



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

(11) PI 0614973-1 B1

(22) Data do Depósito: 01/09/2006

(45) Data de Concessão: 07/11/2017



(54) Título: MÉTODO PARA TESTAR UM RESERVATÓRIO DE ZONAS MÚLTIPLAS, E APARELHO PARA TESTAR FLUIDOS DO RESERVATÓRIO ENQUANTO ELES ESTÃO FLUINDO DE DENTRO DE UM FURO DE POÇO

(51) Int.Cl.: E21B 49/08; E21B 33/124

(52) CPC: E21B 49/08, E21B 33/124

(30) Prioridade Unionista: 01/08/2006 US 11/461.898, 01/09/2005 US 60/713.570

(73) Titular(es): PRAD RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED

(72) Inventor(es): WARREN ZEMLAK; MARC ALLCORN; LUIS PEIXOTO; JOHN LOVELL; STEVEN HARRISON; ANDREW PRESTRIDGE; GOKTURK TUNC; FRANK ESPINOSA

METODO PARA TESTAR UM RESERVATÓRIO DE ZONAS MÚLTIPLAS, E
APARELHO PARA TESTAR FLUIDOS DO RESERVATÓRIO ENQUANTO ELES
ESTÃO FLUINDO DE DENTRO DE UM FURO DE POÇO

Antecedentes da Invenção

5 1. Campo da Invenção

A presente invenção se refere, de um modo geral, ao campo do teste das formações contendo hidrocarbonetos e, de modo particular, a métodos, sistemas e aparelhos usados nestas operações.

10 2. Técnica Correlata

Tubo flexível é uma tecnologia, que tem expandido sua faixa de aplicações, desde sua introdução na indústria do petróleo nos anos 60. Sua capacidade de passar através dos tubos de completação e a ampla rede de ferramentas e
15 tecnologias, que podem ser usadas em conjunto com a mesma, a torna uma tecnologia muito versátil, e essa versatilidade é o núcleo desta invenção. Recentes avanços nos tubos flexíveis permitem um controle em tempo real do equipamento no fundo de poço, transmissão dos dados de medição e
20 isolamento das zonas individuais dentro do reservatório.

O aparelho típico de tubo flexível inclui instalações de bombeio na superfície, uma coluna de tubo flexível montada sobre uma bobina, um método para transportar o tubo flexível para dentro e para fora do furo
25 de poço, e aparelho de controle de superfície na cabeça do

poço. Durante o processo de enrolamento, o tubo flexível é plasticamente deformado, conforme ele sai da bobina e é esticado pelo injetor, conforme ele é conduzido para dentro do poço. O tubo flexível irá se expandir ligeiramente sob a
5 influência da pressão diferencial.

Um método típico para testar e avaliar reservatórios é o teste de formação. Outro é o teste com cabo elétrico. Informações sobre permeabilidade, danos e limites do reservatório são necessárias para otimizar a
10 produção e o desenvolvimento do reservatório. Problemas surgem devido ao fluxo misturado.

Infelizmente, o teste de formação requer a remoção das completações existentes, e inclui o custo de deslocar uma sonda para transportar seções individuais do tubo de
15 perfuração. O teste de formação também não se presta à coleta de dados em tempo real durante a operação de teste. O teste com cabo elétrico inclui a necessidade de controlar o poço, para transportar a ferramenta com cabo elétrico, o que é indesejável, e o curto intervalo, que pode ser
20 testado, é frequentemente insatisfatório.

Diversas patentes existem para teste de reservatório usando tubo flexível concêntrico. O fluido do reservatório é retornado até a camada mais interna, e fluido para controle de poço é bombeado na camada mais
25 externa do tubo concêntrico. Válvulas sofisticadas e aparelhos de fluxos são necessários na superfície, para

manter o controle do poço, quando o fluido do reservatório é desviado para dentro das instalações de produção na superfície. O peso e o custo do tubo flexível concêntrico limitam a aplicação comercial.

5 Permanece a necessidade de métodos e aparelhos para testar e avaliar reservatórios, sem ter que remover equipamentos de completação existentes no furo de poço. Existe também a necessidade de métodos e aparelhos para testar e avaliar zonas individuais dentro de um
10 reservatório, incluindo o teste daquelas zonas, que não iriam fluir normalmente sem elevação artificial. Métodos e aparelhos, que podem proporcionar uma quantidade estável de elevação hidrostática a uma zona de reservatório, são desejados, bem como métodos e aparelhos para conduzir com
15 confiança fluidos de formação do interior do tubo flexível para espaço anular em volta do tubo flexível em algum ponto superior na coluna. Existe também a necessidade de aparelhos de válvulas na base, ou em qualquer local entre a superfície e a base de uma bobina de tubo flexível, e
20 existe a necessidade da comunicação de dados até o aparelho de válvulas, a fim de verificar o que está ocorrendo no aparelho de válvulas, ou próximo a ele.

Sumário da Invenção

Uma modalidade da presente invenção apresenta um
25 método para testar um reservatório de zonas múltiplas, enquanto que fluidos do reservatório estão fluindo de

dentro de um furo de poço. O método compreende as etapas de: introdução de tubo flexível no furo de poço; ativação de um aparelho de isolamento zonal, para isolar pelo menos uma zona; permissão para que fluido escoe da zona isolada; e medição do fluxo e da pressão no fundo de poço do fluido fluindo a partir da zona isolada.

Outra modalidade da presente invenção apresenta um método para testar um reservatório de zonas múltiplas, enquanto que fluidos do reservatório estão fluindo de dentro de um furo de poço. Nessa modalidade, o método compreende as etapas de: introdução de tubo flexível no furo de poço; instalação de um primeiro aparelho de isolamento, para impedir que o fluido do reservatório escoe para a superfície; ativação de um aparelho de isolamento zonal, abaixo do primeiro aparelho de isolamento, para isolar uma primeira zona; permissão para que fluido escoe da primeira zona; medição do fluxo e da pressão no fundo de poço do fluido fluindo a partir da primeira zona; e desvio do fluxo de fluido da primeira zona para o espaço anular acima do primeiro aparelho de isolamento.

Outra modalidade ainda da presente invenção apresenta um aparelho para testar fluidos do reservatório, enquanto eles estão fluindo de dentro de um furo de poço. O aparelho compreende: tubo flexível; sistema de espaçamento de obturadores ativado para isolar uma zona de reservatório, o sistema de espaçamento conduzido e

posicionado pelo tubo flexível; sistema de válvulas controlado pela superfície, o qual permite ao fluido bombeado da superfície fluir para dentro do espaço anular no furo de poço, acima do sistema de espaçamento de obturadores, permite ao fluido bombeado da superfície fluir para dentro de uma zona isolada pelo sistema de espaçamento de obturadores, e permite ao fluido, fluindo da zona isolada do reservatório, fluir para dentro do espaço anular, acima do sistema de espaçamento de obturadores; e
5
10 aparelho de medição, para propiciar medições de fluxo, para fluido fluindo da zona isolada.

Os vários aspectos da invenção e suas permutações ficarão mais claras após a análise da breve descrição dos desenhos, da descrição detalhada da invenção, e das
15 reivindicações a seguir.

Breve Descrição dos Desenhos

A maneira, com que os objetivos da invenção e outras características desejáveis podem ser obtidos, é explicada na descrição a seguir e nos desenhos anexos,
20 onde:

a fig. 1 é uma ilustração esquemática de um aparelho de tubo flexível da técnica anterior usado para operações de tratamento de poços;

a fig. 2 é uma ilustração esquemática de um
25 aparelho para testes de formação usado para operações de tratamento de poços;

a fig. 3 é uma ilustração esquemática de um aparelho para testes com cabo elétrico da técnica anterior, usado para avaliação de reservatórios;

5 a fig. 4 é uma ilustração esquemática de uma operação para perfilagem de produção da técnica anterior usada para teste de reservatórios que permite aos hidrocarbonetos retornarem à superfície exterior ao tubo enrolável, com ou sem suspensão de gás artificial;

10 a fig. 5 ilustra esquematicamente um aperfeiçoamento da técnica anterior para o aparelho da fig. 4;

a fig. 6 ilustra esquematicamente em elevação lateral, parcialmente em corte, um sistema de comunicação usando um feixe de fibras óticas dentro de um tubo metálico
15 que foi inserido no tubo enrolável. As fibras óticas transmitem dados, porém não energia. Os sensores no fundo do poço são energizados por a;

a fig. 7 ilustra esquematicamente um aparelho da invenção, permitindo que um conector enrolável seja
20 desmembrado em dois, e um componente inserido entre eles;

a fig. 8 ilustra esquematicamente um sistema de teste enrolável da invenção, tendo uma válvula para desviar fluido, a válvula posicionada entre a superfície e a base do tubo flexível, além de um componente no fundo de poço
25 com isolamento e sensores, mas que mistura fluido de uma zona sendo testada com fluido, a partir de uma zona acima

da zona sendo testada;

a fig. 9 ilustra esquematicamente um aparelho de teste enrolável da invenção, tendo uma válvula para desviar fluido, a válvula posicionada entre a superfície e a base do tubo flexível, além de um componente no fundo de poço com válvulas e sensores para testes de reservatório, ilustrando uma modalidade de um aparelho da invenção dentro de uma completação de poço com e sem elevação à gás, que não mistura fluido de uma zona de interesse com fluido de outras zonas;

a fig. 10 ilustra esquematicamente um aparelho de teste enrolável da invenção, tendo uma válvula para desviar fluido, a válvula posicionada entre a superfície e a base do tubo flexível, além de um componente no fundo de poço com válvulas e sensores para testes de reservatório, ilustrando um sistema de teste através do tubo de produção;

a fig. 11 ilustra esquematicamente um aparelho para teste zonal da invenção, que remove a necessidade de uma seção de desvio intermediário; ao invés disso, um aparelho de sensor no fundo de poço é incluído em conjunto com um sistema de comunicação, que pode transmitir dados do fundo de poço em tempo real durante os testes;

a fig. 12 ilustra esquematicamente um aparelho da invenção, capaz de transmitir dados de fluxo para a superfície; o fluxo do reservatório é desviado para dentro de uma passagem interna dentro de um conjunto no fundo do

poço, e um difusor ou enroscador é incluído, e dados de fluxo transmitidos até a superfície; e

a fig. 13 ilustra esquematicamente um método para teste da invenção, incluindo as etapas de introduzir tubos enroláveis no furo de poço, proporcionar isolamento zonal e
5 extrair fluido de formação da zona isolada do reservatório.

Porém, deve ser observado que os desenhos apenas não estão em escala e ilustram somente modalidades típicas dessa invenção, não devendo assim ser considerados
10 limitadores de seu escopo, em que a invenção pode admitir outras modalidades igualmente efetivas.

Descrição Detalhada

Na descrição a seguir, numerosos detalhes são apresentados para fornecer uma compreensão da presente
15 invenção. Porém, deve ficar claro às pessoas versadas na técnica que a presente invenção pode ser praticada sem esses detalhes, e que numerosas variações ou modificações das modalidades descritas podem ser possíveis.

Por 'furo de poço', pretendemos significar o tubo
20 mais interno do sistema de completação. 'Superfície', salvo se de outra forma observado, significa geralmente fora do furo de poço, acima ou no nível do solo, e geralmente na região do poço, embora outras posições geográficas acima ou ao nível do solo possam ser incluídas. 'Tubo' se refere a
25 um conduto ou outro tipo de um aparelho oco e redondo em geral, e na área das aplicações em campos de petróleo, a

revestimento, tubo de perfuração, tubo metálico, ou tubo flexível, ou outro aparelho desses. Por 'manutenção do poço', pretendemos significar qualquer operação destinada a elevar a recuperação de hidrocarbonetos de um reservatório, 5 reduzir a recuperação de não-hidrocarbonetos (quando não-hidrocarbonetos estiverem presentes) ou suas combinações, envolvendo a etapa de bombeio de um fluido para dentro de um furo de poço. Isso inclui o bombeio de fluido para dentro de um poço injetor e a recuperação de 10 hidrocarbonetos de um segundo furo de poço. O fluido bombeado pode ser uma composição, para elevar a produção de uma zona contendo hidrocarbonetos, ou ele pode ser uma composição bombeada para dentro de outras zonas, para bloquear sua permeabilidade ou porosidade. Métodos da 15 invenção podem inclui o bombeio de fluidos, para estabilizar seções do furo de poço, para cessar a produção de areia, por exemplo, ou o bombeio de um fluido de cimentação para baixo de um furo de poço, em cujo caso o fluido sendo bombeado pode penetrar na completação (p. ex. 20 para baixo do tubo mais interno e, a seguir, para cima até o exterior do tubo no espaço anular entre esse tubo e a rocha) e proporcionar integridade mecânica ao furo de poço. Conforme aqui usado nas frases, 'tratamento' e 'manutenção' são assim mais amplos do que 'estimulação'. Em muitas 25 aplicações, quando a rocha for amplamente composta de carbonatos, um dos fluidos pode incluir um ácido e o

aumento dos hidrocarbonetos advém do aumento direto da porosidade e da permeabilidade da matriz rochosa. Em outras aplicações, muitas vezes arenitos, os estágios podem incluir agentes de escoramento ou materiais adicionais acrescentados ao fluido, de forma que a pressão do fluido fracture a rocha hidraulicamente, e o agente de escoramento seja movido para trás, a fim de impedir o novo fechamento das fraturas. Os detalhes são cobertos na maioria dos textos padrão para manutenção de poços e são conhecidos pelas pessoas versadas na técnica para manutenção de poços, sendo aqui omitidos.

Conforme aqui usados, os termos 'BOP' e 'válvula de segurança' são usados geralmente para incluir qualquer sistema de válvulas no topo de um poço, que pode ser fechado, se uma equipe de operação perder o controle dos fluidos de formação. O termo inclui válvulas de segurança anulares, válvulas de segurança tipo gaveta, gavetas cisalhantes, e conjuntos para controle de poço. Através do fechamento dessa válvula ou do sistema de válvulas (normalmente operado à distancia através de acionadores hidráulicos), a equipe normalmente readquire o controle do poço, e procedimentos podem ser, então, iniciados para elevar a densidade da lama, até que seja possível abrir a BOP e reter o controle de pressão da formação. Um 'conjunto para controle de poço' pode compreender um grupo de dois ou mais BOPs usados para garantir o controle de pressão de um

poço. Um conjunto típico pode ser constituído de uma a seis válvulas de segurança tipo gaveta e, opcionalmente, de uma ou duas válvulas do tipo anular. Uma configuração típica de conjunto possui as válvulas de segurança tipo gaveta no
5 fundo e as válvulas de segurança anulares no topo. A configuração do conjunto de válvulas de segurança é utilizada, para proporcionar uma integridade, segurança e flexibilidade máxima de pressão, no caso de um incidente no controle do poço. O conjunto para controle do poço pode
10 ainda incluir vários carretéis, adaptadores e saídas de tubo, para permitir a circulação dos fluidos sob pressão no furo de poço, no caso de um incidente no controle do poço.

Um 'lubrificador', algumas vezes chamado de cilindro ou tubo lubrificador, proporciona um método e
15 aparelho, pelo qual ferramentas de virtualmente qualquer extensão para campos de petróleo podem ser usadas em operações com tubo flexível ou emendado. Em algumas modalidades, o uso de um lubrificador permite que o mecanismo acionador do injetor do tubo flexível seja
20 montado diretamente sobre a cabeça do poço. Uma ferramenta de qualquer extensão para campo de petróleo pode ser montada dentro de um lubrificador cilíndrico de extremidade fechada, o qual é então montado sobre a BOP. Após o estabelecimento da comunicação fluida entre o injetor e a
25 BOP e a cabeça do poço, pela abertura de pelo menos uma válvula, a ferramenta para campo de petróleo é abaixada do

lubrificador para dentro do furo de poço, com uma porção da ferramenta permanecendo dentro da cabeça do poço adjacente às primeiras gavetas de vedação localizadas na BOP que são então fechadas para engatar e vedar em volta da ferramenta.

5 O lubrificador pode ser, então, removido e a cabeça do injetor posicionada acima da BOP e da cabeça do poço. A coluna de tubo é estendida para engatar a ferramenta capturada, e a comunicação elétrica e/ou de fluido é estabelecida entre o tubo e a ferramenta. O mecanismo de

10 acionamento do injetor (já fixado na coluna da tubulação) pode ser, então, conectado na BOP ou à cabeça do poço, e as primeiras gavetas de vedação capturando a ferramenta são abertas, e comunicação fluida é estabelecida entre o furo de poço e a cabeça de acionamento do injetor de tubo. A

15 recuperação e remoção dos componentes de ferramenta para campo de petróleo são efetuadas pela execução das etapas acima na seqüência invertida.

Por 'sistema de bombeio' pretendemos significar um aparelho de bombas na superfície, que pode incluir uma

20 unidade de energia elétrica ou hidráulica, normalmente conhecida como uma unidade de força. No caso de uma pluralidade de bombas, as bombas podem ser conectadas de forma fluida entre si em série ou em paralelo, e a força conduzindo a linha de comunicação pode advir de uma bomba

25 ou de uma pluralidade de bombas. O sistema de bombeio pode ainda incluir dispositivos de misturação para combinar

diferentes fluidos ou sólidos misturados dentro do fluido, e a invenção contempla o uso dos dados no fundo de poço e de superfície, para alterar os parâmetros do fluido sendo bombeado, bem como controlar a misturação sem desligamento.

5 A frase 'sistema de aquisição na superfície' significa um ou mais computadores na região do poço, mas também permite a possibilidade de uma série de computadores em rede, e de uma série de sensores de superfície em rede. Os computadores e sensores podem trocar informações através
10 de uma rede sem fio. Alguns dos computadores não precisam estar na região do poço, mas podem estar se comunicando através de um sistema de comunicação. Em certas modalidades da presente invenção, a linha de comunicação pode terminar na cabeça do poço em um transmissor sem fio, e os dados no
15 fundo de poço podem ser transmitidos sem fio. O sistema de aquisição na superfície pode ter um mecanismo para combinar os dados no fundo de poço com os dados de superfície e, a seguir, exibí-los em um console de usuário.

 Em modalidades exemplificantes da invenção,
20 programas orientadores de software podem rodar no sistema de aquisição, os quais farão recomendações para alterar os parâmetros de operação, baseado nos dados no fundo de poço, ou por meio de uma combinação dos dados no fundo de poço e nos dados da superfície. Tais programas orientadores podem
25 ser também rodados em um computador remoto. Na verdade, o computador remoto pode estar recebendo dados de um número

de poços ao mesmo tempo.

As linhas de comunicação usadas na invenção podem ter uma extensão muito superior a seu diâmetro, ou a seu diâmetro eficaz (definido como a média da maior e menor
5 dimensão em qualquer seção transversal). As linhas de comunicação podem ter qualquer seção transversal, incluindo, mas não limitado a, redonda, retangular, triangular, qualquer seção cônica, tal como oval, lobular e semelhante. O diâmetro da linha de comunicação pode ser, ou
10 não, uniforme ao longo da extensão da linha de comunicação. O termo linha de comunicação inclui feixes de fibras individuais, por exemplo, feixes de fibras óticas, feixes de arames metálicos, e feixes compreendendo arames metálicos e fibras óticas. Outras fibras podem estar
15 presentes, tais como fibras fornecendo resistência, quer em um núcleo ou distribuídas através da seção transversal, tais como fibras poliméricas. Fibras de aramida são bastante conhecidas por sua resistência, um material baseado em fibra de aramida sendo conhecido pela designação
20 comercial 'Kevlar'. Em certas modalidades, o diâmetro ou diâmetro eficaz da linha de comunicação pode ser de 0,125 pol (0,318 cm) ou menos. Em uma modalidade, uma linha de comunicação pode incluir uma fibra ótica, ou um feixe de fibras óticas múltiplas, para permitir possíveis danos a
25 uma fibra. O Pedido de Patente U.S. requerido em comum N° 11/111.230, intitulado "Tubo Equipado com Fibra Ótica e

Métodos de Fabricação e Uso", depositado em 21 de abril de 2005, divulga uma possível linha de comunicação, onde um tubo de Inconel é construído, pelo seu dobramento em volta da fibra ótica e, a seguir, soldagem a laser da emenda para
5 fechar o tubo. A construção resultante é chamada de um tubo de fibra ótica, e é muito resistente, podendo suportar a fluidos muito abrasivos e corrosivos, incluindo ácido clorídrico e fluorídrico. Tubos de fibra ótica são também fornecidos pela K-Tube, Inc., da Califórnia, E.U.A. Uma
10 vantagem dos tubos de fibra ótica desta natureza é que simples conectar sensores no fundo do tubo. Os sensores podem ser usinados, para ser substancialmente do mesmo diâmetro, ou de diâmetro menor, do que o tubo de fibra ótica, o que minimiza a possibilidade do sensor ser
15 arrancado da ponta do tubo durante o transporte. Porém, tubos de fibra ótica não são baratos e, assim, certas modalidades da invenção compreendem a recuperação dos sensores por bobinamento reverso, a fim de que o tubo possa ser reutilizado. O bobinamento reverso pode ser controlado
20 pelo sistema de aquisição na superfície, mas também pode ser um aparelho autônomo adicionado após o processo de estimulação ser concluído.

Em uma modalidade alternativa, a linha de comunicação pode compreender uma única fibra ótica tendo um
25 fluoropolímero ou outra camada polimérica projetada, tal como um revestimento de Parylene. A vantagem de um sistema

desses é que o custo é baixo o suficiente, para ser descartável após cada tarefa. Uma desvantagem é que ele precisa ser capaz de sobreviver sendo conduzido para dentro do poço, e sobreviver aos estágios de fluido subseqüentes, que podem incluir estágios do agente de escoramento. Nessas modalidades, uma longa junta ou tubo de jateamento compreendendo um material muito duro, ou um material revestido com endurecedores de superfícies conhecidos, tais como carbetos e nitretos, podem ser usados. A linha de comunicação será alimentada através dessa junta ou tubo de jateamento. A extensão da junta de jateamento pode ser escolhida, de forma que o fluido passando através da extremidade distal da junta seja laminar. Essa extensão pode ser de dezenas de pés ou metros, a fim de que a junta de jateamento possa ser posicionada dentro do furo de poço em si. Em modalidades, onde a linha de comunicação é uma única fibra, o aparelho sensor pode precisar ser muito pequeno. Nessas modalidades, um aparelho usinado em nano, que possa ser conectado na ponta da fibra sem elevar significativamente o diâmetro da fibra, pode ser usado. Uma pequena bainha pode ser adicionada na ponta mais inferior da fibra e cobrir a porção sensora, a fim de que quaisquer variações no diâmetro externo sejam muito graduais.

Com referência agora às figuras, a fig. 1 é um diagrama esquemático em blocos, não em escala, de uma modalidade do sistema da técnica anterior usado para

posicionar uma coluna de tubo flexível dentro de um poço. (Os mesmos algarismos são usados nas figuras do desenho para os mesmos componentes, a não ser que de outro modo indicado). Na fig. 1 é ilustrado um tubo flexível 22 sendo desenrolado de um carretel de tubo flexível 20 por um injetor 26 através de um pescoço de ganso 24, conforme conhecido na técnica. Um aparelho (não ilustrado) pode ser fornecido em qualquer número de posições, que possam ser úteis para obter medições geométricas do tubo flexível. O tubo flexível 22 é enrolável e pode ser inserido no furo (RIH), e puxado para fora do furo (POOH), de um poço ativo, devido ao aparelho para controle de poço na superfície. Fluidos de reservatório podem retornar até o espaço anular entre o tubo flexível 22 e o furo de poço (não ilustrado na fig. 1).

Embora o tubo flexível seja útil para uma variedade de funções em uma região de poço, principalmente devido à sua utilidade para ser capaz de conduzir fluidos para dentro e para fora de um poço, o controle do poço pode ser um problema, especialmente em, assim chamadas, situações de fluxo invertido, onde fluidos de produção podem ser permitidos fluir para cima através do tubo na direção da superfície. Além disso, o tubo flexível está sujeito à deformação plástica durante o uso, e defeitos de microporos e outros defeitos não são incomuns. Tubos flexíveis concêntricos podem ser usados, para permitir que um fluido

do reservatório retorne à superfície, mas eles possuem significativos problemas operacionais, incluindo o desvio com segurança dos fluidos na superfície, a partir do carretel de bobina concêntrica até as instalações de
5 produção.

Na prática, se fluidos de reservatório forem desejados na superfície, eles são mais tipicamente conduzidos através de tubos mais robustos, tais como aqueles usados durante os testes de formação. Neste caso,
10 conforme ilustrado nas figs. 2A-2B, o tubo de perfuração é tipicamente usado para conduzir um sistema de obturadores. As figs. 2A e 2B são substancialmente as mesmas das figs. 1A e 1B da Patente norte americana U. S. N° 4.320.800 do requerente. Para conduzir um teste de um intervalo do poço,
15 a coluna de inserção 10 do tubo de perfuração é dotada de uma válvula de circulação invertida 11 de qualquer modelo típico, por exemplo, uma válvula do tipo ilustrado na Patente norte americana U. S. N° 2.863.511, concedida ao requerente dessa invenção. Uma extensão apropriada do tubo
20 de perfuração 12 é conectada entre a válvula de circulação invertida 11 e um conjunto de válvulas de teste ou avaliador de fluxos múltiplos 13, que funciona para escoar e obturar alternadamente o intervalo da formação a ser testado. Uma forma preferida do conjunto de válvulas de
25 teste 13 é ilustrada na Patente U. S. N° 3.308.887, também concedida ao requerente dessa invenção. A extremidade

inferior da válvula de teste 13 é conectada a uma válvula de alívio de pressão 14, que por sua vez é conectada a um veículo registrador 15, que aloja um registrador de pressão do tipo mostrado na Patente norte americana U. S. N° 2.816.440 do requerente. O registrador opera para fazer um registro permanente da pressão de fluido versus tempo decorrido durante o teste, de uma maneira típica. O veículo registrador 15 é conectado na ponta superior de um sub de tela 16, que serve para coletar e descarregar fluidos de poço durante a operação de um conjunto de bombas infláveis do obturador superior 17, ao qual a extremidade inferior do sub de tela é conectada. O conjunto de bombas 17 que, em conjunto com várias outras partes componentes da coluna de ferramentas, inclui tipicamente os membros telescópicos interno e externo de um sistema de válvulas retentoras, dispostas de modo que os fluidos do poço sejam movimentados sob pressão durante o movimento ascendente do membro externo com relação ao membro interno, e sejam aspirados através do sub de tela 16 durante o movimento descendente. Assim, uma série de movimentos verticais ascendentes e descendentes da coluna de inserção 10 é eficaz para operar o conjunto de bombas 17 e para alimentar fluidos pressurizados para inflar o obturador superior, a ser abaixo descrito.

A extremidade inferior do conjunto de bomba 17 é acoplada a uma válvula equalizadora e de esvaziamento do

obturador 18, que pode ser operada após o término do teste para equalizar as pressões no intervalo do poço sendo testado com a cabeça hidrostática dos fluidos de poço no espaço anular acima das ferramentas, e para permitir o
5 esvaziamento do elemento obturador superior até sua condição normalmente relaxada. É obvio que uma válvula equalizadora é necessária, para permitir que os obturadores sejam esvaziados, a fim de que a coluna de ferramentas possa ser extraída do poço. A válvula 18 é conectada na
10 extremidade superior de um sistema de espaçamento de obturadores infláveis mostrado geralmente em 19, o sistema incluindo os obturadores infláveis, superior e inferior 21A e 21B, conectados entre si por vários componentes, incluindo o sub do espaçador alongado 7. Cada um dos
15 obturadores infláveis 21A e 21B incluem uma luva elastomérica, que é normalmente retraída, mas que pode ser expandida para fora pela pressão de fluido interna em contato de vedação com a parede envolvente do furo de poço. A extensão do sub do espaçador 7 é selecionada, a fim de
20 que, durante um teste, o obturador superior 21A fique acima da extremidade superior da zona de interesse da formação, e o obturador inferior 21B fique abaixo do intervalo. Obviamente, quando os elementos do obturador forem expandidos, conforme ilustrado na fig. 2A, o intervalo do
25 poço entre os elementos é isolado ou vedado do restante do furo de poço, a fim de que a recuperação de fluido do

intervalo possa ser conduzida através das ferramentas acima descritas e dentro do tubo de perfuração 12.

Um conjunto de bomba giratoriamente operado 23, que é funcionalmente separado do conjunto de bomba superior 17, é conectado entre os dois obturadores e adaptado para alimentar fluido sob pressão ao obturador superior 21B, para inflar o mesmo em engate selante com a parede do furo de poço, em resposta à rotação da coluna tubular 10 estendendo-se para cima até a superfície. A bomba 23 possui sua extremidade inferior conectada a uma válvula esvaziadora de obturador intermediário 8, que funciona quando operada na extremidade de um teste, para provocar o esvaziamento do obturador 21B. O conjunto de obturador inferior 21B é geralmente de construção similar ao conjunto superior 21A, e possui sua extremidade inferior conectada a uma ferramenta de mola de arrasto para esvaziamento 25, tendo meios 9 engatando por atrito a parede do furo de poço, de forma a evitar a rotação, a fim de permitir a operação de rotação do conjunto de bomba 23. A ferramenta 25 pode ainda incluir uma válvula, que é aberta ao término de um teste, para garantir o esvaziamento do elemento 21B.

Se desejado, outro veículo registrador 27 pode ser conectado na extremidade inferior da ferramenta de arrasto 25 e disposto através de uma passagem apropriada para medir diretamente a pressão do fluido de formação no intervalo isolado, para permitir uma determinação por comparação com

as leituras de pressão do registrador no veículo superior 15, se as aberturas e passagem de teste tiverem sido entupidas por detritos ou semelhantes durante o teste. Além disso, embora não ilustrado na fig. 2, deverá ser apreciado 5 que outras ferramentas, tal como um percussor e uma junta de segurança podem ser incorporados à coluna, por exemplo, entre o conjunto da válvula de teste 13 e o conjunto de bomba 17, de acordo com a prática típica.

Conforme mostrado ainda esquematicamente na fig. 10 2A, a coluna tubular 10 se estende tipicamente para cima até a superfície, onde ela é suspensa para manuseio dentro de uma torre D através de estrutura típica, tal como uma cabeça de injeção S, catarina B e cabo C estendendo-se entre a catarina e o bloco de coroamento S' no topo da 15 torre. A linha morta do cabo possui um transdutor, tal como uma célula de carga sobre ele, para detectar o peso da coluna de perfuração e as ferramentas no furo do poço. A saída do transdutor é acoplada a um indicador de peso W que fornece ao operador da sonda uma indicação visual da 20 quantidade precisa de peso sendo sustentada pelo cabo e a torre em todas as ocasiões. A ponta da linha do cabo se estende até um guincho de perfuração, que é usado de maneira típica para elevar e abaixar o tubo, conforme desejado.

25 Em operação, o fluido de formação é permitido fluir entre os obturadores, a seguir até a superfície através do

tubo de perfuração e de lá para as instalações de teste e de produção. O tubo de perfuração não pode ser prontamente movido durante esta operação de uma zona até a seguinte, porque uma emenda individual de tubo não pode ser removida da coluna, sem primeiro controlar o poço. As seções de tubo emendadas não são também enroláveis, assim que a inserção e extração do furo de poço é demorada.

Técnicas de isolamento podem ser conduzidas rapidamente para zonas de interesse, quando os obturadores de isolamento forem abaixados sobre uma corda de piano ou cabo elétrico. Neste caso, nenhum fluido de reservatório pode ser permitido retornar à superfície, por causa da incapacidade de proporcionar o controle do poço através do cabo de 7 condutores.

A fig. 3 é uma ilustração esquemática de um aparelho de teste com cabo elétrico da técnica anterior usado para avaliação de reservatórios. Medições de fluxo e pressão no fundo de poço são usadas para derivar propriedades de reservatório, tais como crosta, permeabilidade e extensão do reservatório. Na fig. 3 é ilustrada, fora de escala, uma vista parcial de seção transversal de uma linha de comunicação ou cabo elétrico, indicada como 32. A linha de comunicação 32 é normalmente mantida enrolada sobre um tambor 34 mantido a certa distância afastada da cabeça do poço 48. Tipicamente, um operador fica sentado em uma estação operadora 36. A linha

de comunicação 32 passa sobre polias 37 e 38, antes de
passar pelo topo de uma caixa de gaxeta ou lubrificador 40.
A caixa de gaxeta ou lubrificador 40 forma a barreira de
pressão em volta da linha de comunicação 32, no seu ponto
5 de entrada. O restante das peças mostradas completa o
conjunto de controle do poço, tais como os conectores 42 e
46, e as BOPs 44.

Quando existe pressão suficiente no fundo do poço,
fluidos de formação escoam naturalmente para dentro do furo
10 de poço e para cima até a superfície. As características de
fluxo do reservatório podem ser simplesmente determinadas,
pela análise na superfície, ou por abaixamento de uma
ferramenta registradora de produção dentro do furo de poço.
Porém, certa dificuldade surge, quando existe pressão
15 insuficiente no fundo do furo para produzir fluidos do furo
de poço para a superfície. A coluna hidrostática de fluido
dentro do furo de poço restringe a entrada de fluido do
reservatório para a face da formação e para dentro do furo
de poço através das perfurações. A fim de superar essa
20 coluna hidrostática e produzir fluidos do poço, é bastante
conhecido na técnica fornecer 'elevação artificial' de
fluidos, por injeção de um gás, normalmente nitrogênio,
dentro do furo de poço a uma profundidade suficiente para
elevar artificialmente fluidos do furo de poço até a
25 superfície.

A fig. 4 ilustra uma maneira comum de realizar

elevação artificial utilizando injeção de nitrogênio, conforme descrito na Patente norte americana U. S. N° 3.722.589. A Patente '589 descreve um aparelho, que permite ao tubo enrolável ser estendido dentro da tubulação e que
5 permite aos fluidos do reservatório escoarem até a superfície, enquanto que medições de produção são efetuadas. O aparelho pode compreender uma ferramenta registradora de produção hidráulica no modo de memória. A ferramenta mede a vazão e a pressão do fluido, bem como
10 outros parâmetros, como a viscosidade, pH, e semelhantes. A ferramenta registradora de produção é baixada até a zona de interesse através do tubo enrolável. Nenhum isolamento zonal é possível. Nitrogênio ou outro fluido pode ser bombeado abaixo do tubo flexível até uma abertura de saída,
15 a certa distância abaixo do tubo flexível. O gás eleva os fluidos do reservatório, e o gás emana em algum ponto desejado ao longo do tubo.

Esta técnica utiliza tubo flexível, que é armazenada como uma extensão contínua de tubulação de
20 pequeno diâmetro sobre um carretel localizado na superfície. O tubo é injetado no furo de poço por operações bastante conhecidas de tubo flexível empregando uma cabeça injetora de tubo localizada na cabeça do poço, ou próxima a essa. Após a extremidade remota do tubo flexível ter
25 atingido a correta profundidade para injeção do gás, é uma questão relativamente simples de bombear o gás através do

tubo flexível, para produzir a elevação artificial desejada.

Com referência à fig. 4, um poço 50 possui no seu interior um ou mais revestimentos 51 cobrindo o furo de poço, e pode ter outras tubulações, revestimentos ou tubos no seu interior, conforme necessário, todos conforme bastante conhecido na técnica. Acima do furo de poço é fornecida uma cabeça de poço 48, que pode ser de qualquer formato empregado na técnica, a cabeça de poço incluindo dispositivos para suspender tubulações no furo de poço, válvulas, e saídas controladas por válvulas, conforme é conhecido. Acima da cabeça do poço existe tipicamente uma BOP 42 ou outro dispositivo, através de qual uma coluna tubular pode ser estendida sem vazamentos ou pressão de dentro do poço. Um dispositivo injetor de tubo 26 é fornecido, bem como uma guia curva de tubo 24. O dispositivo injetor de tubo 26 é tipicamente sustentado por uma armação 54, e o tubo flexível 22 é tipicamente armazenado sobre um carretel 20, que pode ser montado sobre carrinho ou, conforme ilustrado na fig. 4 transportado sobre um caminhão 53, a fim de ser deslocável entre os locais de serviço. Nitrogênio líquido pode ser bombeado por uma bomba 56 através de um aquecedor 57, para produzir gás nitrogênio de alta pressão, que é então fornecido através de um conduto 55 ao tubo flexível 22 por meio das conexões de fluxo no núcleo do carretel 20. O furo de poço 10, na

maioria dos casos, deverá conter um líquido tendo um nível 60 no poço. Para deslocar o líquido do poço, a extremidade 22a do tubo flexível 22 é injetada no furo de poço pelo injetor 26, a uma posição pouco abaixo da superfície 5 líquida 60. Conforme a extremidade inferior 22a do tubo flexível 22 se move para baixo do poço, nitrogênio gasoso é contínua ou descontinuamente introduzido a uma vazão, a fim de purgar e circular porções adicionais do líquido para cima a partir do poço, através do espaço anular de uma 10 tubulação de poço, tal como o revestimento 51. O líquido é evacuado através de uma saída 63 da cabeça do poço. Após o fluido ter sido removido do poço, uma pressão descendente existe sobre um reservatório 62 na porção inferior do poço. Perfurações de revestimento 61 são previstas, conforme 15 conhecido, de modo que possa existir comunicação fluida através do reservatório 62.

Tentativas têm sido feitas para registrar o fluxo dentro de um furo de poço, a fim de determinar vários parâmetros de reservatório durante a produção dos fluidos 20 do furo de poço por elevação artificial utilizando injeção de gás com tubo flexível. Certas dificuldades têm sido observadas na interpretação dos dados recebidos. Um titular de patente observou que isso era possível, devido à natureza do aparelho usado para tal registro, teorizando 25 que a ferramenta de registro, tipicamente montada sobre o tubo flexível imediatamente abaixo do orifício injetor de

gás, experimenta bolhas de nitrogênio arrastadas no fluido do furo de poço, que está passando através do medidor de fluxo com hélice da ferramenta de registro. Uma teoria adicional é que os efeitos hidrodinâmicos resultantes da
5 injeção do gás para dentro do fluido do furo de poço podem causar turbulências, redemoinhos e semelhantes, e podem ter também um efeito adverso sobre a precisão de medição, conforme determinada pela hélice do medidor de fluxo. Além disso, devido ao tamanho do equipamento de bombeio
10 normalmente empregado com tubo flexível, é necessário bombear quantidades relativamente grandes de gás através do aparelho, uma condição que pode não facilitar a produção dos melhores dados em conjunto com uma ferramenta registradora de produção ligada à ferramenta injetora de
15 gás no tubo flexível.

A fig. 5 ilustra esquematicamente uma melhoria da técnica anterior para o aparelho da fig. 4, conforme descrito na Patente U. S. N° 4.984.634. A patente '634 descreve uma ferramenta injetora de gás 70 tendo pelo menos
20 um orifício de gás 72 localizado geralmente na extremidade inferior de uma coluna de tubo flexível 22 dentro de um furo de poço 50 tendo um revestimento de poço 51. Uma injeção de um gás, tal como nitrogênio através do tubo flexível 22 e para dentro do furo de poço 50 através do
25 orifício de gás 72, fluidos dentro do furo de poço 50 serão artificialmente elevados para fluir para cima através do

furo de poço, como é bastante conhecido na técnica. De acordo com a patente '634, a ferramenta injetora de gás 70 tem conectado, na sua extremidade mais inferior, um elemento adaptador 75, que atua para interconectar a 5 ferramenta injetora de gás 70 com um primeiro conector da cabeça de cabo elétrico 76. Um cabo elétrico 74, permitindo comunicação elétrica da superfície até a cabeça do cabo, passa através do tubo flexível 22, ferramenta injetora de gás 70, adaptador 75, e é conectado aos conectores 10 elétricos dentro da primeira cabeça de cabo 76. Abaixo da primeira cabeça de cabo 76, um espaçador de suporte 79 se estende para baixo até um segundo conector da cabeça de cabo 77 e estabelece comunicação elétrica entre a primeira cabeça de cabo 76 e a segunda cabeça de cabo 77. A segunda 15 cabeça de cabo 77 é então conectada a uma ferramenta registradora de produção 78, de acordo com procedimentos padrão para conexão registradora com cabo elétrico. A ferramenta registradora de produção 78 pode, então, registrar a vazão de fluidos para cima dentro do furo de 20 poço 50. Conforme anteriormente citado, a extensão do elemento espaçador 26 pode ser ajustada a um comprimento, que irá preencher as finalidades desejadas de remover a ferramenta registradora de produção dos efeitos da injeção de gás e permitir o ajuste da vazão dos fluidos do furo de 25 poço dentro do furo de poço 50 com relação a uma vazão de gás disponível através do tubo flexível e para fora da

abertura 72 da ferramenta injetora de gás 70. Em geral, a extensão do elemento espaçador 79 é variada entre cerca de 100 pés a mais de 1.000 pés (cerca de 30 a 300 m).

A fig. 6 ilustra esquematicamente, em elevação lateral, parcialmente em seção transversal, um sistema de comunicação usando um feixe de fibras óticas dentro de um tubo metálico, que foi inserido no tubo enrolável. As fibras óticas transmitem dados, mas não energia. Os sensores do fundo de poço são energizados por a; É ilustrado um tubo flexível 22 tendo um tubo ou conduíte condutor de fibra ótica 86, que pode ser reto, conforme ilustrado. O tubo 86 orienta uma ou mais fibras óticas 92 através do tubo flexível 22. A ponta de terminação da fibra ótica 89 é ilustrada tendo quatro terminações de fibra ótica, enquanto que uma segunda ponta inclui uma vedação de cartucho 93, e uma vedação e retém mecânico 87, que nessa modalidade é uma fixação do tipo compressão. Esta série de vedações 87, 93, e uma vedação de antepara (não ilustrada) conecta vedantemente o corpo 88 ao condutor de fibra ótica 86. A fibra ótica 92 pode ter folgas, que podem ser enroladas em volta de uma haste de suporte do terminal de fibra ótica 94, para uma porção de sua extensão. Uma antepara de fibra ótica nua 96 é prevista, a qual funciona para bloquear o condutor de fibra 86 do furo de poço e os fluidos de tratamento, no caso do conjunto no fundo do poço ou da cabeça do tubo flexível tiver um defeito. Uma série

de conectores 80A, 80B e 82 pode ser empregada, conforme
ilustrado. O conector 80B pode ser um colar roscado.
Observe que um trajeto para fluxo de fluido é proporcionado
através do tubo flexível 22, dos conectores 80A, 80B e 82,
5 e através da cabeça do tubo flexível 82 em 98. O item 85 é
um protetor e pode ser substituído por uma variedade de
componentes.

O sistema de comunicação pode ser um cabo elétrico
ou um sistema de fibras óticas dentro de um tubo metálico,
10 tal como ilustrado nas figs. 6A e 6B acima descritas. Uma
vantagem de usar um tubo contendo fibras óticas é que o
tubo ocupa menos espaço dentro do tubo flexível antes da
operação. No caso do sistema de comunicação incluir uma
fibra ótica, o sensor de pressão pode ser ainda um sensor
15 ótico de pressão. Uma fonte de luz, tal como um laser, é
incluída no carretel de tubo flexível, que ativa o sensor
de pressão.

Uma característica desta invenção é ampliar o
sistema de comunicação após o ponto, onde o nitrogênio
20 emana para baixo até a ferramenta registradora de produção.
Neste caso, as medições de fluxo e de pressão do
reservatório são disponibilizadas em tempo real, o que
agrega substancialmente valor para o cliente. Em uma
modalidade, o aparelho para tal requer um menor sistema de
25 comunicação a partir da ferramenta registradora de produção
até a saída de nitrogênio, onde uma antepara de comunicação

pode ser proporcionada para conduzir dados diretamente debaixo da válvula de nitrogênio até diretamente acima dela. O sistema de comunicação superior, então, conduz os dados de lá até a superfície.

5 Uma característica dessa invenção é ainda fornecer meios para posicionar o sistema registrador de produção sem a necessidade de controlar o poço antes e após a operação. Conforme ilustrado na fig. 5, existe um ponto de saída 72 no tubo flexível, através do qual o nitrogênio é bombeado; 10 isto significa que pode haver problemas para controle do poço. O que é necessário é uma maneira para inserir uma válvula retentora acima do furo 72, a fim de que nitrogênio possa ser bombeado para baixo do tubo flexível, mas fluidos do reservatório não possam entrar. A modalidade ilustrada 15 na fig. 7 apresenta uma solução para esse problema. É ilustrado um carretel de tubo flexível 20 tendo uma porção superior de tubo flexível 22A enrolada sobre ele. Um conector enrolável superior 102 conecta o tubo flexível 22A com uma válvula retentora não enrolável 104, a qual por sua 20 vez é conectada a um conector enrolável inferior 103, e finalmente a uma porção inferior 22B do tubo flexível. A última é fechada pela ferramenta registradora de produção (não ilustrada) e é inserida no furo, até que o conector enrolável 103 esteja ao nível da cabeça do poço. Fluido de 25 controle neutro, tal como salmoura ou água, é bombeado para dentro do tubo flexível, para enchê-lo até aquele ponto. As

gavetas são fechadas em volta do tubo flexível e o conector enrolável é então separado em dois. Observe que existem duas barreiras para o controle do poço: o tubo flexível em si e o fluido de controle; um novo dispositivo, tal como um
5 aparelho de válvula retentora 104, pode ser então adicionado à porção inferior 22B do tubo flexível. O novo dispositivo pode ter um orifício de saída para nitrogênio e uma válvula retentora com dupla chapeleta acima dele. O conector enrolável superior 102 é então fixado ao
10 dispositivo recentemente instalado. O conjunto pode ser agora inserido com segurança no furo de poço.

A fig. 7 ilustra esquematicamente um aparelho da invenção, permitindo que um conector enrolável seja desmembrado em dois, e um componente nele inserido. Embora
15 o tipo de conexão não seja ilustrado, conexões roscadas, conexões de esticador, ou outro tipo de conexão de funcionamento semelhante, pode ser usado. Uma vantagem é proporcionar a introdução de uma válvula retentora, ou outro componente, por ter um sistema que possa ser
20 transportado até a sonda como duas bobinas enroladas entre si. Elas são desenroladas na sonda e um aparelho de válvulas é inserido, o qual permite ao sistema ser instalado sob pressão.

Outro aspecto da invenção é estender esse método e
25 aparelho, para permitir que um sistema de comunicação inferior seja fixado a um sistema de comunicação superior

durante esse processo, bem como fixação de um sensor de pressão.

Os sistemas e aparelhos de tubo flexível até agora descritos não incluem o isolamento zonal dos sistemas da técnica anterior ilustrados, por exemplo, na fig. 2 (teste de formação) e na fig. 3 (teste com cabo elétrico). Quando existem múltiplos intervalos de fluxo, é difícil separar as contribuições de cada zona sem alguma espécie de isolamento zonal. Além disso, o nitrogênio bombeado pode afetar em si os dados sendo medidos na ferramenta registradora de produção, por exemplo, se houver uma zona de perda de circulação abaixo da ferramenta registradora de produção, então é concebível que o nitrogênio bombeado possa ir para lá, ao invés de subir pelo furo até a superfície.

Por esta razão, métodos, aparelhos, e sistemas da invenção podem compreender ferramentas de isolamento zonal, incluindo obturadores tipo copo ou não infláveis para operações de um só furo, e obturadores infláveis para operações com tubos passantes. Um par desses obturadores pode ser posicionado ao longo de uma zona de interesse do reservatório e transmitir fluido até o tubo flexível para uma seção derivadora intermediária. Conforme aqui usado, 'intermediário' significa qualquer local que seja conveniente entre a base do tubo flexível e a superfície.

A fig. 8 apresenta um isolamento zonal. Uma principal vantagem deste sistema é a capacidade de ter o

fluxo da zona de teste dentro do espaço anular, e de ter os fluidos produzidos, controlados de maneira convencional na superfície. Na fig. 8 é ilustrada uma aplicação de furo singelo, onde um tubo flexível 22 é inserido no revestimento 50. O tubo flexível 22 inclui na coluna uma parte de topo de uma conexão enrolável bipartida 102, um sub ou válvula de circulação controlada na superfície 110 (ilustrada no modo de circulação), uma válvula retentora regular, não enrolável 111, uma válvula de duas esferas 112, e uma parte inferior de uma conexão enrolável bipartida 104. São também ilustradas três zonas de produção 130, 132, e 134, em conjunto com os respectivos fluxos 123, 122 e 121. Uma desconexão opcional 113 pode ser proporcionada. É ilustrada uma válvula de fechamento no fundo de poço, controlada pela superfície 114, uma válvula retentora reversível 115 (que pode ser acionada por meios hidráulicos, eletrônicos, ou por fibra ótica), e um par de obturadores convencionais 116 e 117. Um orifício de fluxo 118 pode ser previsto entre dois obturadores 116 e 117, bem como um condutor de medidor 119 que pode conduzir um ou mais sensores no seu interior, e um bico cego 120, que pode incluir uma faca opcional.

O uso deste método, aparelho e sistema inclui o uso de um orifício de circulação acima dos obturadores de isolamento. Um teste, conforme por nós atualmente conhecido, seria muito difícil, devido à comunicação com as

zonas superiores. Esse sistema iria depender dos parâmetros de teste, tal como, quer ou não, a influência das zonas superiores deverão produzir um impacto negativo sobre o teste ou não.

5 O orifício de circulação 135 terá que ser inserido acima das ferramentas de isolamento, e não necessita do desenvolvimento de um conector de tubo ao tubo flexível enrolável, porque a entrada no espaço anular pode ser uma distância relativamente curta acima do conjunto do fundo do
10 poço, mas a interpretação dos resultados de teste será muito mais simples, se a saída de fluido para o espaço anular estiver afastada na subida do furo, tal como acima de todas as outras zonas de reservatório.

 O posicionamento deste sistema pode requerer um
15 isolamento positivo do orifício de circulação 135 durante o posicionamento. Isto pode ser realizado pelo uso de uma válvula esférica do tipo TIW. Esse sistema pode ser usado com ferramentas registradoras de produção do tipo em tempo real ou com memória.

20 A modalidade da invenção ilustrada na fig. 8 fornece a capacidade de executar uma avaliação de teste em uma zona de um reservatório, que irá permitir a influência de outras zonas no teste. A modalidade da fig. 8 ainda permite a circulação seletiva através de uma válvula
25 controlada pela superfície, para permitir a circulação de fluidos de dentro do tubo flexível até o espaço anular do

tubo flexível.

Para muitos reservatórios de camadas múltiplas, será necessário contornar as zonas superiores e fazer com que sua contribuição de fluxo não entre nas medições da superfície, como na modalidade ilustrada na fig. 8. Em tais
5 situações, as modalidades das figs. 9 e 10 podem ser úteis. Essas modalidades irão proporcionar o isolamento zonal necessário e contornar quaisquer zonas superiores, para evitar qualquer influência por parte dessas zonas. A
10 principal vantagem das modalidades das figs. 9 e 10 é a capacidade das zonas de teste fluir para dentro do espaço anular em um ponto acima de outras zonas de contribuição, e ter ainda os fluidos produzidos controlados convencionalmente na superfície, eliminando a necessidade
15 de escoar fluidos produzidos através do tubo flexível na superfície. A fig. 9 ilustra uma modalidade de furo singelo com e sem elevação a gás, que não mistura fluido de uma zona de interesse com fluido de outras zonas.

A fig. 10 ilustra uma modalidade de tubo passante,
20 onde as zonas de produção 130, 132, e 134 estão todas abaixo do tubo 70, e a elevação a gás pode ser proporcionada através do tubo flexível 22. Em algumas aplicações dessa modalidade, o bombeio de nitrogênio para baixo do lado traseiro do tubo de produção pode também
25 fornecer a elevação a gás. Nessa modalidade, os dois obturadores inferiores 141 e 142 são obturadores infláveis

de tubo flexível, enquanto que o terceiro obturador 125 pode compreender um obturador em tandem convencional (mecanicamente acionado) com uma ferramenta de fluxo cruzado. De modo opcional, o terceiro obturador 125 pode ser um obturador inflável instalado no revestimento. Todos os outros componentes são como previamente descritos.

Os métodos, aparelhos e sistemas da invenção compreendem um aparelho de isolamento da coluna central ou intermediária. Esse aparelho pode compreender elementos de vedação tipo copo. Porém, isto irá depender dos parâmetros de teste, e ou inibir a influência das zonas superiores, ou fornecer um isolamento absoluto de uma zona de interesse.

Um sistema de isolamento superior pode ser inserido na coluna central ou intermediária, para permitir extensões de até 3.000 pés (0,91 km) a partir da zona testada até o topo da zona de influência mais rasa. Um sistema conector de tubo a tubo de um tubo flexível, tal como ilustrado na fig. 7, pode ser usado para este fim.

O posicionamento de um sistema de circulação da coluna central pode ser executado, quer por circulação do poço com um fluido de peso controlado, quer pela instalação de um sistema de isolamento interno durante o posicionamento do tubo flexível dentro ou fora do poço. O último método compreende o controle do sistema, para evitar que o tubo flexível caia, deforme, e a prisão por pressão diferencial do sistema, devido ao terceiro arranjo de

obturador.

Métodos, aparelhos e sistemas deste aspecto da invenção compreendem um sistema conector enrolável e bipartido e uma válvula de circulação seletiva, para 5 permitir que fluidos circulem de dentro do tubo flexível até o espaço anular do tubo flexível. O sistema funciona para isolar o tubo flexível abaixo da válvula de circulação para posicionamento e/ou remoção do poço. Um sistema obturador não inflável do tipo copo pode ser empregado para 10 isolar o fluxo no espaço anular do tubo flexível abaixo da válvula de circulação, e outra válvula para funcionar em conjunto com o sistema descrito.

Em outras modalidades, métodos, aparelhos e sistemas da invenção podem compreender a troca, quando 15 desejado, dos dois obturadores mais inferiores (em aplicações de furo singelo) por obturadores hidráulicos, de modo que esses possam ser deixados no poço durante um período do teste de crescimento de pressão, o último podendo ser recuperado ou movido para a próxima zona 20 superior, para ser testado.

Exemplos não limitadores são agora apresentados para instalar sistemas da invenção, que não misturam fluido de uma zona de interesse com fluido de outras zonas.

Uma instalação exemplificante compreende um tubo 25 flexível emendado, onde a emenda é posicionada, baseado na maior diferença entre a zona inferior e a zona superior em

um campo ou área. Estando na região do poço, ferramentas de fundo de poço podem ser instaladas na ponta do tubo flexível. As ferramentas instaladas no fundo de poço incluem ferramentas, tais como: conector do tubo flexível; 5 desconexão opcional (operada por meios hidráulicos ou elétricos, ou operada por outros meios); válvula de fechamento no fundo de poço controlada pela superfície; válvula retentora reversível (operada por meios hidráulicos ou elétricos, ou operada por outros meios) (essa válvula 10 pode ser também integrada ao obturador superior); obturador superior (obturador em tandem convencional para aplicação em furo singelo, espaçamento inflável para aplicação de tubo passante); tubos espaçadores; um sub com orifício, com disco de ruptura opcional para segurança; condutor de 15 medidor, que pode conduzir um ou mais sensores de pressão e temperatura no fundo de poço; obturador inferior (obturador convencional para aplicação de furo singelo, espaçamento inflável para aplicação de tubo passante); e bico.

O tubo flexível será, então, estendido no furo 20 (RIH), até que a seção da emenda fique abaixo do absorvedor. Neste ponto, a injeção do tubo flexível é interrompida, as gavetas variáveis e de descida da BOP são fechadas na tubulação do tubo flexível e testadas, a pressão sangrada, e a cabeça injetora é separada da BOP do 25 tubo flexível. Deve haver suficientes condutores submarinos montados entre a cabeça injetora e a BOP, que está

assentada no topo da cabeça do poço.

Após o condutor submarino ser desconectado, o tubo flexível é abaixado, até que a conexão de emenda fique exposta. A conexão é desfeita, através de uma conexão
5 roscada, conexão de esticador, ou outra conexão similar produzida no conector de emenda. Ferramentas, como aquelas a seguir, podem ser então conectadas entre as metades superior e inferior do conector enrolável bipartido (do topo para o fundo): sub de circulação controlado pela
10 superfície; válvula retentora regular com duas chapeletas; ferramenta de interligação (pode ser também instalada dentro do obturador superior de interligação); obturador superior de interligação (obturador convencional, se na aplicação de furo singelo ou se instalado dentro da coluna
15 de tubos na aplicação de tubo passante. Obturador inflável, se instalado no revestimento, no cenário da aplicação de tubo passante); e válvula de duas esferas.

A conexão do condutor submarino até a BOP pode ser então composta, e as gavetas variáveis e de descida da BOP
20 abertas. A seguir, a tubo flexível pode ser RIH até a profundidade pretendida. Estando na profundidade pretendida, diversos processos podem estar em andamento. Todas as ferramentas podem ser operadas através de componentes hidráulicos, sinais elétricos, sinais de fibra
25 ótica, ou de outra maneira. O método geral é o mesmo, embora a operação específica irá mudar ligeiramente,

dependendo do método de operação das ferramentas.

1) Em primeiro lugar, aplique pressão dentro do tubo flexível, para estourar o disco de ruptura no sub transferido

5 2) Todos os obturadores são, então, instalados ao mesmo tempo.

3) A válvula retentora reversível é aberta, e a válvula de fechamento no fundo de poço deve ser também aberta nesta ocasião.

10 4) É permitido o escoamento do poço, até que a vazão seja constante.

5) A válvula de fechamento controlada pela superfície é então fechada, sendo iniciado o teste de crescimento de pressão.

15 A válvula de fechamento no fundo de poço controlada pela superfície e a válvula retentora reversível controlada pela superfície podem executar a mesma função, de uma maneira que apenas uma delas seja necessária para a operação. Apesar disso, isto não é necessário, visto que o
20 método permite que dois componentes separados executem essas funções de forma independente. As informações de pressão e temperatura são registradas nos medidores, no fundo de poço.

Após os testes serem concluídos, caso seja
25 necessário, um tratamento corretivo pode ocorrer. Para que isto ocorra, a válvula de fechamento deve ser aberta, e o

sub de circulação no fundo de poço precisa ser fechado. O fluido de tratamento é então injetado na formação.

5 Durante a fase de teste do poço, pode haver a necessidade de bombeio de nitrogênio, assim que a válvula de comunicação pode ser aberta e nitrogênio bombeado para aliviar a hidrostática e ajudar a formação em teste a produzir.

Após a primeira zona ser testada, todos os obturadores podem ser desinstalados de uma só vez, movidos 10 para cima, e reinstalados, e o processo pode ser reiniciado para as outras zonas.

Após todos os testes serem feitos, a válvula retentora reversível controlada pela superfície é fechada, e o tubo flexível extraído do furo, até que o conector 15 enrolável bipartido toque no absorvedor. Neste ponto, as gavetas variáveis e de descida da BOP são fechadas, a pressão sangrada, e o conector submarino desconectado.

Todas as ferramentas são desconectadas. Neste ponto, a válvula de retenção reversível está retendo a 20 pressão do poço.

O conector enrolável bipartido é unido, o condutor submarino reconectado, as gavetas da BOP são abertas, e o tubo flexível é extraído do furo. O processo é repetido, até que todas as ferramentas estejam fora do furo.

25 Esse processo é seguro, devido ao uso da válvula retentora reversível, que pode ser novamente operada por

meios hidráulicos, elétricos, ou por fibra ótica.

A fig. 11 ilustra, de modo esquemático, um aparelho de teste zonal da invenção, que afasta o requisito de uma seção dispersora intermediária; ao invés disso, um aparelho de sensor no fundo de poço é incluído em conjunto com um sistema de comunicação, que pode transmitir dados do fundo de poço em tempo real durante os testes. De modo alternativo, um ou mais sensores e componentes de comunicação no fundo de poço podem ser integrados a um conjunto de fundo de poço, conforme ilustrado na fig. 12 abaixo discutida. Os sistemas, conforme descritos, possuem uma vantagem básica, em que eles não necessitam de qualquer sistema de comunicação dentro do tubo flexível. As informações de teste no reservatório são realizadas nessas modalidades com aparelhos de superfície, como nos testes de poço convencionais. O método se baseia no aparelho de válvulas no fundo de poço (válvula retentora 112), para assegurar que somente uma zona esteja fluindo de cada vez para esse aparelho na superfície.

Um dispositivo de comunicação confiável foi descrito com referência às figs. 6A e 6B, que permite o uso do tubo flexível para operações de fluxo e de fluxo invertido. O dispositivo pode ainda ser usado para ativar controles no fundo de poço e transmitir dados de sensores no fundo de poço. Isto leva a outra modalidade da invenção, onde o uso do sistema de comunicação permite a eliminação

de conectores enrolados. Ao invés disso, os aparelhos e medições de teste são conduzidos ao fundo de poço no tubo flexível, usando sensores similares àqueles das operações convencionais com cabo elétrico, aqui descritas com
5 referência à fig. 3. A transmissão de energia no fundo do poço não constitui um problema para o tubo flexível, porque a energia hidráulica é uma maneira muito mais eficiente para conduzir grandes quantidades de energia. Isto não significa que a energia hidráulica precisa ser usada
10 exclusivamente para aplicações no fundo do poço em tubo flexível. Por exemplo, um aparelho usado na presente invenção utiliza uma pequena bateria para comutar uma válvula hidráulica. A posição dessa válvula possui um grande efeito sobre a pressão superficial durante o
15 bombeio, assim que a combinação é semelhante a um transistor: uma pequena quantidade de energia move a válvula, mas a válvula em si controla um grande volume de fluido. Da mesma forma, um aparelho útil na presente invenção utiliza uma bateria para mover uma válvula que
20 controla a condição do fluido bombeado da superfície ser, ou não, desviado para dentro de um obturador inflável (ou um par desses obturadores). Quando os obturadores são inflados, o efeito é que a bobina na superfície está agora em comunicação hidráulica com uma zona do reservatório e
25 está hidraulicamente isolada do restante do reservatório. Grandes volumes de fluido podem ser, então, bombeados da

superfície para dentro dessa zona (por exemplo, para estimular a rocha com ácido) ou, ao contrário, a formação pode ser permitida fluir para dentro da bobina, a fim de remover avarias ou precipitação nas proximidades do furo de poço. Baterias úteis na invenção podem incluir células primárias, células secundárias (recarregáveis), e células de combustível. Alguns produtos químicos úteis para células primárias incluem baterias de cloreto de tionil lítio [LiSOCl_2], lítio dióxido de enxofre [LiSO_2], lítio dióxido de manganês [LiMnSO_2], magnésio dióxido de manganês [MgMnO_2], lítio dissulfeto de ferro [LiFeS_2], zinco óxido de prata [ZnAg_2O], zinco óxido de mercúrio [ZnHgO], zinco-ar [Zn-ar], dióxido alcalino de manganês [MgO_2 -alcalino], zinco carbono para serviços pesados [Zn-carbono], e mercad, ou prata óxido de cádmio [CdAgO]. Baterias recarregáveis apropriadas incluem baterias de níquel-cádmio [Ni-Cd], níquel hidreto metálico [Ni-MH], baterias iônicas de lítio, e outras.

A fig. 12 ilustra esquematicamente um aparelho útil na invenção para transmitir dados de fluxo até a superfície. O fluxo da formação 130 do reservatório é desviado pelos obturadores 141 e 142 para dentro de uma passagem interna dentro de um conjunto no fundo do poço (BHA) 150, que é conectado ao tubo flexível 22 através de um conector 151. Um elemento medidor de fluxo com difusor ou hélice 152 é incluído no BHA 150, e dados de fluxo

transmitidos até a superfície através de um transmissor sem fio 154, que pode ainda operar através de conexão de fibra ótica ou de cabo elétrico.

A fig. 13 é um diagrama lógico esquemático de um método da invenção para testar uma ou mais zonas produtoras de um furo de poço, incluindo as etapas de pressurizar o interior do tubo flexível para estourar um disco de ruptura em um sub transferido; a instalação de todos os obturadores ao mesmo tempo; abertura de uma válvula retentora reversível e de uma válvula de fechamento no fundo de poço controlada pela superfície; permitir que uma zona do poço escoe até que a vazão seja constante, e bombeio opcional de nitrogênio para elevação artificial; fechamento da válvula de fechamento no fundo de poço controlada pela superfície; início dos testes de crescimento de pressão; registro da pressão e da temperatura nos medidores no fundo de poço; determinação se tratamento corretivo é necessário e, em caso contrário, repetição das etapas para outras zonas produtoras.

Em conclusão, métodos, aparelhos, e sistemas da invenção fornecem um mecanismo de válvula no fundo de poço, que usa uma pequena quantidade de energia no fundo do poço para desviar fluidos em uma variedade de maneiras, e onde a operação dessa válvula é controlada pela superfície, quer por uma linha de fibra ótica até a superfície, quer por outros meios, e onde a linha de fibra ótica pode ser ainda

usada para transferir comunicação sobre o estado da
válvula, e sobre parâmetros da operação (de modo
característico, pressão e temperatura, mas pode ser sobre o
pH, vazão, e semelhantes). A válvula pode ser colocada em
5 posição acima de um aparelho acionador de inflagem do
obturador, com um aparelho de fibra ótica transmitindo
dados de pressão, do medidor de fluxo e de temperatura para
a superfície. Os obturadores com espaçamento do aparelho
são, então, inflados de maneira usual, permitindo
10 comunicação hidráulica para e/ou a partir do reservatório.
Fluidos no furo de poço são permitidos fluir para fora do
espaço anular do tubo flexível. Uma bomba pode ser usada
para acelerar esse fluxo de fluido anular. A válvula
retentora em torno do dispositivo de inflagem do obturador
15 pode ser ativada, para permitir que fluido escoe para cima
a partir debaixo da válvula e para dentro do espaço anular.
Isto causa um diferencial de pressão dentro do obturador
com espaçamento, o que provoca o escoamento de pressão da
formação. O fluido da formação contém hidrocarbonetos em
20 potencial, de modo que seria arriscado permitir o seu
escoamento até a superfície dentro do tubo flexível, mas
devido ao mecanismo de válvula, ao invés disso, os
hidrocarbonetos passarão através da válvula e para dentro
do espaço anular. Na superfície, uma BOP em volta do tubo
25 flexível desvia o fluxo anular com segurança para dentro
das instalações de produção, por exemplo, onde ele possa se

estender através do equipamento de teste para analisar as propriedades dos hidrocarbonetos.

Nesse exemplo, se não houver nenhuma perfuração no revestimento acima do obturador com espaçamento, então os dados do medidor d efluxo na superfície podem ser combinados com os dados de pressão no fundo de poço, para detectar propriedades do reservatório, tais como crosta, permeabilidade e danos. Se houver perfurações acima do espaçamento, isto não irá funcionar, porque o medidor de fluxo estaria também medindo a contribuição de quaisquer fluidos fluindo para dentro ou para fora dessas perfurações. Um medidor de fluxo no fundo de poço resolve o problema, e esses dados podem ser também transferidos para a superfície através de por linha de fibra ótica, cabo elétrico, ou transmissão sem fio. Um medidor de fluxo tipo hélice na linha de fluxo é apropriado para um dispositivo de fibra ótica, devido ao fato de quando a hélice gira, ela interrompe e libera alternadamente um feixe de luz, que proporciona um canal de dados para um receptor de superfície. Quanto mais rápido o feixe de luz piscar, mais rápido a hélice estará girando, e maior será a vazão medida.

Por último, para poços com pressão muito baixa no fundo de poço, muitas vezes até o bombeamento do espaço anular na superfície não irá permitir o escoamento dos poços. Em tais casos, o mecanismo de válvula pode ser

ajustado, para permitir que nitrogênio ou outro gás, ou mistura de gases, seja bombeado através do tubo flexível. O gás é sangrado no espaço anular. Abaixo, o fluido do reservatório não terá mais que deslocar uma coluna
5 hidrostática de fluido no espaço anular, e será elevado pelo gás descendente. Isto é uma extensão natural da modalidade da fig. 9 para testes no fundo de poço.

Para um aparelho de válvula um pouco mais complicado, é possível combinar o sistema de válvulas acima
10 com o sistema de inflagem de obturador existente. Assim, em uma posição, fluido (ou gás) da superfície é direcionado para dentro do furo de poço, em outra posição, fluido é direcionado para inflar os obturadores e, em uma terceira posição, existe comunicação hidráulica direta entre o tubo
15 flexível na superfície e o reservatório (p. ex., para bombear ácido). Quando a válvula estiver desviando fluido (gás) de superfície para o espaço anular, ela pode também permitir que fluido da formação através dos obturadores escoe através do espaço anular. Pode haver uma quarta
20 posição, que permita a passagem de fluxo diretamente, através da ferramenta, até qualquer conjunto abaixo. Dados de superfície a serem transmitidos podem incluir temperatura e pressão, possivelmente a pressão em cada um dos orifícios: bobina, espaço anular, obturador,
25 reservatório e abaixo do obturador.

Da mesma forma, se o poço tiver uma construção de

furo singelo, obturadores tipo copo ou não infláveis podem ser usados, ao invés de obturadores infláveis. Ou os elementos de obturador podem ser infláveis diretamente pelo bombeio descendente de fluido através do tubo flexível. Em
5 ambos os casos, um isolamento zonal irá somente ocorrer, enquanto as bombas estiverem ligadas, mas um aparelho de válvula retentora pode ser instalado em uma posição mais elevada na coluna do tubo flexível, para manter a pressão abaixo dela. Isto pode ser mais bem sucedido para o método
10 do obturador inflável, porque a bobina abaixo será um sistema fechado. Devido ao vazamento dentro da formação, um fluxo contínuo de fluido pode ser necessário, para manter os copos isolados, de modo que obturadores não infláveis (ou hidráulicos) possam ser empregados.

15 A condução do fluido de formação para dentro da seção de espaçamento eleva a importante possibilidade de que a zona do reservatório possa ser permitida fluir, até que ela tenha atingido um equilíbrio constante. O fluido do reservatório irá passar por uma medição de fluxo na linha
20 (hélice ou difusor, por exemplo), e estes dados podem ser monitorados juntamente com a pressão no fundo de poço para assegurar o estado constante. Neste ponto, o fluxo em linha pode ser interrompido muito rapidamente e os dados do crescimento de pressão monitorados. Essa é uma melhoria
25 significativa com relação aos testes de crescimento de pressão feitos, usando-se o tubo da ferramenta de

perfuração.

Embora somente algumas modalidades exemplificantes dessa invenção tenham sido descritas acima em detalhes, as pessoas versadas na técnica podem apreciar prontamente, que

5 muitas modificações são possíveis nas modalidades exemplificantes, sem se afastar materialmente dos novos ensinamentos e vantagens dessa invenção. Por conseguinte, todas essas modificações pretendem estar incluídas dentro do escopo dessa invenção, conforme definido nas

10 reivindicações a seguir. Nas reivindicações, nenhuma cláusula pretende estar no formato de 'meios mais função' autorizado pela 35 U.S.C. § 112, parágrafo 6, a não ser que 'meios para' seja explicitamente citado em conjunto com uma função associada. As cláusulas de 'meios para' pretendem

15 cobrir as estruturas aqui descritas, como executando a função citada, e não apenas equivalentes estruturais, mas também estruturas equivalentes.

- REIVINDICAÇÕES -

1. MÉTODO PARA TESTAR UM RESERVATÓRIO DE ZONAS MÚLTIPLAS, enquanto que fluidos do reservatório estão fluindo de dentro de um furo de poço, CARACTERIZADO pelo
5 fato de compreender:

introdução de uma coluna única de tubo flexível no furo de poço com um espaço anular definido por uma superfície externa do tubo flexível e o furo de poço;

instalação de um primeiro aparelho de isolamento,
10 para impedir que o fluido em um local no fundo de furo do reservatório escoe para a superfície através do espaço anular;

ativação de um aparelho de isolamento zonal, abaixo do primeiro aparelho de isolamento, para isolar uma
15 primeira zona;

permissão para que fluido escoe da primeira zona através do tubo flexível;

medição do fluxo e da pressão no fundo de poço do fluido fluindo a partir da primeira zona; e

20 desvio do fluxo de fluido da primeira zona para o espaço anular acima do primeiro aparelho de isolamento para recuperação do mesmo.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de ainda compreender as etapas de
25 desativar o aparelho de isolamento zonal, mover o aparelho de isolamento zonal para uma segunda zona, e ativar o

aparelho de isolamento zonal, para isolar a segunda zona.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato do aparelho de isolamento zonal compreender um par de obturadores infláveis.

5 4. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de ainda compreender a etapa de abaixar a cabeça hidrostática no espaço anular, pelo bombeio de nitrogênio para dentro do espaço anular mediante bombeamento de nitrogênio para dentro do espaço anular.

10 5. Método, de acordo com a reivindicação 4, CARACTERIZADO pelo fato de ainda compreender a etapa de transmitir as medições no fundo do poço para a superfície.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, CARACTERIZADO pelo fato das medições serem transmitidas por
15 fibras óticas.

7. Método, de acordo com a reivindicação 12, CARACTERIZADO pelo fato de ainda compreender o bombeio de um fluido de tratamento, baseado em medições no fundo do poço.

20 8. APARELHO PARA TESTAR FLUIDOS DO RESERVATÓRIO ENQUANTO ELES ESTÃO FLUINDO DE DENTRO DE UM FURO DE POÇO, CARACTERIZADO pelo fato de compreender:

uma coluna única de tubo flexível definindo um espaço anular entre uma superfície externa do tubo flexível
25 e o furo de poço;

sistema de espaçamento de obturadores com

isolamento duplo, ativado para isolar uma zona de reservatório, o sistema de espaçamento conduzido e posicionado pelo tubo flexível

sistema de válvulas controlado pela superfície, o
5 qual permite ao fluido bombeado da superfície fluir para dentro do espaço anular no furo de poço, acima do sistema de espaçamento de obturadores, permite ao fluido bombeado da superfície fluir para dentro de uma zona isolada pelo sistema de espaçamento de obturadores, e permite ao fluido,
10 fluindo da zona isolada do reservatório, fluir para dentro do espaço anular, acima do sistema de espaçamento de obturadores; e

aparelho de medição, posicionado na zona isolada para propiciar medições de fluxo para fluido fluindo para
15 recuperação a partir da zona isolada, em que as medições de fluxo são **transmitidas ao equipamento de superfície** por fibra ótica se estendendo através do tubo flexível.

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, CARACTERIZADO pelo fato dos obturadores do sistema de
20 espaçamento serem obturadores infláveis.

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 9, CARACTERIZADO pelo fato do sistema de válvulas ainda permitir que fluido bombeado da superfície escoe para dentro do sistema de espaçamento de obturadores, para
25 ativar os obturadores.

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8,

CARACTERIZADO pelo fato de ainda compreender um sistema de comunicação, para transmitir as medições de fluxo pela fibra óptica para a superfície.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11,
5 CARACTERIZADO pelo fato do sistema de comunicação compreender pelo menos um sistema de comunicação superior e um sistema de comunicação inferior posicionados na zona isolada.

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8,
10 CARACTERIZADO pelo fato de ainda compreender meios de isolamento posicionados acima do sistema de espaçamento de obturadores.

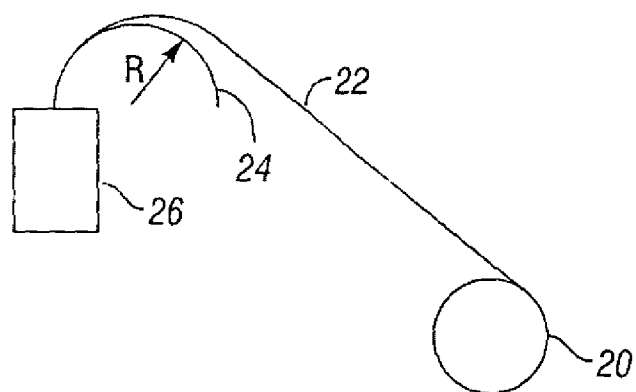


FIG. 1

(Técnica Anterior)

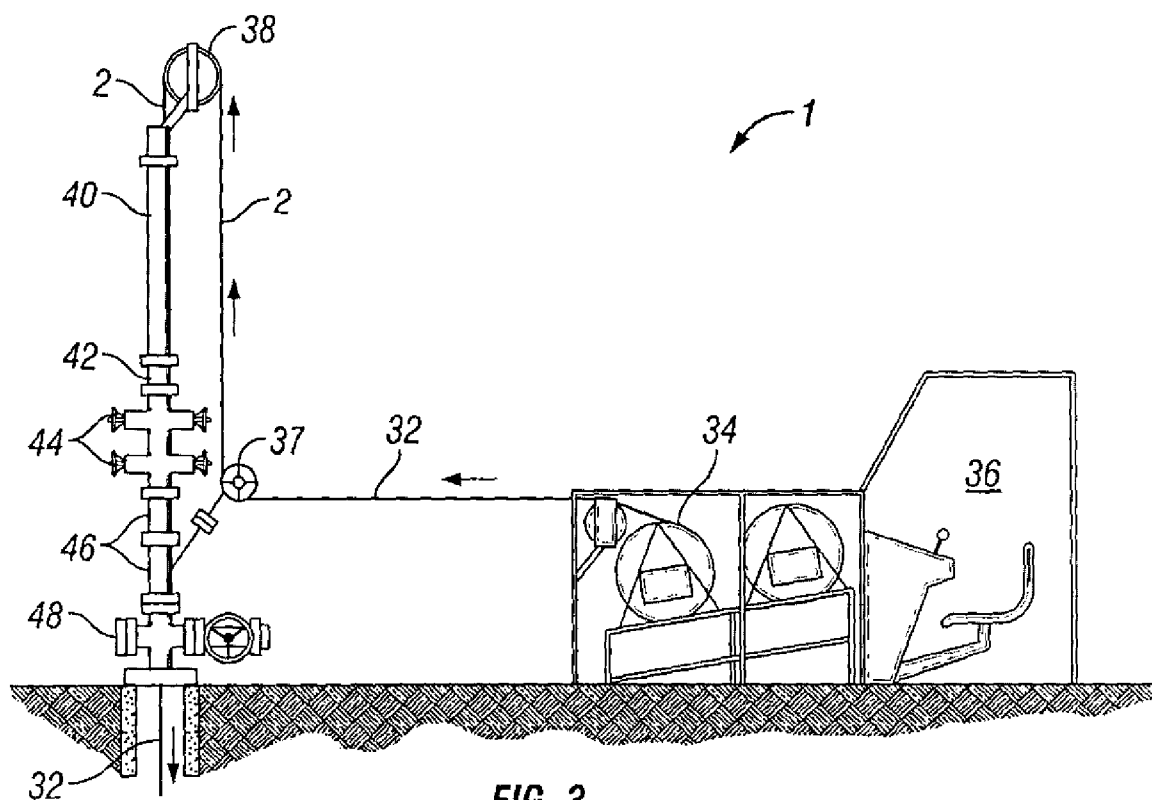


FIG. 3

(Técnica Anterior)

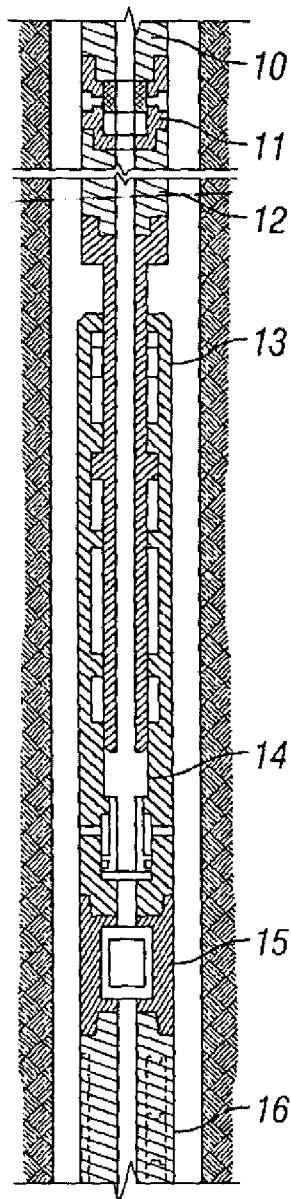
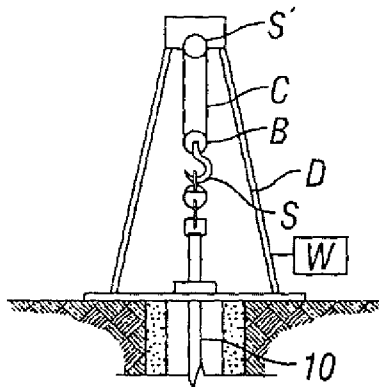


FIG. 2A

(Técnica Anterior)

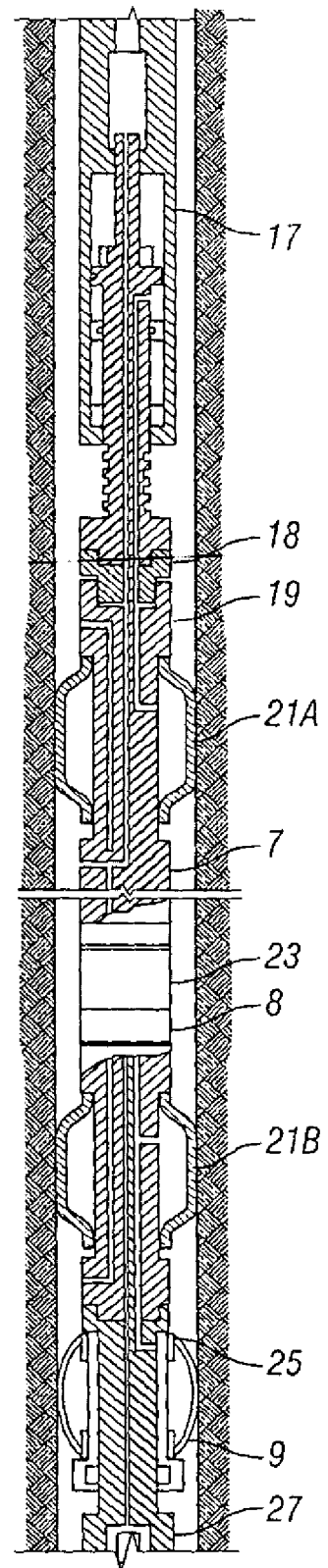


FIG. 2B

(Técnica Anterior)

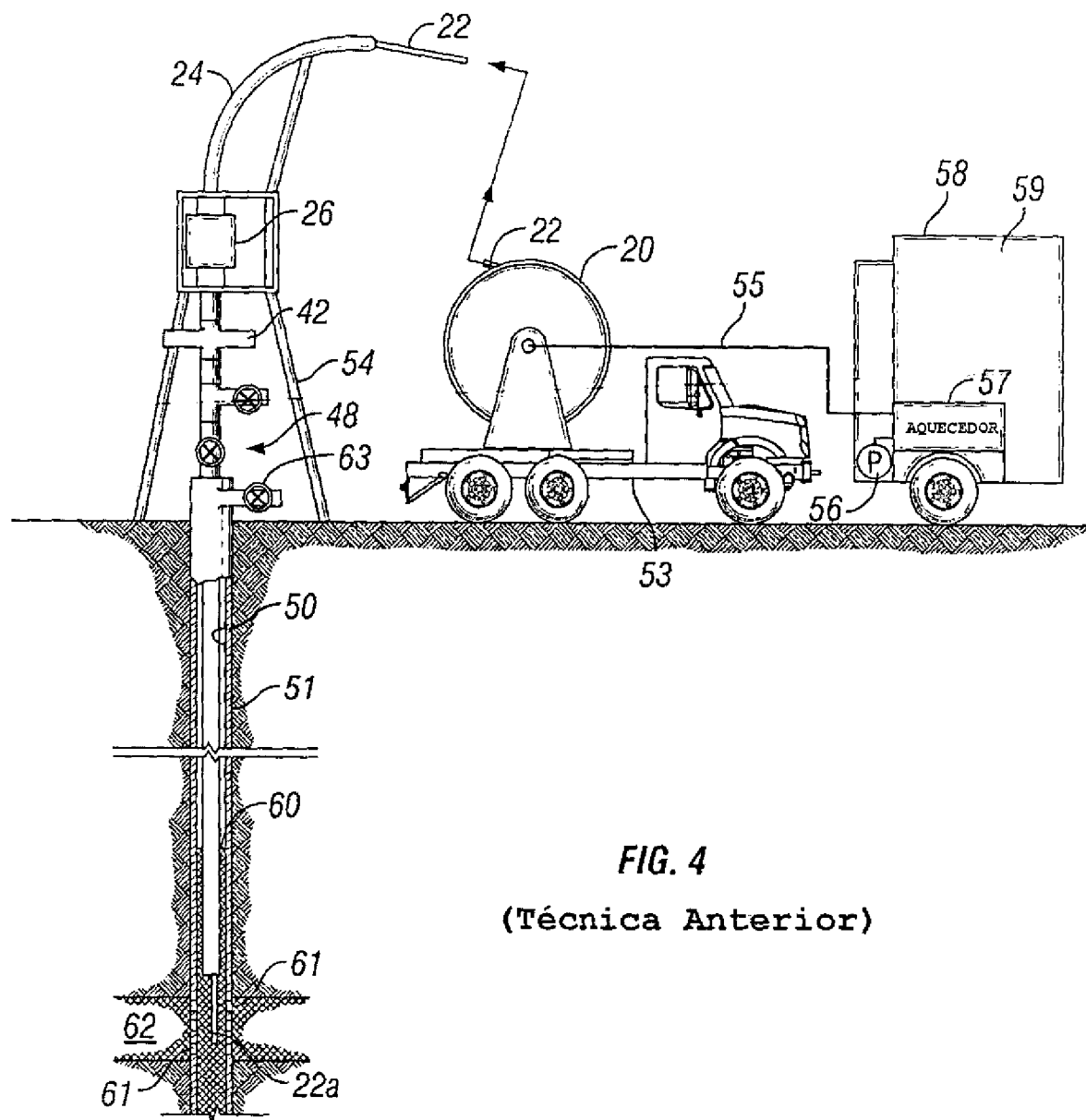


FIG. 4
(Técnica Anterior)

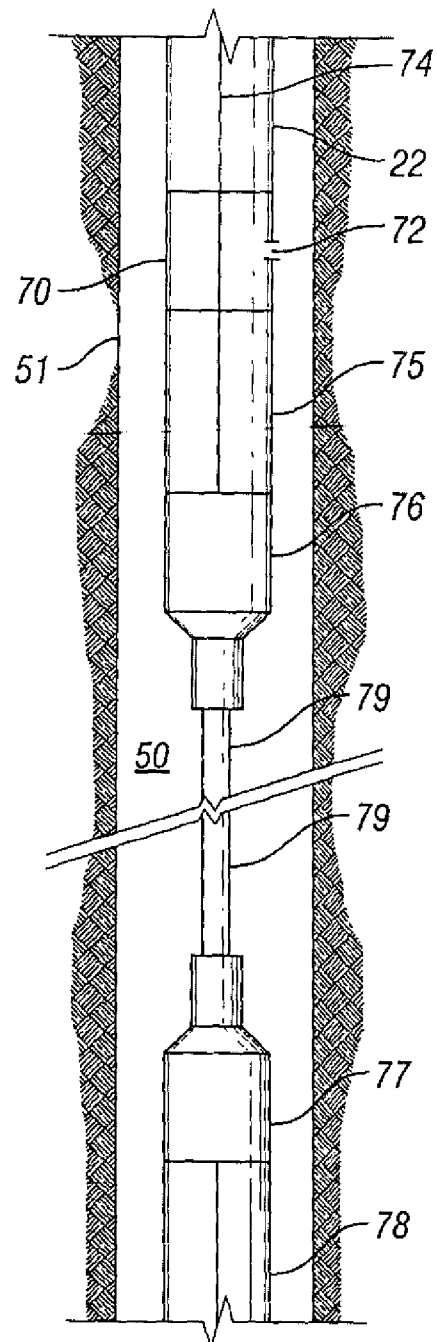


FIG. 5
(Técnica Anterior)

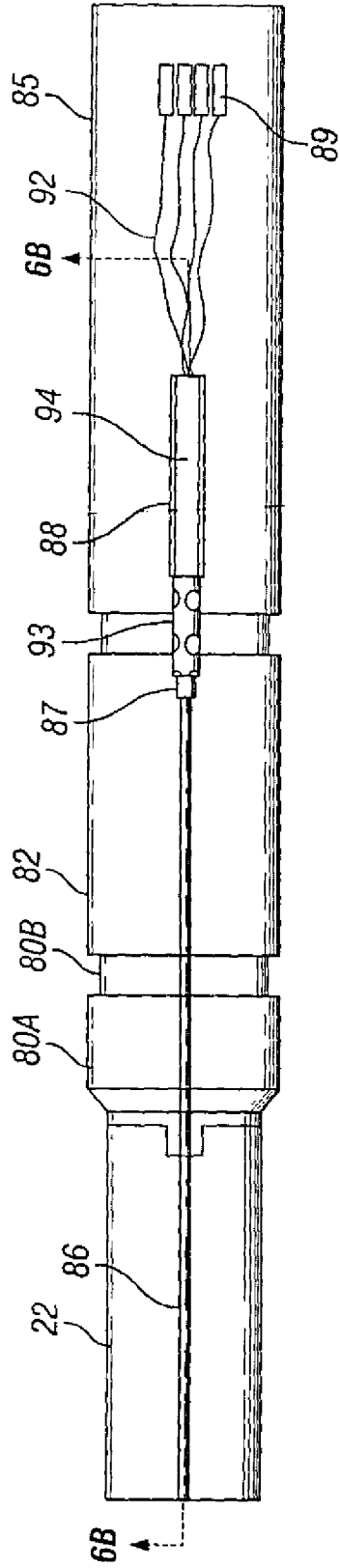


FIG. 6A

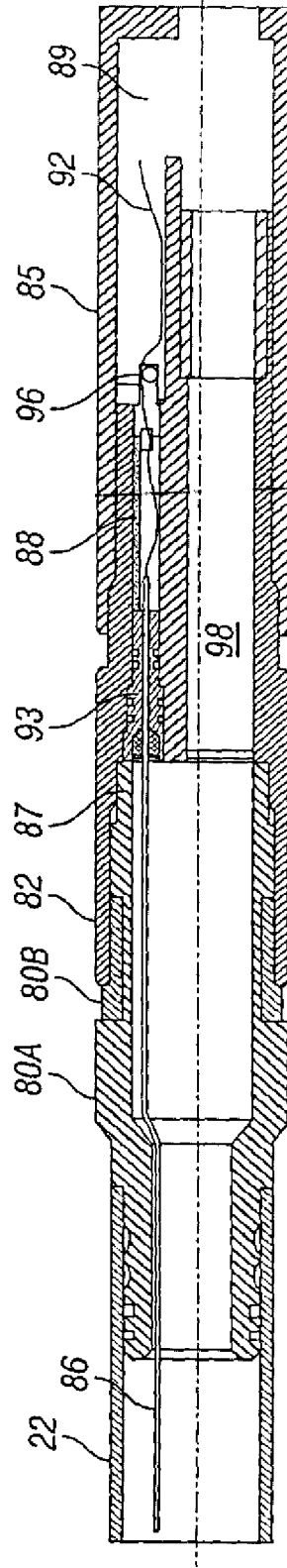


FIG. 6B

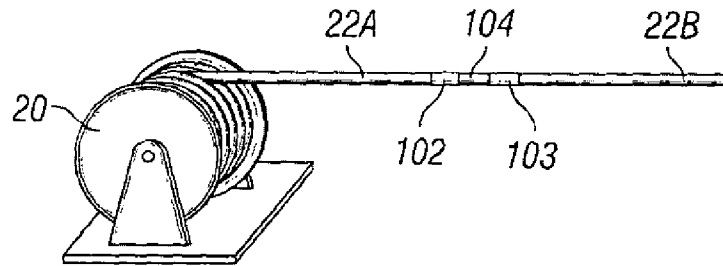


FIG. 7

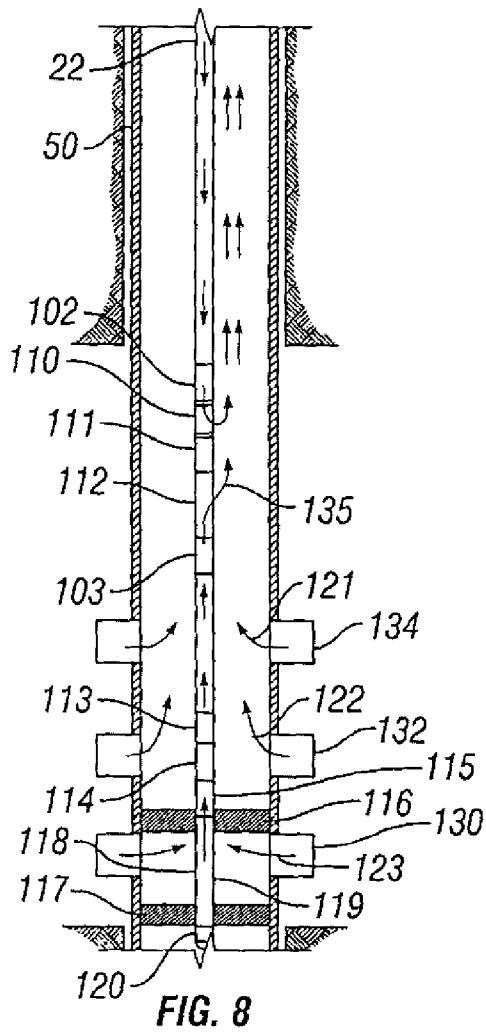


FIG. 8

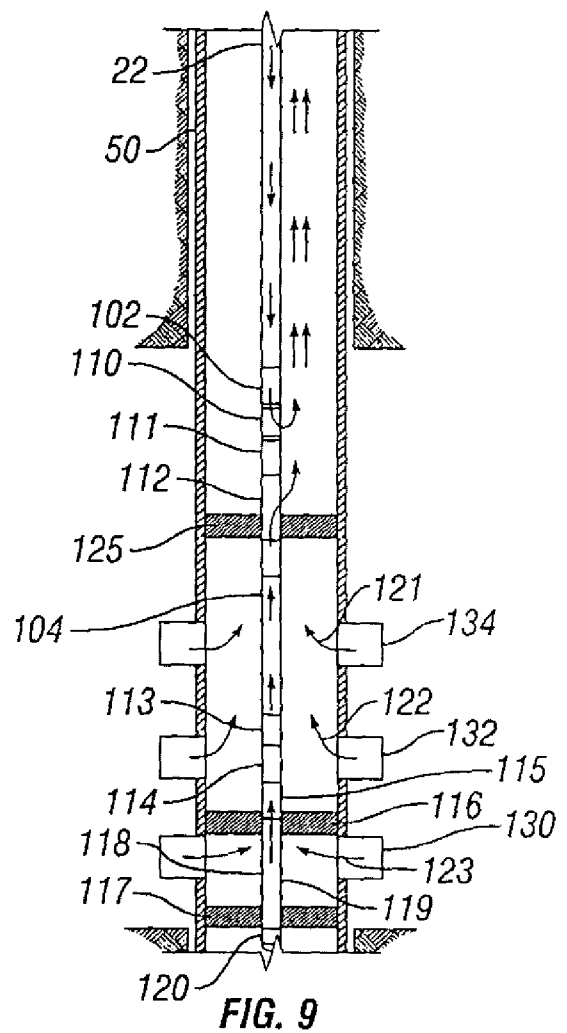


FIG. 9

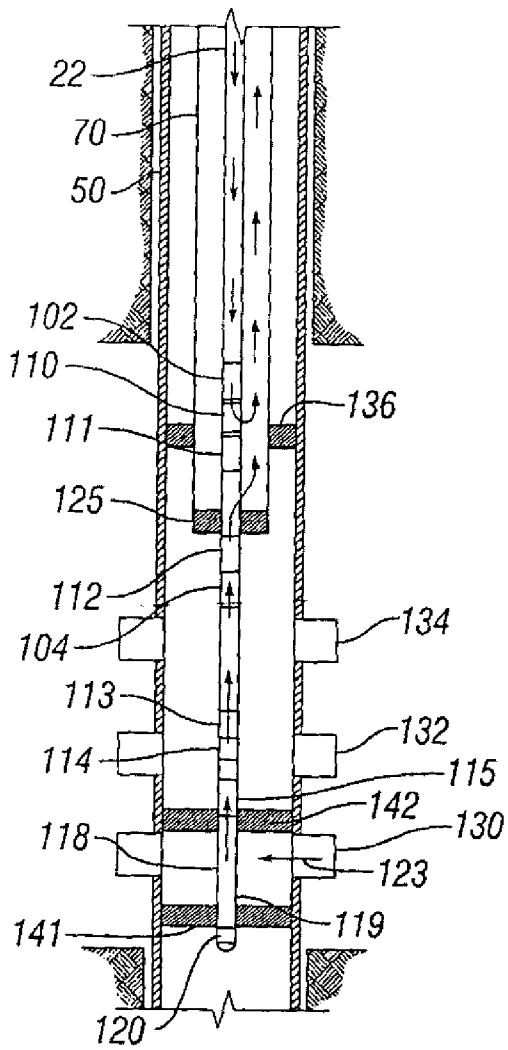


FIG. 10

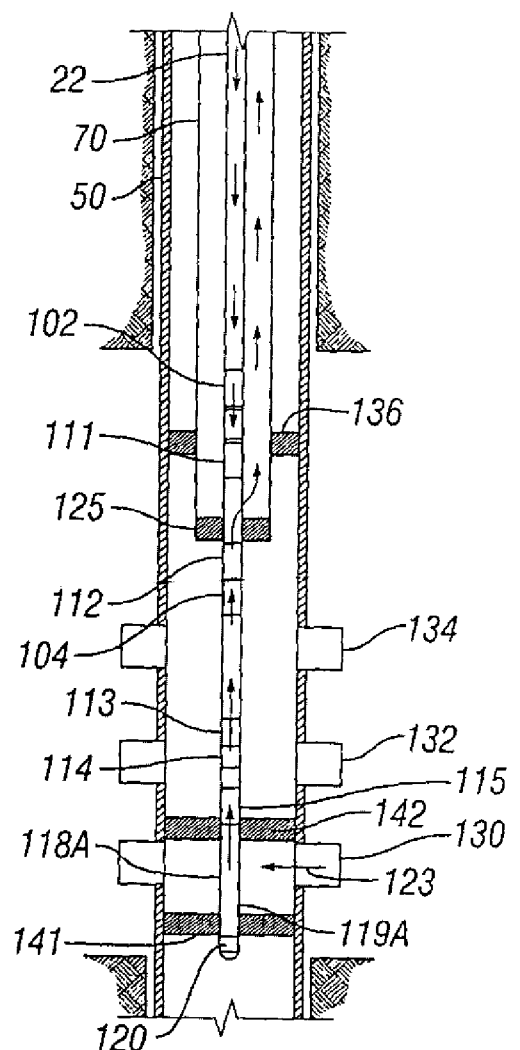


FIG. 11

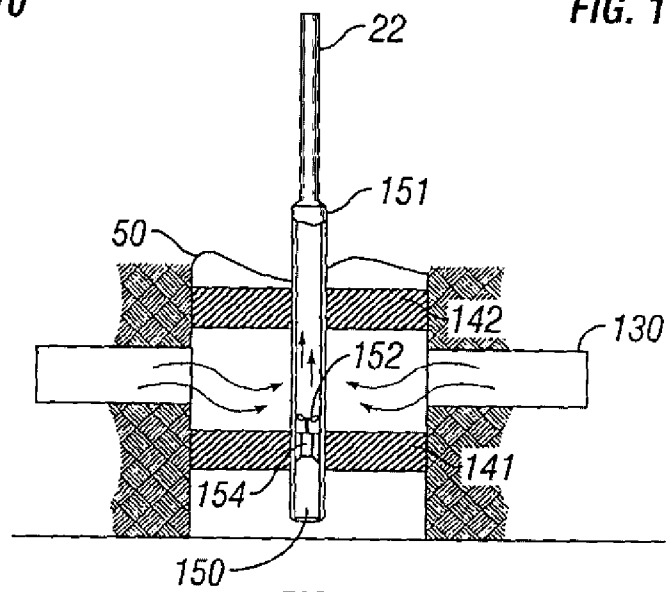


FIG. 12

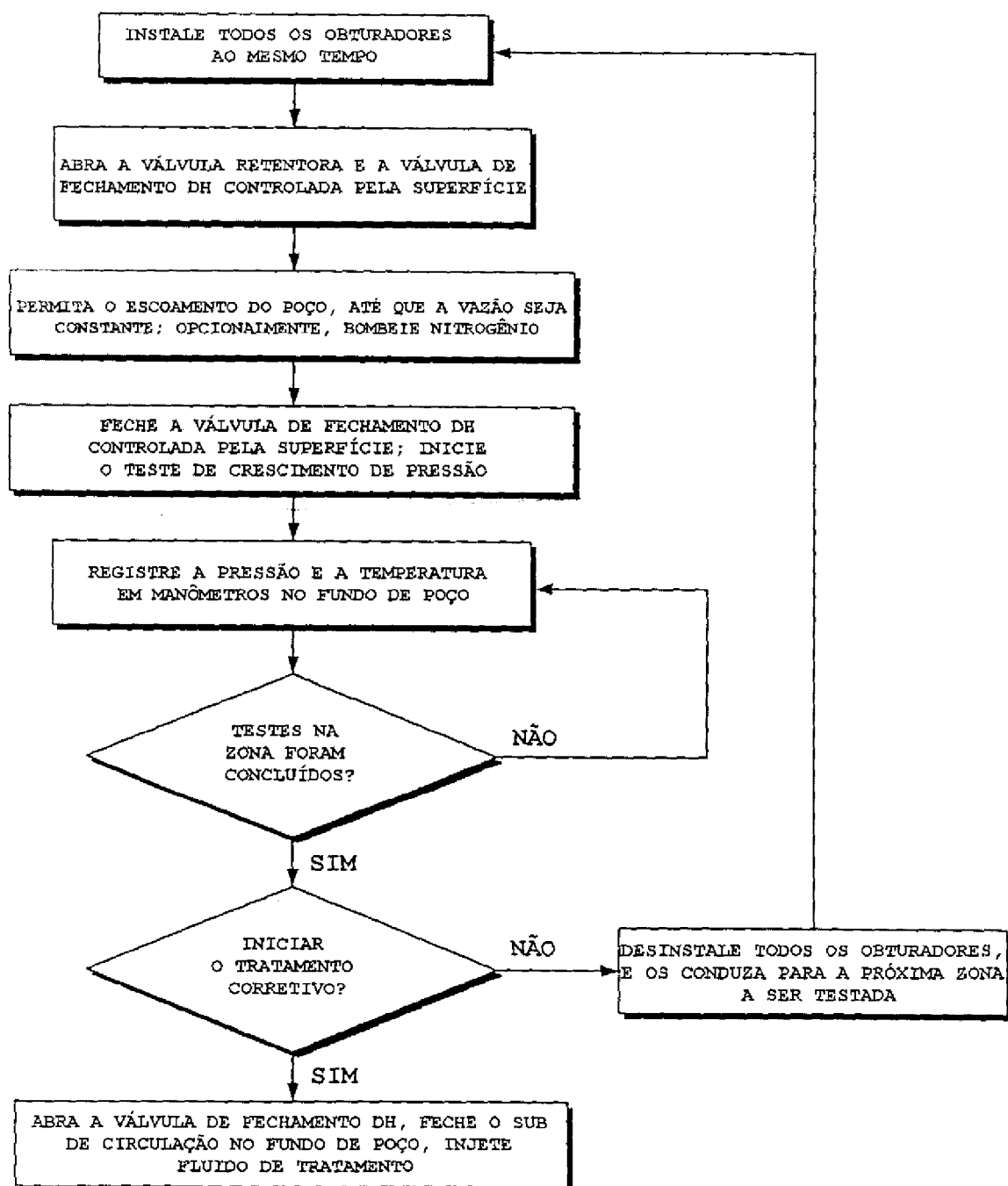


FIG. 13