

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0618477-4 A2**

(22) Data de Depósito: 25/10/2006
(43) Data da Publicação: 30/08/2011
(RPI 2121)



(51) *Int.Cl.:*
B04C 5/103

(54) Título: **CICLONE, INSTALAÇÃO E PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE LÍQUIDO POLIFÁSICO**

(30) Prioridade Unionista: 09/11/2005 FR 05 11373

(73) Titular(es): Saipem S.A.

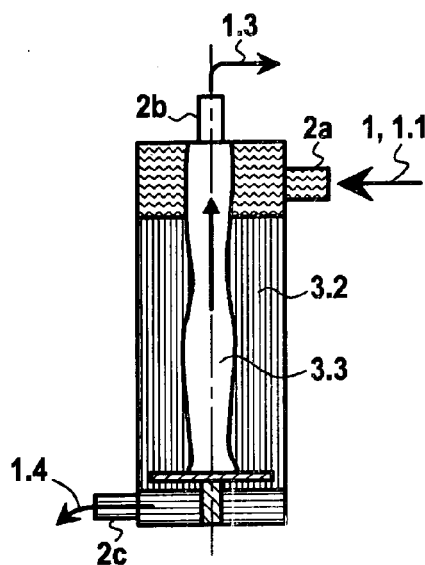
(72) Inventor(es): Marc Bonnissell, Paul Chantrel

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006051104 de 25/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/054651 de 18/05/2007

(57) Resumo: CICLONE, INSTALAÇÃO E PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE LÍQUIDO POLIFÁSICO. A presente invenção refere-se a um separador (2) líquido/gás ou líquido/líquido de tipo ciclone, cujas propriedades de separação são estabilizadas quando o débito e as proporções das fases líquidas (1.3, 1.4) a separar variam, graças a uma plataforma (2d) situada na parte baixa de uma câmara de separação cilíndrica, alimentada pela sua extremidade superior de acordo com um orifício (2a) de admissão tangencial. A presente invenção refere-se, igualmente, a uma instalação e um processo de separação do óleo e água contidos num petróleo bruto, com o auxílio de um ciclone de acordo com a invenção.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**CICLONE, INSTALAÇÃO E PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE LÍQUIDO POLIFÁSICO**".

A presente invenção refere-se a um separador líquido/líquido de tipo ciclone, bem como um processo e uma instalação de separação de líquido polifásico, nomeadamente de óleo e de água contidos em petróleo bruto.

O campo técnico da invenção refere-se, mais particularmente, ao domínio da produção petrolífera e, mais particularmente, ao domínio dos campos de petróleo no mar a grandes profundidades.

A produção de petróleo no mar profundo é efetuada, de um modo geral, a partir de um suporte flutuante ancorado na proximidade de poços de petróleo situados ao nível do fundo do mar, ou seja, a profundidades variáveis de 1000 a 2500 m, e mesmo mais. O suporte flutuante comporta, de um modo geral, meios de ancoramento para se manter no lugar apesar dos efeitos das correntes, ventos e ondulação. Também comporta, de um modo geral, meios de armazenamento e de tratamento do petróleo, bem como meios de descarga para petroleiros de transporte, apresentando-se estes últimos a intervalos regulares para carregar a produção. A denominação corrente destes suportes flutuantes é o termo anglo-saxónico "Floating Production Storage Offloading" (que significa "meio flutuante de armazenamento, de produção e de descarga") a partir do qual se utiliza o termo reduzido "FPSO" no conjunto da descrição que se segue.

As cabeças dos poços estão, de um modo geral, ligadas ao referido FPSO por condutas submarinas, ou de tipo SCR, ou seja, condutas suspensas numa configuração de catenária, ou de tipo torre híbrida compreendendo:

- uma coluna ascendente vertical cuja extremidade inferior está ancorada ao fundo do mar e ligada a uma referida conduta assente no fundo do mar, e a extremidade superior é suspensa por um flutuador imerso em subsuperfície ao qual está ligada, e
- uma conduta de ligação, de um modo geral uma conduta de ligação flexível, entre a extremidade superior da referida coluna ascendente

e um suporte flutuante em superfície, assumindo a referida conduta de ligação flexível, se for caso disso, e devido ao seu próprio peso, a forma de uma curva em catenária mergulhante, ou seja, descendo e passando largamente por baixo do flutuador para tornar a subir, de seguida, até ao referido suporte flutuante.

A totalidade da produção de petróleo bruto é, desse modo, e de um modo geral, levada até bordo do FPSO para aí ser tratada com vista a separar o petróleo propriamente dito, da água, do gás e de eventuais componentes arenosos. O petróleo, depois de separado, é, desse modo, armazenado a bordo, o gás é lavado e, depois, enviado para as turbinas a gás para a produção da eletricidade e do calor necessários a bordo e, depois, torna-se a injetar o excedente no depósito do campo petrolífero de modo a manter o referido depósito à pressão. A água, depois da areia em suspensão ter sido eliminada é, por fim, ou devolvida ao mar após extração forçada de qualquer partícula de óleo, ou tornada a injetar, também ela, no depósito, onde, de um modo geral, um complemento de água do mar retirada em sub superfície, na forma de complemento, serve para atingir o débito necessário de injeção de água no depósito. A areia extraída, que representa apenas quantidades mínimas, é, finalmente, lavada e depois atirada ao mar.

No início da exploração de um campo, a água representa apenas uma pequena percentagem do petróleo bruto, mas, após alguns anos, que podem ser algumas dezenas, a água produzida pode representar de 80 a 95% da produção, e as instalações de separação, tratamento e reinjeção de água devem ser dimensionadas de acordo com isso. Desse modo, é se obrigado a fazer subir até a superfície quantidades de água muito importantes que se deverá reenviar para o fundo do mar para torná-las a injetar no lençol de petróleo do depósito.

Inúmeros sistemas separadores foram desenvolvidos desde há decênios para separar os líquidos, gases, e sólidos e, em particular, o petróleo (óleo), da água, gás e partículas de areia.

O método atualmente empregado nas instalações fixas em terra consiste na utilização de depósitos de volumes muito grandes, de um modo

geral, de forma cilíndrica alongada, entrando o petróleo bruto por uma extremidade e sendo encaminhado ao longo do referido depósito durante um período de tempo da ordem dos 5 min durante os quais as diversas fases se separam, naturalmente, por gravidade para atingir a segunda extremidade onde o gás é recuperado na parte alta do depósito, a água e a areia na parte baixa, e o petróleo (óleo) na parte intermédia. Existe uma grande variedade de separadores deste tipo que integram, de um modo geral, dispositivos complementares internos, tais como cortinas horizontais, verticais ou oblíquas, cujo objetivo consiste em facilitar a separação das fases e evitar que se tornem a misturar numa etapa posterior.

Contrariamente aos separadores horizontais anteriormente descritos que utilizam a força da gravitação para efetuar a referida separação, os separadores de tipo ciclone utilizam a força centrífuga e são, frequentemente, utilizados devido à sua qualidade de compactação, mas a sua implementação mantém-se muito delicada devido ao seu ponto de funcionamento que se mantém bastante preciso e não permite, por isso, grandes variações nas relações água/óleo e líquido/sólido (o termo «ponto de funcionamento» é aqui entendido como uma separação estável de volumes de fases de densidade diferentes no interior do ciclone). Neste tipo de separador, o fluido permanece nos mesmos durante um tempo muito curto, da ordem dos 0,5 segundo e, por isso, um sistema de controle e comando muito sofisticado deve ser implementado para regular o conjunto das servoválvulas para que os parâmetros do sistema possam ser estabilizados em torno do ponto de funcionamento óptimo. Existem separadores ciclones de tipo passivo, nos quais a energia de separação é retirada diretamente do fluido criando uma perda de carga, de um modo geral de alguns bar. Outras variantes baseadas numa contribuição de energia externa utilizam um motor, de um modo geral acionando um dispositivo, de um modo geral do tipo campânula, para criar a referida força centrífuga no seio do fluido a separar, tal como os sistemas Dynaclean de NEYRTEC (França).

Conhecem-se as patentes WO 97/28903, EP 259104 e WO 97/15368 que descrevem separadores líquido/líquido de tipo ciclone com-

preendendo uma entrada tangencial do fluido a separar numa primeira secção cilíndrica, a qual é prolongada por uma secção inferior cônica, com uma fraca conicidade, do tipo das descritas em seguida fazendo referência às figuras 1 e 1A-1E, desembocando num orifício de saída axial da fase pesada (água), sendo a fase leve (óleo) evacuada por um orifício de saída axial na extremidade superior da referida primeira secção cilíndrica.

Como explicado em seguida, a força centrífuga do fluido enviado para a extremidade superior do ciclone por uma entrada tangencial induz o estabelecimento de um primeiro volume central da fase leve (óleo) envolvido por um volume periférico da fase pesada (água).

Quando o débito do fluido de entrada varia, e sobretudo quando a proporção respectiva de água e de óleo no fluido a tratar varia, é necessário regular os parâmetros de funcionamento do ciclone para evitar, nomeadamente, a ocorrência de desprendimentos de bolsas de óleo arrastadas com a água.

Um objetivo da presente invenção consiste em proporcionar um dispositivo de separação líquido/líquido de tipo ciclone melhorado, que permita estabilizar o seu funcionamento e evitar perturbações que afetem a qualidade de separação no caso de variação de débito e, sobretudo, de variação da proporção água/óleo no petróleo bruto a tratar.

De um modo mais geral, um objetivo da presente invenção consiste em proporcionar dispositivos de instalação e processos de separação água/óleo melhorados para tratar o petróleo bruto e, mais particularmente, a grande profundidade.

Com essa finalidade, a presente invenção proporciona um ciclone de separação líquido/líquido, de duas fases líquidas de densidades diferentes de um fluido, nomeadamente as fases aquosas e oleosas de um petróleo bruto compreendendo:

- uma câmara de separação cuja parede forma uma superfície de revolução que se estende entre

- . pelo menos um orifício de admissão tangencial do fluido a separar e um orifício de saída axial superior da fase líquida de densidade mais

baixa na extremidade superior da referida câmara, e

- um orifício de saída inferior da fase líquida de densidade mais alta, compreendendo a referida câmara de separação um mesmo corpo cilíndrico que se estende, pelo menos, entre os referidos orifícios de admissão e uma plataforma com o mesmo eixo XX' que o referido corpo cilíndrico, de diâmetro inferior ao do referido corpo cilíndrico e posicionada por cima do referido orifício de saída inferior, de modo que se criem 2 volumes sob o efeito do fluido a separar que entra pelo(s) referido(s) orifício(s) de admissão tangencial, compreendendo um volume central de fase líquida de densidade mais baixa, nomeadamente fase oleosa, na forma de uma coluna central sensivelmente cilíndrica, suportada pela referida plataforma, e um volume periférico anelar da fase líquida de densidade mais alta envolvendo a referida coluna central, permitindo a evacuação da fase líquida de densidade mais baixa pelo referido orifício de saída axial superior e a evacuação da referida fase líquida de densidade mais alta pelo referido orifício de saída inferior.

Compreende-se que os dois referidos volumes coaxiais se criam por centrifugação sob o efeito da força centrífuga do fluido que entra tangencialmente pelos referidos orifícios de admissão.

- De um modo vantajoso, a interface entre os 2 referidos volumes pode deslocar-se radialmente sobre a referida plataforma quando a proporção relativa das duas fases líquidas que entram na composição do fluido a separar varia, sem afetar a separação das duas referidas fases líquidas.

- Como explicado posteriormente na descrição que se segue, a plataforma na base da câmara de separação do ciclone de acordo com a invenção funciona como suporte para os dois volumes coaxiais de óleo e de água, respectivamente cilíndricos e anelares (ou tubulares), assim criados pela força centrífuga do fluido que entra tangencialmente na extremidade superior, e permite uma variação da posição radial da interface óleo/água, a qual pode, de fato, deslocar-se ao longo do diâmetro da referida plataforma, sem afetar a separação dos dois volumes coaxiais de óleo e água, quando a proporção relativa dos conteúdos em óleo e água do petróleo bruto tratado varia.

O ciclone de acordo com a invenção apresenta, além disso, a vantagem de permitir um funcionamento estabilizado da separação, ao mesmo tempo que apresenta uma dimensão relativamente reduzida em relação aos ciclones convencionais.

5 Numa forma de modalidade particular, o diâmetro da referida plataforma vale desde $1/2$ a $98/100$ do diâmetro do referido corpo cilíndrico, de um modo preferido, pelo menos $3/4$.

 Numa primeira variante, a referida câmara de separação é constituída por um mesmo corpo cilíndrico que se estende entre o referido orifício
10 de admissão e o referido orifício de saída inferior, sendo o referido orifício de saída inferior um orifício de saída tangencial, e estando a referida plataforma posicionada na extremidade inferior do referido corpo cilíndrico logo a montante do referido orifício inferior de saída tangencial.

 Numa segunda variante, a secção inferior da referida câmara
15 situada entre a referida plataforma e o referido orifício inferior de saída tem uma forma cônica com o mesmo eixo XX' que o referido corpo cilíndrico e o referido orifício inferior é um orifício de saída axial que se estende na direção axial XX' do referido corpo cilíndrico.

 Esta segunda variante apresenta a vantagem de aumentar a
20 perda de carga da água que chega ao referido orifício de saída axial, e isto para fazer com que a pressão da água evacuada seja, sensivelmente, idêntica à pressão do líquido da fase oleosa que sai do referido orifício superior de saída axial, regulando-se o diâmetro respectivo dos referidos orifícios superior e inferior axiais, tendo o referido orifício inferior de saída da fase líquida pesada um diâmetro superior ao referido orifício superior de saída da fase
25 líquida leve.

 Este equilíbrio de pressões de saída das fases oleosa e aquosa permite estabilizar o funcionamento de uma instalação e de um processo de separação, como irá ser explicado em seguida.

30 De um modo preferido, o referido ciclone compreende meios de perda de carga ao nível do referido orifício de saída inferior para reduzir a pressão da fase pesada aquosa à saída do referido separador, criando, de

um modo preferido, uma perda de carga proporcional à aceleração do fluido, tais como uma placa perfurada ou um diafragma, a jusante do referido orifício de saída inferior do referido ciclone de separação líquido/líquido.

5 Esta característica permite autorregular a estabilização do funcionamento de uma instalação de separação, compreendendo um ciclone de acordo com a invenção, por igualização das pressões de óleo e de água que saem do ciclone no âmbito de um processo de acordo com a invenção que implica a implementação deste tipo de instalação, como explicado em seguida.

10 A presente invenção proporciona, igualmente, uma instalação de separação de, pelo menos, duas fases líquidas de densidades diferentes de um fluido contendo também gás, de um modo preferido, pelo menos, óleo e água, de um petróleo bruto compreendendo óleo, água, partículas de areia e gás compreendendo

15 a) pelo menos um separador líquido/gás, de um modo preferido do tipo ciclone, em, pelo menos, um primeiro reservatório, e

b) pelo menos um separador líquido/líquido do tipo ciclone de acordo com a invenção, ligado ao referido separador líquido/gás por uma primeira conduta de condução de petróleo desgaseificado, e

20 c) pelo menos um reservatório principal, estando o referido reservatório principal ligado

- ao do gás, estando equipado com uma válvula apta a controlar a pressão do gás, sendo a referida válvula comandada, de um modo preferido, em função do referido separador líquido/gás por uma conduta de condução de gás, se for caso disso, desde a parte alta do referido primeiro reservatório até a parte alta do referido reservatório principal, estando a referida conduta de condução do nível de petróleo no referido primeiro reservatório, e

25 - ao referido separador líquido/líquido de tipo ciclone por duas condutas que se estendem desde os orifícios superior e inferior de saída das fases oleosa e aquosa, respectivamente, até desembocarem em duas zonas distintas do referido reservatório principal,

30 - compreendendo o referido reservatório principal, além disso,

condutas de evacuação de água e de óleo separadamente.

Como mencionado anteriormente, a instalação de acordo com a invenção compreende, de um modo vantajoso, meios de perda de carga proporcional à aceleração do fluido, de um modo preferido, uma placa perfurada ou um diafragma, a jusante do referido orifício de saída inferior do referido ciclone de separação líquido/líquido.

Mais particularmente, numa instalação de acordo com a presente invenção, o referido reservatório principal compreende, respectivamente:

- . numa zona de acumulação do óleo, um dispositivo de controle da evacuação do óleo e/ou do referido gás numa mesma conduta, e
- . numa zona de acumulação de água, um dispositivo de controle da evacuação da água, separada das referidas partículas sólidas, numa conduta distinta na parte baixa do referido reservatório principal, e um orifício de evacuação das referidas partículas sólidas no fundo do referido reservatório principal.

De acordo com as características mais particulares e vantajosas:

- o referido dispositivo de controle da evacuação da água, separada das referidas partículas sólidas, é constituído por uma válvula automática comandada por um flutuador apto a obturar a evacuação da água quando o nível da água desce abaixo de um dado nível e apto a permitir a evacuação da água quando o nível sobe acima do referido nível,
- o referido dispositivo de controle da evacuação do petróleo e/ou do referido gás numa mesma conduta é constituído por um coletor cilíndrico ligado à referida conduta de evacuação do petróleo e/ou do gás, compreendendo o referido coletor uma parede cilíndrica perfurada a diferentes níveis ao longo da altura do referido coletor apta a permitir a evacuação do gás pelas perfurações situadas acima do nível do petróleo e a evacuação do petróleo pelas perfurações situadas abaixo do nível do petróleo.

Numa primeira forma de modalidade particular, as referidas duas zonas distintas do referido reservatório principal estão separadas por uma divisória interna apta a só permitir a comunicação entre as duas zonas ao referido gás.

Numa outra forma de modalidade particular, o referido reservatório principal não compreende divisória interna e as referidas fases oleosa e aquosa recuperadas separadamente à saída dos referidos separadores (2) líquido/líquido são enviadas para duas zonas distintas do referido reservatório (5) principal separadas por simples gravidade natural criada pela diferença de densidade entre água e óleo.

De um modo vantajoso, uma instalação de acordo com a invenção compreende uma série de referidos separadores líquido/líquido de tipo ciclone montados em paralelo.

Ainda de um modo preferido, o ou os referidos separadores líquido/líquido estão colocados no interior do referido reservatório principal, os orifícios de saída das fases oleosa e aquosa à saída do ou dos referidos separadores líquido/líquido de tipo ciclone comunicando, respectivamente, com as referidas zonas distintas de acumulação do petróleo e da água no referido reservatório principal.

Numa outra forma de modalidade, o referido reservatório principal tem uma forma esférica e está instalado no fundo do mar.

De um modo preferido, os referidos reservatórios principais e os referidos separadores líquido/líquido de tipo ciclone estão repartidos simetricamente.

A instalação de acordo com a invenção permite efetuar um processo de separação de, pelo menos, óleo e água de um petróleo bruto compreendendo também gás e, se for caso disso, partículas de areia, de acordo com o qual se efetuam as etapas sucessivas que se seguem nas quais:

1) Se efetua a degasificação, pelo menos parcial, do referido petróleo bruto com o auxílio de um referido separador líquido/gás, de um modo preferido de tipo ciclone, em, pelo menos, um primeiro reservatório, e

2) Se efetua a separação da água contida no referido petróleo bruto degaseificado obtido na etapa 1), para obter uma fase de óleo e uma fase aquosa contendo as referidas partículas sólidas, com o auxílio de, pelo menos, um referido separador líquido/líquido de tipo ciclone,

3) Se efetua uma etapa de estabilização e regulação do funcio-

namento do ou dos referidos separadores líquido/líquido da etapa 2) enviando os fluxos de gás, fase oleosa e fase aquosa resultantes dos referidos separadores das etapas 1) e 2) para um mesmo referido reservatório principal, sensivelmente com a mesma pressão, para obter um nível controlado de

5 óleo e água no referido reservatório principal,

- sendo o referido fluxo de gás recuperado na parte alta do referido primeiro reservatório e enviado, sob pressão controlada por uma válvula, para a parte alta do referido reservatório principal, e

- sendo a pressão da referida fase aquosa, recuperada à saída do referido separador líquido/líquido, reduzida por referidos meios de perda de carga para obter uma pressão sensivelmente idêntica à da referida fase oleosa à saída do referido separador líquido/líquido de tipo ciclone da etapa 2).

10

Mais particularmente, os níveis das fases líquidas de óleo e água nas duas referidas zonas distintas do referido reservatório principal são regulados pelo referido dispositivo de controle da evacuação do óleo e/ou do referido gás numa mesma conduta, e dispositivo de controle da evacuação da água.

15

Ainda mais particularmente, o comando da referida válvula para controlar a pressão do gás à saída do referido primeiro reservatório, faz-se em função do nível de petróleo no referido primeiro reservatório, sendo esse nível mantido, de um modo preferido, sensivelmente constante.

20

Outras características e vantagens da presente invenção irão surgir à luz da descrição pormenorizada das formas de realização que se vão seguir, fazendo-se referência às figuras 1 a 7:

25

. a figura 1 é uma vista lateral de um ciclone convencional de separação líquido/líquido,

. a figura 1A é uma vista em planta relativa à figura 1,

. as figuras 1A, 1B, 1C e 1D são vistas laterais da veia fluida no seio de um ciclone convencional, respectivamente em configuração média (figura 1B), mínima (figura 1C), máxima (figura 1D) e máxima com desprendimento de uma bolha de petróleo (figura 1E),

30

. a figura 2 é uma vista frontal, parcialmente em corte, de um ciclone de separação gás líquido/líquido de acordo com a invenção,

. as figuras 2A e 2B são vistas, respectivamente, em planta e por baixo relativas à figura 2,

5 . as figuras 2C, 2D e 2E são vistas laterais da veia fluida no seio de um ciclone de acordo com a invenção, respectivamente em configuração média (figura 2C), mínima (figura 2D) e máxima (figura 2E),

. a figura 3 é uma vista lateral em corte de uma variante do ciclone de acordo com a invenção que apresenta um fundo com uma forte conicidade e um orifício axial de evacuação da água,

10 . a figura 4 é uma vista lateral de uma instalação de separação de acordo com a invenção compreendendo uma separação primária gás/líquido, e um conjunto de ciclones de acordo com a invenção ligado a um reservatório principal esférico de descarga e decantação equipado com
15 uma divisória transversal vertical,

. a figura 4A é uma vista pormenorizada relativa à figura 4, de um dispositivo de controle da evacuação do petróleo (óleo) e gás por trans-
fega e de mistura das fases gás/petróleo com vista à sua exportação a gran-
de distância,

20 . a figura 4B é um corte do referido dispositivo de controle relativo à figura 4A,

. a figura 5 é uma vista lateral de uma instalação de separação de acordo com a invenção semelhante à da figura 4, na qual a água e o pe-
tróleo são separados naturalmente por diferença de densidade, sendo o re-
servatório principal de descarga e decantação, por esse fato, desprovido de
25 divisória transversal vertical,

. a figura 6 é uma vista lateral em corte de uma instalação de separação de acordo com a invenção, na qual o conjunto dos ciclones está instalado no interior do reservatório principal de descarga e decantação,

30 . a figura 6A é uma vista em planta de um ciclone que apresenta três orifícios de admissão do petróleo bruto a tratar, uniformemente reparti-
dos sobre a periferia do referido ciclone,

a figura 7 é uma vista em planta de uma instalação compreendendo um conjunto de quatro dispositivos de acordo com a figura 6, montados de modo simétrico em torno de uma canalização principal de entrada do petróleo a tratar.

- 5 Na figura 1 representou-se um ciclone convencional de separação líquido/gás, sólido/gás ou líquido/líquido que apresenta uma entrada 1a tangencial do fluido 1.1 a separar, um corpo 1b cilindro-cônico, uma saída 1c axial superior e uma saída 1d axial inferior. O fluido 1.1 que entra tangencialmente em 1a sob uma forte pressão e forte débito é agitado em turbilhão
- 10 na parte 1e superior e a força centrífuga criada no próprio seio do fluido cria uma aceleração que pode atingir 1000 g, o que faz com que as partículas mais pesadas sejam atiradas para perto da superfície cilindro-cônica da parede, permanecendo as partículas mais leves perto do centro, como representado na figura 1B, correspondendo a um ponto de funcionamento médio do ciclone. No caso de uma separação petróleo/água, distingue-se, desse
- 15 modo, nesta mesma figura 1B, uma zona 1e superior fortemente agitada em turbilhão na qual a água e o petróleo se começam a separar na parte superior cilíndrica e, depois, dirigindo-se para baixo, na parte cônica do ciclone, a água encontra-se na zona 1f periférica e as partículas de petróleo efetuam
- 20 uma coalescência entre si e, devido à sua menor densidade, dirigem-se para o eixo do ciclone e agregam-se num cone 1g central constituído quase integralmente por petróleo bruto desembaraçado da sua água. Devido ao gradiente de pressão existente no seio do ciclone entre a parede e o eixo do referido ciclone, e devido à forma cônica da parede que se alarga no sentido
- 25 ascendente, a água 1.4 (fase pesada) evacua-se naturalmente pelo fundo e o petróleo 1.3 (fase ligeira) pelo orifício superior. O dispositivo é controlado de modo contínuo por meio de servoválvulas acionadas em tempo real, não apenas ao nível da entrada 1a, mas também ao nível dos orifícios 1c, 1d de saída. No caso de variações brutais dos parâmetros da veia fluida que entra
- 30 (variações de débito, variação da relação água/óleo, ...), o sistema de controle e comando deve ser suficientemente rápido e preciso para reconfigurar o estado das referidas válvulas de controle/comando, para que o sistema

continue a proporcionar uma boa separação dos fluidos. Desse modo, o valor médio da dimensão do cone 1g de óleo representado na figura 1B pode reduzir-se, como representado na figura 1C, quando a percentagem de água no bruto aumenta, ou se a servoválvula relativa à saída 1d está demasiado fechada. Pode também alongar-se na direção do fundo, como representado na figura 1D, se a referida percentagem de água diminuir, ou se a servoválvula relativa à saída 1d está demasiado aberta. Em casos extremos, representados na figura 1E, correspondendo, de um modo geral, a fases transitórias de curta duração, ou a uma incapacidade do sistema em se auto-estabilizar, pode haver um desprendimento de bolsas 1h de óleo do cone 1g de óleo na sua base, sendo estas arrastadas pelo fluxo de água que sai pelo orifício 1d, perturbando, desse modo e radicalmente, a qualidade da separação.

Este tipo de ciclone apresenta, de um modo geral, um diâmetro interno ao nível da parte cilíndrica de 50 a 75 mm, e uma altura de cerca de 2 m a 2,5 m. A parte cônica permite que o fluido percorra o ciclone na direção do fundo, conservando um forte nível de aceleração ao longo de todo o seu percurso, apesar da perda de energia criada pelos diversos atritos contra as paredes do ciclone.

Estes ciclones possuem apenas um débito unitário bastante pequeno e estão, de um modo geral, instalados em paralelo no seio de um reservatório. Foram descritos na posição vertical, mas o efeito separador, pelo fato de se basear no princípio da força centrífuga, faz com que possam estar instalados em qualquer posição estando, frequentemente, na posição horizontal.

A figura 2 representa numa vista lateral, parcialmente em corte, um ciclone de acordo com a invenção constituído por um corpo 2 cilíndrico, que apresenta na sua parte superior, pelo menos, um orifício 2a de admissão tangencial no referido corpo cilíndrico, bem como um orifício 2c tangencial de saída situado na parte baixa do referido corpo cilíndrico. Uma plataforma 2d, de um modo preferido circular, de diâmetro ligeiramente inferior ao diâmetro interior do referido corpo cilíndrico está solidarizada com o referido

corpo cilíndrico, de um modo preferido ao nível do fundo deste último, por intermédio de um suporte 2e axial.

Na figura 2C representou-se uma vista lateral em corte da veia fluida no seio do ciclone de acordo com a invenção. O petróleo 1 bruto, eventualmente desgaseificado 1.1, entra tangencialmente pelo orifício 2a de entrada e é agitado em turbilhão a grande velocidade na zona 3₁ superior sob o efeito da força centrífuga onde a água se começa a separar do petróleo (óleo). Na parte mediana do ciclone, a água é centrifugada na direção ao exterior em 3.2 e o petróleo (óleo) reúne-se ao centro para formar uma coluna 3.3, sensivelmente cilíndrica, que é evacuada pelo orifício 2b superior. Na parte baixa, a referida coluna de petróleo encosta-se à plataforma 2d e é representada numa configuração média na referida figura 2C. Para que as explicações sejam compreensíveis, a coluna de petróleo tratada é apresentada nas figuras 2C-2E de acordo com uma forma sensivelmente cilíndrica de eixo ZZ com uma geratriz sinuosa ao longo da altura, enquanto que, na realidade, os efeitos da considerável força centrífuga que se exerce sobre a interface água/óleo tornam esta interface praticamente cilíndrica e a geratriz quase retilínea, a partir do momento em que o débito de entrada é distribuído de modo simétrico por, pelo menos, duas entradas 2a posicionadas de modo simétrico relativamente ao eixo do referido ciclone.

Na figura 2D, a referida coluna 3.2, devido a uma grande percentagem de água no petróleo bruto, separa-se da referida plataforma 2d, enquanto que na figura 2E, correspondendo a uma pequena percentagem de água no petróleo bruto, a referida coluna aumenta de diâmetro, sem, no entanto, atingir as margens da referida plataforma 2d, o que teria como efeito deixar escapar petróleo pelo orifício 2c inferior ao mesmo tempo que a água evacuada. Desse modo, a plataforma 2d associada a um corpo de ciclone cujo diâmetro interior é ligeiramente maior, cria um batente baixo para a coluna de petróleo, podendo a referida coluna, então, variar de diâmetro em proporções consideráveis e, portanto, a proporção óleo/água também, sem que o petróleo seja arrastado ao mesmo tempo que a água. Desse modo, contrariamente à técnica anterior que necessita de um fluxo de entrada de

petróleo bruto apresentando uma composição de % água/% óleo num intervalo estreito, de modo que o sistema de controle e comando que age sobre as válvulas acionadas possa manter o conjunto num estado estável, o ciclone de acordo com a invenção apresenta uma gama de funcionamento 5 vezes, e mesmo 10 vezes maior, o que simplifica radicalmente o sistema de controle e comando das válvulas e o reduz, mesmo, ao mínimo, como será explicado posteriormente em seguida.

Na figura 4, representou-se uma vista lateral em corte de uma primeira versão de uma instalação de acordo com a invenção integrando uma série de ciclones 2 de acordo com a invenção montados em paralelo e alimentados por um fluxo de petróleo 4 bruto que entra num primeiro andar de separação líquido/gás constituído, de modo conhecido, por um primeiro reservatório 4.1 resistente à pressão e um ciclone 4.2 convencional, em que o petróleo parcialmente desgaseificado se escapa pela parte baixa do referido primeiro reservatório por uma conduta 4.3, para ser dirigido para os ciclones 2 instalados em paralelo. O gás é recuperado na parte alta do referido primeiro reservatório 4.1 e, depois, enviado por uma conduta 4.4 para um reservatório 5 principal de descarga e decantação assegurando uma estabilização dos fluxos de petróleo, gás e água.

Este reservatório 5 principal é constituído por um depósito resistente à pressão:

- O reservatório 5 principal é alimentado:
 - por cima, com petróleo parcialmente desgaseificado, por uma conduta 5.1 proveniente dos orifícios 2b superiores de saída axial do conjunto dos ciclones 2 montados em paralelo,
 - por baixo, com água proveniente dos orifícios 2c inferiores tangenciais do conjunto dos ciclones 2 montados em paralelo,
 - com gás, pela conduta 4.4 proveniente do andar de separação primário fluido/gás 4.1-4.2, sendo a pressão do referido gás controlada em tempo real pela servoválvula 4.5, mantendo um nível sensivelmente constante do petróleo desgaseificado no seio do primeiro reservatório 4.1, e
- Este reservatório 5 principal comporta:

- uma conduta 5.3 de saída da água situada na parte baixa,
- uma conduta 5.4 de saída comum ao óleo e ao gás,
- um orifício 5.5 de evacuação de areia que se acumula no fundo do referido reservatório 5 principal na zona 3.4 de acumulação da água 1.4,
- 5 - uma divisória 5.6 interna confinando, de modo estanque, o petróleo à direita 3.5 e a água à esquerda 3.4, mas aberta na parte superior para deixar passar o gás entre a divisória e a parede do reservatório 5 principal,
- 10 - um dispositivo 7 de controle da evacuação da água pela conduta 5.3,
- um dispositivo 8 de controle da evacuação do gás e do petróleo pela conduta 5.4.

O dispositivo 7 de controle da evacuação da água é constituído por uma válvula 7.1 automática comandada por um flutuador 7.2 que obtura a saída quando o nível baixa. Na figura 4, a válvula 7.1 é representada na posição de fecho e, a partir do momento em que o nível de água sobe no reservatório 5 principal, o flutuador 7.2 abre a válvula 7.1, permitindo, desse modo, a evacuação da água pela pressão do gás. Nas figuras 5 e 6, o flutuador 7.2 é posicionado na interface 3.9 água/óleo.

20 O dispositivo de controle da evacuação do petróleo e do gás é constituído por um coletor 8, com uma parede perfurada, de um modo preferido circular, e ainda de um modo preferido, com uma secção constante ao longo da altura, ligado de modo estanque à conduta 5.4 de evacuação.

O funcionamento do dispositivo 8 é explicado na figura 4A:

- 25 - o corpo 8.1 do coletor está furado com múltiplos furos 8.2 calibrados, de um modo preferido, idênticos ao longo da altura, e repartidos, de um modo preferido, de forma uniforme ao longo da periferia, como representado na figura 4B,
- 30 - quando o nível de petróleo no reservatório principal está abaixo do limite superior do coletor, ou seja, abaixo do plano BB, como representado na parte esquerda da figura, o petróleo passa através dos orifícios 8.2 e é evacuado pela conduta 5.4. O gás, cuja pressão aumenta no interior do refe-

rido reservatório principal, é, também ele, evacuado pela mesma via 5.4, o que reconstitui uma mistura petróleo/gás, que é inicialmente bifásica, mas pode, após um determinado percurso pelas instalações, ou pela recompressão do fluido, tornar-se monofásica pela dissolução do gás no petróleo,

5 - quando o nível de petróleo no reservatório principal está abaixo dos furos mais baixos, abaixo do plano AA, o petróleo deixa de ser evacuado, e somente o gás é evacuado pela conduta 5.4,

 - quando o nível de petróleo no reservatório principal está acima do plano BB, o gás deixa de ser evacuado e somente o petróleo é evacuado, não apenas pelos furos 8.2 laterais, mas também pelo orifício 8.3 superior do coletor, como indicado na parte direita da figura.

10 Pode-se ser levado a recolher uma parte do gás para o tornar a injetar, diretamente, no lençol, ou ainda para o expedir, diretamente, para um outro destino. A válvula 4.6 acionada permite, desse modo, controlar a quantidade de gás recolhido, sendo a totalidade do excedente tornada a expedir através do reservatório principal, ao mesmo tempo que o óleo, na direção da superfície, pela conduta 5.4.

15 Na figura 5 representou-se uma segunda variante de uma instalação de separação de acordo com a invenção, na qual a separação água/óleo não é assegurada pela divisória 5.6, mas pela separação efetuada pela ação natural da gravidade criada pela diferença de densidade entre água e óleo. A água 1.4 encontra-se na parte 3.4 baixa do reservatório principal onde se reúnem também os depósitos de areia, enquanto o óleo 1.3 se situa na parte 3.5 superior, e o gás no topo do reservatório. Nesta figura, a unidade 4.1-4.2 primária de separação fluido/gás, bem como a servoválvula 4.5 de controle do gás, não estão representadas, mas o funcionamento do conjunto do dispositivo mantém-se idêntico.

25 Esta segunda variante apresenta a vantagem de criar um andar suplementar de separação água/óleo, porque se restarem partículas de óleo na água proveniente dos ciclones, estas partículas irão migrar, naturalmente, na direção da camada de óleo pelo efeito da gravidade. Além disso, qualquer vestígio de água no petróleo terá a possibilidade de migrar no sentido

descendente para se tornar a unir à zona aquosa. No entanto, é necessário que o óleo apresente uma densidade muito menor do que a da água de modo a assegurar uma separação correta entre água e óleo e, por conseguinte, uma interface estável, e esta disposição funciona melhor com brutos leves.

5 Nas figuras 2, 4, 5 e 6, representaram-se meios 2f de perda de carga consistindo em diafragmas a jusante do orifício 2c inferior de saída da fase aquosa do ciclone 2 de separação líquido/líquido de acordo com a invenção.

10 Este tipo de meio de perda de carga dá origem a uma perda de carga proporcional ao nível da aceleração e, por conseguinte, ao quadrado do débito do fluido que o atravessa, o que tem como efeito a autorregulação da instalação quando, como se explica em seguida, se procura reduzir a pressão da fase aquosa à saída do referido separador de tipo ciclone, para estabilizar o funcionamento da instalação de separação.

15 Na figura 3, representou-se, em corte e em vista lateral, um ciclone de acordo com a invenção cuja evacuação na parte baixa é axial. A parte 2.2 inferior do ciclone é, então, cônica com um ângulo de cone de 30 a 60°, não sendo a plataforma 2d já suportada pelo fundo do ciclone, mas ao nível da conduta de evacuação axial do orifício 2c inferior axial, numa zona
20 em que o efeito de turbilhão deixa de ser necessário para o processo de separação ciclónico. O diâmetro $\phi 2$ da conduta de evacuação da água ao nível do orifício 2c inferior é superior, por exemplo em 50%, ao diâmetro $\phi 1$ da conduta de evacuação do petróleo do orifício 2b de saída axial superior, correspondendo a diferença de diâmetro à perda de carga criada por placas perfuradas ou diafragmas 2f descritos anteriormente e cuja função consiste
25 em tornar o dispositivo autorregulador. A forma 2.2 cônica do fundo da câmara 2 permite arrastar a areia ao mesmo tempo que a água evacuada.

No ciclone de acordo com a invenção, a pressão da fase pesada (água), extraída perto da parede externa da câmara 2, é superior à pressão
30 de saída da fase leve (óleo). O afastamento entre estas duas pressões está, diretamente, ligado à aceleração média do fluido interno no ciclone e à posição radial da interface óleo/água ao nível da placa inferior, como represen-

tado na figura 2E.

No processo de separação de acordo com a invenção, para estabilizar o funcionamento da instalação, impõe-se uma pressão de referência sensivelmente idêntica para os dois orifícios de saída superior 2b e inferior 2c do ciclone, ligando-os a um reservatório de descarga comum constituído pelo reservatório 5 principal, e reduzindo a pressão da água a jusante do referido orifício 2c inferior de modo a que esta fique sensivelmente idêntica à do óleo à saída do orifício 2b superior axial. Torna-se a instalação autorregulada impondo à saída da fase pesada (água) uma perda de carga proporcional ao nível de aceleração, e, por conseguinte, ao quadrado do seu débito, por exemplo, por meio de uma placa perfurada ou de um diafragma 2f intercalado em cada um dos orifícios de saída inferiores de cada um dos ciclones, criando os referidos meios perdas de carga idênticas para o conjunto dos ciclones do dispositivo, ou então, efetuando na base de ciclone uma secção de câmara na qual a rotação residual de saída é conservada, efetuando-se a saída final sobre um raio próximo do eixo, como representado na figura 3.

A instalação de acordo com a invenção composta por um conjunto de ciclones de acordo com a invenção associado a um reservatório 5 principal de acordo com as figuras 4 a 6 apresenta, por conseguinte, um carácter de autorregulação.

Desse modo, as variações de percentagem água/petróleo bruto de entrada, correspondem, na configuração da figura 5, a um deslocamento da superfície 3.6 livre da fase líquida leve (óleo) entre posições limites mínimo-máximo aceitáveis, e na configuração da figura 4, a uma diferença de nível entre a interface 3.7 água/gás e a interface 3.8 petróleo/gás. As variações de débito só afetam, pouco, a posição da interface 3.6 no caso da figura 5, e a diferença de nível 3.7-3.8 no caso da figura 4.

O dispositivo de reservatório principal descrito anteriormente em relação com ciclones de acordo com a invenção também funciona com ciclones convencionais, mas estes últimos são, de um modo geral, muito compridos e, por conseguinte, mais difíceis de integrar no seio de um reser-

vatório principal e, além disso, o seu ponto de funcionamento estável é bastante preciso, o que torna-os inutilizáveis quando as variações de proporções água/óleo ou de débito são importantes, devido aos riscos de arrastamento de bolsas de óleo, como explicado no que se refere à figura 1E, enquanto os ciclones de acordo com a invenção se acomodam perfeitamente a estas instabilidades nas variações de débito de proporções óleo/água no petróleo bruto.

O funcionamento do dispositivo de acordo com a invenção é, por conseguinte, autoadaptativo, porque os ciclones apresentam uma grande gama de funcionamento, o que os torna aptos a absorver variações importantes nas percentagens de água e gás, sendo as referidas variações, de seguida, estabilizadas no reservatório 5 principal onde reina uma pressão criada pelo gás proveniente do separador petróleo/gás situado a montante, antes de ser dirigido para outros equipamentos de tratamento.

Além disso, a referida grande gama de funcionamento dos ciclones e do reservatório principal permite conceber um equipamento único durante toda a duração da exploração de um campo petrolífero, exploração que pode durar 30-25 anos, e mesmo mais, sem que seja necessário mudar os componentes sensíveis, como se passa com a técnica anterior, dado que no início de exploração, um campo produz cerca de 5% de água para 95% de óleo, mas em fim de vida irá produzir 95-98% de água para 5-2% de óleo.

Na figura 6 representou-se, em corte e em vista lateral, uma instalação de separação de acordo com a invenção correspondendo à segunda variante, na qual a bateria de ciclones 2 está integrada no seio do reservatório 5 principal. De fato, para que o conjunto de ciclones 2, montados em paralelo, funcione de modo estável, uns relativamente aos outros, evitando-se, desse modo, a criação de instabilidades de conjunto, é importante que os percursos de fluidos sejam idênticos e tão reduzidos quanto possível, de modo que as perdas de carga sejam quase idênticas para cada um dos ciclones. Para isso, o conjunto de ciclones, por exemplo 6, 8 ou 12 ciclones, está instalado no interior de um difusor 4.3a ligado à conduta de alimentação em petróleo 4.3 bruto desgaseificado, sendo os referidos ciclones montados,

de modo estanque, por exemplo por soldadura, em 4.3b na parte alta do referido ciclone, e em 4.3c na parte baixa do referido ciclone, de tal modo que o difusor 4.3a não comunique, diretamente, com o reservatório 5 principal, mas comunique com as únicas condutas 2a de entrada tangencial dos ciclones 2. Os orifícios 2b axiais superiores de cada um dos ciclones comunicam, diretamente, com a parte superior do reservatório principal, na zona em que se junta, naturalmente, o petróleo separado da água por simples gravidade.

Além disso, os orifícios 2c inferiores de cada um dos ciclones comunicam, diretamente, com a parte inferior do reservatório principal, de um modo preferido, diretamente na zona de acumulação da água.

O funcionamento do conjunto é, então, idêntico ao descrito no que se refere às figuras 4 e 5.

De modo a poder intervir sobre os elementos internos, no caso de um reservatório esférico, o referido reservatório é, de um modo vantajoso, fabricado com duas semiconchas soldadas, respectivamente, sobre dois flanges 5a montados em 5b por parafusos, não representados, sendo a estanquicidade assegurada por uma junta 5c circular.

Nas descrições da invenção, por uma questão de compreensibilidade dos desenhos, representaram-se os ciclones com um orifício 2a de admissão único, mas injeta-se, de um modo vantajoso, o fluido a separar, por 2, 3 ou 4, e mesmo mais, orifícios idênticos, repartidos uniformemente pela periferia, como representado na figura 6A, de modo a aumentar a estabilidade do turbilhão criado na cabeça do ciclone, estabilidade que se repercute, então, sobre toda a coluna de separação água/óleo e melhora, igualmente, a estabilidade do conjunto do dispositivo.

Na figura 7 representou-se, em planta, a disposição em paralelo de quatro dispositivos de acordo com a figura 6, estando os quatro reservatórios 5 principais ligados, ao nível do seu difusor 4.3a, à conduta de alimentação em petróleo 4.3 bruto desgaseificado por condutas secundárias idênticas, criando, desse modo, uma simetria absoluta em termos do trajeto do fluido de entrada e, por conseguinte, em termos de perdas de carga. Além disso, os orifícios de evacuação, não representados, irão apresentar a mes-

ma simetria, o que permitirá, desse modo, um funcionamento estável do dispositivo de acordo com a invenção, independentemente do número de ciclones no seio de um mesmo reservatório principal, e independentemente do número de reservatórios idênticos ligados entre si de modo totalmente simétrico. Adicionam-se, de um modo vantajoso, válvulas 4.6 de isolamento, de um modo preferido, de tipo válvulas de esfera, que permitem isolar um ou dois reservatórios 5, em função do débito de água e da proporção água/óleo no petróleo bruto, o que aumenta, igualmente, a flexibilidade de funcionamento do dispositivo durante todo o tempo de vida das instalações, ou seja, 20-30 anos, e mesmo mais, sem ter que se modificar o conjunto, dado que a produção de petróleo bruto contém, ao longo do tempo e de um modo geral, cada vez mais água e cada vez menos petróleo. Estas válvulas representadas na figura 7 em dois reservatórios principais adjacentes irão ser, de um modo preferido, instaladas em dois reservatórios principais face a face, de modo a respeitar, na melhor das hipóteses, a simetria do sistema.

Permaneça-se no espírito da invenção se se considerar um dispositivo de acordo com a primeira variante, ou seja, com a divisória 5.6 interna, no qual se integra o conjunto dos ciclones no interior do reservatório principal, como descrito na figura 6, mas colocados horizontalmente. Os orifícios 2b de saída superiores dos ciclones devem, então, ser dirigidos para a parte direita, na zona óleo, enquanto os orifícios 2c inferiores devem ser dirigidos para a esquerda, na zona água do reservatório principal, o que cria, no entanto, dissimetrias nos circuitos hidráulicos dos ciclones e, por conseguinte, riscos de instabilidade do conjunto, e não constitui, consequentemente, a versão preferida da invenção.

A título de exemplo, um ciclone de acordo com a invenção apresenta um diâmetro de 50 a 70 mm e um comprimento de corpo de 300 a 400 mm. Os orifícios 2a de entrada do petróleo bruto são em número de três e apresentam, ao nível da união com o corpo cilíndrico do ciclone, uma secção retangular com 20 mm de altura e 1 mm de largura. Este ciclone está apto a tratar um débito de cerca de 1 a 1,5 litro/segundo, e cria uma perda de carga de 2 a 3 bar entre o orifício 2a de entrada e os orifícios 2b, 2c de saída.

Para uma produção de 10.000 barris por dia, ou seja 1590 m³/dia, ou ainda 18,4 litros/s, instalam-se 16 ciclones de acordo com a invenção num reservatório esférico com 1,5 m de diâmetro interno constituído por duas semiesferas, como pormenorizado na figura 5, o que representa um volume total de 1,77 m³, o que corresponde, considerando um nível médio de enchimento do reservatório principal de 50%, a um tempo médio de passagem dos fluidos no referido reservatório principal, denominado tempo de permanência, de 48 s. Considera-se, então, de um modo vantajoso, como constante de tempo do sistema de regulação do conjunto, 10% do tempo de permanência, ou seja, cerca de 5 segundos, o que permite utilizar meios de regulação muito clássicos não se necessitando, desse modo, de meios de regulação de alto desempenho exigidos pelos dispositivos da técnica anterior.

A velocidade tangencial à entrada dos ciclones é de 19,2 m/s, o que corresponde, para um diâmetro interno do ciclone de 60 mm, a uma aceleração centrífuga de 1250 g.

Para uma produção submarina no mar muito profundo, de 8 a 15000 barris por dia, utiliza-se, de um modo vantajoso, um reservatório principal único. Mas, para além disso, é preferível dispor múltiplos reservatórios 5 em paralelo, como explicado na figura 7, porque a referida esfera, pelo fato de ter que resistir à implosão, deverá apresentar uma espessura de parede muito importante, bem como uma esfericidade praticamente perfeita, sendo a fabricação dessas peças de forja trabalhadas mecanicamente e extremamente dispendioso quando as dimensões aumentam.

No caso em que se instala o dispositivo em terra, dispõe-se, de um modo geral, do lugar necessário, e é, então, interessante implementar as configurações independentes da figura 4 ou 5, tendo o cuidado de respeitar uma simetria nos circuitos hidráulicos entre ciclones e reservatório principal, o que pode ser obtido, simplesmente, instalando os referidos ciclones em torno do referido reservatório, a uma distância constante, e, de um modo preferido, com uma repartição uniforme, sendo a conduta 4.3 de alimentação em petróleo desgaseificado constituída por um anel circular assegurando

uma alimentação uniforme em cada um dos referidos ciclones. Nesta configuração, o reservatório pode ser cilíndrico com um eixo vertical, e comporta, então, fundos abaulados.

- 5 A bordo dos FPSO, o espaço é muito limitado e é, então, interessante integrar os ciclones no interior do reservatório principal, podendo o referido reservatório, também ele, ser cilíndrico com um eixo vertical, com fundos abaulados, integrando uma montagem com flanges 5a.

- 10 No caso em que o dispositivo é instalado no fundo do mar, e mais particularmente nos ultra grandes fundos, ou seja, pelos 2000-3000 m, e mesmo mais, é preferível integrar os ciclones num reservatório principal de forma esférica, porque na concepção do sistema, é-se levado a considerar que o conjunto do dispositivo pode ser totalmente preenchido com gás e ligado à superfície, ou seja, que a pressão interna é a pressão atmosférica. O fato da pressão exterior, ou seja, aproximadamente 10 MPa para 1000 m de profundidade, ser aplicada, então, totalmente sobre o reservatório principal tendendo a implodi-lo, faz com que a utilização de uma forma esférica permita resistir de modo óptimo à referida pressão de fundo.

- 20 Os processos, ciclone e instalação de acordo com a invenção foram descritos no âmbito de uma utilização para o petróleo, mas continuam a ser aplicáveis em qualquer processo onde se queira separar, de modo eficaz e simples, duas fases líquidas de densidades diferentes próximas ou afastadas, em particular no domínio do agro-alimentar, na recuperação de óleos industriais, e em qualquer aplicação em que se queira separar, de modo eficaz, dois líquidos de densidades próximas.

- 25 No caso em que se deseja descarregar a água de separação, diretamente, no mar, convém respeitar os níveis aceitáveis de presença de óleo, e ir-se-á instalar, de um modo vantajoso, um segundo dispositivo de separação de acordo com a invenção à saída de água 5.3 para se atingir o nível de pureza pretendido.

REIVINDICAÇÕES

1. Ciclone de separação líquido/líquido, de duas fases líquidas de densidades diferentes de um fluido, nomeadamente as fases aquosas e oleosas de um petróleo bruto compreendendo:

5 - uma câmara (2) de separação cuja parede forma uma superfície de revolução que se estende entre

 . pelo menos um orifício (2a) de admissão tangencial do fluido a separar e um orifício (2b) de saída axial superior da fase líquida de densidade mais baixa na extremidade superior da referida câmara, e

10 . um orifício (2c) de saída inferior da fase líquida de densidade mais alta,

 caracterizado pela referida câmara de separação compreender um mesmo corpo (2.1) cilíndrico que se estende, pelo menos, entre os referidos orifícios (2a) de admissão e uma plataforma (2d) com o mesmo eixo (XX') que o referido corpo cilíndrico, de diâmetro inferior ao do referido corpo cilíndrico e posicionada por cima do referido orifício (2c) de saída inferior, de modo a que se criem 2 volumes sob o efeito do fluido a separar que entra pelo(s) referido(s) orifício(s) de admissão tangencial, compreendendo um volume central de fase líquida de densidade mais baixa, nomeadamente fase oleosa, na forma de uma coluna central sensivelmente cilíndrica, suportada pela referida plataforma, e um volume periférico anelar da fase líquida de densidade mais alta envolvendo a referida coluna central, permitindo a evacuação da fase líquida de densidade mais baixa pelo referido orifício (2b) de saída axial superior e a evacuação da referida fase líquida de densidade mais alta pelo referido orifício (2c) de saída inferior.

2. Ciclone de separação de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela interface entre os 2 referidos volumes se poder deslocar radialmente sobre a referida plataforma quando a proporção relativa das duas fases líquidas que entram na composição do fluido a separar varia, sem afetar a separação das duas referidas fases líquidas.

3. Ciclone de separação de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pela referida câmara (2) de separação ser constituída por um

mesmo corpo (2.1) cilíndrico que se estende entre o referido orifício (2a) de admissão e o referido orifício (2c) de saída inferior, sendo o referido orifício (2C) de saída inferior um orifício de saída tangencial, e estando a referida plataforma (2d) posicionada na extremidade inferior do referido corpo cilíndrico logo a montante do referido orifício inferior de saída tangencial.

4. Ciclone de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pela secção (2.2) inferior da referida câmara situada entre a referida plataforma (2d) e o referido orifício (2c) inferior de saída ter uma forma cônica com o mesmo eixo (XX') que o referido corpo cilíndrico e o referido orifício inferior ser um orifício de saída axial que se estende na direção axial (XX') do referido corpo (2.1) cilíndrico.

5. Ciclone de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado por compreender meios (2f) de perda de carga ao nível do referido orifício (2c) de saída inferior para reduzir a pressão da fase pesada aquosa à saída do referido separador, de um modo preferido, meios de perda de carga proporcional à aceleração do fluido, tais como uma placa perfurada ou um diafragma, a jusante do referido orifício (2c) de saída inferior do referido ciclone (2) de separação líquido/líquido.

6. Ciclone de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo diâmetro da referida plataforma ser de $1/2$ a $98/100$ do diâmetro do referido corpo cilíndrico, de um modo preferido, pelo menos $3/4$.

7. Instalação de separação de, pelo menos, duas fases líquidas de densidades diferentes de um fluido contendo também gás, de um modo preferido, pelo menos, óleo e água, de um petróleo (1) bruto compreendendo óleo (1.3), água (1.4), partículas de areia (1.5) e gás (1.2) compreendendo

a) pelo menos um separador líquido/gás de tipo ciclone (4.2), de um modo preferido em, pelo menos, um primeiro reservatório (4.1), e

b) pelo menos um separador líquido/líquido do tipo ciclone (2) de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, ligado ao referido separador líquido/gás por uma primeira conduta (4.3) de condução de petróleo desgaseificado, e

c) pelo menos um reservatório (5) principal, estando o referido

reservatório principal ligado

- ao referido separador (4.2) líquido/gás por uma conduta (4.4) de condução de gás, se for caso disso, desde a parte alta do referido primeiro reservatório (4.1) até à parte alta do referido reservatório principal, estando a referida conduta (4.4) de condução do gás equipada com uma válvula (4.5) apta a controlar a pressão do gás, e

- ao referido separador líquido/líquido de tipo ciclone (2) por duas condutas (5.1, 5.2) que se estendem desde os orifícios superior (2b) e inferior (2c) de saída das fases oleosa e aquosa, respectivamente, até desembocarem em duas zonas (3.4, 3.5) distintas do referido reservatório (5) principal,

- compreendendo o referido reservatório principal, além disso, condutas (5.3, 5.4) de evacuação de água e de óleo separadamente.

8. Instalação de acordo com a reivindicação 7, caracterizada por compreender meios (2f) de perda de carga proporcional à aceleração do fluido, de um modo preferido, uma placa perfurada ou um diafragma, a jusante do referido orifício (2c) de saída inferior do referido ciclone (2) de separação líquido/líquido.

9. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 ou 8, caracterizada pelo referido reservatório (5) principal compreender, respectivamente:

. numa zona (3.5) de acumulação do óleo, um dispositivo (8) de controle da evacuação do óleo e/ou do referido gás numa mesma conduta (5.4), e

. numa zona (3.4) de acumulação de água, um dispositivo (7) de controle da evacuação da água, separada das referidas partículas sólidas, numa conduta (5.3) distinta na parte baixa do referido reservatório principal, e um orifício (5.5) de evacuação das referidas partículas sólidas no fundo do referido reservatório principal.

10. Instalação de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo referido dispositivo (7) de controle da evacuação da água, separada das

referidas partículas sólidas, é constituído por uma válvula (7.1) automática comandada por um flutuador (7.2) apto a obturar a evacuação da água quando o nível da água desce abaixo de um dado nível e apto a permitir a evacuação da água quando o nível sobe acima do referido nível.

5 11. Instalação de uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizada pelo referido dispositivo de controle da evacuação do petróleo e/ou do referido gás numa mesma conduta (5.4) ser constituído por um coletor (8.1) cilíndrico ligado à referida conduta (5.4) de evacuação do petróleo e/ou do gás, compreendendo o referido coletor uma parede (8.2) cilíndrica perfurada a
10 diferentes níveis ao longo da altura do referido coletor apta a permitir a evacuação do gás pelas perfurações situadas acima do nível do petróleo e a evacuação do petróleo pelas perfurações situadas abaixo do nível do petróleo.

12. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 11, caracterizada pelas referidas duas zonas distintas do referido reservatório (5) principal estarem separadas por uma divisória (5.6) interna apta a só
15 permitir a comunicação entre as duas zonas ao referido gás.

13. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 11, caracterizada pelo referido reservatório principal não compreende divisória interna e as referidas fases oleosa e aquosa recuperadas separadamente à
20 saída dos referidos separadores (2) líquido/líquido serem enviadas para duas zonas distintas do referido reservatório (5) principal separadas por simples gravidade natural criada pela diferença de densidade entre água e óleo.

14. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 13, caracterizada por compreender uma série de referidos separadores (2) líquido/líquido de tipo ciclone montados em paralelo.
25

15. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 14, caracterizada pelo ou pelos referidos separadores líquido/líquido estarem colocados no interior do referido reservatório (5) principal, os orifícios de saída das fases oleosa e aquosa à saída do ou dos referidos separadores líquido/líquido de tipo ciclone comunicando, respectivamente, com as referidas
30 zonas distintas de acumulação do petróleo e da água no referido reservatório.

rio principal.

16. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 15, caracterizada pelo referido reservatório (5) principal ser instalado em terra ou a bordo de um suporte flutuante, e ter, de um modo preferido, uma forma cilíndrica com o fundo abaulado.

17. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 15, caracterizada pelo referido reservatório (5) principal ter uma forma esférica e ser instalado no fundo do mar.

18. Instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 17, caracterizada por se implementarem múltiplos reservatórios, de um modo preferido, pelo menos quatro reservatórios (5) principais contendo, cada um, múltiplos separadores, de um modo preferido, pelo menos quatro referidos separadores líquido/líquido de tipo ciclone.

19. Instalação de acordo com a reivindicação 18, caracterizada pelos referidos reservatórios principais e os referidos separadores líquido/líquido de tipo ciclone da etapa 2) estarem repartidos simetricamente.

20. Processo de separação de, pelo menos, óleo (1.3) e água (1.4) de um petróleo (1) bruto compreendendo também gás (1.2) e, se for caso disso, partículas de areia (1.5), com o auxílio de uma instalação de acordo com uma das reivindicações 7 a 19, caracterizado por se efetuarem as etapas sucessivas que se seguem nas quais:

1) Se efetua a desgasificação, pelo menos parcial, do referido petróleo (1) bruto com o auxílio de um referido separador (4.2) líquido/gás, de um modo preferido de tipo ciclone, em, pelo menos, um primeiro reservatório (4.1), e

2) Se efetua a separação da água contida no referido petróleo (1.1) bruto desgaseificado obtido na etapa 1), para obter uma fase de óleo (1.3) e uma fase aquosa (1.4, 1.5) contendo as referidas partículas (1.5) sólidas, com o auxílio de, pelo menos, um referido separador (2) líquido/líquido de tipo ciclone,

3) Se efetua uma etapa suplementar de estabilização e regulação do funcionamento do ou dos referidos separadores líquido/líquido da

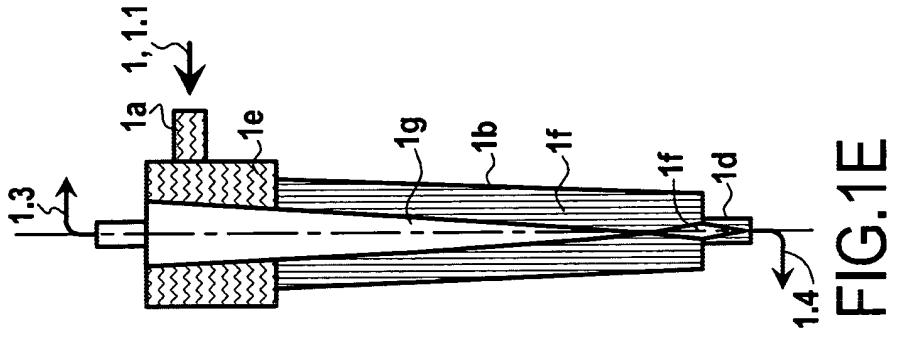
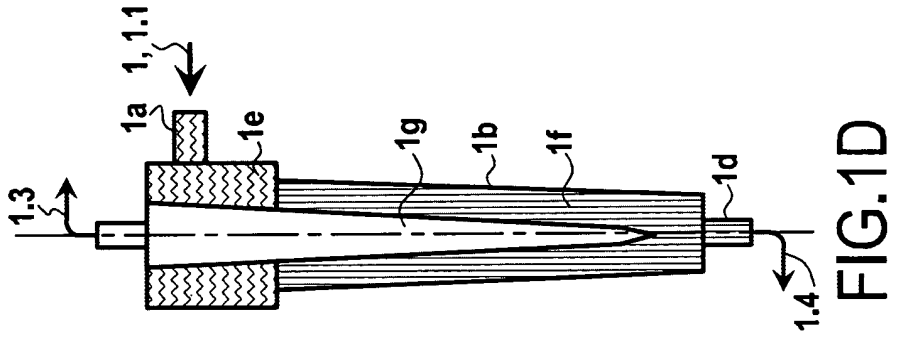
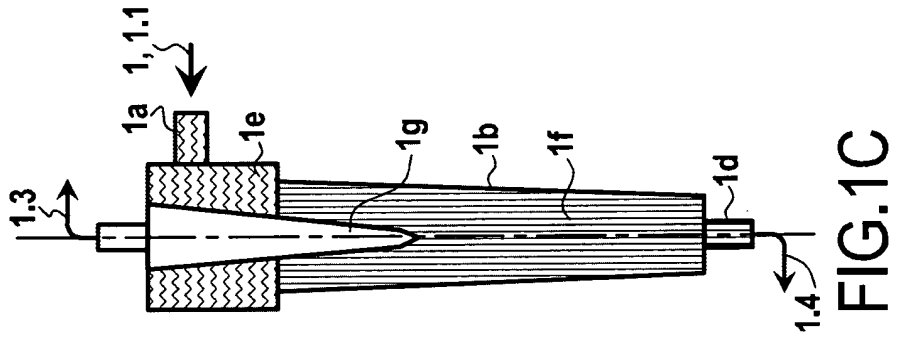
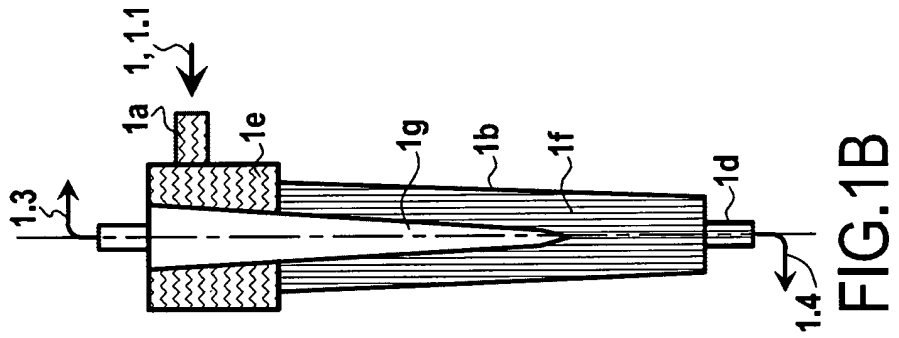
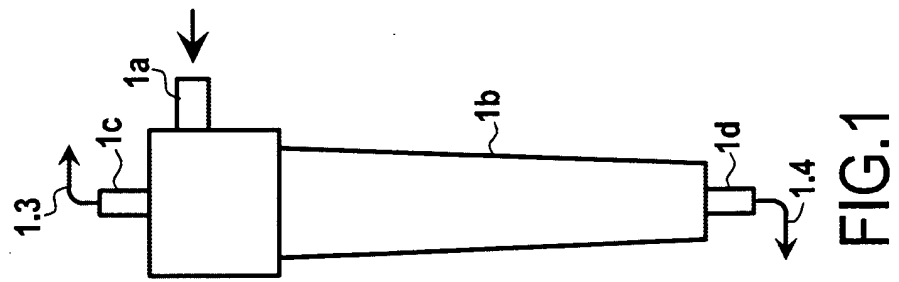
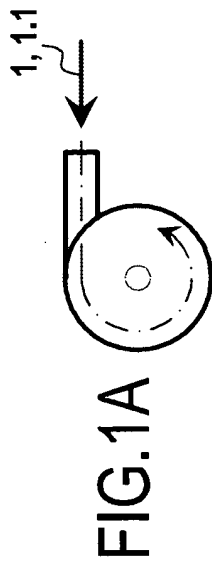
etapa 2) enviando os fluxos de gás (1.2), fase oleosa (1.3) e fase aquosa (1.4) resultantes dos referidos separadores das etapas 1) e 2) para um mesmo referido reservatório (5) principal, sensivelmente com a mesma pressão, para obter um nível (3.6, 3.8) controlado de óleo e água no referido reservatório principal,

- sendo o referido fluxo de gás (1.2) recuperado na parte alta do referido primeiro reservatório (4.1) e enviado (4.4), sob pressão controlada por uma válvula (4.5), para a parte alta do referido reservatório (5) principal, e

- sendo a pressão da referida fase aquosa, recuperada à saída (2c) do referido separador (2) líquido/líquido, reduzida por referidos meios (2f) de perda de carga para obter uma pressão sensivelmente idêntica à da referida fase oleosa à saída (2b) do referido separador líquido/líquido de tipo ciclone da etapa 2).

21. Processo de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelos níveis das fases líquidas de óleo e água nas duas referidas zonas (3.2, 3.4) distintas do referido reservatório (5) principal serem regulados pelos referidos dispositivo (8) de controle da evacuação do óleo e/ou do referido gás numa mesma conduta (5.4), e dispositivo (7) de controle da evacuação da água.

22. Processo de acordo com a reivindicação 20 ou 21, caracterizado pelo comando da referida válvula (4.5) para controlar a pressão do gás à saída do referido primeiro reservatório (4.1) se fazer em função do nível de petróleo no referido primeiro reservatório, sendo esse nível mantido, de um modo preferido, sensivelmente constante.



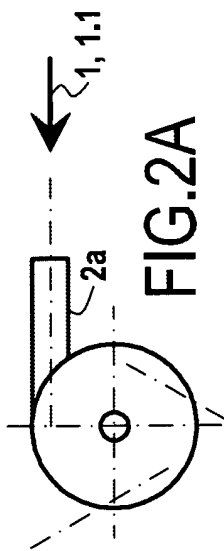


FIG. 2A

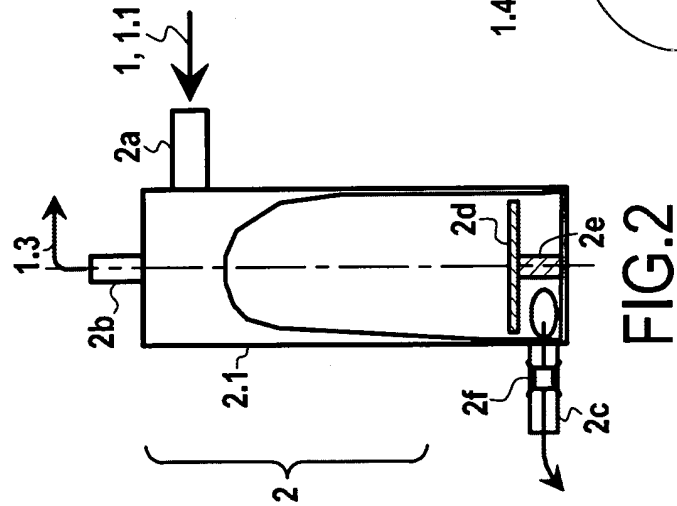


FIG. 2

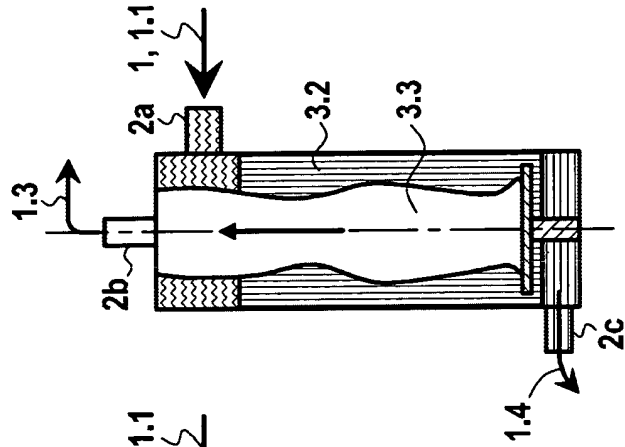


FIG. 2D

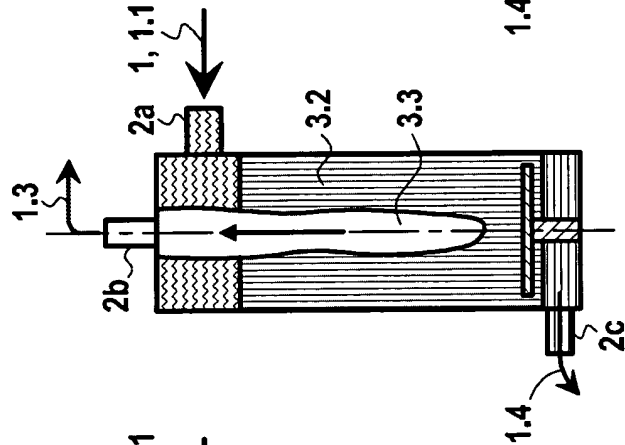


FIG. 2E

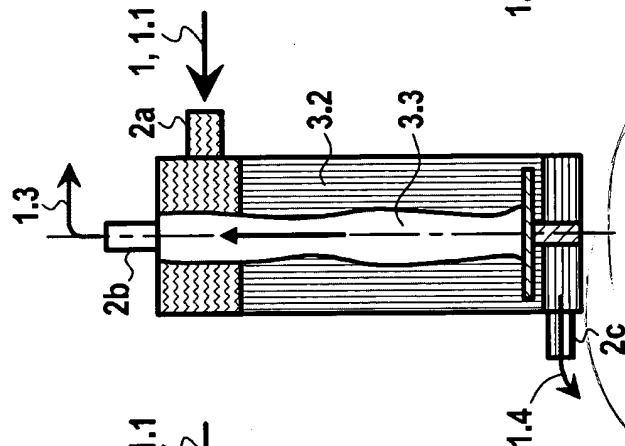


FIG. 2C

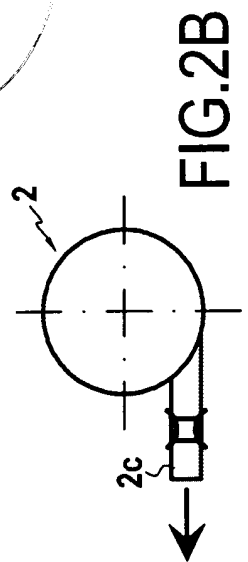


FIG. 2B

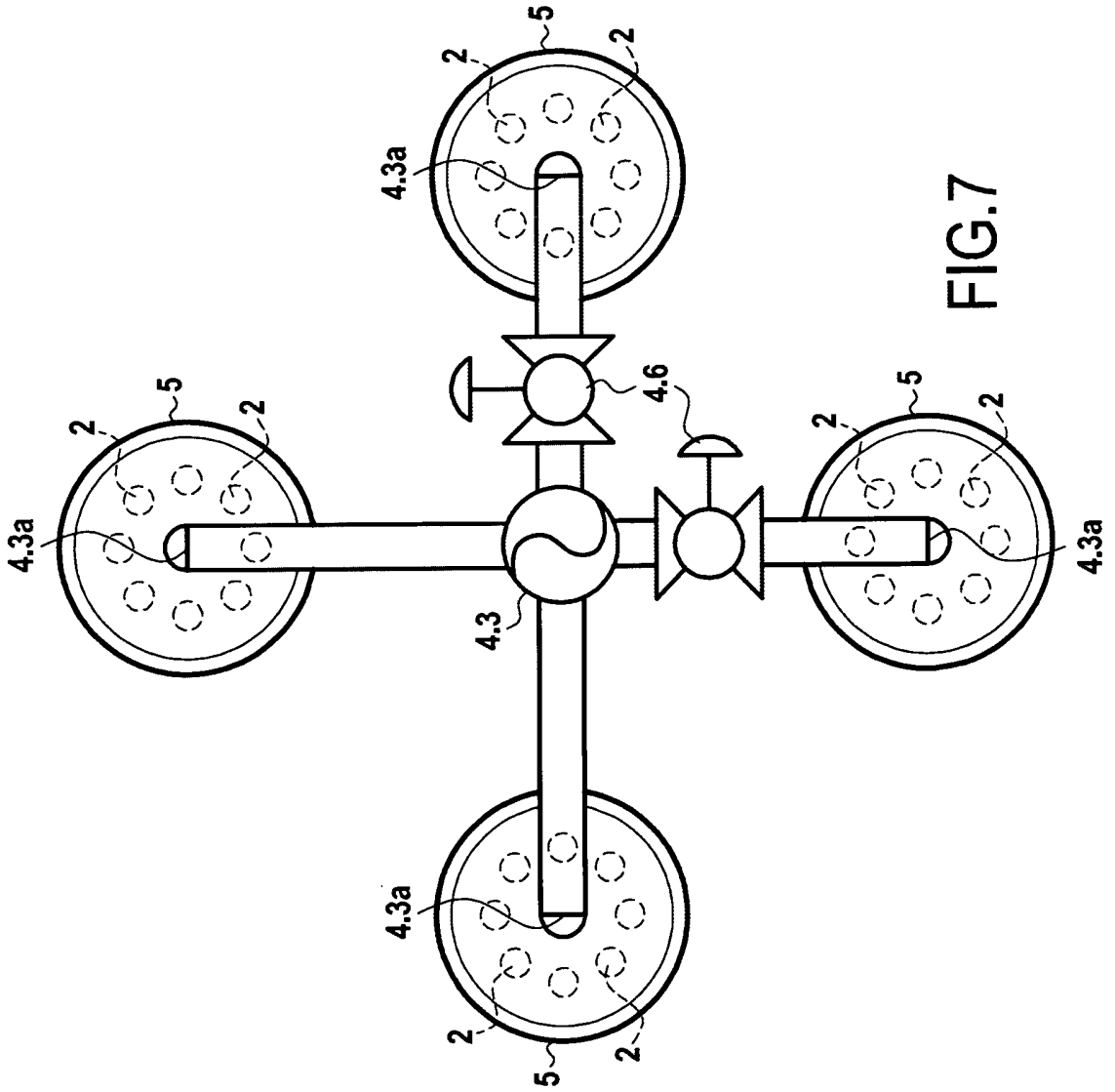


FIG. 7

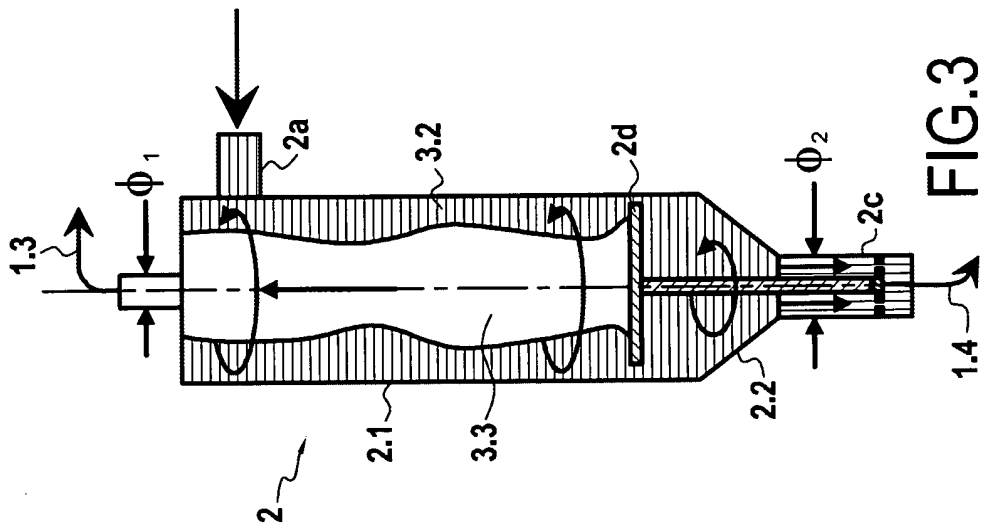


FIG. 3

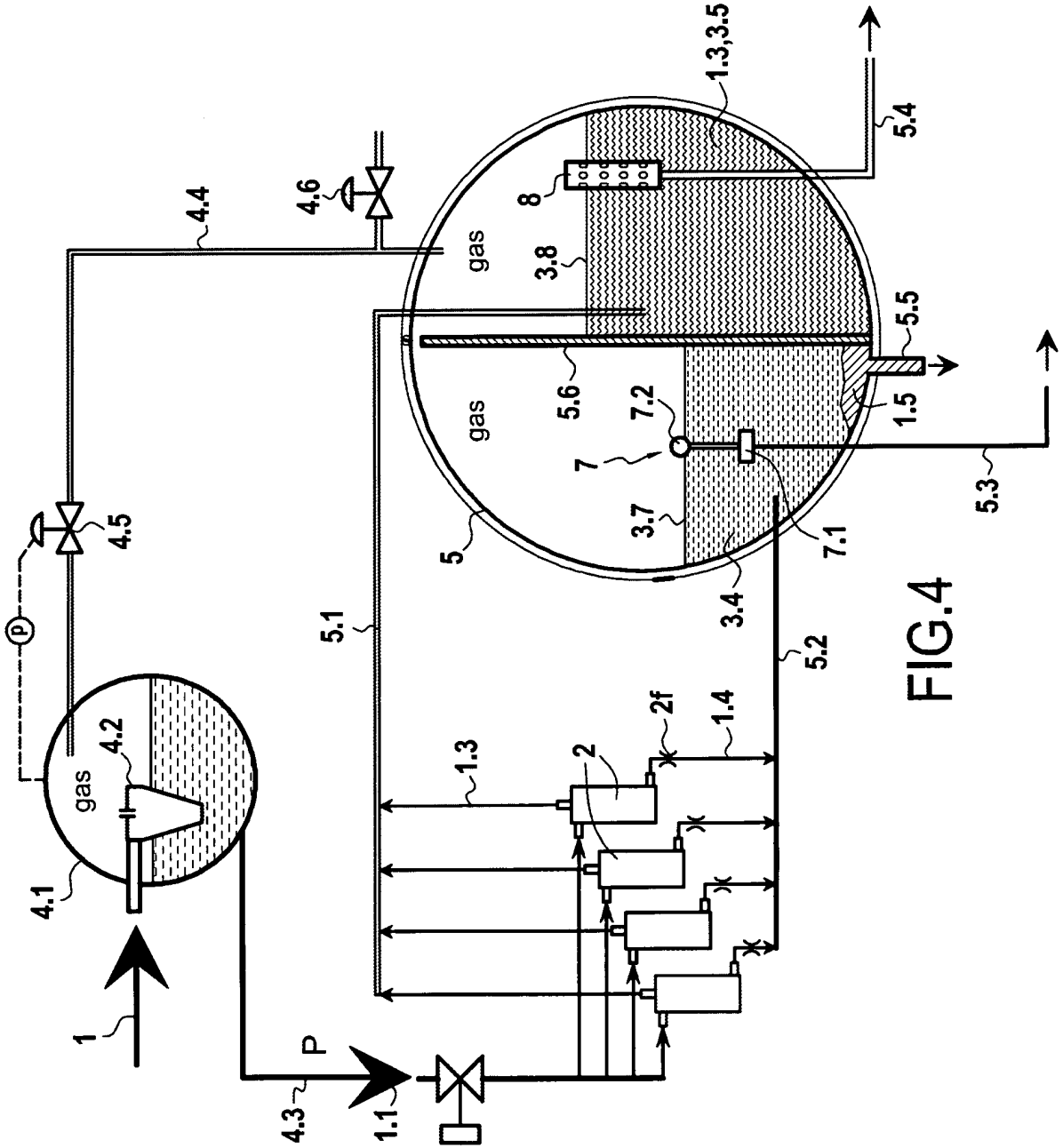


FIG.4

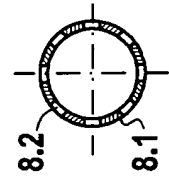
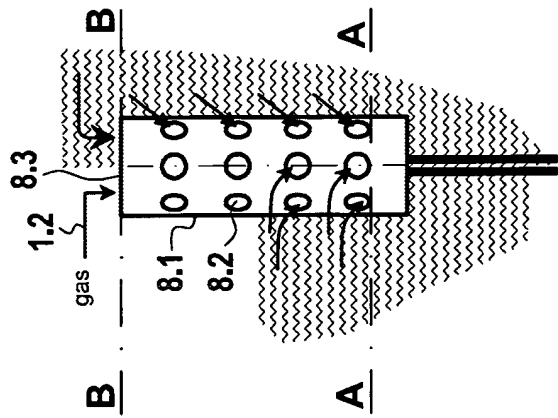


FIG.4B

FIG. 4A



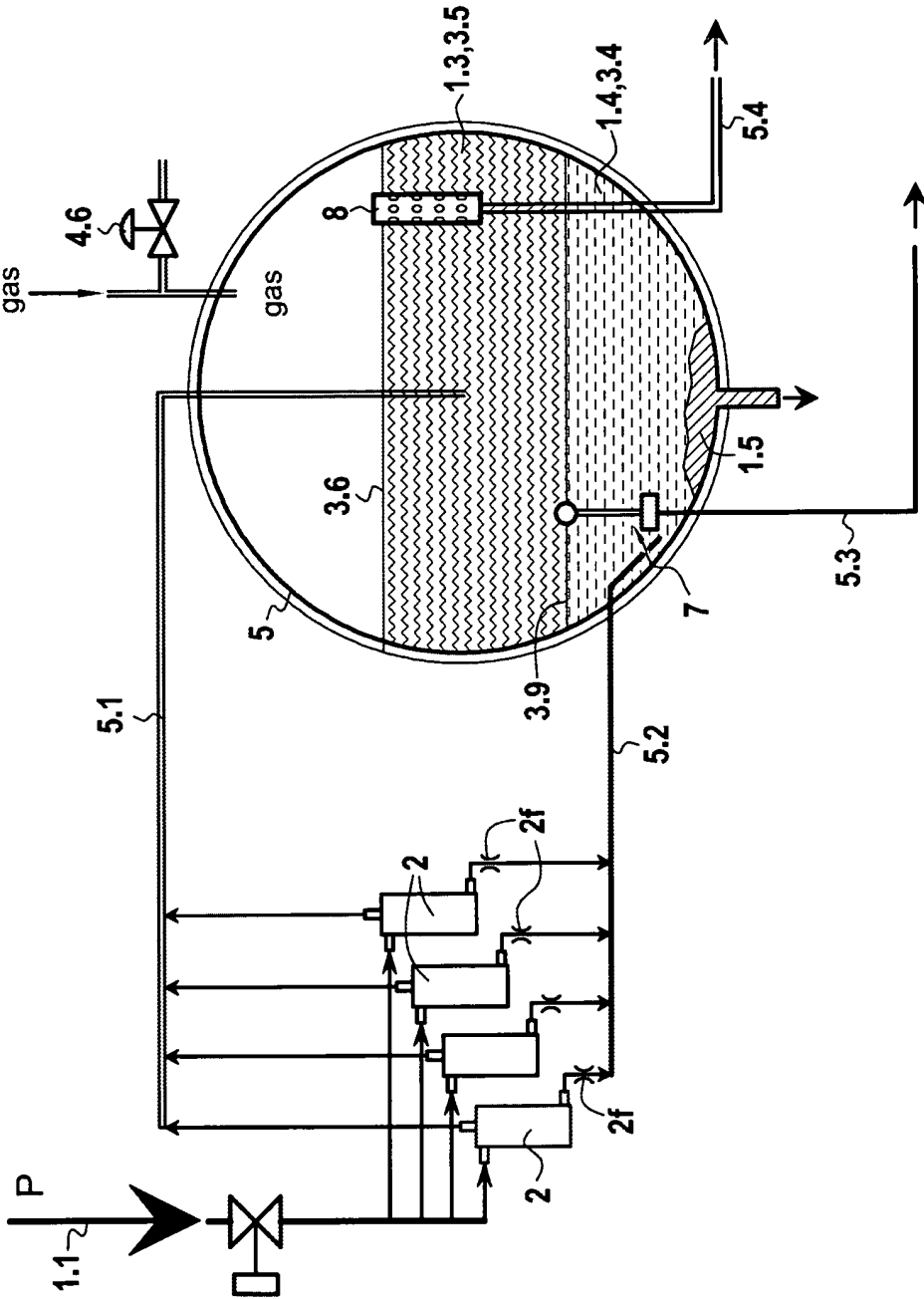


FIG. 5

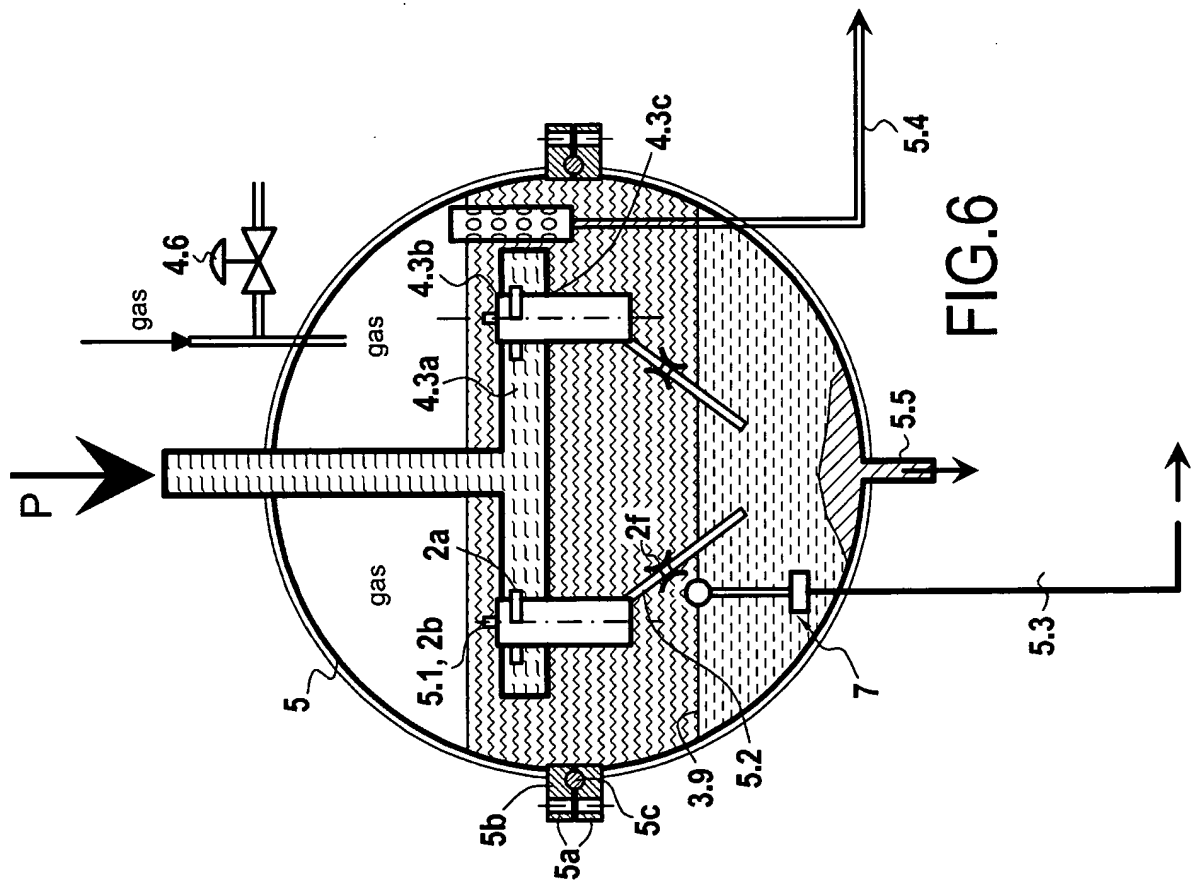


FIG.6A

RESUMO

Patente de Invenção: "CICLONE, INSTALAÇÃO E PROCESSO DE SEPARAÇÃO DE LÍQUIDO POLIFÁSICO".

- 5 A presente invenção refere-se a um separador (2) líquido/gás ou líquido/líquido de tipo ciclone, cujas propriedades de separação são estabilizadas quando o débito e as proporções das fases líquidas (1.3, 1.4) a separar variam, graças a uma plataforma (2d) situada na parte baixa de uma câmara de separação cilíndrica, alimentada pela sua extremidade superior de acordo com um orifício (2a) de admissão tangencial.
- 10 A presente invenção refere-se, igualmente, a uma instalação e um processo de separação do óleo e água contidos num petróleo bruto, com o auxílio de um ciclone de acordo com a invenção.