



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

(11) PI 0415524-6 B1

(22) Data do Depósito: 14/10/2004

(45) Data de Concessão: 06/10/2015
(RPI 2335)



(54) Título: SISTEMA ADAPTADO PARA SER ACOPLADO A UMA CABEÇA DO POÇO SUBMARINO

(51) Int.Cl.: E21B 33/043

(30) Prioridade Unionista: 20/10/2003 US 60/512.713

(73) Titular(es): FMC TECHNOLOGIES INC.

(72) Inventor(es): CHRISTOPHER D. BARTLETT

“SISTEMA ADAPTADO PARA SER ACOPLADO A UMA CABEÇA
DO POÇO SUBMARINO”

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

1. Campo da invenção

5 A presente invenção diz respeito no geral a sistemas de completação submarina para poços de petróleo e gás e, mais particularmente, em uma modalidade, a um sistema submarino compreendendo uma árvore de natal de fluxo de topo.

2. Descrição da técnica relacionada

10 Um poço submarino típico compreende um alojamento de cabeça de poço de alta pressão que suporta um ou mais dispositivos de suspensão de revestimento localizados nas extremidades superiores das colunas de revestimento, que se estende para dentro do poço. O sistema compreende adicional-
15 mente um dispositivo de suspensão de tubulação que suporta uma coluna de tubulação de produção, através da qual os produtos de petróleo e/ou gás serão eventualmente produzidos. Um sistema como este compreende adicionalmente uma árvore de produção ou árvore de natal, por exemplo, uma árvore de na-
20 tal horizontal ou vertical, que contém um ou mais furos de produção e uma pluralidade de válvulas atuáveis para controlar o fluxo de fluidos através da árvore de produção.

Convencionalmente, poços em campos de petróleo e gás são construídos estabelecendo-se um alojamento de cabeça
25 de poço, e com uma pilha do sistema de segurança contra explosão de perfuração (BOP) instalada, perfurando para produzir o furo do poço ao mesmo tempo em que instala sucessivamente colunas de revestimento concêntricas, que são cimenta-

das nas extremidades inferiores e vedadas com conjuntos de
vedações mecânicos em suas extremidades superiores. A fim de
converter o poço revestido para produção, uma coluna de tu-
bulação desce através do BOP e de um dispositivo de suspen-
5 são, em sua extremidade superior, conectado à cabeça do po-
ço. Em seguida, a pilha BOP de perfuração é removida e subs-
tituída por uma árvore de natal tendo um ou mais furos de
produção contendo válvulas atuáveis, e se estendendo verti-
calmente até as respectivas portas laterais de saída de
10 fluido de produção na parede da árvore de natal.

Uma disposição como esta introduz muitos problemas
que foram previamente aceitos como inevitáveis. Por exemplo,
qualquer operação de fundo de poço era limitada pelo ferra-
mental que pode atravessar o furo de produção, que geralmen-
15 te não é maior do que 12,7 cm (cinco polegadas) de diâmetro,
a não ser que a árvore de natal seja primeiramente removida
e substituída por uma pilha BOP. Entretanto, isto envolve a
montagem de tampões ou válvulas, que pode ser insegura, por
não ser usada para um fundo de poço de longa duração. O poço
20 fica em uma condição vulnerável enquanto a árvore de natal e
a pilha BOP estiverem sendo trocadas e nenhuma das duas fica
em posição, o que é uma operação demorada. Também, se for
necessário extrair a completação, que consiste essencialmen-
te da coluna de tubulação em seu dispositivo de suspensão, a
25 árvore de natal deve primeiramente ser removida e substituí-
da por uma pilha BOP. Isto geralmente envolve lacrar e/ou
paralisar o poço.

Obter o alinhamento adequado entre os vários componentes de um sistema de completação para um poço submarino pode ser uma tarefa muito difícil e prolongada. Os vários componentes de um sistema submarino de completação, por exemplo, cabeça do poço, árvore de natal, dispositivo de suspensão de tubulação, etc., são arranjados em uma configuração empilhada em que cada um dos vários componentes deve ser orientado um em relação ao outro, ou a um ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço ou uma base guia.

10 Tal orientação é exigida para garantir que os vários componentes façam interface adequadamente uns com os outros, e para garantir que a linha de escoamento de produção seja adequadamente dirigida em direção a um outro componente submarino, por exemplo, um coletor, localizado no fundo do mar.

15 Mais especificamente, alinhamento angular adequado é exigido para garantir que vários furos de fluxo de fluido e linhas elétricas e/ou hidráulicas façam interface adequadamente uns com os outros quando os vários componentes e dispositivos de desconexão de emergência forem empilhados. Um grau muito alto de precisão, por exemplo, ± 2 graus, é exigido na orientação dos vários componentes uns com os outros e em relação a outros componentes submarinos. Tal alinhamento preciso é necessário mesmo que conexões adequadas sejam feitas sem avaria, à medida que os dispositivos são descidos em encaixe

20 uns com os outros.

Este problema de orientação é exacerbado no caso de poços submarinos já que os vários dispositivos que devem ser empilhados descem em postes guias ou em um funil de guia

que se projetam para cima de uma base guia. Os receptáculos de postes que encaixam os postes-guias ou a guia de entrada no funil assim procedem com folga apreciável. Esta folga inevitavelmente introduz alguma incerteza no alinhamento, e o desalinhamento agregado, quando múltiplos dispositivos forem empilhados, pode ser inaceitavelmente grande. Também, a orientação exata dependerá das posições precisas dos postes ou chavetas em uma base guia particular e das guias em uma ferramenta de descida ou pilha BOP particular e estes variam significativamente de uns para os outros. Conseqüentemente, é preferível assegurar que as mesmas ferramentas de descida ou pilha BOP sejam usadas para a mesma cabeça do poço, ou uma nova ferramenta ou pilha pode ter que ser especialmente modificada para uma cabeça do poço particular. Desalinhamentos adicionais podem se originar da maneira na qual a base guia é aparafusada ao revestimento do condutor da cabeça do poço. Visto que está claro a partir do descrito anteriormente, obtenção de orientação adequada dos vários componentes que compreendem um sistema de produção submarino pode ser uma tarefa muito difícil, cara e prolongada.

A presente invenção diz respeito a um aparelho e métodos para resolver, ou pelo menos reduzir, os efeitos de alguns ou de todos os problemas mencionados anteriormente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito a várias modalidades de um sistema submarino. Em uma modalidade ilustrativa, o sistema é adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino e compreende um dispositivo de suspensão de

tubulação adaptado para ser posicionado na cabeça do poço, o dispositivo de suspensão de tubulação compreendendo uma abertura de fluxo que se estende através dele, e pelo menos uma abertura localizada excentricamente que se estende através do dispositivo de suspensão de tubulação, o dispositivo de suspensão de tubulação adaptado para não ser orientado precisamente com relação a um ponto fixo de referência, quando posicionado na cabeça do poço, e uma árvore de produção adaptada para ser acoplada operativamente ao dispositivo de suspensão de tubulação, em que a árvore de produção é orientada em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação.

Em uma outra modalidade ilustrativa, o sistema é adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino e compreende um dispositivo de suspensão de tubulação adaptado para ser posicionado na cabeça do poço, o dispositivo de suspensão de tubulação compreendendo uma abertura de fluxo que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente que se estende através do dispositivo de suspensão de tubulação, o dispositivo de suspensão de tubulação adaptado para ser não orientado com relação a um ponto fixo de referência quando posicionado na cabeça do poço, e uma árvore de produção adaptada para ser acoplada operativamente ao dispositivo de suspensão de tubulação, em que a árvore de produção é orientada em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação.

Ainda em uma outra modalidade ilustrativa, o sistema é adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino e compreende um dispositivo de suspensão de tubulação

adaptado para ser posicionado na cabeça do poço, o dispositivo de suspensão de tubulação compreendendo uma abertura de fluxo localizada centralmente que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente que se estende através do dispositivo de suspensão de tubulação, o dispositivo de suspensão de tubulação sendo adaptado para ser orientado não precisamente com relação à cabeça do poço quando nela posicionado, e uma árvore de produção compreendendo um furo de fluxo que se estende através dela e uma saída de topo, a árvore de produção adaptada para ser acoplada operativamente ao dispositivo de suspensão de tubulação, em que a árvore de produção é orientada em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação e em que o furo de fluxo na árvore de produção está em comunicação fluídica com a abertura de fluxo no dispositivo de suspensão de tubulação.

Em uma modalidade ilustrativa adicional, o sistema é adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino e compreende um dispositivo de suspensão de tubulação adaptado para ser posicionado na cabeça do poço, o dispositivo de suspensão de tubulação compreendendo uma abertura de fluxo localizada centralmente que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente que se estende através do dispositivo de suspensão de tubulação, o dispositivo de suspensão de tubulação sendo adaptado para ser não orientado com relação à cabeça do poço quando nela posicionado, e uma árvore de produção compreendendo um furo de fluxo que se estende através dela e uma saída de topo, a árvore de produção adaptada para ser acoplada operativamente

ao dispositivo de suspensão de tubulação, em que a árvore de produção é orientada em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação, e em que o furo de fluxo na árvore de produção está em comunicação fluídica com a abertura de fluxo no dito
5 dispositivo de suspensão de tubulação.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A invenção pode ser entendida pela referência à seguinte descrição feita em conjunto com os desenhos anexos, em que números de referências iguais identificam elementos
10 iguais, e em que:

A Figura 1 mostra uma vista em corte transversal de uma modalidade ilustrativa de um sistema de completação submarino de acordo com um aspecto da presente invenção;

A Figura 2A é uma vista em corte transversal ampliada de uma parte da presente invenção;
15

A Figura 2B é uma vista superior de um dispositivo de suspensão de tubulação que pode ser empregado com uma modalidade ilustrativa da presente invenção;

A Figura 2C representa um sistema de orientação grosseiro, não preciso ilustrativo, em que o dispositivo de suspensão de tubulação pode ser orientado não precisamente com relação a um ponto fixo de referência;
20

As Figuras 3A - 3B representam várias modalidades ilustrativas de um sistema de completação submarino empregando vários aspectos da presente invenção;
25

A Figura 4 mostra um esquema de controle para uma modalidade de baixa função;

A Figura 5 mostra um esquema de controle para uma

modalidade de função média; e

A Figura 6 mostra um esquema de controle para uma modalidade de alta função.

Embora a invenção seja susceptível a várias modificações e formas alternativas, modalidades específicas destas foram mostradas como exemplos nos desenhos e são aqui descritas em detalhes. Deve-se entender, entretanto, que a descrição aqui de modalidades específicas não pretende limitar a invenção às formas particulares reveladas, mas, ao contrário, a intenção é abranger todas as modificações, equivalências e alternativas que se incluam no espírito e escopo da invenção, tal como definido pelas reivindicações anexas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Modalidades ilustrativas da invenção são descritas a seguir. Por questão de clareza, não estão descritos nesta especificação todos os recursos de uma real implementação. Percebe-se certamente que, no desenvolvimento de qualquer modalidade real desse tipo, inúmeras decisões específicas de implementação devem ser tomadas para se alcançarem as metas específicas dos desenvolvedores, tais como conformidade com restrições de sistemas relacionados e negócios relacionados, que podem variar de uma implementação para outra. Além disso, percebe-se que um esforço de desenvolvimento como este pode ser complexo e prolongado, mas ainda assim seria um empreendimento de rotina para os versados na técnica tendo o benefício desta revelação.

A presente invenção será agora descrita com refe-

rência às figuras anexas. Deve-se entender e interpretar que as palavras e frases usadas aqui têm um sentido consistente com o significado dessas palavras e frases pelos versados na técnica pertinente. Pretende-se que nenhuma definição especial a um termo ou frase, por exemplo, uma definição que seja diferente do sentido usual e costumeiro compreendido pelos versados na técnica, esteja implicada pelo emprego consistente aqui do termo ou frase. Até o ponto em que se pretende que o termo ou frase tenha um significado especial, isto é, um significado sem ser o de entendimento dos versados na técnica, uma definição especial como essa será expressamente exposta na especificação de uma maneira explícita que direta e inequivocamente forneça a definição especial para o termo ou frase.

A Figura 1 representa um sistema de completação submarino ilustrativo de acordo com uma modalidade ilustrativa da presente invenção. Como ali mostrado, em uma modalidade ilustrativa, a presente invenção compreende uma árvore de produção submarina convencional ou vertical (árvore de natal) 16 conectada acima de uma cabeça do poço submarino 12. A árvore 16 pode ser conectada à cabeça do poço 12 via um conector submarino hidráulico 20 ou qualquer um outro dispositivo de conexão adequado. A árvore 16 compreende um furo de fluxo 18 que é adaptado para permitir a produção de produtos de petróleo e/ou gás do poço ou fornecer um caminho de fluxo para injeção de fluidos ou gases dentro do poço. O furo de fluxo 18 define uma saída de topo 31. Em uma modalidade particularmente ilustrativa, o furo de fluxo 18 é um

furo de fluxo vertical 18, tendo uma linha de centro 19, que define a saída de topo 31. A árvore 16 compreende adicionalmente uma ou mais válvulas, tal como uma válvula mestre de produção (PMV) 26 e/ou válvula lateral de produção (PWV) 28, para controlar o fluxo através do furo de fluxo 18. A árvore 16 pode também incluir uma passagem do anular 30, uma válvula de pistoneio do anular (ASV) 32 para controlar o fluxo através da passagem do anular 30, e uma válvula de interligação (XOV) 34 para controlar o fluxo através de uma passagem de interligação 35, conectando a passagem do anular 30 e o anular do poço. Uma ou mais linhas de injeção química 24 podem também ser fornecidas, como é bem conhecido na técnica. A árvore 16 representada na figura 1 é ilustrativa de um tipo de árvore de produção 16 que pode ser empregada com a presente invenção. Versados na técnica percebem, após uma leitura completa da presente aplicação, que a árvore 16 pode tomar outras formas ou ter outros recursos. Por exemplo, a árvore 16 pode ter um furo de fluxo não vertical, por exemplo, horizontal, furo e saída de fluxo no lugar do furo de fluxo vertical 18 e saída de topo 31 representados na figura 1. Assim, a presente invenção não deve ser considerada limitada à configuração ilustrativa da árvore 16 representada nos desenhos anexos.

Um dispositivo de suspensão de tubulação 14 é empregado para suspender a tubulação de produção 15 dentro do poço. O dispositivo de suspensão de tubulação 14 é posicionado dentro da cabeça do poço 12 debaixo da árvore 16. O dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode ser conectado

ou posicionado dentro da cabeça do poço 12 usando uma variedade de técnicas conhecidas. Por exemplo, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode entrar em contato diretamente com a cabeça do poço 12 ou pode ser conectado em uma bucha de bloqueio previamente instalada 43 (mostrada no lado esquerdo da figura 1). A figura 2A é uma vista parcial ampliada do sistema 10 em que o dispositivo de suspensão de tubulação 14 está posicionado dentro da cabeça do poço 12 sem o uso da bucha 43. Em uma modalidade, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 tem uma linha de centro 17.

A Figura 2B é uma vista de plano em corte transversal de uma parte de um dispositivo de suspensão de tubulação ilustrativo 14, que pode ser empregado com várias modalidades da presente invenção. Tal como mostrado ali, em uma modalidade ilustrativa, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 compreende uma abertura de fluxo 27 e uma pluralidade de aberturas localizadas excentricamente 21, das quais uma ou mais se estendem através do dispositivo de suspensão de tubulação 14. Em uma modalidade particular, a abertura de fluxo 27 está localizada centralmente dentro do dispositivo de suspensão de tubulação 14. O tamanho, número e localização das aberturas 21 podem variar dependendo da aplicação particular. Por exemplo, uma das aberturas 21 pode fornecer acesso ao anular do poço, enquanto outras aberturas ou penetrações 21 podem ser empregadas para várias linhas químicas, hidráulicas, elétricas e/ou óticas. Vedações metal/metal (não mostradas) podem ser fornecidas para vedar várias penetrações que se estendem para dentro do dispositi-

vo de suspensão de tubulação 14, ou através dele. Assim, o número, tamanho, localização e propósito de cada uma das aberturas 21 não deve ser considerado como uma limitação da presente invenção. Em uma modalidade particularmente ilustrativa, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode compreender oito de tais aberturas localizadas excentricamente 21. Em um outro exemplo muito ilustrativo da presente invenção, a saída de topo 31, o furo de fluxo 18 na árvore 16, e a abertura de fluxo 27 no dispositivo de suspensão de tubulação 14 podem todos ser alinhados axialmente uns com os outros. Em outras modalidades, somente a saída de topo 31 pode ser alinhada coaxialmente com a linha de centro da cabeça do poço 12.

Pelos motivos descritos com mais detalhes a seguir, em uma modalidade ilustrativa, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 é adaptado para ser posicionado ou conectado dentro da cabeça do poço 12 de maneira tal que seja orientado grosseiramente ou não precisamente em relação a um ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12, uma base guia (não mostrada), um gabarito de perfuração (não mostrado), etc. Na condição em que o dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode ser posicionado dentro da cabeça do poço 12 em um modo orientado não precisamente, significa que o dispositivo de suspensão de tubulação 14 não está orientado no sentido de fornecer orientação precisa entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e a cabeça do poço 12, como é o caso em sistemas da técnica anterior, em que o dispositivo de suspensão de tubulação 14 estava orien-

tado para a cabeça do poço 12 (ou outro ponto fixo de referência) com enorme precisão, por exemplo, ± 2 graus usando vários dispositivos mecânicos, tais como configurações pino/fenda. Ou seja, nesta modalidade, a precisão máxima de orientação que pode ser obtida para o dispositivo de suspensão de tubulação orientado não precisamente 14 em relação a um ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12, é ± 5 graus. Em outras modalidades, dispositivos de orientação não precisa como estes podem ter uma precisão máxima de ± 10 graus ou mais, dependendo da aplicação. Tal orientação não precisa pode ser obtida, em uma modalidade, por vários dispositivos mecânicos conhecidos pelos versados na técnica, por exemplo, arranjos pino/fenda, arranjos pino/hélice, etc. Entretanto, tais dispositivos mecânicos não forneceriam nenhum grau de tolerância de orientação maior do que ± 5 graus. Um sistema de orientação não precisa como este seria ineficaz para fornecer a orientação mecânica precisa exigida em sistemas da técnica anterior, em que o dispositivo de suspensão de tubulação 14 é orientado precisamente, por exemplo, com ± 2 graus, em relação à cabeça do poço 12, ou a outro ponto fixo de referência.

Em uma outra modalidade ilustrativa, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 é adaptado para ser posicionado na cabeça do poço 12 de maneira tal que ele não seja orientado com relação a qualquer ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12, base guia, etc., por qualquer tipo de dispositivo mecânico. Ou seja, nesta modalidade ilustrativa, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode

ser posicionado na cabeça do poço sem referência a nenhum ponto fixo de referência, isto é, a orientação do dispositivo de suspensão de tubulação 14 é independente com relação à cabeça do poço 12. Nesta modalidade, "não orientado" significa que não existem dispositivos de orientação mecânica, por exemplo, pino/fenda, pino/hélice, etc., empregados para orientar o dispositivo de suspensão de tubulação 14 em relação a um ponto fixo de referência submarino, tal como a cabeça do poço 12 ou uma base guia.

10 A árvore de produção 16 é adaptada para ser acoplada operativamente ao dispositivo de suspensão de tubulação 14 e orientada precisamente em relação a ele. Uma vez que acoplados, o furo de fluxo 18 da árvore 16 está em comunicação fluídica com a abertura de fluxo 27 no dispositivo
15 de suspensão de tubulação 14. Em uma modalidade particular, o furo de fluxo na árvore 16 e a abertura de fluxo no dispositivo de suspensão de tubulação 14 estão alinhados coaxialmente. A saída de topo 31 pode também estar alinhada coaxialmente com relação à linha de centro da cabeça do poço 12.

20 A orientação entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e a árvore 16 é muito precisa, por exemplo, ± 2 graus, devido às linhas de interface, estocadas, projeções e aberturas na árvore 16 e dispositivo de suspensão de tubulação 14, que operativamente se encaixam uma com a outra. A orientação precisa entre a árvore 16 e o dispositivo de suspensão
25 de tubulação 14 pode ser obtida por meio de uma variedade de técnicas mecânicas conhecidas. Por exemplo, a figura 2C representa uma modalidade ilustrativa em que uma chaveta de

orientação 51 pode ser fornecida no dispositivo de suspensão de tubulação 14, e uma bucha que se estende para baixo 53 tendo uma fenda de orientação 55 é fornecida na base da árvore 16. Quando a árvore 16 encaixa o dispositivo de suspensão de tubulação 14, por exemplo, quando a árvore 16 está conectada na cabeça do poço 12, a fenda de orientação 55 na bucha 53 encaixa a chaveta de orientação 51 no dispositivo de suspensão de tubulação 14, e orienta a árvore 16 em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação 14. Em outras modalidades, a árvore 16 pode ser orientada para o dispositivo de suspensão de tubulação 14 usando qualquer outro tipo adequado de dispositivo de orientação.

Ainda em outras modalidades da presente invenção, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode ser orientado grosseiramente, ou orientado não precisamente, em relação à cabeça do poço 12, usando qualquer tipo adequado de dispositivo de orientação, e a árvore 16 pode ser orientada precisamente em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação 14, usando qualquer tipo adequado de dispositivo de orientação. Por exemplo, de acordo com um aspecto da presente invenção, não é exigida orientação precisa entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e um ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12 ou a base guia. Ou seja, a orientação de precisão entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e a árvore 16 pode ser estabelecida sem levar em conta a orientação entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e um ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12. Contudo, em algumas aplica-

ções, pode ser desejável fornecer capacidade de orientação grosseira não precisa entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e um ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12 ou uma base guia. Por exemplo, pode ser

5 desejável orientar o corpo da árvore 16 (que é relativamente grande) em uma direção geral desejada de maneira tal que o corpo da árvore 16 não interfira com outras estruturas que foram previamente instaladas ou que serão instaladas mais tarde. Tal orientação grosseira não precisa não é fornecida

10 com propósitos de alinhamento de várias saídas, estocadas e aberturas de produção onde precisão muito alta, por exemplo, ± 2 graus, é exigida no processo de orientação. Um sistema de orientação grosseira não precisa como este não seria capaz de fornecer um alto grau de precisão de orientação como

15 esse. Por exemplo, um sistema de orientação grosseira não precisa como este não forneceria uma precisão de orientação maior do que ± 5 graus. A orientação grosseira não precisa entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e o ponto fixo de referência, por exemplo, a cabeça do poço 12, pode

20 ser fornecida por meio de qualquer das várias técnicas mecânicas conhecidas, por exemplo, um arranjo chaveta/fenda, um arranjo pino/hélice, um arranjo chaveta/hélice, etc. Tal orientação grosseira não precisa pode também ser fornecida por meio de dispositivos não mecânicos, tal como um sistema

25 baseado em GPS ou coisa parecida.

Uma ligação em ponte da linha de fluxo 22, tendo uma linha de centro 23, é conectada à saída de topo 31 do furo de fluxo 18 da árvore 16 via um conector da ligação em

ponte da linha de fluxo 27, que, em uma modalidade, encaixa o furo de fluxo 18 ao longo da linha de centro 19 da árvore 16. O conector da ligação em ponte da linha de fluxo 27 pode compreender uma junta articulada. A ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode ser de qualquer estrutura desejada e pode ser qualquer configuração desejada. Por exemplo, a ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode ser fabricada de tubo rígido ou conduíte flexível, pode ser construída com juntas articuladas, pode ser flutuante ou parcialmente flutuante, e pode terminar em uma conexão horizontal ou vertical. Tal como descrito mais completamente a seguir, a ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode se estender lateralmente até um outro componente submarino 40, por exemplo, um trenó, um coletor, um conector da linha de fluxo, ou outro componente disposto a alguma distância do sistema de completação submarino 10. Alternativamente, a ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode se estender até uma instalação de produção separada (não mostrada) localizada em um navio de superfície ou plataforma ou uma instalação de produção com base em terra.

As Figuras 3A - 3B representam várias modalidades ilustrativas de um sistema submarino 10 de acordo com vários aspectos da presente invenção. No geral, em várias modalidades, a ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode ser acoplada operativamente a qualquer um de uma variedade de componentes submarinos diferentes 40. O componente representado ilustrativamente 40 pode ser qualquer um de uma variedade de componentes submarinos conhecidos empregados na produção de

petróleo ou gás em poços submarinos, ou injeção de fluidos ou gases em tais poços. Por exemplo, o componente submarino 40 pode ser um trenó, um coletor, um conector da linha de fluxo, uma instalação de processamento submarino, um separador submarino, uma unidade de bomba, etc. Na modalidade representada na figura 3A, o componente submarino 40 é um trenó. A figura 3B representa uma modalidade alternativa em que a ligação em ponte da linha de fluxo 22 compreende um conduíte flexível que está adaptado para ser acoplado a uma instalação de produção (não mostrada) que pode ser tanto com base em terra como localizada em um navio de superfície ou plataforma. Se desejado, uma ligação em ponte submarina flexível como esta 22 pode também ser empregada quando um componente submarino 40, por exemplo, um coletor, for empregado como parte do sistema 10.

Em outros casos, o dispositivo de suspensão de tubulação 14 pode descer ao fundo do mar e ser posicionado na cabeça do poço 12. Em seguida, a árvore 16 pode ser acoplada operativamente ao dispositivo de suspensão de tubulação previamente instalado 14 em que alinhamento de orientação precisa é atingido entre o dispositivo de suspensão de tubulação 14 e a árvore 16.

Na modalidade ilustrativa representada na figura 1, a árvore 16 compreende um furo de fluxo vertical 18 e uma saída de topo 31. Em virtude de o fluxo de produção ocorrer através da saída de topo 31 da árvore 16 ao longo da linha de centro 19, não existe saída lateral na árvore 16. Isto permite ao sistema 10 ser simplificado de diversas maneiras.

Primeiro, a eliminação da saída lateral reduz o número de válvulas requeridas, reduzindo assim o tamanho, peso e complexidade da árvore 16. Segundo, em virtude de a conexão da ligação em ponte da linha de fluxo 27 ficar ao longo da linha de centro da árvore 19, não mais existe uma necessidade de orientar a árvore 16 em relação à cabeça do poço 12, ou outro ponto fixo de referência, em virtude de não ser necessário "apontar" a saída de produção em qualquer direção particular. Em sistemas anteriores empregando uma saída de produção horizontal, uma árvore de natal tem que ser orientada em relação a uma referência conhecida (isto é, a cabeça do poço). Em virtude de o dispositivo de suspensão de tubulação descer antes da árvore, o dispositivo de suspensão de tubulação também tem que ser orientado em relação a uma referência conhecida (isto é, a cabeça do poço), a fim de garantir que o dispositivo de suspensão de tubulação seja alinhado com a árvore. Com algumas modalidades da presente invenção, somente é necessário orientar a árvore 16 para o dispositivo de suspensão de tubulação 14, independente da orientação de cada componente em relação à cabeça do poço 12. Isto não somente reduz a complexidade da árvore 16 e do dispositivo de suspensão de tubulação 14, como também simplifica de maneira excepcional o procedimento de instalação, porque somente a árvore 16 deve ser orientada precisamente durante a descida, em lugar de orientar precisamente tanto a árvore 16 como o dispositivo de suspensão de tubulação 14. Isto cria economias significantes para o operador. Terceiro, a localização da linha de centro da conexão da ligação em ponte da linha de

fluxo 27 permite que medições de ligação em ponte sejam feitas muito mais cedo no processo de instalação. Por exemplo, as medições podiam ser efetuadas a partir da cabeça do poço 12 com a altura futura da árvore 16 calculada. Isto permite
5 mais tempo para a fabricação da ligação em ponte 22, e assim reduz o custo e o risco de atraso associado com as ligações em ponte 22. Uma outra vantagem da conexão concêntrica é que a árvore 16 e o dispositivo de suspensão de tubulação 14 podem ser removidos e reinstalados em uma orientação diferente
10 sem afetar o projeto da ligação em ponte 22.

As Figuras 4, 5 e 6 são esquemas de controle de várias modalidades da presente invenção que envolvem aumento de graus de complexidade e funcionalidade para o sistema aqui revelado. Referindo-se à figura 4, está mostrada esquematicamente uma modalidade da invenção de função e custo relativamente baixos. Nesta modalidade, um centro de controle pode ser usado para controlar a válvula lateral de produção (PWV) 28, a válvula mestre de produção (PMV) 26, a válvula de segurança de subsuperfície controlada pela superfície
15 (SCSSV), a válvula de ligação do anular (AWV) e uma válvula de injeção química. A válvula de pistoneio do anular (ASV) 32 e a válvula de interligação (XOV) 34 podem ser operadas por um veículo operado remotamente (ROV). O controle do conector submarino pode ser fornecido via estocadas quentes do
20 ROV, de acordo com técnicas bem conhecidas.

Referindo-se à figura 5, está mostrada esquematicamente uma modalidade da invenção de média função, médio custo. Nesta modalidade, um centro de controle pode ser usa-

do para controlar os mesmos componentes da modalidade anterior, assim como uma linha química adicional, e uma linha de controle adicional para o SCSSV. Estocadas quentes adicionais do ROV podem ser fornecidas para controlar uma ou mais
5 válvulas da camisa deslizante de fundo de poço.

Referindo-se à figura 6, está mostrada esquematicamente uma modalidade da invenção de função relativamente alta. Nesta modalidade, um primeiro centro de controle (CENTRO 1) pode ser usado para controlar os mesmos componentes da modalidade anterior, e os mesmos controles de estocada quente podem ser fornecidos como na modalidade anterior. Um módulo restringidor pode ser fornecido entre a ligação em ponte da linha de fluxo 22 e o componente submarino 40, por exemplo, o trenó/coletor/conector/ponto de distribuição. O
10 módulo restringidor pode incluir uma válvula de produção adicional (PSDV), um restringidor de produção (PCV) e uma ou mais linhas químicas. Um segundo centro de controle (CENTRO 2) pode ser usado para controlar os componentes do módulo restringidor.

20 Em uma modalidade, a presente invenção compreende uma árvore de natal submarina convencional ou vertical 16 conectada acima de uma cabeça do poço submarino 12. Um dispositivo de suspensão de tubulação 14 é conectado dentro da cabeça do poço 12 abaixo da árvore de natal 16. A árvore de natal 16 inclui um furo de fluxo vertical concêntrico 18 e
25 uma ou mais válvulas do furo de produção para controlar o fluxo através dele. Uma ligação em ponte da linha de fluxo 22 está conectada ao topo do furo de fluxo 18 via um conec-

tor de ligação em ponte da linha de fluxo, que encaixa o furo de fluxo 18 ao longo da linha de centro da árvore 16. A ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode se estender lateralmente até um trenó, coletor, conector da linha de fluxo ou outro componente disposto a alguma distância do sistema de completação submarino. Alternativamente, a ligação em ponte da linha de fluxo 22 pode se estender até um ponto de distribuição da produção separado, montado no sistema de completação submarino.

10 As modalidades particulares reveladas anteriormente são somente ilustrativas, já que a invenção pode ser modificada e praticada em diferentes maneiras, mas equivalentes, aparentes aos versados na técnica, tendo o benefício dos preceitos apresentados. Por exemplo, as etapas de processo expostas anteriormente podem ser desempenhadas em uma
15 ordem diferente. Além disso, não se pretende nenhuma limitação aos detalhes de construção ou projeto aqui mostrados, além dos aqui descritos nas reivindicações a seguir. Portanto, é evidente que as modalidades particulares reveladas anteriormente podem ser alteradas ou modificadas e todas tais
20 variações são consideradas dentro do escopo e espírito da invenção. Desta maneira, a proteção aqui esperada é tal como exposto nas reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino (12), **CARACTERIZADO** por compreender:

um dispositivo de suspensão de tubulação (14) adaptado para ser posicionado na dita cabeça do poço (12), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) compreendendo uma abertura de fluxo (27) que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente (21) que se estende através do dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) adaptado para ser orientado não precisamente com relação a um ponto fixo de referência quando posicionado na dita cabeça do poço (12);

uma árvore de produção (16) compreendendo pelo menos uma válvula e uma saída de topo (31) que é alinhada coaxialmente com a dita cabeça do poço (12), a dita árvore de produção (16) adaptada para ser acoplada operativamente ao dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), em que a dita árvore de produção (16) é orientada angularmente em relação ao dito dispositivo de suspensão de tubulação (14); e

uma ligação em ponte da linha de fluxo (22) adaptada para ser acoplada operativamente a dita saída de topo (31) da dita árvore (16) e para uma entrada de um componente submarino (40).

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) não é orientado com relação ao dito ponto fixo de referência.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito ponto fixo de referência compreende a dita cabeça do poço submarino (12).

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **5 CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14) é localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14).

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **10 CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) é localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), um furo de fluxo (18) da dita árvore (16) é um furo de fluxo vertical, e o dito furo de fluxo vertical (18) **15** da dita árvore (16) é orientado concentricamente com relação à dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14).

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito componente (40) compreende pelo menos um dentre um coletor, um trenó, um conector de linha de fluxo, uma unidade de processamento submarina e uma unidade de bomba.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita pelo menos uma abertura excêntrica (21) compreende pelo menos uma dentre uma **25** abertura de fluxo anular, uma abertura para um componente elétrico e uma abertura para uma conexão hidráulica.

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita árvore de produção (16) compreende pelo menos uma saída de produção não vertical.

5 9. Sistema adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino (12), **CARACTERIZADO** por compreender:

 um dispositivo de suspensão de tubulação(14) adaptado para ser posicionado na dita cabeça do poço (12), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) compreendendo
10 uma abertura de fluxo (27) que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente (21) que se estende através do dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) sendo adaptado para ser não orientado com relação a um ponto
15 fixo de referência quando posicionado na dita cabeça do poço (12);

 uma árvore de produção (16) compreendendo pelo menos uma válvula e uma saída de topo (31) que é alinhada coaxialmente com a dita cabeça do poço (12), a dita árvore de
20 produção (16) adaptada para ser acoplada operativamente ao dito dispositivo de suspensão de tubulação(14), em que a dita árvore (16) de produção é orientada angularmente em relação ao dito dispositivo de suspensão de tubulação (14); e

 uma ligação em ponte da linha de fluxo (22) adaptada para ser acoplada operativamente a dita saída de topo
25 (31) da dita árvore (16) e para uma entrada de um componente submarino (40).

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito ponto fixo de referência compreende a dita cabeça do poço (12).

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, **5 CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14) é localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14).

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, **10 CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) é localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), um furo de fluxo (18) da dita árvore (16) é um furo de fluxo vertical, e o dito furo de fluxo (18) vertical **15** da dita árvore (16) é orientado concentricamente com relação à dita abertura de fluxo (27) localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14).

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita árvore de produção **20** (16) compreende pelo menos uma saída de produção não vertical.

14. Sistema adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino (12), **CARACTERIZADO** por compreender:

um dispositivo de suspensão de tubulação (14) **25** adaptado para ser posicionado na dita cabeça do poço (12), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) compreendendo uma abertura de fluxo (27) localizada centralmente que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada

excentricamente (21) que se estende através do dito dispositivo de suspensão de tubulação(14), o dito dispositivo de suspensão de tubulação(14) sendo adaptado para ser orientado não precisamente com relação à dita cabeça do poço (12) quando nela posicionado;

uma árvore de produção (16) compreendendo pelo menos uma válvula, um furo de fluxo (18) que se estende através dela e uma saída de topo (31) que é alinhada coaxialmente com a dita cabeça do poço (12), a dita árvore de produção (16) sendo adaptada para ser acoplada operativamente ao dito dispositivo de suspensão de tubulação(14), em que a dita árvore de produção (16) é orientada angularmente em relação ao dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) e em que o dito furo de fluxo (18) na dita árvore de produção (16) está em comunicação fluídica com a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14); e

uma ligação em ponte da linha de fluxo (22) adaptada para ser acoplada operativamente com a dita saída de topo (31) da dita árvore (16) e a uma entrada de um componente submarino (40).

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito furo de fluxo (18) na dita árvore é um furo de fluxo vertical.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito furo de fluxo (18) vertical da dita árvore é orientado coaxialmente com relação à dita abertura de fluxo (27) localizada centralmente dito dispositivo de suspensão de tubulação (14).

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) é localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), e o dito furo de fluxo (18) vertical da dita árvore (16) é orientado concentricamente com relação à dita abertura de fluxo (27) localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14).

18. Sistema adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino (12), **CARACTERIZADO** por compreender:

um dispositivo de suspensão de tubulação (14) adaptado para ser posicionado na dita cabeça do poço (12), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) compreendendo uma abertura de fluxo (27) localizada centralmente que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente (21) que se estende através do dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), o dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) sendo adaptado para ser não orientado com relação à dita cabeça do poço (12) quando nela posicionado;

uma árvore de produção (16) compreendendo pelo menos uma válvula, um furo de fluxo (18) que se estende através dela e uma saída de topo (31) que é alinhada coaxialmente com a dita cabeça do poço (12), a dita árvore de produção (16) adaptada para ser acoplada operativamente ao dito dispositivo de suspensão de tubulação (14), em que a dita árvore de produção (16) é orientada angularmente em relação ao dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) e em que o

dito furo de fluxo (18) na dita árvore de produção (16) está em comunicação fluídica com a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14); e

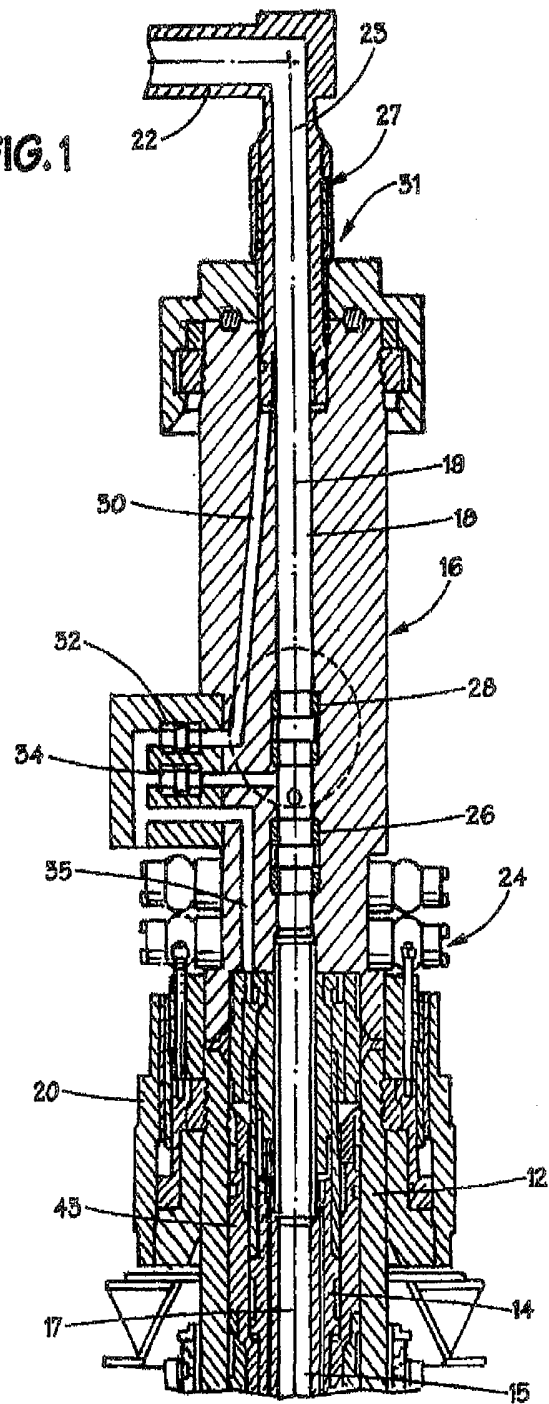
5 uma ligação em ponte da linha de fluxo (22) adaptada para ser acoplada operativamente a dita saída de topo (31) da dita árvore (16) e a uma entrada de um componente submarino (40).

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito furo de fluxo (18) na
10 dita árvore (16) é um furo de fluxo vertical.

20. Sistema, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito furo de fluxo (18) vertical da dita árvore (16) é orientado coaxialmente com relação à dita abertura de fluxo (27) localizada centralmen-
15 te no dito dispositivo de suspensão de tubulação(14).

21. Sistema, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita abertura de fluxo (27) no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14) é localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubu-
20 lação(14), e o dito furo de fluxo (18) vertical da dita árvore (16) é orientado concentricamente com relação à dita abertura de fluxo (18) localizada centralmente no dito dispositivo de suspensão de tubulação (14).

FIG. 1



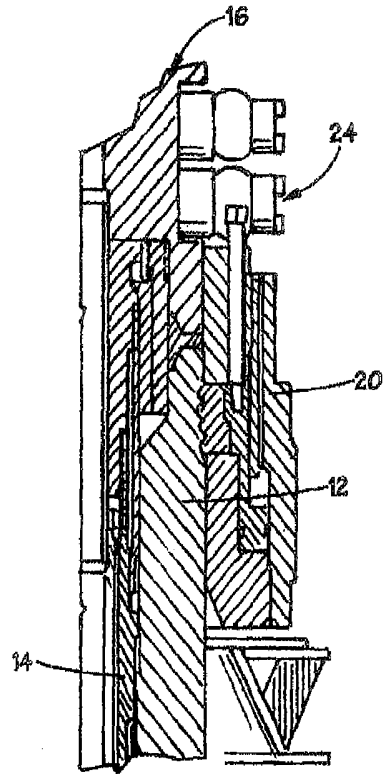


FIG. 2A

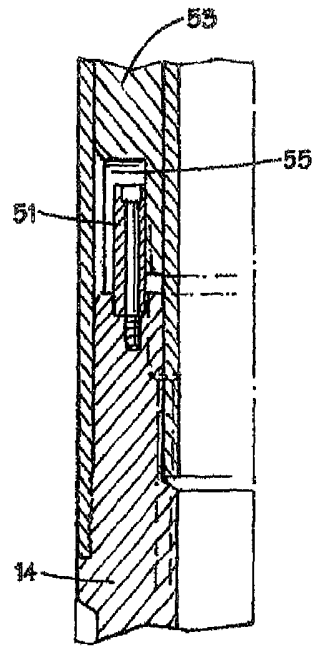


FIG. 2C

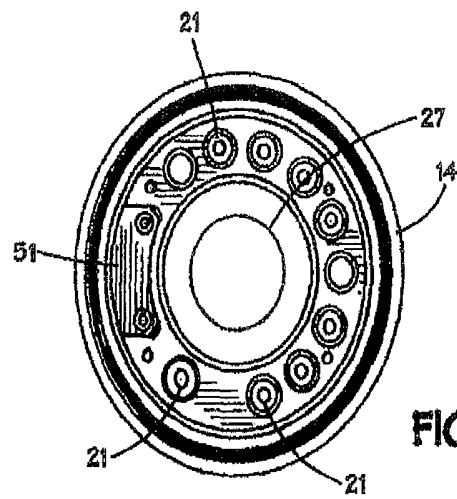
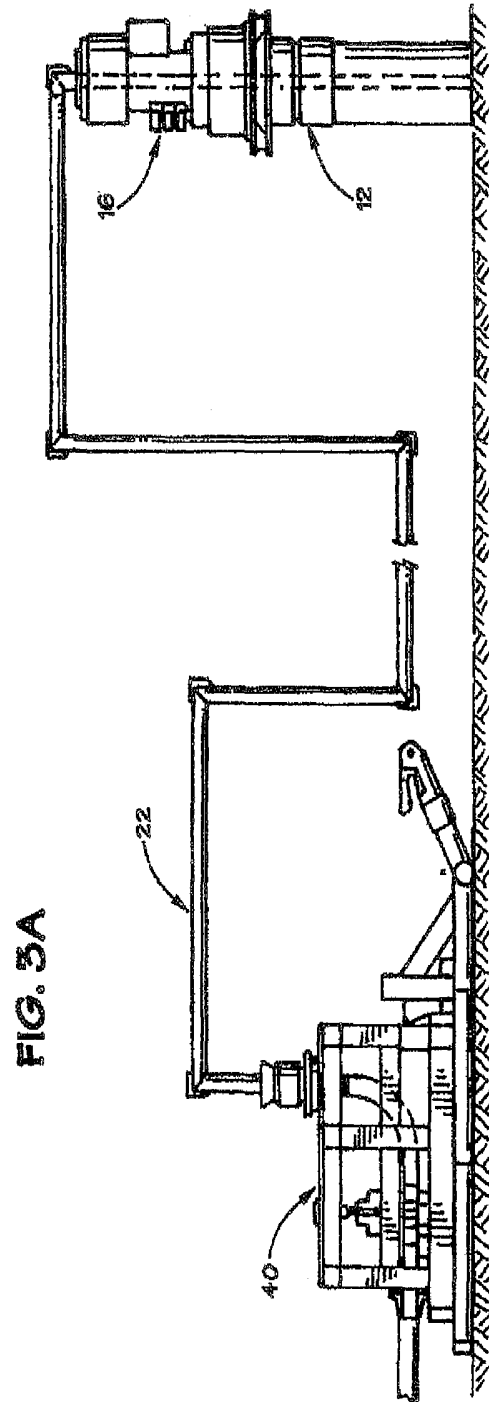


FIG. 2B



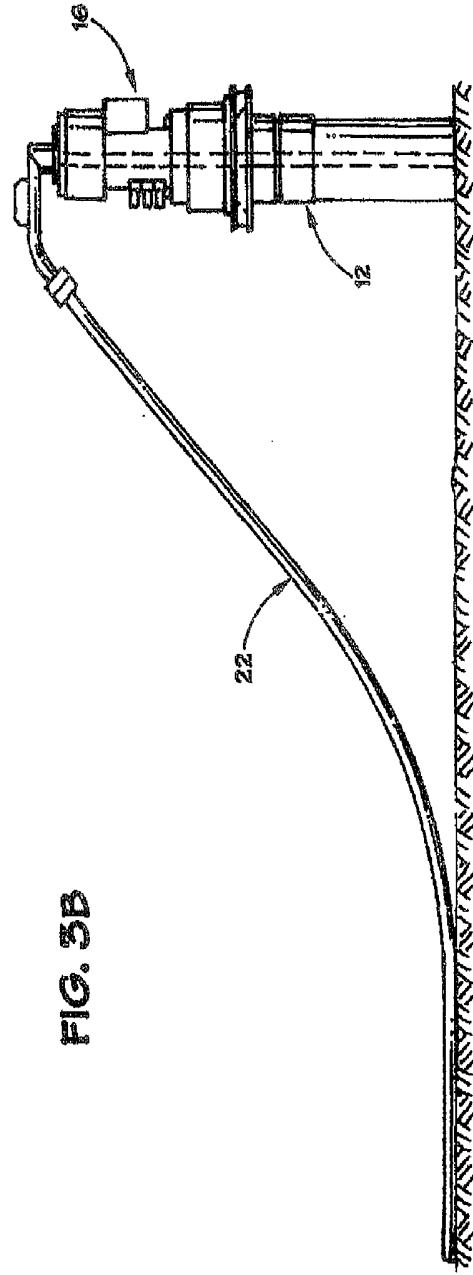


FIG. 3B

FIG. 4

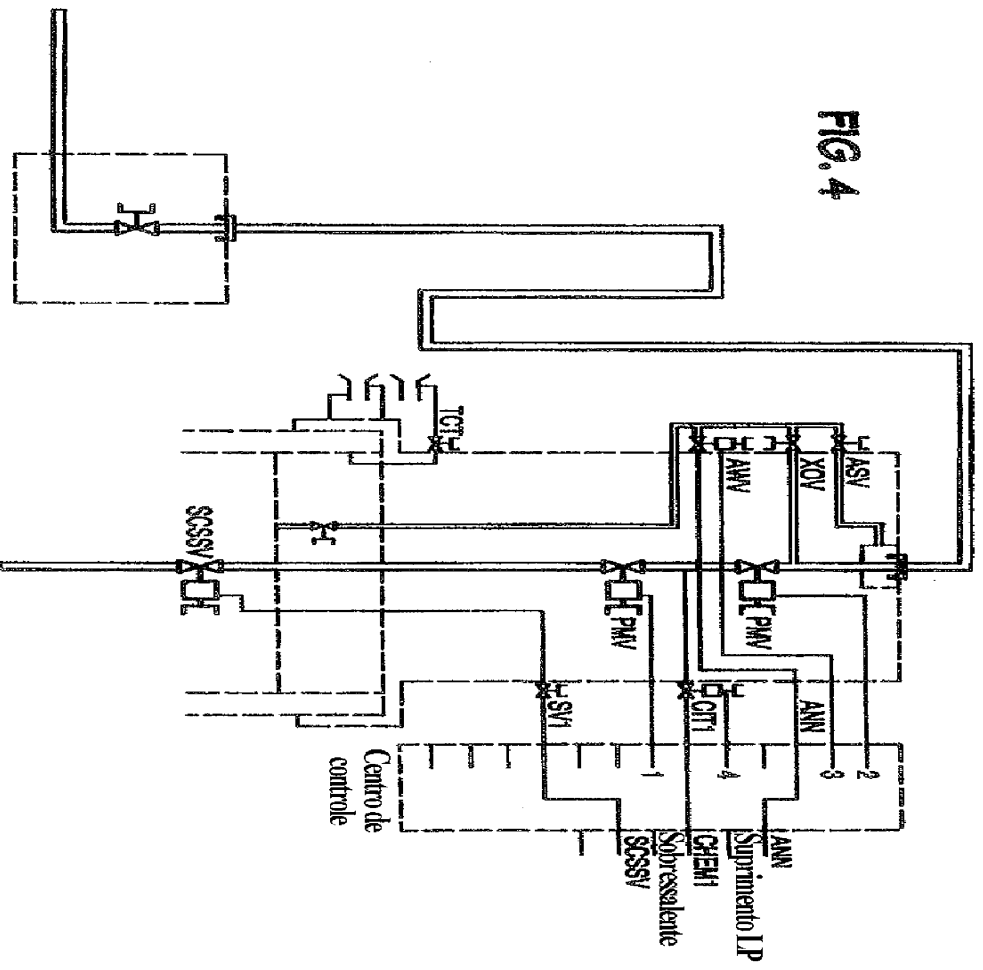
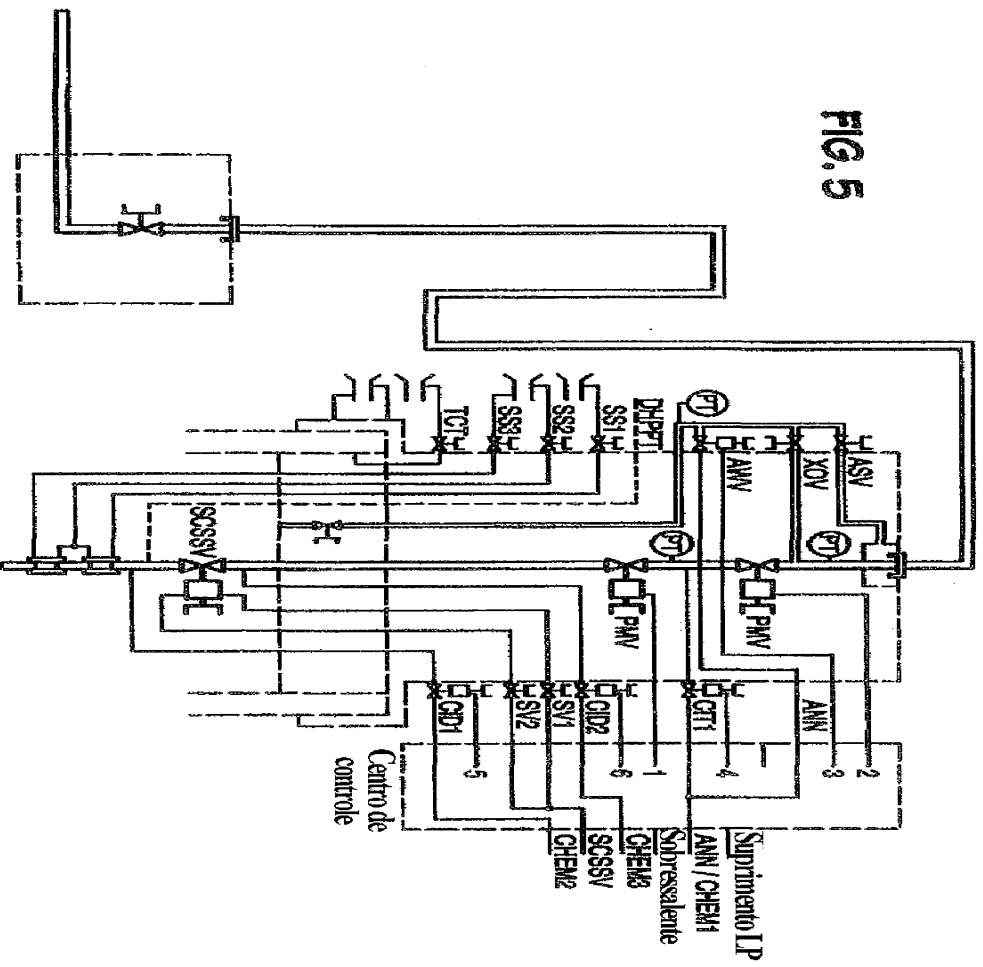


FIG. 5



RESUMO

“SISTEMA ADAPTADO PARA SER ACOPLADO A UMA CABEÇA DO POÇO SUBMARINO”

A presente invenção diz respeito a várias modalidades de um sistema de produção submarino. Em uma modalidade ilustrativa, o sistema é adaptado para ser acoplado a uma cabeça do poço submarino (12) e compreende um dispositivo de suspensão de tubulação (14) adaptado para ser posicionado na cabeça do poço, o dispositivo de suspensão de tubulação compreendendo uma abertura de fluxo (27) que se estende através dele e pelo menos uma abertura localizada excentricamente (21) que se estende através do dispositivo de suspensão de tubulação (14), o dispositivo de suspensão de tubulação adaptado para ser orientado não precisamente com relação a um ponto fixo de referência quando posicionado na cabeça do poço (12), e uma árvore de produção (16) adaptada para ser acoplada operativamente ao dispositivo de suspensão de tubulação (14), em que a árvore de produção (16) é orientada em relação ao dispositivo de suspensão de tubulação (14). Em outras modalidades, o dispositivo de suspensão de tubulação (14) não é orientado com relação à cabeça do poço (12) ou outro ponto fixo de referência.