

OCORRÊNCIA

Conforme item 13.5.4 (Inspeção em vaso de pressão), foi realizado a inspeção periódica em caráter de exame externo e interno do vaso de pressão em 28/07/2025.

13.3.8.1 Imediatamente após a inspeção de segurança de caldeira, vaso de pressão ou tanque metálico de armazenamento, deve ser anotada, no respectivo registro de segurança, previsto nos subtem 13.5.1.7 desta NR, a condição operacional e de segurança.

Constatando-se a condição segura de operação segundo critérios da NR 13 (Norma Regulamentadora 13) publicada na portaria GM 3214\78 M.T.E, com sua última atualização na portaria MTP 4.219\2022 e critérios de segurança físicos da instalação.

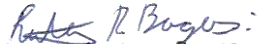
O relatório da inspeção será entregue ao proprietário e\ou responsável do vaso obedecendo ao item **13.5.4.11** no prazo máximo conforme preconiza o item **13.3.8** “*Os relatórios de inspeção de segurança dos equipamentos abrangidos por esta NR devem ser elaborados em até 60 (sessenta) dias ou, no caso de parada geral de manutenção, em até 90 (noventa) dias*”.

Obs. As demais recomendações e resultados dos exames seguem em relatório de inspeção posteriormente a esta inspeção periódica de segurança do equipamento

A PRÓXIMA INSPEÇÃO PERIÓDICA NÃO PODERÁ EXEDER A: JULHO DE 2026

INSPEÇÃO REALIZADA
ALFA SERVICE
Renato Rodrigues Borges
REGISTRO 1008294713D,,

Segunda Feira, 28 de Julho de 2025


Renato Rodrigues Borges
Eng. Mecânico
CREA: 1008294713D-GO

MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO

VP001– RESERVATÓRIO DE AMÔNIA

FRIGOLON

SANTA RITA DO PARDO - MS

JULHO – 2025

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	03
RESPONSABILIDADES DO FABRICANTE	04
RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO E OU OPERADOR RESPONSÁVEL	05
OBSERVAÇÕES DE OPERAÇÃO	06
INFORMAÇÕES DO FLUIDO UTILIZADO NO SISTEMA	07
INFORMAÇÕES GERAIS	08
SEGURANÇA CONSIDERAÇÕES	09
SIMBOLOGIA DE SEGURANÇA	10
SIMBOLOGIA DE PROIBIÇÃO	12
SIMBOLOGIA DE OBRIGATORIEDADE	13
EMERGÊNCIAS	14
OBSERVAÇÕES DE EMERGÊNCIAS	15
CONDICIONAMENTO OPERACIONAL	16
OPERAÇÃO INADEQUADA	17
PERIGOS TÉRMICOS RESIDUAIS	19
PERIGOS RESIDUAIS COM REFRIGERANTE	20
VASO DE PRESSÃO (RESERVATÓRIO DE LÍQUIDO)	21
CARACTERÍSTICAS DA AMÔNIA ANIDRA R717	23
SEGURANÇA OPERACIONAL DO VASOS DE PRESSÃO	26
RECOMENDAÇÕES PARA SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO POR AMÔNIA	33

APRESENTAÇÃO

Utilizado como Depósito de Líquido, e Vasos de Pressão em geral, têm uma série de benefícios, entre elas:

- Fabricados conforme norma de projeto ASME VIII Divisão I e norma regulamentadora NR-13;
- Processos de solda de alta eficiência e alta qualidade por arco submerso (tampas e corpo);
- Materiais certificados e com rastreabilidade total;
- Inspeções de qualidade e testes não-destrutivos;
- Customizações de acordo a necessidade e aplicação;
- Montagens de sistemas completos em fábrica (bombas de recirculação, trocadores a placas, acessórios em geral).

O manual de recomendações para projeto, operação, manutenção e comissionamento, entre outras documentações deverá estar sempre disponível para referência. Em caso de dúvida, ou necessidade em reposição de peças, favor contatar a área comercial e qualidade da fabricante do vaso conforme informada em prontuário e placa de identificação, que fará o possível para atender a sua necessidade de maneira rápida e eficaz.

RESPONSABILIDADES DO FABRICANTE

As observações fornecidas nestas instruções para a manutenção da segurança funcional do equipamento, evitando possíveis perigos durante o transporte, montagem e instalação, partida e operação, e com as atividades de manutenção (limpeza, assistência técnica e reparos) se referem somente à unidade, e não se aplicam a outras séries de equipamentos e ou equipamentos de outros fabricantes.

Os materiais de fabricação são configurados de tal forma que resistam à tensão mecânica, térmica e química previsível, e sejam resistentes aos fluídos de trabalho e ou as misturas de fluídos de trabalho/óleo de refrigeração previstos no projeto inicial.

As partes soldadas que transportam os fluídos de trabalho (tubos centrais, distribuidores e coletores) estão projetados de modo que eles permaneçam soldados mesmo com a tensão mecânica, térmica e química previsível, e resistem à pressão máxima de operação admissível (PMTA).

Materiais, espessura da parede dos tubos (centrais, distribuidores e coletores), resistência à tração, resistência à corrosão, processo e testes são adequados para os fluídos de trabalho definidos no projeto inicial e resistem às possíveis pressões, tensões e temperaturas que podem ocorrer.

RESPONSABILIDADES DO PROPRIETÁRIO E/OU DO OPERADOR RESPONSÁVEL

O proprietário e ou o operador responsável deve verificar se o pessoal operacional está treinado e qualificado o suficiente para operar, monitorar e realizar assistência técnica no equipamento/ sistema. Antes da partida do sistema, o responsável deve verificar se a equipe está suficientemente informada com relação à documentação do equipamento (instruções de operação), configuração do sistema, monitoramento, operação e assistência técnica, medidas de segurança, e com relação às propriedades e manuseio dos fluidos de trabalho a serem usados.

O responsável deve se certificar de que, ao operar, monitorar e realizar manutenção no sistema, os fluidos de trabalho não deverão ser alterados dos dados especificados nos documentos de projeto relacionados ao pedido.

Planejamento e preparação das medidas de emergência: a fim de evitar danos por transtornos operacionais, deve ser haver um sistema de avisos nas instalações. Prepare medidas de emergência que evitem danos para pessoas e equipamentos, caso ocorram falhas. A responsabilidade permanece com o proprietário e ou o operador responsável do equipamento, se o equipamento for usado por terceiros, a menos que haja um acordo para compartilhamento da responsabilidade.

OBSERVAÇÕES DE OPERAÇÃO

Estas instruções de operação se aplicam para todos os modelos de vasos para operação de acordo com os fluidos de trabalho, pressões e temperaturas especificadas nos documentos de projeto relacionados ao projeto.

Equipamento: Recipiente de líquido

Tipo de Equipamento: Cilíndrico Modelo: TCRL 08 Ø1380 x 4900

Fabricante: Top Cold Refrigeração Industrial IND

Fluido Principal: Amônia Nº de Série:1538 Categoria: II

Classe do Fluido: A Grupo Potencial de Risco: 3

Pressão Máxima de Trabalho Admissível: 16,00 kgf/cm²

Pressão de teste hidrostático: 21,909 kgf/cm²

Volume Interno: 8,147 m³

Ano de Fabricação: 2004 Código da inspeção: VP 017

Código de Projeto: (Adotado) Asme sec. VIII Divisão 01 – Ed 2007

Material do Costado (Adotado para cálculo): ASTM SA 516 Grau 60

Material dos Tampos (Adotado para cálculo): ASTM SA 516 Grau 60

Diâmetro Interno: 1405 mm

Comprimento do Corpo Cilíndrico: 4900 mm

Comprimento Total do Equipamento: 5300 mm

Massa Vazio: 2858,00 kg

Espessura nominal do costado: 12,72 mm 1/2"

Espessura nominal dos tampos: 15,90 mm 5/8"

INFORMAÇÕES SOBRE O FLUIDO UTILIZADO NO SISTEMA

Fluído	Amônia Anidra
Aparência e Odor	Gás comprimido liquefeito, incolor com odor característico
Forma Molecular	NH ₃
Ponto de Ebulição	33,35°C
Ponto de Fusão	77,70°C
Peso Molecular	17,00 g/mol
Densidade	0,682 g/cm ³ (20°C)
Temperatura de auto ignição	651°C
Ponto de fulgor	-
LSE (Limite Superior de Explosividade)	25% (2500 PPM)
LIE (Limite Inferior de Explosividade)	16% (1600 PPM)
Limite de Tolerância	14 mg/m ³ (20 PPM)
IPVS	300 PPM
Solubilidade em água.	1 vol. de água dissolve 1300 volume do gás-Alta
Absorção de calor	1,1007 cal/g°C - Alta

INFORMAÇÕES GERAIS

Os vasos de pressão são projetados para fornecer a melhor eficiência e uma prolongada vida útil quando instalados, operados e cuidados adequadamente.

Portanto, é altamente recomendado que uma programação de manutenção abrangente seja desenvolvida e realizada com uma frequência regular predeterminada.

Este manual irá auxiliar o proprietário – operador a desenvolver tal programação.

Este equipamento é relativamente complicado e a instalação, operação, manutenção e assistência devem ser realizadas apenas por pessoal adequado e qualificado para a realização destas funções. Estas pessoas devem também estar familiarizadas em cumprir com todas as normas e regulamentos governamentais aplicáveis, pertencentes às funções.

O tipo de fluido refrigerante e o método de alimentação para o vaso de pressão devem estar em conformidade com a indicação dos desenhos fornecidos e/ou com a placa de identificação da unidade.

As pressões de operação do projeto, como indicado na placa de identificação, nunca podem ser excedidas!

Vasos de pressão e todos os sistemas de tubulação devem ser corretamente evacuados antes de carregar o sistema com fluido refrigerante, para assegurar a retirada completa de umidade e de não condensáveis de todo circuito de refrigeração.

O não cumprimento de qualquer um destes requisitos pode resultar em sérios danos ao equipamento e/ou à propriedade onde ele está instalado, assim como em ferimento e/ou morte das pessoas presentes no local específico.

SEGURANÇA – CONSIDERAÇÕES



Aborda uma situação perigosa que, se encontrado, pode resultar em morte ou ferimentos graves.



Aborda uma situação ou instrução que deverá ser seguida rigorosamente para não resultar em danos irreparáveis ao



Aborda uma situação de risco aos operadores ou que poderá causar danos ao equipamento.



Indica instruções que dizem respeito ao funcionamento do equipamento de segurança. O não cumprimento dessas instruções pode resultar em danos ao equipamento.

SIMBOLOGIA DE SEGURANÇA



Aviso



Alerta contra ferimento nas mãos. As mãos ou dedos podem ser esmagados, puxados ou feridos de outra maneira com a não conformidade.



Alerta contra superfícies quentes. A temperatura está acima de +45 °C (coagulação proteica) e pode causar queimaduras.



Alerta contra o frio. A temperatura está abaixo de 0 °C e pode causar ulceração de frio.



Alerta contra tensões elétricas perigosas. Perigo de choque elétrico se as peças que transportam tensão forem tocadas.



Alerta contra substâncias potencialmente explosivas no ponto de indicação. Uso de fontes de ignição podem causar explosões no ponto de indicação.



Alerta contra substâncias com risco de incêndio no ponto de indicação. Uso de fontes de ignição pode causar incêndios no ponto de indicação.



Alerta contra substâncias corrosivas. Os contatos com substâncias corrosivas podem causar ferimentos, especialmente com os olhos.



Alerta contra substâncias prejudiciais à saúde ou irritantes no ponto de indicação. O contato com substâncias inalantes prejudiciais à saúde ou irritantes pode causar ferimentos ou danos à saúde.



Alerta contra substâncias tóxicas no ponto de indicação. O contato com substâncias inalantes tóxicas pode causar ferimentos ou danos à saúde.

SIMBOLOGIA DE PROIBIÇÃO



Proibido fontes de ignição ou propagação de chamas. Fontes de ignição devem ser mantidas distantes e não devem ser geradas.



Não fume. É proibido fumar.

SIMBOLOGIA DE OBRIGATORIEDADE



Use proteção para os olhos. Proteção para os olhos: Use óculos de proteção ou proteção facial.



Use proteção para as mãos. Devem ser usadas luvas protetoras contra perigos mecânicos e químicos.



Use proteção respiratória. Os aparelhos de respiração devem ser adequados para o fluido de trabalho usado.

O aparelho de respiração deve consistir de:

- Pelo menos dois dispositivos respiratórios independentes (aparelho de respiração autônoma);
- Para amônia: um aparelho de respiração adicional com filtro (máscara total) ou um aparelho de respiração independente (autônomo);



Use roupa protetora. As roupas protetoras individuais devem ser adequadas para o fluido de trabalho usado e para baixas temperaturas, e ter boas propriedades de isolamento do calor.



Ativar antes do trabalho. Ative o sistema elétrico e proteja contra nova comutação antes de ligar a instalação, realizar trabalhos de manutenção e reparos.

EMERGÊNCIAS

Perigo de ferimentos e danos à propriedade.

O equipamento poderá conter amônia como líquido refrigerante (NH₃).

A amônia é uma substância potencialmente explosiva e com risco de incêndio. Se transportadas de forma não intencional nos resíduos de óleo e transportadas de forma não intencional no refrigerante, ela pode entrar em combustão. Uma explosão pode causar graves ferimentos e perda de membros.

A amônia é um gás corrosivo, tóxico e irritante. Uma concentração de amônia de 0,2 vol% (20ppm) no ar ambiente ou uma longa permanência em um ar ambiente contendo amônia pode ser uma ameaça à vida ou fatal.

Medidas e procedimentos de segurança.

- Com grandes fugas de refrigerante inesperadas,
- Deixe a sala de operação imediatamente e ative o comutador de PARADA de emergência em um lugar seguro;
- Ative o dispositivo de alarme de refrigerante (concentração de refrigerante);
- Tenha pessoal experiente, treinado com roupas protetoras prescritas para realizar todas as medidas de proteção e outras medidas necessárias;
- Use proteção respiratória;
- Use um aparelho de respiração que não dependa do ar da sala durante o trabalho de manutenção com altas concentrações de refrigerante no ar da sala;
- Verifique se a sala de operação está bem ventilada;
- Desvie o vapor e o líquido de refrigerante que escaparem com segurança;

Instruções sobre como tratar de ferimentos:

- Chame um médico de emergência imediatamente
- Alguns refrigerantes podem causar ferimentos corrosivos na pele e nos olhos;
- A vítima deve manter o aparelho de respiração até aviso em contrário, a fim de evitar a inalação de vapores da vestimenta contaminada com amônia;
- Lave a vítima de cinco a quinze minutos com água.
- Remova a vestimenta cuidadosamente durante o banho.
- O banho deve ser com água morna tanto quanto possível, a fim de evitar um choque térmico.
- Se disponível, use um chuveiro de emergência; do contrário, use uma mangueira de água.

OBSERVAÇÕES DE EMERGÊNCIAS

O equipamento deve ser colocado em funcionamento, operado, receber manutenção e reparos por pessoal treinado, experiente e qualificado.

As pessoas que são responsáveis pela operação, manutenção, reparos e avaliação dos sistemas e seus componentes devem ter o treinamento e possuir conhecimento especializado necessário para que o seu trabalho seja qualificado.

Qualificado ou especializado significa a capacidade de realizar, de forma satisfatória, as atividades necessárias para a operação, manutenção, reparos e avaliação dos sistemas de refrigeração e seus componentes;

O equipamento poderá ser operado por pessoal operacional que não tenha conhecimento e experiência específica de engenharia de refrigeração, com relação ao modo de operação, a operação e o monitoramento diário deste sistema.

Este pessoal operacional não poderá fazer nenhuma intervenção ou configuração no sistema;

Alterações na unidade com as quais o fabricante tenha autorizado primeiro por escrito, só poderão ser realizadas pelo pessoal treinado e qualificado.

CONDICIONAMENTO OPERACIONAL

O equipamento é um componente de um sistema de refrigeração.

O objetivo destas instruções de operação, como parte do manual de instruções de operação (do qual fazem parte estas instruções de operação), é reduzir ao mínimo os perigos às pessoas, à propriedade e ao meio ambiente da unidade, e do fluido de trabalho usado.

Estes perigos são relacionados essencialmente às propriedades físicas e químicas do fluido de trabalho e com as pressões e temperaturas que ocorrem nos componentes que transportam o fluido de trabalho no equipamento.

Para conhecimento dos perigos residuais dos refrigerantes é impreterível o conhecimento das FISPQ dos compostos (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos) fornecidas pelos fabricantes de refrigerante;

- O equipamento deve ser usado somente de acordo com o uso pretendido adequado. O operador deve se certificar de que, ao operar, monitorar e realizar manutenção no sistema, o fluido de trabalho não deverá se desviar dos dados especificados nos documentos de projeto relacionados ao pedido;
- O operador deve verificar se as medidas de manutenção estão sendo realizadas de acordo com o manual de instruções de operação do sistema;

• Não ultrapasse a PMTA informada na placa de identificação e especificada nos documentos de projeto relacionados ao pedido.

Os Vasos de Pressão destinam-se à instalação em sistemas de refrigeração, tais como em indústrias frigoríficas, abatedouros, indústria alimentícia, bebidas, indústria de energia, e demais aplicações.

A unidade é entregue para operação com um ponto específico de operação:

- Temperatura / pressão;
- Vazão mássica de gás / vazão volumétrica de líquido;
- Capacidade térmica.

Você encontrará os parâmetros e o modelo exato do seu equipamento nos documentos de projeto relacionados ao PRONTUÁRIO DO VASO DE PRESSÃO ou na reconstituição do documento.

OPERAÇÃO INADEQUADA

Fluidos de trabalho e suas combinações com água e outras substâncias nos componentes que transportam o fluido de trabalho têm efeitos químicos e físicos no interior dos materiais que os rodeiam.

A unidade só deverá ser pressurizada com o composto definido nos documentos de projeto relacionados ao pedido. A pressurização da unidade com outro fluido de trabalho poderá resultar em:

- Materiais estruturais e de soldagem usados não resistirão às tensões mecânicas, térmicas e químicas previsíveis, e a pressão que poderá ocorrer durante a operação e ao ser desligada será elevada demais;
- Os materiais, espessura da parede, resistência à tração, resistência à corrosão, processo e testes são adequados para o fluido de trabalho e não resistem à possíveis variações de pressões e tensões que podem ocorrer;
- O equipamento não resistirá a outros fluidos de trabalho e às outras misturas de fluidos de trabalho. Com exceção que tenha sido autorizado pela equipe técnica do fabricante ou PLH responsável pela análise de integridade física do vaso de pressão;
- O equipamento não permanecerá estanque durante a operação e quando for desligado;
- Uma possível fuga repentina de fluido de trabalho que poderia colocar pessoas e/ou propriedades e/ou o meio ambiente em risco.

A PMTA especificada na placa de identificação e na documentação de projeto relacionado ao pedido não deverá ser ultrapassada! Caso a pressão de trabalho for ultrapassada:

1. Os materiais estruturais e de soldagem usados não resistirão às tensões mecânicas, térmicas e químicas previsíveis, e a pressão que poderá ocorrer durante a operação e ao ser desligada;

2. O equipamento não permanecerá estanque durante a operação e quando for desligado.

3. Poderá haver uma fuga repentina de fluidos de trabalho após uma ruptura ou vazamento nos componentes que transportam o fluido de trabalho, que poderá resultar nos riscos abaixo:

- Perigo de fuga de materiais;
- Perigo de envenenamento;
- Risco de incêndio;

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

- Risco de explosão;
- Risco de queimaduras por produtos químicos;
- Risco de sufocamento;
- Riscos causados por reações de pânico;
- Poluição do meio ambiente.

PERIGOS TÉRMICOS RESIDUAIS

Perigo de queimaduras

Alerta contra superfícies quentes

Durante um serviço elétrico, a serpentina do trocador de calor da unidade, a tubulação (gás quente) e alguma partes do equipamento têm temperaturas acima de +45 °C.

O contato pode causar queimaduras.

Use proteção para as mãos

PERIGOS RESIDUAIS COM REFRIGERANTE

Estes perigos são relacionados essencialmente às propriedades físicas e químicas do fluido de trabalho e com as pressões e temperaturas que ocorrem nos componentes que transportam o fluido de trabalho no equipamento.

Para conhecimento dos perigos residuais dos refrigerantes é impreterível o conhecimento das FISPQ dos compostos (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos) fornecidas pelos fabricantes de refrigerante.

Segurança de Elementos Refrigerantes

Apesar de refrigerantes halogenados serem classificados como seguros, certas precauções devem ser tomadas quando manuseá-los.

O fluido refrigerante pode ser prejudicial se inalado. Quando liberado na atmosfera no estado líquido, o fluido evapora rapidamente, congelando tudo o que ele tocar.

Fluidos refrigerantes devem ser usados e recuperados com responsabilidade.

O não cumprimento deste aviso pode resultar em ferimento ou morte.

“PERIGO Amônia Anidra (NH₃) ”

Deve-se tomar um cuidado especial quando pessoas estão trabalhando com ou expostas à amônia.

A amônia é considerada um alto risco à saúde por ser corrosiva em contato com a pele, os olhos, e os pulmões.

A exposição a 300 ppm é imediatamente prejudicial à vida e a saúde.

A amônia é também inflamável em concentrações de aproximadamente 15% a 28% por volume no ar.

Quando misturada com óleos lubrificantes, sua taxa de concentração inflamável é aumentada.

Ela pode explodir se liberada em um local fechado com uma fonte de ignição presente, ou se um recipiente contendo amônia for exposto ao fogo.

Deve-se usar EPIs o tempo todo quando se trabalha com amônia.

Para sistemas que tem uma carga de operação maior que 4,5 kg, é obrigatório um programa de gerenciamento de segurança.

Mais informações sobre este assunto estão disponíveis na OSHA (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional).

VASO DE PRESSÃO (RESERVATÓRIO DE LÍQUIDO)

O objetivo deste guia de referência é apresentar recomendações de projeto para garantir a operação segura, critérios mínimos de segurança e manutenção para um sistema de refrigeração por amônia.

A serem aplicados pelas equipes de comissionamento, operação e manutenção do sistema, este guia abrange os aspectos de segurança a serem considerados, desde o período de comissionamento e “Start-Up” da instalação até as várias operações de campo, incluindo serviços de manutenção, revisões e inspeções periódicas dos vários componentes.

Este documento não tem função de norma nem substitui as obrigações necessárias requeridas por autoridades locais, estaduais ou federais quanto aos aspectos de segurança a serem cumpridos para obtenção de licenças de instalação e/ou funcionamento de um sistema de refrigeração por amônia.

Vasos de pressão Códigos e Normas Aplicáveis

Códigos e Normas aplicáveis

Os sistemas de refrigeração por amônia, possuem códigos e normas aplicáveis, nacionais e internacionais, como referência.

A seguir, os principais documentos disponíveis, relacionados à aplicação de amônia em sistemas refrigeração.

Normas Nacionais e Internacionais Normas Brasileiras:

NR-13 – 2025 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento – Normas Regulamentadoras da Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho – Ministério do Trabalho – Lei nr. 6514 – 22/12/1977;

Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos – CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - 13/08/2003;

NBR 13598 - Vasos de Pressão para Refrigeração – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – 04/1996.

Normas Internacionais

ANSI/ASHRAE Standard 15-2007 - Safety Code for Mechanical Refrigeration - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers;

ANSI/IIAR 2-2008 - Equipment, Design & Installation of Ammonia Mechanical Refrigerating Systems – International Institute of Ammonia Refrigeration;

EN 378 Part 1-4 - 2008: Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements – European Committee for Standardisation.

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

ISO 5149:1993 – Mechanical Refrigerating Systems used for Cooling and Heating – Safety Requirements – International Organization for Standardization;

ANSI/ASME Refrigeration Piping and Heat B31.5 - 2006 – Transfer Components – American Society of Mechanical Engineers; AVISO 25

ANSI/IIAR Standard 3-2005: Ammonia Refrigeration Valves.

Código ASME para Dimensionamento de Vasos de Pressão;

ASME - Pressure Vessel Code - 2007 - Section VIII - Div. 1 - Rules for Construction of Pressure Vessels – American Society of Mechanical Engineers;

ASME - Pressure Vessel Code - 2007 - Section II - Materials - Part A – Ferrous Material Specifications – American Society of Mechanical Engineers;

ASME - Pressure Vessel Code - 2007 - Section II - Materials - Part C – Specifications for Welding Rods Electrodes and Filler Metals – American Society of Mechanical Engineers;

ASME - Pressure Vessel Code - 2007 - Section II - Materials - Part D – Properties – American Society of Mechanical Engineers;

ASME - Pressure Vessel Code - 2007 - Section V – Nondestructive Examination – American Society of Mechanical Engineers;

ASME – Pressure Vessel Code – 2007 – Section IX – Welding and Brazing Qualifications – American Society of Mechanical Engineers.

Refrigeração Em geral, define-se refrigeração como o processo de redução de temperatura de um corpo.

O surgimento de sistemas de refrigeração tornou-se essencial para o desenvolvimento da sociedade como a conhecemos, e fundamental para diversos segmentos da indústria, como a indústria alimentícia em geral, os frigoríficos, a indústria de pescado, as fábricas de gelo, os laticínios e a indústria de bebidas. Um dos principais fluidos utilizados na refrigeração é a amônia, cujo sistemas de refrigeração consistem de uma série de vasos e tubulações interconectados, que comprimem e bombeiam o refrigerante para um ou mais ambientes, com a finalidade de resfriá-los ou congelá-los a uma temperatura específica.

CARACTERÍSTICAS DA AMÔNIA ANIDRA R717

Características da amônia (NH₃ - R-717), na CNTP (Condição Normal de Temperatura e Pressão) se apresenta como um gás incolor, mais leve que o ar (apenas 9 gases na atmosfera são mais leves que o ar, sendo a amônia o quinto na lista) e possui um odor muito forte, que é facilmente perceptível, mesmo em concentrações muito pequenas (desde 5 ppm). amônia é um gás produzido naturalmente no processo biológico e é parte importante do ciclo do nitrogênio na terra.

O volume de amônia produzido pelo homem é equivalente a apenas 3% da quantidade total presente na natureza e o volume utilizado para sistemas de refrigeração é de cerca 0.5% do total produzido pelo homem.

Além disso, a amônia é altamente solúvel em água formando uma solução conhecida como Hidróxido de Amônio, ou no Brasil, amoníaco, (NH₄OH), normalmente utilizado em limpeza doméstica.

Comercialmente a amônia é produzida a partir da combinação de nitrogênio livre com hidrogênio a alta pressão e alta temperatura, na presença de um catalisador.

A amônia anidra requerida para os sistemas de refrigeração deve possuir um grau de pureza de 99.95%, com um concentração de água de 33 ppm máx.

Propriedades Termo-Físicas da amônia

Impacto ao meio-ambiente

Amônia não destrói a camada de ozônio (ODP= 0) e, por ter um tempo de vida muito curto na atmosfera (máximo 15 dias), também não contribui para o efeito estufa (GWP=0).

Devido às suas excelentes propriedades termodinâmicas, a amônia requer menos energia primária para produzir uma certa capacidade de refrigeração do que quase todos os outros refrigerantes, de forma que o efeito indireto do aquecimento global, também é um dos mais baixos disponíveis.

Inflamabilidade

A amônia é considerada um fluido inflamável, porém em uma faixa muito restrita.

Os limites de inflamabilidade da amônia na pressão atmosférica são 15-16% (Limite Inferior de Inflamabilidade - LII) e 25-28% (Limite Superior de Inflamabilidade - LSI) em Inferior de Inflamabilidade - LII) e 25-28% (Limite Superior de Inflamabilidade - LSI) em volume no ar, com ponto de ignição de 651°C.

Esses limites associados ao baixo calor de combustão, reduzem em muito o potencial de inflamabilidade da amônia. Conforme o ANSI/ASHRAE 34-2007 [12] a amônia é classificada como um fluido do Grupo B2 (alta toxicidade e baixa inflamabilidade).

O potencial de inflamabilidade da mistura amônia-ar é influenciado por uma série de fatores tais como, pressão, temperatura, turbulência da mistura, potência da fonte de ignição e a presença de vapor de água, óleo ou de outros componentes. Uma característica importante das misturas inflamáveis é a velocidade da chama, que pode ser classificada como subsônica ou supersônica.

A propagação de uma chama em velocidade subsônica resultará em uma deflagração. Uma das características da deflagração é que a sobrepressão gerada pelo evento é relativamente baixa (a relação entre a pressão final e a pressão inicial é ligeiramente maior que 1.0, diferente da detonação, que pode gerar uma relação de pressão da ordem de 40.0). Apesar da sobre pressão gerada por uma deflagração ser baixa, estas podem causar danos às estruturas dos prédios e aos equipamentos ao redor (no caso de detonação certamente que os danos são devastadores).

Os eventos de deflagração são caracterizados por um nível de energia significativamente baixo quando da ignição da mistura inflamável.

Toxicidade

A amônia na fase gasosa ou líquida é um produto extremamente irritante.

O odor agressivo provocado pela amônia é uma característica significativa.

Devido à grande facilidade em se dissolver na água, a amônia acaba se impregnando na pele, na mucosa das narinas, na garganta e nos olhos. Isto provoca uma irritação muito forte e por reflexo condicionado os olhos se fecham e fica difícil a respiração.

Em concentrações mais altas ocorre um efeito corrosivo na mucosa das narinas provocando além da dificuldade da respiração, dor no peito, tosse e dispneia.

Em concentrações muito altas, pode provocar parada respiratória e, mesmo depois de horas da exposição, pode ocorrer edema pulmonar.

Mas se logo após os sintomas desaparecem (tosse, dor no peito) isto indica que não há maiores riscos.

A NR-15 , estabelece que o valor Limite de Tolerância de exposição de um trabalhador a um ambiente contaminado com amônia, durante uma jornada de trabalho semanal de 48 horas, é de apenas 20 ppm em volume no ar.

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

Os valores limites na maioria dos outros países está entre 25-35 ppm (40 horas) e um limite máximo de exposição 35-50 ppm por 15 minutos durante a jornada de trabalho.

O valor estabelecido como limite de risco de vida imediato, de qualquer pessoa exposta a um ambiente com amônia por mais de 30 minutos, é de 500 ppm.

Amônia líquida ou o gás a baixa temperatura podem causar fortes queimaduras na pele caso não haja nenhuma proteção.

Também a solução aqua-amônia pode provocar queimaduras devido ao pH alto da solução.

Portanto, após uma purga de amônia em um tanque com água, deve-se tomar muito cuidado com o esvaziamento do mesmo.

Normalmente seu odor característico e desagradável propicia amplo aviso antes que qualquer condição perigosa exista.

Pode ser detectada pelo olfato humano já a partir de 10 ppm, mas os operadores de plantas acabam se acostumando com concentrações de até 100 ppm sem efeitos desagradáveis

Reatividade

O cobre e todas as suas ligas, zinco e cádmio são prontamente atacadas pela amônia.

A amônia, causa grave corrosão sob tensão no cobre e em todas as ligas a base de cobre, que devem, portanto, ser evitadas para o contato com qualquer fluido contendo mesmo ínfimas quantidades de amônia.

A amônia anidra também pode causar corrosão sob tensão no aço-carbono, portanto, é requerido o uso de chapas de aço carbono adequadas para sistemas de refrigeração com amônia.

Em qualquer caso, a contaminação com ar, óleos, dióxido de carbono, etc, agrava sensivelmente o problema; em compensação, a adição de pequena quantidade de água inibe a corrosão sob tensão.

De acordo com o ANSI/ASME Standard B31.5 - 2006, é proibido o uso de tubos com costura em sistemas de refrigeração com amônia, incluindo toda tubulação e serpentinas ou tubos de trocadores de calor.

O Teflon, a Buna N, o Neoprene e as Borrachas Butílicas e Nitrílicas são polímeros aceitáveis para serviços com amônia, particularmente como vedação. Resinas de poliéster, borrachas polisulfonadas, viton, e resinas fenólicas não devem ser usadas.

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

PVC não plastificado é aceitável, mas com temperaturas inferiores a 0°C se torna quebradiço.

SEGURANÇA OPERACIONAL DO VASOS DE PRESSÃO

Segurança

Antes de iniciar qualquer procedimento é necessário que a equipe tenha total conhecimento das medidas de segurança cabíveis. Abaixo serão indicados, de forma orientativa, alguns pontos que exigem atenção, lembrando que qualquer procedimento de segurança deverá seguir as normas vigentes.

Precauções para manuseio de amônia EPIs - Equipamentos de Proteção Individual - não substituem condições seguras de trabalho, mas certas operações podem exigir alguma proteção mínima, enquanto que situações de emergência demandarão um alto grau de proteção pessoal.

Qualquer pessoa que eventualmente tenha que usar estes equipamentos deve estar totalmente treinada e conhecer suas limitações.

A seguir algumas recomendações sobre o uso de EPIs e precauções em operações de manuseio com amônia:

- Óculos ampla-visão e luvas, de Neoprene ou borracha, são os equipamentos mínimos a serem usados por qualquer pessoa trabalhando numa planta aberta, em condições normais;
- Para as operações de drenagem de óleo, purgas, retirada de amostras, deve-se proteger o corpo contra respingos e projeções, botas de borracha, luvas e, além disso, usar máscara panorâmica para proteção respiratória. Em alguns casos será necessário o uso de avental de PVC ou borracha clorobutílica;
- Use, sempre que for trabalhar com amônia, máscaras com o filtro apropriado e dentro do prazo de validade;
- O local de trabalho deverá ter ventilação adequada;
- Saiba onde se encontram os sistemas de respiração autônoma e como usá-los. No caso de uma emergência, deve-se usar equipamento de respiração autônoma, que proporciona a proteção total necessária numa manobra de resgate ou controle de situações críticas;
- Ao mais leve cheiro de amônia, coloque máscara e procure o vazamento, avisando a manutenção e interditando a área;
- Evitar que pessoas com doenças na visão e/ou pulmões transitem pela área e muito menos trabalhem neste local;
- Quando houver amônia líquida em tubulações ou vasos, esta deverá ser totalmente evaporada antes de qualquer serviço nestes itens, deixando a área livre e demarcada durante a operação;
- O supervisor de segurança deverá autorizar os serviços de manutenção mediante uma permissão para trabalho;
- Manter quaisquer outros compostos gasosos afastados da amônia, tais como Cloro, GLP, ácidos, etc.

Tratamento de primeiros socorros

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

É importante que em todos os atendimentos os socorristas estejam usando proteção respiratória adequada e removam a vítima do local para uma área livre e descontaminada mais próxima possível, e solicitem imediatamente a assistência médica e ambulância.

No caso do produto ter atingido os olhos a rapidez será vital. Os olhos devem ser lavados com solução lava-olhos ou água durante no mínimo 10 minutos.

Se não houver serviços médicos disponíveis a lavagem deve continuar por mais 20 minutos.

No caso do produto ter atingido a pele, as roupas que tiverem entrado em contato com o produto devem ser removidas e as partes do corpo atingidas devem ser lavadas abundantemente.

No caso de inalação de vapores, o acidentado deve ser colocado diretamente no solo para um possível tratamento de respiração artificial e/ ou massagens cardíacas.

Caso a respiração esteja difícil, aplicar oxigênio com aparelho de respiração controlada. Se a vítima parou de respirar, aplicar respiração artificial.

No caso de parada cardíaca, aplicar massagem cardíaca externa.

No caso de ingestão, forneça grandes quantidades de água para beber se a vítima ainda estiver consciente.

Não induza o vômito.

Um tratamento sintomático e de fortalecimento geral será necessário após a fase crítica da intoxicação.

As consequências de uma intoxicação com amônia não ultrapassam normalmente mais do que 72 horas, mas as lesões oculares poderão ser permanentes.

Se a exposição for severa, o paciente deverá ser mantido em observação médica por no mínimo 48 horas, uma vez que existe a possibilidade de edema pulmonar retardado.

Vasos de Pressão- controle de pressão

Todos os vasos de pressão e trocadores de calor deverão possuir suas respectivas plaquetas de identificação conforme os requisitos da NR-13 e do ASME Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1.

Os vasos de pressão, assim como a tubulação de interligação, deverão operar dentro dos limites de pressão e temperatura como especificados nas respectivas plaquetas de identificação.

Todo vaso de pressão deve possuir conexão específica para instalação de dispositivo de alívio de pressão, conforme definido pela NR-13 e dimensionado conforme Seção 9.7 e Anexo A da NBR 16069 ou Appendix H do ANSI/ASHRAE 15-2007.

As plaquetas de identificação deverão ser em AISI 304 e em caso de componentes com isolamento térmico, não devem ficar encobertas pelo isolamento.

Caso alguma plaqueta de identificação esteja encoberta pelo isolamento térmico (ou por pintura), este deve ser removido e reparado de modo que a plaqueta esteja sempre acessível à verificação.

Caso o vaso de pressão apresente sinais de corrosão além da corrosão superficial, o equipamento deverá ser inspecionado quanto à diminuição de espessura de chapa devido à corrosão, por um profissional qualificado, conforme requerido pela NR-13.

Qualquer alteração física em vasos de pressão deverá ser documentada no prontuário do equipamento, conforme requerido pela NR-13. Neste caso deverá ser ainda realizado novo teste de pressão do equipamento, assim como os demais ensaios requeridos aplicáveis.

Indicadores de nível de líquido em vidro

Todos os indicadores de nível de líquido utilizados para visualização do nível de fluido frigorífico em vasos de pressão deverão ser instalados em locais onde não sejam expostos a possíveis avarias devido a choques de veículos em trânsito (ex. empilhadeiras, caminhões).

Os indicadores de nível de líquido deverão possuir corpo blindado e vidros antirreflexivos, conforme a NBR 16069 (Item 9.11.2) e o EN 378-2 2000 (Item 6.2.7.3), com válvulas de bloqueio, com sistema interno de retenção de vazamento em caso de ruptura do vidro.

Indicadores de nível do tipo tubo de vidro não devem ser utilizados.

Os indicadores de nível deverão ser adequados à faixa de variação de nível de líquido para todas as condições de operação dos seus respectivos equipamentos (desde abaixo do nível mínimo e até acima do nível de alarme máximo).

Tubulação

A tubulação de amônia e seus acessórios deverão ser instalados conforme requerido no ANSI/IIAR 2-2008 - Section 10.

Todos os elementos de aperto (ex.: parafusos e porcas de flanges e tampas) sujeitos a pressão deverão ser periodicamente inspecionados quanto ao torque

de aperto adequado. Todos reparos em juntas deverão ser anotados no livro de registros de manutenção e reparos.

- Todo encaminhamento da tubulação em uma determinada instalação deverá ser inspecionado periodicamente para certificação de que não haja trechos expostos a possíveis avarias devido a choques de veículos em trânsito (ex. empilhadeiras, caminhões).
- Todas as tubulações não isoladas devem ser inspecionadas periodicamente quanto a sinais de corrosão. Caso haja corrosão, o trecho de tubo deverá ser limpo até a superfície do metal de modo a se eliminar toda corrosão. Em seguida o tubo deve ser novamente pintado com pintura adequada, com revestimento anticorrosivo. Caso a corrosão seja intensa, o trecho de tubo deve ser substituído.
- Em toda tubulação com isolamento térmico que apresente sinais de falha na barreira de vapor, o isolamento térmico deverá ser removido para inspeção da tubulação. O tratamento deve ser o mesmo do parágrafo anterior.
- Toda tubulação de amônia deve ser marcada e sinalizada de maneira apropriada para indicar a utilidade (ou aplicação) de determinado trecho de tubulação, e setas indicadoras do sentido de fluxo. Como sugestão, recomenda-se o IIR Bulletin 114- 1991: Guidelines for Identification of Ammonia Refrigeration Piping and System Components. 6.3 Dispositivos de alívio de pressão
- Todo vaso de pressão (incluindo os vasos principais, vasos acumuladores para dreno de óleo, e demais vasos auxiliares do sistema de amônia) deverá ter instalado pelo menos uma válvula de alívio de pressão (simples ou dupla) ou outro dispositivo de alívio de pressão aplicável, conforme requerido na NR-13, no ANSI/ ASHRAE 15-2007 e na NBR 16069 (Seção 9.7).
- Não poderá haver nenhuma válvula de bloqueio instalada entre a válvula de alívio de pressão e a(s) parte(s) do sistema por ela protegida, exceto quando houver uma válvula de alívio de pressão dupla e uma válvula de 3-Vias em “manifold” de forma tal que uma das válvulas esteja sempre conectada à parte protegida, conforme requerido na NR-13, no ANSI/ ASHRAE 15-2007 e na NBR 16069 (Seção 9.7).

A válvula de 3-Vias deve ser mantida na condição de totalmente aberta como procedimento normal de operação.

- Toda válvula de alívio de pressão deve ser ajustada de forma tal que a pressão inicial de abertura da válvula não ultrapasse a pressão de projeto da(s) parte(s) por ela protegida, conforme requerido na NR-13, no ANSI/ ASHRAE 15-2007 e na NBR 16069(Seção 9.7).
- Toda válvula de alívio de pressão deve ser ajustada e lacrada pelo fabricante da válvula e marcada com uma plaqueta de identificação, conforme requerido na NR-13, no ANSI/ASHRAE 15-2007 e na NBR 16069 (Seção 9.7).

- Os dispositivos de alívio de pressão deverão ser conectados às respectivas linhas de descarga, conforme o ANSI/ASHRAE 15-2007 (Appendix H), a NBR 16069 (Anexo A) ou a Sec. 11.3 do ANSI/IIAR 2-2008, tendo em conta o dimensionamento adequado das linhas, a suportaçã das linhas e o local adequado para a descarga na atmosfera.
- Nenhuma válvula de alívio de pressão deverá ser instalada em ambientes refrigerados a menos que as devidas precauções sejam tomadas a fim de evitar a migração de umidade para dentro do corpo da válvula ou da linha de descarga.
- As válvulas de alívio de pressão deverão ser recalibradas ou substituídas periodicamente, conforme requerido na NR-13, quando da ocasião do Exame Interno do Vaso de Pressão (intervalo variável em função das características do vaso e das condições de operação).

Requisitos gerais de segurança

Todos os instrumentos deverão ser apropriados para operar com amônia, com fundo de escala, precisão e resolução adequada à faixa de operação do local ou equipamentos onde estiverem instalados.

Os mesmos deverão ser recalibrados ou substituídos periodicamente.

Instrumentos fora de escala, descalibrados ou inoperantes deverão ser substituídos.

Acumuladores de sucção, separadores de líquido, resfriadores intermediários deverão ser equipados com proteção contra nível alto de amônia líquida, que deve emitir um alarme de nível alto e, quando prático, deve atuar no desligamento parcial ou total dos respectivos compressores a fim de se evitar arraste de líquido para os compressores.

As válvulas de bloqueio principais do sistema; as válvulas de bloqueio das linhas de degelo por gás quente e as válvulas de bloqueio principais das bombas de amônia devem ser claramente identificadas, com sinais proeminentes de identificação e de fácil acesso.

Formação de gelo (externa) pode ser perigosa à tubulação de amônia ou a outros componentes do sistema. Esta deve ser removida e as condições que a causaram devem ser corrigidas.

Ruídos anormais e/ou vibrações de tubulação, ventiladores, bombas, pressostatos de proteção das bombas e efeito de “surge” na tubulação devem ser investigados e corrigidos/ eliminados.

Uma estação de lava olhos e chuveiro do tipo dilúvio devem ser localizadas na área externa mais próxima de cada porta de saída da sala de maquinas.

Uma estação adicional deve ser instalada dentro da sala de máquinas, com fácil acesso.

Nunca se deve manter um cilindro de carga de amônia conectado (mesmo que temporariamente) ao sistema, a não ser quando houver operação específica de carga de amônia e esta conduzida por pessoal qualificado, conforme requerido na Section 15.2 do ANSI/IIAR 2-2008.

Registros e Documentação

- A documentação relevante do sistema deve ser mantida pelo usuário em lugar seguro e disponíveis para verificação de detalhes relativos ao projeto, instalação, manutenção e operação do sistema.
- A documentação de projeto de um sistema de refrigeração deve incluir pelo menos os seguintes documentos atualizados:
 - Fluxograma de engenharia da instalação;
 - Descritivo operacional do sistema de refrigeração;
 - Folhas de dados de operação nas condições de projeto dos principais componentes (compressores, condensadores, evaporadores, separadores de líquido, recipientes de líquido, resfriadores intermediários, economisers, bombas de amônia, etc.);
 - Manuais de operação e manutenção dos principais componentes e elementos de controle; • Esquemas elétricos dos equipamentos e da instalação;
 - Fluxograma do circuito de distribuição de ar do sistema de ventilação;
 - Fluxograma e “layout” do sistema de detecção de vazamento de amônia;
 - Prontuário dos vasos de pressão, conforme requerido pela NR-13; • Descritivo das lógicas do sistema de automação (quando aplicável);
 - “Data-Book” do Sistema e principais componentes incluindo os relatórios dos testes de pressão e dos demais resultados dos testes realizados durante o comissionamento do sistema, até o “Start-Up”. Deverá ser utilizado um livro de registros de manutenção e reparos realizados no sistema de refrigeração com o registro de todas as ocorrências.

Deverá haver um registro de dados da quantidade de amônia adicionada ao sistema e da quantidade de óleo lubrificante adicionado e removido em cada compressor do sistema.

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

Recomenda-se que sempre estejam disponíveis as seguintes informações sobre o sistema de refrigeração:

- Nome e endereço para contato do instalador e/ou principais fornecedores;
- Inventário atual de amônia no sistema;
- Tipo e marca do óleo lubrificante e a carga atual;
- Registros dos testes de pressão aplicados ao sistema e aos equipamentos.

Recomenda-se ainda a utilização de quadros com instruções de emergência e com os telefones para contato com a equipe de brigada de emergência, corpo de bombeiros local, polícia e hospitais locais.

Deverá ser elaborado um plano de evacuação apropriado, com rotas de fuga claramente identificadas e pessoas responsáveis para a ativação do plano.

RECOMENDAÇÕES DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO POR AMÔNIA

Responsabilidades do operador do Sistema

Este capítulo trata da capacitação e das qualificações mínimas necessárias ao operador do sistema e tem como base o Bulletin R1 - 1983:

A Guide to Good Practices for the Operation of an Ammonia Refrigeration System

Deve-se enfatizar que é essencial um treinamento específico, com programa de reciclagem educacional contínua, para se manter uma equipe de operação capacitada e para garantia da operação segura do sistema.

Conhecimento Básico Inicialmente, para operação de um sistema de refrigeração por amônia, é necessário um conhecimento pleno dos fundamentos básicos de refrigeração, incluindo as características do ciclo de compressão à vapor, as relações pressão x temperatura do fluido refrigerante, as funções e características principais dos componentes do sistema de refrigeração e os aspectos envolvendo a sua segurança.

Não significa que o operador saiba como projetar um sistema, mas precisa ter conhecimento suficiente dos vários aspectos do mesmo, principalmente sobre o sistema no qual ele opera.

O Operador deve:

- Operar o sistema de maneira segura, conforme os requisitos de projeto e dentro das faixas limites de operação normal;
- Conhecer a função e operação de cada componente do sistema;
- Entender a operação combinada entre os vários componentes do sistema.

O operador deve estar familiarizado com os seguintes componentes e operação:

Válvulas de Controle Automático

A função básica das válvulas de controle é de regular automaticamente a pressão, temperatura, nível ou vazão de injeção de fluido refrigerante nos vários componentes do sistema.

É importante saber:

- O funcionamento da válvula (princípio de operação e condições);
- Qual a função de regulagem da válvula;

Quais os ajustes da válvula e como ajustá-la para determinada condição de operação e controle;

- O que acontece com o sistema quando a válvula abre ou fecha;
- O que acontece com o sistema quando a válvula é isolada do restante do sistema ou quando há um “bypass” manual;
- O que acontece com a válvula e o sistema quando há uma falha de energia.

O que acontece quando a válvula é re-energizada.

Válvulas de Bloqueio

Estas válvulas são instaladas no sistema com a função de isolar certos componentes do restante do sistema ou de bloquear/parar o fluxo de fluido refrigerante.

Elas podem ser operadas manualmente, ou através de comando elétrico, pneumático e até através de piloto pelo fluido refrigerante pressurizado.

É importante saber:

- Onde cada válvula de bloqueio está localizada no sistema;
- O que acontece com o sistema quando se abre ou fecha a válvula;
- Qual a posição normal de operação da válvula (normalmente aberta ou normalmente fechada);
- Como determinar se a válvula está aberta ou fechada (quando não há uma indicação externa evidente).

Válvulas de Alívio de Pressão (Válvula de Segurança)

As válvulas de alívio de pressão tem a função essencial de evitar que haja rupturas devido à pressão excessiva em vasos de pressão, compressores, trocadores de calor, descargas de bombas de amônia e em alguns trechos da tubulação.

Todas as válvulas de segurança precisam ser inspecionadas periodicamente, conforme os requisitos da legislação.

O operador deve saber:

- A localização das válvulas de alívio de pressão no sistema;
- O ponto de ajuste correto de cada válvula de alívio de pressão.

Cada válvula deve ser distintamente identificada e “taguada”;

- Qual componente ou parte do sistema cada válvula foi designada para proteger;

- Qual ação (condição de desvio de operação) deve ocorrer para que a válvula eventualmente venha a atuar.

Controles Elétricos/Eletrônicos

O sistema de refrigeração possui vários componentes de controle elétrico ou eletrônico tais como disjuntores, fusíveis, relés, temporizadores, malhas de controle e várias funções de proteção controladas por sistema computadorizados.

Muitos deles localizados em um painel elétrico, painel microprocessado ou ainda na tela de um sistema de supervisão e gerenciamento do sistema de refrigeração. É responsabilidade do operador conhecer plenamente:

- Qual o propósito de cada controle;
- Qual componente ou parte do sistema cada controle é designado para proteger;
- O que fazer em caso de falha de energia;
- O que acontece com o sistema em um período longo de desligamento;
- Qual a sequência de operação para desligamento completo do sistema;
- Qual a sequência de operação para a entrada em funcionamento do sistema;
- Como aliviar o sistema devido a uma elevação de pressão provocada por uma parada do sistema, durante a uma falha de energia.

Mudanças de Temperatura/Pressão no Sistema

São muitos os fatores que podem afetar as temperaturas e pressões normais de operação do sistema de refrigeração incluindo mau funcionamento mecânico ou elétrico, temperatura ambiente, carga de produto, etc.

É importante saber:

- Quais as condições de projeto e as condições normais de operação do sistema, incluindo temperaturas e pressão de cada regime de operação;
- Quais as causas e efeitos em caso de mudança de temperatura ou pressão:

No lado de baixa pressão do sistema;

Na pressão intermediária do sistema (para sistemas de duplo estágio);

No lado de alta pressão do sistema.

- Em caso de desvio operacional, quais ações serão tomadas de modo a restaurar as condições normais de temperatura e pressão nos vários pontos do sistema.

Recolhimento de Fluido Refrigerante

Um sistema de refrigeração bem projetado inclui a facilidade de se transferir o fluido refrigerante de uma parte para outra do sistema com o propósito de manutenção.

Cada operador deve ser bem treinado para realizar operações de recolhimento e transferência em todas as partes do sistema. Além disso, deve saber:

- Qual ação tomar quando houver uma elevação de pressão no sistema;
- Qual ação tomar em caso de um vazamento não previsto;
- Como realizar as operações de recolhimento no sistema ou manter vácuo nos diferentes componentes do sistema, para realização de reparos.

Manutenção Preventiva

Um dos fatores mais importantes para a operação segura do sistema de refrigeração é o conhecimento do operador com relação à manutenção preventiva dos vários componentes do sistema.

Cada componente requer uma rotina de inspeção, limpeza ou ajuste interno e possivelmente a substituição.

As seguintes operações/ revisões devem ser realizadas periodicamente:

- Controles de Segurança devem ser inspecionados e testados através de operação manual para garantir que os mesmos estão funcionando corretamente. Quando em falha, deverão ser substituídos imediatamente;
- Válvulas de Bloqueio devem ser verificadas quanto à vedação completa através de manobras periódicas de inspeção de cada válvula. O castelo deve estar livre de pintura ou ferrugem e o corpo da válvula livre de vazamento;
- Válvulas de Controle Automático devem ser verificadas através da sua operação manual. Componentes defeituosos tais como bobinas de solenóides, pilotos e as partes internas (mecânicas) devem ser imediatamente substituídas. Filtros de linha antes das válvulas devem ser limpos, especialmente se for verificado alguma perda de capacidade;
- Drenos de Óleo devem ser verificados e o excesso de óleo deve ser removido com a frequência necessária. Se houver um aumento da frequência de drenagem de óleo é um sintoma que há arraste excessivo de óleo dos compressores para o sistema;
- Válvulas de Expansão devem ser verificadas quanto ao ajuste correto. Em caso de válvulas eletrônicas os sensores de pressão e temperaturas deverão ser calibrados periodicamente;

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

- Manômetros e Termômetros de Campo, Sensores Temperatura e Transdutores de Pressão devem possuir um programa de calibração periódico;
- Visores de Nível devem ser mantidos limpos e desobstruídos. Devem ser protegidos de maneira adequada. Tubos de vidro devem ser evitados e substituídos por visores blindados com proteção externa;
- Controladores de Nível e Sensores de Nível e Alarmes de Nível devem ser inspecionados e testados através de operação manual para garantir que os mesmos estão funcionando corretamente. Quando em falha, deverão ser substituídos imediatamente;
- Bombas de Refrigerante devem ser verificadas quanto ao desempenho através de medições constantes das pressões de sucção e descarga e da corrente dos motores.
- Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva tais como máscaras, luvas, aparelhos autônomos de respiração, lava-olhos, chuveiros e sinalização de emergência devem ser verificados regularmente;
- Procedimentos de Emergência devem ser frequentemente executados em exercícios simulados e revisados pelo menos a cada 2 anos.

Outros itens a serem constantemente inspecionados:

- Tubulação de amônia e suportes da tubulação devem ser inspecionados quanto à vibração.

O isolamento térmico também deve ser verificado em toda sua extensão quanto a danos ou rompimento da barreira de vapor, condensação ou congelamento no revestimento externo;

- Vazamentos: Uma boa instalação de amônia não deve ter vazamentos.

Caso sejam verificados traços de óleo em conexões flangeadas ou próximo a válvulas se perceber o odor de amônia, os mesmos devem ser verificados. É importante uma verificação periódica nos vários pontos sujeitos a vazamentos na instalação;

- Sistemas Hidrônicos devem ser verificados quanto à possibilidade de vazamentos através de análise periódica da qualidade de água se há traços de contaminação com amônia.

Vasos de Pressão

“START-UP” de novas instalações

Aqui será apresentado um resumo dos procedimentos aplicados durante o processo de comissionamento e “Start-Up” para um sistema de refrigeração por amônia e tem como base o Bulletin 110 - 1993:

Guidelines for Start Up, Inspection and Maintenance of Ammonia Mechanical Refrigerating Systems [10].

Precauções Iniciais

Considera-se inicialmente que a instalação foi projetada corretamente para o propósito do seu desempenho; que toda tubulação de interligação, componentes elétricos e isolamento térmico foram corretamente instalados; que todos os dispositivos de proteção foram testados e ajustados e que estão funcionais; que todo sistema foi submetido ao teste de pressão; e que todos os elementos necessários para o “Start-Up” do sistema foram previamente providenciados.

O supervisor da instalação deve possuir todos os desenhos relevantes do sistema, incluindo o fluxograma de engenharia, os diagramas elétricos e os dados de projeto de operação do sistema, assim como as condições limites de operação.

O engenheiro designado pelo proprietário como Autoridade de Comissionamento deverá possuir toda documentação de qualificação para as atividades de “Start-Up” e deverá conduzir o processo em conjunto com o supervisor da instalação. Antes da primeira carga de amônia no sistema, deverá ser verificado que todos os sistemas de emergência estão funcionais, incluindo rotas de fuga e estações de lavaolhos e chuveiros e que os EPIs (equipamentos de proteção individual) necessários estão disponíveis e de fácil acesso aos profissionais envolvidos.

Todo pessoal das outras áreas da unidade (externos à instalação de refrigeração) deve ser notificado que será realizada a carga de amônia.

O acesso à área deverá ser restrito apenas ao pessoal autorizado e os que não estão envolvidos na operação devem ser mantidos fora da área de risco.

Deverá ser realizada uma inspeção visual sobre toda tubulação, interligação elétrica e condição de abertura das válvulas de bloqueio (conforme sua condição normal de operação) para certificação de que o sistema está pronto para receber a carga de amônia.

Comissionamento da Instalação Elétrica

Qualificação da instalação a ser realizado antes da primeira carga de amônia no sistema. Durante o comissionamento da instalação elétrica, os painéis de controle dos equipamentos deverão ser inspecionados internamente e externamente, para se garantir que todo equipamento e componentes especificados foram corretamente instalados e que todos os disjuntores e

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

fusíveis dos painéis foram dimensionados corretamente como indicados na especificação.

Antes de energizar qualquer parte do circuito elétrico da instalação, deverá ser conduzido um teste de isolamento de todos os cabos para garantir que não haverá falhas de isolamento.

Recomenda-se a emissão de um certificado do teste.

Para testes dos painéis de controle, todos os fusíveis/ disjuntores dos motores dos equipamentos principais e auxiliares (incluindo motores dos compressores, bombas, ventiladores, etc.) deverão ser retirados de modo a evitar o funcionamento inesperado de algum dos equipamentos.

Com os fusíveis dos motores dos equipamentos removidos, o acoplamento (ou as correias) entre os compressores e seus motores devem ser desconectados e os equipamentos devem ser manualmente rotacionados para se constatar que os mesmos giram livremente.

Em seguida, à medida que os fusíveis são novamente instalados, os motores deverão ser testados um a um, para verificação do sentido correto da rotação.

Deverá ser confirmado o valor de ajuste da proteção térmica de cada motor, tendo como base a corrente nominal do motor.

Para os motores dos compressores, em certos casos, será necessário desativar alguns intertravamentos elétricos para testar o motor.

Neste caso, os intertravamentos desativados deverão ser sinalizados, para serem reativados corretamente após o teste.

Após a verificação do sentido da rotação dos motores, os cabos de alimentação dos motores deverão ser isolados e os motores serão reacoplados.

Os motores serão alinhados com os equipamentos e as proteções dos acoplamentos serão reinstaladas.

Quando finalizados estes testes do circuito elétrico, todas as proteções elétricas de desligamento (dos motores) deverão ser inspecionadas para se garantir que os valores de ajuste estão de acordo com os valores requeridos nas especificações.

Finalmente, deverão ser testados os intertravamentos elétricos dos diversos elementos de controle e proteções (tais como, bóias de nível com contato elétrico, pressostatos, termostatos, sensores de fluxo, etc.) para certificação que os contatos elétricos estão atuantes sobre os motores dos respectivos equipamentos.

Todos os resultados dos testes devem ser registrados e anexados ao relatório final do comissionamento da instalação elétrica.

Teste de Estanqueidade de Sistema

Após a finalização da instalação e antes da aplicação do isolamento térmico, o sistema de refrigeração deve ser testado para certificação da estanqueidade ou de eventuais vazamentos.

Todas as partes do sistema que não foram testadas previamente (em fábrica ou no campo) deverão ser pressurizadas conforme as pressões de projeto requeridas (considerando os valores específicos para o lado de alta e o lado de baixa pressão).

Todos os vazamentos detectados deverão ser reparados e o material ou as partes defeituosas deverão ser substituídas.

Não se deve utilizar Oxigênio ou qualquer gás combustível ou mistura combustível para a pressurização.

Dióxido de carbono (CO₂) ou fluidos halogenados (HFCs, HCFCs, CFCs) não podem ser utilizados como gases para pressurização em sistemas com amônia.

Recomenda-se a utilização de Nitrogênio seco ou ar seco como gás de pressurização para o teste de estanqueidade.

A seguir os procedimentos mínimos recomendados para o teste:

Preparação

Os seguintes componentes deverão ser fechados, bloqueados e/ou isolados, contra a pressurização:

- Unidades compressoras;
- Válvulas de segurança (utilizar disco de blindagem e juntas);
- Indicadores de nível (as válvulas de purga, após as válvulas de bloqueio, devem permanecer abertas);
- Controladores de nível;
- Bombas de amônia;
- Extrator (Purgador) de ar;
- Indicadores de pressão (manômetros);
- Todo e qualquer eventual instrumento de baixa pressão e acessórios;

- Todas as válvulas solenoides deverão permanecer abertas, por meio de energia elétrica (se normalmente fechadas), ou através dos próprios dispositivos de operação manual;
- Válvulas motorizadas e/ou pneumáticas também deverão permanecer na condição aberta;
- Válvulas de retenção localizadas na descarga das unidades compressoras deverão ser desmontadas para retirar o miolo interno, a fim de permitir a passagem de pressão até as válvulas de fechamento;
- Todas as flanges pertencentes à tubulação (se houver) deverão ser revestidos na junção com uma fita adesiva e, um pequeno furo deverá ser efetuado na parte superior. Obs.: Deverá ser verificado, previamente, através de uma cópia do fluxograma da planta, que toda a tubulação a ser testada (soldas, conexões, ligações, flanges, juntas, etc.) será atingida pela pressão a ser introduzida; e o fluxograma, devidamente marcado por indicação em cor, deverá ser anexado ao Certificado de Teste de Pressão. Em caso de sistemas com pressões de teste diferentes entre o lado de baixa e o lado de alta pressão, os lados deverão ser isolados e os testes deverão ser realizados em etapas distintas, considerando as respectivas pressões requeridas.

Precauções quanto a proteção de pessoas

Toda a área da instalação a ser pressurizada, deverá ser interditada, e somente será permitida a presença de pessoas a uma distância mínima de 10 metros do extremo da instalação, protegidas por meio de anteparos de concreto.

Avisos adequados deverão ser colocados em locais estratégicos para se evitar a entrada inadvertida de pessoas.

A equipe de segurança da empresa e/ou do corpo de bombeiros da localidade (previamente acionado pela empresa) deverão garantir isolamento da área, permitindo acesso apenas à equipe de teste.

Deve-se atentar para o fato da existência constante do risco de possíveis rupturas de tubos e/ou componentes, colocando em risco a vida das pessoas nas proximidades.

Portanto, todas as pessoas presentes ao teste deverão estar adequadamente protegidas.

Equipamentos a serem utilizados

- Compressor de ar com pressão de descarga até 6 bar e compressor de ar com pressão de descarga até a pressão de teste, a serem instalados em locais apropriados e distantes da instalação, a fim de garantir a proteção dos operadores;

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

Obs.: Os compressores de ar deverão possuir válvula de segurança e manômetro.

- Cilindros de Nitrogênio;
- Termômetro de mercúrio calibrado, com divisão de escala no mínimo de 0.1°C e manômetros de alta pressão, calibrados e com divisão de escala no mínimo de 0.10 bar, a serem instalados na Sala de Máquinas, para controlar as diversas variações das condições ambientais, as quais influenciam diretamente nos resultados dos testes;

Procedimento

1º Estágio

- a) Pressurização da instalação com ar comprimido seco e/ou Nitrogênio, até a pressão de 200 kPa g (2.0 bar g);
- b) Verificação cuidadosa de todas as soldas e conexões quanto a vazamentos, por meio de solução de água e sabão;
- c) Marcação dos eventuais vazamentos observados para posterior correção;
- d) Elevação da pressão para 4 bar g e realizar nova verificação de vazamentos;
- e) Despressurização da instalação e realização dos eventuais reparos.

Não realizar nenhum reparo com o sistema pressurizado.

2º Estágio

- f) Injeção de ar comprimido seco e/ou Nitrogênio até obter a pressão de teste em condição estável;
- g) Manter a pressão de teste por 2 horas, com variação inferior a 1% e em seguida reduzi-la para 1050 kPa g (10.5 bar g); h) A pressão de 1050 kPa g (com variação inferior a 1%) deverá ser mantida por um período de 12 horas;
- i) Todas as soldas e conexões serão novamente verificadas por meio da solução de água e sabão, antes da despressurização total da instalação;
- j) Caso seja detectado algum vazamento, após a despressurização do sistema, os eventuais reparos deverão ser realizados e o teste deverá ser executado novamente até que se garanta a total estanqueidade;
- k) Emissão de Certificado de Teste de Estanqueidade.

Procedimento de vácuo e desidratação

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

Após a certificação do teste de estanqueidade, antes da aplicação do isolamento térmico e antes de realizar a carga de amônia, o sistema deverá ser cuidadosamente evacuado para remoção de todos os gases não condensáveis e da umidade contida no interior do sistema. A evacuação pode durar de 25 a 40 horas para atingir a pressão requerida, dependendo do volume interno da instalação, do conteúdo de umidade presente no interior do sistema e da capacidade e estado da bomba de vácuo utilizada.

O nível de vácuo a ser atingido para sistemas que irão operar com amônia é cerca de 0.66 kPa abs (5.0 mmHg).

Nessa pressão o ponto de ebulição da água é de +/- 0°C.

Preparação

Todos os componentes que foram isolados para a execução do teste de estanqueidade, exceto os compressores e bombas de amônia (que em vácuo permitirão a penetração de ar através dos selos mecânicos), deverão ser abertos e/ ou desbloqueados:

- Bombas de amônia (quando herméticas);
- Válvulas de segurança (retirar os discos de blindagem);
- Indicadores de nível (fechar a válvula de purga e abrir as válvulas de bloqueio);
- Controladores de nível (fechar a válvula de purga e abrir as válvulas de bloqueio);
- Extrator (Purgador) de ar;
- Indicadores de pressão (manômetros) e controladores de pressão (pressostatos);
- Todo e qualquer instrumento de baixa pressão e acessórios eventualmente isolados;
- Todas as válvulas solenoides (24 Vdc ou 120 Vac), deverão permanecer abertas, por meio de energia elétrica, ou através dos próprios dispositivos de operação manual;
- As válvulas motorizadas e/ou pneumáticas também deverão permanecer na condição aberta;
- As válvulas de retenção localizadas na descarga das unidades compressoras deverão ser remontadas.

Equipamentos a serem utilizados

- Bomba de vácuo de tamanho adequado (capacidade de 10 a 25 Nm³/h);

- Manovacuômetro com escala de vácuo em kPa abs ou em mmHg (Torr) e “manifold”;
- Tubo de aço carbono ou mangueira flexível com trama em aço inox apropriada, com conexões fêmeas em ambas as extremidades;
- Cilindros de Nitrogênio.

Procedimento

A conexão da bomba durante o processo de vácuo será feita através da válvula de carga, localizada na descarga da tubulação do recipiente de líquido, por meio de tubo ou da mangueira flexível.

Vácuo Primário

Inicia-se a evacuação e, durante o processo, a pressão poderá ser verificada no manovacuômetro, onde percebe-se que a pressão no interior da instalação (atmosférica, aprox. 100 kPa abs ou 760 mmHg) decresce rapidamente até cerca de 3 kPa abs (~20 mmHg), ou ligeiramente abaixo.

Até o presente, apenas o ar e os gases incondensáveis foram removidos.

Em seguida a pressão passa a diminuir mais lentamente, pois só então a água começa a evaporar. Recomenda-se verificar os pontos baixos onde pode haver enclausuramento de água e aquecer estes pontos para acelerar o processo de evaporação.

Quando a pressão atingir aproximadamente 0.7 kPa abs (5.5 mmHg), após cerca de 15 horas do início do processo, a bomba será desligada por um período de 1 hora e a pressão será verificada no manovacuômetro.

Um aumento da pressão indica a evaporação da umidade que ainda se encontra no sistema.

Neste caso, continuar o processo por mais 10 horas, e em seguida desligar a bomba novamente, para a verificação da estabilidade da pressão.

O processo deve continuar até que a pressão atinja o valor de 0.66 kPa abs(5.0 mmHg) e se mantenha estável.

Em seguida a bomba será desligada e isolada do circuito e essas condições serão mantidas por mais 6 horas.

8.4.5 Quebra de vácuo O vácuo atingido será “quebrado” por meio da injeção de Nitrogênio no sistema, até que a pressão retorne à pressão atmosférica inicial.

Vácuo Secundário

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

A evacuação é efetuada novamente até que a pressão atinja o valor de 0.66 kPa abs (5.0 mmHg).

Carga Primária de amônia

Após o processo do vácuo secundário, a instalação estará apta para receber a primeira carga de amônia.

Inicialmente, a carga será realizada até o sistema atingir 700 kPa g (7.0 bar g).

Recomenda-se ainda que durante este período o sistema seja inspecionado com detectores de amônia.

Máscaras apropriadas deverão estar disponíveis em caso de emergência.

Ao final, todos os componentes, válvulas e elementos de controle deverão ser retornados à posição normal de operação com o sistema parado.

Carga de amônia

Em caso do uso de cilindros para a carga de amônia, recomenda-se conectar apenas um cilindro por vez.

Em caso de alimentação por mais de um cilindro, deve-se tomar o cuidado para que não haja fluxo de um cilindro para o outro através do uso de válvulas de retenção em cada conexão de alimentação de cada cilindro, de modo a impedir o fluxo para dentro dos cilindros.

A válvula de carga de amônia para o sistema deve ser compatível com o tamanho do sistema e deve possuir uma válvula de retenção para impedir retorno de fluxo do sistema para o elemento de carga (cilindro ou caminhão tanque).

O ponto de carga e o cilindro deverão estar posicionados em área externa, em um local protegido, onde não haja risco para o restante da equipe de operação.

A área deve ser isolada e um aviso deve ser colocado informando que o sistema está sendo carregado com amônia.

Quando utilizado caminhão tanque, recomenda-se bombear amônia para o recipiente de líquido utilizando bombas de amônia próprias do caminhão (quando houver).

No caso de caminhão tanque, o fornecedor de amônia deverá apresentar a seguinte documentação para liberação do abastecimento:

- Identificação da carga de amônia, com informações do fabricante da amônia, certificado de procedência e certificado de pureza (mínimo de 99.95%);
- Certificado de procedimento de vácuo no tanque do caminhão antes da carga de amônia;
- Procedimento escrito das operações de abastecimento de amônia;

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

- Certificado de integração do profissional para atividade de risco na área e certificado de treinamento do profissional para o procedimento de operações de abastecimento de amônia.

O fornecedor deverá ainda prover mangueira apropriada e conexão de engate rápido para o ponto de carga de amônia da instalação.

Em caso de diferença de diâmetros entre a mangueira e a conexão de carga do sistema, não poderão ser utilizadas reduções em série (montadas na hora) para a conexão.

O fornecedor deverá prover um dispositivo de redução apropriado e que já seja montado na mangueira.

Antes de iniciar a operação, inspecionar a mangueira do fornecedor verificando se a mesma é adequada para a operação e se há um ponto de dreno para esvaziamento final da mangueira após a carga.

Prover água em abundância no local (mangueira com água corrente) e utilizar EPI adequado para o serviço (pelo menos botas, luvas e máscara específica).

Após instalar a mangueira que interliga o caminhão tanque com o ponto de conexão de carga de amônia da instalação deverá ser realizado o seguinte procedimento de carga:

- Registrar o volume inicial de amônia no recipiente de líquido;
- Abrir a válvula de conexão de carga de amônia da instalação (100%);
- Seguir a operação conforme o procedimento escrito do fornecedor;
- Durante o procedimento, o operador de carga de amônia deve permanecer ao lado do conjunto de válvulas do caminhão para o fechamento imediato das válvulas de carga em caso de emergência;
- Quando a carga estiver completada, fechar a válvula de conexão de carga de amônia da instalação;
- Fechar a válvula de conexão de amônia do caminhão-tanque;
- Drenar o resíduo de amônia do trecho da mangueira para um tambor com água;
- Retirar a mangueira das conexões de carga de amônia da instalação e do caminhão tanque;
- Registrar a massa da carga de amônia injetada na instalação. Para o cálculo da massa total injetada, além do registro da variação de volume no recipiente de líquido (e posterior cálculo de massa através da densidade da amônia na

temperatura ambiente), recomenda-se pesar cada cilindro antes e depois da carga ou pesar o caminhão tanque antes e depois da carga (quando possível).

Durante o procedimento de carga, um dos compressores (de preferência de duplo estágio e de menor capacidade), deverá estar preparado, com a devida carga de óleo e ligação elétrica, para entrar em funcionamento.

Deve-se levar em conta que durante este período, o compressor estará operando fora das condições normais de operação (pressão e temperatura) para as quais o sistema foi projetado.

Testes dos Dispositivos de Proteção do Sistema

Os testes dos dispositivos de proteção dos compressores deverão ser executados pelo profissional responsável pelo “Start-Up” dos compressores (designado pelo fabricante dos compressores).

Os demais dispositivos deverão ser executados pelo profissional responsável pelo “Start-Up” do sistema (designado pelo instalador) e/ou responsáveis pelos outros equipamentos fornecidos.

Os testes deverão ser conduzidos e supervisionados pelo engenheiro designado pelo cliente como autoridade de Comissionamento.

Todos os dispositivos deverão ser verificados previamente para certificar que os valores de ajuste de campo estão de acordo com o valor de ajuste estabelecido no projeto para cada dispositivo.

Alta pressão de descarga

Este deverá ser o primeiro dispositivo a ser testado.

O valor de ajuste do dispositivo de proteção de alta pressão de descarga do alívio de pressão instalado no lado de mesma pressão de operação do dispositivo de proteção do compressor.

Para o teste, a pressão de descarga de cada compressor deve ser aumentada gradativamente (através do fechamento de válvula na linha de descarga, após o ponto de tomada de pressão onde está instalado o dispositivo), até que o dispositivo de proteção atue, provocando o desligamento imediato do compressor quando a pressão atingir o valor de ajuste.

Caso a pressão de descarga ultrapasse o valor de ajuste do dispositivo de proteção, o compressor deverá ser desligado imediatamente (através de botão de emergência, ou de parada instantânea).

Neste caso, o dispositivo deve ser substituído ou reparado (deverão ser verificados os elementos mecânicos e elétricos do dispositivo) e após a correção, o teste deverá ser refeito.

Em compressores com painéis de controle microprocessados, o valor de ajuste da pressão de descarga para desligamento poderá ser diminuído durante o teste para facilitar o procedimento e evitar pressão muito elevada no sistema.

Após a conclusão do teste, o valor de ajuste deverá ser corrigido para a condição estabelecida no projeto.

Baixa pressão de sucção

Para o teste, a pressão de sucção de cada compressor deve ser diminuída gradativamente (através do fechamento de válvula na sucção), até que o dispositivo de proteção atue, provocando o desligamento imediato do compressor quando a pressão atingir o valor de ajuste.

Caso a pressão de sucção ultrapasse o valor de ajuste do dispositivo de proteção, ou o compressor deverá ser desligado ou a pressão de sucção elevada (através da abertura da válvula).

Neste caso, o dispositivo deve ser substituído reparado (deverão ser verificados os elementos mecânicos e elétricos do dispositivo) e após a correção, o teste deverá ser refeito.

Baixa pressão diferencial de óleo

O dispositivo de proteção da pressão diferencial de óleo do compressor, normalmente está associado a um temporizador para evitar a parada do compressor durante a partida quando a pressão diferencial de óleo é baixa. Isto deve ser levado em conta durante o procedimento de teste.

O teste do temporizador pode ser realizado em bancada específica montada no local ou através do isolamento das tomadas de pressão do dispositivo de pressão diferencial do óleo (caso hajam válvulas de bloqueio dos pontos de tomada de pressão).

O dispositivo de proteção de pressão diferencial de óleo poderá ser testado alterando-se o valor de ajuste para um valor superior ao de projeto para facilitar o procedimento. Após a conclusão do teste, o valor de ajuste deverá ser corrigido para a condição estabelecida no projeto.

Alta temperatura de descarga/ alta temperatura de óleo

Em compressores com painéis de controle microprocessados, recomenda-se alterar o valor de ajuste da temperatura de desligamento para um valor inferior durante o teste. Após a conclusão do teste, o valor de ajuste deverá ser corrigido para a condição estabelecida no projeto.

Outros dispositivos de proteção

MO – MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO VP 001

Todos os demais dispositivos de proteção de alarme e desligamento dos compressores deverão ser testados, incluindo dispositivos para baixa temperatura e dispositivos de proteção externos, tais como controladores de nível de líquido (alarme e desligamento por nível alto ou nível baixo).

Também deverão ser testados os dispositivos de proteção dos demais equipamentos, tais como bombas de amônia e máquinas fabricação de gelo.

Os testes deverão ser realizados conforme as recomendações do fabricante.

Sistemas de proteção de emergência

Também deverão ser testados os seguintes sistemas auxiliares:

- Sistema de Ventilação Normal da Sala de Máquinas;
- Sistema de Ventilação de Emergência;
- Botões de Emergência (parada instantânea de equipamentos e da instalação);
- Válvula Solenóide Principal da Linha de Líquido;
- Estações de Lava-Olhos e Chuveiros tipo Dilúvio de Emergência;
- Detectores de amônia.

Os testes deverão ser realizados conforme as recomendações do fabricante.

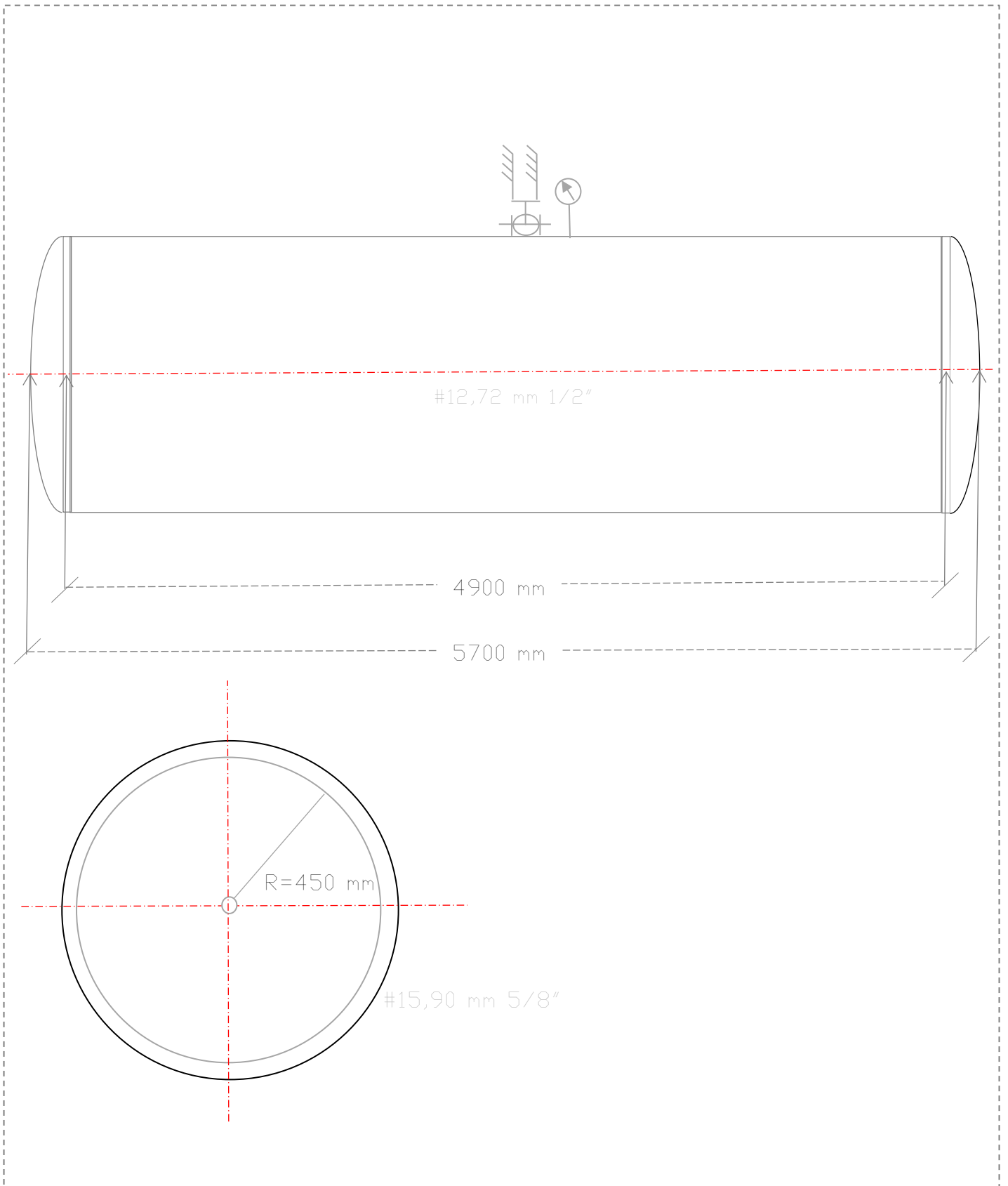
Operação assistida

Após a conclusão dos testes dos dispositivos de proteção, as rotinas do “Start Up” poderão seguir adiante com os ajustes das válvulas de controle e demais elementos de controle para a correta operação dos equipamentos e do sistema.

Durante o procedimento de “Start-Up” deverá haver um monitoramento das pressões e temperaturas de operação do sistema e constantes inspeções sobre vazamentos de amônia.

Em caso de qualquer anormalidade, o sistema deve ser parado imediatamente e as causas devem ser identificadas e corrigidas antes de retornar ao funcionamento.

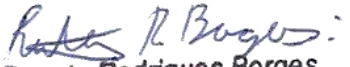
DIMENSIONAL



RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Responsabilidade Técnica
Alfa Service
57.413.969/0001-01

ART - Supervisão/Coordenação
13202501355158
Renato Rodrigues Borges
Engenheiro Mecânico/Engenheiro de Segurança do Trabalho
Crea 1008294713D-GO
5071587938-SP
RNP: 1008294713


Renato Rodrigues Borges
Eng. Mecânico
CREA: 1008294713D-GO

Santa Rita do Pardo, 30 de julho 2025



Anotação de Responsabilidade Técnica -
ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MS

ART DE OBRA/SERVIÇO
1320250135158

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do MS

1. Responsável Técnico

RENATO RODRIGUES BORGES	RNP: 1008294713
Título Profissional: ENGENHEIRO MECÂNICO - ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO	Registro: GO1008294713
Empresa Contratada:	Registro:

2. Dados do Contrato

Contratante: ALFA SERVICE CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA	CPF/CNPJ: 57.413.969/0001-01	
Rua: RUA ACOTIPA	Bairro: ITAQUERA	Número: 65
Cidade: SÃO PAULO	UF: SP	País: Brasil
Contrato:	Celebrado em: 28/07/2025	CEP: 08.210-040
Valor: R\$ 2.000,00	Tipo de Contratante: PESSOA JURÍDICA	Vinculado à ART:
Ação Institucional:		

3. Dados Obra/Serviço

Logradouro	Bairro	Número	Complemento	Cidade	UF	País	Cep	Coordenada
RODOVIA MS 338	ZONA RURAL	SN	PROLONGAMENTO DA AVENIDA RENE CAMPOS	SANTA RITA DO PARDO	MS	BRA	79.690-000	
Data de Início: 30/07/2025		Previsão Término: 30/07/2025						Código:
Tipo Proprietário: PESSOA JURÍDICA		Proprietário: FRIGOLON FRIGORIFICO						CPF/CNPJ: 13.392.293/0001-41
Finalidade: INDUSTRIAL								

4. Atividades Técnicas

Supervisão		Quantidade	Unidade
Inspeção	Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão -> de segurança em caldeiras e/ou vasos de pressão (NR13)	26,0000	unidade (un)
Treino	Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão -> de segurança em caldeiras e/ou vasos de pressão (NR13)	2,0000	unidade (un)

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

INSPEÇÃO EM CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO, TUBULAÇÕES, TANQUES METALICOS E TREINAMENTOS DE SEGURANÇA.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local _____ / _____ data

016.073.521-17 - RENATO RODRIGUES BORGES

57.413.969/0001-01 - ALFA SERVICE CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA

9. Informações

A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creams.org.br ou www.confea.org.br.
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creams.org.br creams@creams.org.br
Tel: (67)3368-1000 / 0800-368-1000



CREA-MS
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Mato Grosso do Sul

Nosso Número: 14000000018309289

Valor ART: R\$ 103,03

Registrada em 24/10/2025

Valor Pago: R\$ 103,03

Documento assinado digitalmente
gov.br RENATO RODRIGUES BORGES
Data: 27/10/2025 15:00:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br GETULIO JOSE VIEIRA JUNIOR
Data: 30/10/2025 15:51:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>



RELATÓRIO DE INSPEÇÃO SEGURANÇA INICIAL

DOC Nº RIS2025VP17

EQUIPAMENTO:	RESERVATORIO DE AMONIA
TAG:	VP 017
SETOR:	SALA DE MÁQUINAS

FRIGOLON
SANTA RITA DO PARDO - MS
JULHO – 2025

DADOS DE PLACA DO EQUIPAMENTO**Equipamento:** Recipiente de liquido**Tipo de Equipamento:** Cilíndrico**Modelo:** TCRL 08 Ø1380 x 4900**Fabricante:** Top Cold Refrigeração Industrial IND**Fluido Principal:** Amônia**Nº de Série:**1538**Categoria:** II**Classe do Fluido:** A**Grupo Potencial de Risco:** 3**Pressão Máxima de Trabalho Admissível:** 16,00 kgf/cm²**Pressão de teste hidrostático:** 21,909 kgf/cm²**Volume Interno:**8,147 m³**Ano de Fabricação:**2004 **Código da inspeção:** VP 017**Código de Projeto:** (Adotado)

Asme sec. VIII Divisão 01 – Ed 2007

LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO

EMPRESA	FRIGOLON FRIGORIFICO LTDA	
SETOR	DEPARTAMENTO TÉCNICO – UTILIDADES	
ENDEREÇO	ROD MS 338, PROLONGAMENTO DA AV RENI CAMPOS CEP 79690-000	
CIDADE	SANTA RITA DO PARDO	
BAIRRO	ZONA RURAL	
ESTADO	MATO GROSSO DO SUL-MS	
CNPJ	13.392.293/0001-41	
COORDENADAS	LATITUDE: 21°18'39"S	LONGITUDE: 52°50'06"W



TIPO DE INSPEÇÃO EXECUTADA

Em conformidade com o disposto no item **13.5.4.1 da Norma Regulamentadora nº 13**, aprovada pela **Portaria GM nº 3.214, de 08 de junho de 1978**, e suas alterações posteriores, os vasos de pressão devem ser submetidos às seguintes modalidades de inspeção de segurança:

INICIAL

PERIÓDICA

EXTRAORDINARIA

Procedimento de Inspetoria Adotado:

A inspeção de segurança foi executada em estrita observância aos requisitos estabelecidos na **Norma Regulamentadora nº 13**, bem como às disposições legais e regulamentares aplicáveis, compreendendo, no mínimo, as seguintes etapas

- **Verificação da conformidade da documentação técnica do equipamento**, incluindo prontuário, registros de inspeções, dados de projeto, especificações técnicas e demais documentos exigidos pela NR-13;
- **Avaliação das condições físicas e operacionais do vaso de pressão e de seus dispositivos de segurança**, quanto à integridade, identificação, funcionamento e acessibilidade;
- **Realização de exame visual externo**, com a finalidade de identificar a existência de defeitos aparentes, tais como trincas, corrosão, deformações, falhas de soldagem, alterações no acabamento superficial ou quaisquer outros indícios que possam comprometer a segurança do equipamento;
- **Verificação da espessura dos componentes estruturais**, mediante medições realizadas por método não destrutivo adequado (medição ferromagnética), visando à avaliação da integridade estrutural do equipamento;
- **Análise das condições de instalação e operação do equipamento**, considerando o local de instalação, suporte, fixação, ventilação, acessos, sinalização de segurança e demais requisitos que possam impactar a segurança operacional, em atendimento às exigências normativas.

Observação Técnica-Legal

O procedimento de inspetoria descrito foi conduzido com o objetivo de verificar o atendimento às exigências mínimas de segurança previstas na NR-13, não eximindo o empregador da responsabilidade pela manutenção das condições seguras de operação, conforme disposto na legislação trabalhista e de segurança e saúde no trabalho.

ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO

Em atendimento ao disposto no item **13.5.1.5 da Norma Regulamentadora nº 13**, foi realizada a verificação da documentação técnica e legal obrigatória do vaso de pressão, **com base na documentação apresentada no momento da inspeção**, conforme quadro a seguir:

Exigência Normativa – NR-13 (13.5.1.5)	Situação
Prontuário do Vaso de Pressão	ATENDIDO
Registro de Segurança	ATENDIDO
Comprovação documental de teste hidrostático	ATENDIDO
Projeto de Alteração ou Reparo	NÃO APLICÁVEL
Relatório de Inspeção	ATENDIDO
Certificados de Calibração dos Dispositivos de Segurança	ATENDIDO

A análise documental limitou-se **exclusivamente aos documentos disponibilizados pelo empregador e apresentados no momento da inspeção**, não abrangendo eventuais documentos inexistentes, extraviados, não apresentados ou elaborados posteriormente à data da inspeção, os quais permanecem sob inteira responsabilidade do empregador, nos termos da legislação vigente.

Com base na documentação apresentada no momento da inspeção, **verifica-se o atendimento às exigências documentais previstas no item 13.5.1.5 da NR-13**, ressalvadas as situações expressamente classificadas como **não aplicáveis**, não eximindo o empregador da obrigação de manter a documentação permanentemente atualizada e disponível para fins de fiscalização.

RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

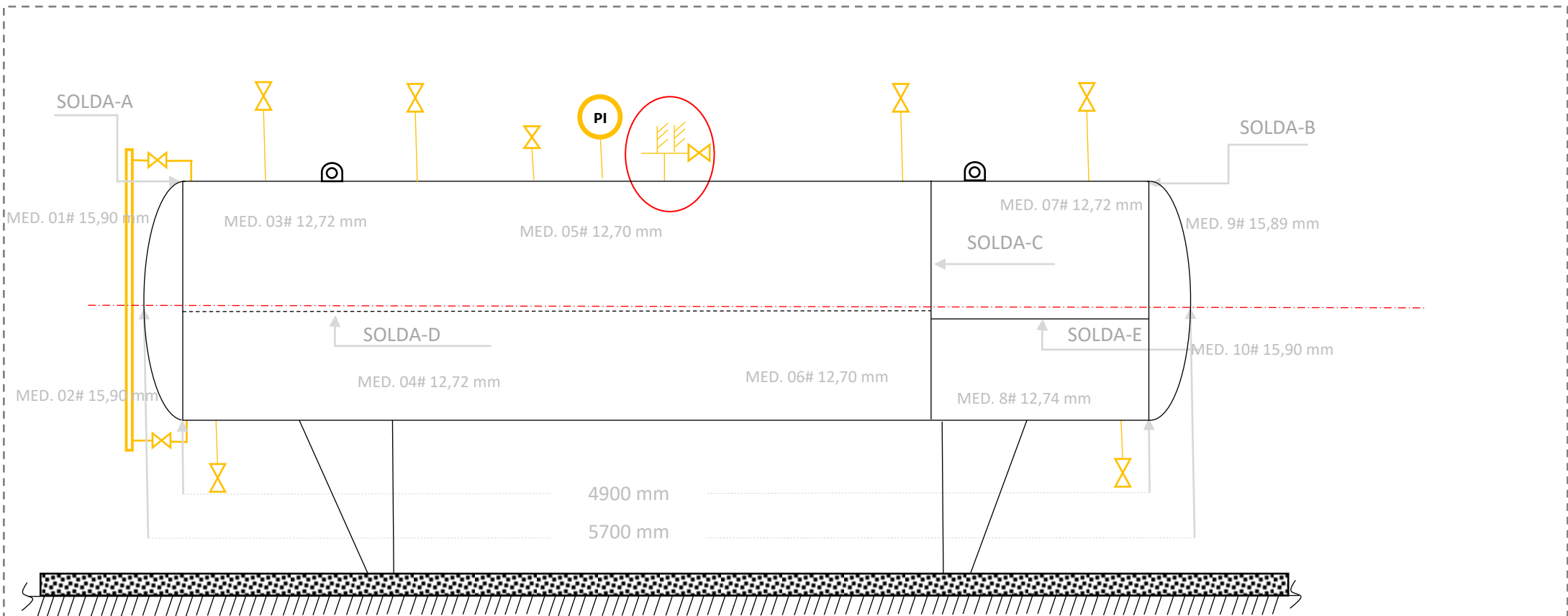
VISTA FOTOGRÁFICA DO EQUIPAMENTO



EXAME VISUAL EXTERNO

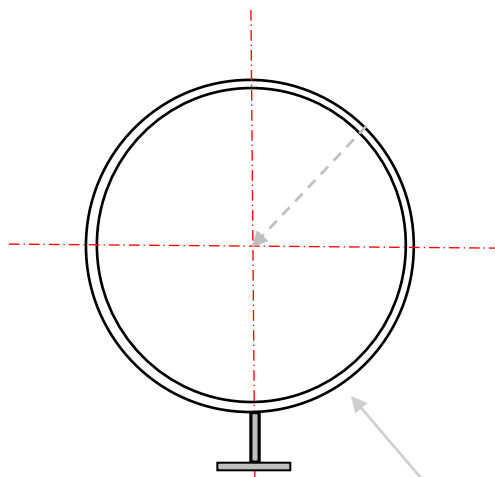
INSPEÇÃO EXTERNA						
(A) APROVADO (R) REPROVADO		(NE) NÃO EXISTENTE		(NA) NÃO APLICÁVEL		
ITENS VERIFICADOS		A	R	NE	NA	OBSERVAÇÕES/COMENTÁRIOS
01	ALINHAMENTO	X				BARREIRA DE CONTENÇÃO
02	PRUMO	X				
03	S.P.D.A	X				
04	BARREIRA DE CONTENÇÃO			X		
05	ESTRUTURAL PISO/FUNDAÇÃO	X				
06	SUPORTAÇÃO	X				
07	CHUMBADORES	X				
08	COSTADO	X				
09	TAMPOS	X				
10	BOCAIS	X				
11	PARAFUSOS/ESTOJOS/PORCAS	X				
12	JUNTAS PARAFUSADAS	X				
13	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	X				
14	NUMERO OU CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO	X				
15	CATEGORIA	X				
16	SOLDAS DO COSTADO	X				
17	SOLDAS DOS TAMPOS	X				
18	SOLDAS DOS BOCAIS	X				
19	OUTRAS SOLDAS	X				
20	ISOLAMENTO EXTERNO				X	
21	VIBRAÇÕES	X				
22	VAZAMENTOS	X				
23	PINTURA	X				
24	VÁLVULAS DE BLOQUEIO	X				
25	DISPOSITIVO INDICADOR DE PRESSÃO INTERNA DO VASO	X				
26	MEDIDOR/VISOR DE NÍVEL	X				
27	PRESSOSTATO	X				
28	PURGADORES	X				
29	TERMÔMETRO				X	
30	DISPOSITIVO DE SEGURANÇA	X				

LAY OUT



FRIGOLON – SANTA RITA	
SALA DE MAQUINAS	VP17
VP17 – RESERVATÓRIO DE AMÔNIA	

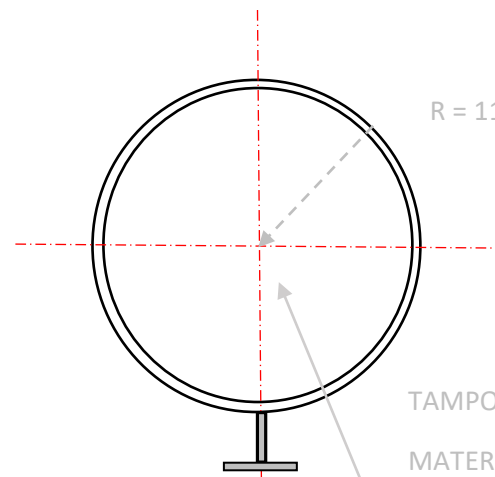




COSTADO

MATERIAL DA CHAPA DE AÇO

ASTM SA 516 Grau 60 ESPESSURA NOMINAL 12,74 mm



R = 1190,00 mm

TAMPO

MATERIAL DA CHAPA DE AÇO

ASTM SA 516 Grau 60 ESPESSURA NOMINAL 15,90 mm

FRIGOLON – SANTA RITA	
SALA DE MAQUINAS	VP017
VP17 – RESERVATÓRIO DE AMÔNIA	

Tabela de leituras

Ponto	Espessura Nominal	Espessura Mínima	Espessura Medida
MED.01	15,90 mm	9,36 mm	15,90 mm
MED.02	15,90 mm	9,36 mm	15,90 mm
MED.03	12,72 mm	11,39 mm	12,72 mm
MED.04	12,72 mm	11,39 mm	12,72 mm
MED.05	12,72 mm	11,39 mm	12,72 mm
MED.06	12,72 mm	11,39 mm	12,70 mm
MED.07	12,72 mm	11,39 mm	12,70 mm
MED.08	12,72 mm	11,39 mm	12,74 mm
MED.09	15,90 mm	9,36 mm	15,89 mm
MED.10	15,90 mm	9,36 mm	15,90 mm

EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA DADOS DA ESPESSURA DE CHAPA:

MEDIDOR DE ESPESSURA POR ULTRASSOM

FABRICANTE: METROTOKYO MODELO: MTK-1310 NEW

FAIXA DE MEDIÇÃO: 0,001 mm – 225 mm

ACCURACY: $\pm(1\%H=0,1)$ mm

MENOR MEDIÇÃO: 0,01 mm

OPERANTE

INOPERANTE



DISPOSITIVO DE SEGURANÇA INSTALADO NO VASO DE PRESSÃO

TIPO DE DISPOSITIVO		VALVULA DE SEGURANÇA	
FABRICANTE		VASTIN	
IDENTIFICAÇÃO		-	
CONEXÃO ENTRADA	3/4"	CONEXÃO SAÍDA	1"
PRESSÃO DE ABERTURA		16,0kgf/cm ²	
DATA DA CALIBRAÇÃO		-	

DISPOSITIVO DE SEGURANÇA INSTALADO NO VASO DE PRESSÃO

TIPO DE DISPOSITIVO		VALVULA DE SEGURANÇA	
FABRICANTE		VASTIN	
IDENTIFICAÇÃO		-	
CONEXÃO ENTRADA	3/4"	CONEXÃO ENTRADA	3/4"
PRESSÃO DE ABERTURA		16,0kgf/cm ²	
DATA DA CALIBRAÇÃO		-	

DISPOSITIVO DE LEITURA DA PRESSÃO**OPERANTE****INOPERANTE****DISPOSITIVO DE LEITURA DE PRESSÃO INSTALADO NO VASO DE PRESSÃO**

TIPO DE DISPOSITIVO		MANOVACUÔMETRO	
FABRICANTE		TOP COLD	
IDENTIFICAÇÃO		-	
CONEXÃO ENTRADA	1/2	CONEXÃO SAÍDA	4"
ESCALA		0 á 21 kgf/cm ²	
DATA DA CALIBRAÇÃO		-	

PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DO VASO



ANÁLISE DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Em atendimento ao disposto no item **13.5.2.2 da Norma Regulamentadora nº 13**, procedeu-se à verificação das condições do local de instalação do vaso de pressão, **com base na situação observada no momento da inspeção**, conforme requisitos a seguir relacionados:

REQUISITOS DE INSTALAÇÃO – NR-13 (13.5.2.2)	CONFORMIDADE
Disponer de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas e dispostas em direções distintas;	LOCAL EM OBRA
Disponer de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção, operação e inspeção, sendo que, para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas;	LOCAL EM OBRA
Disponer de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas;	ATENDIDO
Disponer de iluminação conforme normas oficiais vigentes;	LOCAL EM OBRA
Possuir sistema de iluminação de emergência.	LOCAL EM OBRA

DATA DE REALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO

INICIO: 28/07/2025

TÉRMINO: 28/07/2025

PARECER TÉCNICO

Com base nas inspeções, verificações e medições realizadas, e considerando exclusivamente as condições observadas no momento da inspeção, verificou-se que o vaso de pressão apresenta condições estruturais compatíveis com a operação dentro dos parâmetros de projeto e segurança previstos.

Entretanto, foi constatada a ausência de bacia de contenção na área da sala de máquinas, condição que caracteriza não conformidade com boas práticas de segurança industrial e contenção de fluidos, especialmente em sistemas que operam com amônia.

Registra-se que a sala de máquinas encontra-se em processo de obras/adequações, situação de caráter transitório que deve ser acompanhada e concluída antes da plena consolidação operacional do sistema.

PRÓXIMA INSPEÇÃO

Em atendimento ao item **13.4.5, alínea “a”, da Norma Regulamentadora nº 13**, os prazos máximos para realização das inspeções periódicas, conforme a categoria do vaso de pressão, são os seguintes:

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno
I	1 ano	3 anos
II	2 anos	4 anos
III	3 anos	6 anos
IV	4 anos	8 anos
V	5 anos	10 anos

Dessa forma, fica estabelecido que a **próxima inspeção periódica** do vaso de pressão deverá ser realizada até:

- **Mês:** Julho
- **Ano:** 2026

Observação:

Considerando que a sala de máquinas e o setor onde se encontra instalado o vaso de pressão estão em processo de obras e adequações, optou-se, por critério de engenharia e de gestão preventiva de integridade, pela adoção de intervalo reduzido de 12 (doze) meses para a próxima inspeção periódica, independentemente do prazo máximo normativo aplicável à categoria do equipamento.

Tal medida possui caráter preventivo e cautelar, visando acompanhar eventuais impactos decorrentes das intervenções civis e de montagem em andamento — especialmente na instalação de compressores, vasos e tubulações — que possam influenciar as condições de integridade mecânica, acessibilidade, suportação, alinhamento ou segurança operacional do sistema.

Ressalta-se que a NR-13 estabelece prazos máximos, sendo tecnicamente admissível a adoção de intervalos menores quando justificado por análise de risco, condições operacionais ou critérios de engenharia.

Após a conclusão definitiva das obras e estabilização operacional do sistema, recomenda-se reavaliar o intervalo de inspeção, podendo este ser readequado aos prazos regulares da categoria do vaso, mediante avaliação por profissional legalmente habilitado.

RECOMENDAÇÕES GERAIS

Durante a fase de implantação e adequação, recomenda-se que sejam rigorosamente observados, no mínimo, os seguintes critérios técnicos e de segurança:

1. Bacia de contenção e drenagem

Implantar bacia de contenção adequada para a área dos reservatórios, compatível com o volume e o risco do sistema;

Garantir drenagem direcionada e segura, evitando acúmulo de líquidos sob equipamentos;

Prever acabamento impermeável e resistente a agentes químicos.

2. Instalação de compressores, vasos e tubulações

Assegurar que a montagem esteja conforme projeto mecânico aprovado;

Verificar alinhamento, nivelamento e fixação adequada dos compressores;

Confirmar que os vasos de pressão estejam:

Corretamente apoiados,

Acessíveis para inspeção,

Com afastamentos mínimos de segurança;

Garantir que as tubulações:

Estejam suportadas adequadamente,

Livres de esforços indevidos,

Identificadas conforme NR-26 / NBR 6493;

Evitar interferências mecânicas decorrentes das obras civis.

3. Controle de riscos durante a obra

Manter segregação física da área em obras;

Implantar sinalização de segurança provisória e permanente;

Garantir que atividades de soldagem, montagem e testes sigam procedimentos qualificados;

Controlar fontes de ignição e trabalhos a quente quando aplicável;

Assegurar ventilação adequada da sala de máquinas.

4. Instrumentação e dispositivos de segurança

Antes da entrada em operação plena:

Verificar instalação e calibração de:

Válvulas de segurança,

Pressostatos,

Manômetros,

Detectores de amônia (quando aplicável);

Confirmar acessibilidade para operação e manutenção;

5. Conformidade documental (NR-13)

Atualizar prontuários, registros de segurança e planos de inspeção após conclusão das obras;

Registrar eventuais alterações de projeto;

Submeter o sistema à inspeção de segurança inicial ou extraordinária, quando aplicável.


RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

RESPONSABILIDADE TÉCNICA



Responsabilidade Técnica
Alfa Service
57.413.969/0001-01

ART - Supervisão/Coordenação
13202501355158
Renato Rodrigues Borges
Engenheiro Mecânico/Engenheiro de Segurança do Trabalho
Crea 1008294713D-GO
5071587938-SP
RNP: 1008294713


Renato Rodrigues Borges
Eng. Mecânico
CREA: 1008294713D-GO

Santa Rita do Pardo, 30 de julho 2025



Anotação de Responsabilidade Técnica -
ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MS

ART DE OBRA/SERVIÇO
1320250135158

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do MS

1. Responsável Técnico

RENATO RODRIGUES BORGES	RNP: 1008294713
Título Profissional: ENGENHEIRO MECÂNICO - ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO	Registro: GO1008294713
Empresa Contratada:	Registro:

2. Dados do Contrato

Contratante: ALFA SERVICE CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA	CPF/CNPJ: 57.413.969/0001-01
Rua: RUA ACOTIPA	Bairro: ITAQUERA
Cidade: SÃO PAULO	UF: SP
Contrato:	Celebrado em: 28/07/2025
Valor: R\$ 2.000,00	Tipo de Contratante: PESSOA JURÍDICA
Ação Institucional:	Vinculado à ART:

3. Dados Obra/Serviço

Logradouro	Bairro	Número	Complemento	Cidade	UF	País	Cep	Coordenada
RODOVIA MS 338	ZONA RURAL	SN	PROLONGAMENTO DA AVENIDA RENI CAMPOS	SANTA RITA DO PARDO	MS	BRA	79.690-000	
Data de Início: 30/07/2025	Previsão Término: 30/07/2026		Código:					
Tipo Proprietário: PESSOA JURÍDICA	Proprietário: FRIGOLON FRIGORIFICO		CPF/CNPJ: 13.392.293/0001-41					
Finalidade: INDUSTRIAL								

4. Atividades Técnicas

Supervisão	Quantidade	Unidade
Inspeção	26,0000	unidade (un)
Treino	2,0000	unidade (un)

Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão -> de segurança em caldeiras e/ou vasos de pressão (NR13)

Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão -> de segurança em caldeiras e/ou vasos de pressão (NR13)

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

INSPEÇÃO EM CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO, TUBULAÇÕES, TANQUES METALICOS E TREINAMENTOS DE SEGURANÇA.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local	/ /	data
016.073.521-17 - RENATO RODRIGUES BORGES		
57.413.969/0001-01 - ALFA SERVICE CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA		

Valor ART: R\$ 103,03

Registrada em 24/10/2025

Valor Pago: R\$ 103,03

9. Informações

A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creams.org.br ou www.confea.org.br.
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creams.org.br creams@creams.org.br
Tel: (67)3368-1000 / 0800-368-1000



CREA-MS
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do
Mato Grosso do Sul

Nosso Número: 14000000018309289

Documento assinado digitalmente



RENATO RODRIGUES BORGES
Data: 27/10/2025 15:00:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>




Documento assinado digitalmente

GETULIO JOSE VIEIRA JUNIOR
Data: 30/10/2025 15:51:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>



Sapucaia do Sul, dezembro de 2024.



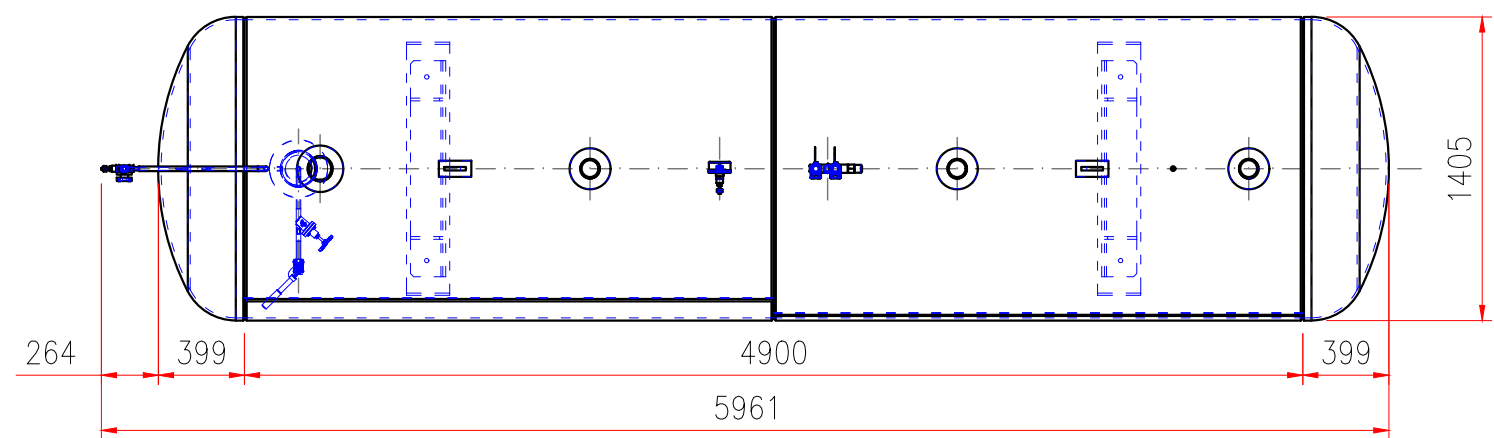
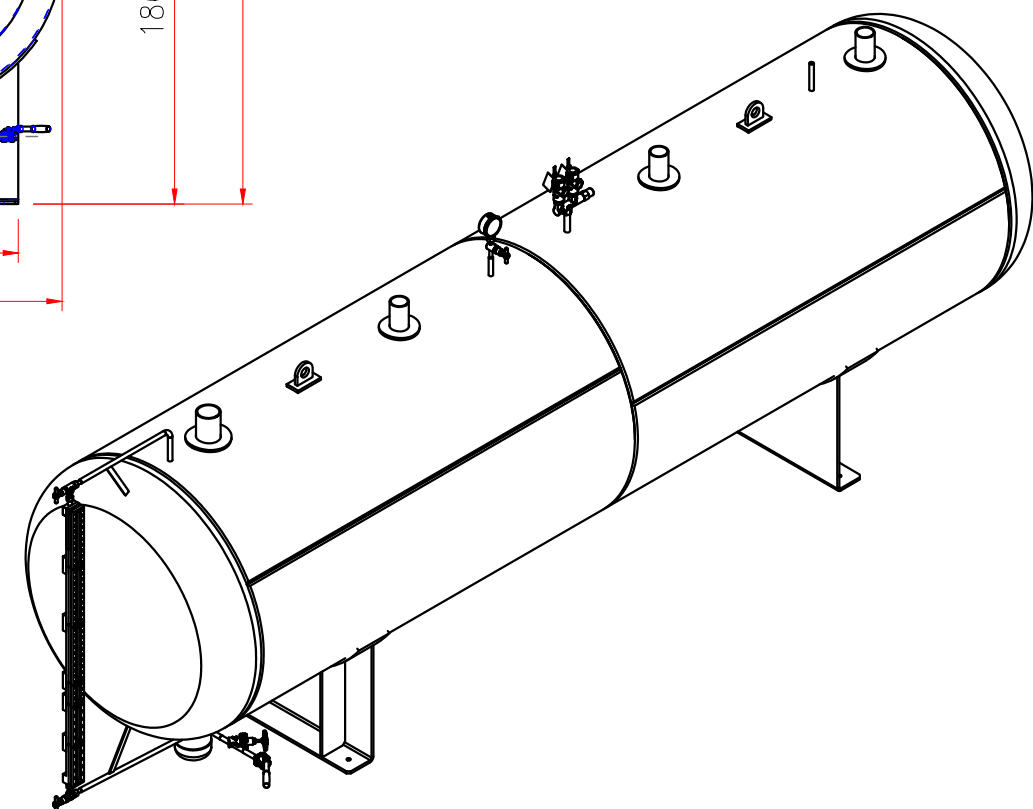
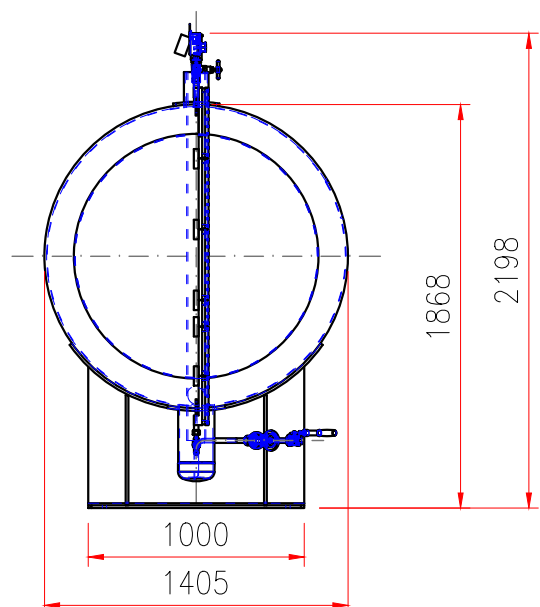
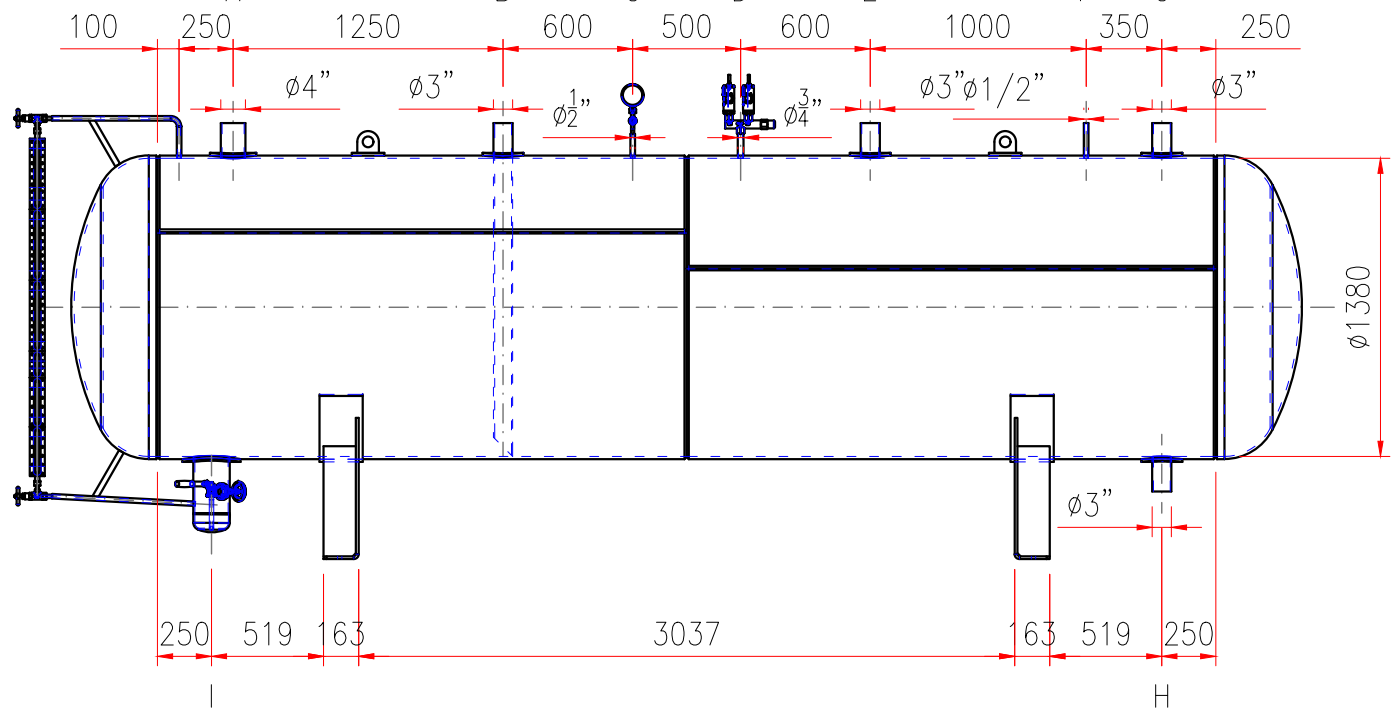
Databook 018/24
RECIPIENTE DE LÍQUIDO Ø1380x4900mm
Desenho: 3050188
Número de Série: 1538
FRIGOLON FRIGORIFICO LTDA
SANTA RITA DO PARDO - MS

REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA

Sumário

- 1.0. Desenho
- 2.0. Certificado de matéria prima
- 3.0. Certificado dos insumos
- 4.0. Relatórios de Inspeção
- 5.0. Qualificações
- 6.0. Memorial de Cálculo

1.0 Desenho



PROJETO	PRESSÃO PROJETO	: 16,00 kgf/cm ²	GERAL	PINTURA	: SIM – EXTERNA
	TEMPERATURA PROJETO	: 50 °C		ACABAMENTO	: AMARELO 5Y8/12
	CAPACIDADE TOTAL	: 8.147 m ³		PESO VAZIO	: 2858 kg
	ESPESSURA DE CORROÇÃO	: 0,7 mm		PESO CHEIO	: 8072 kg
	TIPOS DE TAMPO	: ASME 2:1		TESTE ULTRASSOM	: SIM
	EFICIÊNCIA DE JUNTA	: 0,7		TESTE HIDROSTATICO	: SIM
	PMTA	: 16,853 kgf/cm ²		TESTE LIQUIDO PENETRANTE	: SIM
PRESSÃO TESTE HIDROSTATICO	: 21,909 kgf/cm ²	TESTE RADIOGRÁFICO	: NÃO		

POS.	QT.	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES	MATERIAL	CÓDIGO	PESO
HISTÓRICO DE REVISÕES						
0		EMISSÃO INICIAL	FELIPE M	30/09/2024		
REV.		MODIFICAÇÕES	EXECUTADO	DATA	REV.	MODIFICAÇÕES

LISTA CONEXÕES:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| A – ENTRADA DE LÍQUIDO $\phi 4''$ | F – EXTRATOR DE AR $\phi 1/2''$ |
| B – SAÍDA DE LÍQUIDO $\phi 3''$ | G – EQUALIZAÇÃO VASOS $\phi 3''$ |
| C – MANÔMETRO $\phi 1/2''$ | H – EQUALIZAÇÃO VASOS $\phi 3''$ |
| D – VÁLVULA DE SEGURANÇA $\phi 3/4''$ | I – DRENO DE OLEO $\phi 1/2''$ |
| E – EQUALIZAÇÃO GÁS QUENTE $\phi 3''$ | |

É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL POR QUALQUER MEIOS SEM A PRÉVIA AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA POR ESCRITO.
 FORMATO ORIGINAL: A3 ESCALA: 1:35



CLIENTE: FRIGOLON
 LOCAL: SANTA RITA DO PRADO-MS
 TÍTULO:
 RECIPIENTE DE LÍQUIDO TCRL-08E
 $\phi 1380 \times 4900$ 8.000L
 DES. Nº: **3050188** REV. Nº: 0

2.0. Certificado de matéria prima

USIMINAS

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S.A.
 USINA INTENDENTE CÂMARA - IPATINGA/MG/BRASIL
 SEDE: BELO HORIZONTE - MG - BRASIL
 AV. DO CONTORNO, 6594
 BAIRRO SAVASSI - CEP: 30110-044
 CNPJ: 60.894.730/0025-82
 INSCRIÇÃO ESTADUAL: 313.002022.0120

CERTIFICADO DE INSPEÇÃO
INSPECTION CERTIFICATE
 CHAPA GROSSA DO LCG
 STEEL PLATE

Cliente-Customer: **BENA FER S A COMERCIO E INDUSTRIA**

Nota Fiscal
 Commercial Invoice

Data de Emissão
 Date of Issue

D 000185805 1

29/07/2024

Ordem de Venda
 Sale Order

Nº Certificado
 Certificate Nº

Nº

Item

7077208

Folha - Sheet = 1

00629526

9

A Usiminas certifica que os produtos discriminados foram fabricados no Brasil pelo processo de oxigênio básico (LD), ensaiados e analisados de acordo com as especificações técnicas aplicáveis. A Usiminas disponibiliza, através do endereço eletrônico "http://certificado-extranet.usiminas.com/clientesv2/certificado/RequisicaoCertificado.jsp", uma ferramenta de verificação da autenticidade dos certificados de seus produtos. Para sua segurança, recomenda-se a utilização desse recurso.
 Usiminas certifies that the products herein described have been produced in Brazil by using the basic oxygen process (LD), tested and analyzed according to the applicable technical specifications. Usiminas makes available, by using the following website "http://certificado-extranet.usiminas.com/clientesv2/certificado/RequisicaoCertificado.jsp", a tool to be used by the customer to verify (check) product certificate authenticity. Usiminas duly recommends the use of such tool for customers's safety.

Qualidade - Steel ASTM-A516-17-70	Dimensões Nominais - Nominal Dimensions 16,00 x 2500,0 x 12000 mm	Borda - Edge / Oleamento - Oiling APARADA E NAO OLEADA CUT EDGE AND DRY	Aparência Superficial - Surface Appearance SUPERFICIE COMERCIAL COMMERCIAL SURFACE
---	---	--	---

Placa Slab	Volume Package	Peças por Volume Pieces per Packages	Massa Líquida Net Mass	Massa Bruta Gross Mass	Corrida Heat	Amostra Sample	Placa Slab	Volume Package	Peças por Volume Pieces per Packages	Massa Líquida Net Mass	Massa Bruta Gross Mass	Corrida Heat	Amostra Sample
222	872785987	1	3930	3930	363978	64990145	211	872965636	1	3880	3880	562315	65335498
222	872785999	1	3910	3910	363978	64990145	211	872965650*	1	3880	3880	562315	65335498
222	872786007*	1	3910	3910	363978	64990145							

Massa Líquida Real Total-Total Actual Net Mass = 19,510 t
 Massa Bruta Real Total-Total Actual Gross Mass = 19,510 t

Peças-Pieces = 5

Volumes = 5

Ensaio de Tração - Tensile Test

Amostra Sample	Pos	Dir	LE	LR	LE/LR(%)	AL(%)
	YS	TS	YS/TS	El		
64990145	BB	C	334	519	64	28
65335498	BB	C	379	546	69	26

Unidade-Unit = N/mm²

Método de Ensaio LE-Test Method YS = 0,2%

BM = 200 mm Larg = 38,1 mm S = Retangular

Composição Química (%) - Chemical Composition (%)

Corrida Heat	Análise Analysis	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Mo	Sn	N	As	B	Ca	Sb	Pb
363978	P	0,23	0,22	1,01	0,015	0,012	0,029	0,00	0,001	0,001	0,001	0,02	0,01	0,02	0,000	0,0077	0,003	0,0000	0,0018	0,000	0,001
562315	P	0,22	0,20	1,09	0,019	0,009	0,035	0,00	0,004	0,003	0,001	0,03	0,01	0,00	0,000	0,0060	0,003	0,0001	0,0020	0,003	0,006

Condição de Fornecimento - Supply Condition

COMO LAMINADO - AS ROLLED

Abreviaturas - Abbreviations

* = Volume Amostrado-Mother Plate
 LR = Limite de Resistência - TS = Tensile Strength
 Dir = Direção-Direction
 Pos = Posição de Amostragem-Sampling Position
 BM = Base Medida-Gauge Length
 S = Seção Transversal-Cross Section
 Al = Alumínio Total-Total Aluminum

Abreviaturas - Abbreviations

LE = Limite de Escoamento - YS = Yield Strength
 AL = Alongamento - El = Elongation
 C = Transversal-Transverse
 BB = Base na borda-Bottom at edge
 Larg = Largura-Width Diam = Diâmetro-Diameter
 P = Panela-Ladle

Certificado do tipo 3.1 da norma EN-10204. Certificate of the type 3.1 of the EN-10204.

Certificamos que este material foi inspecionado e possui nível de radiação abaixo de 1 kBq/kg. We certify that this material has been inspected and the radiation level is less than 1 kBq/kg.

Conteúdo local de 100% conforme CERTIFICADO DE CONTEÚDO LOCAL Nº 042-28-00134/2023 DNV.GL.

Aço fundido e vazado no(a): BRASIL (BRAZIL): Usiminas.

Observações - Remarks

Nº do pedido do cliente: RS 06/2024 Material do cliente: CGA51670 1600X2500X12000.

FDS - Ficha de Dados de Segurança do Produto, disponível na Extranet da Usiminas

MSDS - Material Safety Data Sheet available at Usiminas Extranet


Cleydson Fernando Gomes Torres
 cleydson.torres@usiminas.com
 +55 031 3829 2959

GERÊNCIA DE LABORATÓRIOS IPATINGA
 LABORATORIES MANAGEMENT IPATINGA

VISITADOR
 SURVEYOR

Sistema de Gestão Usiminas Certificado pelas normas:
 Usiminas Management System certified according to the standards:
 ISO 9001
 ISO 14001
 IATF 16949
 ISO 45001


 Produto conforme RoHS&ELV Compliant Product

Produto 100% Reciclável
 100% Recyclable Product



USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S.A.
 USINA INTENDENTE CÂMARA - IPATINGA/MG/BRASIL
 SEDE: BELO HORIZONTE - MG - BRASIL
 AV. DO CONTORNO, 6594
 BAIRRO SAVASSI - CEP: 30110-044
 CNPJ: 60.894.730/0025-82
 INSCRIÇÃO ESTADUAL: 313.002022.0120

CERTIFICADO DE INSPEÇÃO
INSPECTION CERTIFICATE
 CHAPA GROSSA DO LCG
 STEEL PLATE

Cliente-Customer: **BENA FER S A COMERCIO E INDUSTRIA**

Nota Fiscal
 Commercial Invoice

Data de Emissão
 Date of Issue

D 000164785 1

28/11/2022

Tolerâncias - Tolerances

Espessura-Thickness -0.25/+0.76 mm
 Largura-Width -0.00/+180.00mm
 Comprimento-Length -6.00/+35.00mm

Ordem de Venda
 Sale Order

Nº Certificado
 Certificate Nº

Nº 00565642

Item 7

6410184

Folha - Sheet = 1

A Usiminas certifica que os produtos discriminados foram fabricados no Brasil pelo processo de oxigênio básico (LD), ensaiados e analisados de acordo com as especificações técnicas aplicáveis. A Usiminas disponibiliza, através do endereço eletrônico "http://certificado-extranet.usiminas.com/clientesv2/certificado/RequisicaoCertificado.jsp", uma ferramenta de verificação da autenticidade dos certificados de seus produtos. Para sua segurança, recomenda-se a utilização desse recurso.
 Usiminas certifies that the products herein described have been produced in Brazil by using the basic oxygen process (LD), tested and analyzed according to the applicable technical specifications. Usiminas makes available, by using the following website "http://certificado-extranet.usiminas.com/clientesv2/certificado/RequisicaoCertificado.jsp" a tool to be used by the customer to verify (check) product certificate authenticity. Usiminas duly recommends the use of such tool for customer's safety.

Qualidade - Steel
 ASTM-A516-17-70

Dimensões Nominais - Nominal Dimensions
 12,50 x 2440,0 x 12000 mm

Borda - Edge / Oleamento - Oiling
 NAO APARADA E NAO OLEADA
 MILL EDGE AND DRY

Aparência Superficial - Surface Appearance
 SUPERFICIE COMERCIAL
 COMMERCIAL SURFACE

Placa Volume	Peças por Volume	Massa Líquida	Massa Bruta	Corrida	Amostra	Placa Volume	Peças por Volume	Massa Líquida	Massa Bruta	Corrida	Amostra
Slab Package	Pieces per Packages	Net Mass	Gross Mass	Heat	Sample	Slab Package	Pieces per Packages	Net Mass	Gross Mass	Heat	Sample
232	862429487	1	3150	160531	61490471	232	862429506	1	3150	160531	61490471
232	862429499	1	3150	160531	61490471						

Massa Líquida Real Total-Total Actual Net Mass = 9,450 t
 Massa Bruta Real Total-Total Actual Gross Mass = 9,450 t
 Peças-Pieces = 3
 Volumes = 3

Ensaio de Tração - Tensile Test

Amostra	Pos	Dir	LE	LR	LE/LR(%)	AL(%)
Sample			YS	TS	YS/TS	El
61490471	BB	C	385	533	72	24

Unidade-Unit = N/mm²
 Método de Ensaio LE-Test Method YS = 0,2%
 BM = 200 mm Larg = 38,1 mm S = Retangular

Composição Química (%) - Chemical Composition (%)

Corrida	Análise	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Mo	Sn	N	As	B	Ca	Sb	Pb
Heat	Analysis																				
160531	P	0,22	0,21	1,02	0,021	0,012	0,033	0,01	0,002	0,001	0,001	0,02	0,01	0,00	0,001	0,0057	0,005	0,0002	0,0010	0,002	0,003

Condição de Fornecimento - Supply Condition

COMO LAMINADO - AS ROLLED

Abreviaturas - Abbreviations

LE = Limite de Escoamento - YS = Yield Strength
 AL = Alongamento - El = Elongation
 C = Transversal-Transverse
 BB = Base na borda-Bottom at edge
 Larg = Largura-Width Diam = Diâmetro-Diameter
 P = Panela-Ladle

Abreviaturas - Abbreviations

LR = Limite de Resistência - TS = Tensile Strength
 Dir = Direção-Direction
 Pos = Posição de Amostragem-Sampling Position
 BM = Base Medida-Gauge Length
 S = Seção Transversal-Cross Section
 Al = Alumínio Total-Total Aluminum

Sistema de Gestão Certificado pelas normas:
 Management System certified according to the standards:
 ISO 9.001
 ISO 14.001
 IATF 16.949
 ISO 45.001

Produto Conforme
 RoHS&ELV
 Compliant Product

Produto 100% Reciclável
 100% Recyclable Product

Certificado do tipo 3.1 da norma EN-10204. Certificate of the type 3.1 of the EN-10204.
 Certificamos que este material foi inspecionado e possui nível de radiação abaixo de 1 kBq/kg. We certify that this material has been inspected and the radiation level is less than 1 kBq/kg.
 Conteúdo local de 100% conforme CERTIFICADO DE CONTEÚDO LOCAL Nº 042-28-00126/2021 DNV.GL.

Observações - Remarks

Nº do pedido do cliente: RS 10 / 2022 Material do cliente: ASTMA51670 1250X2440X12000.
 FDS - Ficha de Dados de Segurança do Produto, disponível na Extranet da Usiminas
 MSDS - Material Safety Data Sheet available at Usiminas Extranet

Cleydson Fernando Gomes Torres
 cleydson.torres@usiminas.com
 +55 031 3829 2959

GERÊNCIA DE LABORATÓRIOS IPATINGA
 LABORATORIES MANAGEMENT IPATINGA

VISITADOR
 SURVEYOR

3.0. Certificado de Insumos

Produto : OK FLUX 10.71 SACO 25KG

Product/Producto

Lote : VTW32F6976

Heat Number/Produccion

Data de Produção : 13.08.2022

Date/Fecha de Produccion

Classificação :

Classification/Clasificación

AWS A5.17-07 ASME SFA5.17/ 2021 F6A2-EL12 F6P2-EM12K F7A4-EM13K F7A4-EM12K F7A2-EM12K F7A5-EM12K

AWS A5.23-07 ASME SFA5.23/ 2021 F8A4-EA3-A3 F10A4-EF6-F6 F7A5-EH12K F7P5-EH12K

Composição Química do Fluxo

Chemical Analysis/Análisis Químico

H2O1000

0,009

Propriedades Mecânicas Típicas

Typical Mechanical Properties / Propiedades Mecánicas Típicas

Resistência a Tração (MPa)/Tensile Strength/Resistência a la Tracion	500
Limite de Escoamento (MPa)/Yield Strength/Limite de Fluencia	410
Alongamento (%) /Elongation/Alargamiento	30
Teste de Impacto CHARPY-V (J)/Impact Test/Ensayo de Impacto	40
Temperatura (°C)/Temperature/Temperatura	-46

Análise Granulométrica (% Retida Acumulada)

Sieve Analysis(%Cumulative)/Análisis Granulométrica(%Retida Acumulada)

# 09	# 10	# 12	# 16	# 32
0,000	0,000	16,130	53,450	97,090
		# 60		
		99,300		

Qualidade Radiográfica

Radiographic Test/Calidad Radiografica

ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS

Observações

Observations/Observaciones

TESTE COMO SOLDADO TESTED AS WELDED TESTE COMO SOLDADO
ENSAIOS MECÂNICOS CONFORME AWS B4.0/B4.0M MECHANICAL TESTS IN ACCORDANCE WITH AWS B4.0/B4.0M
ENSAYOS MECÂNICOS COMO AWS B4.0/B4.0M





CERTIFICADO DA QUALIDADE
Quality Certificate / Certificado de Calidad
Conforme ASME SFA - 5.01/ 2021 Programa (Schedule) H

Produto: OK AUTROD 12.10 2,40 MM
Product/Producto

Lote: 0032970629 Data: 29.11.2022
Heat Number/Producción Date/Fecha

Classificação:
Classification/Clasificación

AWS A5.17-07 ASME SFA5.17 / 2021 EL12

Análise Química (%)
Chemical Analysis / Analisis Químico

C	Si	Mn	P
0,0500	0,0650	0,4740	0,0080
S	Cu	Al	
0,0072	0,0169	0,0088	

RICARDO LEITE
ESAB Indústria e Comércio Ltda.
Controle de Qualidade Consumíveis
Quality Control / Control de la Calidad



DIFERRO AÇOS ESPECIAIS LTDA - CERTIFICADO DE QUALIDADE

Caxias do Sul - RS
RUA COMEND PIETRO ZANELLA, 1245
FONE: 3224 7600
FAX: 54 3224 - 7662
email: recebimento.cxs@diferro.com.br

JOINVILLE - SC
RUA OTTOKAR DOERFFEL, 1112 GALPAO CI-49
FONE: 47 2101-1700
FAX: 47 3438-0504
email: recebimento.joi@diferro.com.br

CACHOEIRINHA - RS
RUA MANOEL JOSE DO NASCIMENTO, 701
FONE: 51 3303-7600
FAX:
email: recebimento.poa@diferro.com.br

Cliente: TOP COLD REFRIGERACAO INDL LTDA

Customer

OC/Purchase: OC 5619

Pedido: 1503628

Order

Nota Fiscal: 0114611

Invoice

Produto|Especificação / Product|Specification: ARAME SOLDA MIG/MAG 1,00 CAPA CAPA Aproximadamen
te 4 UN

Peso / Weight(Kg) : 72,0000

% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Cu	% Cr
0,082	1,484	0,857	0,013	0,013	0,028	0,022
% Ni	% Sn	% Mo	% Al	% Pb	% W	% Ti
0,015		0,003	0,002			
% Co	% V	% Nb	% B	% N		
	0,004					

Corrida/Heat: H978100

Norma: AWS A5.18-ER70S-6

Standard

Tratamento Térmico: SEM TRATAMENTO TÉRMICO

Heat Treatment

LRT(MPa):

Tensile Strength

LE(MPa):

Yield Strength

AL(%):

Enlogation

Dureza:

Hardness

Observações / Remarks:

21.03.2023

Cristiano Brunetto
Assist Técnica

Certificamos que os produtos aqui relacionados foram ensaiados e aprovados conforme a norma ou especificação requerida.
We Hereby certify that material here in listed was inspected, tested and approved in accordance with the standard of the especificatrion required.



CD1 N° 000774

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DE MATERIAIS, CALIBRAÇÃO POR GRUPO DE INSTRUMENTOS E GARANTIA
Certification of Compliance of Materials, Calibration Per Group of Instruments and Warranty
Certificado de Conformidad de Materiales, Calibración Por Grupo de Instrumentos y Garantía

CLIENTE / CUSTOMER: TOP COLD REFRIGERACAO INDUSTRIAL LTDA
ORDEM DE COMPRA / CUSTOMER PURCHASE ORDER: 6758
ORDEM DE SERVIÇO / INTERNAL ORDER: 000774-01

MODELO / MODEL / MODELO:
MANÔMETRO WILLY PB

MANOMETRO WILLY, PB 100/1 1/2"BSP -1/21 KGF/CM² (-30 POLHG/0/300 LBF/POL2) -70/50°C NH3 XGL XDA COM MOSTRADOR 9H E LOGO TOP FRIO	25
---	----

ACESSÓRIOS / ACESSORIES / ACCESORIOS:	QT/QT/CANT

TOLERANCIA / ACCURACY / EXACTITUD: 1% da Amplitude da Faixa de Escala / F.S./ Del Rango Total
Nota:

Certificamos que os instrumentos em referência, foram calibrados com padrões rastreáveis aos padrões do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO.

Os instrumentos acima descritos tem garantia de 12 meses em uso ou 18 meses quando em estoque a partir da data da nossa Nota Fiscal. Esta garantia não cobre defeitos causados por uso inadequado que exceda seus limites de resistência à pressão, temperatura, corrosão ou por armazenamento inadequado.

Esta garantia restringe-se a reparação do instrumento defeituoso pela ASHCROFT - WILLY, dentro do prazo prescrito.

We hereby certify that the instruments here described were calibrated with masters standards with rastreability to the masters of the National Institute of Metrology, Normalization and Industrial Quality - INMETRO.

These instruments have 12 months of warranty in operation or 18 months of storage, since invoice date.

This warranty does not cover defects caused by improper use that exceed its resistance limits to pressure, temperature, corrosion or inadequate storage.

This warranty is restricted to the repair of the instrument by ASHCROFT - WILLY

Certificamos que los instrumentos aquí descritos fueron calibrados en conformidad con patrones rastreables a los patrones del Instituto Nacional de Metrologia, Normalización y Calidad Industrial - INMETRO.

Estos instrumentos, tienen garantía de 12 meses en operación o 18 meses en almacén, contados a partir de la fecha de la factura comercial.

Esta garantía no cubre defectos causados por el uso incorrecto que exceda sus límites de presión, temperatura, corrosión o por almacenaje inadecuado.

Esta garantía se limita a la reparación del instrumento por ASHCROFT-WILLY, dentro de la vigencia de garantía estipulado.

COMPONENTE / COMPONENT / COMPONENTE	MATERIAL / MATERIAL
CAIXA / CASE / CAJA ELEMENTO / ELEMENT / SISTEMA SENSOR SOQUETE / SOCKET / ZOCALO	AISI 304 AISI 316L AISI 316L


Os materiais aplicados na fabricação dos instrumentos acima, correspondem ao que foi especificado em nosso orçamento.

The materials applied in the manufacture for the above instruments, are in accordance with our proposal.

Los materiales aplicados en la fabricación de estos instrumentos, corresponden a la especificación descrita en nuestra cotización.

São Caetano do Sul, 14-jun-24

Willy Instrumentos de Medição e Controle Ltda.
Site: www.ashcroft.com.br
Uma empresa ASHCROFT® Inc.


Control de Qualidade
Quality Control
Control de Calidad

4.0. Relatórios de Inspeção

	RELATÓRIO DE ENSAIO POR ULTRASSOM ULTRASOUND TEST REPORT	Relatório Nº: ME-US-064 Report nº:
		Folha: 1 / 1 Sheet:
		Data: 05-12-2024 Date:

INFORMAÇÕES GERAIS - GENERAL INFORMATION

Cliente: Client: Frigolon		Local: Local Test: Santa Rita do Prado - MS	
Material: Material: Aço Carbono A516 70	Equipamento Inspeccionado: Tested Equipment: RECIPIENTE DE LIQUIDO TCRL-08E	Componente Inspeccionado: Tested Component: Ø 1380 X 4900 – 8,000L	Des: des: 3050188
Procedimento: Procedure: PI-ME-007 Rev.0	Norma de Referência: Reference Code: ASME V e VIII	Critério de Aceitação: Evaluation Criteria: ASME VIII – Div. 1	CÓDIGO: Reference : NA
Equipamento / N° de Série: Equipment / Serial Number: Modsonic – Einstein II	Bloco de Referência: Block Reference: V1 e V2	Condição Superficial: Superficial Condition: Escovado	Acoplante: Couplant: Metil Celulose

SUPERFÍCIES DE VARREDURA E CABEÇOTES UTILIZADOS: SURFACES AND SCANNING HEADS USED

Superfície: Surface:	SE	Normal	45°	60°	70°	Cabeçote : Head:	N°Série: Serial Number:	Ângulo: Angle:	Primário: Primary:	PT	Ganho varredura Gain Scan (dB)
A	X	---	---	X	X	MSEB4H	03525	0°	56db	0db	56db
A	X	---	---	X	X	MWB70	035854	70°	60db	+3db	69db
---	---	---	---	---	---	MWB60	04521	60°	62db	+2db	70db
---	---	---	---	---	---						

REGISTRO DOS RESULTADOS - RECORD RESULTS

Identificação: Identification:	Descontinuidade: Discontinuity:								
	Espes.: thickness:	N° Desc. Number	Cabeçote : Head:	Ganho: Gain:	Local	Comp. Length	Profund.: Depth:	Superf. Surface	Laudo: Report
Soldas Circunf.	----	----	----	----	---	---	----	----	A
Soldas Longit.	----	----	----	----	---	---	----	----	A

OBSERVAÇÃO:

Observation

**Realizado ensaio de ultrassom nas Soldas de emenda (topo) circunferenciais e longitudinais, sendo que as mesmas apresentaram indicações aceitáveis de acordo o Critério de Aceitação.
Resultado Final: Aprovado**

Legenda - Inscription

TL – Trinca Longitudinal - Longitudinal Crack	FF– Falta de Fusão - Lack of Fusion	PO – Porosidade - Porosity
TT –Trinca Transversal - Transversal Crack	FP – Falta de Penetração - Lack of Penetration	IE – Inclusão de Escória -Inclusion of Slag
A – Aprovado - Approved	R – Reprovado - Reproved	EC – Exame Compl. - Complementary Testing




Aprovado
Approved



Reprovado
Reproved



Exame Complementar
Complementary Testing

Assinatura Inspetor: Inspector Signature  SANDRO OSMAR TRISPI Inspetor de END N3 LP-EVS-US SNOC: 00089	Assinatura CQ: CQ Signature 	Assinatura fiscalização: Surveyor Signature
Data: 05/12/2024 Date:	Data: Date:	Data: Date:



RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE ESTANQUEIDADE

REL N°: 19/2024
 FOLHA: 01/01
 DATA: 07/12/2024

Equipamento:	RECIPIENTE DE LÍQUIDO	N° de Serie:	1538
Norma de Referencia:	ASME VIII	Cliente:	Frigolon
Processo de Soldagem:	SMAW-SAW	Temperatura:	Ambiente
Metal de Adição:	-	Espessura:	16 e 12,5mm
Metal de Base:	ASTM A516 GR70	Condição Superficial:	Escovada

Tipo de Ensaio: Pneumático Hidrostático

Pressão utilizada em Kgf/cm²: 25 Kgf/cm² Outros: _____

Tempo minimo de pressurizacao apos correcao de possiveis vazamentos: 30 min Outras Horas: 12 horas

EQUIPAMENTO	OBSERVAÇÕES	LAUDO
RECIPIENTE DE LÍQUIDO	Teste sem nenhum reparo necessário.	APROVADO

CROQUI

PRESSÃO PROJETO: 16,00 kgf/cm ² TEMPERATURA PROJETO: 50 °C CAPACIDADE TOTAL: 0,147 m ³ ESPESURA DE CORPO: 16,7 mm TIPO DE TUBO: ASME 2.1 FREQUENCIA DE JUNTA: 0,7 PINTA: 16,803 kgf/cm ² PRESSÃO TESTE HIDROSTÁTICO: 21,800 kgf/cm ²	PINTURA: SM - EXTERNA ACABAMENTO: AMARELO 018/12 PESO VAZIO: 2858 kg PESO CHEIO: 3072 kg TESTE ULTRASSOM: SM TESTE HIDROSTÁTICO: SM TESTE LÍQUIDO PENETRANTE: SM TESTE RADIOGRÁFICO: N/D
---	---

A - ENTRADA DE LÍQUIDO 42"
 B - SAÍDA DE LÍQUIDO 42"
 C - MANÔMETRO 42"
 D - VÁLVULA DE SEGURANÇA 42"
 E - REGULADOR DE PRESSÃO 42"
 F - EXTRATOR DE AR 42"
 G - EQUALIZADOR VÁCUO 42"
 H - VÁLVULA DE VENTILÇÃO 42"
 I - TUBO DE VENTILÇÃO 42"

CLIENTE: FRIGOLON
 LOCAL: SANTA RITA DO PRADO-MS
 TÍTULO: RECIPIENTE DE LÍQUIDO TCRL-DBE
 #1.M00X4500 8.000
 DES. N°: 3050188

LEGENDA

A - Aprovado	R - Reprovado	EC - Exame Complementar
--------------	---------------	-------------------------

LAUDO FINAL: APROVADO REPROVADO EXAME COMPLEMENTAR

INSPETOR RESPONSÁVEL	ENGENHEIRO RESPONSÁVEL	FISCALIZAÇÃO
 07/12/2024	Marcelo Marins de Oliveira CREA/MS 195054 Engenheiro Mecânico 07/12/2024	_____ _____

5.0. Qualificações

Objetivo Objective:

Avaliar a soldabilidade de conjuntos mecânicos e suas particularidades através de ensaios / resultados qualitativos; submetendo corpos de prova a ensaios mecânicos, químicos, metalográficos, não destrutivos e outros aplicáveis aos códigos de referência.

Evaluate the solubility of mechanical assemblies and their particularities through testing / qualitative results by subjecting test coupons to mechanical testing, chemical, non-destructive and applicable to other reference codes.

Origem: Soldagem(Welding);
Source

Processo: GMAW Semi-Altomática (Semi Automatic);
Process

Especificação de material: Espessura 9,50 x 9,50mm, diâmetro n.a; ASTM A36 (Thickness 9,50 x 9,50mm, diameter n.a, ASTM A36)
Material Specification

Posição: 1G, Progressão Não aplicável(1G, Progression No applicable);
Position

Requisitos Suplementares: Não Aplicável (No applicable)
Supplementary requirements

Este documento pertence à empresa: Top Cold Refrigeração Industrial Ltda: RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz
This document belongs to the company Cep. 93226-210 - Sapucaia do Sul/RS - Brasil.

ÍNDICE DE REVISÕES REVISION HISTORY

REV.	DATA DATE	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES DESCRIPTION OF CHANGES
0	25.09.2017	Para aprovação <i>Initial issue.</i>

Data: <i>DATE</i>	Data: <i>DATE</i> 25.09.2017
Verificado por: <i>Verified by</i>	Aprovado por: <i>Approved by</i>  Alexandre Maurer Costa FBTS IS1704N2 26-09-17
Gerente da Qualidade Quality Manager	Inspetor de Soldagem Nível 2 Welding Inspector Level 2

Processo / Tipo: Process / Type	GMAW Semi-Automática (Semi Automatic);	RRS: WRR	002/17	EPS: WPS	002/17
---	--	-----	-----	--------------------	--------	--------------------	--------

VARIÁVEIS DE SOLDAGEM VARIABLE WELDING

DETALHE DA JUNTA DETAIL OF THE BOARD	PRÂMETROS APLICADOS PARAMETERS APPLIED	DIMENSIONAL DRAWING OF THE JOINT
Tipo de Junta: Type joint:	JTPT(CJP)	
Soldagem por um lado: Weld. on the one side:	Não(No)	
Soldagem por ambos os lados: Weld. on both sides:	Não (No)	
Cobre-junta/Material/Espessura: Backing/Material/Thickness:	Com/n.a(With/n.a)	
Goivagem da Raiz/ Método: Going root / Method:	Não (No)	
Tipo de Chanfro: Type bevel:	"V"	
Ângulo do Chanfro (α): Bevel angle (α):	60°	
Ângulo do Chanfro (β): Bevel angle (β):	...	
Abertura da Raiz mm (R): Gap root mm (R):	3	
Face da Raiz mm (f): Face root mm (f):	2	
Profundidade de Preparação (S1): Preparation depth (S1):	9,50	
Profundidade de Preparação (S2): Preparation depth (S2):	...	
Passe Simples mm (JASA): Pass Single (JASA):	...	
Passe Múltiplo mm (JASA): Pass Multiple mm (JASA):	...	
Verniz Antioxidante / Marca: Varnish Antioxidant / Brand:	...	

MATERIAL DE BASE BASE MATERIAL

METAL BASE (APLICADO) BASE METAL (APPLIED)	Especificação ESPECIFICATION	T (mm)	Ø (mm)	Fabricante / Certif. / Reclassif. Manufacture/certif./Reclass.	Corrida / Volume Heat/Volume	CE%	Designação Designation
Metal de Base 1: Base Metal 1	ASTM A36	9,50	...	Arcerlormittal 81530001	1947386	...	...
Metal de Base 2: Base Metal 2	ASTM A36	9,50	...	Arcerlormittal 81530001	1947386	...	...

PROCESSO / METAL DE ADIÇÃO / CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS PROCESS / ADDITION OF METAL / ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Processo/Tipo Process/Type	E-T/Ø/ Certif.	Espec. AWS	Class. AWS / Schedule	Fnº	Anº	Marca Comercial Trade Mark	Dep. (mm)	Fabricante/ Certificado Manufacture/ Certificate	Corrida Heat	Homologação Approved	Forma Form	Modo Transf. Transfer Mode	H (ml/g)
GMAW	1.0	5.18	ER70S-6	6	...	Gerdau	...	Gerdau	99001057	...	Arame sódo	...	...

PROTEÇÃO PROTECTION

Processo Process	Especificação Specification	Classificação Classification	Composição Composition	Tocha (l/min.) Torch (l/min.)	Purga (l/min.) Purge (l/min.)	Certificado Certificate
GMAW	5.32	SG-AC-25	Ar - 25% CO2	17	....	.....

POSIÇÃO POSITION

POSIÇÕES POSITIONS	POSIÇÃO POSITION	PROGRESSÃO PROGRESSION
APLICADA NA SOLDAGEM WELD APPLIED	1G	Não aplicável(No applicable)

PRE E PÓS-AQUECIMENTO PRE AND POS-HEATING

TRATAMENTO TÉRMICO HEAT TREATMENT

Temp. de Pré-aquec. Temp. de Pre-heating	Temp. Inter. Temp. Inter.	Temp. / Tempo de Pós-aquec. Temp./Time de Post heating	Tipo Type	Rz.Aquec. Heating rate	Temp. Patamar Temp. Holding	Tempo Patamar Time Holding	Rz.Resfr. Cooling rate	Dif.Temp. Termop. Thermocouple temp. difference	Dureza Max. Hardness Max.	Relatório Report
30°C	250°C	n.a	...	...	...	...	...	...	...	...

 Alexandre Maurer Costa FBTS IS1704N2 26-03-17	Gerente da Qualidade Quality Manager	Fiscalização Surveyor
Inspetor de Soldagem N2 Welding Inspector Level 2		

TÉCNICA TECHNICAL

Passes / Passes	Nº de Eletr.	Espaçamento Long./Lat./Âng. / Spacing (Long./Lat./Ang.)	Ângulo de (Trab./Avan.) / Angle of (Work/Advanced)	Limpeza Inic. / Cleanliness Initial	Limpeza Ent. Passes / Cleanliness Ent. Pass	Martel. / Pound	Dist. Bico peça / Stick Out	Ø bocal (mm)
Retilino / Multiple / Rectilinear / Multiple	1	-----	-----	Isenta de contaminação / Free contamination	Em / Escov. / Grinding / Brushing	Não / No	-----	-----

PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARAMETERS WELDING

Passes / Camada / Pass/Layer	Proc.	Marca Comercial / Trade mark	Classif. / Schedule / Classif./Schedule	Ø	Corr. / Pol.	Amperagem / Amperage	Voltagem / Tension	Veloc. (cm / min.)	Energia (J/cm) / Heat input (J/cm)
Raiz / enchimento	GMAW	Gerdau	ER705-6	1	CC+	135	20	-----	-----
Acabamento	GMAW	Gerdau	ER705-6	1	CC+	170	22	-----	-----

INSTRUMENTOS INSTRUMENTS

Instrumento / Instrument	Identificação / Identification	Data de Calibração / Date of Calibration	Entidade / Entity	Relatório / Report
Amperímetro / Amperimeter	AL-002	04/02/2016	Metrologia WG Ltda	1344-2016
Voltímetro / Voltmeter	AL-002	04/02/2016	Metrologia WG Ltda	1344-2016
Pirômetro / Pyrometer	TE-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	1344-2016
Calibre de Solda / Caliber Welding	CAS-002	08/02/2016	Metrologia WG Ltda	8275-2016
Paquímetro / Caliper	PQ-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	8264-2016
Fluxômetro / Flowmeter	FL-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	8265-2016
Cronômetro / Chronometer	CR-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	8266-2016

ENSAIOS NÃO DESTRUTÍVEIS NON DESTRUCTIVE TEST

END NDT	Início do Ensaio / Inicial Test	Sem TTAT / Without TTAT	Antes TTAT / Before TTAT	Após TTAT / After TTAT	Inspetor / Inspector	Relatório / Report	Laudo / Result
Ensaio Visual	Após Resf.	-----	-----	-----	FBTS-IS 1137 N2	EVS- 001/17	AP

ENSAIO DE TRAÇÃO TRANSVERSAL TENSION TET CROSS

Preparação/Método/Critério Aceitação / Preparation/Method/Acceptance Criteria	ASME IX QW 462.1 (a)		ASME IX QW 462.1 (a)		ASME IX QB 422 (450 MPA)		
Identificação / Identification	Amostra / Sample	Largura (mm) / Width (mm)	Espessura (mm) / Thickness (mm)	Área (mm ²) / Area (mm ²)	Carga de Rup. (N) / Load of Rup. (N)	Tensão (MPa) / Tension (MPa)	Local de Ruptura / Break Location
TT-01	Retangular	19,02	7,39	140,56	77443	551	Metal de Solda
TT-02	Retangular	18,80	7,34	137,99	77303	560	Metal de Solda
Relatório Report:	2734/17		Laboratório Laboratory:		CQS Laboratórios		

ENSAIO DE TRAÇÃO LONGITUDINAL TENSION TEST CROSS LONGITUDINAL

Preparação/Método/Critério Aceitação / Preparation/Method/Acceptance Criteria	ASME IX QW 462.1 (a)		ASME IX QW 462.1 (a)		ASME IX QW 462.3 (a)		ASME IX QW 163	
Identificação / Identification	Amostra / Sample	Ø inicial (mm) / Ø initial (mm)	Ø final (mm) / Ø end (mm)	Lo (mm)	Lf (mm)	Área inicial da amostra (mm ²) / Area initial sample (mm ²)	Área inicial da amostra (mm ²) / Area finishing sample (mm ²)	Resultado / Result
Força Máxima (Fm) N / Force Max. (Fm) N	Força de Escoamento (Fe) N / Force Yield (Fe) N	Resistência à tração (Rm) Mpa / Tensile Strength (Rm) Mpa		Resist. escoamento (Re) Mpa / Yield Strength (Re) Mpa		A (%)	Z (%)	Resultado / Result
Relatório Report:	...		Laboratório Laboratory:		...			

ENSAIO DE DOBRAMENTO TEST BEND

Preparação/Método/Critério Aceitação / Preparation/Method/Acceptance Criteria	ASME IX QW 462 (a)		ASME IX QW 462.3 (a)		ASME IX QW 163	
Identificação / Identification	Largura (mm) / Width (mm)	Espessura (mm) / Thickness (mm)	Ø Cutelo (mm) / Ø Mandrill (mm)	Tipo / Type	Ângulo (°) / Angle (°)	Resultado / Result
DF-01	20,01	9,40	38	Lateral	180	Isento de descontinuidades
DF-02	20,08	9,45	38	Lateral	180	Isento de descontinuidades
DR-01	20,01	9,51	38	Lateral	180	Isento de descontinuidades
DR-02	20,02	9,41	38	Lateral	180	Isento de descontinuidades
Relatório Report:	002/17		Laboratório Laboratory:		EHS Inspeções	

ENSAIO MACROGRÁFICO MACROGRAPH TEST

Preparação/Método/Critério Aceitação / Preparation/Method/Acceptance Criteria	ASME IX QW 462 (a)		ASME IX QW 462.3 (a)		ASME IX QW 163	
Identificação / Identification	Ampliação / Increase		Resultado / Result		Resultado / Result	
Relatório Report:	...		Laboratório Laboratory:		...	

ENSAIO DE FRATURA FRACTURE TEST

Preparação/Método/Critério Aceitação / Preparation/Method/Acceptance Criteria	ASME IX QW 462 (a)		ASME IX QW 462.3 (a)		ASME IX QW 163	
Identificação / Identification	Resultado / Result		Resultado / Result		Resultado / Result	
Relatório Report:	...		Laboratório Laboratory:		...	

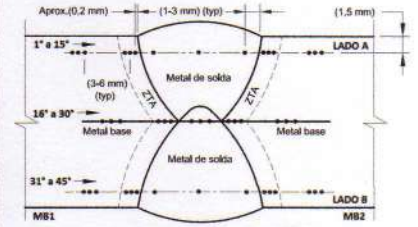
 Alexandre Maurer Costa FBTS IS1704N2 26-09-17	Inspetor de Soldagem N2 / Welding Inspector Level 2	Gerente da Qualidade / Quality Manager	Fiscalização / Surveyor
---	---	--	-------------------------

ENSAIO DE DUREZA HARDNESS TEST

Preparação/Método/Critério Aceitação:
Preparation/Method/Acceptance Criteria

Região Region	DZ-01										DZ-02														
	PT	DZ	M	U	PT	DZ	M	U	PT	DZ	M	U	PT	DZ	M	U	PT	DZ	M	U	PT	DZ	M	U	
MB
ZTA
MS
ZTA
MB

CROQUI DE PERFIL DE MEDIÇÃO DE DUREZA
PROFILE SKETCH OF HARDNESS



Relatório Report: ... Laboratório Laboratory: ...

ENSAIO DE IMPACTO IMPACT TEST

Preparação/Método/Critério Aceitação:
Preparation/Method/Acceptance Criteria

Orientação: Orientation	Tipo: Type	Temperatura do Material: Temperature of Material	Dimensões: Dimension	Unidade: Unit	
...	
Temperatura Projeto: Temperature Project	Temperatura sub-size: Temperature sub-size				
Amostra Sample	Identificação Identification	Dimensões (mm) Dimension (mm)		Energia Absorvida (J) Absorbed Power (J)	Média (J) Media (J)
<i>(This table area is crossed out with a diagonal line)</i>					

Relatório Report: ... Laboratório Laboratory: ...

Certificamos que as declarações neste registro são corretas e que os testes das soldas foram preparados, soldados e testados conforme requisitos dos seguintes códigos;
Certify that the statements in this record are correct and that the tests of the welds were prepared, welded and tested in accordance with requirements of the following codes;

Norma de Construção:	<i>Standard Construction</i>	ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. VIII Division 1- Rules For Construction of Pressure Vessels
Norma de Qualificação:	<i>Qualification Standard:</i>	ASME BPVC. IX Ed 2015
Normas da Sociedade Classificadora:	<i>Rules of the Classification Society:</i>	...
Especificações Técnicas Adicionais:	<i>Additional Technical Specifications:</i>	...

 Alexandre Maurer Costa FBTS IS1704N2 25-09-27	Gerente da Qualidade <i>Quality Manager</i>	Fiscalização <i>Surveyor</i>
Inspeção de Soldagem N2 <i>Welding Inspector Level 2</i>		



CQS LABORATÓRIO DE ENSAIO E CALIBRAÇÃO

Rua Metalurgia Guidalli, n°. 85 - São Leopoldo/RS - (51) 3081 56 00
cqs@cqslaboratorios.com.br



Relatório de ensaio de Tração - 2734/17

Cliente: Eduardo Hack de Souza - ME OS 2738
Endereço: Rua Nossa Senhora da Conceição, 610 Bairro Centro - Sapucaia do Sul - RS
Interessado: -----

1 - INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO SOLICITANTE (Não fazem parte do escopo do reconhecimento)

Solicitante: EHS Inspeções Técnicas
Norma de Projeto: ASME VIII, ASME IX Ed. 2015
Metal de Base: ASTM A36
Dimensões da Peça: 250x300x9,5mm
Processo de Soldagem: GMAW
Nº Chapa de Teste: 002/17
Posição de Soldagem: 1G
Tratamento Térmico: Não
Preparação: ASME IX QW 462.1(b)
Método de Ensaio: ASME IX QW 462.1(b)
Critério de Aceitação: ASME IX QW / QB 422 (450 MPa)

2 - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Procedimento: PRO 19 / LAB - Revisão 06
Condições ambientais: Temperatura (23 ± 5)°C e Umidade relativa ≤ 70%.
A incerteza expandida de medição relatada (U95) é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k = 2,00, o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos [veff] corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da
Método: As amostras vem usinadas para o ensaio, o técnico faz a limpeza, depois realiza as devidas medições. A amostra é posicionado na máquina é realizado o ensaio.

3 - RASTREABILIDADE METROLÓGICA

Descrição	Identificação	Certificado	Emitido	Validade
Máquina Universal de Ensaio	NO10953/NS124	RBC 5443/16	SENAI CETEMP	set-17
Paquímetro Digital	PQ-02	RBC 06401/2016	Metrosul	abr-18
Termohigrômetro Minipa	TH-2	RBC 02076/2016	Metrosul	mai-19

4 - RESULTADOS / Results

Identificação da	Formato da	Largura	Espessura	Área inicial da	Força Máx. - Fm	Resistência à tração -	Local de Ruptura
CP02-TT-01	Retangular	19,02 ± 0,06	7,39 ± 0,06	140,56 ± 0,09	77443 ± 201	551 ± 10	Metal de Solda
CP02-TT-02	Retangular	18,80 ± 0,06	7,34 ± 0,06	137,99 ± 0,09	77303 ± 201	560 ± 10	Metal de Base

5 - NOTAS / Notes

Unidades de medida em acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI). 1 N = 0,102 kgf e 1 MPa = 0,102 kgf/mm².

MA - Metal de Adição
LF - Linha de Fusão
MB - Metal de Base

Data de Ensaio 25/09/2017

Data de Emissão 26/09/2017

Eduardo Hack de Souza
Inspetor de Soldagem
FBTSISNQC 13 - 1137.M2

Luiz Fernando F. Bosquerolli
SIGNATÁRIO AUTORIZADO

Este relatório atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. O laboratório é reconhecido pela RMRS sob o número 17401, a qual avaliou sua competência e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. Os resultados obtidos e apresentados no presente relatório têm significação restrita e aplicam-se somente às amostras ensaiadas.

ARCELORMITTAL BRASIL S.A.

Usina / Plant: ArcelorMittal Tubarão

Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, 930, J. Limoeiro, Serra, ES, 29163-970.
 CNPJ: 17.469.707/0104-82, Tel / Fone: (5527) 3348-1240/3348-2220,
 Fax: (5527) 3348-7492/3348-2271

Certificado de Qualidade / Mill Sheet / Quality Certificate

Ordem de Venda / Order No: **XB2225185 / 000013** Nº do pedido do consumidor / Customer Ref. No: **42071348** Nº do certificado / Certificate: **000081530001** Pág: 1 de 01

Consumidor / Customer: **ARCELORMITTAL BRASIL S.A. - BP** Cliente final / End user: **02.09.2012**

Produto / Product: **Bobina Laminada a Quente / Hot Rolled Coil** Norma do Produto / Product Standard: **ASTM A36** Part Number:

Bordas / Edges: **Natural** Tipo de dimensão / type of dimension: **Nominal** Óleo / Oil: **Não / No** Nº Protocolo / No Protocol: **RJ0111-00-05**

CENTROS DE SERVIÇOS E CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO - USO GERAL / SERVICE AND DISTRIBUTION CENTERS - GENERAL

Aplicação / Application: **9,50**

Composição Química / Chemical Composition (%) - L = Análise de Panela / Ladle Analysis - P = Análise de Produto / Product Analysis

	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	N
Corrida / L	0.16	0.145	0.690	0.013	0.0080	0.030	0.008	0.005	0.015	0.001	0.001	0.0094	0.0039

Nº da amostra / Sample No:	Tração / Tensão / Unidade / Unit = MPa		Dobramento / Bending		Dureza / Hardness Test:		Impacto / Charpy		DWT		T. Grão / Grain Size		Inclusões / Inclusion		HIC		Expansão de furo / hole expansion	
	Base / Base = GL=50MM; W=12,5MM	LR / TS	LR / TS	Along / Elong (%)	Red. Área (%)	Pos. Dir / Position	Pos. Dir / Position	Temp. / Temperature	Unit. Temp. / Unit. Temp.	Temp. / Temperature	Pos. Dir / Position	Temp. / Temperature	Área ductil % / Ductile Area %	TR / TR	TR / TR	TR / TR		TR / TR
T0264703T	301	435	69	35	64	Pos. Dir / Position	Pos. Dir / Position	Temp. / Temperature	Unit. Temp. / Unit. Temp.	Temp. / Temperature	Pos. Dir / Position	Temp. / Temperature	1	2	3	Med / Ave.	Med / Ave.	Med / Ave.

ESTE CERTIFICADO TAMBÉM ATENDE A NORMA ASTM A 263 GR C

CERTIFICAMOS QUE O MATERIAL AQUI DESCRITO, FOI INSPECIONADO E APROVADO DE ACORDO COM AS ESPECIFICAÇÕES, QUE NÃO ESTÁ CONTAMINADO POR RADIOATIVIDADE. NÃO SERÁ EMITIDO SE O MATERIAL NÃO FOR VERIFICADO POR MEDICINAÇÃO DURANTE O SEU PROCESSO DE FABRICAÇÃO. / WE CERTIFY THAT THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN SAFELY CONTAMINATION FREE AND HAS NOT COME INTO CONTACT WITH ANY MERCURY BETA-GAMMA INSTRUMENTS OR MERCURY CONTAMINANTS DURING ITS PRODUCTIVE PROCESS.

PROCESSO DE FABRICAÇÃO: ACARIA L.D. - LINDOTAMENTO CONTINUO / MANUFACTURING PROCESS: BASIC OXYGEN LD. CONTINUOUS CASTING, HOT STRIP ROLLING (FARDEN MILL).

CERTIFICAÇÕES: AWS / SHIPBUILDING CERTIFICATIONS: ABS, BV, DNV, GL, LRS, RINA, CCS E KR / GRADES: A, B, C AND D.

André Carvalho Prado
Gerência de Assistência Técnica a Clientes
Customer Technical Support Manager



**CERTIFICADO DE QUALIDADE
MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE**

BR-01-SÃO JOSE DOS CAMPOS-SJC
 PRAÇA.CARIRI, 303
 SÃO JOSE DOS CAMPOS, SÃO PAULO - CEP 12238-300
 BRASIL / (12) 39353855

NUMERO / NUMBER: 8108240029/000010
 PRODUTO / PRODUCT: ARAME P/ SOLDADA MIG ER-70S6

CLIENTE / CUSTOMER: GERDAU ACOS LONGOS S A
 DATA / DATE: 14.07.2017
 PEDIDO CLIENTE / CUSTOMER ORDER: 0000577034
 ORDEM DE VENDDA / SALES ORDER: [blank]

NORMA - ESPECIFICAÇÃO - QUALIDADE /
 NORM - SPECIFICATION - GRADE
 AWS A 5.18 /A5.18M2005 ER70S-6

BITOLA / SIZE	LOTE / HEAT	QTD / QUANT	C %	SI %	Mn %	P %	S %	CE %	Ni %	Cu %	Mo %	V %
1,0mm	99001057	1.296,000 KG	0,08	0,95	1,45	0,011	0,013	0,02	0,01	0,01	0,007	0,005

PROPRIEDADE MECANICA / MECHANICAL PROPERTIES

OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS

AMS A5.18/A5.18M:2005 ASME II-C SFA 5.18 ER-70S6 ED.2007
 TESTE RADIOGRÁFICO ATENDE OS REQUISITOS DA ASME II-C
 CHARPY -30°C

PROPRIEDADES MECANICAS:
 LR mínimo: 480 MPa / LE mínimo: 400 MPa
 Alongamento mínimo: 22% / Teste impacto: 27 J (Mínimo)

As propriedades físicas, químicas e mecânicas descritas no
 Certificado de Qualidade são garantidas no estado em que o
 material é fornecido. Qualquer transformação que o material
 venha a sofrer em terceiros pode alterar significativamente
 tais propriedades

RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE /
 QUALITY ASSURANCE

[Handwritten Signature]

RIHITO NAKAMURA
 CREA 0682579445

Disposição:

Disposal: Executar soldagem de Tubulações; (Perform welding of Tubes)

Origem:

Source: Soldagem;(Welding);

Processo:

Process: GTAW Manual;(Manual);

Especificação de material:

Material Specification: P Number 1 , Espessura 1,5 à 19mm, (P Number 1 , Thickness 1,5 to 19mm)

Posição:

Position: Todas (All);

Requisitos Suplementares:

Supplementary requirements: Não Aplicável; (No applicable)

Este documento pertence à empresa: Top Cold Refrigeração Industrial Ltda: RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz

This document belongs to the company Cep. 93226-210 - Sapucaia do Sul/RS - Brasil

ÍNDICE DE REVISÕES REVISION HISTORY

REV.	DATA DATE	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES DESCRIPTION OF CHANGES
0	26.09.2017	Para aprovação. <i>Initial issue.</i>

Data: <i>Date</i>	Data: <i>Date</i> 26.09.2017
Verificado por: <i>Verified by</i>	Aprovado por: <i>Approved by</i>  EDUARDO HACK DE SOUZA Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS209821
Gerente da Qualidade <i>Quality Manager</i>	Inspetor de Soldagem Nível 2 <i>Welding Inspector Level 2</i>

Processo / Tipo: <i>Process/Type</i>	GTAW Manual (Manual)	RQPS: <i>PQR</i>	003/17
--	----------------------	----------------------------	--------

VARIÁVEIS DE SOLDAGEM VARIABLE WELDING

DETALHE DA JUNTA <i>DETAIL OF THE BOARD</i>		PRÂMETROS <i>PARAMETERS</i>	DIMENSIONAL <i>DRAWING OF THE JOINT</i>
Tipo de Junta:	<i>Type joint:</i>	JTPT e JTTP (Topo e Ângulo)	
Soldagem por um lado:	<i>Weld. on the one side:</i>	Não	
Soldagem por ambos os lados:	<i>Weld. on both sides:</i>	Sim	
Cobre-junta/Material/Espessura:	<i>Backing/Material/Thickness:</i>	With / without	
Goivagem da Raiz/ Método:	<i>Going root / Method:</i>	N/A	
Tipo de Chanfro:	<i>Type bevel:</i>	Em "V"	
Ângulo do Chanfro (α):	<i>Bevel angle (α):</i>	45° - 60°	
Ângulo do Chanfro (β):	<i>Bevel angle (β):</i>	...	
Abertura da Raiz mm (R):	<i>Gap root mm (R):</i>	0 - 5,0	
Face da Raiz mm (f):	<i>Face root mm (f):</i>	Sem Restrição	
Profundidade de Preparação (S1):	<i>Preparation depth (S1):</i>	Ilimitado / Unlimited	
Profundidade de Preparação (S2):	<i>Preparation depth (S2):</i>	...	
Passo Simples mm (JASA):	<i>Pass Single (JASA):</i>	...	
Passo Múltiplo mm (JASA):	<i>Pass Multiple mm (JASA):</i>	...	
Verniz Antioxidante / Marca:	<i>Varnish Antioxidant / Brand:</i>	...	

MATERIAL DE BASE BASE MATERIAL

METAL BASE <i>BASE MATERIAL</i>	Especificação <i>Specification</i>	T (mm)	Ø (mm)	CE%	Observações <i>Observation</i>
	P Number 1	1,5 à 19mm 1,5 to 19mm	Todos	...	...

PROCESSO / METAL DE ADIÇÃO / PROCESS / ADDITION OF METAL

Processo/Tipo <i>Process/Type</i>	E-T/Ø/ Certif.	Espec. AWS	Class. AWS / Schedule	Fnº	Anº	Marca Comercial Trade Mark	Dep. (mm)	Homologação Approved	Forma Form	Modo Transf. Transfer Mode	H (ml/g)
GTAW	3,20	AS.18	ER70S-3	6	...	BOHLER FOX	1,5 à 19mm	...	Vareta	n.a	...

PROTEÇÃO PROTECTION

Processo <i>Process</i>	Especificação <i>Specification</i>	Classificação <i>Classification</i>	Composição <i>Composition</i>	Tocha (l/min.) <i>Torch (l/min.)</i>	Purga (l/min.) <i>Purge (l/min.)</i>
...

POSIÇÃO POSITION

POSIÇÕES <i>POSITIONS</i>	POSIÇÃO <i>POSITION</i>	PROGRESSÃO <i>PROGRESSION</i>
FAIXA QUALIFICADA <i>RANGE QUALIFIED</i>	Todas / all	N/a

PRE E PÓS-AQUECIMENTO PRE AND POS-HEATING

TRATAMENTO TÉRMICO HEAT TREATMENT

Temp. de Pré-aquec. <i>Temp. de Pre-heating</i>	Temp. Inter. <i>Temp. Inter.</i>	Temp. / Tempo de Pós-aquec. <i>Temp./Time de Post heating</i>	Tipo <i>Type</i>	Rz.Aquec. <i>Heating rate</i>	Temp. Patamar <i>Temp. Holding</i>	Tempo Patamar <i>Time Holding</i>	Rz.Resfr. <i>Cooling rate</i>	Dif.Temp. <i>Thermocouple temp. difference</i>	Dureza Max. <i>Hardness Max.</i>
Mínimo 10°C	Máx. 150°C	n.a	...	...	...	...	...	...	...

TÉCNICA TECHNICAL

Passo <i>Pass</i>	Nº de Eletr. <i>Nº of Electr.</i>	Espaçamento Long./Lat./Âng. <i>Spacing (Long./Lat./Ang.)</i>	Ângulo de (Trab./Avan.) <i>Angle of (Work/Advanced)</i>	Limpeza Inic. <i>Cleanliness Initial</i>	Limpeza Ent. Passes <i>Cleanliness Ent. Pass</i>	Martel. <i>Pound</i>	Dist. Bico pega <i>Stick Out</i>	Ø bocal (mm)
Retilíneo / Múltiplo (Rectilinear / Multiple)	Isenta de contaminação (Free contamination)	Esm./Escov. (Grinding / Brushing)	Não (No)	...	...

PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARAMETERS WELDING

Passo/Camada <i>Pass/Layer</i>	Proc.	Marca Comercial <i>Trade mark</i>	Classif./Schedule <i>Classif./Schedule</i>	Ø	Corr./Pol.	Amperagem <i>Amperage</i>	Voltagem <i>Tension</i>	Veloc. (cm / min.)	Energia (J/cm)[1] <i>Heat input (J/cm)[1]</i>
Raiz (Root)	GTAW	Sem Restrição (Unrestrained)	ER70-S3	Sem Restrição	CC-	65,7 - 115	12 - 26	Sem Restrição	...
Ench. (filling)	GTAW	Sem Restrição (Unrestrained)	ER70-S3	Sem Restrição	CC-	100 - 150	18 - 32	Sem Restrição	...
Acab. (finish)	GTAW	Sem Restrição (Unrestrained)	ER70-S3	Sem Restrição	CC-	125 - 175	20 - 34	Sem Restrição	...

(1) Atenção máxima a informação: Independente da faixa permitida em Amperagem, tensão e velocidade; a combinação dos mesmos nunca deverá extrapolar a faixa de energia de soldagem permitida nessa EPS. (A x V x 60 / Velocidade = Energia de Soldagem)
(1) Maximum Attention information: Regardless of the permissible range in amperage, voltage, and speed; the combination thereof should never extrapolate the welding power range allowed this EPS. (H x V x 60 / Rate = Welding Power)

Norma de Construção:	<i>Standard Construction</i>	ASME B31.3 (Code for Pressure Piping)
Norma de Qualificação:	<i>Qualification Standard:</i>	ASME BPVC. IX Ed 2015

EDUARDO HACK DE SOUZA Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS20987	Gerente da Qualidade <i>Quality Manager</i>	Fiscalização <i>Surveyor</i>
Inspetor de Soldagem N2 <i>Welding Inspector Level 2</i>		

Objetivo Objective:

Avaliar a soldabilidade de conjuntos mecânicos e suas particularidades através de ensaios / resultados qualitativos; submetendo corpos de prova a ensaios mecânicos, químicos, metalográficos, não destrutivos e outros aplicáveis aos códigos de referência.

Evaluate the solubility of mechanical assemblies and their particularities through testing / qualitative results by subjecting test coupons to mechanical testing, chemical, non-destructive and applicable to other reference codes.

Origem: Soldagem(Welding);
Source

Processo: GTAW Manual (Manual);
Process

Especificação de material: Espessura 9,50 x 9,50mm, diâmetro n.a; ASTM A36 (Thickness 9,50 x 9,50mm, diameter n.a, ASTM A36)
Material Specification

Posição: 1G, Progressão Não aplicável(1G, Progression No applicable);
Position

Requisitos Suplementares: Não Aplicável (No applicable)
Supplementary requirements

Este documento pertence à empresa: Top Cold Refrigeração Industrial Ltda: RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz
This document belongs to the company Cep. 93226-210 - Sapucaia do Sul/RS - Brasil

ÍNDICE DE REVISÕES REVISION HISTORY

REV.	DATA DATE	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES DESCRIPTION OF CHANGES
0	25.09.2017	Para aprovação <i>Initial issue.</i>

Data: <i>DATE</i>	Data: <i>DATE</i> 25.09.2017
Verificado por: <i>Verified by</i>	Aprovado por: <i>Approved by</i>  EDUARDO HACK DE SOUZA Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS209821
Gerente da Qualidade <i>Quality Manager</i>	Inspetor de Soldagem Nível 2 <i>Welding Inspector Level 2</i>

Processo / Tipo: <i>Process / Type</i>	GTAW - Manual (Manual) ...	RRS: <i>WRR</i>	003/17	EPS: <i>WPS</i>	003/17
--	----------------------------	---------------------------	--------	---------------------------	--------

VARIÁVEIS DE SOLDAGEM VARIABLE WELDING

DETALHE DA JUNTA <i>DETAIL OF THE BOARD</i>		PRÂMETROS APLICADOS <i>PARAMETERS APPLIED</i>	DIMENSIONAL <i>DRAWING OF THE JOINT</i>
Tipo de Junta:	Type joint:	JTPT(CJP)	
Soldagem por um lado:	Weld. on the one side:	Sim(Yes)	
Soldagem por ambos os lados:	Weld. on both sides:	Não(No)	
Cobre-junta/Material/Espessura:	Backing/Material/Thickness:	Com/MS/n.a(With/MS/n.a)	
Goivagem da Raiz/ Método:	Going root / Method:	Não(No)	
Tipo de Chanfro:	Type bevel:	"V"	
Ângulo do Chanfro (α):	Bevel angle (α):	50°	<p align="center">SEQUÊNCIA DE PASSES WELD PASS SEQUENCE</p>
Ângulo do Chanfro (β):	Bevel angle (β):	...	
Abertura da Raiz mm (R):	Gap root mm (R):	3	
Face da Raiz mm (f):	Face root mm (f):	2	
Profundidade de Preparação (S1):	Preparation depth (S1):	9,5	
Profundidade de Preparação (S2):	Preparation depth (S2):	...	
Passo Simples mm (JASA):	Pass Single (JASA):	...	
Passo Múltiplo mm (JASA):	Pass Multiple mm (JASA):	...	
Verniz Antioxidante / Marca:	Varnish Antioxidant / Brand:	...	

MATERIAL DE BASE BASE MATERIAL

METAL BASE (APLICADO) <i>BASE METAL (APPLIED)</i>	Especificação <i>ESPECIFICATION</i>	T (mm)	Ø (mm)	Fabricante / Certif. / Reclassif. <i>Manufacture/certif./Reclass.</i>	Corrida / Volume <i>Heat/Volume</i>	CE%	Designação <i>Designation</i>
Metal de Base 1: <i>Base Metal 1</i>	ASTM-A36	9,5	N/A	ARCELORMITTAL / 81530001	1947386	N/A	P Number 1
Metal de Base 2: <i>Base Metal 2</i>	ASTM-A36	9,5	N/A	ARCELORMITTAL / 81530001	1947386	N/A	P Number 1

PROCESSO / METAL DE ADIÇÃO / CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS PROCESS / ADDITION OF METAL / ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Processo/Tipo <i>Process/Type</i>	E-T/Ø/ Certif.	Espec. AWS	Class. AWS / Schedule	F _n º	Anº	Marca Comercial Trade Mark	Dep. (mm)	Fabricante/ Certificado Manufacture/ Certificate	Corrida Heat	Homologação Approved	Forma Form	Modo Transf. Transfer Mode	H (ml/g)
GTAW	2,5	A5.18	ER70S-3	6		Ok Tigrod 12.60	9,5	ESAB/ EC24339054	PV605033720	...	Vareta	...	...
...

PROTEÇÃO PROTECTION

Processo <i>Process</i>	Especificação <i>Especification</i>	Classificação <i>Classification</i>	Composição <i>Composition</i>	Tocha (l/min.) <i>Torch (l/min.)</i>	Purga (l/min.) <i>Purge (l/min.)</i>	Certificado <i>Certificate</i>
GTAW	A5.32	SG-A	99.997	12 l/min.	...	...

POSIÇÃO POSITION

POSIÇÕES <i>POSITIONS</i>	POSIÇÃO <i>POSITION</i>	PROGRESSÃO <i>PROGRESSION</i>
APLICADA NA SOLDAGEM <i>WELD APPLIED</i>	1G	Progressão Ascendente (Progression ascending)

PRE E PÓS-AQUECIMENTO PRE AND POS-HEATING

TRATAMENTO TÉRMICO HEAT TREATMENT

Temp. de Pré-aquec. <i>Temp. de Pre-heating</i>	Temp. Inter. <i>Temp. Inter.</i>	Temp. / Tempo de Pós-aquec. <i>Temp./Time de Post heating</i>	Tipo <i>Type</i>	Rz.Aquec. <i>Heating rate</i>	Temp. Patamar <i>Temp. Holding</i>	Tempo Patamar <i>Time Holding</i>	Rz.Resfr. <i>Cooling rate</i>	Dif.Temp. Termop. <i>Thermocouple temp. difference</i>	Dureza Max. <i>Hardness Max.</i>	Relatório <i>Report</i>
10°C	250°C	n.a	...	...	...	...	...	...	...	...

<p>EDUARDO HACK DE SOUZA Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS209821</p>	<p align="center">Gerente da Qualidade Quality Manager</p>	<p align="center">Fiscalização Surveyor</p>
<p>Inspetor de Soldagem N2 <i>Welding Inspector Level 2</i></p>	<p align="center">Gerente da Qualidade Quality Manager</p>	<p align="center">Fiscalização Surveyor</p>

TÉCNICA TECHNICAL

Passes / Passes	Nº de Eletr. / Nº of Electr.	Espaçamento Long./Lat./Âng. / Spacing (Long./Lat./Ang.)	Ângulo de (Trab./Avan.) / Angle of (Work/Advanced)	Limpeza Inic. / Cleanliness Initial	Limpeza Ent. Passes / Cleanliness Ent. Pass	Martel. / Pound	Dist. Bico peça / Stick Out	Ø bocal (mm)
Retilino / Múltiplo/Rectilinear / Multiple	Isenta de contaminação/Free contamination	Em./Escov./Grinding / Brushing	Não/No	...	...

PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARAMETERS WELDING

Passes/Camada / Pass/Layer	Proc.	Marca Comercial / Trade mark	Classif./Schedule / Classif./Schedule	Ø	Corr./Pol.	Amperagem / Amperage	Voltagem / Tension	Veloc. (cm / min.)	Energia (J/cm) / Heat input (J/cm)
Raiz(Root)	GTAW	Ok Tigrod 12.60	ER70S-3	3,2	CC-	90	19	8	-
Ench.(filling)	GTAW	Ok Tigrod 12.60	ER70S-3	3,2	CC-	125	25	9	-
Acab.(finish)	GTAW	Ok Tigrod 12.60	ER70S-3	3,2	CC-	150	27	9	-

INSTRUMENTOS INSTRUMENTS

Instrumento / Instrument	Identificação / Identification	Data de Calibração / Date of Calibration	Entidade / Entity	Relatório / Report
Amperímetro / Amperimeter	AL-002	04/02/2016	Metrologia WG Ltda	1344-2016
Voltímetro / Voltmeter	AL-002	04/02/2016	Metrologia WG Ltda	1344-2016
Pirômetro / Pyrometer	TE-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	1344-2016
Calibre de Solda / Caliber Welding	CAS-002	08/02/2016	Metrologia WG Ltda	8275-2016
Paquímetro / Caliper	PQ-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	8264-2016
Fluxômetro / Flowmeter	FL-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	8265-2016
Cronômetro / Chronometer	CR-EHS-001	05/08/2016	Metrologia WG Ltda	8266-2016

ENSAIOS NÃO DESTRUTÍVEIS NON DESTRUCTIVE TEST

END NDT	Início do Ensaio / Inicial Test	Sem TTAT / Without TTAT	Antes TTAT / Before TTAT	Após TTAT / After TTAT	Inspetor / Inspector	Relatório / Report	Laudo / Result
Ensaio Visual	Após Resf.	...	...	...	FBTS-IS 1137 N2	EVS- 001/17	AP

ENSAIO DE TRAÇÃO TRANSVERSAL TENSION TET CROSS

Preparação/Método/Critério Aceitação: / Preparation/Method/Acceptance Criteria		ASME IX QW 462.1 (a)		ASME IX QW 462.1 (a)		ASME IX QB 422 (450 MPA)	
Identificação / Identification	Amostra / Sample	Largura (mm) / Width (mm)	Espessura (mm) / Thickness (mm)	Área (mm²) / Area (mm²)	Carga de Rup. (N) / Load of Rup. (N)	Tensão (MPa) / Tension (MPa)	Local de Ruptura / Break Location
TT-01	Retangular	18,97	7,76	147,21	79935	543	Metal de Base
TT-02	Retangular	19,07	7,77	148,17	83006	560	Metal de Base
Relatório Report: 2733/17		Laboratório Laboratory: CQS Laboratório de Ensaios e Calibração					

ENSAIO DE TRAÇÃO LONGITUDINAL TENSION TEST CROSS LONGITUDINAL

Preparação/Método/Critério Aceitação: / Preparation/Method/Acceptance Criteria		...		...		...
Identificação / Identification	Amostra / Sample	Ø inicial (mm) / Ø initial (mm)	Ø final (mm) / Ø end (mm)	Lo (mm)	Lf (mm)	Área inicial da amostra (mm²) / Area initial sample (mm²)	Área final da amostra (mm²) / Area finishing sample (mm²)
Força Máxima (Fm) N / Force Max. (Fm) N	Força de escoamento (Fe) N / Force Yield (Fe) N	Resistência à tração (Rm) Mpa / Tensile Strength (Rm) Mpa		Resist. escoamento (Re) Mpa / Yield Strength (Re) Mpa		A (%)	Z (%)
...
Relatório Report: ...		Laboratório Laboratory: ...					

ENSAIO DE DOBRAMENTO TEST BEND

Preparação/Método/Critério Aceitação: / Preparation/Method/Acceptance Criteria		ASME IX QW 462 (a)		ASME IX QW 462.3 (a)		ASME IX QW 163	
Identificação / Identification	Largura (mm) / Width (mm)	Espessura (mm) / Thickness (mm)	Ø Cutelo (mm) / Ø Mandril (mm)	Tipo / Type	Ângulo (°) / Angle (°)	Resultado / Result	
DF-01	20,01	09,43	38	Face	180	Isento de descontinuidades	
DF-02	20,03	09,44	38	Face	180	Isento de descontinuidades	
DR-01	20,01	09,51	38	Raiz	180	Isento de descontinuidades	
DR-02	20,03	09,41	38	Raiz	180	Isento de descontinuidades	
Relatório Report: 003/17		Laboratório Laboratory: EHS					

ENSAIO MACROGRÁFICO MACROGRAPH TEST

Preparação/Método/Critério Aceitação: / Preparation/Method/Acceptance Criteria		...		...
Identificação / Identification	Ampliação Increase				Resultado / Result
...
Relatório Report: ...		Laboratório Laboratory: ...			

ENSAIO DE FRATURA FRACTURE TEST

Preparação/Método/Critério Aceitação: / Preparation/Method/Acceptance Criteria		...		...
Identificação / Identification	Resultado / Result				
...	...				
Relatório Report: ...		Laboratório Laboratory: ...			

EDUARDO HACK DE SOUZA Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS209821	Gerente da Qualidade / Quality Manager	Fiscalização / Surveyor
Inspetor de Soldagem N2 / Welding Inspector Level 2	Gerente da Qualidade / Quality Manager	Fiscalização / Surveyor



CQS LABORATÓRIO DE ENSAIO E CALIBRAÇÃO

Rua Metalúrgica Guidali, nº. 85 - São Leopoldo/RS - (51) 3081 56 00
cqs@cqslaboratorios.com.br



Relatório de ensaio de Tração - 2733/17

Cliente: Eduardo Hack de Souza - ME OS 2738
Endereço: Rua Nossa Senhora da Conceição, 610 Bairro Centro - Sapucaia do Sul - RS
Interessado: -----

1 - INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO SOLICITANTE (Não fazem parte do escopo do reconhecimento)

Solicitante: EHS Inspeções Técnicas
Norma de Projeto: ASME VIII, ASME IX Ed. 2015
Metal de Base: ASTM A36
Dimensões da Peça: 250x300x9,5mm
Processo de Soldagem: GTAW
Nº Chapa de Teste: 003/17
Posição de Soldagem: 1G
Tratamento Térmico: Não
Preparação: ASME IX QW 462.1(b)
Método de Ensaio: ASME IX QW 462.1(b)
Critério de Aceitação: ASME IX QW / QB 422 (450 MPa)

2 - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Procedimento: PRO 19 / LAB - Revisão 06
Condições ambientais: Temperatura (23 ± 5)°C e Umidade relativa ≤ 70%.
A incerteza expandida de medição relatada (U95) é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k = 2,00, o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos [veff] corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da
Método: As amostras vem usinadas para o ensaio, o técnico faz a limpeza, depois realiza as devidas medições. A amostra é posicionado na máquina é realizado o ensaio.

3 - RASTREABILIDADE METROLÓGICA

Descrição	Identificação	Certificado	Emitido	Validade
Máquina Universal de Ensaio	NO10953/NS124	RBC 5443/16	SENAI CETEMP	set-17
Paquímetro Digital	PQ-02	RBC 06401/2016	Metrosul	abr-18
Termohigrômetro Minipa	TH-2	RBC 02076/2016	Metrosul	mai-19

4 - RESULTADOS / Results

Identificação da	Formato da	Largura	Espessura	Área inicial da	Força Máx. - Fm	Resistência à tração -	Local de Ruptura
CP03-TT-01	Retangular	18,97 ± 0,06	7,76 ± 0,06	147,21 ± 0,09	79935 ± 203	543 ± 10	Metal de Solda
CP03-TT-02	Retangular	19,07 ± 0,06	7,77 ± 0,06	148,17 ± 0,09	83006 ± 203	560 ± 10	Metal de Solda

5 - NOTAS / Notes

Unidades de medida em acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI). 1 N = 0,102 kgf e 1 MPa = 0,102 kgf/mm².

MA - Metal de Adição

LF - Linha de Fusão

MB - Metal de Base

Data de Ensaio 25/09/2017

Eduardo Hack de Souza
Inspetor de Soldagem
FBTS/SNQC 1 G - 1137-N2

Luiz Fernando F. Bosquerólli
SIGNATÁRIO AUTORIZADO

Data de Emissão 26/09/2017

Este relatório atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. O laboratório é reconhecido pela RMRS sob o número 17401, a qual avaliou sua competência e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. Os resultados obtidos e apresentados no presente relatório têm significação restrita e aplicam-se somente às amostras ensaiadas.



CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES E OPERADORES DE SOLDAGEM
(Welder Performance Qualification Record)

N.º - N.º: **001/22**
REV - Rev: **00**
DATA - Date: **11/03/2022**

Nome do Soldador: Welder Name:	DANIEL QUINTANA DUARTE	CPF N.º: CPF N.º:	531.704.580-00	Sinete N.º: Stamp N.º:	03
Processo de Soldagem: Welding Process:	GMAW	Tipo: Type:	Semi-automático	CP N.º: CP N.º:	001/22
EPS N.º: WPS N.º:	TP-002/17	Rev.:	0	Norma Aplicável: Code:	ASME IX - 2021
Material de base soldado: Base material(s) welded:	ASTM A 36	Espeçura: Thickness:	12,7 mm		

VARIAVEIS PARA PROCESSO DE SOLDAGEM WELDING PROCESS VARIABLES	VALORES REAIS ACTUAL VALUES	FAIXA QUALIFICADA RANGE QUALIFIED
Tipo de Metal de Adição - Simples ou Múltiplo Filler type - Simple ou Multiple	SIMPLES	SIMPLES
Tipo da Corrente de Soldagem e Polaridade Welding Current type and Polarity	CC INVERSA (CC+)	SEM RESTRIÇÃO
Posição de Soldagem Welding Position	2G	Plana, Horizontal
Progressão de Soldagem Welding Progression	N/A	N/A
Backing (metal, metal de solda, soldado dos dois lados) Backing (metal, weld metal, welded from both sides)	COM	COM
Especificação dos Materiais de Base Base Materials Welded Specification	P N°1	P N°1 a P N°15F, P N°34, P N°41 a P N°49

METAL DE BASE - BASE MATERIAL		
Faixa de Espessura para Chapa - Plate Thickness Range		
Chanfro - Groove	12,7 mm	ilimitado
Ângulo - Fillet	N/A	ilimitado
Faixa de Espessura para Tubo - Pipe Thickness Range		
Chanfro - Groove	N/A	ilimitado
Ângulo - Fillet	N/A	ilimitado
Faixa de Diâmetro - Diameter Range		
Chanfro - Groove	N/A	(Plana e horizontal: ≤ 73 mm)
Ângulo - Fillet	N/A	ilimitado

METAL DE ADIÇÃO - FILLER MATERIAL		
Especificação do Metal de Adição (SFA) Filler Metal Specification (SFA)	A 5.18	A 5.9 / A 5.18 / A 5.28
Classificação do Metal de Adição Filler Metal Classification	ER 70S-6	N/A
N.º F do Metal de Adição Filler Metal F Number	6	6
Diâmetro Diameter	1,2	SEM RESTRIÇÃO
Marca Comercial Comercial Mark	ESAB	SEM RESTRIÇÃO

PROTEÇÃO - PROTECTION		
Tipo de Gás - Gas Type	80%CO2 / 20%Ar	SEM RESTRIÇÃO
Gás de Purga - Backing Gas	N/A	N/A
Tipo de Fluxo - Flux Type	N/A	N/A
Modo de Transferência - Transfer Mode	Curto - circuito	Curto - circuito

TESTES - TESTS			
EXAME VISUAL - VISUAL EXAMINATION	Resultado - Result	APROVADO	Relatório - Report
ENSAIO RADIOGRÁFICO - RADIOGRAPHIC TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report
ENSAIO MACROGRÁFICO - MACRO TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report
ENSAIO POR ULTRA-SOM - ULTRASONIC TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report
ENSAIO DE DOBRAMENTO - BEND TEST	Resultado - Result	APROVADO	Relatório - Report
ENSAIO DE TRAÇÃO - TENSILE TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report
ENSAIO DE IMPACTO - TOUGHNESS TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report

OUTROS TESTES - OTHERS TESTS			
Tipo de Teste - Test Type	Empresa - Company	Resultado - Result	N.º do Relatório - Report N.º:
N/A	N/A	N/A	N/A
Tipo de Teste - Test Type	Empresa - Company	Resultado - Result	N.º do Relatório - Report N.º:
N/A	N/A	N/A	N/A

Certificamos que os dados deste Certificado são verdadeiros e que as chapas de teste / tubos de teste, foram preparadas, soldadas e testadas de acordo com os requerimentos do código ASME IX Ed. 2019.
We certify that the statements in this certificate are correct and that the test coupons were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Code ASME IX Ed. 2019.

INSPECTOR DE SOLDAGEM N2 Técnico em Mecânica - CREA 125182/08 Inspeção de Soldagem - EPS - 124320142 Inspeção de Soldagem - IEQ - 180061 Telefone: 11 5013 11144	RESPONSÁVEL QUALIDADE	CLIENTE / FISCALIZAÇÃO
Data/ date: 11/03/2022	Data/ date: ___/___/___	Data/ date: ___/___/___



CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES E OPERADORES DE SOLDAGEM
(Welder Performance Qualification Record)

N.º - N.º: **002/22**
REV - Rev: **00**
DATA - Date: **11/03/2022**

Nome do Soldador: Welder Name:	CLAUDIOMIRO VIEIRA	CPF Nº.: CPF Nº.:	558.728.670-34	Sinete Nº.: Stamp Nº.:	04
Processo de Soldagem: Welding Process:	GMAW	Tipo: Type:	Semi-automático	CP Nº.: CP Nº.:	002/22
EPS Nº.: WPS Nº.:	TP-002/17	Rev.: Rev.:	0	Norma Aplicável: Code:	ASME IX - 2021
Material de base soldado: Base material(s) welded:	ASTM A 36	Espeçura: Thickness:	12,7 mm		

VARIÁVEIS PARA PROCESSO DE SOLDAGEM WELDING PROCESS VARIABLES	VALORES REAIS ACTUAL VALUES	FAIXA QUALIFICADA RANGE QUALIFIED
Tipo de Metal de Adição - Simples ou Múltiplo Filler type - Simple ou Multiple	SIMPLES	SIMPLES
Tipo da Corrente de Soldagem e Polaridade Welding Current type and Polarity	CC INVERSA (CC+)	SEM RESTRIÇÃO
Posição de Soldagem Welding Position	2G	Plana, Horizontal
Progressão de Soldagem Welding Progression	N/A	N/A
Backing (metal, metal de solda, soldado dos dois lados) Backing (metal, weld metal, welded from both sides)	COM	COM
Especificação dos Materiais de Base Base Materials Welded Specification	P Nº1	P Nº1 a P Nº15F, P Nº34, P Nº41 a P Nº49

METAL DE BASE - BASE MATERIAL		
Faixa de Espessura para Chapa - Plate Thickness Range		
Chanfro - Groove	12,7 mm	ilimitado
Ângulo - Fillet	N/A	ilimitado
Faixa de Espessura para Tubo - Pipe Thickness Range		
Chanfro - Groove	N/A	ilimitado
Ângulo - Fillet	N/A	ilimitado
Faixa de Diâmetro - Diameter Range		
Chanfro - Groove	N/A	(Plana e horizontal: ≤ 73 mm)
Ângulo - Fillet	N/A	ilimitado

METAL DE ADIÇÃO - FILLER MATERIAL		
Especificação do Metal de Adição (SFA) Filler Metal Specification (SFA)	A 5.18	A 5.9 / A 5.18 / A 5.28
Classificação do Metal de Adição Filler Metal Classification	ER 70S-6	N/A
Nº. F do Metal de Adição Filler Metal F Number	6	6
Diâmetro Diameter	1,2	SEM RESTRIÇÃO
Marca Comercial Comercial Mark	ESAB	SEM RESTRIÇÃO

PROTEÇÃO - PROTECTION		
Tipo de Gás - Gas Type	80%CO2 / 20%Ar	SEM RESTRIÇÃO
Gás de Purga - Backing Gas	N/A	N/A
Tipo de Fluxo - Flux Type	N/A	N/A
Modo de Transferência - Transfer Mode	Curto - circuito	Curto - circuito

TESTES - TESTS			
EXAME VISUAL - VISUAL EXAMINATION	Resultado - Result	APROVADO	Relatório - Report RAQS Nº: 002/22
ENSAIO RADIOGRÁFICO - RADIOGRAPHIC TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report N/A
ENSAIO MACROGRÁFICO - MACRO TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report N/A
ENSAIO POR ULTRA-SOM - ULTRASONIC TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report N/A
ENSAIO DE DOBRAMENTO - BEND TEST	Resultado - Result	APROVADO	Relatório - Report DB Nº: 002/22
ENSAIO DE TRAÇÃO - TENSILE TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report N/A
ENSAIO DE IMPACTO - TOUGHNESS TEST	Resultado - Result	N/A	Relatório - Report N/A

OUTROS TESTES - OTHERS TESTS			
Tipo de Teste - Test Type	Empresa - Company	Resultado - Result	Nº do Relatório - Report N.º:
N/A	N/A	N/A	N/A
Tipo de Teste - Test Type	Empresa - Company	Resultado - Result	Nº do Relatório - Report N.º:
N/A	N/A	N/A	N/A

Certificamos que os dados deste Certificado são verdadeiros e que as chapas de teste / tubos de teste, foram preparadas, soldadas e testadas de acordo com os requerimentos do código ASME IX Ed. 2019.
We certify that the statements in this certificate are correct and that the test coupons were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Code ASME IX Ed. 2019.

INSPECTOR DE SOLDAGEM N2 Técnico em Mecânica - CREA 153827/08 Inspeção de Soldagem - SPS - 18-030142 Inspeção de Soldagem IIG - 190681 Inspeção de ENI SMOG - 11784	RESPONSÁVEL QUALIDADE	CLIENTE / FISCALIZAÇÃO
Data/ date: 11/03/2022	Data/ date: ____/____/____	Data/ date: ____/____/____

6.0. Memorial de Cálculo

Memória de Cálculo

ASME VIII Divisão 1

Edição 2017

Projeto: VASOS - FRIGOLON

Vaso: TCRL-08E - Ø1380X4900

Dados: 09/01/2025

1. Dados de entrada

Tipo de vaso.....	Horizontal
Material do casco.....	SA-516 Grau 70, Plate
Material do tampo esquerdo.....	SA-516 Grau 70, Plate
Material do tampo direito.....	SA-516 Grau 70, Plate
Tampo esquerdo.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Tampo direito.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Diâmetro interno.....	D = 1380,0 mm
Comprimento do casco.....	L _s = 4900,0 mm
Pressão interna de projeto.....	P = 16,000 kgf/cm ²
Temperatura interna de projeto.....	T = 50,000 °C
Densidade do produto.....	= 640,00 kg/m ³
Densidade do fluido do teste.....	τ = 1000,0 kg/m ³

2. Seção cilíndrica 1

2.1. Dados básicos

2.1.1. Dimensões

Diâmetro interno.....	D =	1380,0 mm
Comprimento da seção do casco.....	L_s =	4900,0 mm
Espessura nominal.....	t_h =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	c_i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	c_o =	0,70000 mm

2.1.2. Parâmetros de projeto

Pressão interna de projeto.....	P_i =	16,000 kgf/cm ²
Temperatura interna de projeto.....	T_i =	50,000 °C

2.1.3. Material

Especificação.....	SA-516 Grau 70
Forma do produto.....	Plate
Tensão admissível na temperatura de projeto.....	S = 1406,1 kgf/cm ²
Tensão de escoamento do material na temperatura do teste.....	S_y = 2671,7 kgf/cm ²

2.1.4. Juntas soldadas

Junta longitudinal.....	Categoria A, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)
Junta entre o tampo esquerdo e o casco.....	Categoria B, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)
Junta entre o tampo direito e o casco.....	Categoria B, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)
Eficiência da junta longitudinal.....	E = 0,70000
Eficiência da junta circunferencial.....	E_c = 0,70000

2.1.5. Pressões estáticas

Densidade do fluido.....	=	640,00 kg/m ³
Coluna de líquido em operação.....	H_s =	1380,0 mm
Pressão estática em operação.....	P_s =	0,08832 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_h =	1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H_{th} =	1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P_{th} =	0,13800 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_v =	1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H_{tv} =	1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P_{tv} =	0,13800 kgf/cm ²

2.2. Espessura sob pressão interna

2.2.1. Tensão circunferencial

Raio interno corroído da seção do casco.....	R =	690,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s$ =	16,088 kgf/cm ²
Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	t_1 =	11,390 mm

Espessura mínima - UG-16(b)..... $t_{UG16} = 1,5000$ mm
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t_1 = 11,390$ mm

A espessura mínima para a tensão circunferencial é dada por UG-27(c)(1):

$$t_1 = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_1 = \frac{16,088 \times 690}{1406,1 \times 0,7 - 0,6 \times 16,088}$$

$$t_1 = 11,39 \text{ mm}$$

2.2.2. Tensão longitudinal

Raio interno corroído da seção do casco..... $R = 690,00$ mm
 Pressão interna de projeto..... $P = P_i + P_s = 16,088$ kgf/cm²
 Espessura mínima para a tensão longitudinal..... $t_2 = 5,6206$ mm
 Espessura mínima - UG-16(b)..... $t_{UG16} = 1,5000$ mm
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t_2 = 5,6206$ mm

A espessura mínima para a tensão longitudinal é dada por UG-27(c)(2):

$$t_2 = \frac{PR}{2S_1E + 0,4P}$$

$$t_2 = \frac{16,088 \times 690}{2 \times 1406,1 \times 0,7 + 0,4 \times 16,088}$$

$$t_2 = 5,6206 \text{ mm}$$

2.2.3. Espessura mínima requerida sob pressão interna

Espessura mínima para a tensão circunferencial..... $t_1 = 11,390$ mm
 Espessura mínima para a tensão longitudinal..... $t_2 = 5,6206$ mm
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t = 11,390$ mm

A tensão circunferencial governa para a pressão interna.

2.2.4. Tensão de compressão admissível por UG-23(b)

Condição	R_o mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm ²	S kgf/cm ²	S_c kgf/cm ²
Temperatura de projeto/Corroído	702,00	12,000	0,002137	1067,9	1406,1	1067,9
Temperatura de projeto/Novo	702,70	12,700	0,002259	1079,3	1406,1	1079,3
Temperatura do teste/Corroído	702,00	12,000	0,002137	1067,9	1406,1	1067,9
Temperatura do teste/Novo	702,70	12,700	0,002259	1079,3	1406,1	1079,3

a) R_o = raio externo

b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída

c) $A = 0,125/(R_o/t)$ - UG-23(b) Step 1

d) S = tensão máxima admissível de tração - UG-23(a)

e) S_c = menor entre S_e e B

2.3. Cálculo da espessura nominal mínima

Espessura mínima.....	$t =$	11,390 mm
Espessura mínima mais corrosão.....	$t_c =$	12,090 mm
Espessura nominal.....	$t_n =$	12,700 mm

Como $t_n \geq t_{c,tr}$, a espessura nominal é adequada.

2.4. Cálculo da PMTA

Tensão admissível máxima na temperatura de projeto.....	$S =$	1406,1 kgf/cm ²
Espessura corroída da seção do casco.....	$t =$	12,000 mm
Raio interno corroído da seção do casco.....	$R =$	690,00 mm
Pressão máxima de trabalho admissível.....	$PMTA =$	16,853 kgf/cm ²

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A PMTA sob pressão interna, na temperatura de projeto, é dada por [ver UG-27(c)(1)]:

$$PMTA = \frac{S E t}{R + 0,6 t} - P_s$$

$$PMTA = \frac{1406,1 \times 0,7 \times 12}{690 + 0,6 \times 12} - 0,08832$$

$$PMTA = 16,853 \text{ kgf/cm}^2$$

2.5. Alongamento da fibra externa de acordo com UCS-79(d)

Alongamento da fibra externa.....	$=$	0,91190 %
Espessura nominal da chapa.....	$t =$	12,700 mm
Raio médio final.....	$R_f =$	696,35 mm
Raio médio original.....	$R_o =$	mm

$$= \frac{50 t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

$$= \frac{50 \times 12,7}{696,35} \times \left(1 - \frac{696,35}{696,35} \right)$$

$$= 0,9119$$

3. Cálculo do tempo esquerdo

3.1. Dados básicos

3.1.1. Dimensões

Tampo.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Diâmetro interno.....	D = 1380,0 mm
Altura interna da calota.....	h = 345,00 mm
Razão D/2h.....	D/2h = 2,0000
Comprimento da parte cilíndrica.....	h_{cf} = 40,000 mm
Espessura nominal.....	t_n = 15,880 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	c_i = 0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	c_o = 0,70000 mm
Esmagamento.....	t_{ho} = 2,8000 mm

3.1.2. Parâmetros de projeto

Pressão interna de projeto.....	P_i = 16,000 kgf/cm ²
Temperatura interna de projeto.....	T_i = 50,000 °C

3.1.3. Material

Especificação.....	SA-516 Grau 70
Forma do produto.....	Plate
Tensão admissível na temperatura de projeto.....	S = 1406,1 kgf/cm ²
Tensão de escoamento do material na temperatura do teste.....	S_y = 2671,7 kgf/cm ²

3.2. Pressões estáticas

3.2.1. Parte cilíndrica

Densidade do fluido.....	= 640,00 kg/m ³
Coluna de líquido em operação.....	H_s = 1380,0 mm
Pressão estática em operação.....	P_s = 0,08832 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_h = 1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H_{th} = 1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P_{th} = 0,13800 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_v = 1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H_{tv} = 1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P_{tv} = 0,13800 kgf/cm ²

3.2.2. Seção semi-elíptica

Densidade do fluido.....	= 640,00 kg/m ³
Coluna de líquido em operação.....	H_s = 1380,0 mm
Pressão estática em operação.....	P_s = 0,08832 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_h = 1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H_{th} = 1380,0 mm

Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	$P_{th} =$	0,13800 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	$t_v =$	1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	$H_{tv} =$	1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	$P_{tv} =$	0,13800 kgf/cm ²

3.3. Espessura sob pressão interna

3.3.1. Parte cilíndrica

3.3.1.1. Tensão circunferencial

Raio interno corroído da parte reta.....	$R =$	690,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	16,088 kgf/cm ²
Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	9,3634 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna.....	$t_1 =$	9,3634 mm

A espessura mínima para a tensão circunferencial é dada por UG-27(c)(1):

$$t_1 = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_1 = \frac{16,088 \times 690}{1406,1 \times 0,85 - 0,6 \times 16,088}$$

$$t_1 = 9,3634 \text{ mm}$$

3.3.1.2. Tensão longitudinal

Raio interno corroído da parte reta.....	$R =$	690,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	16,088 kgf/cm ²
Espessura mínima para a tensão longitudinal.....	$t_2 =$	5,6206 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna.....	$t_2 =$	5,6206 mm

A espessura mínima para a tensão longitudinal é dada por UG-27(c)(2):

$$t_2 = \frac{PR}{2S_1E + 0,4P}$$

$$t_2 = \frac{16,088 \times 690}{2 \times 1406,1 \times 0,7 + 0,4 \times 16,088}$$

$$t_2 = 5,6206 \text{ mm}$$

3.3.1.3. Espessura mínima requerida sob pressão interna

Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	9,3634 mm
Espessura mínima para a tensão longitudinal.....	$t_2 =$	5,6206 mm
Espessura mínima sobre pressão interna.....	$t =$	9,3634 mm

A tensão circunferencial governa para a pressão interna.

3.3.1.4. Tensão de compressão admissível por UG-23(b)

Condição	R _o mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm ²	S kgf/cm ²	S _c kgf/cm ²
Temperatura de projeto/Corroído	705,18	15,180	0,002691	1115,7	1406,1	1115,7
Temperatura de projeto/Novo	705,88	15,880	0,002812	1125,1	1406,1	1125,1
Temperatura do teste/Corroído	705,18	15,180	0,002691	1115,7	1406,1	1115,7
Temperatura do teste/Novo	705,88	15,880	0,002812	1125,1	1406,1	1125,1

- a) R_o = raio externo
 b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída
 c) A = 0,125/(R_o/t) - UG-23(b) Step 1
 d) S = tensão máxima admissível de tração - UG-23(a)
 e) S_c = menor entre S e B

Nota: Pela UG-32(l), quando o tanque tem uma parte cilíndrica, a espessura da parte cilíndrica deve ser mínimo igual à requerida para cilindros sem costura de mesmo diâmetro.

3.3.2. Seção semi-elíptica

3.3.2.1. Fator K

Fator K..... K = 1,0000

Fator K para tanques semi-elípticos é calculado por 1-4(c)(1):

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right]$$

$$K = \frac{1}{6} \times \left[2 + \left(\frac{1380}{2 \times 345} \right)^2 \right]$$

$$K = 1$$

Fator K após corrosão..... K_c = 1,0000

Fator K para tanques semi-elípticos é calculado por 1-4(c)(1):

$$K_c = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D_c}{2h_c} \right)^2 \right]$$

$$K_c = \frac{1}{6} \times \left[2 + \left(\frac{1380}{2 \times 345} \right)^2 \right]$$

$$K_c = 1$$

3.3.2.1.1. Espessura mínima: 1-4(c)(1)

Eficiência de junta..... E = 0,85000

Pressão interna de projeto..... $P = P_i + P_s =$ 16,088 kgf/cm²
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t =$ 9,3003 mm

A espessura mínima sob pressão interna é dada pelo Apêndice 1-4(c)(1):

$$t = \frac{PD K}{2 S E - 0,2 P}$$

$$t = \frac{16,088 \times 1380 \times 1}{2 \times 1406,1 \times 0,85 - 0,2 \times 16,088}$$

$$t = 9,3003 \text{ mm}$$

3.3.2.1.2. Espessura mínima: Máximo entre 1-4(c)(1) e UG-16

Espessura mínima - 1-4(c)(1)..... $t_{1-4(c)} =$ 9,3003 mm
 Espessura mínima - UG-16(b)..... $t_{UG-16} =$ 1,5000 mm
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t =$ 9,3003 mm

3.4. Cálculo da espessura nominal mínima

3.4.1. Parte cilíndrica

Espessura mínima..... $t =$ 9,3634 mm
 Espessura mínima mais corrosão..... $t_c =$ 10,063 mm

3.4.2. Semielíptico

Espessura mínima..... $t =$ 9,3003 mm
 Espessura mínima mais esmagamento..... $t_f =$ 12,100 mm
 Espessura mínima mais esmagamento e corrosão..... $t_c =$ 12,800 mm

3.4.3. Resultados finais

Espessura mínima..... $t =$ 9,3634 mm
 Espessura mínima mais esmagamento..... $t_f =$ 12,100 mm
 Espessura mínima mais esmagamento e corrosão..... $t_c =$ 12,800 mm
 Espessura nominal..... $t_n =$ 15,880 mm

Como $t_n \geq t_{c,t}$, a espessura nominal é adequada.

3.5. Cálculo da PMTA

3.5.1. Parte cilíndrica

Tensão admissível máxima na temperatura de projeto..... $S =$ 1406,1 kgf/cm²
 Espessura corroída da parte reta..... $t =$ 15,180 mm
 Raio interno corroído da parte reta..... $R =$ 690,00 mm
 Pressão máxima de trabalho admissível..... $PMTA =$ 25,864 kgf/cm²

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A PMTA sob pressão interna, na temperatura de projeto, é dada por [ver UG-27(c)(1)]:

$$PMTA = \frac{S E t}{R + 0,6 t} - P_s$$

$$PMTA = \frac{1406,1 \times 0,85 \times 15,18}{690 + 0,6 \times 15,18} - 0,08832$$

$$PMTA = 25,864 \text{ kgf/cm}^2$$

3.5.2. Seção semielíptica

3.5.2.1. Pressão máxima de trabalho admissível: 1-4(c)(1)

Espessura corroída.....	t =	12,380 mm
Fator K após corrosão.....	K =	1,0000
Eficiência de junta.....	E =	0,85000
Pressão máxima de trabalho admissível.....	PMTA =	21,318 kgf/cm ²

PMTA é dada por Apêndice 1-4(c)(1):

$$PMTA = \frac{2 S E t}{K D + 0,2 t} - P_s$$

$$PMTA = \frac{2 \times 1406,1 \times 0,85 \times 12,38}{1 \times 1380 + 0,2 \times 12,38} - 0,08832$$

$$PMTA = 21,318 \text{ kgf/cm}^2$$

3.6. Alongamento da fibra externa de acordo com UCS-79(d)

3.6.1. Parte cilíndrica

Alongamento da fibra externa.....	=	1,1376 %
Espessura nominal da chapa.....	t =	15,880 mm
Raio médio final.....	R _f =	697,94 mm
Raio médio original.....	R ₀ =	mm

$$= \frac{50 t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right)$$

$$= \frac{50 \times 15,88}{697,94} \times \left(1 - \frac{697,94}{697,94} \right)$$

$$= 1,1376$$

3.7. Seção semielíptica

Alongamento da fibra externa.....	=	4,9105 %
Espessura nominal da chapa.....	t =	15,880 mm
Raio médio final.....	R _f =	242,54 mm
Raio médio original.....	R ₀ =	mm

$$= \frac{75 t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right)$$

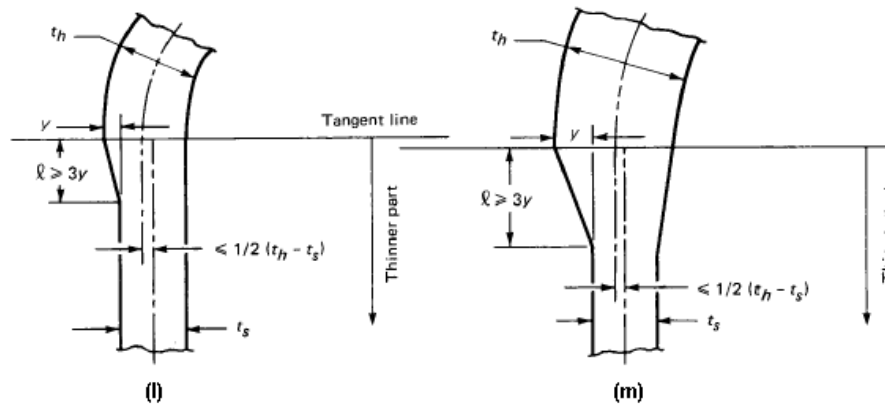
$$= \frac{75 \times 15,88}{242,54} \times \left(1 - \frac{242,54}{242,54} \right)$$

= 4,9105

3.8. Adelgaçamento e comprimento da parte cilíndrica

Espessura nominal do tampo.....	$t_h =$	15,880 mm
Espessura nominal do casco.....	$t_s =$	12,700 mm
Diferença na espessura entre casco e tampo.....	$t =$	3,1800 mm
Razão entre as espessuras do tampo e do casco.....	$t_h/t_s =$	1,2504
Comprimento da redução exigido por UW-13(b)(3)?.....		Sim
Excentricidade entre casco e tampo.....	$y =$	3,1800 mm
Comprimento mínimo para a redução de seção.....	$l = 3 \cdot y =$	9,5400 mm
Comprimento mínimo da parte cilíndrica.....	$h_{fmin} =$	38,000 mm
Comprimento máximo da parte cilíndrica.....	$h_{fmax} =$	38,000 mm
Comprimento da parte cilíndrica.....	$h_f =$	40,000 mm

O comprimento da parte cilíndrica é maior que o valor máximo.



Conforme UW-13(b)(3), quando uma transição é requerida em qualquer tampo conformado mais espesso do que o casco para juntas de topo [Fig. UW-13.1 croquis (l) e (m)], a parte reta do tampo deve ser longa o suficiente de modo a acomodar toda a transição até no máximo à linha de tangência.

Na Fig. UW-13.1, croquis (l) e (m), o comprimento mínimo da parte reta é igual a $3 \cdot t_h$ (espessura nominal do tampo), não necessitando exceder 38 mm (1 1/2 in), excepto quando for necessário para prover o comprimento da transição.

4. Cálculo do tempo direito

4.1. Dados básicos

4.1.1. Dimensões

Tampo.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Diâmetro interno.....	D = 1380,0 mm
Altura interna da calota.....	h = 345,00 mm
Razão D/2h.....	D/2h = 2,0000
Comprimento da parte cilíndrica.....	h_{cf} = 40,000 mm
Espessura nominal.....	t_n = 15,880 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	c_i = 0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	c_o = 0,70000 mm
Esmagamento.....	t_{ho} = 2,8000 mm

4.1.2. Parâmetros de projeto

Pressão interna de projeto.....	P_i = 16,000 kgf/cm ²
Temperatura interna de projeto.....	T_i = 50,000 °C

4.1.3. Material

Especificação.....	SA-516 Grau 70
Forma do produto.....	Plate
Tensão admissível na temperatura de projeto.....	S = 1406,1 kgf/cm ²
Tensão de escoamento do material na temperatura do teste.....	S_y = 2671,7 kgf/cm ²

4.2. Pressões estáticas

4.2.1. Parte cilíndrica

Densidade do fluido.....	= 640,00 kg/m ³
Coluna de líquido em operação.....	H_s = 1380,0 mm
Pressão estática em operação.....	P_s = 0,08832 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_h = 1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H_{th} = 1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P_{th} = 0,13800 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_v = 1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H_{tv} = 1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P_{tv} = 0,13800 kgf/cm ²

4.2.2. Seção semi-elíptica

Densidade do fluido.....	= 640,00 kg/m ³
Coluna de líquido em operação.....	H_s = 1380,0 mm
Pressão estática em operação.....	P_s = 0,08832 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	t_h = 1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H_{th} = 1380,0 mm

Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	$P_{th} =$	0,13800 kgf/cm ²
Densidade do fluido do teste.....	$t_v =$	1000,0 kg/m ³
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	$H_{tv} =$	1380,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	$P_{tv} =$	0,13800 kgf/cm ²

4.3. Espessura sob pressão interna

4.3.1. Parte cilíndrica

4.3.1.1. Tensão circunferencial

Raio interno corroído da parte reta.....	$R =$	690,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	16,088 kgf/cm ²
Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	9,3634 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna.....	$t_1 =$	9,3634 mm

A espessura mínima para a tensão circunferencial é dada por UG-27(c)(1):

$$t_1 = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_1 = \frac{16,088 \times 690}{1406,1 \times 0,85 - 0,6 \times 16,088}$$

$$t_1 = 9,3634 \text{ mm}$$

4.3.1.2. Tensão longitudinal

Raio interno corroído da parte reta.....	$R =$	690,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	16,088 kgf/cm ²
Espessura mínima para a tensão longitudinal.....	$t_2 =$	5,6206 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna.....	$t_2 =$	5,6206 mm

A espessura mínima para a tensão longitudinal é dada por UG-27(c)(2):

$$t_2 = \frac{PR}{2S_1E + 0,4P}$$

$$t_2 = \frac{16,088 \times 690}{2 \times 1406,1 \times 0,7 + 0,4 \times 16,088}$$

$$t_2 = 5,6206 \text{ mm}$$

4.3.1.3. Espessura mínima requerida sob pressão interna

Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	9,3634 mm
Espessura mínima para a tensão longitudinal.....	$t_2 =$	5,6206 mm
Espessura mínima sobre pressão interna.....	$t =$	9,3634 mm

A tensão circunferencial governa para a pressão interna.

4.3.1.4. Tensão de compressão admissível por UG-23(b)

Condição	R _o mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm ²	S kgf/cm ²	S _c kgf/cm ²
Temperatura de projeto/Corroído	705,18	15,180	0,002691	1115,7	1406,1	1115,7
Temperatura de projeto/Novo	705,88	15,880	0,002812	1125,1	1406,1	1125,1
Temperatura do teste/Corroído	705,18	15,180	0,002691	1115,7	1406,1	1115,7
Temperatura do teste/Novo	705,88	15,880	0,002812	1125,1	1406,1	1125,1

- a) R_o = raio externo
b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída
c) A = 0,125/(R_o/t) - UG-23(b) Step 1
d) S = tensão máxima admissível de tração - UG-23(a)
e) S_c = menor entre S e B

Nota: Pela UG-32(l), quando o tanque tem uma parte cilíndrica, a espessura da parte cilíndrica deve ser mínimo igual à requerida para cilindros sem costura de mesmo diâmetro.

4.3.2. Seção semi-elíptica

4.3.2.1. Fator K

Fator K..... K = 1,0000

Fator K para tampos semi-elípticos é calculado por 1-4(c)(1):

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right]$$

$$K = \frac{1}{6} \times \left[2 + \left(\frac{1380}{2 \times 345} \right)^2 \right]$$

$$K = 1$$

Fator K após corrosão..... K_c = 1,0000

Fator K para tampos semi-elípticos é calculado por 1-4(c)(1):

$$K_c = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D_c}{2h_c} \right)^2 \right]$$

$$K_c = \frac{1}{6} \times \left[2 + \left(\frac{1380}{2 \times 345} \right)^2 \right]$$

$$K_c = 1$$

4.3.2.1.1. Espessura mínima: 1-4(c)(1)

Eficiência de junta..... E = 0,85000

Pressão interna de projeto..... $P = P_i + P_s =$ 16,088 kgf/cm²
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t =$ 9,3003 mm

A espessura mínima sob pressão interna é dada pelo Apêndice 1-4(c)(1):

$$t = \frac{PD K}{2 S E - 0,2 P}$$

$$t = \frac{16,088 \times 1380 \times 1}{2 \times 1406,1 \times 0,85 - 0,2 \times 16,088}$$

$$t = 9,3003 \text{ mm}$$

4.3.2.1.2. Espessura mínima: Máximo entre 1-4(c)(1) e UG-16

Espessura mínima - 1-4(c)(1)..... $t_{1-4(c)} =$ 9,3003 mm
 Espessura mínima - UG-16(b)..... $t_{UG-16} =$ 1,5000 mm
 Espessura mínima sobre pressão interna..... $t =$ 9,3003 mm

4.4. Cálculo da espessura nominal mínima

4.4.1. Parte cilíndrica

Espessura mínima..... $t =$ 9,3634 mm
 Espessura mínima mais corrosão..... $t_c =$ 10,063 mm

4.4.2. Semi-elíptico

Espessura mínima..... $t =$ 9,3003 mm
 Espessura mínima mais esmagamento..... $t_f =$ 12,100 mm
 Espessura mínima mais esmagamento e corrosão..... $t_c =$ 12,800 mm

4.4.3. Resultados finais

Espessura mínima..... $t =$ 9,3634 mm
 Espessura mínima mais esmagamento..... $t_f =$ 12,100 mm
 Espessura mínima mais esmagamento e corrosão..... $t_c =$ 12,800 mm
 Espessura nominal..... $t_n =$ 15,880 mm

Como $t_n \geq t_{c,t}$, a espessura nominal é adequada.

4.5. Cálculo da PMTA

4.5.1. Parte cilíndrica

Tensão admissível máxima na temperatura de projeto..... $S =$ 1406,1 kgf/cm²
 Espessura corroída da parte reta..... $t =$ 15,180 mm
 Raio interno corroído da parte reta..... $R =$ 690,00 mm
 Pressão máxima de trabalho admissível..... $PMTA =$ 25,864 kgf/cm²

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A PMTA sob pressão interna, na temperatura de projeto, é dada por [ver UG-27(c)(1)]:

$$PMTA = \frac{S E t}{R + 0,6 t} - P_s$$

$$PMTA = \frac{1406,1 \times 0,85 \times 15,18}{690 + 0,6 \times 15,18} - 0,08832$$

$$PMTA = 25,864 \text{ kgf/cm}^2$$

4.5.2. Seção semielíptica

4.5.2.1. Pressão máxima de trabalho admissível: 1-4(c)(1)

Espessura corroída.....	t =	12,380 mm
Fator K após corrosão.....	K =	1,0000
Eficiência de junta.....	E =	0,85000
Pressão máxima de trabalho admissível.....	PMTA =	21,318 kgf/cm ²

PMTA é dada por Apêndice 1-4(c)(1):

$$PMTA = \frac{2 S E t}{K D + 0,2 t} - P_s$$

$$PMTA = \frac{2 \times 1406,1 \times 0,85 \times 12,38}{1 \times 1380 + 0,2 \times 12,38} - 0,08832$$

$$PMTA = 21,318 \text{ kgf/cm}^2$$

4.6. Alongamento da fibra externa de acordo com UCS-79(d)

4.6.1. Parte cilíndrica

Alongamento da fibra externa.....	=	1,1376 %
Espessura nominal da chapa.....	t =	15,880 mm
Raio médio final.....	R _f =	697,94 mm
Raio médio original.....	R ₀ =	mm

$$= \frac{50 t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right)$$

$$= \frac{50 \times 15,88}{697,94} \times \left(1 - \frac{697,94}{697,94} \right)$$

$$= 1,1376$$

4.7. Seção semielíptica

Alongamento da fibra externa.....	=	4,9105 %
Espessura nominal da chapa.....	t =	15,880 mm
Raio médio final.....	R _f =	242,54 mm
Raio médio original.....	R ₀ =	mm

$$= \frac{75 t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right)$$

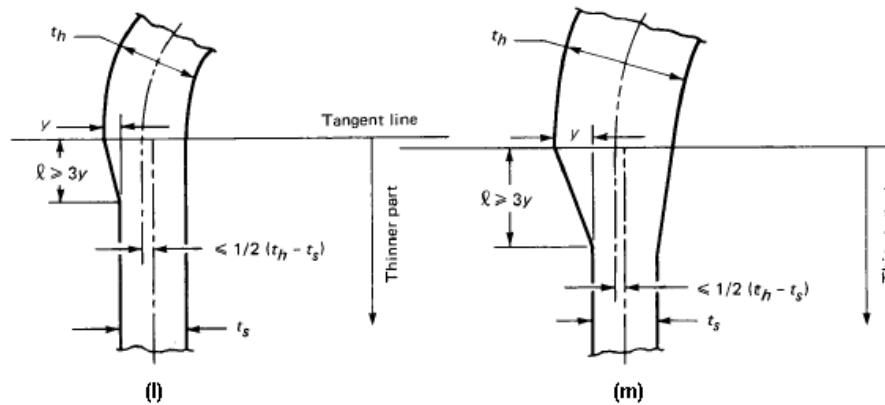
$$= \frac{75 \times 15,88}{242,54} \times \left(1 - \frac{242,54}{242,54} \right)$$

= 4,9105

4.8. Adelgaçamento e comprimento da parte cilíndrica

Espessura nominal do tampo.....	$t_h =$	15,880 mm
Espessura nominal do casco.....	$t_s =$	12,700 mm
Diferença na espessura entre casco e tampo.....	$t =$	3,1800 mm
Razão entre as espessuras do tampo e do casco.....	$t_h/t_s =$	1,2504
Comprimento da redução exigido por UW-13(b)(3)?.....		Sim
Excentricidade entre casco e tampo.....	$y =$	3,1800 mm
Comprimento mínimo para a redução de seção.....	$l = 3 \cdot y =$	9,5400 mm
Comprimento mínimo da parte cilíndrica.....	$h_{fmin} =$	38,000 mm
Comprimento máximo da parte cilíndrica.....	$h_{fmax} =$	38,000 mm
Comprimento da parte cilíndrica.....	$h_f =$	40,000 mm

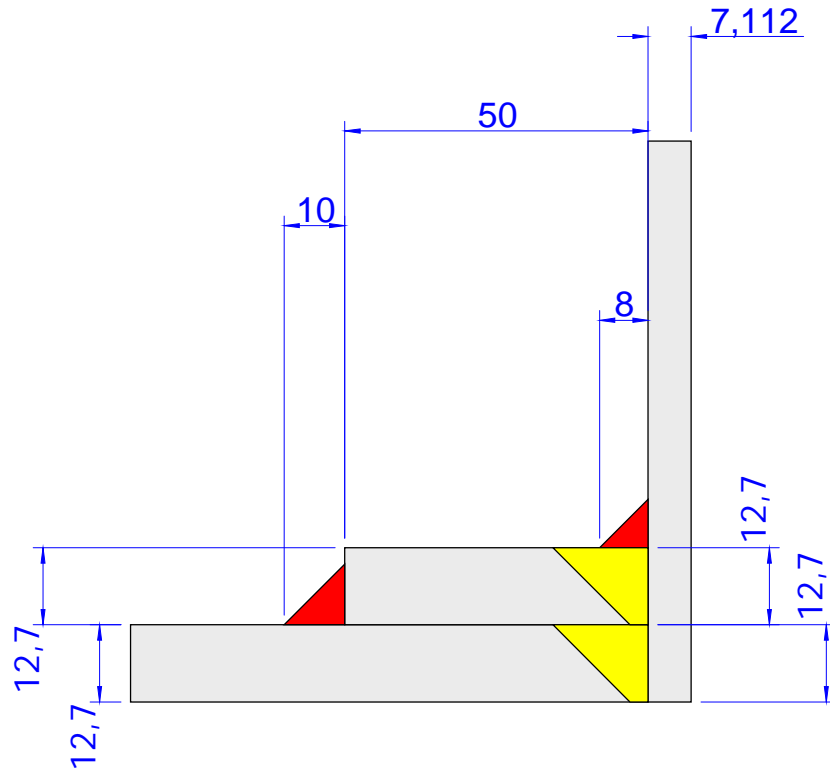
O comprimento da parte cilíndrica é maior que o valor máximo.



Conforme UW-13(b)(3), quando uma transição é requerida em qualquer tampo conformado mais espesso do que o casco para juntas de topo [Fig. UW-13.1 croquis (l) e (m)], a parte reta do tampo deve ser longa o suficiente de modo a acomodar toda a transição até no máximo à linha de tangência.

Na Fig. UW-13.1, croquis (l) e (m), o comprimento mínimo da parte reta é igual a $3 \cdot t_h$ (espessura nominal do tampo), não necessitando exceder 38 mm (1 1/2 in), excepto quando for necessário para prover o comprimento da transição.

5.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

5.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 23,160 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
6,22	6,22	2,16	12,18	6,22

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	4,9784	5,6000	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t _{L42})	6,0000	7,0000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t _{w2})	4,9784	12,700	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
1791,9	1791,9	79,326	287,84	-	54,720	100,00	-	1270,0

Resumo da Análise de Resistência das Soldas (kgf)						
Caminhos de Falha são mais Resistentes que as Cargas Aplicadas nas Soldas.						
Carga na Solda W	Carga na Solda W ₁₋₁	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W ₂₋₂	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W ₃₋₃	Caminho 3-3 Resistência
24170	24081	44187	6868,9	82318	26133	63966

5.4.1. Geometria do sketch corroído

5.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

5.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	$R_n =$	77,025 mm
Espessura da parede.....	$t_{wall} =$	7,1120 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	$C_n =$	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	$t_n = t_{wall} - C_n =$	7,1120 mm

5.4.1.3. Reforço

Largura.....	$W_p =$	50,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	$t_p =$	12,700 mm

5.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40.....	$d =$	154,05 mm
----------------------	-------	-----------

5.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso.....	$d =$	154,05 mm
Limite externo normal à parede do vaso.....	$2,5t =$	30,000 mm

5.4.3. Espessura requerida da parede

5.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	$t_r =$	11,478 mm
--------------------------	---------	-----------

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_r = \frac{23,16 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 23,16}$$

$$t_r = 11,478 \text{ mm}$$

5.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....	$t_m =$	1,5012 mm
--------------------------	---------	-----------

$$t_m = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_m = \frac{23,16 \times 77,025}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 23,16}$$

$$t_m = 1,5012 \text{ mm}$$

5.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

5.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

5.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1).....	$t_{UG27} =$	2,1553 mm
--	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{UG27} = \frac{23,16 \times 77,025}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 23,16}$$

$$t_{UG27} = 2,1553 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 2,1553 \text{ mm}$

5.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 2,1553 \text{ mm}$

5.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 11,478 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{\min} = \frac{23,16 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 23,16}$$

$$t_{\min} = 11,478 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,178 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,178 \text{ mm}$

5.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 6 (DN 150)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 6,2230 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 6,2230 \text{ mm}$

5.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 2,1553 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,178 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 6,2230 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 6,2230 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 6,2230 \text{ mm}$

Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 6,2230 \text{ mm}$

A espessura do bocal é adequada?..... Sim

5.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

5.4.5.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t_e = 7,1120 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....

..... $t_c (\text{mínimo}) = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7 t_{\min} = 4,9784 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7 t_{L41} = 5,6000 \text{ mm}$

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

5.4.5.2. Solda de chanfro externa: Entre o reforço e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t \text{ ou } t_e = 12,000 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete..... $t_w (\text{mínimo}) = 0,5 t_{\min} = 6,0000 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_w = 0,7t_{L42} =$ 7,0000 mm
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

5.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal..... $S_n =$ 1202,2 kgf/cm²
 Tensão admissível do material da casca..... $S_v =$ 1406,1 kgf/cm²
 Tensão admissível do material do reforço..... $S_p =$ 1406,1 kgf/cm²
 Fator de redução de resistência..... $f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r3} =$ menor entre 1.0, S_n/S_v e $S_p/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r4} =$ menor entre 1.0 e $S_p/S_v =$ 1,0000

5.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada?..... Não
 Eficiência de junta de acordo com UG-37(a)..... $E_1 =$ 1,0000

5.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida..... $A_r =$ 1791,9 mm²

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 154,05 \times 11,478 \times 1 + 2 \times 7,112 \times 11,478 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$A = 1791,9 \text{ mm}^2$$

5.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

5.4.9.1. Área disponível na casca - A_1

Área..... $A_{11} =$ 79,326 mm²

Área..... $A_{12} =$ 18,874 mm²

Área..... $A_1 =$ maior entre A_{11} e $A_{12} =$ 79,326 mm²

$$A_{11} = d(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 154,05 \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) - 2 \times 7,112 \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{11} = 79,326 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 7,112) \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) - 2 \times 7,112 \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 18,874 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 7,112) \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) - 2 \times 7,112 \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 18,874 \text{ mm}^2$$

5.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A_2

Área..... $A_{21} = 287,84 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_{22} = 292,44 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 287,84 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (7,112 - 1,5012) \times 0,855 \times 12$$

$$A_{21} = 287,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_m)(2,5 t_n + t_e) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (7,112 - 1,5012) \times (2,5 \times 7,112 + 12,7) \times 0,855$$

$$A_{22} = 292,44 \text{ mm}^2$$

5.4.9.3. Área da solda - A_{41}

Área..... $A_{41} = 54,720 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (8)^2 \times 0,855$$

$$A_{41} = 54,72 \text{ mm}^2$$

5.4.9.4. Área da solda - A_{42}

Área..... $A_{42} = 100,00 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42})^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (10)^2 \times 1$$

$$A_{42} = 100 \text{ mm}^2$$

5.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A_5

Área..... $A_5 = 1270,0 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (268,28 - 154,05 - 2 \times 7,112) \times 12,7 \times 1$$

$$A_5 = 1270 \text{ mm}^2$$

5.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível..... $A_a = A_1 + A_2 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 1791,9 \text{ mm}^2$

O reforço é adequado?..... Sim

Como a área de reforço disponível, A_a , é maior ou igual do que a área de reforço requerida, A_r , a abertura está adequadamente reforçada.

5.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda..... $W = 24170 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1..... $W_{1-1} = 24081 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2..... $W_{2-2} = 6868,9 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3..... $W_{3-3} = 26133 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times \left[1791,9 - 79,326 + 2 \times 7,112 \times 0,855 \times (1 \times 12 - 1 \times 11,478) \right] \times 1406,1$$

$$W = 24170 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (287,84 + 1270 + 54,72 + 100) \times 1406,1$$

$$W_{1-1} = 24081 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (287,84 + 0 + 54,72 + 0 + 2 \times 7,112 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{2-2} = 6868,9 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (287,84 + 0 + 1270 + 54,72 + 100 + 0 + 2 \times 7,112 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{3-3} = 26133 \text{ kgf}$$

5.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento..... $S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) = 589,10 \text{ kgf/cm}^2$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....
..... $S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) = 689,01 \text{ kgf/cm}^2$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento..... $S_3 = 0,7 \times S_n = 841,57 \text{ kgf/cm}^2$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração..... $S_4 = 0,74 \times S_v = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots S_5 = 0,74 \times S_p = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$$

5.4.12. Resistência dos elementos da união

$$(1) \text{ Solda de filete externa sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_1 = 12457 \text{ kgf}$$

$$(2) \text{ Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_2 = 29035 \text{ kgf}$$

$$(3) \text{ Parede do bocal sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_3 = 15152 \text{ kgf}$$

$$(4) \text{ Solda de chanfro na casca sob tração} \dots\dots\dots F_4 = 34930 \text{ kgf}$$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots F_5 = 34930 \text{ kgf}$$

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{D_o}{2} t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 168,27 \times 8 \times 589,1$$

$$F_1 = 12457 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{OD_{pad}}{2} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 268,27 \times 10 \times 689,01$$

$$F_2 = 29035 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{D_m}{2} t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 161,16 \times 7,112 \times 841,57$$

$$F_3 = 15152 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{D_o}{2} t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 168,27 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_4 = 34930 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{D_o}{2} t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 168,27 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_5 = 34930 \text{ kgf}$$

5.4.13. Verificação da resistência dos caminhos - UG-41(b)(1)

Caminho 1-1	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	29035
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	15152
Resistência dos elementos da união	44187
Carregamento para o Caminho 1-1: W_1 menor entre W e $W_{1,1}$	24081
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	12457
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	34930
(5) Solda de chanfro externa sob tração	34930
Resistência dos elementos da união	82318
Carregamento para o Caminho 2-2: W_2 menor entre W e $W_{2,2}$	6868,9
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

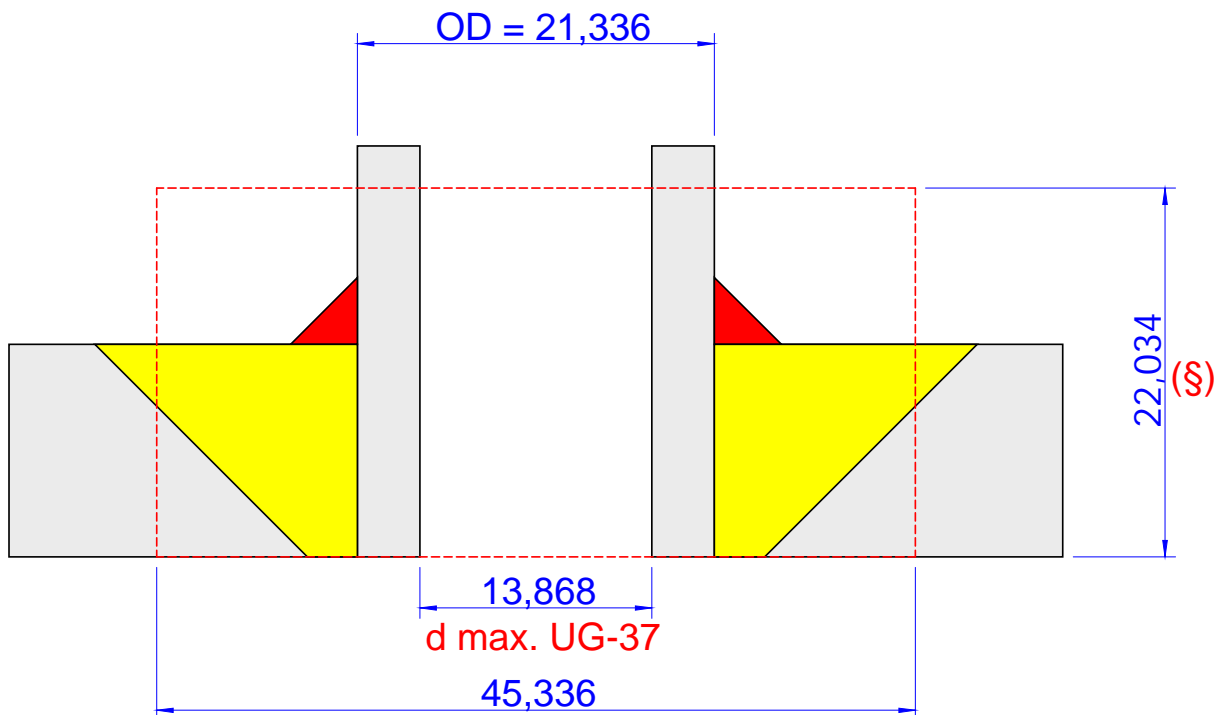
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	29035
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	34930
Resistência dos elementos da união	63966
Carregamento para o Caminho 3-3: W_3 menor entre W e $W_{3,3}$	24170
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

6. Bocal - N10

6.1. Dados gerais

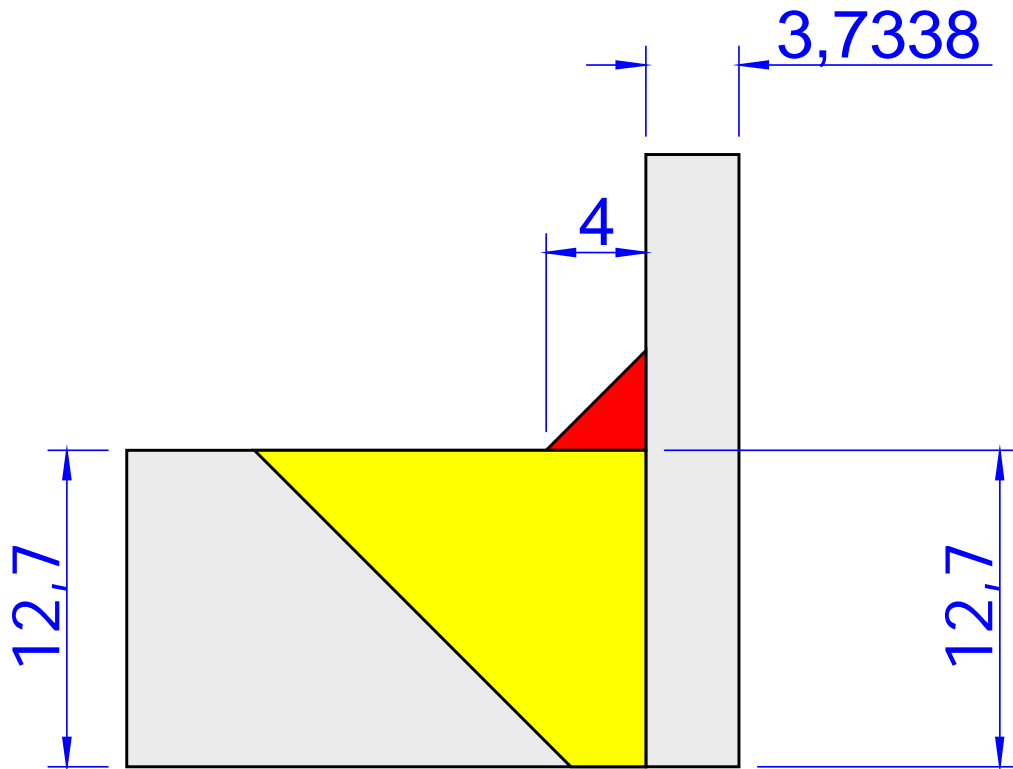
Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	VISOR
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 1/2 (DN 15) Schedule 80 (XS)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 134,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 4800,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_F = 836,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 21,336 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 13,868 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 3,7338$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm

6.2. Abertura - Limites de reforço



(§) Limite de reforço externo: 9,3345 mm

6.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

6.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
2,41	3,27	0,20	12,70	2,41

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	2,6137	2,8000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
Não é necessário o cálculo de área deste bocal por UG-36(c)(3)(a).								

Resumo da Análise de Resistência das Soldas
Não é necessário analisar os caminhos de solda de acordo com a UW-15(b)(1).

6.4.1. Geometria do sketch corroído

6.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

6.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R _n =	6,9342 mm
Espessura da parede.....	t _{wall} =	3,7338 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C _n =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	t _n = t _{wall} - C _n =	3,7338 mm

6.4.1.3. Abertura

Diâmetro- UG-40..... d = 13,868 mm

6.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso..... $R_n + t_n + t = 22,668$ mm

Limite externo normal à parede do vaso..... $2,5t_n = 9,3345$ mm

6.4.3. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

6.4.3.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

6.4.3.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1)..... $t_{UG27} = 0,20024$ mm

$$t_{UG27} = R_n \left[\exp \left(\frac{P}{S_n E} \right) - 1 \right]$$

$$t_{UG27} = 24,202 \times \left[\exp \left(\frac{6,9342}{1202,2 \times 0,7} \right) - 1 \right]$$

$$t_{UG27} = 0,20024 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{min} = t_{UG27} + C_n = 0,20024$ mm

6.4.3.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 0,20024$ mm

6.4.3.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{min} = 12,000$ mm

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{min} + C = 12,700$ mm

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700$ mm

6.4.3.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 1/2 (DN 15)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{wmin} = 2,4130$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 2,4130$ mm

6.4.3.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 0,20024$ mm

Espessura da parede - UG-45.....	$t_{b1} =$	12,700 mm
Espessura da parede - UG-45.....	$t_{b3} =$	2,4130 mm
Espessura da parede - UG-45.....	$t_b =$ menor entre t_{b1} ou $t_{b3} =$	2,4130 mm
Espessura requerida da parede - UG-45.....	$t_{UG-45} =$ maior entre t_a ou $t_b =$	2,4130 mm
Espessura disponível do oescoço (Novo).....	$t_n = 0,875 \times t_{wall} =$	3,2671 mm
A espessura do bocal é adequada?.....		Sim

6.4.4. Dimensões requeridas para as soldas

6.4.4.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{min} de acordo com UW-16.....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou t_n ou $t =$	3,7338 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....		
.....	t_c (mínimo) = menor de 6 mm ou $0,7t_{min} =$	2,6137 mm
Garganta da solda de filete.....	$t_c = 0,7t_{L41} =$	2,8000 mm
Tamanho da solda de filete é adequado?.....		Sim

De acordo com UW-15(b)(1), este detalhe de soldagem, que está em conformidade com a Fig. UW-16.1 sketch (c-e), não requer o cálculo da resistência dos caminhos de solda.

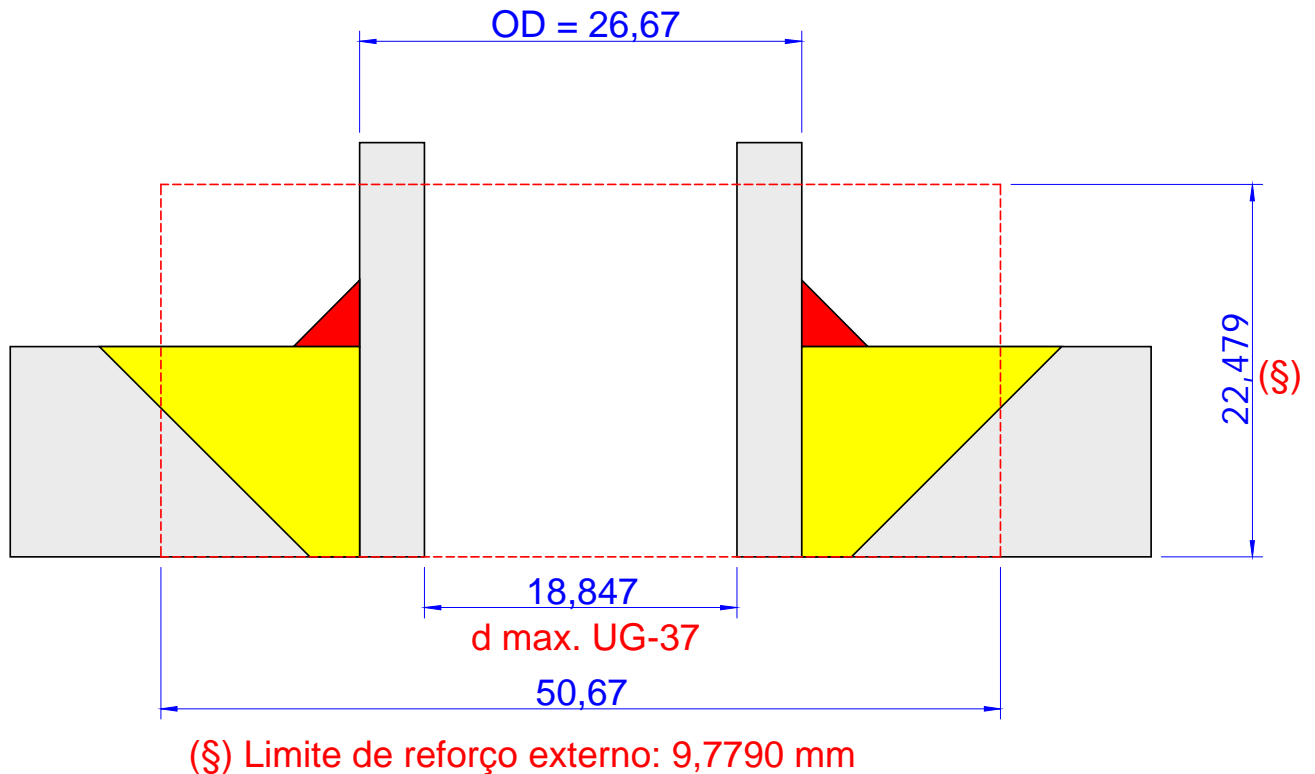
[Esta abertura não necessita de reforço de acordo com UG-36\(c\)\(3\)\(a\).](#)

7. Bocal - N11

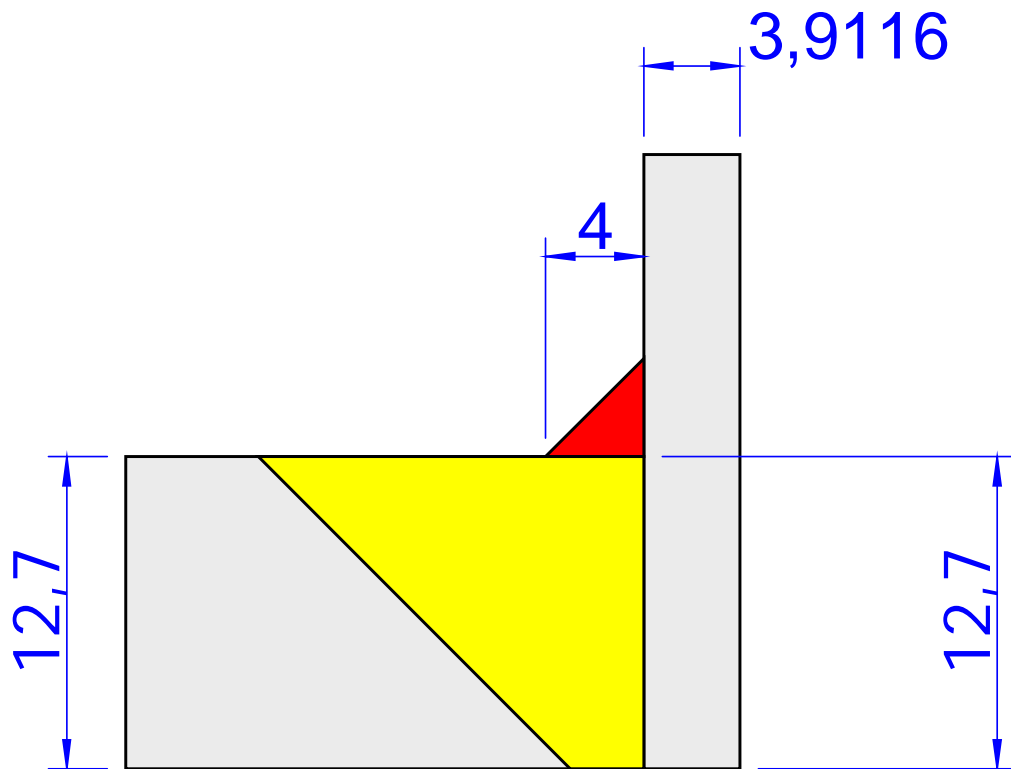
7.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	VALVULA DE SEGURANÇA
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 3/4 (DN 20) Schedule 80 (XS)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 100,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 2200,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 802,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 26,670 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 18,847 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 3,9116$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm

7.2. Abertura - Limites de reforço



7.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

7.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t	t _{min}	t _a	t _{b1}	t _{b3}
Requerida	(Novo)			
2,51	3,42	0,28	12,70	2,51

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	2,7381	2,8000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A	A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
Requerida	Disponível							
Não é necessário o cálculo de área deste bocal por UG-36(c)(3)(a).								

Resumo da Análise de Resistência das Soldas
Não é necessário analisar os caminhos de solda de acordo com a UW-15(b)(1).

7.4.1. Geometria do sketch corroído

7.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

7.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R _n =	9,4234 mm
Espessura da parede.....	t _{wall} =	3,9116 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C _n =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	t _n = t _{wall} - C _n =	3,9116 mm

7.4.1.3. Abertura

Diâmetro- UG-40..... d = 18,847 mm

7.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso..... $R_n + t_n + t = 25,335$ mm

Limite externo normal à parede do vaso..... $2,5t_n = 9,7790$ mm

7.4.3. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

7.4.3.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

7.4.3.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1)..... $t_{UG27} = 0,27576$ mm

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 9,4234}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 0,27576 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{min} = t_{UG27} + C_n = 0,27576$ mm

7.4.3.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 0,27576$ mm

7.4.3.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{min} = 12,000$ mm

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{min} + C = 12,700$ mm

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700$ mm

7.4.3.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 3/4 (DN 20)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{wmin} = 2,5146$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 2,5146$ mm

7.4.3.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 0,27576$ mm

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700$ mm

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 2,5146$ mm

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 2,5146$ mm

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 2,5146 \text{ mm}$
 Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 3,4226 \text{ mm}$
 A espessura do bocal é adequada?..... Sim

7.4.4. Dimensões requeridas para as soldas

7.4.4.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{min} de acordo com UW-16..... $t_{min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t = 3,9116 \text{ mm}$
 Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....
 $t_c \text{ (mínimo)} = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7t_{min} = 2,7381 \text{ mm}$
 Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7t_{L41} = 2,8000 \text{ mm}$
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

De acordo com UW-15(b)(1), este detalhe de soldagem, que está em conformidade com a Fig. UW-16.1 sketch (c-e), não requer o cálculo da resistência dos caminhos de solda.

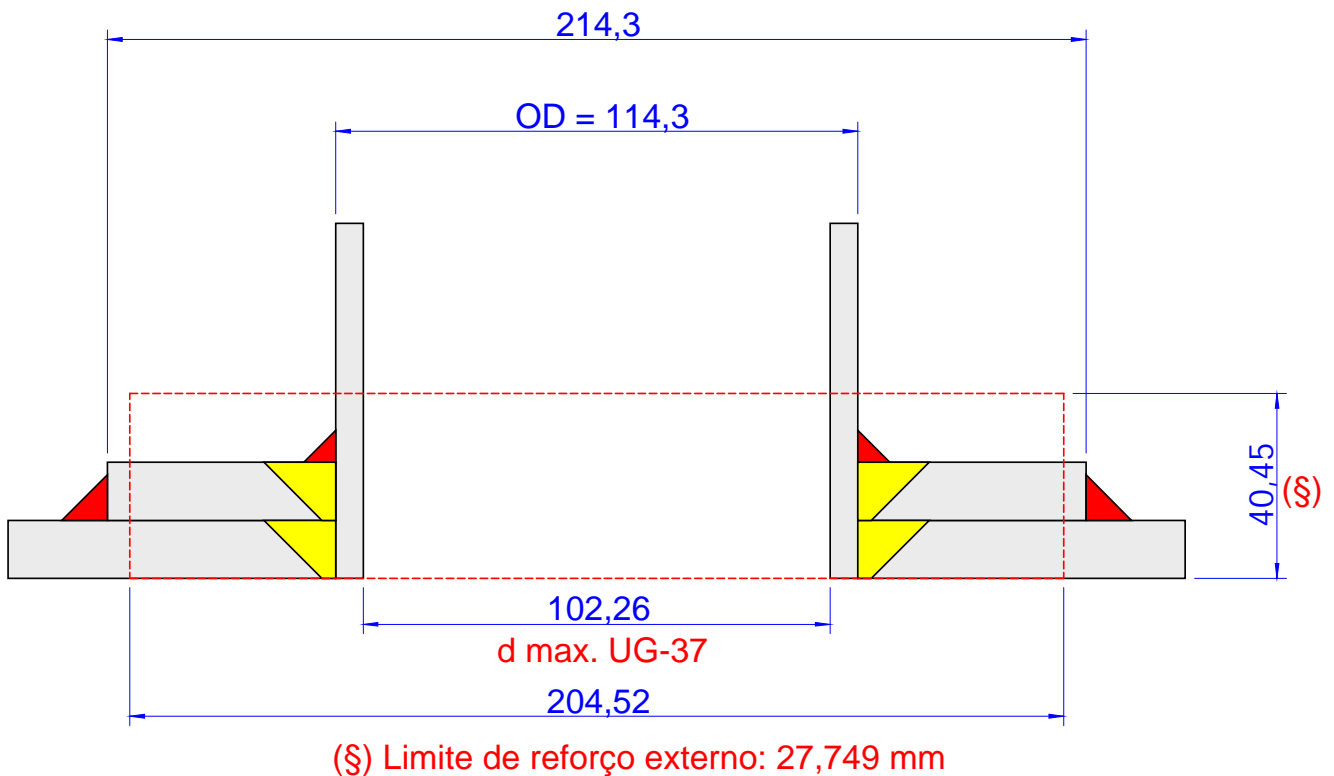
[Esta abertura não necessita de reforço de acordo com UG-36\(c\)\(3\)\(a\).](#)

8. Bocal - N2

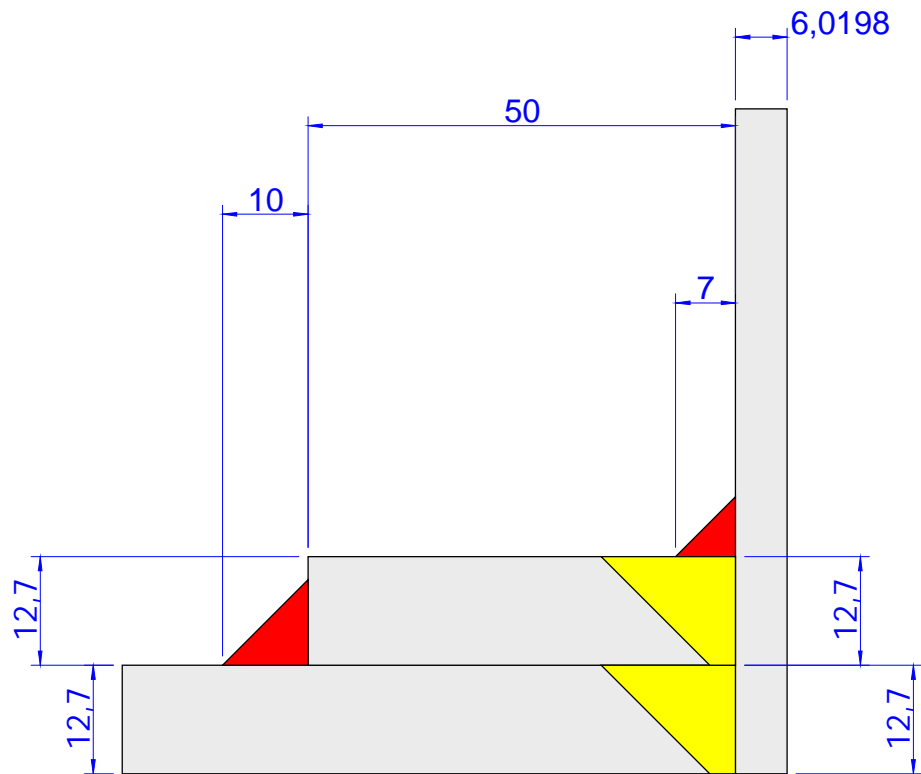
8.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	ENTRADA DE LIQUIDO
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 4 (DN 100) Schedule 40 (STD)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 150,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 4550,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 852,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 114,30 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 102,26 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 6,0198$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 50,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 12,700$ mm
Material do reforço.....	SA-516 Grau 70

8.2. Abertura - Limites de reforço



8.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

8.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
5,26	5,27	1,50	12,70	5,26

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	4,2139	4,9000	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t _{L42})	6,0000	7,0000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t _{w2})	4,2139	12,700	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
1248,1	1423,9	0,0000	236,21	-	41,895	0,0000	-	1145,8

Resumo da Análise de Resistência das Soldas (kgf)						
Caminhos de Falha são mais Resistentes que as Cargas Aplicadas nas Soldas.						
Carga na Solda W	Carga na Solda W ₁₋₁	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W ₂₋₂	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W ₃₋₃	Caminho 3-3 Resistência
17550	20022	31810	5647,5	54856	21759	46920

8.4.1. Geometria do sketch corroído

8.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

8.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	$R_n =$	51,130 mm
Espessura da parede.....	$t_{wall} =$	6,0198 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	$C_n =$	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	$t_n = t_{wall} - C_n =$	6,0198 mm

8.4.1.3. Reforço

Largura.....	$W_p =$	50,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	$t_p =$	12,700 mm

8.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40.....	$d =$	102,26 mm
----------------------	-------	-----------

8.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso.....	$d =$	102,26 mm
Limite externo normal à parede do vaso.....	$2,5t_n + t_e =$	27,749 mm

8.4.3. Espessura requerida da parede

8.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	$t =$	12,000 mm
--------------------------	-------	-----------

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_r = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_r = 12 \text{ mm}$$

8.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....	$t_m =$	1,0419 mm
--------------------------	---------	-----------

$$t_m = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_m = \frac{24,202 \times 51,13}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_m = 1,0419 \text{ mm}$$

8.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

8.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

8.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1).....	$t_{UG27} =$	1,4962 mm
--	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 51,13}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 1,4962 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 1,4962 \text{ mm}$

8.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 1,4962 \text{ mm}$

8.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 12,000 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{\min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,700 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

8.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 4 (DN 100)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 5,2578 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 5,2578 \text{ mm}$

8.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 1,4962 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 5,2578 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 5,2578 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 5,2578 \text{ mm}$

Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 5,2673 \text{ mm}$

A espessura do bocal é adequada?..... Sim

8.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

8.4.5.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t_e = 6,0198 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....

..... $t_c (\text{mínimo}) = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7 t_{\min} = 4,2139 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7 t_{L41} = 4,9000 \text{ mm}$

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

8.4.5.2. Solda de chanfro externa: Entre o reforço e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t \text{ ou } t_e = 12,000 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete..... $t_w (\text{mínimo}) = 0,5 t_{\min} = 6,0000 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_w = 0,7t_{L42} =$ 7,0000 mm
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

8.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal..... $S_n =$ 1202,2 kgf/cm²
 Tensão admissível do material da casca..... $S_v =$ 1406,1 kgf/cm²
 Tensão admissível do material do reforço..... $S_p =$ 1406,1 kgf/cm²
 Fator de redução de resistência..... $f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r3} =$ menor entre 1.0, S_n/S_v e $S_p/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r4} =$ menor entre 1.0 e $S_p/S_v =$ 1,0000

8.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada?..... Não
 Eficiência de junta de acordo com UG-37(a)..... $E_1 =$ 1,0000

8.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida..... $A_r =$ 1248,1 mm²

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 102,26 \times 12 \times 1 + 2 \times 6,0198 \times 12 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$A = 1248,1 \text{ mm}^2$$

8.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

8.4.9.1. Área disponível na casca - A_1

Área..... $A_{11} =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_{12} =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_1 =$ maior entre A_{11} e $A_{12} =$ 0,0000 mm²

$$A_{11} = d(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 102,26 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 6,0198 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{11} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 6,0198) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 6,0198 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 6,0198) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 6,0198 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

8.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A_2

Área..... $A_{21} = 255,37 \text{ mm}^2$

Área..... $A_{22} = 236,21 \text{ mm}^2$

Área..... $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 236,21 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (6,0198 - 1,0419) \times 0,855 \times 12$$

$$A_{21} = 255,37 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_m)(2,5 t_n + t_e) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (6,0198 - 1,0419) \times (2,5 \times 6,0198 + 12,7) \times 0,855$$

$$A_{22} = 236,21 \text{ mm}^2$$

8.4.9.3. Área da solda - A_{41}

Área..... $A_{41} = 41,895 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (7)^2 \times 0,855$$

$$A_{41} = 41,895 \text{ mm}^2$$

8.4.9.4. Área da solda - A_{42}

Área..... $A_{42} = 0,0000 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42}^2 - b^2) f_{r4}$$

$$A_{42} = (10^2 - 10^2) \times 1$$

$$A_{42} = 0 \text{ mm}^2$$

8.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A_5

Área..... $A_5 = 1145,8 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (204,52 - 102,26 - 2 \times 6,0198) \times 12,7 \times 1$$

$$A_5 = 1145,8 \text{ mm}^2$$

8.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível..... $A_a = A_1 + A_2 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 1423,9 \text{ mm}^2$

O reforço é adequado?..... Sim

Como a área de reforço disponível, A_a , é maior ou igual do que a área de reforço requerida, A_r , a abertura está adequadamente reforçada.

8.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda..... $W = 17550 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1..... $W_{1-1} = 20022 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2..... $W_{2-2} = 5647,5 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3..... $W_{3-3} = 21759 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times \left[1248,1 - 0 + 2 \times 6,0198 \times 0,855 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \right] \times 1406,1$$

$$W = 17550 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (236,21 + 1145,8 + 41,895 + 0) \times 1406,1$$

$$W_{1-1} = 20022 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (236,21 + 0 + 41,895 + 0 + 2 \times 6,0198 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{2-2} = 5647,5 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (236,21 + 0 + 1145,8 + 41,895 + 0 + 0 + 2 \times 6,0198 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{3-3} = 21759 \text{ kgf}$$

8.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento..... $S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) = 589,10 \text{ kgf/cm}^2$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....
..... $S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) = 689,01 \text{ kgf/cm}^2$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento..... $S_3 = 0,7 \times S_n = 841,57 \text{ kgf/cm}^2$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração..... $S_4 = 0,74 \times S_v = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots S_5 = 0,74 \times S_p = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$$

8.4.12. Resistência dos elementos da união

$$(1) \text{ Solda de filete externa sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_1 = 7403,8 \text{ kgf}$$

$$(2) \text{ Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_2 = 23194 \text{ kgf}$$

$$(3) \text{ Parede do bocal sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_3 = 8616,7 \text{ kgf}$$

$$(4) \text{ Solda de chanfro na casca sob tração} \dots\dots\dots F_4 = 23726 \text{ kgf}$$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots F_5 = 23726 \text{ kgf}$$

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 114,3 \times 7 \times 589,1$$

$$F_1 = 7403,8 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{1}{2} OD_{\text{pad}} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 214,3 \times 10 \times 689,01$$

$$F_2 = 23194 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{1}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 108,28 \times 6,0198 \times 841,57$$

$$F_3 = 8616,7 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{1}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 114,3 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_4 = 23726 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 114,3 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_5 = 23726 \text{ kgf}$$

8.4.13. Verificação da resistência dos caminhos - UG-41(b)(1)

Caminho 1-1	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	23194
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	8616,7
Resistência dos elementos da união	31810
Carregamento para o Caminho 1-1: W_1 menor entre W e $W_{1,1}$	17550
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	7403,8
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	23726
(5) Solda de chanfro externa sob tração	23726
Resistência dos elementos da união	54856
Carregamento para o Caminho 2-2: W_2 menor entre W e $W_{2,2}$	5647,5
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

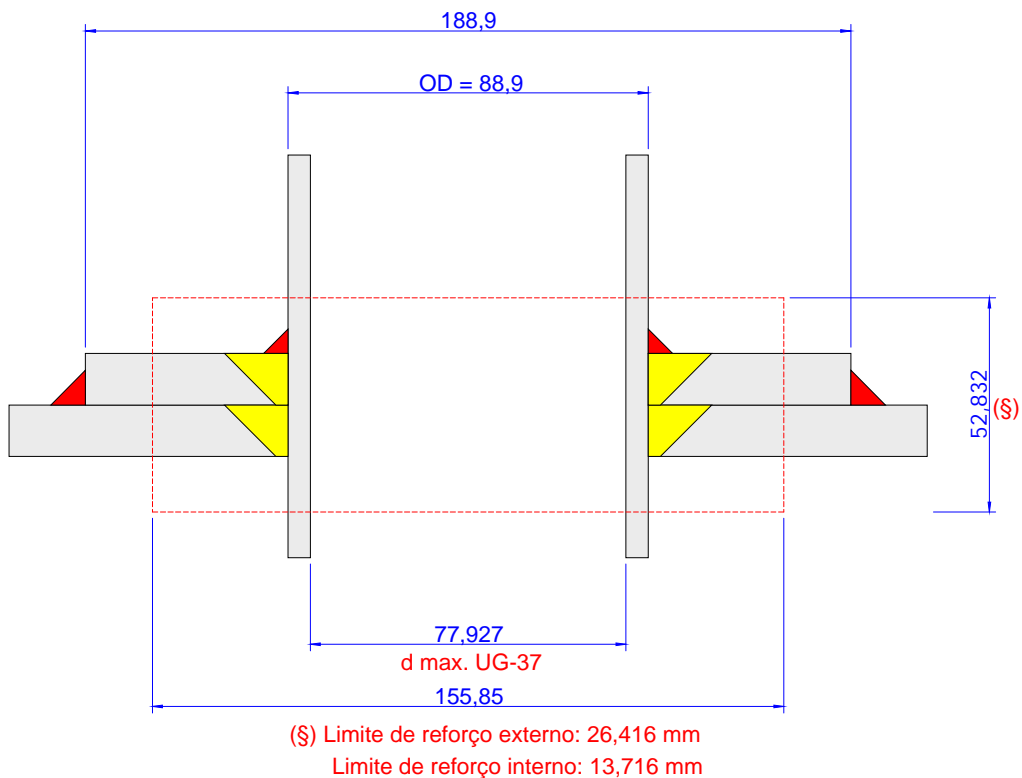
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	23194
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	23726
Resistência dos elementos da união	46920
Carregamento para o Caminho 3-3: W_3 menor entre W e $W_{3,3}$	17550
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

9. Bocal - N3

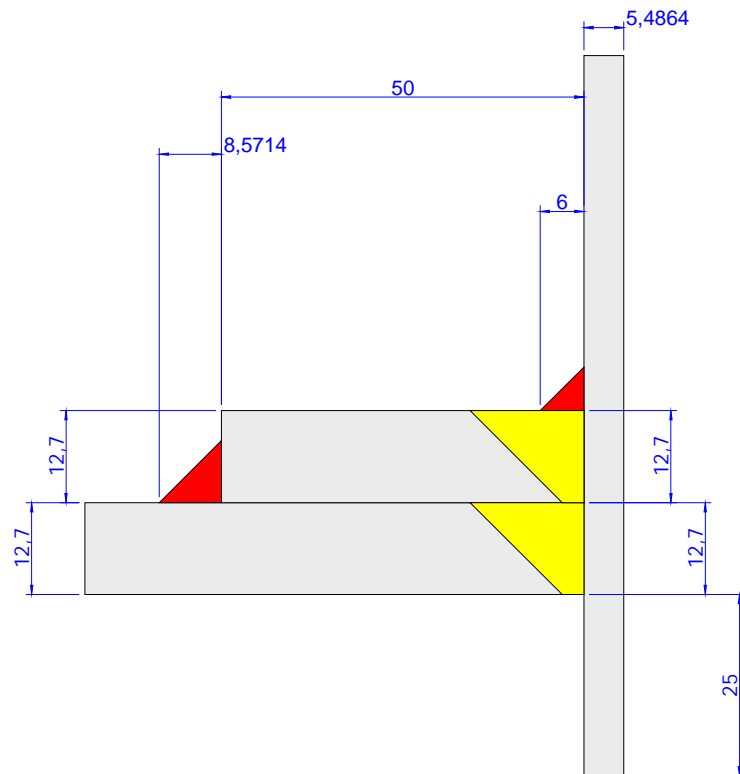
9.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	SAÍDA DE LIQUIDO
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 3 (DN 80) Schedule 40 (STD)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 150,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 3300,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 852,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 88,900 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 77,927 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 5,4864$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm
Projeção do bocal.....	$h = 25,000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 50,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 12,700$ mm
Material do reforço.....	SA-240 304

9.2. Abertura - Limites de reforço



9.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

9.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
4,80	4,80	1,14	12,70	4,80

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	3,8405	4,2000	Tamanho é adequado
Solda de filete externa entre o reforço e a casca (t _{L42})	6,0000	6,0000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t _{w2})	3,8405	12,700	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
954,22	1192,0	0,0000	211,96	128,68	30,780	0,0000	-	820,56

Resumo da Análise de Resistência das Soldas (kgf)						
Caminhos de Falha são mais Resistentes que as Cargas Aplicadas nas Soldas.						
Carga na Solda W	Carga na Solda W ₁₋₁	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W ₂₋₂	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W ₃₋₃	Caminho 3-3 Resistência
13418	14952	22960	6805,8	41198	18344	35364

9.4.1. Geometria do sketch corroído

9.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

9.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	$R_n =$	38,964 mm
Espessura da parede.....	$t_{wall} =$	5,4864 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	$C_n =$	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	$t_n = t_{wall} - C_n =$	5,4864 mm
Espessura da parede da projeção interna.....	$t_i = t_n - C_n =$	5,4864 mm
Projeção interna.....	$h = h_{new} - C_n + C_i =$	25,000 mm

9.4.1.3. Reforço

Largura.....	$W_p =$	50,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	$t_p =$	12,700 mm
Projeção.....	$h =$	25,000 mm

9.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40.....	$d =$	77,927 mm
----------------------	-------	-----------

9.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso.....	$d =$	77,927 mm
Limite externo normal à parede do vaso.....	$2,5t_n + t_e =$	26,416 mm
Limite interno normal à parede do vaso.....	$2,5t_n =$	13,716 mm

9.4.3. Espessura requerida da parede

9.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	$t =$	12,000 mm
--------------------------	-------	-----------

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_r = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_r = 12 \text{ mm}$$

9.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....	$t_n =$	0,79395 mm
--------------------------	---------	------------

$$t_m = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_m = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_m = 0,79395 \text{ mm}$$

9.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

9.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

9.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1).....	$t_{UG27} =$	1,1402 mm
--	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 1,1402 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 1,1402 \text{ mm}$

9.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

9.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 12,000 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{\min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,700 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

9.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 3 (DN 80)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 4,8006 \text{ mm}$

9.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 4,8006 \text{ mm}$

A espessura do bocal é adequada?..... Sim

9.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

9.4.5.1. Solda de filete: Entre o bocal e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t_e = 5,4864 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....

..... $t_c (\text{mínimo}) = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7 t_{\min} = 3,8405 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7 t_{L41} = 4,2000 \text{ mm}$

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

9.4.5.2. Solda de chanfro externa: Entre o reforço e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} =$ menor de 19 mm ou t ou $t_e =$ 12,000 mm

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete..... t_w (mínimo) = $0,5t_{\min} =$ 6,0000 mm

Garganta da solda de filete..... $t_w = 0,7t_{L42} =$ 6,0000 mm

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

9.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal..... $S_n =$ 1202,2 kgf/cm²

Tensão admissível do material da casca..... $S_v =$ 1406,1 kgf/cm²

Tensão admissível do material do reforço..... $S_p =$ 1356,9 kgf/cm²

Fator de redução de resistência..... $f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500

Fator de redução de resistência..... $f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500

Fator de redução de resistência..... $f_{r3} =$ menor entre 1.0, S_n/S_v e $S_p/S_v =$ 0,85500

Fator de redução de resistência..... $f_{r4} =$ menor entre 1.0 e $S_p/S_v =$ 0,96500

9.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada?..... Não

Eficiência de junta de acordo com UG-37(a)..... $E_1 =$ 1,0000

9.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida..... $A_r =$ 954,22 mm²

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 77,927 \times 12 \times 1 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$A = 954,22 \text{ mm}^2$$

9.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

9.4.9.1. Área disponível na casca - A_1

Área..... $A_1 =$ 0,0000 mm²

Área..... $A_2 =$ 0,0000 mm²

Área..... $A_1 =$ maior entre A_{11} e $A_{12} =$ 0,0000 mm²

$$A_{11} = d(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 77,927 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{11} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n(E_1 t - F t_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

9.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A_2

Área..... $A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$

Área..... $A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$

Área..... $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (5,4864 - 0,79395) \times 0,855 \times 12$$

$$A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_m)(2,5 t_n + t_e) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (5,4864 - 0,79395) \times (2,5 \times 5,4864 + 12,7) \times 0,855$$

$$A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$$

9.4.9.3. Área disponível na projeção interna do bocal - A_3

Área..... $A_{31} = 281,45 \text{ mm}^2$

Área..... $A_{32} = 128,68 \text{ mm}^2$

Área..... $A_{33} = 293,18 \text{ mm}^2$

Área..... $A_3 = \text{menor entre } A_{31} \text{ e } A_{32} \text{ or } A_{33} = 128,68 \text{ mm}^2$

$$A_{31} = 5 t t_i f_{r2}$$

$$A_{31} = 5 \times 12 \times 5,4864 \times 0,855$$

$$A_{31} = 281,45 \text{ mm}^2$$

$$A_{32} = 5 t_i t_i f_{r2}$$

$$A_{32} = 5 \times 5,4864 \times 5,4864 \times 0,855$$

$$A_{32} = 128,68 \text{ mm}^2$$

$$A_{33} = 2,5 h t_i f_{r2}$$

$$A_{33} = 2,5 \times 25 \times 5,4864 \times 0,855$$

$$A_{33} = 293,18 \text{ mm}^2$$

9.4.9.4. Área da solda - A_{41}

Área..... $A_{41} = 30,780 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (6)^2 \times 0,855$$

$$A_{41} = 30,78 \text{ mm}^2$$

9.4.9.5. Área da solda - A_{42}

Área..... $A_{42} = 0,0000 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42}^2 - b^2) f_{r4}$$

$$A_{42} = (8,5714^2 - 8,5714^2) \times 0,965$$

$$A_{42} = 0 \text{ mm}^2$$

9.4.9.6. Área disponível no elemento de reforço - A_5

Área..... $A_5 = 820,56 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (155,85 - 77,927 - 2 \times 5,4864) \times 12,7 \times 0,965$$

$$A_5 = 820,56 \text{ mm}^2$$

9.4.9.7. Área de reforço disponível

Área disponível..... $A_a = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 1192,0 \text{ mm}^2$

O reforço é adequado?..... Sim

Como a área de reforço disponível, A_a , é maior ou igual do que a área de reforço requerida, A_r , a abertura está adequadamente reforçada.

9.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda..... $W = 13418 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1..... $W_{1,1} = 14952 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2..... $W_{2,2} = 6805,8 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3..... $W_{3,3} = 18344 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times \left[954,22 - 0 + 2 \times 5,4864 \times 0,855 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \right] \times 1406,1$$

$$W = 13418 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (211,96 + 820,56 + 30,78 + 0) \times 1406,1$$

$$W_{1-1} = 14952 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t_{f_{r1}}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (211,96 + 128,68 + 30,78 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{2-2} = 6805,8 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t_{f_{r1}}) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (211,96 + 128,68 + 820,56 + 30,78 + 0 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{3-3} = 18344 \text{ kgf}$$

9.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) =$	589,10 kgf/cm ²
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$	664,89 kgf/cm ²
(3) Parede do bocal sob cisalhamento.....	$S_3 = 0,7 \times S_n =$	841,57 kgf/cm ²
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$S_4 = 0,74 \times S_v =$	1040,5 kgf/cm ²
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$S_5 = 0,74 \times S_p =$	1004,1 kgf/cm ²

9.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$F_1 =$	4935,9 kgf
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$F_2 =$	16911 kgf
(3) Parede do bocal sob cisalhamento.....	$F_3 =$	6049,7 kgf
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$F_4 =$	18454 kgf
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$F_5 =$	17808 kgf

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\bar{D}_o}{2} t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\bar{D}_o}{2} \times 88,9 \times 6 \times 589,1$$

$$F_1 = 4935,9 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\bar{D}_o}{2} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 188,9 \times 8,5714 \times 664,89$$

$$F_2 = 16911 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{1}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 83,414 \times 5,4864 \times 841,57$$

$$F_3 = 6049,7 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{1}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_4 = 18454 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1004,1$$

$$F_5 = 17808 \text{ kgf}$$

9.4.13. Verificação da resistência dos caminhos - UG-41(b)(1)

Caminho 1-1	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	16911
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	6049,7
Resistência dos elementos da união	22960
Carregamento para o Caminho 1-1: W_1 menor entre W e W_{1-1}	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	4935,9
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
(5) Solda de chanfro externa sob tração	17808
Resistência dos elementos da união	41198
Carregamento para o Caminho 2-2: W_2 menor entre W e $W_{2,2}$	6805,8
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

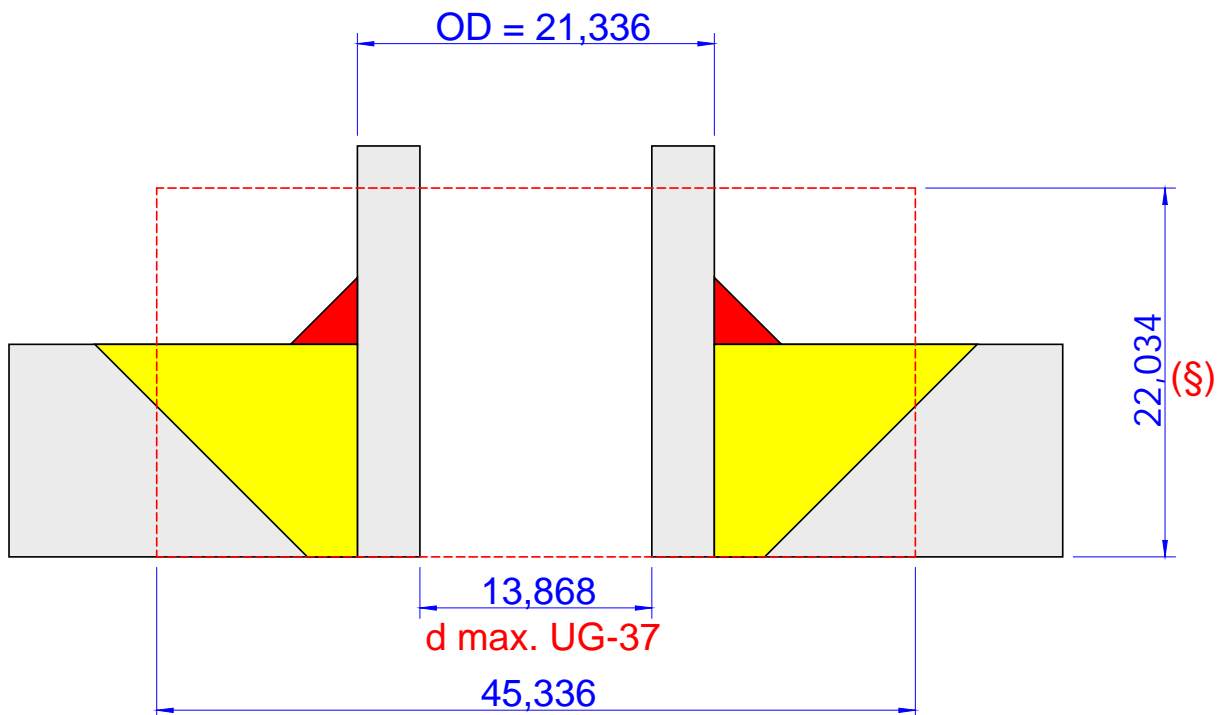
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	16911
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	35364
Carregamento para o Caminho 3-3: W_3 menor entre W e $W_{3,3}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

10. Bocal - N4

10.1. Dados gerais

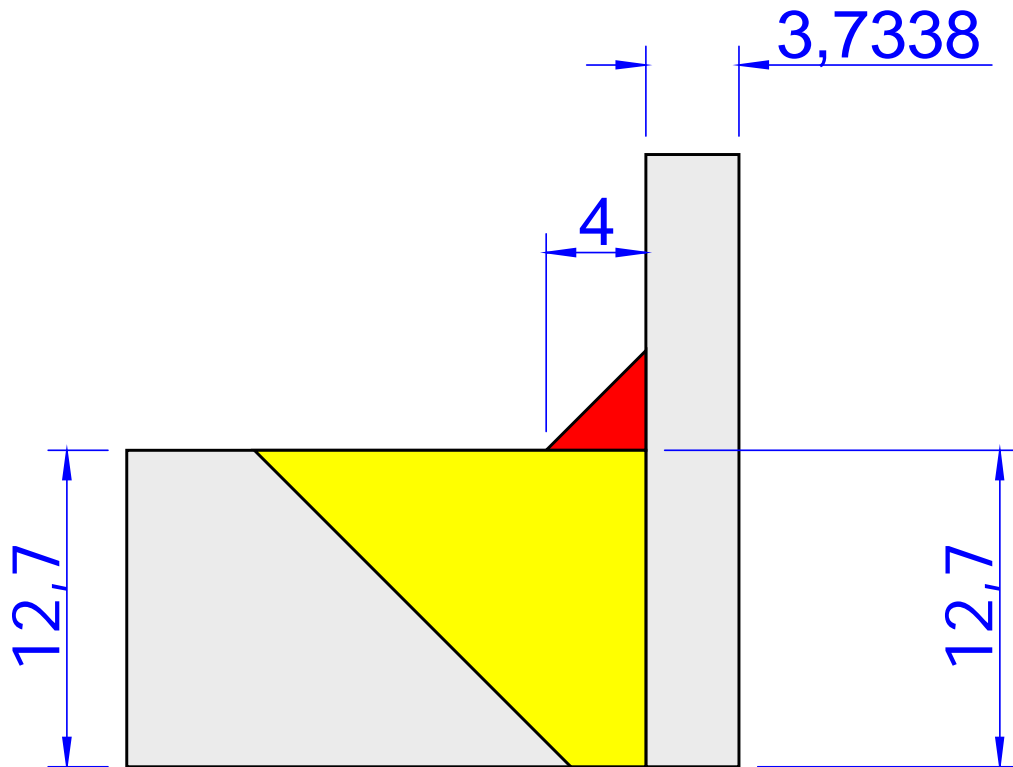
Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	MANÔMETRO
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 1/2 (DN 15) Schedule 80 (XS)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 100,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 2700,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_F = 802,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 21,336 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 13,868 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 3,7338$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm

10.2. Abertura - Limites de reforço



(§) Limite de reforço externo: 9,3345 mm

10.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

10.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
2,41	3,27	0,20	12,70	2,41

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	2,6137	2,8000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
Não é necessário o cálculo de área deste bocal por UG-36(c)(3)(a).								

Resumo da Análise de Resistência das Soldas
Não é necessário analisar os caminhos de solda de acordo com a UW-15(b)(1).

10.4.1. Geometria do sketch corroído

10.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

10.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R _n =	6,9342 mm
Espessura da parede.....	t _{wall} =	3,7338 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C _n =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	t _n = t _{wall} - C _n =	3,7338 mm

10.4.1.3. Abertura

Diâmetro- UG-40..... d = 13,868 mm

10.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso..... $R_n + t_n + t = 22,668$ mm

Limite externo normal à parede do vaso..... $2,5t_n = 9,3345$ mm

10.4.3. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

10.4.3.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

10.4.3.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1)..... $t_{UG27} = 0,20024$ mm

$$t_{UG27} = R_n \left[\exp \left(\frac{P}{S_n E} \right) - 1 \right]$$

$$t_{UG27} = 24,202 \times \left[\exp \left(\frac{6,9342}{1202,2 \times 0,7} \right) - 1 \right]$$

$$t_{UG27} = 0,20024 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{min} = t_{UG27} + C_n = 0,20024$ mm

10.4.3.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 0,20024$ mm

10.4.3.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{min} = 12,000$ mm

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{min} + C = 12,700$ mm

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700$ mm

10.4.3.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 1/2 (DN 15)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{wmin} = 2,4130$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 2,4130$ mm

10.4.3.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 0,20024$ mm

Espessura da parede - UG-45.....	$t_{b1} =$	12,700 mm
Espessura da parede - UG-45.....	$t_{b3} =$	2,4130 mm
Espessura da parede - UG-45.....	$t_b =$ menor entre t_{b1} ou $t_{b3} =$	2,4130 mm
Espessura requerida da parede - UG-45.....	$t_{UG-45} =$ maior entre t_a ou $t_b =$	2,4130 mm
Espessura disponível do oescoço (Novo).....	$t_n = 0,875 \times t_{wall} =$	3,2671 mm
A espessura do bocal é adequada?.....		Sim

10.4.4. Dimensões requeridas para as soldas

10.4.4.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{min} de acordo com UW-16.....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou t_n ou $t =$	3,7338 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....		
.....	t_c (mínimo) = menor de 6 mm ou $0,7t_{min} =$	2,6137 mm
Garganta da solda de filete.....	$t_c = 0,7t_{L41} =$	2,8000 mm
Tamanho da solda de filete é adequado?.....		Sim

De acordo com UW-15(b)(1), este detalhe de soldagem, que está em conformidade com a Fig. UW-16.1 sketch (c-e), não requer o cálculo da resistência dos caminhos de solda.

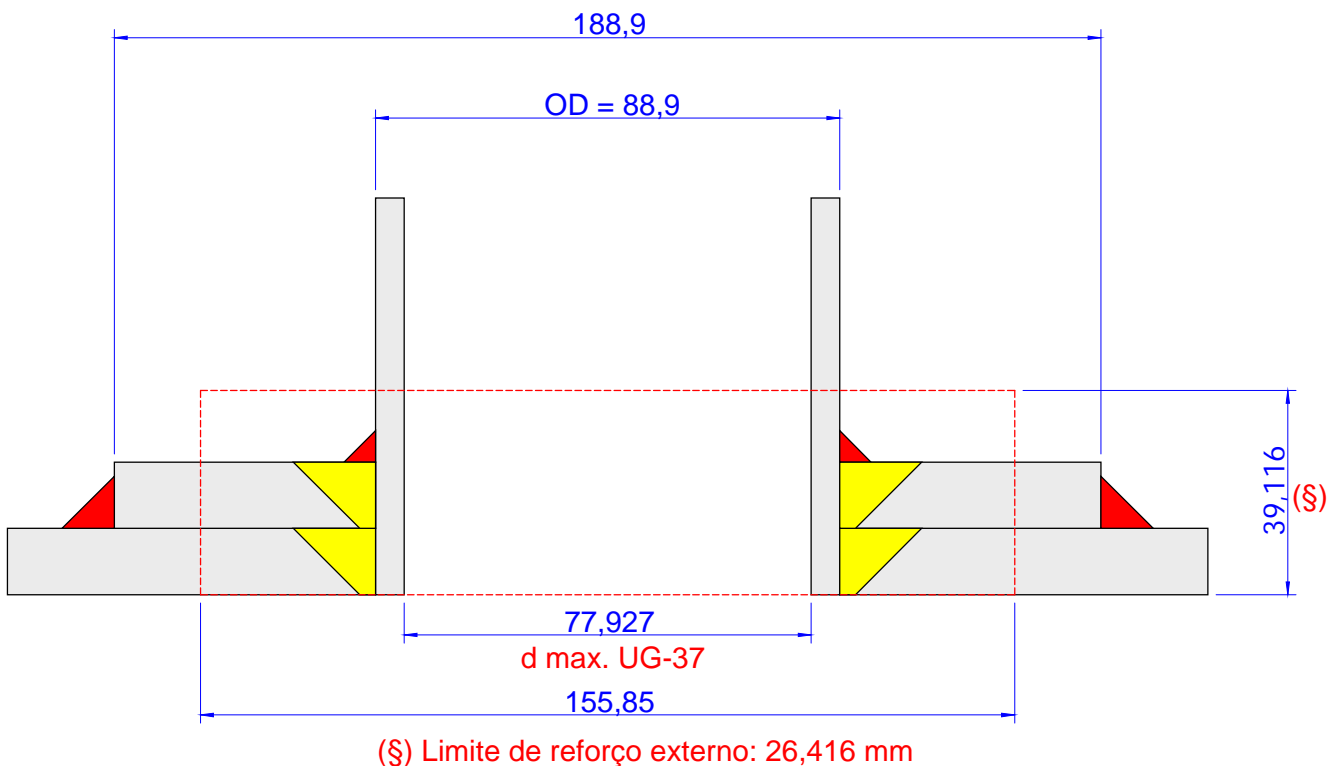
[Esta abertura não necessita de reforço de acordo com UG-36\(c\)\(3\)\(a\).](#)

11. Bocal - N5

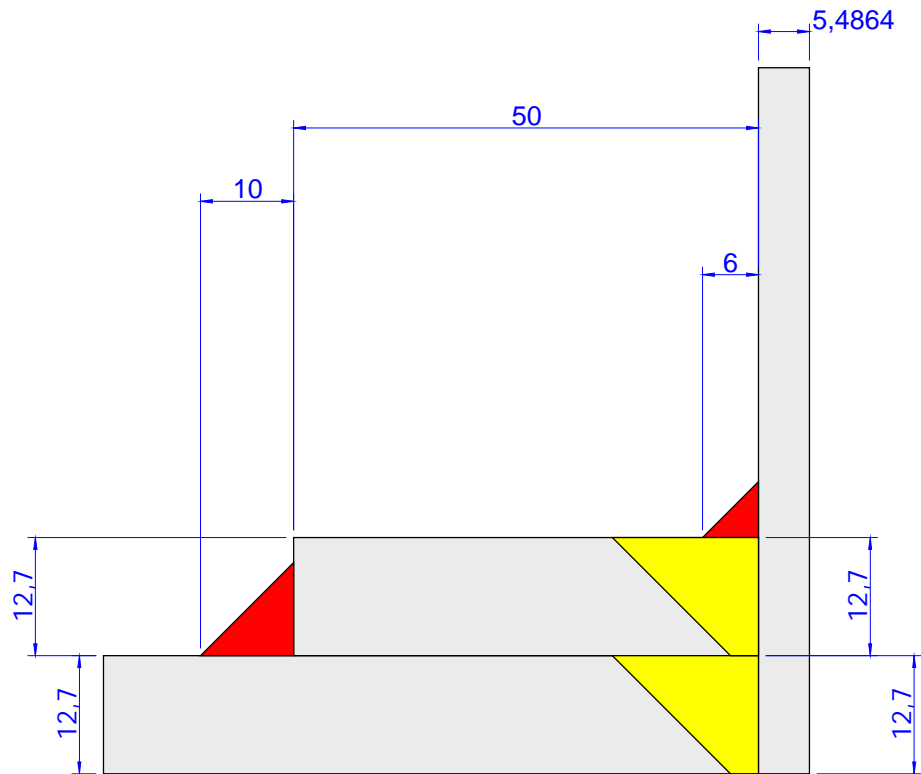
11.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	EQUALIZAÇÃO SUPERIOR
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 3 (DN 80) Schedule 40 (STD)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 150,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 250,00$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 852,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 88,900 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 77,927 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 5,4864$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 50,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 12,700$ mm
Material do reforço.....	SA-516 Grau 70

11.2. Abertura - Limites de reforço



11.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

11.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
4,80	4,80	1,14	12,70	4,80

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	3,8405	4,2000	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t _{L42})	6,0000	7,0000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t _{w2})	3,8405	12,700	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
954,22	1093,1	0,0000	211,96	-	30,780	0,0000	-	850,32

Resumo da Análise de Resistência das Soldas (kgf)						
Caminhos de Falha são mais Resistentes que as Cargas Aplicadas nas Soldas.						
Carga na Solda W	Carga na Solda W ₁₋₁	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W ₂₋₂	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W ₃₋₃	Caminho 3-3 Resistência
13418	15370	26494	4996,4	41843	16953	38898

11.4.1. Geometria do sketch corroído

11.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _e =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _e =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

11.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	$R_n =$	38,964 mm
Espessura da parede.....	$t_{wall} =$	5,4864 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	$C_n =$	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	$t_n = t_{wall} - C_n =$	5,4864 mm

11.4.1.3. Reforço

Largura.....	$W_p =$	50,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	$t_p =$	12,700 mm

11.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40.....	$d =$	77,927 mm
----------------------	-------	-----------

11.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso.....	$d =$	77,927 mm
Limite externo normal à parede do vaso.....	$2,5t_n + t_e =$	26,416 mm

11.4.3. Espessura requerida da parede

11.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	$t =$	12,000 mm
--------------------------	-------	-----------

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_r = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_r = 12 \text{ mm}$$

11.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....	$t_m =$	0,79395 mm
--------------------------	---------	------------

$$t_m = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_m = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_m = 0,79395 \text{ mm}$$

11.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

11.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

11.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1).....	$t_{UG27} =$	1,1402 mm
--	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 1,1402 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 1,1402 \text{ mm}$

11.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

11.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 12,000 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_{\min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,700 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

11.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 3 (DN 80)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 4,8006 \text{ mm}$

11.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 4,8006 \text{ mm}$

A espessura do bocal é adequada?..... Sim

11.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

11.4.5.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t_e = 5,4864 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....

..... $t_c (\text{mínimo}) = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7t_{\min} = 3,8405 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7t_{L41} = 4,2000 \text{ mm}$

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

11.4.5.2. Solda de chanfro externa: Entre o reforço e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t \text{ ou } t_e = 12,000 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete..... $t_w (\text{mínimo}) = 0,5t_{\min} = 6,0000 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_w = 0,7t_{L42} =$ 7,0000 mm
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

11.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal..... $S_n =$ 1202,2 kgf/cm²
 Tensão admissível do material da casca..... $S_v =$ 1406,1 kgf/cm²
 Tensão admissível do material do reforço..... $S_p =$ 1406,1 kgf/cm²
 Fator de redução de resistência..... $f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r3} =$ menor entre 1.0, S_n/S_v e $S_p/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r4} =$ menor entre 1.0 e $S_p/S_v =$ 1,0000

11.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada?..... Não
 Eficiência de junta de acordo com UG-37(a)..... $E_1 =$ 1,0000

11.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida..... $A_r =$ 954,22 mm²

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 77,927 \times 12 \times 1 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$A = 954,22 \text{ mm}^2$$

11.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

11.4.9.1. Área disponível na casca - A_1

Área..... $A_1 =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_2 =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_1 =$ maior entre A_{11} e $A_{12} =$ 0,0000 mm²

$$A_{11} = d(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 77,927 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{11} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

11.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A_2

Área..... $A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (5,4864 - 0,79395) \times 0,855 \times 12$$

$$A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_m)(2,5 t_n + t_e) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (5,4864 - 0,79395) \times (2,5 \times 5,4864 + 12,7) \times 0,855$$

$$A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$$

11.4.9.3. Área da solda - A_{41}

Área..... $A_{41} = 30,780 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (6)^2 \times 0,855$$

$$A_{41} = 30,78 \text{ mm}^2$$

11.4.9.4. Área da solda - A_{42}

Área..... $A_{42} = 0,0000 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42}^2 - b^2) f_{r4}$$

$$A_{42} = (10^2 - 10^2) \times 1$$

$$A_{42} = 0 \text{ mm}^2$$

11.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A_5

Área..... $A_5 = 850,32 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (155,85 - 77,927 - 2 \times 5,4864) \times 12,7 \times 1$$

$$A_5 = 850,32 \text{ mm}^2$$

11.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível..... $A_a = A_1 + A_2 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 1093,1 \text{ mm}^2$

O reforço é adequado?..... Sim

Como a área de reforço disponível, A_a , é maior ou igual do que a área de reforço requerida, A_r , a abertura está adequadamente reforçada.

11.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda..... $W = 13418 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1..... $W_{1-1} = 15370 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2..... $W_{2-2} = 4996,4 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3..... $W_{3-3} = 16953 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times \left[954,22 - 0 + 2 \times 5,4864 \times 0,855 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \right] \times 1406,1$$

$$W = 13418 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (211,96 + 850,32 + 30,78 + 0) \times 1406,1$$

$$W_{1-1} = 15370 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (211,96 + 0 + 30,78 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{2-2} = 4996,4 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (211,96 + 0 + 850,32 + 30,78 + 0 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{3-3} = 16953 \text{ kgf}$$

11.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento..... $S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) = 589,10 \text{ kgf/cm}^2$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....
..... $S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) = 689,01 \text{ kgf/cm}^2$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento..... $S_3 = 0,7 \times S_n = 841,57 \text{ kgf/cm}^2$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração..... $S_4 = 0,74 \times S_v = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$

(5) Solda de chanfro externa sob tração..... $S_5 = 0,74 \times S_p =$ 1040,5 kgf/cm²

11.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento..... $F_1 =$ 4935,9 kgf

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento..... $F_2 =$ 20444 kgf

(3) Parede do bocal sob cisalhamento..... $F_3 =$ 6049,7 kgf

(4) Solda de chanfro na casca sob tração..... $F_4 =$ 18454 kgf

(5) Solda de chanfro externa sob tração..... $F_5 =$ 18454 kgf

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 6 \times 589,1$$

$$F_1 = 4935,9 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{1}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 188,9 \times 10 \times 689,01$$

$$F_2 = 20444 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{1}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 83,414 \times 5,4864 \times 841,57$$

$$F_3 = 6049,7 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{1}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_4 = 18454 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_5 = 18454 \text{ kgf}$$

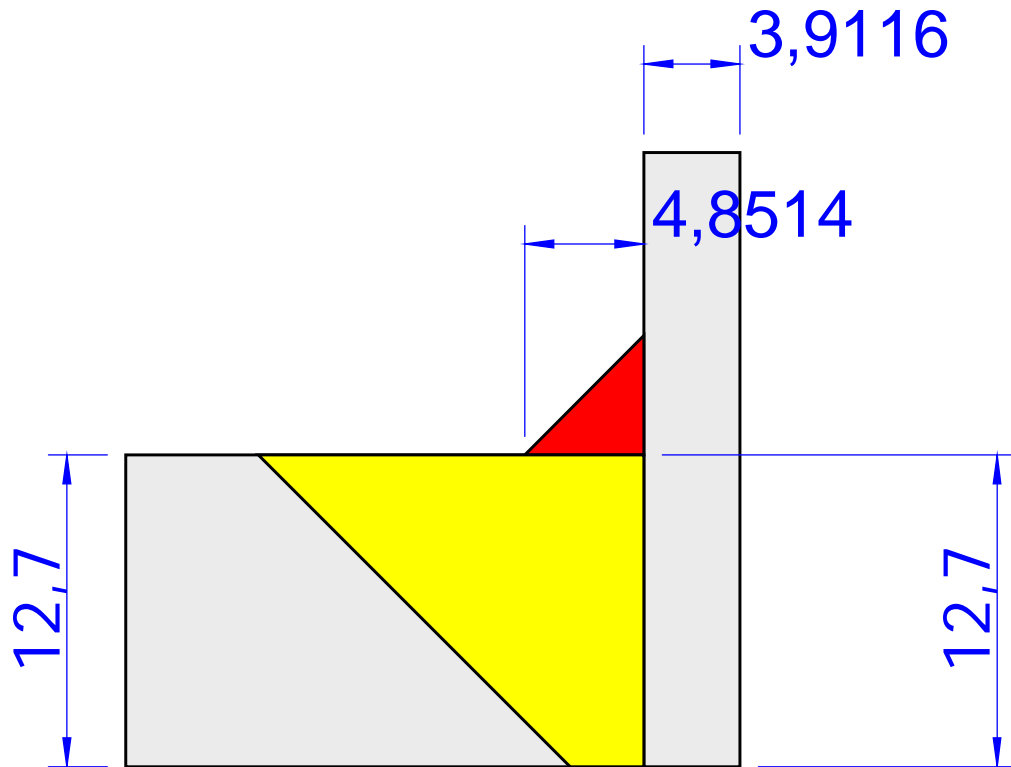
11.4.13. Verificação da resistência dos caminhos - UG-41(b)(1)

Caminho 1-1	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	20444
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	6049,7
Resistência dos elementos da união	26494
Carregamento para o Caminho 1-1: W_1 menor entre W e $W_{1,1}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	4935,9
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
(5) Solda de chanfro externa sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	41843
Carregamento para o Caminho 2-2: W_2 menor entre W e $W_{2,2}$	4996,4
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	20444
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	38898
Carregamento para o Caminho 3-3: W_3 menor entre W e $W_{3,3}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

12.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

12.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
2,51	3,42	0,28	12,70	2,51

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	2,7381	3,3960	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
Não é necessário o cálculo de área deste bocal por UG-36(c)(3)(a).								

Resumo da Análise de Resistência das Soldas
Não é necessário analisar os caminhos de solda de acordo com a UW-15(b)(1).

12.4.1. Geometria do sketch corroído

12.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

12.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R _n =	9,4234 mm
Espessura da parede.....	t _{wall} =	3,9116 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C _n =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	t _n = t _{wall} - C _n =	3,9116 mm

12.4.1.3. Abertura

Diâmetro- UG-40..... d = 18,847 mm

12.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso..... $R_n + t_n + t = 25,335$ mm

Limite externo normal à parede do vaso..... $2,5t_n = 9,7790$ mm

12.4.3. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

12.4.3.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

12.4.3.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1)..... $t_{UG27} = 0,27576$ mm

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 9,4234}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 0,27576 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 0,27576$ mm

12.4.3.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 0,27576$ mm

12.4.3.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 12,000$ mm

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{\min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,700$ mm

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700$ mm

12.4.3.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 3/4 (DN 20)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 2,5146$ mm

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 2,5146$ mm

12.4.3.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 0,27576$ mm

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700$ mm

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 2,5146$ mm

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 2,5146$ mm

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 2,5146 \text{ mm}$
 Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 3,4226 \text{ mm}$
 A espessura do bocal é adequada?..... Sim

12.4.4. Dimensões requeridas para as soldas

12.4.4.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{min} de acordo com UW-16..... $t_{min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t = 3,9116 \text{ mm}$
 Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....
 $t_c \text{ (mínimo)} = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7t_{min} = 2,7381 \text{ mm}$
 Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7t_{L41} = 3,3960 \text{ mm}$
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

De acordo com UW-15(b)(1), este detalhe de soldagem, que está em conformidade com a Fig. UW-16.1 sketch (c-e), não requer o cálculo da resistência dos caminhos de solda.

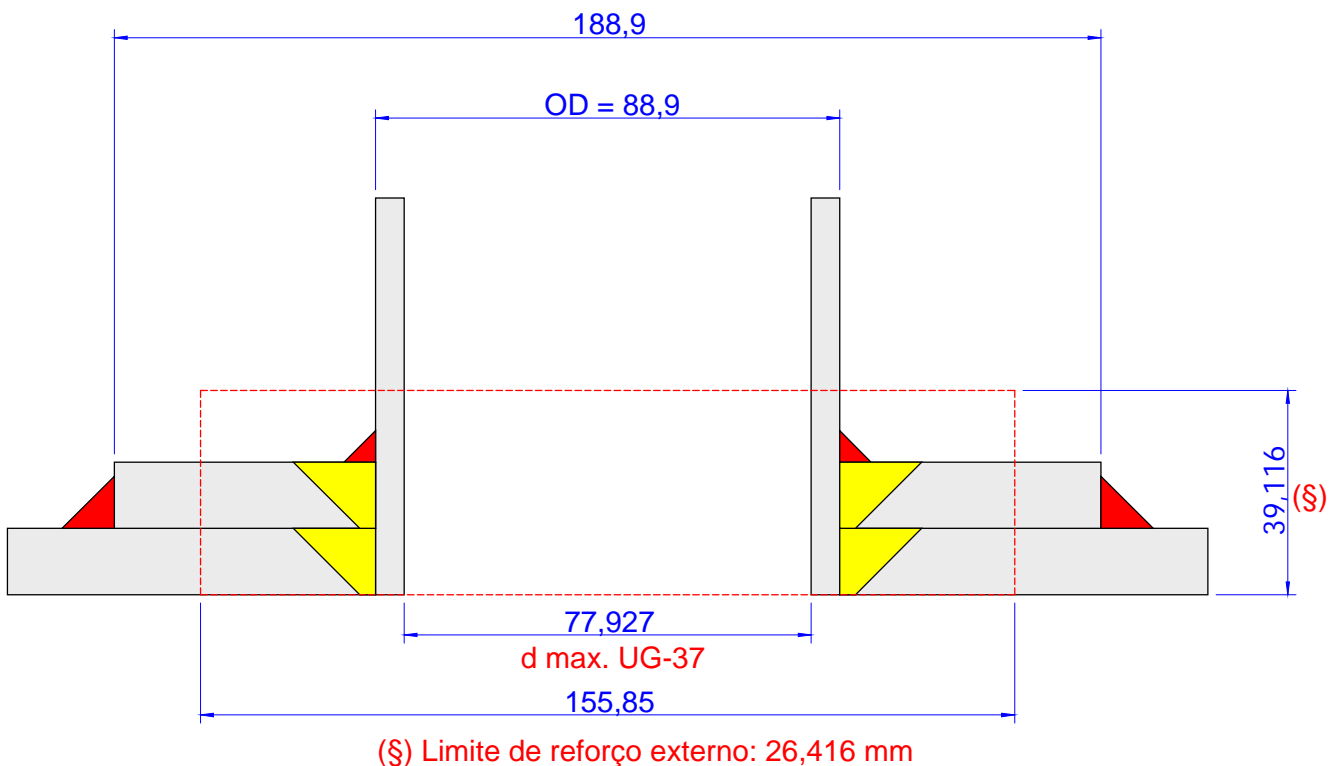
[Esta abertura não necessita de reforço de acordo com UG-36\(c\)\(3\)\(a\).](#)

13. Bocal - N7

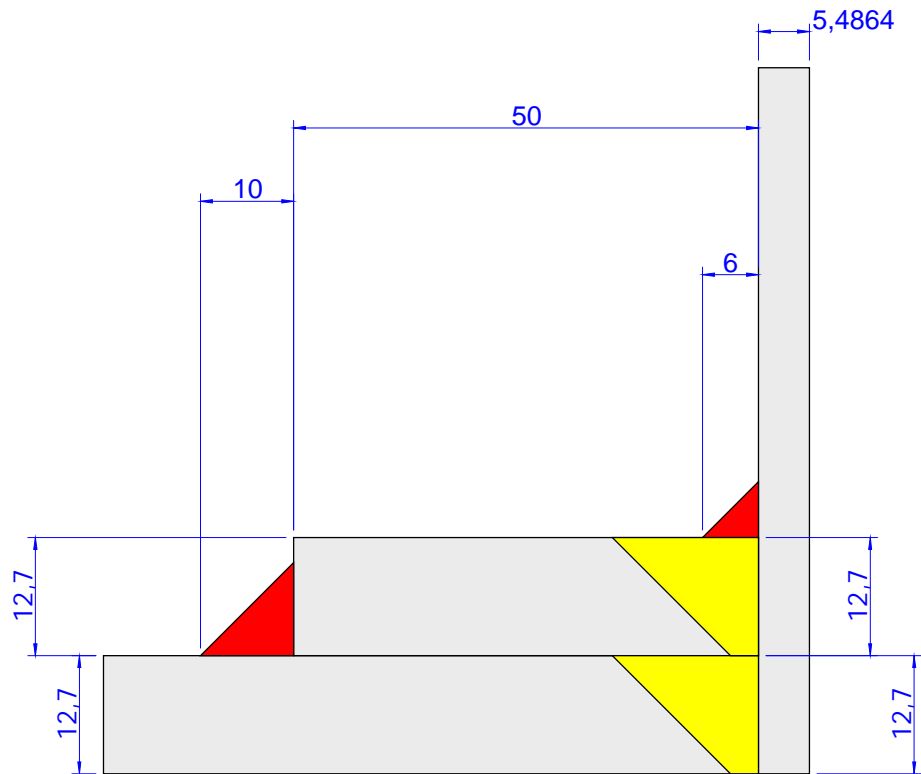
13.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	EQUALIZAÇÃO INFERIOR
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 3 (DN 80) Schedule 40 (STD)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 180,00 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 150,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 250,00$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 852,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 88,900 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 77,927 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 5,4864$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 50,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 12,700$ mm
Material do reforço.....	SA-516 Grau 70

13.2. Abertura - Limites de reforço



13.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

13.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
4,80	4,80	1,14	12,70	4,80

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	3,8405	4,2000	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t _{L42})	6,0000	7,0000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t _{w2})	3,8405	12,700	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
954,22	1093,1	0,0000	211,96	-	30,780	0,0000	-	850,32

Resumo da Análise de Resistência das Soldas (kgf)						
Caminhos de Falha são mais Resistentes que as Cargas Aplicadas nas Soldas.						
Carga na Solda W	Carga na Solda W ₁₋₁	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W ₂₋₂	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W ₃₋₃	Caminho 3-3 Resistência
13418	15370	26494	4996,4	41843	16953	38898

13.4.1. Geometria do sketch corroído

13.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

13.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	$R_n =$	38,964 mm
Espessura da parede.....	$t_{wall} =$	5,4864 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	$C_n =$	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	$t_n = t_{wall} - C_n =$	5,4864 mm

13.4.1.3. Reforço

Largura.....	$W_p =$	50,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	$t_p =$	12,700 mm

13.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40.....	$d =$	77,927 mm
----------------------	-------	-----------

13.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso.....	$d =$	77,927 mm
Limite externo normal à parede do vaso.....	$2,5t_n + t_e =$	26,416 mm

13.4.3. Espessura requerida da parede

13.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	$t =$	12,000 mm
--------------------------	-------	-----------

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_r = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_r = 12 \text{ mm}$$

13.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....	$t_m =$	0,79395 mm
--------------------------	---------	------------

$$t_m = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_m = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_m = 0,79395 \text{ mm}$$

13.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

13.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

13.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1).....	$t_{UG27} =$	1,1402 mm
--	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 1,1402 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 1,1402 \text{ mm}$

13.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

13.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 12,000 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_{\min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,700 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

13.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 3 (DN 80)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 4,8006 \text{ mm}$

13.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 4,8006 \text{ mm}$

A espessura do bocal é adequada?..... Sim

13.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

13.4.5.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t_e = 5,4864 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....

..... $t_c (\text{mínimo}) = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7t_{\min} = 3,8405 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7t_{L41} = 4,2000 \text{ mm}$

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

13.4.5.2. Solda de chanfro externa: Entre o reforço e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t \text{ ou } t_e = 12,000 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete..... $t_w (\text{mínimo}) = 0,5t_{\min} = 6,0000 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_w = 0,7t_{L42} =$ 7,0000 mm
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

13.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal..... $S_n =$ 1202,2 kgf/cm²
 Tensão admissível do material da casca..... $S_v =$ 1406,1 kgf/cm²
 Tensão admissível do material do reforço..... $S_p =$ 1406,1 kgf/cm²
 Fator de redução de resistência..... $f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r3} =$ menor entre 1.0, S_n/S_v e $S_p/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r4} =$ menor entre 1.0 e $S_p/S_v =$ 1,0000

13.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada?..... Não
 Eficiência de junta de acordo com UG-37(a)..... $E_1 =$ 1,0000

13.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida..... $A_r =$ 954,22 mm²

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 77,927 \times 12 \times 1 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$A = 954,22 \text{ mm}^2$$

13.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

13.4.9.1. Área disponível na casca - A_1

Área..... $A_1 =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_2 =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_1 =$ maior entre A_{11} e $A_{12} =$ 0,0000 mm²

$$A_{11} = d(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 77,927 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{11} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

13.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A_2

Área..... $A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (5,4864 - 0,79395) \times 0,855 \times 12$$

$$A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_m)(2,5 t_n + t_e) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (5,4864 - 0,79395) \times (2,5 \times 5,4864 + 12,7) \times 0,855$$

$$A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$$

13.4.9.3. Área da solda - A_{41}

Área..... $A_{41} = 30,780 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (6)^2 \times 0,855$$

$$A_{41} = 30,78 \text{ mm}^2$$

13.4.9.4. Área da solda - A_{42}

Área..... $A_{42} = 0,0000 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42}^2 - b^2) f_{r4}$$

$$A_{42} = (10^2 - 10^2) \times 1$$

$$A_{42} = 0 \text{ mm}^2$$

13.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A_5

Área..... $A_5 = 850,32 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (155,85 - 77,927 - 2 \times 5,4864) \times 12,7 \times 1$$

$$A_5 = 850,32 \text{ mm}^2$$

13.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível..... $A_a = A_1 + A_2 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 1093,1 \text{ mm}^2$

O reforço é adequado?..... Sim

Como a área de reforço disponível, A_a , é maior ou igual do que a área de reforço requerida, A_r , a abertura está adequadamente reforçada.

13.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda..... $W = 13418 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1..... $W_{1-1} = 15370 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2..... $W_{2-2} = 4996,4 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3..... $W_{3-3} = 16953 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times \left[954,22 - 0 + 2 \times 5,4864 \times 0,855 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \right] \times 1406,1$$

$$W = 13418 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (211,96 + 850,32 + 30,78 + 0) \times 1406,1$$

$$W_{1-1} = 15370 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (211,96 + 0 + 30,78 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{2-2} = 4996,4 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (211,96 + 0 + 850,32 + 30,78 + 0 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{3-3} = 16953 \text{ kgf}$$

13.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento..... $S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) = 589,10 \text{ kgf/cm}^2$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....
..... $S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) = 689,01 \text{ kgf/cm}^2$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento..... $S_3 = 0,7 \times S_n = 841,57 \text{ kgf/cm}^2$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração..... $S_4 = 0,74 \times S_v = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots S_5 = 0,74 \times S_p = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$$

13.4.12. Resistência dos elementos da união

$$(1) \text{ Solda de filete externa sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_1 = 4935,9 \text{ kgf}$$

$$(2) \text{ Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_2 = 20444 \text{ kgf}$$

$$(3) \text{ Parede do bocal sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_3 = 6049,7 \text{ kgf}$$

$$(4) \text{ Solda de chanfro na casca sob tração} \dots\dots\dots F_4 = 18454 \text{ kgf}$$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots F_5 = 18454 \text{ kgf}$$

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 6 \times 589,1$$

$$F_1 = 4935,9 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{1}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 188,9 \times 10 \times 689,01$$

$$F_2 = 20444 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{1}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 83,414 \times 5,4864 \times 841,57$$

$$F_3 = 6049,7 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{1}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_4 = 18454 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$F_5 = 18454 \text{ kgf}$

13.4.13. Verificação da resistência dos caminhos - UG-41(b)(1)

Caminho 1-1	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	20444
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	6049,7
Resistência dos elementos da união	26494
Carregamento para o Caminho 1-1: W_1 menor entre W e $W_{1,1}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	4935,9
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
(5) Solda de chanfro externa sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	41843
Carregamento para o Caminho 2-2: W_2 menor entre W e $W_{2,2}$	4996,4
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

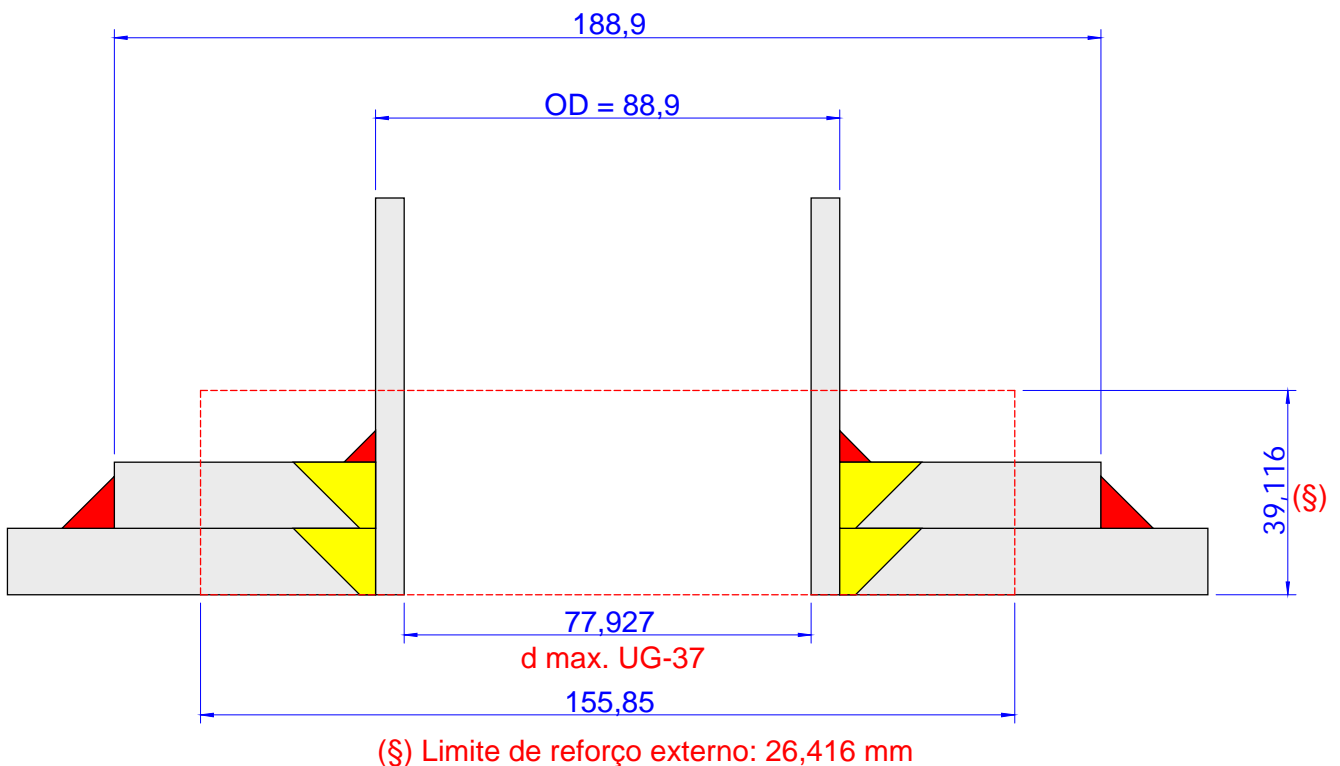
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	20444
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	38898
Carregamento para o Caminho 3-3: W_3 menor entre W e $W_{3,3}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

14. Bocal - N8

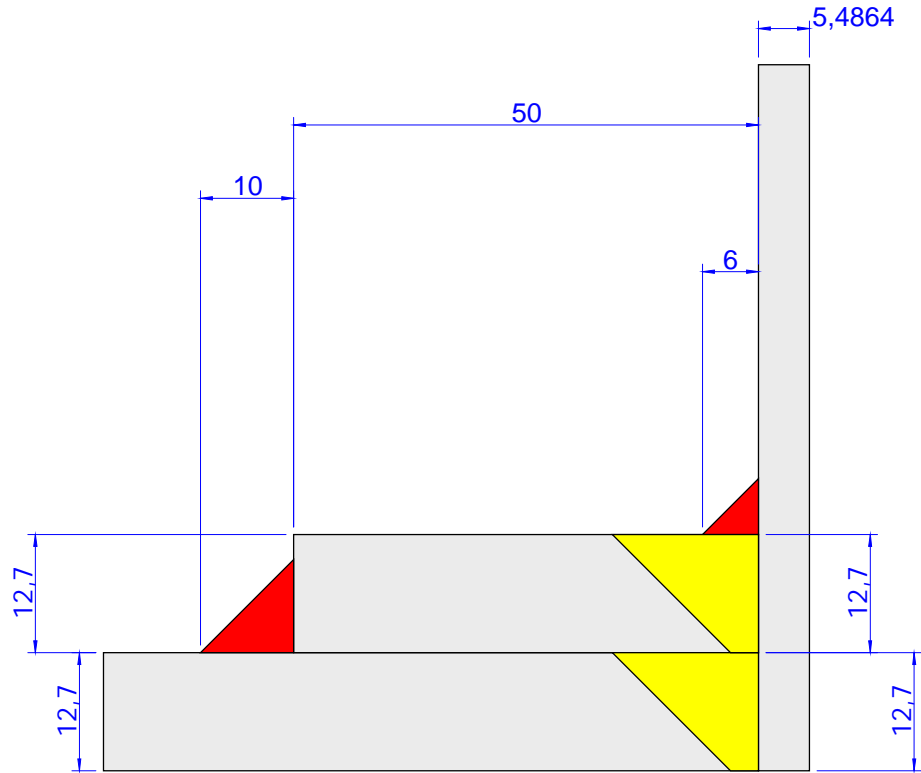
14.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal.....	EQUALIZAÇÃO
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 3 (DN 80) Schedule 40 (STD)
Material do bocal.....	SA-106 Grau B
Orientação do bocal.....	= 0,0000 °
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 12,700$ mm
Projeção para fora do vaso.....	$L_N = 150,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 1600,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 852,70$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo).....	OD = 88,900 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo).....	ID = 77,927 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 5,4864$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal.....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 50,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 12,700$ mm
Material do reforço.....	SA-516 Grau 70

14.2. Abertura - Limites de reforço



14.3. Sketch de solda



UG-76(c): Os cantos internos devem ser chanfrados ou arredondados.

14.4. Cálculo do reforço sob pressão interna: PMTA

Resumo da Espessura do Bocal por UG-45 (mm)				
A espessura do bocal está adequada de acordo com UG-45.				
Para P = 24,202 kgf/cm ² a 50,000 °C.				
t Requerida	t _{min} (Novo)	t _a	t _{b1}	t _{b3}
4,80	4,80	1,14	12,70	4,80

Resumo do Dimensionamento das Soldas por UW-16			
Descrição da Solda	Solda Requerida Garganta (mm)	Solda Atual Garganta (mm)	Condição
Solda de filete entre o bocal e a casca (t _{L41})	3,8405	4,2000	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t _{L42})	6,0000	7,0000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t _{w2})	3,8405	12,700	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm ²)								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₅
954,22	1093,1	0,0000	211,96	-	30,780	0,0000	-	850,32

Resumo da Análise de Resistência das Soldas (kgf)						
Caminhos de Falha são mais Resistentes que as Cargas Aplicadas nas Soldas.						
Carga na Solda W	Carga na Solda W ₁₋₁	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W ₂₋₂	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W ₃₋₃	Caminho 3-3 Resistência
13418	15370	26494	4996,4	41843	16953	38898

14.4.1. Geometria do sketch corroído

14.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação).....	t _{shell} =	12,700 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	C _i =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C _o =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C = C _i + C _o =	0,70000 mm
Espessura da parede.....	t = t _{shell} - C =	12,000 mm

14.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	$R_n =$	38,964 mm
Espessura da parede.....	$t_{wall} =$	5,4864 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	$C_n =$	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede.....	$t_n = t_{wall} - C_n =$	5,4864 mm

14.4.1.3. Reforço

Largura.....	$W_p =$	50,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	$t_p =$	12,700 mm

14.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40.....	$d =$	77,927 mm
----------------------	-------	-----------

14.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso.....	$d =$	77,927 mm
Limite externo normal à parede do vaso.....	$2,5t_n + t_e =$	26,416 mm

14.4.3. Espessura requerida da parede

14.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	$t =$	12,000 mm
--------------------------	-------	-----------

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_r = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_r = 12 \text{ mm}$$

14.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....	$t_m =$	0,79395 mm
--------------------------	---------	------------

$$t_m = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_m = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_m = 0,79395 \text{ mm}$$

14.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

 14.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: t_a

14.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1).....	$t_{UG27} =$	1,1402 mm
--	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{UG27} = \frac{24,202 \times 38,964}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{UG27} = 1,1402 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal..... $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 1,1402 \text{ mm}$

14.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: t_a

Espessura mínima da parede..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

14.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: t_{b1}

Espessura mínima..... $t_{\min} = 12,000 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t_{\min} = \frac{24,202 \times 690}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 24,202}$$

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão..... $t_{\min} + C = 12,700 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

14.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: t_{b3}

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo..... NPS 3 (DN 80)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede..... $t_{w\min} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede..... $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 4,8006 \text{ mm}$

14.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45..... $t_a = 1,1402 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b1} = 12,700 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45..... $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45..... $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 4,8006 \text{ mm}$

Espessura disponível do oescoço (Novo)..... $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 4,8006 \text{ mm}$

A espessura do bocal é adequada?..... Sim

14.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

14.4.5.1. Solda de filete: Entre o reforço e o bocal

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t_e = 5,4864 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete.....

..... $t_c (\text{mínimo}) = \text{menor de } 6 \text{ mm ou } 0,7t_{\min} = 3,8405 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_c = 0,7t_{L41} = 4,2000 \text{ mm}$

Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

14.4.5.2. Solda de chanfro externa: Entre o reforço e a casca

t_{\min} de acordo com UW-16..... $t_{\min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t \text{ ou } t_e = 12,000 \text{ mm}$

Tamanho mínimo da garganta da solda de filete..... $t_w (\text{mínimo}) = 0,5t_{\min} = 6,0000 \text{ mm}$

Garganta da solda de filete..... $t_w = 0,7t_{L42} =$ 7,0000 mm
 Tamanho da solda de filete é adequado?..... Sim

14.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal..... $S_n =$ 1202,2 kgf/cm²
 Tensão admissível do material da casca..... $S_v =$ 1406,1 kgf/cm²
 Tensão admissível do material do reforço..... $S_p =$ 1406,1 kgf/cm²
 Fator de redução de resistência..... $f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r3} =$ menor entre 1.0, S_n/S_v e $S_p/S_v =$ 0,85500
 Fator de redução de resistência..... $f_{r4} =$ menor entre 1.0 e $S_p/S_v =$ 1,0000

14.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada?..... Não
 Eficiência de junta de acordo com UG-37(a)..... $E_1 =$ 1,0000

14.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida..... $A_r =$ 954,22 mm²

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 77,927 \times 12 \times 1 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$A = 954,22 \text{ mm}^2$$

14.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

14.4.9.1. Área disponível na casca - A_1

Área..... $A_1 =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_2 =$ 0,0000 mm²
 Área..... $A_1 =$ maior entre A_{11} e $A_{12} =$ 0,0000 mm²

$$A_{11} = d(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 77,927 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{11} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (12 + 5,4864) \times (1 \times 12 - 1 \times 12) - 2 \times 5,4864 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \times (1 - 0,855)$$

$$A_{12} = 0 \text{ mm}^2$$

14.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A_2

Área..... $A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$
 Área..... $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (5,4864 - 0,79395) \times 0,855 \times 12$$

$$A_{21} = 240,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_m)(2,5 t_n + t_e) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (5,4864 - 0,79395) \times (2,5 \times 5,4864 + 12,7) \times 0,855$$

$$A_{22} = 211,96 \text{ mm}^2$$

14.4.9.3. Área da solda - A_{41}

Área..... $A_{41} = 30,780 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (6)^2 \times 0,855$$

$$A_{41} = 30,78 \text{ mm}^2$$

14.4.9.4. Área da solda - A_{42}

Área..... $A_{42} = 0,0000 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42}^2 - b^2) f_{r4}$$

$$A_{42} = (10^2 - 10^2) \times 1$$

$$A_{42} = 0 \text{ mm}^2$$

14.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A_5

Área..... $A_5 = 850,32 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (155,85 - 77,927 - 2 \times 5,4864) \times 12,7 \times 1$$

$$A_5 = 850,32 \text{ mm}^2$$

14.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível..... $A_a = A_1 + A_2 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 1093,1 \text{ mm}^2$

O reforço é adequado?..... Sim

Como a área de reforço disponível, A_a , é maior ou igual do que a área de reforço requerida, A_r , a abertura está adequadamente reforçada.

14.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda..... $W = 13418 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1..... $W_{1-1} = 15370 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2..... $W_{2-2} = 4996,4 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3..... $W_{3-3} = 16953 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times \left[954,22 - 0 + 2 \times 5,4864 \times 0,855 \times (1 \times 12 - 1 \times 12) \right] \times 1406,1$$

$$W = 13418 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (211,96 + 850,32 + 30,78 + 0) \times 1406,1$$

$$W_{1-1} = 15370 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (211,96 + 0 + 30,78 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{2-2} = 4996,4 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (211,96 + 0 + 850,32 + 30,78 + 0 + 0 + 2 \times 5,4864 \times 12 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$W_{3-3} = 16953 \text{ kgf}$$

14.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento..... $S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) = 589,10 \text{ kgf/cm}^2$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....
..... $S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) = 689,01 \text{ kgf/cm}^2$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento..... $S_3 = 0,7 \times S_n = 841,57 \text{ kgf/cm}^2$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração..... $S_4 = 0,74 \times S_v = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots S_5 = 0,74 \times S_p = 1040,5 \text{ kgf/cm}^2$$

14.4.12. Resistência dos elementos da união

$$(1) \text{ Solda de filete externa sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_1 = 4935,9 \text{ kgf}$$

$$(2) \text{ Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_2 = 20444 \text{ kgf}$$

$$(3) \text{ Parede do bocal sob cisalhamento} \dots\dots\dots F_3 = 6049,7 \text{ kgf}$$

$$(4) \text{ Solda de chanfro na casca sob tração} \dots\dots\dots F_4 = 18454 \text{ kgf}$$

$$(5) \text{ Solda de chanfro externa sob tração} \dots\dots\dots F_5 = 18454 \text{ kgf}$$

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 6 \times 589,1$$

$$F_1 = 4935,9 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{1}{2} OD_{\text{pad}} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 188,9 \times 10 \times 689,01$$

$$F_2 = 20444 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{1}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 83,414 \times 5,4864 \times 841,57$$

$$F_3 = 6049,7 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{1}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$$F_4 = 18454 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{1}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{1}{2} \times 88,9 \times 12,7 \times 1040,5$$

$F_5 = 18454 \text{ kgf}$

14.4.13. Verificação da resistência dos caminhos - UG-41(b)(1)

Caminho 1-1	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	20444
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	6049,7
Resistência dos elementos da união	26494
Carregamento para o Caminho 1-1: W_1 menor entre W e $W_{1,1}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	4935,9
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
(5) Solda de chanfro externa sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	41843
Carregamento para o Caminho 2-2: W_2 menor entre W e $W_{2,2}$	4996,4
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	20444
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	18454
Resistência dos elementos da união	38898
Carregamento para o Caminho 3-3: W_3 menor entre W e $W_{3,3}$	13418
O caminho resiste aos esforços aplicados?	Sim

15. Teste hidrostático de fábrica baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

15.1. Dados do teste de retenção de pressão

O teste de fábrica é executado com o vaso na.....	Posição horizontal
Pressão local durante o teste.....	P = 16,853 kgf/cm ²
Pressão hidrostática do teste de fábrica a 21,000 °C.....	P _t = 21,909 kgf/cm ²
Fator da pressão UG-99(b).....	f _p = 1,3000
Razão de tensões UG-99(b).....	LSR = 1,0000

15.2. Cálculo do casco cilíndrico

15.2.1. Seção cilíndrica 1

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t = 12,700 mm
Raio interno.....	R = 690,00 mm
Pressão de teste mais pressão estática.....	P = 22,047 kgf/cm ²
Tensão nas condições do teste.....	S = 1730,1 kgf/cm ²

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{22,047 \times (690 + 0,6 \times 12,7)}{0,7 \times 12,7}$$

$$S = 1730,1 \text{ kgf/cm}^2$$

15.3. Cálculo da tensão no tampo esquerdo

15.3.1. Parte cilíndrica

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t = 15,880 mm
Raio interno.....	R = 690,00 mm
Pressão de teste mais pressão estática.....	P = 22,047 kgf/cm ²
Tensão nas condições do teste.....	S = 1142,6 kgf/cm ²

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{22,047 \times (690 + 0,6 \times 15,88)}{0,85 \times 15,88}$$

$$S = 1142,6 \text{ kgf/cm}^2$$

15.3.2. Seção semi-elíptica

Pressão de teste mais pressão estática.....	P = 22,047 kgf/cm ²
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t = 13,080 mm

Diâmetro interno.....	D =	1380,0 mm
Eficiência de junta.....	E =	0,85000
Tensão nas condições do teste.....	S =	1370,9 kgf/cm ²

A tensão nas condições de teste é dada por 1-4(c)(1):

$$S = \frac{PKD + 0,2Pt}{2tE}$$

$$S = \frac{22,047 \times 1 \times 1380 + 0,2 \times 22,047 \times 13,08}{2 \times 13,08 \times 0,85}$$

$$S = 1370,9 \text{ kgf/cm}^2$$

15.4. Cálculo da tensão no tampo direito

15.4.1. Parte cilíndrica

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t =	15,880 mm
Raio interno.....	R =	690,00 mm
Pressão de teste mais pressão estática.....	P =	22,047 kgf/cm ²
Tensão nas condições do teste.....	S =	1142,6 kgf/cm ²

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{22,047 \times (690 + 0,6 \times 15,88)}{0,85 \times 15,88}$$

$$S = 1142,6 \text{ kgf/cm}^2$$

15.4.2. Seção semi-elíptica

Pressão de teste mais pressão estática.....	P =	22,047 kgf/cm ²
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t =	13,080 mm
Diâmetro interno.....	D =	1380,0 mm
Eficiência de junta.....	E =	0,85000
Tensão nas condições do teste.....	S =	1370,9 kgf/cm ²

A tensão nas condições de teste é dada por 1-4(c)(1):

$$S = \frac{PKD + 0,2Pt}{2tE}$$

$$S = \frac{22,047 \times 1 \times 1380 + 0,2 \times 22,047 \times 13,08}{2 \times 13,08 \times 0,85}$$

$$S = 1370,9 \text{ kgf/cm}^2$$

16. Sumário do dimensionamento do vaso de pressão

Temperatura de projeto.....	T =	50,000 °C
Pressão interna de projeto.....	P =	16,000 kgf/cm ²
Pressão máxima de trabalho admissível - UG-98(a).....	PMTA =	16,853 kgf/cm ²

17. Resumo da pressão

Componentes do vaso		Pressão interna (kgf/cm ²)	Pressão estática (kgf/cm ²)	Pressão externa (kgf/cm ²)	Vácuo (kgf/cm ²)	Sobre-espessura		Esmagamento (mm)
						interna	externa	
						(mm)	(mm)	
Tampos	Semi-elíptico	16,000	0,08832	0,0000	0,0000	0,0000	0,70000	2,8000
	Parte cilíndrica	16,000	0,08832	0,0000	0,0000	0,0000	0,70000	0,0000
Casco	Seção 1	16,000	0,08832	0,0000	0,0000	0,0000	0,70000	---
N1	Pescoço	16,000	0,04909	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N10	Pescoço	16,000	0,04460	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N11	Pescoço	16,000	0,04476	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N2	Pescoço	16,000	0,04743	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N3	Pescoço	16,000	0,04665	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N4	Pescoço	16,000	0,04460	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N5	Pescoço	16,000	0,04665	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N6	Pescoço	16,000	0,04476	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N7	Pescoço	16,000	0,04665	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N8	Pescoço	16,000	0,04665	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---

Componentes do vaso		Pressão interna total (kgf/cm ²)	Pressão externa total (kgf/cm ²)	PMTA (kgf/cm ²)
Tampos	Semi-elíptico	16,088	0,0000	21,318
	Parte cilíndrica	16,088	0,0000	25,864
Casco	Seção 1	16,088	0,0000	16,853
N1	Pescoço	16,049	0,0000	23,111
N10	Pescoço	16,045	0,0000	24,157
N11	Pescoço	16,045	0,0000	24,157
N2	Pescoço	16,047	0,0000	24,155
N3	Pescoço	16,047	0,0000	24,155
N4	Pescoço	16,045	0,0000	24,157
N5	Pescoço	16,047	0,0000	24,155
N6	Pescoço	16,045	0,0000	24,157
N7	Pescoço	16,047	0,0000	24,155
N8	Pescoço	16,047	0,0000	24,155

PMTA: Pressão Máxima de Trabalho Admissível [UG-98(a)]

PMTA é o menor dos valores encontrados para a Pressão Máxima de Trabalho Admissível para qualquer das partes essenciais de um vaso, ajustada para qualquer diferença na coluna de líquido que possa existir entre a parte considerada e o topo do vaso.

Se o cálculo da PMTA não está incluído no relatório de cálculo, então o vaso não precisa ser testado com base na PMTA, e, neste caso, a placa de identificação deve ter a Pressão de Projeto como a PMTA.

a) Pressão máxima de trabalho admissível = 16,853 kgf/cm² a 50,000 °C

18. Sumário das espessuras

Componentes do vaso		Nominal (mm)	Projeto (mm)	Após conformação (mm)	Eficiência da junta soldada	Carregamento
Tampo esquerdo	Semi-elíptico	15,880	12,800	10,000	0,85	Pressão interna
	Parte cilíndrica	15,880	10,063	10,063	0,85	Pressão interna
Casco	Seção 1	12,700	12,090	12,090	0,70	Pressão interna
N1	Pescoço	7,1120	7,1120	6,2230	0,7	Pressão interna
N10	Pescoço	3,7338	2,7577	2,4130	0,7	Pressão interna
N11	Pescoço	3,9116	2,8738	2,5146	0,7	Pressão interna
N2	Pescoço	6,0198	6,0089	5,2578	0,7	Pressão interna
N3	Pescoço	5,4864	5,4864	4,8006	0,7	Pressão interna
N4	Pescoço	3,7338	2,7577	2,4130	0,7	Pressão interna
N5	Pescoço	5,4864	5,4864	4,8006	0,7	Pressão interna
N6	Pescoço	3,9116	2,8738	2,5146	0,7	Pressão interna
N7	Pescoço	5,4864	5,4864	4,8006	0,7	Pressão interna
N8	Pescoço	5,4864	5,4864	4,8006	0,7	Pressão interna

a) Nominal: chapa comercial/espessura schedule

b) Projeto: espessura mínima de projeto, inclui corrosão e tolerância de conformação

c) Após conformação: espessura mínima do material após a conformação

19. Teste hidrostático de fábrica baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

A pressão do teste hidrostático de fábrica é igual a 21,909 kgf/cm² a 21,000 °C (PMTA = 16,853 kgf/cm²).

O teste de fábrica deve ser executado com o vaso na posição horizontal.

Componentes do vaso		Pressão local no teste (kgf/cm ²)	Pressão estática (kgf/cm ²)	Razão de tensões	Tensão no teste (kgf/cm ²)	Tensão máxima no teste (kgf/cm ²)
Tampo esquerdo	Semi-elíptico	22,047	0,13800	1,000	1370,9	2404,5
	Parte cilíndrica	22,047	0,13800	1,000	1142,6	2404,5
Casco	Seção 1	22,047	0,13800	1,000	1730,1	2404,5
N1	Pescoço	21,986	0,07670	1,000	---	---
N10	Pescoço	21,979	0,06969	1,000	---	---
N11	Pescoço	21,979	0,06994	1,000	---	---
N2	Pescoço	21,983	0,07411	1,000	---	---
N3	Pescoço	21,982	0,07290	1,000	---	---
N4	Pescoço	21,979	0,06969	1,000	---	---
N5	Pescoço	21,982	0,07290	1,000	---	---
N6	Pescoço	21,979	0,06994	1,000	---	---
N7	Pescoço	21,982	0,07290	1,000	---	---
N8	Pescoço	21,982	0,07290	1,000	---	---

- a) Fator da pressão UG-99(b) = 1,300
- b) Razão de tensões UG-99(b) = 1,000
- c) Pressão Local no Teste = Pressão do Teste + Pressão Estática no Teste
- d) Tensão máxima durante o Teste = 0,9 x tensão de escoamento

1. Informações do equipamento

Projeto..... VASOS - FRIGOLON
Identificação do vaso..... TCRL-08E - Ø1380X4900
Tipo..... Vaso de pressão
Orientação..... Horizontal
Norma de projeto..... ASME VIII Divisão 1, Edição 2017
Tampo esquerdo..... Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Tampo direito..... Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17

2. NR-13 - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento
Ministério do Trabalho e Previdência - Brasil

Publicação

Portaria MTP nº 1.846, de 1º de julho de 2022

2.1. Escopo

Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

- a) caldeiras com pressão de operação superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm²);
- b) vasos de pressão cujo produto P.V seja superior a 8 (oito), onde P é a pressão máxima de operação em kPa, em módulo, e V o seu volume interno em m³;
- c) vasos de pressão que contenham fluidos da classe A, especificados na alínea "a" do subitem 13.5.1.1.1, independente do produto P.V;
- d) recipientes móveis com P.V superior a oito, onde P é o módulo da pressão máxima de operação em kPa, ou com fluidos da classe A, especificados na alínea "a" do subitem 13.5.1.1.1;
- e) tubulações que contenham fluidos de classe A ou B, conforme as alíneas "a" e "b" do subitem 13.5.1.1.1, ligadas a caldeiras ou vasos de pressão abrangidos por esta NR; e
- f) tanques metálicos de armazenamento, com diâmetro externo maior do que três metros, capacidade nominal acima de vinte mil litros, e que contenham fluidos de classe A ou B, conforme as alíneas "a" e "b" do subitem 13.5.1.1.1 desta NR.

2.2. Classificação do vaso

Pressão máxima de operação..... P = 1343,5 kPa
 Volume interno..... V = 8,1469 m³
 Produto P.V. (kPa.m³)..... PV = 10945 kPa.m³
 P.V. > 8 kPa.m³?..... Sim
 Classe do fluido..... A
 A NR 13 deve ser aplicada?..... Sim
 Grupo potencial de risco..... GR = 3
 Categoria do vaso..... II

2.3. Intervalos máximos para a inspeção periódica

SPIE - Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos	Exame Externo	Exame Interno
Não	2 anos	4 anos
Sim	4 anos	8 anos

2.4. Requisitos de treinamento

Categoria do vaso..... II

O "Treinamento de Segurança em Unidades de Processo" (Anexo I, 2) é mandatório? Sim

A operação de unidades de processo que têm vasos de pressão de categorias "I" ou "II" deve ser feita por um profissional treinado de acordo com o item 2.1 do Anexo I da NR-13.

2.5. Documentação do vaso

Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, a seguinte documentação devidamente atualizada.

- a) prontuário do vaso de pressão, fornecido pelo fabricante, de acordo com o subitem 13.5.1.5. (a);
- b) registro de segurança;
- c) projeto de alteração ou reparo;
- d) relatórios de inspeção de segurança; e
- e) certificados de inspeção e teste dos dispositivos de segurança.

2.6. Dados obrigatórios da placa de identificação da NR 13

Fabricante.....	TOP COLD REFRIGERAÇÃO
Número de identificação do fabricante.....	1538
Ano de fabricação.....	= 2024
Pressão máxima de trabalho admissível.....	PMTA = 16,853 kgf/cm ²
Código de projeto e ano de edição.....	Edição 2017
Categoria do vaso.....	II