



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

S U M Á R I O

1	. Introdução	1
2	. Descrição do Processo	2
2.1	. Descrição dos Equipamentos da Cold-box (Caixa Fria)	7
2.1.1	Trocador de Calor reversível	7
2.1.2	Sistema de Retificação	10
2.1.3	Turbina de Expansão	14
2.1.4	Adsorvedor de Líquido Rico	14
2.1.5	Sistema de Adsorção de Oxigênio Líquido Puro	15
2.1.6	Aquecedor	15
2.1.7	Sub - resfriadores	16
3	. Descrição dos Equipamentos Mecânicos	17
3.1	. Sistema de compressão do Ar	17
3.2	. Sistema de compressão e distribuição de Oxigênio Gás	25
3.3	. Sistema de Armazenamento e Vaporização de Oxigênio Líquido	28
3.4	. Sistema de Compressão e distribuição de Nitrogênio Gás	36
3.5	. Sistema de Armazenamento e Vaporização de Nitrogênio Líquido	40
4	. Atividades Desenvolvidas	44
5	. Conclusão	45
6	. Anexos	

1 . INTRODUÇÃO

O Estagiário , Carlos Eloi da Silva Lima , estudante de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal da Paraíba, sob o nº de matrícula 7921143-6 , estagiou' na COPENE - Petroquímica do Nordeste S.A., no SEGAS-Setor de Gases , da UGI - Unidade de Gases Industriais.

A UGI se destina à produção de oxigênio e nitrogênio líquidos e gasosos , a partir do ar atmosférico,utilizando uma planta de destilação do ar previamente liquefeito,caracterizada pelo uso de máquinas rotativas (compressores e turbinas de expansão),trocadores de calor reversíveis (RHE) e pelo processamento e armazenamento de produtos em condições criogênicas.

A COPENE produz o oxigênio para a BASF e para o OXITENO , e o nitrogênio para várias empresas do Pólo Pe - troquímico ,sendo que o nitrogênio também é consumido pela Central de Matérias Primas da COPENE (CEMAP). A produção de líquidos pode ser vaporizada na UGI para distribuição através de tubulações para o Polo, como ' também ,fornecida aos consumidores através de carretas.

O SEGAS é diretamente subordinado à DIVOP (Divisão de Operação), que por sua vez é subordinada à SUTIL (Superintendência de Utilidades), a seguir há o Diretor' Industrial e acima dele há o Diretor Superintendente, por fim, vem o Presidente da COPENE.

2 . DESCRIÇÃO DO PROCESSO :

A descrição do processo a seguir pode ser melhor acompanhada pelo fluxograma simplificado colocado em anexo.

O ar é introduzido no processo através de um filtro de dois estágios que retêm as partículas sólidas de mais de cinco microns de diâmetro, é então comprimido por um compressor centrífugo, acionado por uma turbina a vapor, até a pressão de $6,0 \text{ Kg/cm}^2$ que é a pressão de operação requerida, de onde sai aquecido.

Em seguida a temperatura do ar é baixada até próximo à temperatura da água de refrigeração, pelo contato / com esta, em um trocador de contato direto.

Indo em seguida para os trocadores de calor reversíveis, onde é resfriado quase ao seu ponto de condensação, pela contínua troca de calor entre o ar que entra e o oxigênio e nitrogênio, produtos que saem e uma corrente de nitrogênio residual impuro. Este resfriamento de ar a cerca de -170°C provoca a solidificação da umidade e de praticamente todo o CO_2 contido nele, aderindoos às paredes dos trocadores, e quando começa a cair o rendimento de uma passagem, a cada 15 minutos aproximadamente, passa-se automaticamente o fluxo de ar para uma outra passagem e promove-se a sublimação e arraste da água e CO_2 junto com o nitrogênio re

residual (waste), e são mandados para a atmosfera.

O fluxo de ar resfriado e purificado (livre de água e CO_2) deixando os trocadores de calor reversíveis (RHE) passa para dentro do reservatório da coluna inferior do sistema de colunas duplas. Uma quantidade deste ar flui desta coluna (inferior) dividindo-se em três partes. Uma parte flui para os aquecedores de produto, para aquecimento das correntes de nitrogênio e de oxigênio que saem da coluna de alta pressão, onde é parcialmente liquefeito e retorna para a coluna inferior. Outra parte flui para uma passagem independente na extremidade fria do trocador de calor reversível para manter o balanço térmico e a terceira parte by-passa o trocador juntando-se posteriormente com a segunda parte, onde os fluxos combinados são então expandidos numa das turbinas de expansão até a pressão da coluna superior. Parte deste ar expandido passa, então, para a coluna superior como ar de LACHMANN. O restante, junta-se ao fluxo de nitrogênio residual (waste) antes do aquecedor de nitrogênio residual e posteriormente é jogado para a atmosfera.

Na coluna de retificação inferior, preliminarmente ocorre a separação de ar, num líquido rico em O_2 (chamado líquido rico) coletado no reservatório, e noutro quase puro nitrogênio (chamado líquido pobre) coletado numa bandeja no topo da coluna, abaixo do condensador principal.

O nitrogênio líquido é coletado no topo da coluna inferior após condensação no condensador principal pela troca de calor com oxigênio líquido vaporizando no condensador de banho (condensador de imersão). Parte do nitrogênio líquido coletado no topo da coluna inferior serve como refluxo da coluna inferior e parte é sub-refriado nos sub-resfriadores de líquido pobre/rico, através da troca de calor com o nitrogênio residual e nitrogênio puro, retornando para a coluna superior por meio de uma válvula manual de controle remoto e/ou armazenado como nitrogênio líquido produto. O líquido rico provindo do reservatório da coluna inferior passa através de um adsorvedor, o qual é envolto com sílica-gel, para remover o CO₂ residual e traços de hidrocarbonetos, tal como acetileno, para prevenir acumulação no sistema de retificação. O adsorvedor é feito com um filtro integral para evitar carregamento de pó sílica-gel na corrente de líquido rico.

O líquido rico é, então, sub-resfriado nos sub-resfriadores de líquido pobre/rico, até prévia expansão, através de uma válvula controladora de nível, entrando na coluna superior num ponto abaixo da alimentação do líquido pobre.

Na coluna superior os fluxos de líquidos pobre e rico são finalmente separados em oxigênio e nitrogênio

na pureza requerida e um resíduo constituído substancialmente de nitrogênio .

O oxigênio é coletado como líquido no condensador submerso da coluna superior e é extraído e bombeado por uma bomba de oxigênio líquido passando através de um adsorvedor de acetileno e filtro . Parte do oxigênio líquido retorna para o condensador submerso, o restante deixa a planta como oxigênio líquido (produto) por meio de uma válvula controladora de nível, acionada por intermédio de um controlador-indicador de nível de líquido no condensador submerso.

Oxigênio gasoso como produto é retirado como vapor de um ponto imediatamente acima do condensador e deixa o sistema através do aquecedor de oxigênio e do trocador de calor reversível.

Nitrogênio residual é extraído como vapor, próximo do topo da coluna superior e passa através dos sub-resfriadores líquido pobre/rico e então pelo aquecedor de nitrogênio . O fluxo residual deixa a planta via trocador de calor reversível , finalmente é jogado para atmosfera através do silenciador de nitrogênio residual.

O nitrogênio puro como produto , retirado no topo da coluna superior , sai da planta passando pelos sub-resfriadores líquido pobre/líquido rico , depois pelo aque

cedor de nitrogênio puro e pelo trocador de calor reversível, todos em série.

A finalidade dos aquecedores de nitrogênio e oxigênio é aquecer os fluxos de produto retornando até uma temperatura próxima daquela do ar deixando o trocador de calor reversível assim que as exigências do trocador de calor reversível são perfeitamente satisfeitas.

No retorno através do trocador de calor reversível, as correntes de oxigênio e nitrogênio são reaquecidas quase até a temperatura do ar de entrada. Praticamente todo calor retirado do ar entrando no sistema no curso de sua liquefação e separação é assim reintegrado aos produtos gasosos. Em virtude dos métodos altamente eficientes de troca e isolamento térmico empregado, é necessário prover somente uma pequena ação de refrigeração para manter o sistema em equilíbrio térmico em adição aquele requerido para a produção de líquido após ter sido o sistema, inicialmente, resfriado até a temperatura de operação. A totalidade desta ação de resfriamento é produzida na turbina de expansão.

O sistema do trocador de calor reversível e a unidade de separação de ar são encerrados em carcaça de aço carbono comum. Todos os suportes dentro das carcaças são isolados termicamente da casca externa e dos pisos para minimizar as perdas de frio (contrário de calor) pela condução térmica.

O espaço livre interno à carcaça é completamente preenchido com um eficiente isolante e especialmente escolhido.

A planta é suficientemente instrumentada para permitir observação contínua e controle do processamento das variáveis. Os instrumentos principais e reguladores, estão montados junto aos painéis.

2.1 Descrição dos Equipamentos da Cold-Box (Caixa Fria)

2.1.1 Trocador de calor reversível.

2.1.2 Sistema de Retificação.

2.1.3 Turbina de Expansão.

2.1.4 Adsorvedor de Líquido Rico.

2.1.5 Sistema de Adsorção de Oxigênio líquido puro.

2.1.6 Aquecedor

2.1.7 Sub-resfriadores.

2.1.1 Trocador de Calor reversível

A unidade consiste de seis trocadores. Existem como correntes os fluxos de: ar, nitrogênio residual, nitrogênio produto, nitrogênio de alta pressão, oxigênio produto e mais o ar trumpler.

Os trocadores de calor reversíveis possuem duas funções: a primeira função é esfriar o ar até quase sua temperatura de liquefa -

ção para que possa ser previamente liquefeito para ser separado por destilação em suas partes componentes ; a segunda função é remover os constituintes (água e dióxido de carbono) que se solidificam a temperatura de operação da coluna.

A primeira função se dá pela troca de calor do fluxo de ar em contra-corrente com os fluxos de produtos gasosos . Para obtenção de maior eficiência na recuperação do frio dos produtos que retornam , é necessário haver pequena diferença de temperatura no final da parte quente do trocador de calor e também deve haver pequena diferença de temperatura no final da parte fria.

Fixadas as diferenças finais de temperatura, há ainda um desbalanço térmico entre o ar e os fluxos de retorno. Para estabilizar o balanço térmico , é utilizado um método conhecido por Balanceamento Trumpler, que é passar um fluxo de ar frio , ajudando o trocador na mesma direção dos produtos de retorno , e retira este fluxo do trocador a uma temperatura de -108°C .

O ar entra no trocador de calor reversível, saturado com água . No momento do esfriamen

to , a água será separada visivelmente como líquido , mas como o ar é esfriado abaixo de 0°C , se depositará como gelo nas paredes de passagem . Como o trocador de calor reversível é montado com a parte mais baixa, a água separada inicialmente vai ' descer ou subir até um ponto suficientemente frio para congelar e aderir às paredes. Quando o ar é esfriado a cerca de -73°C , ele está praticamente seco e será esfriado ainda mais até o dióxido de carbono começar a se depositar . O início da separação se dá a -133°C aproximadamente, e o dióxido de carbono contido no ar irá gradualmente diminuindo até a temperatura de saída ' do ar que é de -171°C .

Depois de um certo período de tempo (15 ' minutos aproximadamente), um timer que está incorporado ao sistema para evitar simultânea inversão das duas baterias de trocadores de calor reversíveis , automaticamente induzirá uma série de operações nas ' válvulas inversoras , que invertem as correntes de ar e nitrogênio residual e sublima o dióxido de carbono e a água depositados nas paredes de passagem , jogando-os para a atmosfera .

A capacidade do fluxo residual de retirar o dióxido de carbono e a água depositados, depende naturalmente da diferença de pressão entre ele e o fluxo de ar depositante.

2.1.2 Sistema de Retificação :

O sistema de retificação consiste basicamente de três unidades , a coluna inferior , a coluna superior e o condensador/vaporizador . A função deste sistema é separar o ar acumulado em oxigênio e nitrogênio.

2.1.2.1. Coluna Inferior

A coluna inferior consiste de uma torre contendo 54 bandejas e uma bandeja borbulhadora, a pressão de operação é de $5,9 \text{ Kg/cm}^2$ e a temperatura é entre -172 e $-176 \text{ }^\circ\text{C}$.

O ar é admitido na coluna e passa através do borbulhador, no qual sua temperatura é reduzida para a temperatura de saturação.

Parte do ar depois de retirado da coluna é usado para corrente da turbina de expansão e corrente como ar trumpler do

trocador de calor reversível e parte aquece a corrente de produtos . O restante do ar após elevar-se ao topo da coluna é então enriquecido no mais volátil dos componentes (N_2) até uma certa concentração de oxigênio . No topo, todo o vapor é assim condensado junto do trocador de calor contra ebulição do oxigênio no condensador /vaporizador . Parte desta corrente liquefeita é removida para formar o fluxo de nitrogênio líquido puro . O restante funcionará como refluxo para a coluna inferior enriquecendo-se no menos volátil componente (O_2) atingindo a concentração de 38 % de oxigênio no fundo da coluna neste ponto denominado de líquido rico.

O nitrogênio líquido puro deixa a coluna inferior e é sub-resfriado nos sub-resfriadores. Parte será retirado como produto (nitrogênio líquido produto) para armazenamento , o restante é então expandido na coluna superior, para agir como refluxo . Uma pequena quantidade de N_2 gás de alta pressão , retirada da coluna inferior , passa através do trocador de calor reversível e será usado como

mo gás de selagem e gás de reativação. O líquido rico deixa a coluna inferior através de um adsorvedor de oxigênio. O líquido não retificado o qual removerá alguns traços de hidrocarbonetos e CO_2 . Ele é então sub-refriado nos sub-refriadores e expandido dentro da coluna superior.

2.1.2.2 Coluna Superior

A coluna superior consiste de uma torre contendo 74 bandejas e está montada no topo da coluna inferior. O condensador/vaporizador está na base da coluna superior.

Os fluxos de alimentação desta coluna são : o nitrogênio líquido puro , líquido rico e o ar de LACHMANN (da turbina de expansão).

Os produtos que deixam a coluna são : oxigênio gasoso da base e nitrogênio puro do topo.

O oxigênio líquido é coletado na base da coluna superior onde ele é vaporizado para ceder calor para troca de ca

lor com nitrogênio condensado no outro lado do condensador e vaporizador. Parte deste oxigênio vaporizado é retirado abaixo da primeira bandeja como produto.

O fluxo de oxigênio líquido é bombeado através do adsorvedor, retornando para a coluna. E parte do oxigênio líquido pode ser retirado como produto.

2.1.2.3 Condensador/Vaporizador

O condensador/vaporizador consiste de um trocador de placas aletadas. A função do trocador é de condensar o nitrogênio que chega no topo da coluna inferior e vaporizar o oxigênio no reservatório de fundo da coluna superior, assim fornecendo refluxo para a coluna inferior e calor para a coluna superior.

O conjunto está situado no reservatório de O_2 líquido da coluna superior. O nitrogênio deixa a coluna inferior e é conduzido através de uma passagem para dentro do condensador/vaporizador.

O fluxo é liquefeito e pela passagem

descendente, retorna para o coletor de nitrogênio líquido puro no topo da coluna inferior.

2.1.3 Turbinas de Expansão

São instaladas na planta duas turbinas acopladas ao freio gerador. A função da turbina é para produzir frigorias por expansão isoentrópica do ar de $5,9 \text{ Kg/cm}^2$. Este ar, como já foi mencionado anteriormente, vem da coluna inferior (através do trumpler dos RHE's e do by-pass do trumpler) e é expandido na parte superior da coluna.

A vazão da turbina é controlada pela variação das aletas guias de entrada, as quais são operadas por comando à distância.

Em condições normais de operação, o fluxo da turbina é ajustado pela necessidade de produção de frigorias.

2.1.4 Adsorvedor de Líquido Rico

Este sistema consiste de um par de vasos de aço inox contendo cada um em seu interior pelotas de sílica-gel como adsorvente e um filtro na sua parte superior para reter pó de sílica-gel.

A função desses vasos é de remover qualquer traço de CO_2 , acetileno ou outros hidrocarbonetos

na secção do adsorvedor e qualquer partícula de sílica-gel arrastada na secção do filtro . Sobre condições normais de operação cada adsorvedor é retirado de operação a cada 5 dias para reativação.

2.1.5 Adsorvedor de Oxigênio Líquido Puro

Este sistema compreende duas bombas de circulação de oxigênio líquido puro, junto com um adsorvedor de sílica-gel, também equipado com um filtro de poeira. A função deste sistema é prevenir um acúmulo de hidrocarbonetos no reservatório de fundo da coluna superior . Qualquer uma das bombas opera em um tempo determinado . Normalmente o adsorvedor está em operação , porém , quando o adsorvedor começa a ser reativado o by-pass é usado.

2.1.6 Aquecedores

Os aquecedores são constituídos de umas placas finas de troca de calor em que o oxigênio produzido , nitrogênio produto e o residual são aquecidos à temperatura correta de entrada no trocador de calor reversível . Existem três aquecedores que são : no fluxo de oxigênio , no fluxo de nitrogênio puro e no fluxo de nitrogênio residual.

O oxigênio deixando a coluna superior e o nitrogênio puro e residual deixando os sub-resfriadores passam através dos aquecedores . No caso do aquecedor de nitrogênio residual , o fluxo de N_2 residual saindo do sub-resfriador de N_2 residual pode ser juntado ao fluxo da expansão da turbina de expansão . Um by-pass é provido em volta do aquecedor de N_2 residual para o ar proveniente da turbina . O uso deste by-pass é compulsório durante o resfriamento , como elimina o risco de bloqueio do aquecedor de N_2 residual com CO_2 vindo da turbina de expansão.

2.1.7 Sub-Resfriadores

Os sub-resfriadores tem como função resfriar os fluxos de refluxos para a coluna superior de modo que a retificação seja melhorada . Isto é feito pela troca de calor com fluxo de nitrogênio residual deixando a coluna superior e com o nitrogênio gasoso puro deixando também a coluna superior.

3 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MECANICOS

3.1 Sistema de Compressão do Ar .

3.2 Sistema de Compressão e Distribuição de Oxigênio Gás.

3.3 Sistema de Armazenamento e Vaporização de Oxigênio Líquido.

3.4 Sistema de Compressão e Distribuição de Nitrogênio Gás.

3.5 Sistema de Armazenamento e Vaporização de Nitrogênio Líquido.

3.1 - Sistema de Compressão de Ar

O sistema é constituído por um turbo-compressor, ou seja, um compressor de ar acionado por uma turbina a vapor e um filtro de ar.

O compressor é um compressor centrífugo, fabricado pela DEMAG (Alemanha), do tipo AR 100-8-2, ou seja, uma combinação de oito estágios axiais com dois estágios radiais. Consequentemente, seu eixo possui dois rotores empalhetados na extremidade acoplada que são os estágios radiais e oito secções de palhetas grandes e variáveis que compõem os estágios axiais. A turbina é a vapor, fabricada pela SIEMENS (Alemanha) de tipo condensação a vácuo. Embora não exija muitos cuidados operacionais, devido a ser um compressor simples e os controles pertencerem à turbina, deve-se dispensar toda a atenção normal e comum a equipamentos de grande porte. A sua rotina diária prende-se praticamente

ãs observações ligadas ao consumo de óleo , limites de vibração , diferencial de pressão de gás de selagem , pressão de óleo nos mancais , temperatura e pressão do ar na saída dos estágios e respectivos intercoolers .

O compressor está provido de dois resfriadores interestágios (intercooler do 1º estágio e intercooler do 2º estágio) que estão instalados logo abaixo do compressor , tendo suas tubulações ligadas aos respectivos flanges de entrada e saída de ar de um estágio para outro ; até a saída do 3º estágio o ar que entra pelo bocal de sucção aspirado pelo compressor , tem a seguinte direção de fluxo : passa pelo 1º estágio operacional (formado pelos oito estágios axiais) saindo deste a uma temperatura de aproximadamente 157°C indo ao 1º intercooler onde é resfriado e sai com temperatura aproximada de 40°C seguindo para a sucção do segundo estágio (estágio radial próximo ao acoplamento) de onde é expulso pelo trabalho do disco empalhetado do rotor , saindo com temperatura em torno de 96°C , seguindo para o 2º intercooler ; deixa o 2º resfriador com temperatura também de 40°C e vai para a sucção do 3º estágio , de onde sai com temperatura aproximada de 101°C e segue para o trocador de contato direto.

Os mancais assemelham-se aos de equipamentos con

generes, porém há uma particularidade, isto é, o mancal radial encontra-se alojado dentro do bocal de sucção, suportando a extremidade de eixo naquele ponto.

Sendo um conjunto turbo-compressor, o DEMAG em foco tem o seu controle de velocidade através dos ajustes normais da turbina acionadora, de acordo com a necessidade da carga, aumentando ou diminuindo a rotação dentro das faixas permitidas. Sua proteção e segurança operacional dependem também de uma série de dispositivos ligados ao funcionamento da turbina acionadora, todavia, possui um controle de velocidade que fica a disposição do operador é um sistema especial independente da turbina, que é chamada de "Ante-Surge Central" e as "Blow off Valves" a fim de evitar situações anômalas perigosas e que podem danificar o equipamento em questão. Os recursos técnicos conhecidos e comuns em compressores similares, também existem nesse DEMAG AR - 100 - 8 - 2, e são responsáveis pelas seguintes consequências operacionais:

- a) Parada devida falhas no sistema de água de resfriamento;
- b) Partida automática da bomba auxiliar de óleo, no caso de falhar a bomba principal;

- c) Alarme e o desarme imediato da turbina , no caso de baixa pressão no sistema de óleo ;
- d) Alarme e parada imediata , no caso de movimento axial excessivo ;
- e) Alarme e parada rápida , no caso de vibração acima do limite máximo permitido, e
- f) Alarme e parada imediata , no caso de temperatura elevada nos mancais .

A velocidade normal de projeto está especificada em 6.900 rpm , a máxima é de 7.245 e a mínima 5.520.

Se a velocidade atingir 7.978 rpm, a turbina é desarmada e o compressor paralizado rapidamente , a primeira velocidade crítica é de 2.855 rpm e a segunda atinge 8.856 rpm. O sentido ou rotação é a esquerda (olhando-se pela turbina), no caso de uma rotação acima do normal e a turbina falhar no desarme, o sistema de "anti-surge central" entra em funcionamento e opera as "blow off valves" , descarregando o ar para a atmosfera.

A temperatura normal dos mancais gira em torno de 75°C , se houver um aumento de 23°C (98°C), um alarme é disparado dando sinal para o operador , se continuar aumentando e atingir mais 40°C de temperatura normal (115°C) o compressor será paralizado , a fim de ser corrigido o defeito.

A turbina acionadora do compressor , é do tipo SIEMENS - K - 1101 - 2 de fluxo axial , isto é , o traba-

lho desenvolvido pelo vapor tem o fluxo no sentido axial, conseqüentemente o seu rotor não tem discos empalhetados e, portanto, sem extração de fundo: possui 32 estágios, com as palhetas encaixadas diretamente no eixo variando de tamanho entre as zonas de maior e menor pressão. A proporção que o vapor passa de estágio para estágio dá-se a conversão da energia térmica em energia cinética (trabalho mecânico) transmitido ao eixo pelo torque. Pelo projeto, o torque máximo pode atingir a potência de 9.614 Kw, controle em operação normal, funciona numa faixa de trabalho de 8.430 Km, exigida pelo compressor a uma velocidade de 6 900 rpm, recebendo vapor a 272°C e com pressão aproximada de 15 Kg/cm² (máxima). Consumindo um volume de 66 t/h, o vapor depois de percorrer os caminhos da câmara de ação e estágios de expansão, dirige-se para o bocal de descarga e deste penetra em um condensador instalado logo abaixo da turbina, o qual tem a finalidade de condensar o vapor que é descarregado pela turbina e manter o máximo vácuo necessário ao desempenho da própria turbina.

O vácuo é conseguido inicialmente através dos ejetores e a sua manutenção depende do funcionamento correto dos ejetores e do condensador.

A admissão de vapor na turbina é feita através da válvula de bloqueio rápido (válvula garganta) e das válvulas de controle de vapor (válvulas parciais).

a) VÁLVULA GARGANTA

É do tipo on-off , isto é , são admitidas as seguintes condições : totalmente aberta ou totalmente fechada. A abertura desta válvula é condição necessária para a partida da turbina, contudo , não é suficiente. Esta válvula é fundamentalmente o dispositivo de corte do vapor de admissão da turbina , isto é , qualquer circunstância que incorra em parada da turbina levará ao fechamento imediato da válvula garganta .

b) VÁLVULAS PARCIALIZADORAS

Estas são válvulas de controle que ajustam o fluxo de vapor através da turbina , de acordo com a carga do compressor. Elas são em número de cinco e estão localizadas dentro da carcaça da turbina, são acionadas por um servo-motor que recebe impulso de óleo do governador de velocidade e aciona um conjunto de alavancas inter-fixas, fazendo deste modo , variar a posição de abertura das válvulas parcializadoras e , conseqüentemente , o fluxo de vapor . A abertura destas válvulas é condição necessária e suficiente para por a turbina em funcionamento.

O sistema de comando hidráulico é composto de dispositivos , que permitem o controle de carga através do ajuste de velocidade da turbina e protegem o conjunto contra possíveis anormalidades , desarmando-a quando necessário . Estes dispositivos são .

- Governador
- Servo motor
- Governador de sobre velocidade
- Dispositivo de partida
- Dispositivo de trip de emergencia (trip mecânico)

- Dispositivo de teste de governador de sobre velocidade.
- Dispositivo de proteção contra falha de óleo de lubrificação.

O filtro de ar da sucção do compressor é um elemento de grande importância. A aspiração do ar atmosférico é feita antes do bocal da sucção. Através de uma câmara na qual estão instalados dois filtros, um ao lado do outro, formando uma unidade filtrante.

São duas caixas retangulares, cada uma medindo 3,06 m de altura e 3.83 m de largura, por 0,78 m de profundidade. Estão instaladas numa sala coberta, tendo portas de acesso ao lado, no fundo, há uma janela por onde passa a tubulação da sucção do compressor, na parede frontal há uma janela, grande, com cerca de 9,00 m², em madeira, com passagem permanentes de ar em toda extensão.

Os filtros são de origem inglesa, fabricados pela "OZONAIR ENGINEERINS CO LTD", tem a seguinte nomenclatura: filtro de ar, com esteira em "S", para fabrica, ou filtro de esteira automática, Tipos em "S", para fabrica, Esses filtros seriam montados um atrás do outro, separados em cerca de 1,50 m, mas deve ter havido uma revisão, e montavam lado a lado, na sala acima descrita.

Cada filtro possui : 11 (onze) rolos, feitos em tela de arame ; uma esteira de feltro, especial, com 7 mm de espessura ; um motor elétrico (tipo SP-PH, 115 volts, 2 amperes, série nº N85278-A-8-2-1 rpm) acoplado numa redutora, na

qual uma roda dentada movimenta uma corrente e o eixo da bobina inferior , uma bomba na parte superior ; uma caixa com um dispositivo elétrico , ou chave automática , que liga e desliga o motor.

Quando o instrumento indicador de pressão diferencial , indicar o limite máximo de 0,50 "KG e 0,40", mínimo, o controle elétrico liga ou desliga o motor acoplado à caixa de engrenagem ; este por sua vez faz girar o eixo da bobina inferior e , por transmissão de corrente, gira ' também a bobina superior ; estas bobinas enrolam ou desenrolam a esteira filtrante , o indicador de pressão diferencial mede as condições de sujeiras alojadas no filtro, cujas partículas não podem ser maior do que 5 (cinco) microns .

Um peso , instalado na parte superior da caixa de cada um filtro , possui uma pequena alavanca, a qual ' se encaixa num furo localizado no meio da esteira na extremidade superior que se enrola na bobina , fazendo soar um alarme e acendendo uma luz vermelha , ao mesmo tempo em ' que para o motor , isto indica que o rolo da bobina inferior está carregado e há a necessidade de reposição , ou seja , a volta da esteira filtrante para a bobina superior, e processo se repete tantas vezes seja necessário.

Esses filtros são do tipo seco , indicado para a purificação atmosférica do ar aspirado pelo compressor , ' isento de matérias inconvenientes ao próprio sistema de processamento da VGI , Quando o sistema de filtração for para

lizado toda unidade (VGI) será prejudicada e também interrompida suas operações.

3.2 SISTEMA DE COMPRESSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE OXIGENIO GAS

Os compressores de oxigênio (em número de três) são do tipo alternativo-vertical, acionados por motores elétricos. Eles são de grande porte, combinado com seus equipamentos auxiliares, ou sejam os amortecedores de pulsação e resfriadores dos estágios, os quais estão instalados ao leste e oeste dos compressores. No lado oposto ao do volante e do acoplamento, estão as bombas do sistema de óleo, a bomba principal de engrenagens, está internamente ajustada à carcaça e funciona através do eixo de manivelas, enquanto que a bomba auxiliar está instalada em uma pequena base, externamente, e também é de engrenagens, porém, acionada por um motor elétrico.

Estes compressores são de fabricação suíça, originários da fábrica Sulzer Brothers Limited - Winterthur, Switzerland. São do tipo 4 D - 376, cujos números de série são 7188, 7189 e 7190, respectivamente para A/E/C.

Foram fabricados no ano de 1976, podem fazer a sucção de um volume de gás em torno de 7.244 a 7.960 m³/h, entre 16°C e 32°C de temperatura, exigindo do acionador uma força equivalente a 1.350 Kw, e uma rotação de 320 rpm.

Os acionadores são de fabricação brasileira, mar

ca GE - General Eletric do Brasil S/A - Campinas, São Paulo . São do tipo "K" , modelo 290418 , cujos números de série são respectivamente, 500794 , 500796 e 500795 A/E/C. A potencia é de 2.000 CV , com a tensão de 4.160 volts e 283 Amperes , trifásicos e para serviço contínuo , para uma rotação de 322 rpm . São equipados com resistência elétrica para aquecimento do isolamento , classe "E" , mantendo a temperatura em torno de 65^oC , máxima. Os mancais são de casquilhos e , evidentemente , a lubrificação é feita a óleo . Na parte superior eles possuem uma câmara de ventilação ou exaustão do ar circulante e / ou aquecida . O acoplamento é do tipo "flange rígida" , de acoplagem direta , por meio de dez parafusos especiais, perfeitamente , balanceados e com folga mínima , deixada por ajustagem feita com alargador , com a precisão máxima , obtida , a fim de garantir o alinhamento correto e o mínimo de deflexão nos eixos acoplados.

O suizer - 4D - 376 , é um compressor com quatro cilindros , conseqüentemente , possui quatro pistões e as correspondentes bielas , acionadas pelo eixo de manivelas ou "vira-brequim" , como também é chamado. Os estágios operacionais são três , assim , os dois cilindros de diâmetros maior pertencem ao 1º estágio , o cilindro oposto , isto é , do lado da bomba de óleo , e com o diâmetro menor que os dois estados , compõe o 2º estágio operacional , o cilindro intermediário , com o menor diâmetro de todos , forma o 3º estágio operacional.

O funcionamento desses três estágios operacionais é o seguinte : o oxigênio emanado , precedente da torre superior , entra na linha do amortecedor de pulsação , à temperatura de 32°C , daí é aspirado pela sucção do 1º estágio (dois cilindros com $720\text{ mm } \emptyset$). Simultaneamente os dois cilindros do 1º estágio fazem a impulsão , já a uma temperatura de 150°C e , de $1,2\text{ Kg/cm}^2$ para $3,64\text{ Kg/cm}^2$. Segue para o amortecedor de pulsação instalado antes do resfriador do 1º estágio. Deste resfriador , o oxigênio segue a sua trajetória e passa para o amortecedor de pulsação , saindo daí para o cilindro do 2º estágio (com $580\text{ mm } \emptyset$) , entra com 37°C e sai com 175°C , à pressão de $12,9\text{ Kg/cm}^2$, dirigindo-se nestas condições de impulsão, para o amortecedor de pulsação e, deste , penetra no resfriador do 2º estágio , donde sai com 37°C , passa por outro amortecedor de pulsação e penetra no cilindro do 3º estágio (com $310\text{ mm } \emptyset$) . Aí, é comprimido e impulsionado para o amortecedor de pulsação instalado antes do resfriador do 3º estágio. Sai deste último estágio , com 146°C e à pressão de $34,9\text{ Kg/cm}^2$, passando pelo último amortecedor de pulsação (06º) , o oxigênio penetra no citado resfriador (3º estágio) e segue para o sistema de sua utilização na COPENE , com 41°C e a uma faixa de pressão em torno de 34 Kg/cm^2 .

A água de refrigeração para o compressor é na ordem de $22\text{ m}^3/\text{h}$ e para os resfriadores atinge a $94\text{ m}^3/\text{h}$, numa faixa de temperatura de 30°C com a probabilidade de

um aumento até 10° C.

Cada um desses compressores tem, aproximadamente, cerca de trinta instrumentos, os quais são responsáveis pelas diversas fases de controle operacional, tais como : "trips" , limites de temperatura , limites de pressão acréscimos e decréscimos, dispositivos de segurança e proteção, indicadores de fluxos e vazões , enfim , todo um sistema especial a fim de garantir a operação tranquila dos três compressores .

3.3 SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E VAPORIZAÇÃO DE OXIGÊNIO LÍQUIDO.

O sistema de armazenamento e vaporização de oxigênio líquido é composto por um tanque de armazenamento, tanque pressurizado , bombas de transferência e vaporizador.

O oxigênio líquido saindo da base da coluna superior flui através da válvula controladora de produção de oxigênio líquido para o tanque de estocagem de onde é retirado o oxigênio líquido usado para reposição de nível do tanque pressurizado e fornecimento ao consumidor através de bombeamento e carretas.

Quando a pressão (32.0 Kg/cm^2) na linha de distribuição de oxigênio gás cair devido algum problema (queda de um dos compressores por exemplo) acionará um pressostato situado na linha de recalque que mandará um sinal para a abertura da válvula de controle de saída de líquido

do tanque pressurizado.

O oxigênio líquido sairá do tanque pressurizado passará pelo vaporizador e daí , já na forma gasosa e temperatura adequada fará o suprimento instantâneo,normalizando a pressão da linha de distribuição.

Simultaneamente estará sendo feito o resfriamento das bombas de transferência , após colocados em operação fará o bombeamento através de vaporizador e daí para a linha de distribuição através da controladora de pressão mantendo a distribuição normal.

Agora com o fornecimento sendo feito normalmente através das bombas ,será retirado o tanque pressurizado e colocado novamente em posição de entrada de emergência.

O tanque de armazenamento que tem como finalidade a estocagem de produto oxigênico , consiste de um sistema duplo de tanques , onde o interno de aço inox é o reservatório de líquido propriamente dito e o externo de aço carbono e que fica em volta do de inox , funciona como um cold-box (caixa fria) , havendo entre os dois um espaço livre que é complemento preenchido com um eficiente isolante térmico especialmente escolhido (perlita expandida) para evitar a troca térmica entre o líquido armazenado e a atmosfera , também os suportes do reservatório de líquido são isolados da casca externa e dos pisos ,desta forma evitando a perda do material armazenado (oxigênio líquido) por evaporação.

O espaço onde está o isolante térmico é constan

temente pressurizado com nitrogênio gás, mantendo uma ' atmosfera inerte evitando a formação de gelo ,devido con- tato das paredes frias do reservatório e a unidade con- tida no ar atmosférico , o que seria prejudicial para o conjunto .

Um tanque mediano isolado dessa maneira, pode ' perder por evaporação quantidades pequenas da ordem de 0,1 a 0,2 % de seu conteúdo por dia.

O reservatório está equipado com indicador de nível digital no painel da sala de controle e alarmes so- noros de nível alto e baixo.

Estão instaladas um conjunto de válvulas de segurança (pressão e vácuo) que mantêm a pressão interna do reservatório normal, e descarga para a atmosfera no ca- so de excesso de pressão, para alto nível está instalado válvula ladrão que descarrega o líquido excedente ,logo' que o tanque atingir sua capacidade máxima (100 % = 12.458 M = 1.850 . 013 ton).

Nas tubulações de saída de líquido para suc - ção das bombas , estão instaladas duas válvulas que per- mitem o bloqueio pela sala de controle sem a necessidade de aproximação do tanque (no caso de rompimento de linha por exemplo).

Na parte superior há as tubulações de recircu- lação das bombas e de descarregamento de carretas, na par- te inferior as tubulações de carregamento de carretas e enchimento do tanque pressurizado por gravidade.

Dados de projeto de tanque de armazenamento :

- Pressão de cálculo tanque 1,5 PSIG + Coluna de Líquido;
- Pressão de cálculo tanque externo 2" H₂O + perlita ;
- Pressão de trabalho tanque interno 1,35 PSIG + coluna de líquido ;
- Temperatura de projeto tanque interno - 183⁰C ;
- Temperatura de projeto tanque externo + 40⁰C ;
- Vaporização normal 0,20 % ;
- Capacidade geométrica tanque 1,815 m³ ;
- Capacidade oxigênica tanque interno 1,660 m³ ;
- Espaço anular-perlita tanque externo 1040 m³ ;
- Peso vazio 119,600 Kg ;
- Peso cheio de produto 2.974.600 Kg.

O tanque pressurizado tem a finalidade de suprir instantaneamente a linha de distribuição de oxigênio gás , evitando variações na mesma e manter completo abastecimento durante o resfriamento das bombas de transferências que leva aproximadamente 20 minutos .

Este tanque consiste de um tanque interno de aço inox que é o reservatório propriamente dito, montado dentro de um envoltório de aço carbono que funciona como um cold-box (caixa fria), havendo entre os dois um espaço anular que é totalmente preenchido com um eficiente material isolante e mantido a vácuo.

O circuito de aumento de pressão interna do tanque , consiste de uma piscina construída ao nível do

so e ao lado do tanque que é cheia de condensado, no fundo da qual está instalada a serpentina de elevação de pressão interna do tanque, no fundo da piscina foi estrategicamente instalado uma tubulação perfurada de maneira que haja borrifamento do vapor no fundo do reservatório o que fará o contato direto do vapor com o condensado contido na piscina aquecendo-o, um controlador manda sinal para a válvula de admissão de vapor controlando a temperatura do condensado em $\pm 70^{\circ}\text{C}$.

A pressão interna do tanque é controlada automaticamente pelo regulador de pressão, o oxigênio líquido flui do fundo do tanque, pela linha de aumento de pressão, válvula controladora, por um filtro e se evapora na serpentina de elevação de pressão e já na forma gasosa retorna ao topo do tanque elevando a pressão interna do mesmo.

O controlador - indicador da pressão sente a pressão interna do tanque modulando a abertura da válvula de saída de líquido para a serpentina mantendo a pressão interna no valor fixado (32 Kg/cm^2) antes e após a piscina vaporizadora há válvulas manuais de bloqueio.

Na parte superior do tanque estão as tubulações de chegada de gás da serpentina, reposição de nível do tanque, linha de despressurização e linha de válvula ladrão ficando no fundo a de saída de líquido para serpentina, e para distribuição.

Circuito de instrumentação é formado de manômetro que indica pressão interna do tanque, indicador de nível por pressão diferencial em polegadas de água, havendo na sala de controle indicação de nível em percentagem e alarme sonoro de alto nível.

No caso de aumento excessivo da pressão interna do tanque, uma válvula alivia automaticamente para a atmosfera (35 Kg/cm^2), no caso da falha da válvula um disco de ruptura alivia automaticamente a pressão (26 Kg/cm^2).

Dados de projeto do tanque pressurizado:

- Altura 6,300mm
- Diâmetro 2,300mm
- Pressão de Operação 35.0 Kg/cm^2
- Pressão de Cálculo 38.5 Kg/cm^2
- Temperatura de Operação -196°C
- Capacidade criogênica 11.279 litros
- Peso vazio 11 ton.
- Peso cheio 23 ton.

As bombas de transferência tem como finalidade a distribuição de oxigênio por bombeamento e a reposição de nível do tanque pressurizado.

São necessários ± 20 minutos, para serem colocados em operação, por serem bombas oxigênicas e necessitarem que a temperatura da carcaça pelo menos se aproxime da temperatura do líquido a ser bombeado, o oxigênio

líquido é succionado do tanque de armazenamento pelas bombas e bombeado (35 Kg/cm^2) através do vaporizador para linha de distribuição.

Geralmente é uma operando e outra de reserva, podendo também operar em paralelo no caso de alto consumo.

São 02 bombas criogênicas centrífugas de 2 estágios de acionador elétrico com seus respectivos manômetros na descarga onde a pressão de recalque é mantido (35 Kg/cm^2) através de recirculação para o tanque e tendo como segurança em caso de perda de escova ou gravitação um pressostato situado na linha de descarga que mandará sinal de desarme do acionador (25 Kg/cm^2) e alarme sonoro na sala de controle.

Por alta pressão de descarga um pressostato mandará sinal de desarme do acionador (37 Kg/cm^2) e sem respectivo alarme sonoro.

No eixo, parte exposta onde há o defletor, uma purga constante com nitrogênio evita a formação do gelo.

Nas tubulações há válvulas de segurança, linha de circulação, linha de enchimento do tanque Pressurizado e descarga geral.

Dados de projeto das bombas de transferência.

- Bomba : 2 estágios ;
- Material do rotor : Bronze ;
- Rotação : 3.550 rpm ;
- Sucção : axial ;

- Descarga : radial ;
- Máxima pressão de sucção : 5 bar ;
- N.P.S.H : 3 - 4 m .
- Vazão . 345 l/minuto ;
- Diferencial de altura : 309 m

Motor :

- Posição : Horizontal ;
- Classe de isolamento : I P 44/E ;
- Rotação : 3,350 rpm ;
- Potência : 75 HP ;
- Voltagem : 480 V ;
- Frequência : 60 HZ ;
- Peso do conjunto : 575 Kg.

O vaporizador tem como finalidade vaporizar o oxigênio líquido .

O oxigênio líquido vindo do tanque pressurizado ou descarga das bombas de transferência ,entra na parte superior do vaporizador a -183°C saindo na parte inferior na forma gasosa a $\pm 40^{\circ}\text{C}$, elevado a troca térmica com o vapor ($1,5 \text{ Kg/cm}^2$ a 120°C).

O vaporizador consiste de um permutador ,feixo-tubular , com o oxigênio passando no interior dos tubos e o vapor na carcaça .

O controle de temperatura de saída do gás é feito por um controlador indicador de temperatura (TIC) ' .

atuando numa válvula situada em uma linha que E_y passa o vaporizador jogando líquido na linha de saída do vaporizador.

Após o vaporizador, está instalado um termostato que em caso de baixa temperatura de saída do gás (10°C) manda sinal para desarme do cionador das bombas de transferência, bloqueio da válvula de saída de líquido do tanque pressurizado e seu respectivo alarme sonoro.

3.4 SISTEMA DE COMPRESSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO GÁS.

Os compressores, em número de dois, que se destinam ao sistema de nitrogênio, o qual abastecem os consumidores instalados no polo, são de origem norte-americana, fabricados pela "JOY MANUFACTURING COMPANG", Divisão Industrial, Departamento de Turbodinâmica - Buffalo - N.Y.U.S.A. São acionados por motores elétricos, fabricados pela General Electric do Brasil S.A. - Campinas - São Paulo.

Trata-se de um compressor centrífugo, "Joy" modelo TA - 50 - MA, cuja capacidade é de $9.413 \text{ m}^3/\text{h}$, girando em torno de 3.560 rpm , operando com nitrogênio seco, em umidade relativa de 0% (N_2); a pressão de sucção é de $14,69 \text{ psig}$, o volume de sucção está em torno de 5.540 ecfm , as variações de temperatura são as seguintes, para a entrada nos quatro estágios: no 1º estágio = 84°F , no

2º estágio = 103⁰F , no 3º estágio = 103⁰F e no 4º estágio = 257⁰F . A pressão na carcaça atinge cerca de 150 psig. A circulação de água para refrigeração gira em torno de 85 m³ . O número de série é : 60-C-5403 A = EF/6201 e 60-C-5403 E = EF/6200.

Os motores elétricos , da GE - São Paulo - Brasil, são de indução , modelo B5K83/167-A2 - tipo "K", carcaça 8311 - potência de 1.500 C.V. Frequência de 60 HZ - código "H" Isolante "E" - Trifásicos - F.S. 1.0 - Tensão de 4.160 volts corrente 208 A - Temperatura em regime contínuo = 90⁰C. Possuem aquecedores com a potência de 800 W e tensão de 240 V.

O sistema de lubrificação é composto de duas bombas : uma principal , movida a motor elétrico , e uma auxiliar movida a uma turbina a ar.

Quando uma deficiência qualquer provoca uma queda de pressão do óleo vindo da bomba principal , a pressão normal de operação é restaurada , corrigida ou restabelecida , pela bomba auxiliar do sistema de óleo , e o compressor continua funcionando . Quando ,porém, a bomba auxiliar falha e não há o restabelecimento da pressão normal de serviço , que é o limite indicado para a operação correta , o compressor será paralizado automaticamente .

O compressor de nitrogênio possui um ejetor que permite a retirada dos vapores do óleo através de uma passagem curva , semi-fechada , por fora da caixa de engrenagens do compressor. O gás é removido e o óleo retorna

ao sistema .

O objetivo do controle da pressão de entrada no sistema é regular a pressão de sucção do compressor e desse modo, controlar, afinal, o volume da carga desenvolvida pelo compressor. Outros fatores de carga devem também ser igualados, para que este tipo de controle seja de fato, eficaz.

O controle da pressão de entrada do sistema é efetuado por um controlador de pressão em conjunto com a válvula de controle de reciclo do compressor. O controlador de pressão atua na parte do controle da pressão na entrada do compressor e transmite um sinal para um controle automático ou manual (um ou outro) que, por sua vez, atua na válvula de reciclo. Quando em manual, o sinal é independente da pressão de entrada do compressor e representa apenas o sinal de pressão selecionado pelo operador. E quando é automático (como no caso UGI), entretanto o sinal é uma função de erro entre a pressão do momento e o "Set Point", da pressão de entrada no compressor. Este sinal é transmitido para a válvula de reciclo a fim de ser mantida uma pressão constante na sucção de compressor.

A função do "Surge Control" é a de limitar o fluxo ao mínimo em condições operacionais momentâneas e desse modo, manter o compressor livre de oscilações bruscas, sempre acompanhadas de vibrações perniciosas e so

brecargas violentas.

Neste caso, o "Surge Control" do compressor está provido de um transmissor de vazão (fluxo) em conjunto com uma válvula de controle de reciclo. O transmissor de vazão dirige a pressão diferencial por meio de um orifício e desenvolve um sinal proporcional de saída em torno de 3 a 15 Psig. No caso de uma queda de vazão de compressor, este sinal de vazão segue atuando no controle da válvula de reciclo para atingir a entrada do controlador de pressão. Em consequência, o transmissor de vazão atua como um dispositivo que assegura um fluxo (vazão) mínimo do compressor através da válvula de reciclo durante os períodos de baixa demanda do processo.

O propósito de reciclo controlado visa objetivo de prover o compressor de um meio ou processo no qual o funcionamento esteja sujeito a um recurso de pressão e "surge control" verã descarregar para a atmosfera, tal, recurso tecnológico ou dispositivo de controle por reciclo, é proporcionado por um sistema, com uma tubulação de 3" que sai da descarga do compressor para conectar-se, ligar-se, à linha de sucção, porém passando por um ramal comandado por uma válvula de controle, que é a válvula de reciclo. É, em outras palavras uma sistema de equalização de pressão ou de equilíbrio entre a descarga e a sucção em relação ao processo da unidade.

o sistema de controle do compressor paralizará o conjunto automaticamente no caso de:

- Faixa pressão de óleo lubrificante;
- Temperatura excessiva no óleo;
- Temperatura excessiva do nitrogênio;
- Vibração excessiva;
- Bomba auxiliar de óleo com pressão muito baixa;
- Excessiva temperatura dos mancais;
- Alto percentual de O_2 no nitrogênio

3.4 - SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E VAPORIZAÇÃO DE NITROGÊNIO LÍQUIDO.

O nitrogênio líquido saindo do topo da coluna interior vai ao topo da coluna superior através das válvulas controladoras de refluxo e parte flui através da válvula controladora de produção de nitrogênio líquido para o tanque de estocagem de onde é retirado o nitrogênio líquido usado para reposição de nível do tanque pressurizado e fornecimento ao consumidor através de bombeamento e carretas.

Quando a pressão ($9,0 \text{ Kg/cm}^2$) na linha de distribuição de nitrogênio gás cair devido a algum problema (queda de um dos compressores por exemplo) acionará um pressostato (com $8,2 \text{ Kg/cm}^2$) situado na linha de recalque, que mandará um sinal para a abertura da válvula de controle de saída de líquido do tanque pressurizado.

O nitrogênio líquido sairá do tanque pressu-

rizado passará pelo vaporizador e daí, já na forma gasosa fará o suprimento instantâneo, normalizando a pressão da linha de distribuição.

Simultaneamente estará sendo feito o resfriamento das bombas de transferência, após colocadas em operação ($15,0 \text{ Kg/cm}^2$) fará o bombeamento através do vaporizador e daí para a linha de distribuição através da válvula controladora de pressão, mantendo a distribuição normal.

Agora com o fornecimento sendo feito normalmente através das bombas, será retirado o tanque pressurizado e colocado novamente em posição de entrada de emergência.

O sistema de armazenamento e vaporização de Nitrogênio líquido possui as mesmas características básicas do sistema de armazenamento do oxigênio, deferindo apenas em alguns dados de projeto.

Dados de Projeto do Tanque de Armazenamento:

- Pressão de cálculo tanque interno: 45 Psig + coluna de líquido;
- Pressão de cálculo tanque externo $2"t/2$ + perlita
- Pressão de trabalho tanque interno 1,35 Psig + coluna do líquido;
- Temperatura de projeto tanque interno: -183°C
- Temperatura de projeto tanque externo: $+40^{\circ}\text{C}$

- Vaporização normal: 0,20%
- Capacidade geométrica tanque interno: 1.815m³
- Capacidade criogênica tanque interno: 1.660m³
- Espaço anular-perlita tanque externo: 1.040m³
- Peso vazio: 119.660 Kg
- Peso cheio de produto: 2.974.600Kg

Dados de projeto do tanque pressurizado:

- Altura 6.300mm
- Diâmetro 2.270mm
- Pressão de Operação 17,6 Kg/cm²
- Pressão de cálculo 19.0 Kg/cm²
- Temperatura de operação -196°C
- Capacidade criogênica 11.279 litros
- Peso vazio 8,0 ton.
- Peso cheio 19,0 ton.

Dados de projeto das bombas de transferência:

- Bomba: 2 estágio
- Material rotor: bronze
- Rotação: 3.550 rpm
- Sucção: axial
- Descarga: radial
- Máxima pressão de sucção: 5 bar
- N.P.S.H. requerida: 3 a 4 m
- Vazão: 418 L/min
- Diferencial de altura: 151 m

Motor

- Posição: horizontal
- Classe de isolação: TP 44/B
- Rotação: 3.550 rpm
- Potência: 50rpm
- Voltagem: 480 volts
- Frequência: 60Hz
- Peso de conjunto: 350 Kg

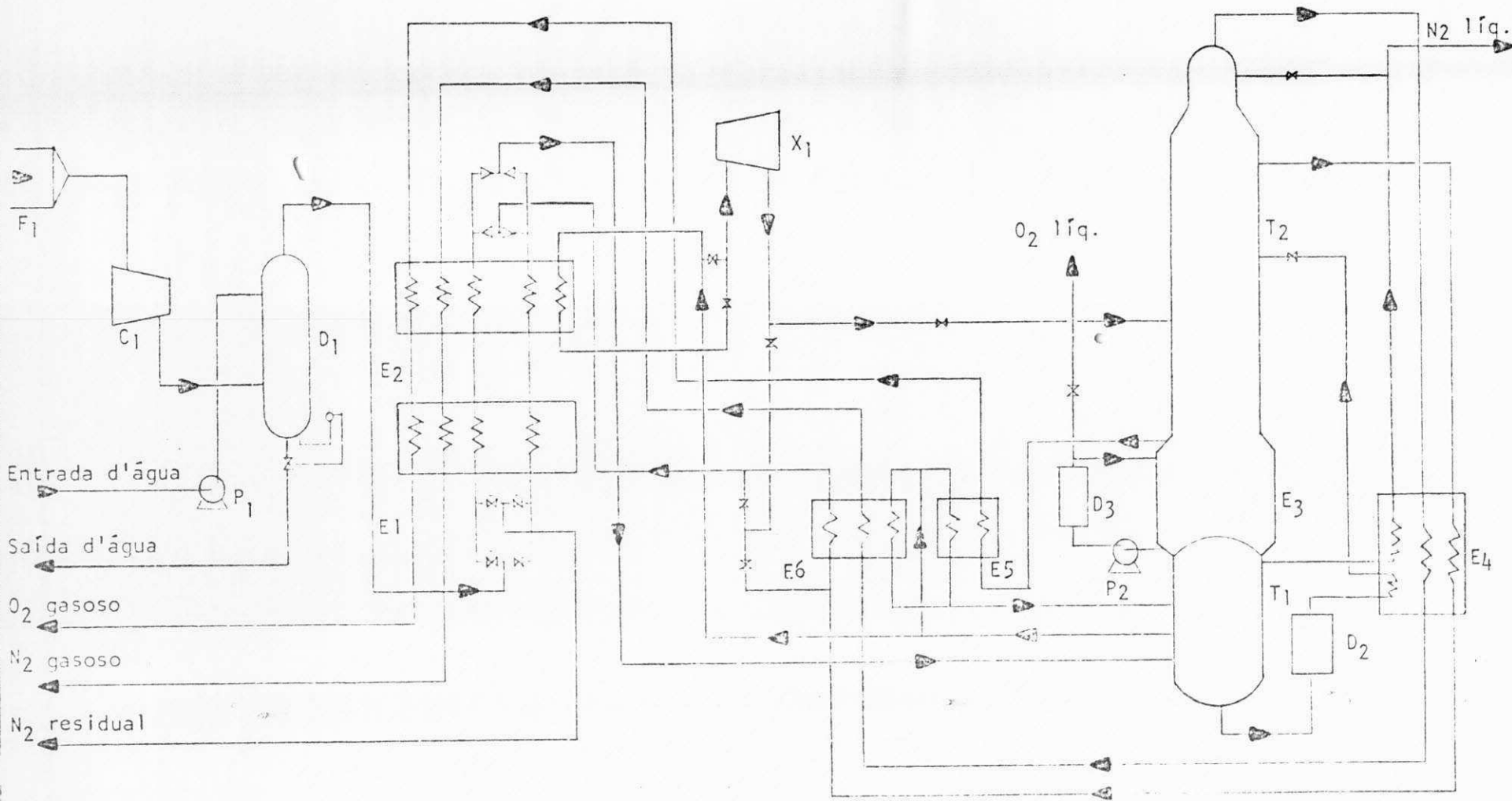
4 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

- Aprendizado de operação da planta de destilação do ar;
- Aprendizado do esquema de operação dos compressores de ar, nitrogênio e oxigênio;
- Acompanhamento dos testes da aparelhagem de segurança do novo tanque de armazenamento de nitrogênio líquido e do vaporizador;
- Acompanhamento da reativação do adsorvedor do CO₂ do líquido rico;
- Acompanhamento de substituição de válvulas criogênicas por motivo de defeitos das mesmas;
- Acompanhamento dos testes de vibração do motor, do compressor de nitrogênio, bombas e outros motores elétricos.

5 - CONCLUSÃO

Apesar do estágio ter sido realizado em um período muito curto, devido ao tempo disponível para a sua realização (às férias), não tendo assim condições de desenvolver uma atividade mais complexa e abrangente, achei-o muito interessante e de grande valia por ter sido realizado em uma unidade um pouco diferente das normalmente encontradas, devido as condições do processo (temperaturas criogênicas) com equipamentos especiais para trabalho a frio, os rigorosos cuidados com a segurança em virtude do oxigênio, a grande diversidade de equipamentos mecânicos ali encontrados e o relacionamento com o pessoal da empresa ter sido muito bom.

FLUXOGRAMA ANÁLOGO AO DA UGI



LEGENDA:

- C1 - Turbo-compressor de ar
- D1 - Trocador Direto
- D2 - Adsorvedor do líquido rico
- D3 - Adsorvedor do oxigênio líquido

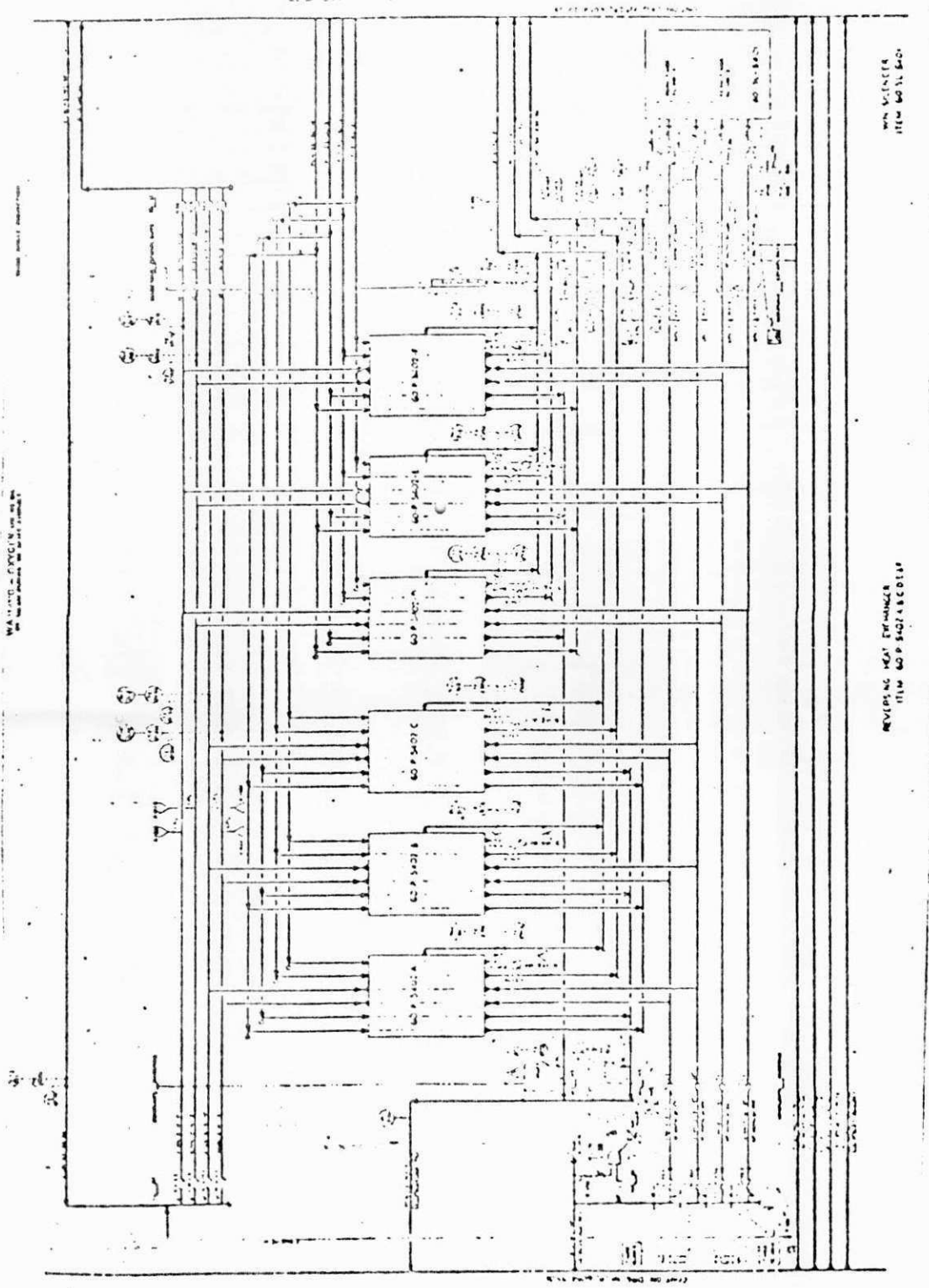
- E1/E2 - Trocadores Reversíveis
- E3 - Condensador/refervedor
- E4 - Subresfriadores de liq. rico e liq. pobre.
- E5 - Aquecedor de O₂

- E6 - Aquecedor de N₂
- F1 - Filtro de ar
- P1 - Bomba de água
- P2 - Bomba de oxigênio líquido
- T1 - Coluna inferior
- T2 - Coluna superior
- X1 - Turbina de expansão



SISTEMA DE PURIFICAÇÃO, RESFRIAMENTO E DESTILAÇÃO DO AR.

Nº
PÁGINA
EMISSÃO
APROVAÇÃO



REV. 01/11/80

REV. 02/11/80

ILUSTRAÇÃO 02

REVISÃO	1	2	3	4	5	6	7	8
APROVAÇÃO								
DATA								

PROJETO
ELEGANT

SISTEMA DE COMPRESSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE GÁS

Nº	
FOLHA	05
UNIDADE	ENFERMARIAS
PROJETO	

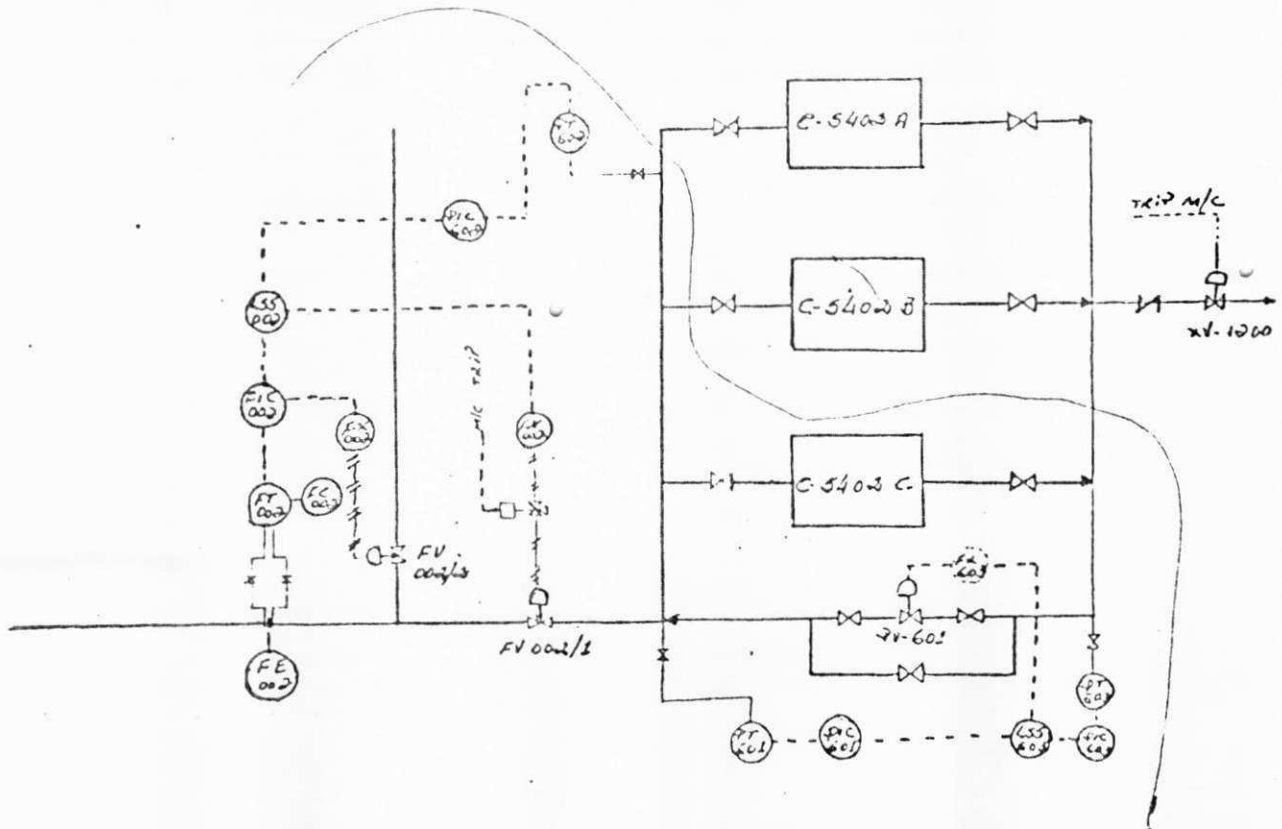


ILUSTRAÇÃO 04

REVISÃO	1	2	3	4	5	6	7	8
APROVAÇÃO								
DATA								

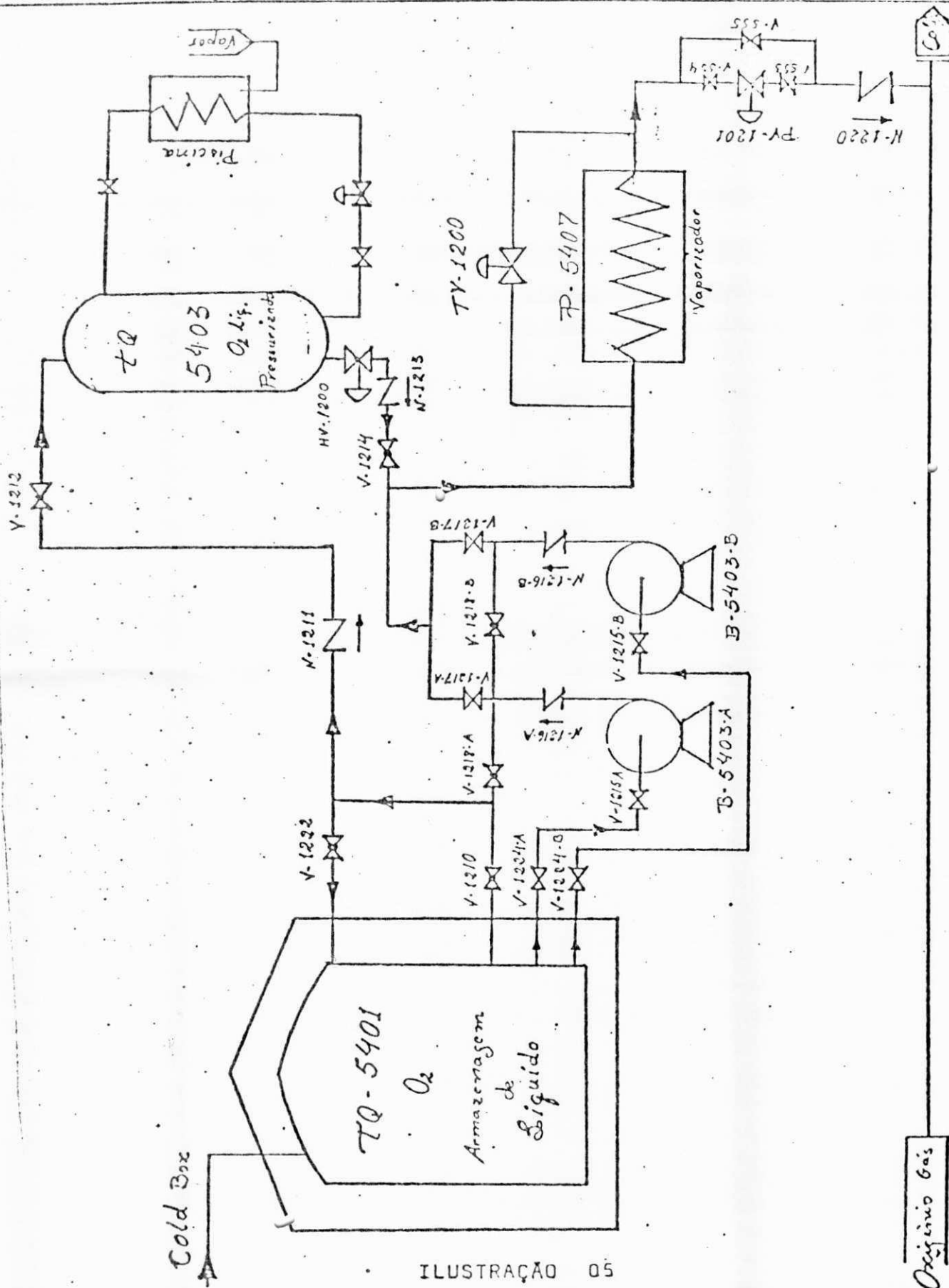
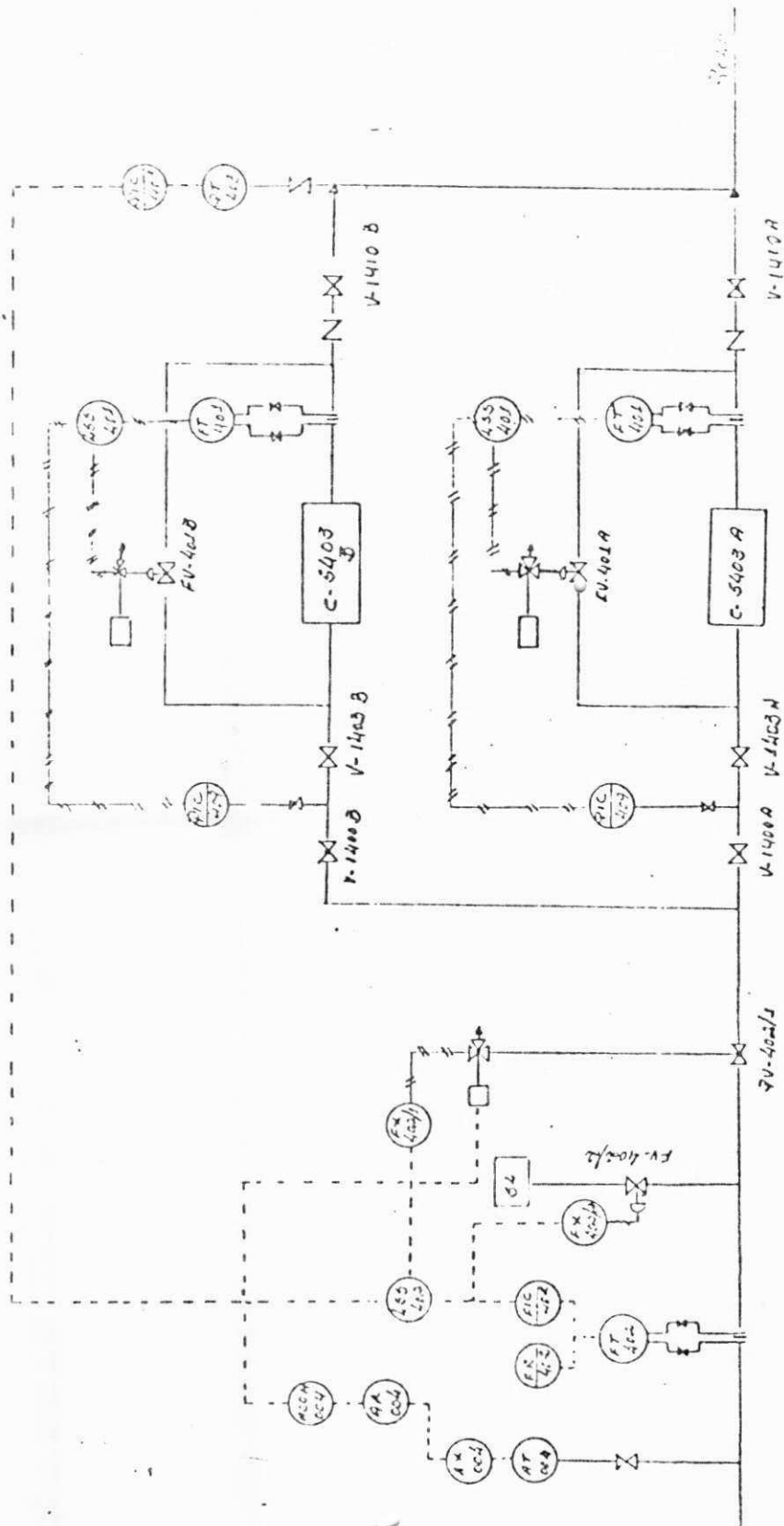


ILUSTRAÇÃO 05

REVISÃO	1	2	3	4	5	6	7	8
APROVAÇÃO								
DATA								

SISTEMA DE COMPRESSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO GAS

F.	
PAG.	04
DATA DE ENTREGA	
APROV.	



Manta de Controle:
 Pressão de Sugaço
 Pressão de Descarga
 Vazão

ILUSTRAÇÃO 07

SEÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8
INDICAÇÃO								
UNIDADE								

Nº	
PAQ.	14
DATA EL.	EM-3520
APROV.	

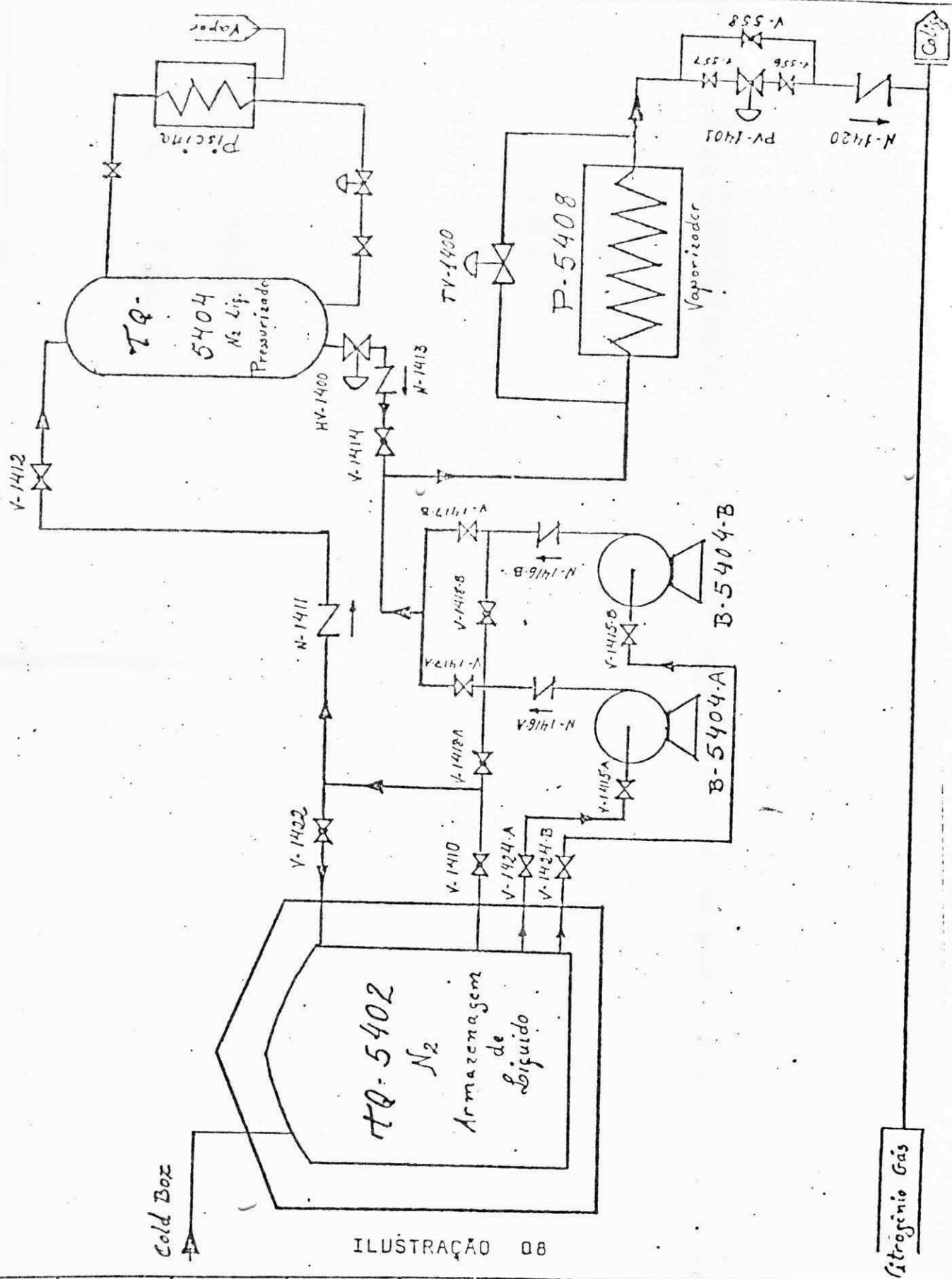



ILUSTRAÇÃO 08

REVISÃO	1	2	3	4	5	6	7	8
APROVAÇÃO								
DATA								

Certificado de Frequência

conferido a CARLOS ELOI DA SILVA LIMA

por sua participação Estágio no Setor de Gases da SUTIL/DIVOP.



[Illegible text]