimiento delantero hacia la entrada de la bomba) es incorporar un reborde en relieve y en ángulo en el revestimiento fijo delantero de la entrada del impulsor. El impulsor tiene un perfil que coincide con este reborde. Aunque se puede reducir el flujo a través del espacio utilizando álabes de expulsión en la parte delantera del impulsor, el flujo a través del espacio también puede minimizarse de manera eficaz diseñando y manteniendo ese estrecho espacio.

35 Algunas bombas, aunque no todas, cuentan con medios para mantener el espacio entre el impulsor y el revestimiento delantero lo más pequeño posible sin generar desgaste excesivo a causa del roce. Un espacio estrecho mejora la vida útil del revestimiento delantero, aunque todavía se genera desgaste en la entrada del impulsor y no disminuye.

40 El alto desgaste en la entrada del impulsor está relacionado con la intensidad de la turbulencia del flujo al cambiar de dirección axial a radial. La geometría de un impulsor y álabes mal diseñados puede variar drásticamente el aumento de la turbulencia, y por tanto, del desgaste.

Los diferentes aspectos que se describen en el presente documento pueden aplicarse a todas las bombas centrífugas para pulpa, y en particular a aquellas que experimentan altos índices de desgaste en la entrada del impulsor, o a aquellas que se usan en aplicaciones con pulpas a altas temperaturas.

45 El documento US 5 797 724 A describe un impulsor de bomba centrífuga para pulpa con las características técnicas del preámbulo de la reivindicación 1.

Breve descripción de la invención

50 En un primer aspecto, se describen realizaciones de un impulsor para usar en una bomba centrífuga, incluyendo la bomba una carcasa de bomba que tiene una cámara, una entrada de suministro de material para bombearlo hacia la cámara y una salida para descargar material de la cámara; estando el impulsor montado para girar dentro de la cámara, cuando se usa, alrededor de un eje de rotación, incluyendo el impulsor un recubrimiento delantero, un recubrimiento posterior y una pluralidad álabes de bombeo entre los mismos, teniendo cada álabe de bombeo un

borde de entrada en la zona de una entrada del impulsor y un borde de salida, en el que el recubrimiento delantero tiene una cara interna arqueada en la zona de la entrada del impulsor, teniendo la cara interna arqueada un radio de curvatura ( $R_s$ ) que oscila entre 0,05 y 0,16 del diámetro externo del impulsor ( $D_2$ ), incluyendo dicho recubrimiento posterior una cara interna principal y un talón que tienen un perfil curvado con una punta de talón en la zona del eje central que se prolonga hacia el recubrimiento delantero, habiendo una zona de transición curvada entre la cara interna principal y el talón, en el que  $F_r$  es el radio de curvatura de la zona de transición, estando la relación  $F_r/D_2$  comprendida entre 0,32 y 0,65.

En un segundo aspecto se describen realizaciones de un impulsor para usar en una bomba centrífuga, incluyendo la bomba una carcasa de bomba que tiene una cámara, una entrada de suministro de material para bombearlo hacia la cámara y una salida para descargar material de la cámara; estando el impulsor montado para girar dentro de la cámara, cuando se usa, alrededor de un eje de rotación, incluyendo el impulsor un recubrimiento delantero, un recubrimiento posterior y una pluralidad de álabes de bombeo entre los mismos, teniendo cada álabe de bombeo un borde de entrada en la zona de una entrada del impulsor y un borde de salida, en el que el recubrimiento delantero tiene una cara interna arqueada en la zona de la entrada del impulsor, teniendo la cara interna arqueada un radio de curvatura ( $R_s$ ) que oscila entre 0,05 y 0,16 del diámetro externo del impulsor ( $D_2$ ), incluyendo dicho recubrimiento posterior una cara interna principal y un talón que tienen un perfil curvado con una punta de talón en la zona del eje central que se prolonga hacia el recubrimiento delantero, habiendo una zona de transición curvada entre la cara interna principal y el talón, en el que  $I_{nr}$  es el radio de curvatura del perfil arqueado del talón, estando la relación  $I_{nr}/D_2$  comprendida entre 0,17 y 0,22.

En un tercer aspecto se describen realizaciones de un impulsor para usar en una bomba centrífuga, incluyendo la bomba una carcasa de bomba que tiene una cámara, una entrada de suministro de material para bombearlo hacia la cámara y una salida para descargar material de la cámara; estando el impulsor montado para girar dentro de la cámara, cuando se usa, alrededor de un eje de rotación, incluyendo el impulsor un recubrimiento delantero, un recubrimiento posterior y una pluralidad de álabes de bombeo entre los mismos con pasos entre álabes de bombeo adyacentes, teniendo cada álabe de bombeo un borde de entrada en la zona de una entrada del impulsor y un borde de salida, en el que el recubrimiento delantero tiene una cara interna arqueada en la zona de la entrada del impulsor, teniendo la cara interna arqueada un radio de curvatura ( $R_s$ ) que oscila entre 0,05 y 0,16 del diámetro externo del impulsor ( $D_2$ ), y en el que uno o más de los pasos tiene uno o más álabes de guía de descarga asociados al mismo, estando el álabe de guía de descarga o cada uno de los mismos situado en la cara principal de al menos uno de los recubrimientos.

En un cuarto aspecto, se describen realizaciones de un impulsor para usar en una bomba centrífuga, incluyendo la bomba una carcasa de bomba que tiene una cámara, una entrada de suministro de material para bombearlo hacia la cámara y una salida para descargar material de la cámara; estando el impulsor montado para girar dentro de la cámara, cuando se usa, alrededor de un eje de rotación, incluyendo el impulsor un recubrimiento delantero, un recubrimiento posterior y una pluralidad de álabes de bombeo entre los mismos, teniendo cada álabe de bombeo un borde de entrada en la zona de una entrada del impulsor y un borde de salida con una parte principal entre los mismos, en el que cada álabe de bombeo tiene un borde de entrada de álabe con un radio  $R_v$  que oscila entre 0,18 y 0,19 de la parte principal del grosor del álabe de bombeo  $T_v$ .

En un quinto aspecto, se describen realizaciones de un impulsor que incluye: un recubrimiento delantero y un recubrimiento posterior, incluyendo el recubrimiento posterior una cara posterior y una cara interna principal con un borde periférico externo y un eje central, una pluralidad de álabes de bombeo que sobresalen de la cara interna principal del recubrimiento posterior hacia el recubrimiento delantero, estando dispuestos los álabes de bombeo en una relación de separación entre sí sobre la cara interna principal proporcionando un paso de descarga entre álabes de bombeo adyacentes, incluyendo cada uno de los álabes de bombeo una parte de borde de entrada en la zona del eje central y una parte de borde de salida en la zona del borde periférico, incluyendo además el recubrimiento posterior un talón de perfil curvado con una punta de talón en la zona del eje central que se prolonga hacia el recubrimiento delantero, habiendo una transición curvada entre la cara interna principal y el talón, en el que  $I_{nr}$  es el radio de curvatura del perfil curvado del talón y  $D_2$  es el diámetro del impulsor, cuya relación  $I_{nr}/D_2$  está comprendida entre 0,02 y 0,50, y en el que uno o más de los pasos tiene uno o más álabes de guía de descarga asociados a los mismos, estando el álabe de guía de descarga o cada uno de los mismos situado en una cara principal de al menos uno de los recubrimientos.

En un sexto aspecto, se describen realizaciones de un impulsor que incluye: un recubrimiento delantero y un recubrimiento posterior, incluyendo el recubrimiento posterior una cara posterior y una cara interna principal con un borde periférico externo y un eje central, una pluralidad de álabes de bombeo que sobresalen de la cara interna principal del recubrimiento posterior hacia el recubrimiento delantero, estando dispuestos los álabes de bombeo en una relación de separación entre sí sobre la cara interna principal proporcionando un paso de descarga entre álabes de bombeo adyacentes, incluyendo cada uno de los álabes de bombeo una parte de borde de entrada en la zona del eje central y una parte de borde de salida en la zona del borde periférico, incluyendo además el recubrimiento posterior un talón de perfil curvado con una punta de talón en la zona del eje central que se prolonga hacia el recubrimiento delantero, habiendo una transición curvada entre la cara interna principal y el talón, en el que  $I_{talón}$  es la distancia entre un plano que contiene la cara interna principal del recubrimiento posterior y la punta del talón, en

ángulo recto con el eje central, y  $B_2$  es la anchura de álabe de bombeo, y la relación  $l_{\text{talón}}/B_2$  está comprendida entre 0,25 y 0,75, en el que uno o más de los pasos tiene asociado uno o más álabes de guía de descarga, el cual o cada uno de los cuales está situado en una cara principal de al menos uno de los recubrimientos.

5 En un séptimo aspecto, se describen realizaciones de un impulsor que incluye: un recubrimiento delantero y un recubrimiento posterior, incluyendo el recubrimiento posterior una cara posterior y una cara interna principal con un borde periférico externo y un eje central, una pluralidad de álabes de bombeo que sobresalen de la cara interna principal del recubrimiento posterior hacia el recubrimiento delantero, estando dispuestos los álabes de bombeo en una relación de separación entre sí sobre la cara interna principal proporcionando un paso de descarga entre álabes de bombeo adyacentes, incluyendo cada uno de los álabes de bombeo una parte de borde de entrada en la zona del eje central y una parte de borde de salida en la zona del borde periférico, incluyendo además el recubrimiento posterior un talón de perfil curvado con una punta de talón en la zona del eje central que se prolonga hacia el recubrimiento delantero, habiendo una transición curvada entre la cara interna principal y el talón, en el que  $F_r$  es el radio de curvatura de la zona de transición y  $D_2$  es el diámetro del impulsor, y la relación  $F_r/D_2$  está comprendida entre 0,20 y 0,75, y en el que uno o más de los pasos tiene asociado uno o más álabes de guía de descarga, el cual o cada uno de los cuales está situado en la cara principal de al menos uno de los recubrimientos.

En algunas realizaciones la cara interna puede tener un radio de curvatura  $R_s$  que oscila entre 0,08 y 0,15 del diámetro externo del impulsor  $D_2$ .

En algunas realizaciones la cara interna puede tener un radio de curvatura  $R_s$  que oscila entre 0,11 y 0,14 del diámetro externo del impulsor  $D_2$ .

20 En algunas realizaciones la cara interna puede tener un radio de curvatura  $R_s$  que oscila entre 0,12 y 0,14 del diámetro externo del impulsor  $D_2$ .

En algunas realizaciones la relación  $F_r/D_2$  puede estar comprendida entre 0,32 y 0,65.

En algunas realizaciones la relación  $F_r/D_2$  puede estar comprendida entre 0,41 y 0,52.

En algunas realizaciones la relación  $l_{nr}/D_2$  puede estar comprendida entre 0,10 y 0,33.

25 En algunas realizaciones la relación  $l_{nr}/D_2$  puede estar comprendida entre 0,17 y 0,22.

En algunas realizaciones  $l_{\text{talón}}$  es la distancia entre un plano que contiene la cara interna principal del recubrimiento posterior y la punta de talón en ángulo recto con el eje central, y  $B_2$  es la anchura de álabe de bombeo, y la relación de  $l_{\text{talón}}/B_2$  puede ser de 0,25 a 0,75.

En algunas realizaciones la relación  $l_{\text{talón}}/B_2$  puede estar comprendida entre 0,4 y 0,65.

30 En algunas realizaciones la relación  $l_{\text{talón}}/B_2$  puede estar comprendida entre 0,48 y 0,56.

En algunas realizaciones el o cada uno de los álabes de bombeo puede tener una parte principal entre las partes de borde de entrada y de borde de salida de los mismos; la longitud de transición ahusada de la parte de borde de entrada de álabe y un borde de entrada tienen un radio  $R_v$  que oscila entre 0,09 y 0,45 del grosor  $T_v$  de la parte de álabe principal.

35 En algunas realizaciones el borde de entrada del álabe puede ser recto, aunque es preferible que sea perfilado para controlar mejor el ángulo de entrada, que puede variar entre el recubrimiento delantero y el recubrimiento posterior para reducir la turbulencia y la estela al entrar el flujo en el paso de impulsor. Esta zona de transición desde el radio del borde de entrada hasta el grosor máximo de álabe puede ser una transición lineal o gradual desde el radio del borde de entrada ( $R_v$ ) hasta el grosor de la parte principal ( $T_v$ ). En una realización, cada álabe puede tener una longitud de transición  $L_t$  entre el borde de entrada y el grosor de la parte principal, que podrá variar de  $0,5 T_v$  a  $3 T_v$ , es decir, la longitud de la transición varía de 0,5 a 3 veces el grosor del álabe.

En algunas realizaciones el borde de entrada de álabe puede tener un radio  $R_v$  que oscila entre 0,125 y 0,31 del grosor  $T_v$  de la parte principal.

45 En algunas realizaciones el borde de entrada de álabe puede tener un radio  $R_v$  que oscila entre 0,18 y 0,19 del grosor  $T_v$  de la parte principal.

En algunas realizaciones el grosor  $T_v$  de la parte principal puede variar de 0,03 a 0,11 del diámetro externo del impulsor  $D_2$ .

En algunas realizaciones, el grosor del álabe de bombeo  $T_v$  de la parte principal puede oscilar entre 0,055 y 0,10 del diámetro externo del impulsor  $D_2$ .

## ES 2 567 733 T3

- En algunas realizaciones, cada álabe puede tener una longitud de transición  $L_t$  entre el borde de entrada y el grosor máximo de álabe, que puede ser de entre  $0,5 T_v$  y  $3 T_v$ .
- En algunas realizaciones el grosor de la parte principal puede ser sustancialmente constante en toda su longitud.
- 5 En algunas realizaciones cada álabe de bombeo puede tener un borde de entrada de álabe con un radio  $R_v$  que oscila entre  $0,09$  y  $0,45$  del grosor de la parte principal  $T_v$ .
- En algunas realizaciones el borde de entrada de álabe puede tener un radio  $R_v$  que oscila entre  $0,125$  y  $0,31$  del grosor de la parte principal  $T_v$ .
- En algunas realizaciones el borde de entrada de álabe puede tener un radio  $R_v$  que oscila entre  $0,18$  y  $0,19$  del grosor de la parte principal  $T_v$ .
- 10 En algunas realizaciones el grosor de la parte principal  $T_v$  de cada álabe puede ser de entre  $0,03$  y  $0,11$  del diámetro externo  $D_2$  del impulsor.
- En algunas realizaciones el grosor de la parte principal  $T_v$  de cada álabe puede ser de entre  $0,055$  y  $0,10$  del diámetro externo  $D_2$  del impulsor.
- 15 En algunas realizaciones cada álabe puede tener una longitud de transición  $L_t$  entre el borde de entrada y el grosor máximo de álabe, que puede ser de entre  $0,5 T_v$  y  $3 T_v$ .
- En algunas realizaciones uno o más de los pasos puede tener asociado uno o más álabes de guía de descarga, estando situado el o cada álabe de guía de descarga en la cara principal de al menos uno o cada uno de los recubrimientos.
- 20 En algunas realizaciones el o cada álabe de guía de descarga puede ser un saliente de la cara principal del recubrimiento con el que está asociado y que se prolonga hasta su paso correspondiente.
- En algunas realizaciones el o cada álabe de guía de descarga puede ser alargado.
- En algunas realizaciones el o cada álabe de guía de descarga puede tener un extremo externo adyacente al borde periférico del recubrimiento, prolongándose dicho álabe de guía de descarga hacia adentro y terminando en un extremo interno que está entre medias del eje central y el borde periférico del recubrimiento con el que está asociado.
- 25 En algunas realizaciones se proporcionan dos de dichos recubrimientos, y uno o más de los mismos puede tener un álabe de guía de descarga sobresaliendo de su cara principal.
- En algunas realizaciones el o cada álabe de guía de descarga puede tener una altura que oscila entre  $5$  y  $50$  por ciento de la anchura de álabe.
- 30 En algunas realizaciones el o cada álabe de guía de descarga puede tener generalmente la misma forma y anchura que los álabes de bombeo principales cuando se observan desde una sección transversal horizontal.
- En algunas realizaciones cada álabe de guía de descarga puede tener una altura ahusada.
- En algunas realizaciones cada álabe de guía de descarga puede tener una anchura ahusada.
- 35 En algunas realizaciones el ángulo de borde de entrada de álabe de bombeo  $A_1$  con respecto al eje central de impulsor puede ser de entre  $20^\circ$  y  $35^\circ$ .
- En algunas realizaciones el diámetro de entrada de impulsor  $D_1$  puede ser de entre  $0,25$  y  $0,75$  del diámetro externo de impulsor  $D_2$ .
- En algunas realizaciones el diámetro de entrada de impulsor  $D_1$  puede ser de entre  $0,25$  y  $0,5$  del diámetro externo de impulsor  $D_2$ .
- 40 En algunas realizaciones el diámetro de entrada de impulsor  $D_1$  puede ser de entre  $0,40$  y  $0,75$  del diámetro externo de impulsor  $D_2$ .
- En un octavo aspecto se describen de manera combinada realizaciones de un impulsor como el descrito en cualquiera de las realizaciones anteriores, y de un revestimiento delantero, el cual tiene un reborde en relieve que subtiende un ángulo ( $A_3$ ) respecto del eje central de impulsor dentro de un intervalo de entre  $10^\circ$  y  $80^\circ$ .

En un noveno aspecto se describen de manera combinada realizaciones de un impulsor como el descrito en cualquiera de las realizaciones anteriores, y de un revestimiento delantero, el cual tiene un extremo interno y un extremo externo, estando el diámetro interno  $D_4$  del extremo interno dentro del intervalo de entre 0,55 y 1,1 del diámetro  $D_3$  del extremo externo.

- 5 En un décimo aspecto se describen de manera combinada realizaciones de un impulsor como el descrito en cualquiera de las realizaciones anteriores, y de un revestimiento delantero que define un ángulo  $A_2$  entre las caras paralelas del impulsor y el revestimiento delantero, y un plano perpendicular al eje de rotación que oscila entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$ .

- 10 En un undécimo aspecto se describen realizaciones de un método para actualizar el diseño de un impulsor a una bomba centrífuga, incluyendo la bomba una carcasa de bomba que tiene una cámara, una entrada de suministro de material para bombearlo hacia la cámara y una salida para descargar material de la cámara; estando el impulsor montado para girar dentro de la cámara, cuando se usa, alrededor de un eje de rotación y siendo el impulsor como el que se describe en cualquiera de las realizaciones anteriores; incluyendo el método la conexión operativa del impulsor a un árbol motor que se prolonga hasta el interior de la cámara.

- 15 En algunas realizaciones un impulsor o una combinación de impulsor y revestimiento pueden incluir una combinación de dos o más de cualquiera de los aspectos de determinadas realizaciones descritas anteriormente.

- 20 Para minimizar la turbulencia en la zona de entrada de impulsor, la disposición incorpora de preferencia características para minimizar las propiedades de cavitación en el funcionamiento de la bomba. Esto quiere decir que el diseño minimiza el cabezal de entrada (o succión) neta positiva necesario (que normalmente se denomina NPSH por sus siglas en inglés). La cavitación se produce cuando la presión presente en la entrada de bomba es menor de lo que requiere la bomba, lo que provoca el "hervor" del agua de la pulpa y crea bolsones de vapor, estelas y turbulencia. El vapor y la turbulencia provocarán daño en los álabes y recubrimientos de la entrada de bomba al eliminar material y crear agujeritos y pequeños bolsillos de desgaste que pueden ir aumentando de tamaño con el tiempo.

- 25 El vapor y el flujo turbulento pueden desviar de la corriente natural las partículas de pulpa que entran en la entrada, aumentando así el índice de desgaste. Un flujo turbulento genera patrones de flujo en forma de vórtice o espiral de menor a mayor. Cuando las partículas quedan atrapadas en esos flujos en espiral, aumenta mucho su velocidad y por regla general, tiende a aumentar también el desgaste de las partes de la bomba. El índice de desgaste de las bombas para pulpa puede estar relacionado con la velocidad de sus partículas elevado al cuadrado o al cubo; por lo  
30 que resulta útil mantener una baja velocidad de partícula para minimizar el desgaste.

- Algunas plantas de procesamiento de minerales (tales como las plantas de producción de alúmina) requieren temperaturas de funcionamiento elevadas para facilitar el proceso de extracción de mineral. Las pulpas de alta temperatura requieren bombas con buenas características de mitigación de cavitación. Cuanto más bajo sea el NPSH requerido por la bomba, mejor podrá mantener ésta su rendimiento. Un diseño de impulsor con bajas  
35 características de cavitación contribuye tanto a minimizar su desgaste como a minimizar el efecto en el rendimiento de la bomba, y por tanto en la producción de la planta de procesamiento de minerales.

- Uno de los modos de disminuir la turbulencia de la pulpa que entra en la bomba es proporcionar un cambio suave de ángulo para el flujo de la pulpa y sus partículas arrastradas al pasar la pulpa de una dirección de flujo horizontal a una vertical. La entrada puede redondearse contorneando la forma del paso interno del impulsor en combinación con  
40 el revestimiento delantero. El redondeo produce una corriente más fluida y por tanto menos turbulencia. La entrada del revestimiento delantero también puede redondearse o incorporar una entrada de diámetro o garganta menor que también puede contribuir a suavizar la trayectoria de flujo giratorio de la pulpa.

Otro medio para hacer girar el flujo de forma más uniforme es incorporar un revestimiento delantero en ángulo y una cara delantera de impulsor en el mismo ángulo.

- 45 Índices más bajos de turbulencia en la zona de entrada de impulsor, darán como resultado menos desgaste general. El tiempo de desgaste es de primordial importancia en bombas para aplicaciones de pulpas densas y pesadas en las industrias de procesamiento de minerales. Como se describe anteriormente, para lograr un menor desgaste en la entrada de impulsor, se requiere una combinación de determinadas relaciones dimensionales a fin de producir una geometría específica de baja turbulencia. Los inventores han descubierto con sorpresa que esta geometría preferida  
50 depende en gran medida de la relación entre el diámetro externo de impulsor y el diámetro de entrada (al que normalmente se le conoce como relación de impulsor).

- Se ha descubierto que las diferentes relaciones descritas más arriba o en combinación proporcionan una geometría óptima primeramente para producir un patrón de flujo suave y para minimizar las pérdidas de impacto en la entrada del paso del impulsor, y en segundo lugar, para controlar la cantidad de turbulencia durante todo el tiempo posible a  
55 través del paso del impulsor. Las diferentes relaciones son importantes porque controlan el flujo desde una dirección axial hacia el impulsor a través de un codo de noventa grados para formar un flujo radial, y también para suavizar el

flujo mientras pasa por los bordes de entrada de los álabes de bombeo principales hacia cada uno de los pasos de descarga de impulsor (es decir, los pasos entre cada uno de los álabes de bombeo principales).

En particular, se ha descubierto que un impulsor con relaciones dimensionales  $R_s/D_2$  que oscilan entre 0,05 y 0,16, y  $F_r/D_2$  que oscilan entre 0,32 y 0,65 proporciona los efectos beneficiosos descritos anteriormente.

- 5 En particular, se ha descubierto que un impulsor con relaciones dimensionales  $R_s/D_2$  que oscilan entre 0,05 y 0,16, y  $I_{nr}/D_2$  que oscilan entre 0,17 y 0,22 proporciona los efectos beneficiosos descritos anteriormente.

En particular, se ha descubierto que un impulsor con relaciones dimensionales  $R_v/T_v$  que oscilan entre 0,18 y 0,19 proporciona los efectos beneficiosos descritos anteriormente.

- 10 Otra mejora se logró mediante la provisión de álabes de guía de descarga, como se describe anteriormente. Al parecer, los álabes de guía de descarga controlan la turbulencia producida por vórtices en el flujo de material que pasa por el paso de impulsor cuando están en uso. Una mayor turbulencia puede generar mayor desgaste del impulsor y de las superficies en espiral, además de mayores pérdidas de energía, que en última instancia requieren que el operario alimente con más energía la bomba para lograr el rendimiento deseado. Dependiendo de la posición elegida de los álabes de guía de descarga, la zona de turbulencia que se encuentra justo delante de la cara de bombeo de los álabes de impulsor puede quedar sustancialmente confinada. En consecuencia, la intensidad (o fuerza) de los vórtices se ve disminuida porque no tienen libertad para crecer de forma descontrolada. Otro resultado beneficioso fue que, al ser más suave el flujo a través del paso de impulsor, se redujo la turbulencia, y por tanto, se redujo también el desgaste producido por las partículas presentes en el flujo de la pulpa.

- 20 Entre las mejoras en el rendimiento se incluía que la presión generada por la bomba produjo menos depresión con flujos más altos (es decir, menos pérdida de energía con el flujo, teniendo en cuenta que los impulsores tradicionales tienen una pérdida característica más pronunciada con el mismo número de álabes de bombeo principales); esa eficiencia aumentó entre 7 % y 8 % en términos absolutos; la característica de cavitación de la bomba se redujo y permaneció más plana, aun en flujos más altos (los impulsores convencionales tienen una característica más pronunciada) y la vida útil del impulsor se incrementó en 50% comparada con la de un impulsor de diseño tradicional.

Según los actuales protocolos de diseño, siempre se consideró que se podía aumentar un parámetro de rendimiento aunque siempre a costa de otro; por ejemplo, mayor eficiencia aunque menos vida útil. La presente invención contradice esa opinión logrando un mejor rendimiento generalizado en todos los parámetros.

- 30 Como consecuencia de un mejor rendimiento generalizado, el impulsor puede fabricarse utilizando materiales 'estándar', sin necesidad de las aleaciones especiales que se requerirían para resolver los problemas localizados de alto desgaste.

Las pruebas experimentales han demostrado que estos parámetros de diseño y la especificación de ciertas relaciones dimensionales pueden propiciar un desgaste bajo o sustancialmente óptimo del impulsor, sobre todo alrededor del ojo (zona de entrada) del mismo.

- 35 Breve descripción de los dibujos

Sin perjuicio de otras formas que puedan estar dentro del campo de aplicación del aparato y del método, según se detalla en la breve descripción de la invención, a continuación se describirán realizaciones específicas del método y del aparato a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

- 40 La figura 1 ilustra una elevación lateral en sección transversal parcial esquemática ejemplar de una bomba que incorpora un impulsor y una combinación de impulsor y revestimiento, de acuerdo con una realización;

La figura 1A ilustra una vista detallada de una parte del impulsor de la figura 1;

La figura 2 ilustra una vista superior en sección transversal esquemática ejemplar de un álabe de bombeo de impulsor de acuerdo con otra realización; y

- 45 Las figuras 3 a 12 ilustran vistas en sección transversal totales y parciales ejemplares de un impulsor y de un revestimiento de entrada, con algunas vistas mostrando la combinación de impulsor y revestimiento de entrada de acuerdo con ciertas realizaciones.

- 50 La figura 13A ilustra una elevación lateral en sección transversal esquemática y ejemplar de una combinación de impulsor y revestimiento de acuerdo con una realización que muestra las diferentes zonas de la entrada de revestimiento (1), el recubrimiento delantero de impulsor (2), la salida de recubrimiento delantero de impulsor (3) y el talón del recubrimiento posterior de impulsor (4).

La figura 13B ilustra una elevación lateral en sección transversal esquemática y ejemplar de una combinación de impulsor y revestimiento de acuerdo con una realización en la que los puntos de datos se producen por ajuste de curvas y modelación de regresión lineal para mostrar el perfil interno de las diversas zonas mostradas en la figura 13A.

## 5 Descripción detallada de realizaciones específicas

Refiriéndonos a las figuras 1 y 1A, se ilustra una bomba ejemplar 10 de acuerdo con ciertas realizaciones que incluye una carcasa de bomba 12, un revestimiento posterior 14, un revestimiento delantero 30 y una salida de bomba 18. Una cámara interna 20 se adapta para recibir un impulsor 40 para que gire alrededor de un eje X - X.

10 El revestimiento delantero 30 incluye una sección de suministro cilíndrica 32, a través de la cual la pulpa entra en la cámara 20. La sección de suministro 32 tiene un paso 33 con un primer extremo externo 34 que se puede conectar de manera operativa a un conducto de alimentación (no mostrado), y un segundo extremo interno 35 adyacente a la cámara 20. El revestimiento delantero 30 incluye además una sección de pared lateral 15 que se acopla con la carcasa de bomba 12 para formar y encerrar la cámara 20, teniendo la sección de pared lateral 15 una cara interna 37. El segundo extremo 35 del revestimiento delantero 30 tiene un reborde en relieve 38, que está dispuesto para  
15 acoplarse con el impulsor 40.

El impulsor 40 incluye un cubo 41 desde el que se prolonga una pluralidad de álabes de bombeo separados circunferencialmente 42. Una parte de ojo o de talón 47 se prolonga hacia adelante desde el cubo hacia el paso 33 del revestimiento delantero. Los álabes de bombeo 42 incluyen un borde de entrada 43 situado en la zona de la entrada de impulsor 48, y un borde de salida 44 situado en la zona de la salida de impulsor 49. El impulsor incluye  
20 además un recubrimiento delantero 50 y un recubrimiento posterior 51, entre los cuales están dispuestos los álabes 42.

En la realización particular de un impulsor parcial 10A mostrado en la figura 2, sólo se muestra un álabe ejemplar 42 que se prolonga entre las caras internas opuestas de los recubrimientos 50, 51. Normalmente, tal impulsor 10A tiene una pluralidad de tales álabes de bombeo separados a intervalos iguales alrededor de la zona entre los recubrimientos 50, 51, por ejemplo, es común que las bombas para pulpa tengan tres, cuatro o cinco álabes de bombeo. En este dibujo sólo se muestra un álabe de bombeo para ilustrar más claramente sus características. Como se muestra en la figura 2, el álabe de bombeo ejemplar 42 normalmente es arqueado en sección transversal e incluye un borde de entrada interno 43, un borde de salida externo 44 y caras laterales opuestas 45 y 46, de las cuales la cara lateral 45 es el lado de bombeo o de presión. A los álabes normalmente se les denomina álabes de curva posterior cuando se miran desde la dirección de rotación. Por razones de claridad, los números de referencia que identifican las diferentes características descritas anteriormente sólo se han indicado en el álabe 42. Las dimensiones principales más importantes de  $L_t$ ,  $R_v$  y  $T_v$  se muestran en la figura y se definen más adelante en la presente descripción.  
25

De acuerdo con ciertas realizaciones, en las figuras 3 a 12 se ilustra un impulsor ejemplar. Por comodidad, se han usado los mismos números de referencia para identificar las mismas partes descritas en las figuras 1, 1A y 2. En la realización específica mostrada en las figuras 3 a 12, el impulsor 40 tiene una pluralidad de álabes de guía de descarga (o paletitas). Los álabes de guía de descarga tienen forma de salientes alargados de extremo superior plano 55, cuya sección transversal tiene forma de salchicha. Estos salientes 55 se prolongan respectivamente desde la cara principal del recubrimiento posterior 51 y están dispuestos entre dos álabes de bombeo adyacentes 42. Los salientes 55 tienen un extremo exterior correspondiente 58 situado de forma adyacente al borde periférico externo del recubrimiento 51 en el que están dispuestos. Los álabes de guía de descarga también tienen un extremo interno 60, que está situado en algún punto a mitad de camino de un paso correspondiente. Los extremos interiores 60 de los álabes de guía de descarga correspondientes 55 están separados a cierta distancia del eje de rotación central X - X del impulsor 40. Generalmente, aunque no en todos los casos, los álabes de guía de descarga pueden estar asociados a cada paso.  
35  
40  
45

Cada álabe de guía de descarga en forma de saliente 55 se muestra en los dibujos con una altura de aproximadamente entre 30 % y 35 % de la anchura del álabe de bombeo 42, en el que la anchura del álabe de bombeo se define como la distancia entre el recubrimiento delantero y el recubrimiento posterior del impulsor. En otras realizaciones, la altura del álabe de guía puede variar entre 5 % y 50 % de la anchura del álabe de bombeo 42. Cada álabe de guía tiene una altura generalmente constante en toda su longitud, aunque en otras realizaciones, el álabe de guía puede tener una altura ahusada y también una anchura ahusada. Como se ve en los dibujos, los álabes tienen bordes periféricos biselados.  
50

En la realización que se muestra en las figuras 3 a 12, cada álabe de guía de descarga puede colocarse más cerca de la cara lateral de bombeo o de presión del álabe de bombeo adyacente más cercano. La colocación del álabe de guía de descarga más cerca de un álabe de bombeo adyacente puede mejorar de manera ventajosa el rendimiento de la bomba. Tales realizaciones también se describen en la solicitud de patente internacional en trámite de este solicitante PCT/AU2009/000661 titulada "Impulsor de bomba para pulpa" que se presentó en la misma fecha que la presente solicitud y cuyo contenido se incluye a modo de referencia cruzada.  
55



## ES 2 567 733 T3

Aún en otras realizaciones, los álabes de guía de descarga pueden prolongarse dentro del paso de descarga una distancia mayor o menor que la que se muestra en las realizaciones de las figuras 3 a 12, dependiendo del fluido o pulpa a bombear.

- 5 Aún en otras realizaciones, puede haber más de un álabe de guía de descarga por cara interna principal del recubrimiento, o en algunos casos, una de las caras internas principales opuestas de cualquier par de recubrimientos que definan un paso de descarga puede carecer de álabe de guía de descarga.

Aún en otras realizaciones, los álabes de guía de descarga pueden tener una anchura en sección transversal distinta de la de los álabes de bombeo principales, y no necesariamente tienen que ser alargados, mientras se logre el efecto deseado de flujo de pulpa en la descarga del impulsor.

- 10 Se cree que los álabes de guía de descarga reducirán la posibilidad de que se produzcan flujos de tipo vórtice de alta velocidad cuando los flujos sean bajos. Eso reduce las probabilidades de que las partículas desgasten los recubrimientos delantero y posterior, con lo que se generarían cavidades de desgaste en las que podrían originarse y desarrollarse flujos de tipo vórtice. Los álabes de guía también reducirán la mezcla de las zonas de flujo partido en la salida inmediata del impulsor hacia el patrón de flujo que ya está en rotación en la voluta. Se cree que los álabes de guía de descarga suavizarán y reducirán la turbulencia del flujo desde el impulsor hacia la carcasa o voluta de la bomba.

- 20 Como se muestra en las figuras 8 a 12, el impulsor 10 incluye además álabes auxiliares o de expulsión 67, 68, 69 en caras externas correspondientes de los recubrimientos. Algunos de los álabes del recubrimiento posterior 67, 68 tienen diferente anchura. Como se muestra en las figuras, todos los álabes, incluidos los álabes de guía de descarga, tienen bordes biselados.

Las figuras 1 y 2 de los dibujos identifican los siguientes parámetros:

- $D_1$  Diámetro de la entrada del impulsor en el punto de intersección del recubrimiento delantero y el borde de entrada del álabe de bombeo.
- 25  $D_2$  Diámetro externo del impulsor, que es el diámetro externo de los álabes de bombeo, que en algunas realizaciones ejemplares es igual al del recubrimiento posterior del impulsor.
- $D_3$  Diámetro del primer extremo del revestimiento delantero.
- $D_4$  Diámetro del segundo extremo del revestimiento delantero.
- $A_1$  Ángulo entre el borde de entrada del álabe y el eje de rotación central del impulsor.
- 30  $A_2$  Ángulo entre las caras paralelas del impulsor y el revestimiento delantero, y un plano perpendicular al eje de rotación
- $A_3$  Ángulo del reborde en relieve del revestimiento delantero respecto del eje de rotación central del impulsor.
- $R_s$  Radio de curvatura del recubrimiento delantero en el punto en el que el componente de entrada o buje de la garganta y el recubrimiento delantero del impulsor están alineados (es decir, donde el flujo sale del buje de la garganta y entra en el impulsor)
- 35  $R_v$  Radio del borde de entrada del álabe.
- $T_v$  Grosor del álabe de la parte principal del álabe de bombeo.
- $L_t$  Longitud de la transición del álabe.
- $B_2$  Anchura de la salida del impulsor.
- $I_{nr}$  Radio de curvatura del perfil curvado del talón del impulsor en el cubo.
- 40  $I_{talón}$  Distancia desde un plano que contiene la cara interna principal del recubrimiento posterior hasta la punta del talón, en ángulo recto con el eje central.
- $F_r$  Radio de curvatura de la zona de transición entre la cara principal interna y el talón.

De preferencia, uno o más de estos parámetros tienen relaciones dimensionales dentro de los siguientes márgenes:

$$D_4 = 0,55 D_3 \text{ a } 1,1 D_3$$

$D_1 = 0,25 D_2$  a  $0,75 D_2$ , más preferiblemente

$0,25 D_2$  a  $0,5 D_2$ , más preferiblemente

$0,40 D_2$  a  $0,75 D_2$

$R_s = 0,05 D_2$  a  $0,16 D_2$ , más preferiblemente

5  $0,08 D_2$  a  $0,15 D_2$  más preferiblemente

$0,11 D_2$  a  $0,14 D_2$

$R_v = 0,09 T_v$  a  $0,45 T_v$ , más preferiblemente

$0,125 T_v$  a  $0,31 T_v$ , más preferiblemente

$0,18 T_v$  a  $0,19 T_v$

10  $T_v = 0,03 D_2$  a  $0,11 D_2$  más preferiblemente

$0,055 D_2$  a  $0,10 D_2$

$L_t = 0,5 T_v$  a  $3 T_v$

$B_2 = 0,08 D_2$  a  $0,2 D_2$

$I_{nr} = 0,02 D_2$  a  $0,50 D_2$ , más preferiblemente

15  $= 0,10 D_2$  a  $0,33 D_2$ , más preferiblemente

$= 0,17 D_2$  a  $0,22 D_2$

$I_{talón} = 0,25 B_2$  a  $0,75 B_2$ , más preferiblemente

$= 0,40 B_2$  a  $0,65 B_2$ , más preferiblemente

$= 0,48 B_2$  a  $0,56 B_2$

20  $F_r = 0,20 D_2$  a  $0,75 D_2$ , más preferiblemente

$= 0,32 D_2$  a  $0,65 D_2$ , más preferiblemente

$= 0,41 D_2$  a  $0,52 D_2$ ,

Y tienen ángulos dentro de los siguientes márgenes:

$A_2 = 0$  a  $20^\circ$

25  $A_3 = 10^\circ$  a  $80^\circ$

$A_1 = 20^\circ$  a  $35^\circ$

Ejemplos

Se realizaron pruebas comparativas con una bomba convencional y una bomba de acuerdo con una realización ejemplar. A continuación se detallan las diversas dimensiones relevantes de ambas bombas.

30	Impulsor Convencional de Bomba	Nuevo Impulsor de Bomba
	$D_1 = 203 \text{ mm}$	$= 226 \text{ mm}$
	$D_2 = 511 \text{ mm}$	$= 550 \text{ mm}$
	$R_s = 156 \text{ mm}$	$= 60 \text{ mm}$
	$R_v = 2 \text{ mm}$	$= 6 \text{ mm}$

## ES 2 567 733 T3

	$T_v$	= Varía (hasta un máximo de 76 mm)	= 32 mm
	$L_t$	= Ninguno	= 67 mm
	$B_2$	= 76 mm	= 72 mm
	$F_r$	= 232 mm	= 228 mm
5	$I_{nr}$	= 95 mm	= 95 mm
	$A_1$	= 0 (paralelo al eje de la entrada)	= 25°

		Revestimiento delantero	Revestimiento delantero
	$A_2$	= 0 (perpendicular al eje de entrada)	= igual
10	$A_3$	= 60°	= 60°
	$D_3$	= 203 mm	= 203 mm
	$D_4$	= 200 mm	= 224 mm

Para el Nuevo Impulsor de Bomba ejemplar descrito anteriormente, la relación  $R_s/D_2$  es 0,109; la relación  $F_r/D_2$  es 0,415; la relación  $I_{nr}/D_2$  es 0,173 y la relación  $R_v/T_v$  es 0,188.

### 15 **Ejemplo 1**

Tanto las bombas nuevas como las convencionales se hicieron funcionar con el mismo flujo de trabajo y velocidad en una mina de oro. La vida útil del impulsor de bomba convencional fue de 1.600 a 1.700 horas, y la del revestimiento delantero fue de 700 a 900 horas. La vida útil del impulsor y del revestimiento delantero conforme al nuevo diseño fue de 2.138 horas en ambos casos.

### 20 **Ejemplo 2**

Tanto las bombas nuevas como las convencionales se hicieron funcionar con el mismo flujo de trabajo y velocidad en una mina de oro, lo que tiene como consecuencia un rápido desgaste debido al alto contenido de arena de silicio de la pulpa. Después de tres ensayos, el impulsor y el revestimiento delantero nuevos mostraron, de manera sistemática, de 1,4 a 1,6 veces más vida útil que las partes metálicas convencionales en el mismo material.

25 El impulsor convencional típicamente fallaba por el marcado desgaste de los álabes de la bomba y por la perforación del recubrimiento posterior. El nuevo impulsor mostró un desgaste muy pequeño de este mismo tipo.

### **Ejemplo 3**

30 Tanto las bombas nuevas como las convencionales se hicieron funcionar con el mismo flujo de trabajo y velocidad en una refinería de alúmina, en una función que era crítica para proporcionar la alimentación adecuada a la planta. Esta función se desarrolló a alta temperatura y de este modo favoreció un diseño de impulsor con características de una baja cavitación.

La vida media del impulsor y del revestimiento delantero convencionales fue de 4.875 horas con un cierto desgaste del impulsor, aunque típicamente el revestimiento delantero falló por la perforación durante el uso.

La vida útil del impulsor y del revestimiento delantero nuevos fue superior a 6.000 horas y sin perforación.

### 35 **Ejemplo 4**

Tanto las bombas nuevas como las convencionales se hicieron funcionar con el mismo flujo de trabajo y velocidad en una refinería de alúmina donde la formación de escamas en tuberías y tanques puede afectar la tasa de producción de la bomba debido a los efectos de la cavitación.

40 En base al experimento, se calculó que el impulsor y el revestimiento delantero nuevos permitieron un aumento adicional del rendimiento de un 12,5 %, permaneciendo de todos modos inalterados por la cavitación.

Simulación experimental

## ES 2 567 733 T3

Se llevaron a cabo experimentos computacionales, mediante el uso de software comercial, con el objeto de definir ecuaciones para los diversos diseños de impulsor dados a conocer aquí. Este software aplica métodos de regresión lineal normalizada o de ajuste de curvas para definir un polinomio que describa la curvatura de las caras interiores de los recubrimientos del impulsor en algunas realizaciones aquí expuestas.

- 5 Cada realización seleccionada de un impulsor, al ser observada en sección transversal en un plano trazado a través del eje de rotación tiene cuatro zonas de corte de perfil general cada una de ellas con características diferentes con respecto a la forma, como se ilustra en la figura 13A. La figura 13B corresponde al perfil de las características de forma de un impulsor particular que se produjo mediante el uso del polinomio. A lo largo del eje X (que es una línea que se prolonga desde el cubo del impulsor a través del centro del talón del impulsor y en sentido coaxial respecto al eje de rotación X - X), se toman medidas reales del impulsor y se dividen entre  $B_2$  (el ancho de la salida del impulsor) para producir un valor normalizado  $X_n$ . A lo largo del eje Y (que corresponde a una línea que se prolonga en ángulo recto con respecto al eje de rotación X - X y en el plano de la cara principal interna del recubrimiento posterior), se toman las medidas reales del impulsor y se dividen entre  $0,5 \times D_2$  (la mitad del diámetro externo del impulsor) para producir un valor normalizado  $Y_n$ . A continuación, los valores de  $X_n$  e  $Y_n$  se someten a una regresión para calcular un polinomio que describa el perfil de la zona (2), que es la cara interna arqueada de la zona de entrada del impulsor, y el perfil de la zona (4), que corresponde al perfil curvado de la zona del talón del impulsor.

En una realización en la que  $D_2$  mide 550 mm y  $B_2$  mide 72 mm, la zona de perfil (2) se define mediante:

$$y_n = -2,3890009903x_n^5 + 19,4786939775x_n^4 - 63,2754154980x_n^3 + 102,6199259524x_n^2 - 83,4315403428x + 27,7322233171;$$

- 20 En una realización en la que  $D_2$  mide 550 mm y  $B_2$  mide 72 mm, la zona de perfil (4) se define mediante:

$$y = -87,6924201323x_n^5 + 119,7707929717x_n^4 - 62,3921978066x_n^3 + 16,0543468684x_n^2 - 2,7669594052x + 0,5250083657.$$

En una realización en la que  $D_2$  mide 1,560 mm y  $B_2$  mide 190 mm, la zona de perfil (2) se define mediante:

- 25  $y_n = -7,0660920862x_n^5 + 56,8379443295x_n^4 - 181,1145997000x_n^3 + 285,9370452104x_n^2 - 223,9802206897x + 70,2463717260;$

En una realización en la que  $D_2$  mide 1.560 mm y  $B_2$  mide 190 mm, la zona de perfil (4) se define mediante:

$$y_n = -52,6890959578x_n^5 + 79,4531495101x_n^4 - 45,7492175031x_n^3 + 13,0713205894x_n^2 - 2,5389732284x + 0,5439201928.$$

En una realización en la que  $D_2$  mide 712 mm y  $B_2$  mide 82 mm, la zona de perfil (2) se define mediante:

- 30  $y_n = -0,8710521204x_n^5 + 7,8018806610x_n^4 - 27,9106218350x_n^3 + 50,0122747105x_n^2 - 45,1312740213x + 16,9014790579;$

En una realización en la que  $D_2$  mide 712 mm y  $B_2$  mide 82 mm, la zona de perfil (4) se define mediante:

$$y_n = -66,6742503139x_n^5 + 103,3169809752x_n^4 - 60,6233286019x_n^3 + 17,0989215719x_n^2 - 2,9560300900x + 0,5424661895.$$

- 35 En una realización en la que  $D_2$  mide 776 mm y  $B_2$  mide 98 mm, la zona de perfil (2) se define mediante:

$$y_n = -0,2556639974x_n^5 + 2,6009971578x_n^4 - 10,5476726720x_n^3 + 21,4251116716x_n^2 - 21,9586498788x + 9,5486465528$$

En una realización en que  $D_2$  mide 776 mm y  $B_2$  mide 98 mm, la zona de perfil (4) se define mediante:

- 40  $y_n = -74,2097253182x_n^5 + 115,5559502836x_n^4 - 67,8953477381x_n^3 + 19,1100516593x_n^2 - 3,2725057764x + 0,5878323997.$

En la descripción anterior de ciertas realizaciones ejemplares se ha recurrido a una terminología específica en aras de la claridad. Sin embargo, la invención no tiene como fin limitarse a los términos específicos seleccionados, y se debe entender que cada término específico incluye todos los equivalentes técnicos que funcionan de un modo similar para lograr un propósito técnico similar. Términos como "delantero" y "posterior", "arriba" y "abajo" y otros parecidos se utilizan como palabras útiles para proporcionar puntos de referencia y no deben interpretarse como términos limitantes.

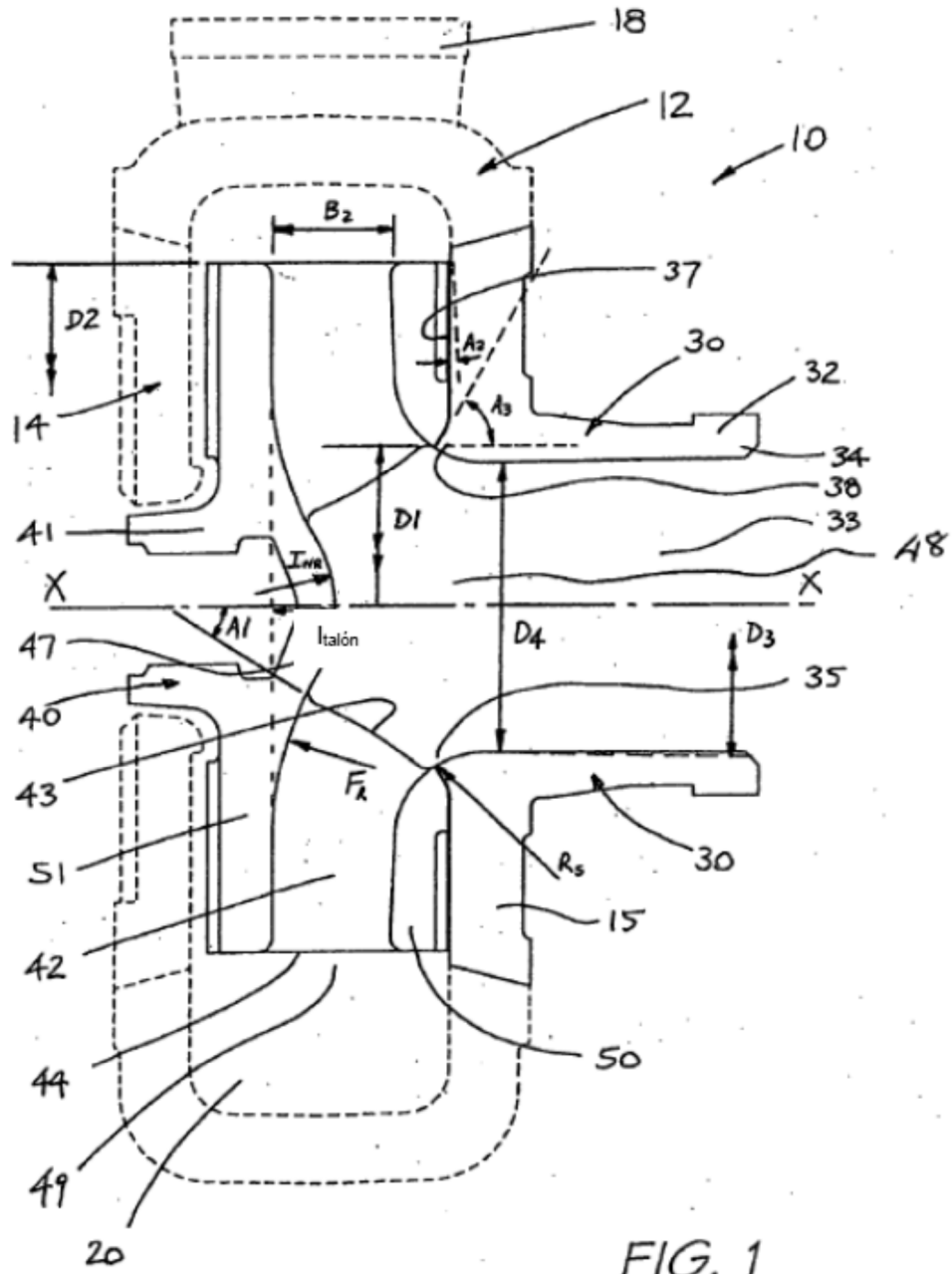
En esta descripción, la referencia a cualquier publicación anterior (o información derivada de ella), o a cualquier materia que sea conocida, no es, y no debe considerarse como un reconocimiento o admisión o cualquier forma de sugerencia de que esa publicación anterior (o información derivada de ella) o materia conocida forme parte del conocimiento general común del área de trabajo con que se relaciona esta descripción.

- 5 Finalmente, se debe entender que se pueden incorporar varias alteraciones, modificaciones y/o adiciones a las diversas construcciones y disposiciones de las partes sin alejarse del ámbito de aplicación de la invención.

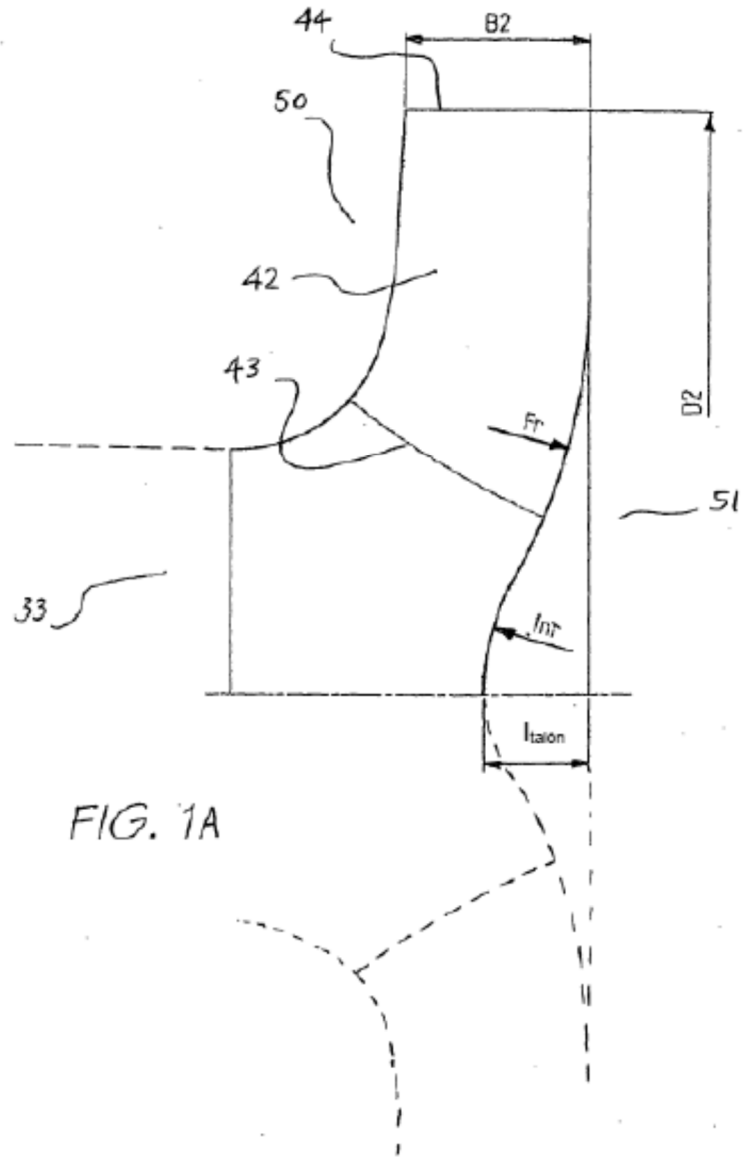
**REIVINDICACIONES**

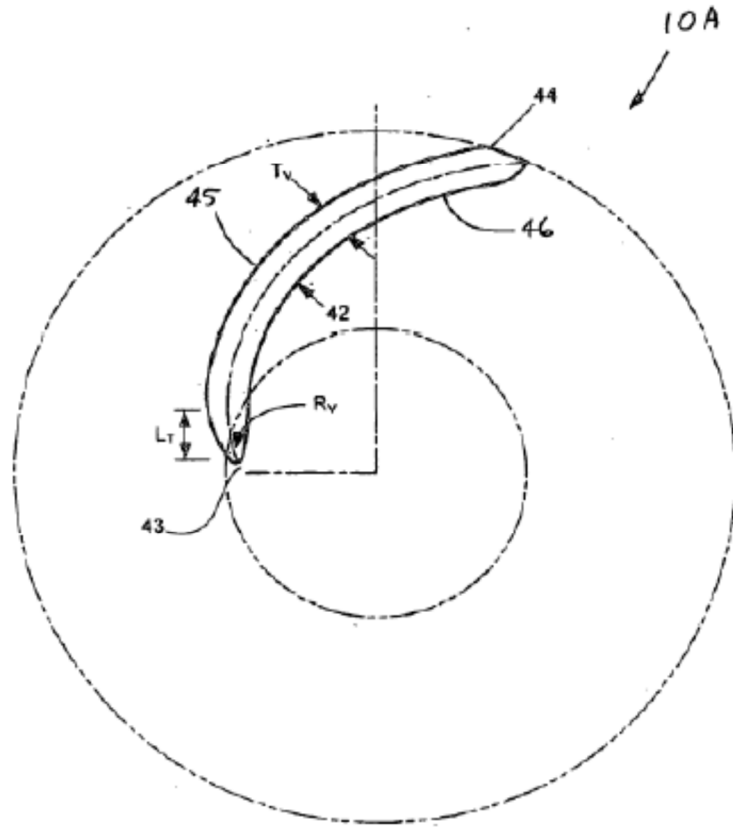
1. Impulsor (40) adaptado específicamente para ser montado dentro de una cámara (20) de una bomba centrífuga para girar alrededor de un eje de rotación central X – X, incluyendo el impulsor (40) un recubrimiento delantero (50), un recubrimiento posterior (51) y una pluralidad de álabes de bombeo (42) entre los mismos, teniendo cada álabe de bombeo (42) un borde de entrada (43) en la zona de una entrada de impulsor (48) y un borde de salida, teniendo dicho recubrimiento delantero (50) una cara interna arqueada en la zona de la entrada de impulsor (48), incluyendo dicho recubrimiento posterior (51) una cara principal interna y un talón (47) que posee un perfil curvado con una punta de talón en la zona del eje central que se prolonga hacia el recubrimiento delantero,
- 5 caracterizado por que
- 10 la cara interna arqueada del recubrimiento delantero tiene un radio de curvatura ( $R_s$ ) que oscila entre 0,05 y 0,16 del diámetro externo  $D_2$  del impulsor, existiendo una zona de transición curvada entre la cara principal interna y el talón del recubrimiento posterior, en el que  $F_r$  es el radio de curvatura de la zona de transición, estando la relación  $F_r/D_2$  comprendida entre 0,32 y 0,65.
- 15 2. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que  $I_{nr}$  es el radio de curvatura del perfil curvado del talón (47), estando la relación  $I_{nr}/D_2$  comprendida entre 0,10 y 0,33.
3. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la relación  $I_{nr}/D_2$  está comprendida entre 0,17 y 0,22.
4. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que hay pasos entre álabes de bombeo adyacentes (42) y en el que uno o más de los pasos tienen uno o más álabes de guía de descarga asociados a los mismos, estando el o cada álabe de guía de descarga situado en una cara principal de al menos uno de los recubrimientos (50, 51).
- 20 5. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada álabe de bombeo (42) tiene un borde de entrada de álabe con un radio  $R_v$  que oscila entre 0,18 y 0,19 veces el grosor de álabe de bombeo  $T_v$  de su parte principal.
6. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el radio de curvatura  $R_s$  oscila entre 0,08 y 0,15 veces el diámetro externo del impulsor  $D_2$ .
- 25 7. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el radio de curvatura  $R_s$  oscila entre 0,11 y 0,14 veces el diámetro externo del impulsor  $D_2$ .
8. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el radio de curvatura  $R_s$  oscila entre 0,12 y 0,14 veces el diámetro externo del impulsor  $D_2$ .
- 30 9. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la relación  $F_r/D_2$  oscila entre 0,41 y 0,52.
10. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que  $I_{talón}$  es la distancia entre un plano que contiene la cara principal interna del recubrimiento posterior (51) y la punta de talón en ángulo recto con el eje central, y  $B_2$  es la anchura de álabe de bombeo, y la relación  $I_{talón}/B_2$  oscila entre 0,25 y 0,75.
- 35 11. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la relación  $I_{talón}/B_2$  oscila entre 0,4 y 0,65.
12. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la relación  $I_{talón}/B_2$  oscila entre 0,48 y 0,56.
13. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que cada álabe de bombeo (42) tiene una parte de álabe principal entre las partes de borde de entrada (43) y de borde de salida (44) sobre la misma, teniendo la parte de borde de entrada de álabe una longitud de transición ahusada ( $L_t$ ) y teniendo un borde de entrada un radio  $R_v$  que oscila entre 0,09 y 0,45 veces el grosor  $T_v$  de una parte de álabe principal.
- 40 14. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el borde de entrada de álabe (43) tiene un radio  $R_v$  que oscila entre 0,125 y 0,31 veces el grosor  $T_v$  de la parte de álabe principal.
15. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 12 o la reivindicación 14, en el que el borde de entrada de álabe (43) tiene un radio  $R_v$  que oscila entre 0,18 y 0,19 veces el grosor  $T_v$  de la parte de álabe principal.
- 45 16. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en el que el grosor  $T_v$  de la parte de álabe principal oscila entre 0,03 y 0,11 veces el diámetro externo  $D_2$  del impulsor.

17. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el grosor  $T_v$  del álabe de bombeo de la parte de álabe principal oscila entre 0,055 y 0,10 veces el diámetro externo  $D_2$  del impulsor.
- 5 18. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 17, en el que cada álabe de bombeo (42) tiene una longitud de transición  $L_t$  entre el borde de entrada y el grosor total de álabe, oscilando la longitud de transición entre  $0,5 T_v$  y  $3 T_v$ .
19. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, en el que el grosor de la parte principal es constante en toda su longitud.
20. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada álabe de bombeo (42) tiene un borde de entrada de álabe con un radio  $R_v$  que oscila entre 0,09 y 0,45 veces el grosor de la parte principal  $T_v$ .
- 10 21. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 20, en el que el borde de entrada de álabe (42) tiene un radio  $R_v$  que oscila entre 0,125 y 0,31 veces el grosor de la parte principal  $T_v$ .
22. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 20 o la reivindicación 21, en el que el borde de entrada de álabe (42) tiene un radio  $R_v$  que oscila entre 0,18 y 0,19 veces el grosor de la parte principal  $T_v$ .
- 15 23. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en el que el grosor de la parte principal  $T_v$  de cada álabe oscila entre 0,03 y 0,11 veces el diámetro externo  $D_2$  del impulsor.
24. Impulsor de acuerdo con la reivindicación 23, en el que el grosor de la parte principal  $T_v$  de cada álabe oscila entre 0,055 y 0,10 veces el diámetro externo  $D_2$  del impulsor.
- 20 25. Impulsor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, en el que cada álabe tiene una longitud de transición  $L_t$  entre el borde de entrada y el grosor total de álabe, oscilando la longitud de transición entre  $0,5 T_v$  y  $3 T_v$ .

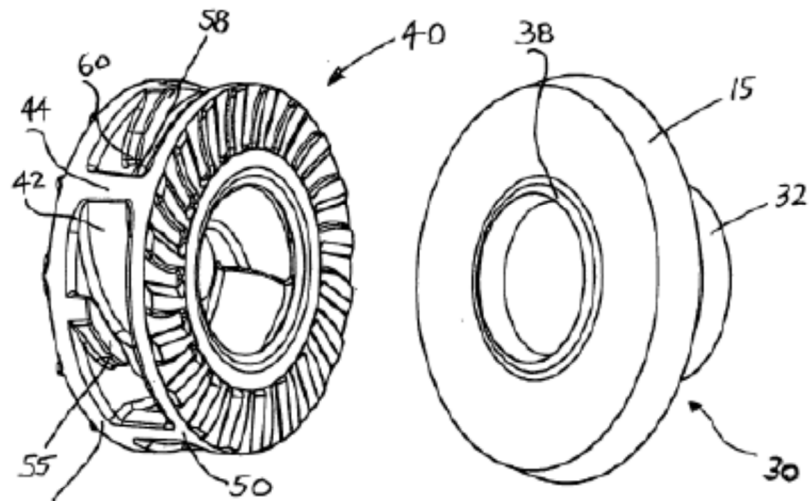






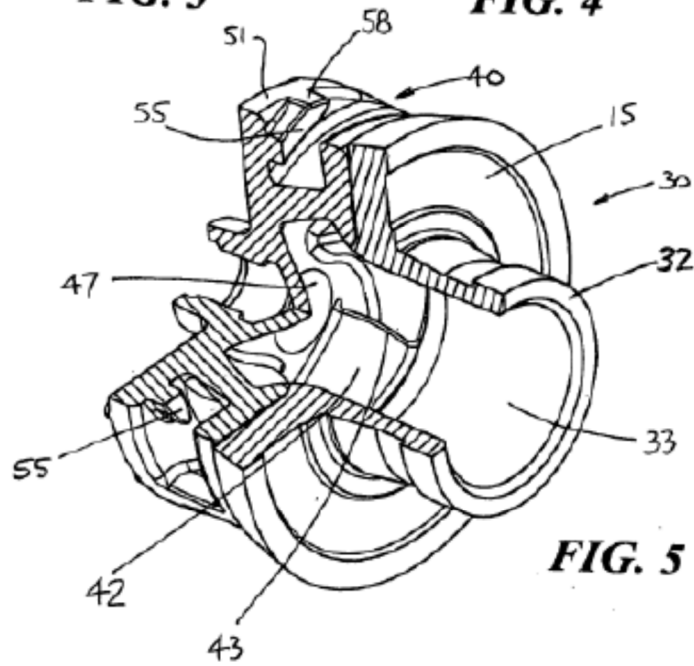


**FIG. 2**

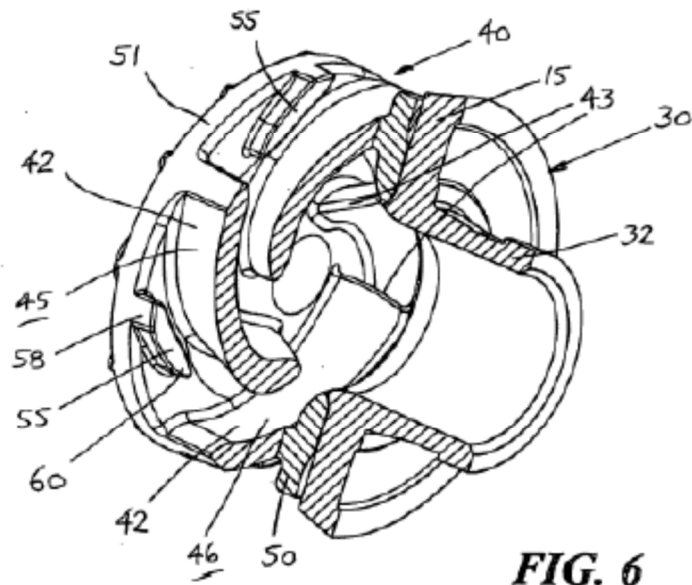


**FIG. 3**

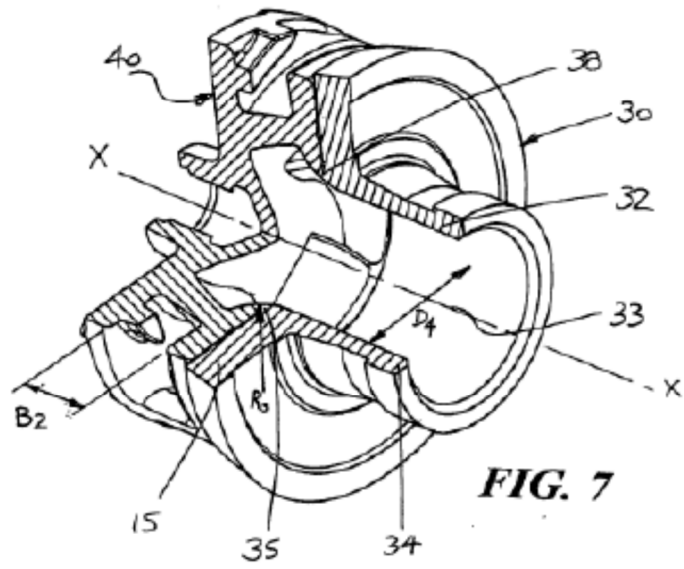
**FIG. 4**



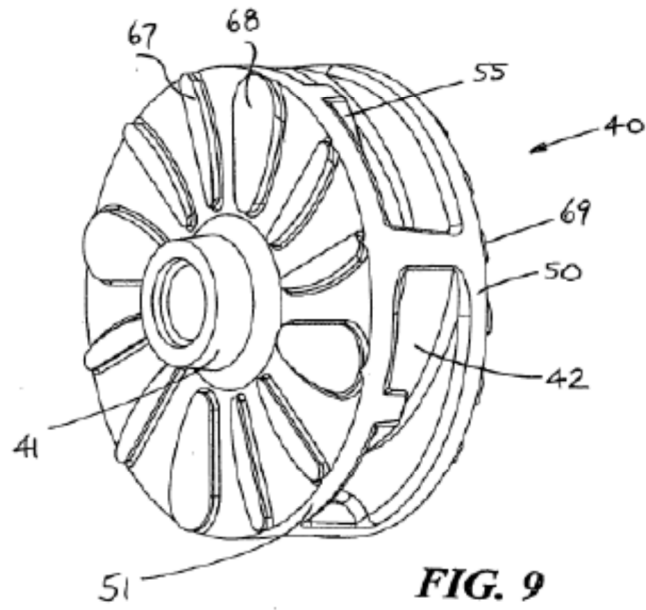
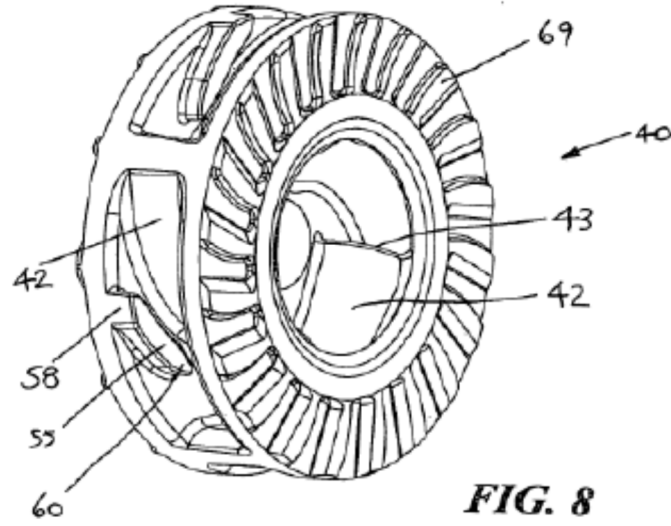
**FIG. 5**

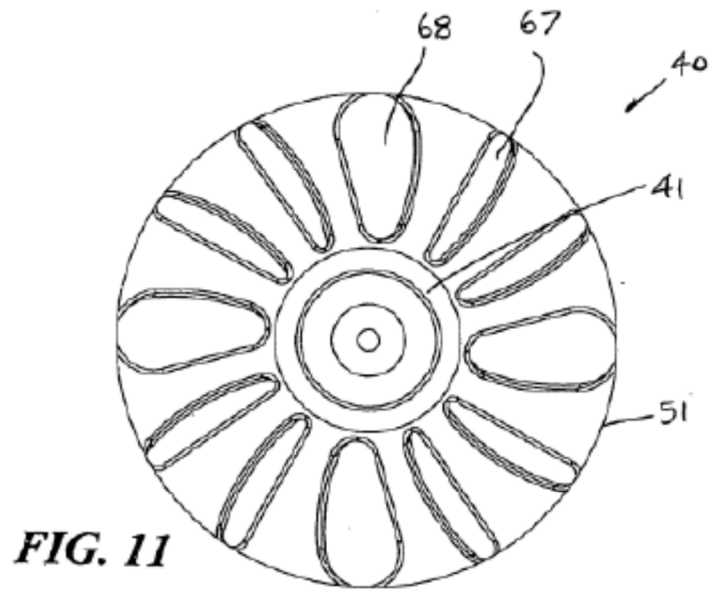
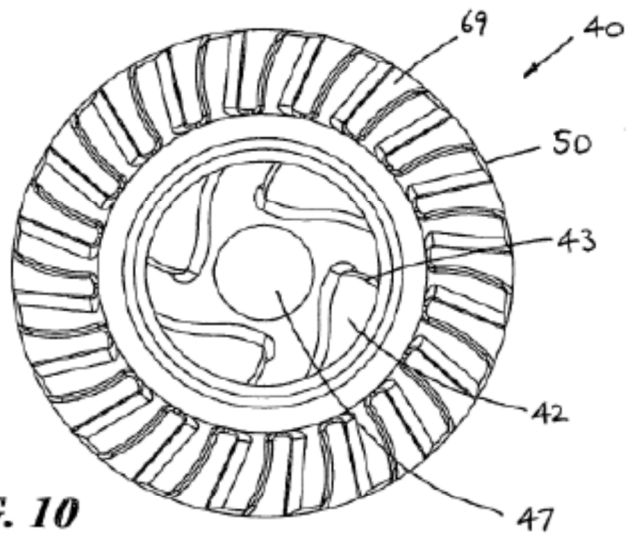


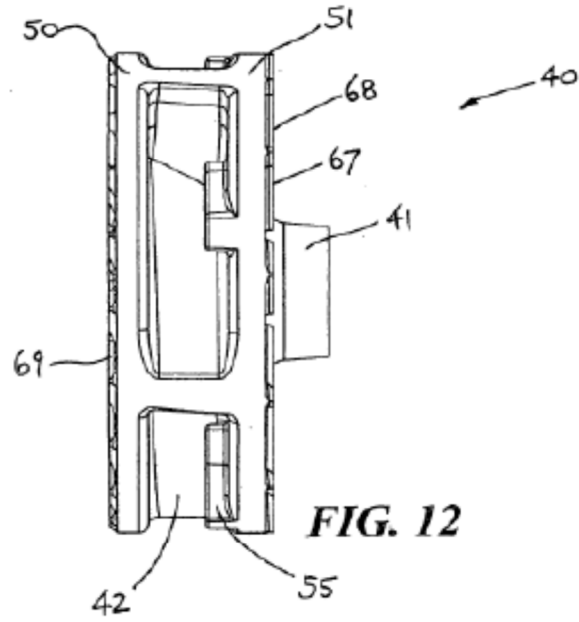
**FIG. 6**



**FIG. 7**







**FIG. 12**

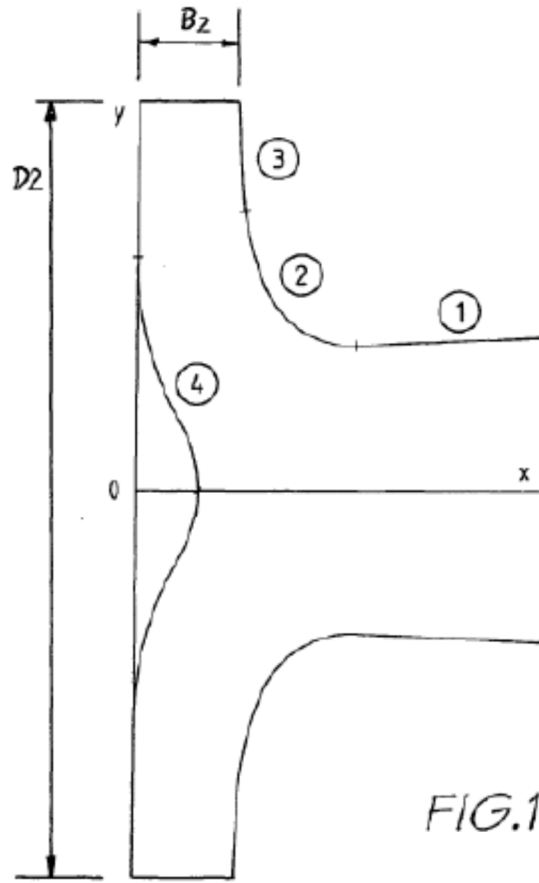


FIG.13A



FIG.13B

