

# **RELATÓRIO DE INSPEÇÃO SEGURANÇA PERIÓDICA**

DOC Nº RIS202401003

EQUIPAMENTO:	SEPARADOR DE LIQUIDO -10°C
TAG:	VP003
SETOR:	SALA DE MÁQUINAS

MARFRIG GLOBAL FOODS – BATAGUASSU- MS

NOVEMBRO – 2024

***DADOS DE PLACA DO EQUIPAMENTO***

**Equipamento:** Separador de Líquido -10°C

**Tipo de Equipamento:** Horizontal      **Modelo:** TCSLH – 10

**Fabricante:** TOP COLD/THERM TECH

**Fluido Principal:** Amônia      **Nº de Série:** 1174-01      **Categoria:** II

**Classe do Fluido:** A      **Grupo Potencial de Risco:** 3

**Pressão Máxima de Trabalho Admissível:**      16,00 kgf/cm<sup>2</sup>

**Pressão de teste hidrostático:**      24,00 kgf/cm<sup>2</sup>

**Volume Interno:**      13,16 m<sup>3</sup>

**Ano de Fabricação:**      2021      **Código da inspeção:** VP003 INDUSTRIALIZADOS

**Código de Projeto:**      Asme VIII Divisão 01 – Ed 2017

# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## LOCALIZAÇÃO

**EMPRESA:** MARFRIG GLOBAL FOODS  
**SETOR:** INDUSTRIALIZADOS - UTILIDADES  
**ENDEREÇO:** ROD. BR 267      KM 35      CEP 79.780-000  
**CIDADE:** Bataguassu  
**BAIRRO:** Zona Rural  
**ESTADO:** Mato Grosso do Sul (MS)  
**CNPJ:** 03.853.896/0027-89



## **TIPO DE INSPEÇÃO EXECUTADA**

13.5.4.1 Os vasos de pressão devem ser submetidos a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária.

**INICIAL**

**PERIÓDICA**

**EXTRAORDINARIA**

### **Procedimento de Inspeção Adotado:**

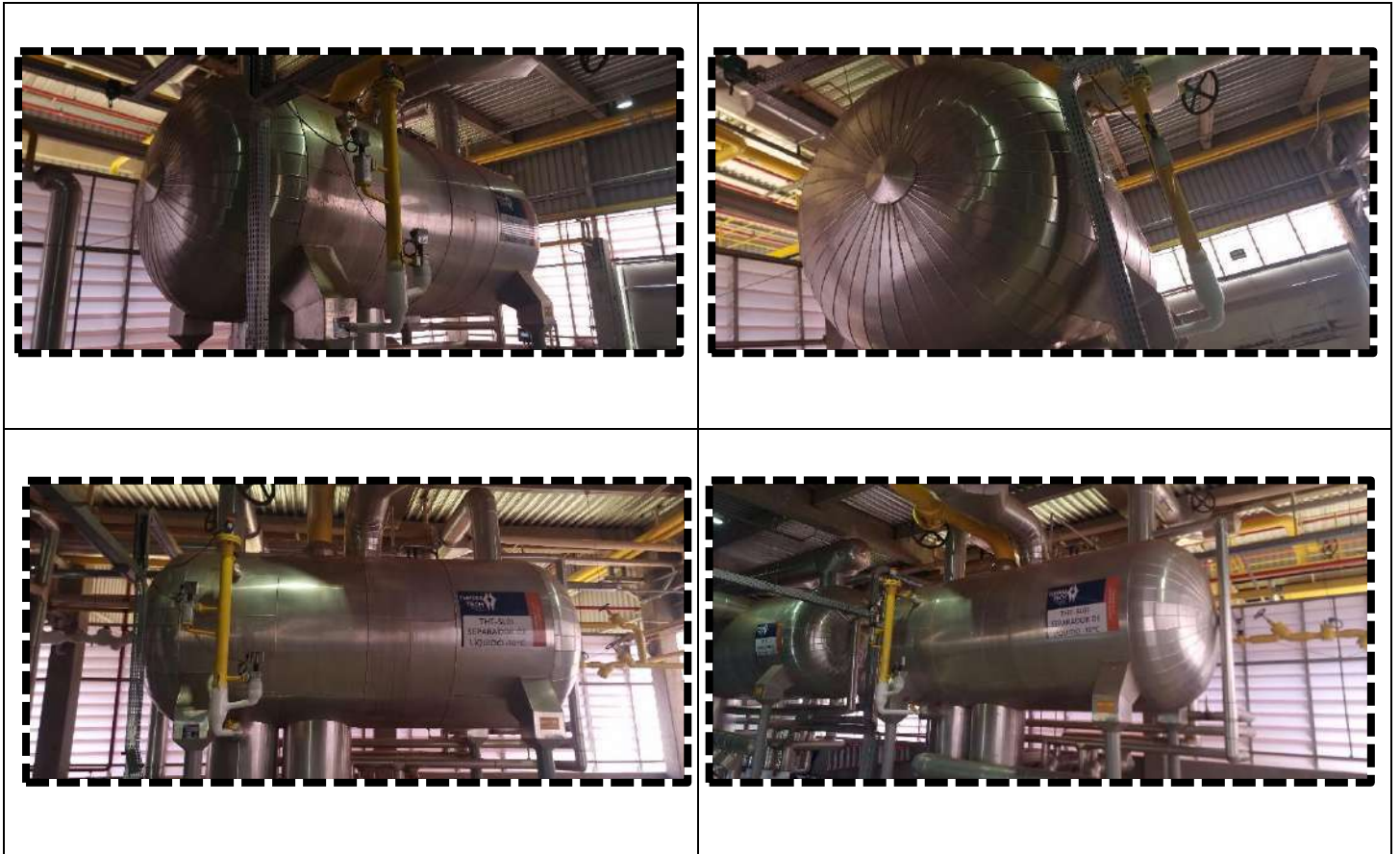
- Análise de Conformidade da Documentação do Equipamento com a Norma Regulamentadora N° 13 M.T.E Portaria GM n° 3214 de 08 de junho de 1978, e suas respectivas portarias e atualizações.
- Condições físicas do vaso/ dispositivos de segurança.
- Exame visual externo: Identificação de defeitos físicos facilmente visíveis como trincas, alterações de acabamento superficial, soldas pobres etc.
- Análise da espessura das chapas e dispositivos de construção: Verificação da espessura das chapas que estruturam o equipamento por meio de medição ferromagnética.
- Análise em local de instalação do equipamento: Verificação direcionada para o local onde o equipamento se encontra instalado.

# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## *ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO*

<b>Exigência Normativa NR 13.5.1.5</b>	<b>Status</b>
Prontuário do Vaso de Pressão	<b>SIM</b>
Registro de Segurança	<b>SIM</b>
Comprovação documental de teste hidrostático	<b>SIM</b>
Projeto de Alteração ou Reparo	<b>NÃO APLICÁVEL</b>
Relatório de Inspeção	<b>SIM</b>
Certificados de Calibração dos Dispositivos de Segurança	<b>SIM</b>

RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA  
*VISTA FOTOGRÁFICA DO EQUIPAMENTO*



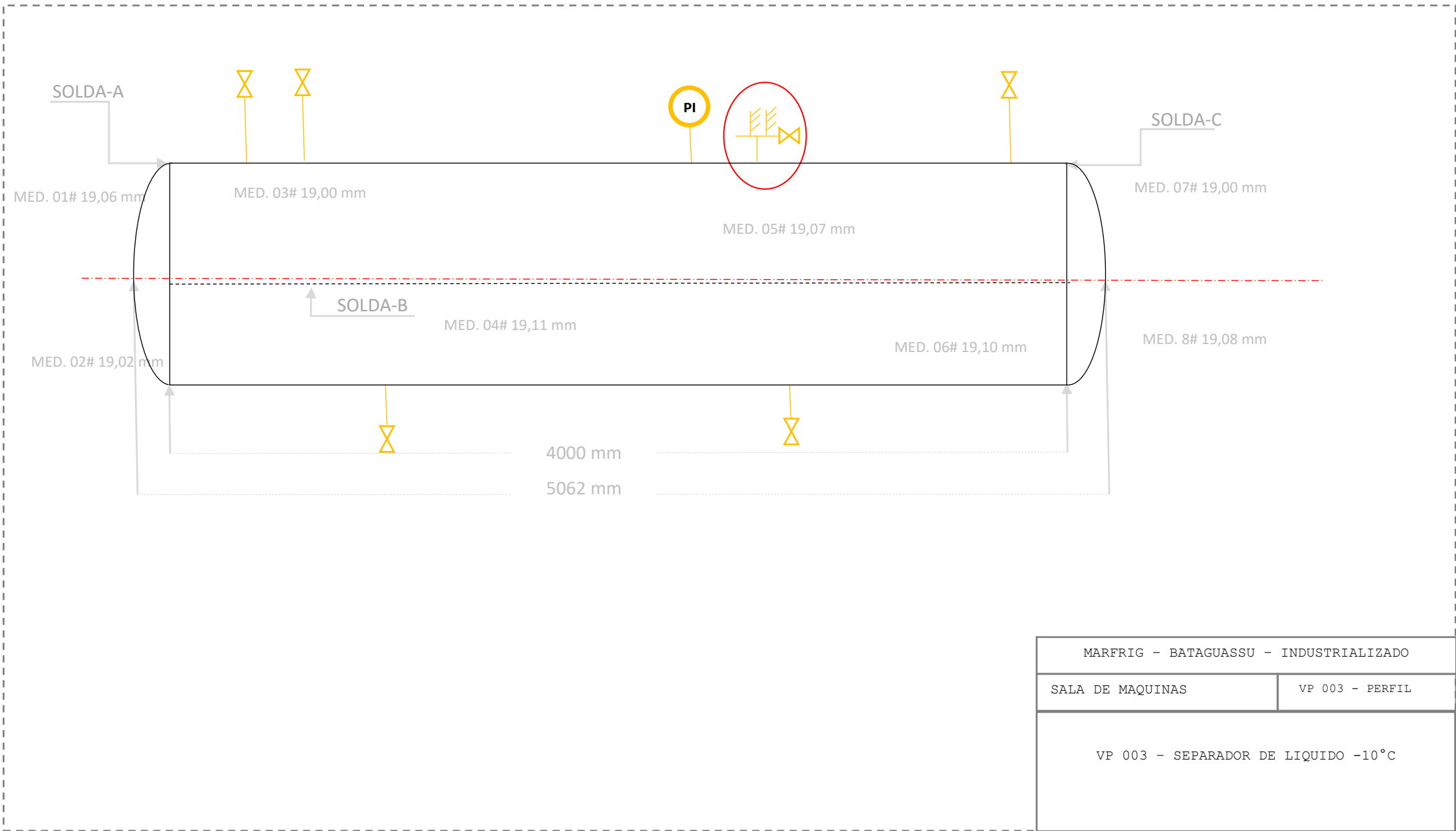
# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## EXAME VISUAL EXTERNO

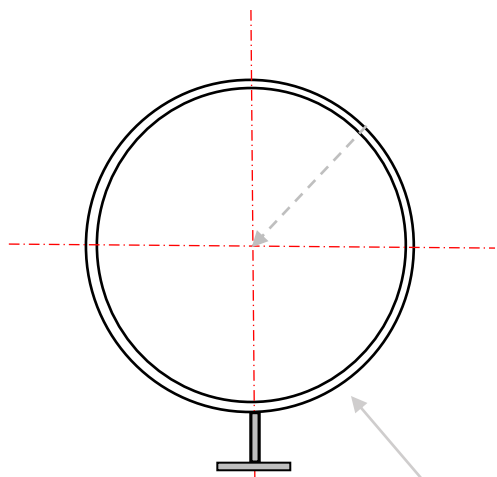
INSPEÇÃO EXTERNA						
(A)APROVADO (R)REPROVADO (NE)NÃO EXISTENTE (NA)NÃO APLICÁVEL		A	R	NE	NA	OBSERVAÇÕES/COMENTÁRIOS
ITENS VERIFICADOS		A	R	NE	NA	
01	ALINHAMENTO	X				SEM OBSERVAÇÕES
02	PRUMO	X				
03	S.P.D.A	X				
04	BARREIRA DE CONTENÇÃO				X	
05	ESTRUTURAL PISO/FUNDAÇÃO	X				
06	SUPORTAÇÃO	X				
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				

# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## LAY OUT



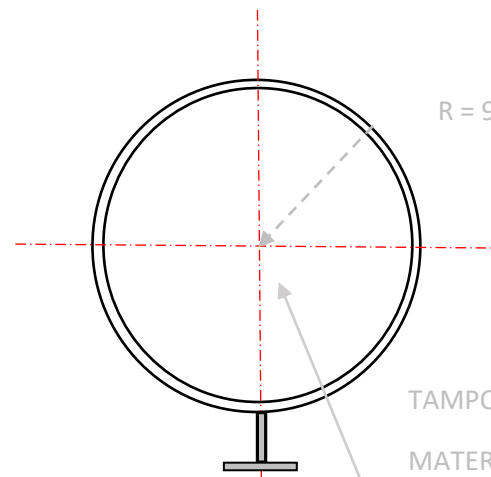
# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA



COSTADO

MATERIAL DA CHAPA DE AÇO

ASTM-A 516 17 70 ESPESSURA NOMINAL 19,05 mm



R = 950,00 mm

TAMPO

MATERIAL DA CHAPA DE AÇO

ASTM-A 516 17 70 ESPESSURA NOMINAL 19,05 mm

MARFRIG - BATAGUASSU - INDUSTRIALIZADO

SALA DE MAQUINAS

VP 003 - PERFIL

VP 003 - SEPARADOR DE LIQUIDO -10°C

# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## Tabela de leituras

Ponto	Espessura Nominal	Espessura Mínima	Espessura Medida
<b>MED.01</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,06 mm
<b>MED.02</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,02 mm
<b>MED.03</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,00 mm
<b>MED.04</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,11 mm
<b>MED.05</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,07 mm
<b>MED.06</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,10 mm
<b>MED.07</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,00 mm
<b>MED.08</b>	19,05 mm	14,043 mm	19,08 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

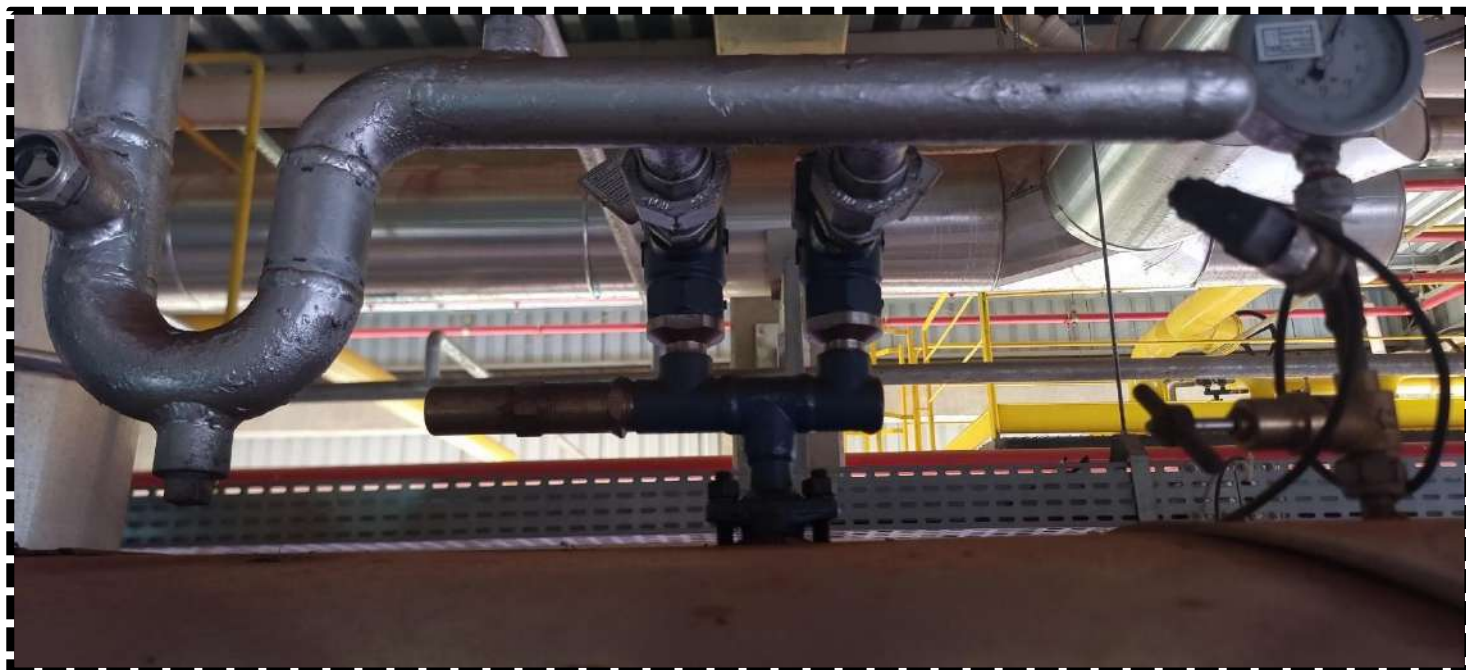
ACCURACY:  $\pm(1\%H=0,1)$  mm

MENOR MEDIÇÃO: 0,01 mm

**DISPOSITIVO DE ALIVIO E SEGURANÇA**

OPERANTE

INOPERANTE



**DISPOSITIVO DE SEGURANÇA INSTALADO NO VASO DE PRESSÃO**

<b>TIPO DE DISPOSITIVO</b>		VALVULA DE SEGURANÇA	
<b>FABRICANTE</b>		VALVUGÁS	
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>		PSV-SL-01 A	
<b>CONEXÃO ENTRADA</b>	3/4"	<b>CONEXÃO SAÍDA</b>	1"
<b>PRESSÃO DE ABERTURA</b>		16,0kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>DATA DA CALIBRAÇÃO</b>		04/02/2024	

**DISPOSITIVO DE SEGURANÇA INSTALADO NO VASO DE PRESSÃO**

<b>TIPO DE DISPOSITIVO</b>		VALVULA DE SEGURANÇA	
<b>FABRICANTE</b>		VALVUGÁS	
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>		PSV-SL-01B	
<b>CONEXÃO ENTRADA</b>	3/4"	<b>CONEXÃO ENTRADA</b>	1"
<b>PRESSÃO DE ABERTURA</b>		16,0kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>DATA DA CALIBRAÇÃO</b>		04/02/2024	

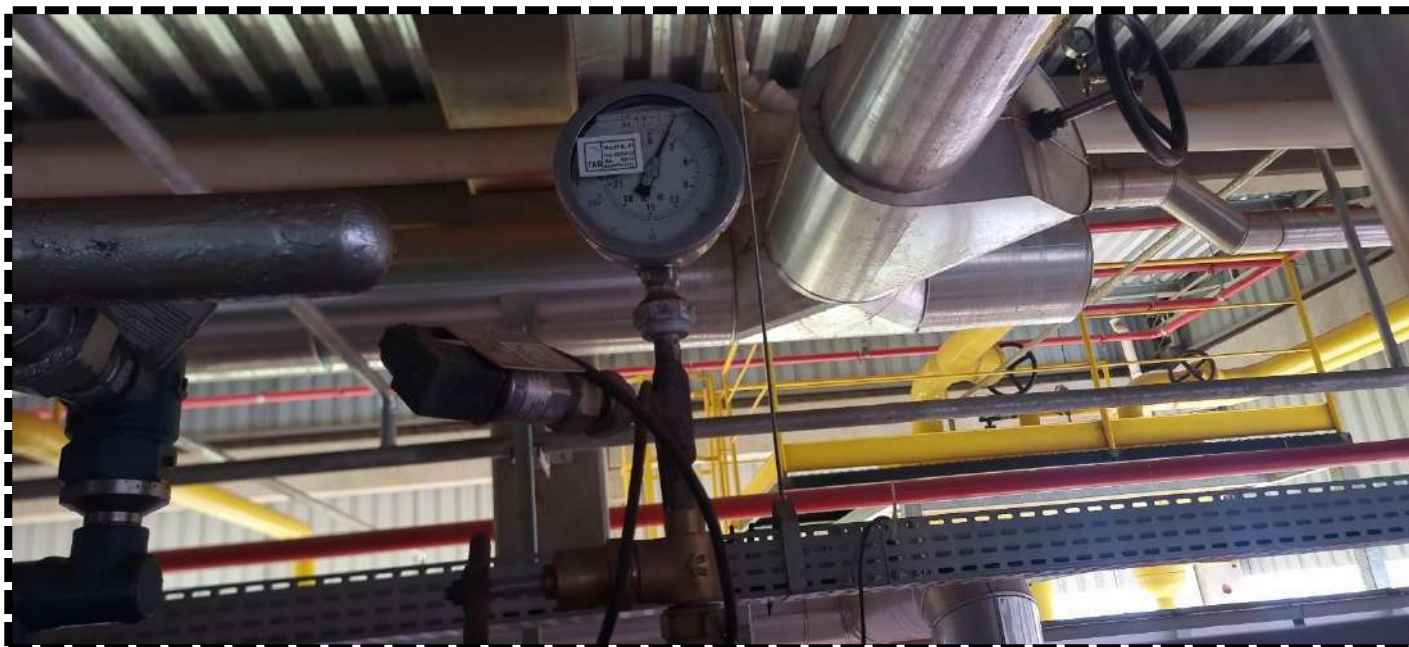
**DISPOSITIVO DE LEITURA DA PRESSÃO**



**OPERANTE**



**INOPERANTE**




**DISPOSITIVO DE LEITURA DE PRESSÃO INSTALADO NO VASO DE PRESSÃO**

<b>TIPO DE DISPOSITIVO</b>		MANOVACUÔMETRO	
<b>FABRICANTE</b>		THERM TECH	
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>		PI-DL-01	
<b>CONEXÃO ENTRADA</b>	1/2	<b>CONEXÃO SAÍDA</b>	5"
<b>ESCALA</b>		-1 á 12 kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>DATA DA CALIBRAÇÃO</b>		13/01/2024	

# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DO VASO

		R. Adílio Guilherme da Silva, 215 C Santa Fé - Casas da Sul / RS www.thermtech.com.br +55 54 3087 0473	
CLIENTE:	Marfrig Global Foods		
EQUIPAMENTO:	Separador de Líquido Horizontal		
MODELO:	TCSLH-10 Ø1900x4000		
FABRICANTE:	Therm Tech Refrigeração Industrial		
NORMA PROJETO:	ASME VIII DIV.1		
NORMA REGULAMENTADORA:	NR13	TEMP. OPERAÇÃO:	-10 °C
PRESSÃO PROJETO:	15,7 Bar	TEMP. PROJETO:	-50 °C
PRESSÃO DE TESTE:	29,4 Bar		
PMTA:	15,3 Bar		
FLUIDO:	Amônia (NH3)	DATA FAB.:	10/2021
CLASSE/ CATEGORIA / GRUPO:	A / II / 3	DIMENSÕES:	Ø1900x4000 mm
VOLUME:	13,16m³	Nº THT:	THT 1174
PESO VAZIO:	6250 Kg	NÚMERO SÉRIE:	1174-01
CÓDIGO PROJETO:	160075		

**ANÁLISE DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO**

<b>Requisitos de Instalação do Vaso de Pressão NR 13 Item 13.5.2.2</b>	<b>Existência dos requisitos citados</b>
Dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas e dispostas em direções distintas;	<b>SIM</b>
Dispor 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;	<b>SIM</b>
Dispor de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas;	<b>SIM</b>
Dispor de iluminação conforme normas oficiais vigentes;	<b>SIM</b>
Possuir sistema de iluminação de emergência.	<b>SIM</b>

**DATA DE REALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO**

INICIO: 25/11 /2024

TÉRMINO: 25/11/2024

**PARECER TÉCNICO**

De acordo com as inspeções e aferimentos citados acima o equipamento está **apto** a operar dentro das condições de projeto exceto se existir possíveis alterações sem a prévia comunicação ao inspetor responsável citado neste relatório.

# RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA

## PRÓXIMA INSPEÇÃO

NR 13 Item 13.4.5 alínea “a”

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

Portanto fica estabelecido que a próxima inspeção periódica do vaso deve ser realizada até a data:

**MÊS**

**NOVEMBRO**

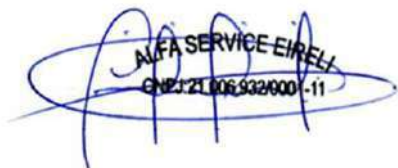
**ANO**

**2026**

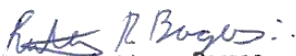
### RECOMENDAÇÕES GERAIS

1. Manter operadores treinados de acordo com o anexo 01 da NR 13.
2. Manter plano de manutenção preventiva do vaso.

Responsabilidade Técnica  
Alfa Service Eireli - ME  
21.006.932/0001-11



ART - Supervisão/Coordenação  
Renato Rodrigues Borges  
Engenheiro Mecânico  
Crea 1008294713D-GO  
RNP: 1008294713

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

Bataguassu, 27 de Novembro de 2024

**ANEXO 01- EQUIPAMENTO PADRÃO**

Laboratório de Metrologia

**Certificado de Calibração****0550-2763**

Pag. 01/01

**1- CONTRATANTE:** ALFA SERVICE EIRELI  
**ENDEREÇO:** Rua Nicanor de Faria, SN - Quadra 21, lote 15, piso 1 - Itaberai/GO  
**SOLICITANTE:** O mesmo  
**ENDEREÇO:** O mesmo

**2- INSTRUMENTO:** MEDIDOR DE ESPESSURA POR ULTRASSOM **Número de Série:** H21569637  
**Marca:** Metrotokyo **Faixa de Medição:** 1,0 à 225 mm  
**Modelo / Código:** MTK-1310 NEW **Menor Divisão:** 0,01 / 0,1 mm  
**Identificação:** Não Consta **Ordem de Serviço:** 0550/27

**3- Procedimento de Calibração:**  
 A realização da calibração foi baseada em nosso procedimento interno: QPCA-066 Rev.: 01 o qual possui referências as normas aplicáveis e vigentes ao instrumento supra citado.

**4- Padrão(ões) de Referência Utilizado(s):**

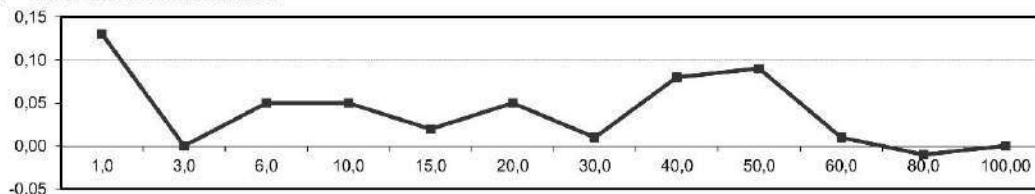
DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	CERTIFICADO Nº	ÓRGÃO CALIBRADOR	VALIDO ATÉ
Jogo de Blocos Padrão	MTK-10 A e MTK-10 B	859/22	LAB CAL 0158	08/2025

**5- Resultados (mm) :**

GRANDEZA DIMENSIONAL						
Indicação no Padrão	Indicação no instrumento	Erro Sistemático	Incerteza ( $\pm$ )	Erro Total	Crítério Cliente	Situação
1,0	1,13	0,13	0,01	0,14	-	-
3,0	3,00	0,00	0,01	0,01	-	-
6,0	6,05	0,05	0,01	0,06	-	-
10,0	10,05	0,05	0,01	0,06	-	-
15,0	15,02	0,02	0,01	0,03	-	-
20,0	20,05	0,05	0,01	0,06	-	-
30,0	30,01	0,01	0,01	0,02	-	-
40,0	40,08	0,08	0,01	0,09	-	-
50,0	50,09	0,09	0,01	0,10	-	-
60,0	60,01	0,01	0,01	0,02	-	-
80,0	79,99	-0,01	0,01	0,02	-	-
100,00	100,00	0,00	0,01	0,01	-	-

**6- Incerteza de Medição:** Conforme Tabela Acima:

"A incerteza declarada é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência  $k = 2,00$  para nível de confiança de aproximadamente 95%."

**7- Gráfico dos Erros Sistemáticos:****8- Condições Ambientais Durante a Calibração:**

Temperatura:  $20 \pm 1$  °C Umidade relativa do ar: < 80 %UR

**9- Outras Informações:**

Local da Calibração: Metrotokyo  Solicitante   
 Data de Recebimento: 10/05/24  
 Data da Calibração: 10/05/24  
 Próxima Calibração: 05/2025

*Eduardo Kalinichenko*  
 Eduardo Kalinichenko  
 Responsável Técnico

Este certificado é válido exclusivamente para o objeto verificado, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares. Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação por escrito deste laboratório.

## 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 25/11/2024.

**Constatando-se a condição segura de operação segundo critérios da NR 13 (Norma Regulamentadora 13) publicada na portaria MTb 3214\78 M.T.E e critérios de segurança físicos da instalação sob responsabilidade técnica da empresa Alfa Service.**

O relatório da inspeção será entregue ao proprietário e\ou responsável do vaso obedecendo ao item **13.3.8**

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: NOVEMBRO DE 2026**

INSPEÇÃO REALIZADA  
ALFA SERVICE  
Renato Rodrigues Borges  
REGISTRO 1008294713D

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

*Segunda Feira, 25 de Novembro de 2024*

# PRONTUÁRIO NR13

**THERM  
TECH**<sup>®</sup>

Soluções em  
sistemas térmicos.



Rua Adálio Guilherme da Silva, 215C  
Bairro Santa Fé . Caxias do Sul . RS . Brasil  
CEP 95047-043 . Fone +55 54 3067 0473

[tht@thermtech.com.br](mailto:tht@thermtech.com.br)

  [thtrefrigeracao](#)

## PRONTUÁRIO NR13

**EMPRESA:** Therm Tech Refrigeração Industrial Ltda

**ENDEREÇO:** Rua Adálio Guilherme da Silva, Nº 215 – C

**BAIRRO:** Santa Fé / 95.047-043 Caxias do Sul / RS

**TEL:** (54) 30670473

**SITE:** [www.thermtech.com.br](http://www.thermtech.com.br)

**GESTÃO DE PROJETO:** Thamires Damo

E-mail: [thamires@thermtech.com.br](mailto:thamires@thermtech.com.br)

**ENGENHEIRO DE PROJETO:** Renato Kovaleski

E-mail: [renato@thermtech.com.br](mailto:renato@thermtech.com.br)

**Gestão de Documentos:** Juliana Gonçalves Almeida

E-mail: [juliana.almeida@thermtech.com.br](mailto:juliana.almeida@thermtech.com.br)

**Cliente:** MARFRIG GLOBAL FOODS

**Cidade:** Bataguassu

**UF:** MS

**Nº Projeto:** THT.001.174

**Ano:** 2022

Caxias do Sul, 24 de outubro de 2022.

## APRESENTAÇÃO

Prezado (s),

É com satisfação que a **Therm Tech Refrigeração Industrial** apresenta, por meio deste, o prontuário NR13 Separador de líquido horizontal TCSLH10.

Buscando atender as normas existentes no mercado brasileiro, dispomos dentro do sistema da gestão de qualidade, promover as soluções completas em refrigeração de processos industriais atendendo da melhor forma nossos clientes e fornecedores através de tecnologia em soluções de sistemas térmicos.

## Anexo

Nesse prontuário encontra-se documentos, manuais, fichas técnicas, bem como os desenhos e memorial de cálculo que fazem parte do projeto, anexo de equipamentos de fornecedores e alguns manuais podem estar na língua inglesa devido ao fato de fornecedores não possuírem os tradução na língua portuguesa.

Atenciosamente,  
Equipe Therm Tech.

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	.....
Anexo .....	.....
SEPARADOR DE LÍQUIDO HORIZONTAL TCSLH10.....	.....
NOTA THERM TECH .....	.....
ANOTAÇÕES .....	.....

# SEPARADOR DE LÍQUIDO HORIZONTAL

## 1. Informações do equipamento

Projeto..... VASOS - THERMTECH  
Identificação do vaso..... TCSLH - 10 - Ø1900X4000  
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 Tanque Metálicos de Armazenamento

Ministério do Trabalho e Emprego

### Publicação

Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978

### Alterações / Atualizações

Portaria SSMT n.º 12, de 06 de junho de 1983

Portaria SSMT n.º 02, de 08 de maio de 1984

Portaria SSST n.º 23, de 27 de dezembro de 1994

Portaria SIT n.º 57, de 19 de junho de 2008

Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014

Portaria MTb n.º 1.084, de 28 de setembro de 2017

Portaria MTb n.º 1.082, de 18 de dezembro de 2018

### 2.1. Escopo

Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

- todos os equipamentos enquadrados como caldeiras conforme item 13.4.1.1 e 13.4.1.2;
- 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 m<sup>3</sup>;
- vasos de pressão que contenham fluido da classe A, especificados na alínea "a" do subitem 13.5.1.2, independente das dimensões e do produto P.V;
- recipientes móveis com P.V superior a 8 (oito) ou com fluido da classe A, especificado na alínea "a" do subitem 13.5.1.2.
- tubulações ou sistemas de tubulação conectados a caldeiras ou vasos de pressão, de acordo com os itens 13.4.1.2 e 13.5.1.2, contendo fluidos de Classe A ou B de acordo com o item 13.5.1.2 a) da NR-13;
- tanques metálicos de superfície para armazenamento e estocagem de produtos finais ou de matérias primas, não enterrados e com fundo apoiado sobre o solo, com diâmetro externo maior do que 3 m (três metros), capacidade nominal maior do que 20.000 L (vinte mil litros), e que contenham fluidos de classe A ou B, conforme a alínea "a" do subitem 13.5.1.2 da NR-13.

### 2.2. Classificação do vaso

Pressão máxima de operação ..... P = 1343,5 kPa  
 Volume interno ..... V = 13,163 m<sup>3</sup>  
 Produto P.V. (kPa.m<sup>3</sup>)..... PV = 17685 kPa.m<sup>3</sup>  
 P.V. > 8 kPa.m<sup>3</sup>?..... Sim  
 Classe do fluido ..... A  
 A NR 13 deve ser aplicada? ..... Sim  
 Grupo pontencial de risco ..... GR = 3  
 Categoria do vaso ..... II

### 2.3. Intervalos 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-B) é mandatório? ..... Sim

A operação de unidades que possuam vasos de pressão de categorias I ou II deve ser efetuada por profissional capacitado conforme item B do Anexo I desta NR.

### 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 a ser fornecido pelo fabricante, de acordo com o item 13.5.1.6 a);
- b) Registro de Segurança em conformidade com o subitem 13.5.1.8;
- c) projeto de alteração ou reparo em conformidade com os itens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;
- d) relatórios de inspeção em conformidade com o item 13.5.4.14;
- e) certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável.

## 2.6. Dados obrigatórios da placa de identificação da NR 13

Fabricante.....

Número de identificação do fabricante .....

Ano de fabricação..... = 0

Pressão máxima de trabalho admissível ..... PMTA = 15,626 kgf/cm<sup>2</sup>

Teste hidrostático de fabricação ..... P<sub>t</sub> = 20,314 kgf/cm<sup>2</sup>

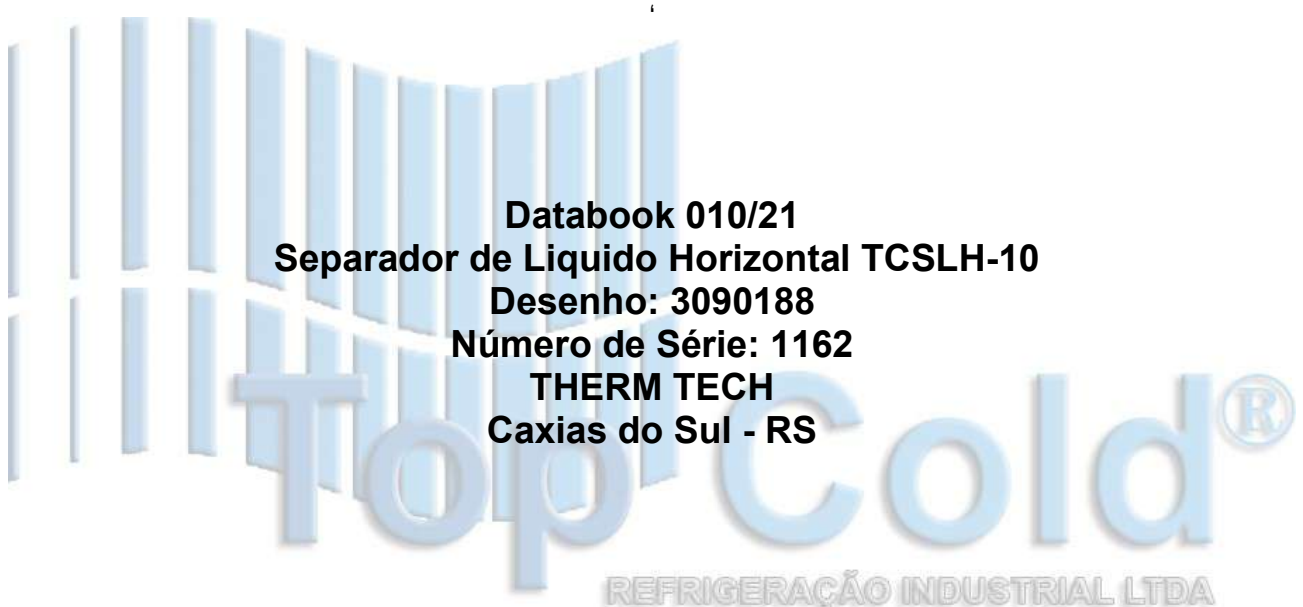
Código de projeto e ano de edição ..... Edição 2017

Categoria do vaso..... II

**A pressão do teste hidrostático a ser estampada na placa de identificação da NR-13 é a pressão hidrostática de fabricação.**

# ANÁLOGO.

Sapucaia do Sul, Novembro de 2021.



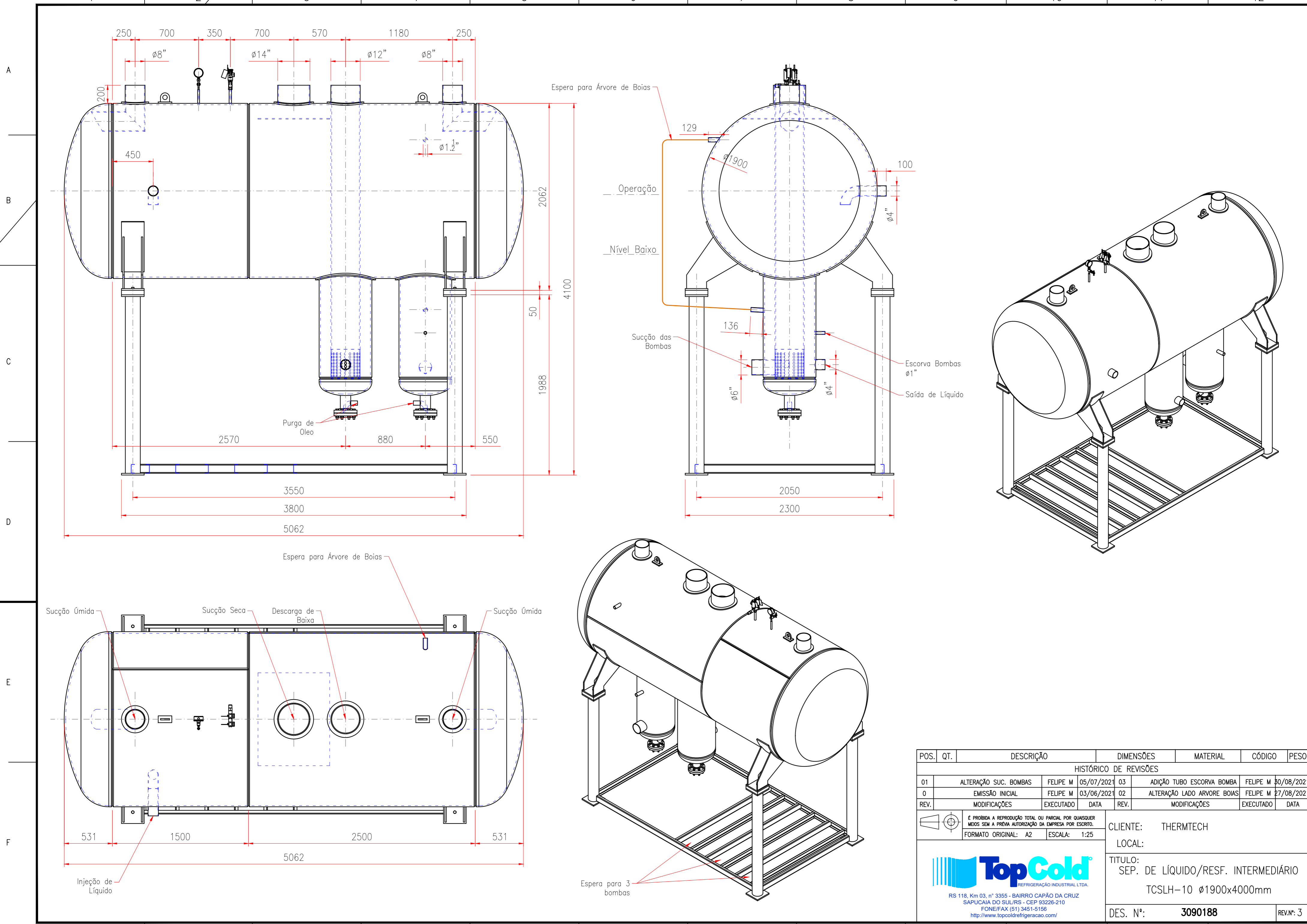
**Databook 010/21**  
**Separador de Líquido Horizontal TCSLH-10**  
**Desenho: 3090188**  
**Número de Série: 1162**  
**THERM TECH**  
**Caxias do Sul - RS**

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



POS.	QT.	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES	MATERIAL	CÓDIGO	PESO
HISTÓRICO DE REVISÕES						
01		ALTERAÇÃO SUC. BOMBAS	FELIPE M	05/07/2021	03	ADIÇÃO TUBO ESCORVA BOMBA
0		EMISSION INICIAL	FELIPE M	03/06/2021	02	ALTERAÇÃO LADO ARVORE BOIAS
REV.		MODIFICAÇÕES	EXECUTADO	DATA	REV.	MODIFICAÇÕES

É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL POR QUASQUER MEIOS SEM A PREVIA AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA POR ESCRITO.  
 FORMATO ORIGINAL: A2 ESCALA: 1:25

CLIENTE: THERMTECH  
 LOCAL:  
 TÍTULO:  
 SEP. DE LÍQUIDO/RESF. INTERMEDIÁRIO  
 TCSLH-10 Ø1900x4000mm

DES. N°: **3090188** REV. N°: 3



## **2.0. Certificado de matéria prima**

**USIMINAS**  
 USINAS SIDERURGICAS DE MINAS GERAIS S.A.  
 USINA INT'NDENTE CAMARA - IPTINGAMG/BRASIL  
 SEDE: BEL'OHORIZONTE - MG - BRASIL  
 R. PROF. JOSE VIEIRA DE MENDONÇA, 3011  
 BARRIO ERECHIM NOGUEIRA - CP 800 - CEP: 31310-280  
 CNPJ Nº 07.093.848/0001-91  
 CNPJ Nº 07.093.848/0002-12  
 CNPJ Nº 07.093.848/0003-12

**CERTIFICADO DE INSPEÇÃO**  
 INSPECTION CERTIFICATE  
 CHAPA GROSSA DO LCG  
 STEEL PLATE

Cliente-Customer: **BENAFERS S A COMERCIO E INDUSTRIA**  
 Tolerâncias - Tolerances  
 Espessura-Thickness  
 Largura-Width  
 Comprimento-Length

Nota Fiscal  
 Commercial Invoice  
 Data de Emissão  
 Date of Issue  
 D 000121094 1  
 08/06/2020  
 Ordem de Venda  
 Sale Order  
 N° Certificado  
 Certificate N°  
 00494862  
 7  
 5318399

**Qualidade - Steel**  
 ASTM-A516-17-70

Dimensões Nominais - Nominal Dimensions  
 16,00 x 2440,0 x 12000 mm

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

Folha - Sheet = 1  
 Aparência Superficial - Surface Appearance  
 SUPERFICIE COMERCIAL  
 COMMERCIAL SURFACE

Placa Volume  
 Slab Package  
 251 850082080

Pecas Por Volume  
 Pieces per Packages  
 1 3990

Corrida Amostra  
 Heat Sample  
 536601 56157378

Pecas-Pieces = 1

Massa Líquida  
 Gross Mass  
 3990

Massa Bruta  
 Gross Mass  
 3990

Massa Líquida Real Total-Total Actual Net Mass = 3,990 t  
 Massa Bruta Real Total-Total Actual Gross Mass = 3,990 t

Ensaio de Tração - Tensile Test

Amostra Pos Dir LR IR LE/LR(%) AL(%)  
 Sample BB C 375 530 71 27

YS/TS E1  
 56157378

Unitade-Unit = N/mm²  
 Método de Ensaio IR-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

536601 P 0,22 0,19 1,00 0,020 0,003 0,038 0,00 0,002 0,002 0,002 0,02 0,01 0,00 0,001 0,0039 0,005 0,0002 0,0017 0,002 0,003

Condição de Fornecimento - Supply Condition

COMO LAMINADO - AS ROLLED

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 Aluminium

Abreviaturas - Abbreviations

LR = Limite de Escoramento - 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

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 Aluminium

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 Aluminium

Sistema de Gestão Certificado pelas normas:  
 Management System certified according to the standards:  
 ISO 9.001  
 ISO 14.001  
 IATF 16.349  
 OHSAS 18.001

Produto Conforme  
 RAHS&ELY  
 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 CONTEUDO LOCAL N° 003-05-00357/2016 DNV.GL.

Observações - Remarks  
 RS 05/2020  
 FDS - Ficha de Dados de Segurança do Produto, disponível na Extranet da Usiminas  
 MSDS - Material Safety Data Sheet available at Usiminas Extranet

Helber Luiz Oliveira Ribeiro  
 helber.ribeiro@usiminas.com  
 +55 031 3829-3215

GERENTE GERAL CONTROLE INTEGRADO DE QUALIDADE  
 INTEGRATED QUALITY CONTROL GENERAL MANAGER

VISTORADOR  
 SURVEYOR

**USIMINAS**  
**USINAS SIDERURGICAS DE MINAS GERAIS S.A.**  
 USINA INTENDENTE CAMARA - IPATINGA/MG-BRASIL  
 SEDE: BELO HORIZONTE - MG - BRASIL  
 R. PROF. JOSE VIEIRA DE MENDONÇA, 3011  
 CEP: 31.270-900  
 CNPJ: 00.298.740/0002-88  
 INSCRIÇÃO ESTADUAL: 31.300.022.0120

**CERTIFICADO DE INSPEÇÃO**  
**INSPECTION CERTIFICATE**  
 CHAPA GROSSA DO LCG  
 STEEL PLATE

Cliente-Customer: **BENAFER S A COMERCIO E INDUSTRIA**  
 Tolerancias - Tolerances  
 Espessura-Thickness  
 Largura-Width  
 Comprimento-Length

Nota Fiscal  
 Commercial Invoice  
 Data de Emissão  
 Date of Issue  
**D 000121021 1**  
**08/06/2020**

A Usiminas certifica que os produtos discriminados foram fabricados no Brasil pelo processo de oxigênio básico (LD), analisados e analisados de acordo com as especificações técnicas aplicáveis. A Usiminas disponibiliza, através do endereço eletrônico <http://certificacao.usiminas.com.br> o certificado de origem e o certificado de verificação da autenticidade dos certificados de seus produtos. Para sua segurança, recomendamos a utilização desse recurso. Usiminas certifica 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://certificacao.usiminas.com.br> the certificate of origin and the certificate of verification of the authenticity of Usiminas data, recommending the use of such tool for customer's safety.

Qualidade - Steel  
**ASTM-A516-17-70**  
 Dimensões Nominais - Nominal Dimensions  
**16.00 x 2440,0 x 12000 mm**  
 Borda - Edge / Oleamento - Oiling  
**NAO APARADA E NAO OLEADA**  
 MILL EDGE AND DRY  
 Folha - Sheet = 1  
 Área Superficial - Surface Appearance  
**COMERCIAL SURFACE**

Placa Volume Slab	Package	Pieces per Packages	Net Mass	Gross Mass	Corrida Amostra Heat	Sample	Placa Volume Slab	Package	Pieces per Packages	Net Mass	Gross Mass	Corrida Amostra Heat	Sample
251	8500821091	1	3970	3970	536601	56157378	252	850082122	1	3960	3960	536601	56157380

Massa Líquida Real Total-Actual Net Mass = **11.890 t**  
 Massa Bruta Real Total-Actual Gross Mass = **11.890 t**  
 Peças-Pieces = **3**  
 Volumes = **3**

Amostra Sample	Pos	Dir	IE	LR	LE/LR(%)	AL(%)
56157378	BB	C	375	530	71	27
56157380	BB	C	385	530	73	29

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

Corrida Análise Heat Analysis	C	SI	Mn	P	S	AL	Cu	Nb	V	Ti	Ce	Ni	Mo	Sn	N	As	B	Ca
536601	P	0,22	0,19	1,00	0,020	0,003	0,038	0,00	0,002	0,002	0,02	0,01	0,00	0,001	0,0039	0,005	0,0002	0,0017

Condição de Fornecimento - Supply Condition  
 COMO LAMINADO - AS ROLLED

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

**Abreviaturas - Abbreviations**  
 LE = Limite de Escorcamento - 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-Fladle

Sistema de Gestão Certificado pelas normas:  
 Management System certified according to the standards:  
 ISO 9.001  
 ISO 14.001  
 IATF 16.949  
 OHSAS 18.001

Produto Conforme  
 ROHS&ELV  
 Compliant Product

Produto 100% Reciclável  
 100% Recyclable Product

Certificado de 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 kgq/kg. We certify that this material has been inspected and the radiation level is less than 1 Kbg/Kg.  
 Conteúdo Local de 100% conforme CERTIFICADO DE CONTEUDO LOCAL N° 003-06-00357/2016 DNV.GL.

**Observações - Remarks**  
 RS 05 / 2020  
 FDS - Ficha de Segurança do Produto, disponível na Extranet da Usiminas  
 MSDS - Material Safety Data Sheet available at Usiminas Extranet

Helber Luiz Oliveira Ribeiro  
 helber.ribeiro@usiminas.com  
 +55 031 3829-3215

GERENTE GERAL CONTROLE INTEGRADO DE QUALIDADE  
 INTEGRATED QUALITY CONTROL GENERAL MANAGER

VISTORADOR  
 SUPERVISOR

### **3.0. Certificado de Insumos**



# INSPECTION CERTIFICATE

in accordance with EN 10204 - 3.1

Date: 2021-11-18

Certificate number: EC26623915 rev. 0

Our order:

Your order:

Our reference:

Your reference:

Customer number: NA

Your fax number:

Customer order date:

Your e-mail:

Invoice address

Receiver of certificate

Delivery address

NA

## DELIVERED PRODUCT

Brand: ESAB  
Description: OK Autrod 12.10 2.5mm 30kg  
Item number: **1210252800**  
Lot number: **PVV17047708**  
Quantity:

## CHEMICAL ANALYSIS

Wire/strip

Auxiliary:

C	0.07%
Si	0.07%
Mn	0.46%
P	0.011%
S	0.015%
Cr	0.04%
Ni	0.03%
Mo	0.01%
Cu	0.07%

## CLASSIFICATIONS

SFA/AWS A5.17: EL12  
EN ISO 14171-A: S1

## COMMENTS

Product supplied under a QA Programme fulfilling the EN ISO 9001 standard.

This certificate is produced electronically and is valid without signature.

Please refer any queries to:

**ESAB ROMANIA TRADING SRL, Str. Polona, Nr. 68-72 , Etaj 2, Sector 1, Bucharest, Romania**

Validation

Josef Moravek

Quality Manager

**Produto :** OK FLUX 10.71 SACO 25KG

*Product/Product*

**Lote :** VT135F6628

*Heat Number/Produccion*

**Data de Produção :** 31.08.2021

*Date/Fecha de Produccion*

**Classificação :**

*Classification/Clasificación*

AWS A5.17-07 ASME SFA5.17/ 2019 F6A2-EL12 F6P2-EM12K F7A4-EM13K F7A4-EM12K F7A2-EM12K F7A5-EM12K

AWS A5.23-07 ASME SFA5.23/ 2013 F8A4-EA3-A3 F10A4-EF6-F6 F7A5-EH12K F7P5-EH12K

**Corpos de Prova de Metal Depositado**

*All-Weld Metal Test Assemblies/Cuerpos de Prueba del Metal Depositado*

**Análise Química (%)**

*Chemical Analysis/Análisis Químico*

C	Si	Mn	P	S
0,055	0,380	1,260	0,005	0,010
	Al	Cu	Umidade 1000° - Karl Fisch	
	0,023	0,055	0,019	

**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	0,250	9,630	35,400	82,240
		# 60		
		98,500		

**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



# WI M 76 - ER 70S 6

AWS/ASME SFA. 5.18 ER 70S-6

**Weld-inox**  
Soldas Especiais

Separata Técnica de Produtos

Aço Carbono e Baixa L

## Descrição

Arame sólido cobreado para soldagem de aços ao carbono estruturais, com excelentes propriedades mecânicas. O depósito de solda possui ótimo acabamento, mesmo em soldagem de chapas onde a condição de limpeza não seja totalmente satisfatória.

## Aplicação

METAL BASE :

ASTM A 27 a A36,A 214,A 242 Gr. 1 a 5, A 266 Gr.1,2,4 ,A 283 Gr. A,B,C ,A 299 Gr.A,A 907 Gr. 30,33,36,40,API 5 L Gr. B ,X42-X56.

## Composição Química (%)

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
0,06-0,15	1,40-1,85	0,80-1,15	0,025 Máx.	0,035 Máx	0,15 Máx	0,15 Máx	0,15 Máx.	0,03 Máx.	0,50 Max.

## Propriedades Mecânicas

Resistência a tração (Mpa)	Alongamento (%)	Escoamento (Mpa)	Impacto
480 Mín	22 Mín	400 Mín	27J Mín -30°C

## Parâmetros de Soldagem

CURTO CIRCUITO			
Ø (mm)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	Vazão de gás (L/mín)
0,80	40-145	15-20	10-14
1,00	50-180	16-22	10-14
1,20	75-200	17-24	12-16
1,60	100-280	18-25	12-16

ARCO SPRAY			
Ø (mm)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	Vazão de gas, Info.
0,80	135-200	24-28	12-16
1,00	165-230	24-28	14-18
1,20	200-375	26-32	14-18
1,60	285-400	26-32	16-20

Gás Proteção
98% Argônio + 2% Oxigênio, 75% Argônio + 25% Co2
100% CO2

Amperagem irá variar dependendo da espessura da chapa e posição de soldagem. As informações contidas nesta separata são oferecidas apenas para o conhecimento do produto, por isto não deve ser considerada como garantia ou certificado. Estas informações poderão sofrer alterações sem aviso prévio. Rev. 01 data 31/03/2019

#### **4.0. Relatórios de Inspeção**

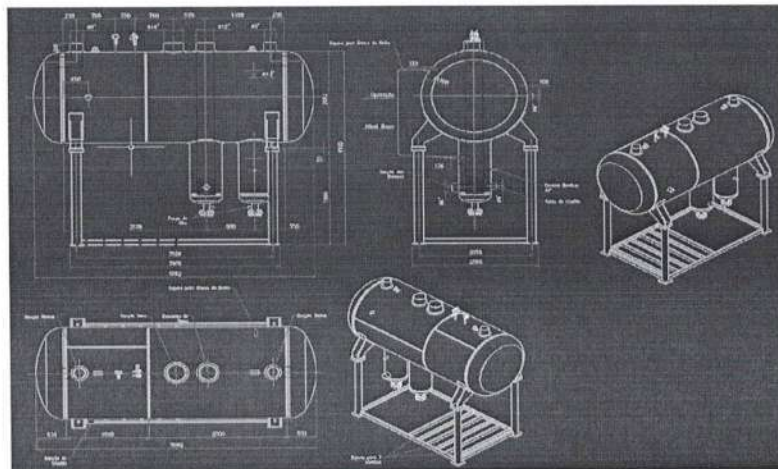
## RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE ESTANQUEIDADE

 REL N°: 10/21  
 FOLHA: 01/01  
 DATA: 06/10/2021

Equipamento:	Separador de Líquido Horizontal TCSLH-10	N° de Serie:	1162
Norma de Referencia:	N/A	Cliente:	THERM TECH
Processo de Soldagem:	SMAW-SAW	Temperatura:	Ambiente
Metal de Adição:	-	Espessura:	16mm
Metal de Base:	ASTM A516 GR70	Condição Superficial:	Escovada

Tipo de Ensaio:	<input type="checkbox"/> Pneumático	<input checked="" type="checkbox"/> Hidrostático
Pressão utilizada em Kgf/cm <sup>2</sup> :	<input checked="" type="checkbox"/> 24 Kgf/cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Outros: _____
Tempo mínimo de pressurização após correção de possíveis vazamentos:	<input type="checkbox"/> 30 min	<input checked="" type="checkbox"/> Outras Horas: <u>4 horas</u>

EQUIPAMENTO	OBSERVAÇÕES	LAUDO
Separador de Líquido	Teste sem nenhum reparo necessário.	APROVADO

**CROQUI**

**LEGENDA**

A - Aprovado

R - Reprovado

EC - Exame Complementar

LAUDO FINAL:

 APROVADO

 REPROVADO

 EXAME COMPLEMENTAR

INSPETOR RESPONSÁVEL



06/10/2021

ENGENHEIRO RESPONSÁVEL

**Marcelo Martins de Oliveira**  
 CREA/RS 195054  
 Engenheiro Mecânico

06/10/2021

FISCALIZAÇÃO

\_\_\_\_\_

## **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>

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

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

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

**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>
<b>Metal de Base 1:</b> <i>Base Metal 1</i>	ASTM A36	9,50	...	Arcerlormittal 81530001	1947386	...	...
<b>Metal de Base 2:</b> <i>Base Metal 2</i>	ASTM A36	9,50	...	Arcerlormittal 81530001	1947386	...	...

**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	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 sólido	...	...

**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>	Certificado <i>Certificate</i>
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. <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>
30°C	250°C	n.a	...	...	...	...	...	...	...	...

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

**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 <sup>2</sup> ) / Area (mm <sup>2</sup> )	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	...		...		...		
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 <sup>2</sup> ) / Area initial sample (mm <sup>2</sup> )	Área inicial da amostra (mm <sup>2</sup> ) / Area finishing sample (mm <sup>2</sup> )
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 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	...		...	
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:	...	
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
---	---	--	-------------------------





## 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/mm<sup>2</sup>.

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.



<b>ARCELORMITTAL BRASIL S.A.</b>		<b>Certificado de Qualidade / Mill Sheet / Quality Certificate</b>		Pag: 1 de 01									
Usina / Plant: ArcelorMittal Tubarão		Nº do pedido do cliente / Buyer ref. No: 13		Nº do certificado / Certificate 000081530001									
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) 3348-1492/3348-2271		Nº do pedido do consumidor / Customer Ref. No: 42071348		Data de emissão / Issue Date: 02.09.2012									
Aplicação / Application: CENTROS DE SERVIÇOS E CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO - USO GERAL / SERVICE AND DISTRIBUTION CENTERS - GENERAL		Consumidor / Customer: ARCELORMITTAL BRASIL S.A. - BP		Cliente final / End user:									
Espessura / Thickness: (MM) 9,50		Produto / Product: Bobina Laminada a Quente / Hot Rolled Coil		Norma do Produto / Product Standard: ASTM A36									
Largura / Width: (MM) 1.500		Bordas / Edges: Natural		Óleo / Oil: Não / No									
Tipo de dimensão / type of dimension: Nominal		Part Number:		Nº Protocolo / No Protocol: RJ0111-00-05									
Composição Química / Chemical Composition (%) - L = Análise de Produto / Product Analysis - P = Análise de Produto / Product Analysis													
Cod.	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	N
194786	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		DWTT		T. Grão / Grain Size		Inclusões / Inclusion		HIC		
	Base / Base = GL=50MM; W=12,5MM	LR / TS	Razão El / Yield Ratio (%)	Along / Elong (%)	Red. Área (%)	Pos. Dir / Position	Angulo / J/gment (Ratão)	Pos. Dir / Position	Temperatura	Unid. Temp. / Temp. Unit	Temperatura	Área ductil % / Ductile Area %	TGF / FOS	TGA / AGS	CLR	CSR	CTR
02064703T	301	435	69	35	64	Pos. Dir / Position	Pos. Dir / Position	Temperatura	Unid. Temp. / Temp. Unit	Temperatura	1 2 3 Méd./ Ave.	TGF / FOS	TGA / AGS	CLR	CSR	CTR	Expansão de furo / hole expansion

Número do lote / lot ID: E8607837	Nº da nota fiscal / Issue Number: 000133321	Peso líq. / Net weight: 29.330	Corrida / Heat No: 1947386	Comprimento Real / Real Length (M): 187	Amostra 1 / Sample 1: T02064703T	Amostra 2 / Sample 2:	Amostra 3 / Sample 3:
<p>ESTE CERTIFICADO TAMBÉM ATENDE A NORMA ASTM A 263 GR C</p> <p>(1) POSIÇÃO / POSITION: T - Topo / Head, 2 - % Largura / 1/3 Width, M - Meio / Body, 4 - % Largura / 1/3 Width, C - Costas / Sides, L - Longitudinal, A - 45°, T - Transversal, DOBRAMENTO / BEND: A - Apropriado / Approved</p> <p>(2) INCLUSÕES TIPO / TYPE: A - Sulfeto / Sulfide, B - Alumínio / Alumina, C - Silicato / Silicate, D - Óxido / Oxide, E - Inclusão / Inclusion, F - Furo / Hole, G - Óxido / Heavy</p>							
<p>ESTRUTURAS DE O MATERIAL NÃO DEBE SER INSPECIONADO E APROVADO DE ACORDO COM AS ESPECIFICAÇÕES, QUE NÃO ESTÁ CONTAMINADO POR RADIOATIVIDADE. O MATERIAL DEVE SER INSPECIONADO DURANTE O SEU PROCESSO DE FABRICAÇÃO, / WE MUST BE CERTIFIED THAT THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN SAFELY CONTAMINATED BY ANY RADIOACTIVITY ABOVE NORMAL BACKGROUND LEVELS AND HAS NOT COME INTO CONTACT WITH ANY MERCURY BETA-GAMMA INSTRUMENTS OR MERCURY CONTAMINANTS DURING ITS PRODUCTIVE PROCESS.</p> <p>PROCESSO DE FABRICAÇÃO: ACARIA L.D. - LINDOTAMENTO CONTÍNUO / MANUFACTURING PROCESS: BASIC OXYGEN LD. CONTINUOUS CASTING, HOT STRIP ROLLING (FARDEN MILL).</p> <p>CERTIFICAÇÕES: HAVASIT / SHIPPING CERTIFICATIONS: ABS, BV, DNV, GL, LRS, RINA, CCS E RRS / GRAUDES A, B, C AND D.</p>							
<p><b>André Carvalho Prado</b> Gerência de Assistência Técnica a Clientes Customer Technical Support Manager</p>							



**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>

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

<b>Processo / Tipo:</b> <i>Process/Type</i>	GTAW Manual (Manual)	<b>RQPS:</b> <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°	<p align="center"><b>SEQUÊNCIA DE PASSES <i>WELD PASS SEQUENCE</i></b></p>
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)

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

<b>EDUARDO HACK DE SOUZA</b> Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS20987	<b>Gerente da Qualidade <i>Quality Manager</i></b>	<b>Fiscalização <i>Surveyor</i></b>
--	--	-------------------------------------

**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>

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

<b>Processo / Tipo:</b> <i>Process / Type</i>	GTAW - Manual (Manual) ...	<b>RRS:</b> <i>WRR</i>	003/17	<b>EPS:</b> <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"><b>SEQUÊNCIA DE PASSES WELD PASS SEQUENCE</b></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>
<b>Metal de Base 1:</b> <i>Base Metal 1</i>	ASTM-A36	9,5	N/A	ARCELORMITTAL / 81530001	1947386	N/A	P Number 1
<b>Metal de Base 2:</b> <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 <sub>n</sub>	An	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><b>EDUARDO HACK DE SOUZA</b> Inspetor de Soldagem FBTS-IS1137N2 / CREA-RS209821</p>	<p align="center"><b>Gerente da Qualidade Quality Manager</b></p>	<p align="center"><b>Fiscalização Surveyor</b></p>
<p>Inspetor de Soldagem N2 <i>Welding Inspector Level 2</i></p>	<p align="center"><b>Gerente da Qualidade Quality Manager</b></p>	<p align="center"><b>Fiscalização Surveyor</b></p>

**TÉCNICA TECHNICAL**

Passes / Passes	Nº de Electr. / 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	...	...	...	Isento 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: ...			

<b>EDUARDO HACK DE SOUZA</b> 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/mm<sup>2</sup>.

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.



**REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR**

RQS: 048/20  
Data: 16/07/2020  
Folha: 1 / 1

Nome: Luis Vinicius de Abreu Pinto Sinete LVA  
EPS: 003/17 Revisão: 0  Peça Teste  Solda de produção  
Metal Base: ASTM A 106 Grau B Espessura: 7,0 mm

Variáveis (QW-350)	Dados do teste	Faixa de Qualificação
Processo (s) de soldagem	GTAW	GTAW
Método de aplicação	Manual	Manual e Semi-Automático
Cobre-junta	Sem	Com e Sem
<input type="checkbox"/> Chapa <input checked="" type="checkbox"/> Tubo (colocar Ø)	Chanfro: Ø = 73,0 mm	Chanfro: Ø ≥ 25 mm
	Ângulo: -	Ângulo: Ø Ilimitado
Metal base: P ou S-N° com P ou S-N°	1	1 a 15F, 34 e 41 a 49 e
Especificação AWS	A5.18	materiais de composição química similar
Classificação AWS	ER70S-3	6
Metal de adição F-N°	6	
Consumível "enxerto" (GTAW ou PAW)	Sem	Sem
Tipo de consumível (sólido, tubular)	Sólido	Sólido
Número de camadas	5	
Espessura do depósito	Chanfro: 7,0 mm	Até 14,0 mm
	Ângulo: -	Ilimitado
Posição de soldagem	Chanfro: 6G	Todas
	Ângulo: -	Todas
Progressão de soldagem	Ascendente	Ascendente
Gás de purga (GTAW, PAW, GMAW)	Sem	Com ou Sem
Modo de Transferência (GMAW)	NA	NA
Tipo de corrente e polaridade (GTAW)	CCEN	CCEN

**ENSAIO VISUAL**

Data do ensaio: 16/07/2020 Critério de aceitação: ASME IX, QW-194

**ENSAIO RADIOGRÁFICO**

Data do ensaio: - Critério de aceitação: -  
Relatório n°: - Laboratório: -

**ENSAIO DE DOBRAMENTO (QW-160)**

Preparação:	QW - 462.3 (a)	Método de ensaio:	QW 162	Critério de aceitação:	QW 163
Identificação	Dimensões (mm)	Cutelo (mm)	Distância dos roletes (mm)	Resultado	
DF1-6G-LVA	7 x 19 x 200	28	45	Aprovado	
DR1-6G-LVA	7 x 19 x 200	28	45	Aprovado	
DF2-6G-LVA	7 x 19 x 200	28	45	Aprovado	
DR2-6G-LVA	7 x 19 x 200	28	45	Aprovado	

Relatório n°: 048 Laboratório: CFP SENAI de Soldagem "Cypriano Micheletto"

Nós certificamos que os dados deste certificado estão corretos e que os testes de solda foram preparados, soldados e testados de acordo com as determinações pelo código ASME IX-2019.

**SENAI****RELATÓRIO DE REGISTRO DE SOLDAGEM  
QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR**

RRS: 048/20

Data: 16/07/2020

Folha: 1 / 1

Empresa

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA

RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz - Sapucaia do Sul/RS

Nome do soldador / Operador:

Luís Vinicius de Abreu Pinto

Sinete:

LVA

Processo de Soldagem:

GTAW

Tipo:

Manual

Norma de Qualificação

ASME IX:2019

EPS:

003/17

Tipo de Junta:

 Topo Ângulo

Tipo de Chanfro:

"V"

Metais de Base:

ASTM A 106 Grau B

Dimensões, mm:

Ø 73,0 x 7,0 x 200

Soldagem:

 Por um só lado Pelos 2 lados

Cobre-Junta:

 Com Sem NA

Consumíveis:

AWS: ER70S-3

Diâmetro, mm:

2,4 / 3,2

Marca Comercial: Bohler EML 5

Fluxo (Marca):

-

Posição:

6G

Progressão:

Ascendente

Tipo de Corrente:

 CCEP CCEN CA

Gás de Purga:

 Com Sem NA

Nº de Camadas:

5

Depósito, mm

7,0

**INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA SOLDADRES DE SOLDAGEM - ASME IX**

Controle Visual:

 Direto Remoto

Passe por Lado

 Simples Múltiplo

Guia de Junta:

 Com SemVoltagem (GTAW),  
controle automático: Com Sem

Visual:

 Aprovado Reprovado

Por:

Darlei de Almeida Nunes (IS 9051 N2)

Observações:

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Sapucaia do Sul/RS  
Darlei de Almeida Nunes  
Inspetor de Soldagem - SNQC IS9051N2



CFP SENAI SOLDAGEM CYPRIANO MICHELETTO

Rua das Hortências, 400 - Igará II  
CEP 92410-580 - Canoas - RS - Brasil  
Fone: (51) 3904-2655  
Email:senaiscm@senairs.org.br

## Relatório de Ensaio

## N° 048 /2020

### ENSAIO DE DOBRAMENTO SEMI-GUIADO

#### OBJETO ENSAIADO

Descrição / Formato: Corpo de Prova / Retangular  
Quantidade: 4 (Quatro)  
Material: ASTM A 106 Grau B  
Soldador: Luis Vinicius de Abreu Pinto  
Sinete: LVA  
Processo: GTAW  
Posição de Soldagem: 6G  
Progressão: Ascendente  
Material de Adição: ER70S-3

#### SOLICITANTE

Empresa: TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Endereço: RS 118, Km 03, N° 3355 - Capão da Cruz  
Município: Sapucaia do Sul/RS  
Objetivo do Ensaio: Qualificação de Soldador

#### INFORMAÇÕES GERAIS

Ambiente de Ensaio: Temperatura 20°C  
Tipo de Corpo de Prova: Dobramento - Face e Raiz  
Preparação dos Corpos de Prova: ASME IX QW - 462.3 (a)  
Método de Ensaio: QW 162  
Critério de Aceitação: QW 163  
Data do Ensaio: 27/07/2020  
Data de Emissão: 27/07/2020  
Dimensões Verificadas, mm: 7 x 19 x 200

CP	Identificação	Ø do Cutelo (mm)	Distância dos roletes (mm)	Ângulo	Identificação e dimensão das descontinuidades
168	DF1-6G-LVA	28	45	180°	Isto de descontinuidades abertas
169	DR1-6G-LVA	28	45	180°	Isto de descontinuidades abertas
170	DF2-6G-LVA	28	45	180°	Isto de descontinuidades abertas
171	DR2-6G-LVA	28	45	180°	Isto de descontinuidades abertas

#### LAUDO

Aprovado

Reprovado

Corpos de Prova Ensaio e Avaliados por:

Darlei de Almeida Nunes

Data:

27/07/2020

Assinatura:

REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR

RQS: 049/20  
Data: 16/07/2020  
Folha: 1 / 1

Nome: Luis Vinicius de Abreu Pinto Sinete LVA  
EPS: 002/17 Revisão: 0  Peça Teste  Solda de produção  
Metal Base: ASTM A 36 Espessura: 16,0 mm

Variáveis (QW-350)	Dados do teste	Faixa de Qualificação
Processo (s) de soldagem	<b>GMAW</b>	<b>GMAW</b>
Método de aplicação	Semi-automático	Manual e Semi-Automático
Cobre-junta	Com	Com
<input checked="" type="checkbox"/> Chapa <input type="checkbox"/> Tubo (colocar Ø)	-	Ø ≥ 73 mm - Plana e Horizontal / Ø > 610 mm - Vertical
Chanfro:	-	Ø Ilimitado
Ângulo:	-	1 a 15F, 34 e 41 a 49 e materiais de composição química similar
Metal base: P ou S-N° com P ou S-N°	1	
Especificação AWS	A5.18	
Classificação AWS	ER70S-6	6
Metal de adição F-N°	6	
Consumível "enxerto" (GTAW ou PAW)	NA	NA
Tipo de consumível (sólido, tubular)	Sólido	Sólido
Número de camadas	6 e 6	Ilimitado
Espessura do depósito	16 mm	Ilimitado
Chanfro:	-	Ilimitado
Ângulo:	-	Ilimitado
Posição de soldagem	2G e 3G	Todas
Chanfro:	-	Todas
Ângulo:	-	Todas
Progressão de soldagem	Ascendente	Ascendente
Gás de purga (GTAW, PAW, GMAW)	Sem	Com ou Sem
Modo de Transferência (GMAW)	Curto Circuito	Curto Circuito
Tipo de corrente e polaridade (GTAW)	NA	NA

ENSAIO VISUAL

Data do ensaio: 16/07/2020 Critério de aceitação: ASME IX, QW-194

ENSAIO RADIOGRÁFICO

Data do ensaio: - Critério de aceitação: -  
Relatório n°: - Laboratório: -

ENSAIO DE DOBRAMENTO (QW-160)

Preparação:	QW - 462.2	Método de ensaio:	QW 162	Critério de aceitação:	QW 163
Identificação	Dimensões (mm)	Cutelo (mm)	Distância dos roletes (mm)	Resultado	
DL1-2G-LVA	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	
DL2-2G-LVA	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	
DL1-3G-LVA	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	
DL2-3G-LVA	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	

Relatório n°: 049 Laboratório: CFP SENAI de Soldagem "Cypriano Micheletto"

Nós certificamos que os dados deste certificado estão corretos e que os testes de solda foram preparados, soldados e testados de acordo com as determinações pelo código ASME IX-2019.



CFP SENAI SOLDAGEM CYPRIANO MICHELETTO

Rua das Hortências, 400 - Igará II  
CEP 92410-580 - Canoas - RS - Brasil  
Fone: (51) 3904-2655  
Email:senaiscm@senairs.org.br

## Relatório de Ensaio

## Nº 049 /2020

### ENSAIO DE DOBRAMENTO SEMI-GUIADO

#### OBJETO ENSAIADO

Descrição / Formato: Corpo de Prova / Retangular  
Quantidade: 4 (Quatro)  
Material: ASTM A 36  
Soldador: Luis Vinícius de Abreu Pinto  
Sinete: LVA  
Processo: GMAW  
Posição de Soldagem: 2G e 3G  
Progressão: Ascendente  
Material de Adição: ER70S-6

#### SOLICITANTE

Empresa: TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Endereço: RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz  
Município: Sapucaia do Sul/RS  
Objetivo do Ensaio: Qualificação de Soldador

#### INFORMAÇÕES GERAIS

Ambiente de Ensaio: Temperatura 20°C  
Tipo de Corpo de Prova: Dobramento - Lateral  
Preparação dos Corpos de Prova: ASME IX QW - 462.2  
Método de Ensaio: QW 162  
Critério de Aceitação: QW 163  
Data do Ensaio: 27/07/2020  
Data de Emissão: 27/07/2020  
Dimensões Verificadas, mm: 10 x 16 x 200

CP	Identificação	Ø do Cutelo (mm)	Distância dos roletes (mm)	Ângulo	Identificação e dimensão das descontinuidades
172	DL1-2G-LVA	40	63	180°	Isento de descontinuidades abertas
173	DL2-2G-LVA	40	63	180°	Isento de descontinuidades abertas
174	DL1-3G-LVA	40	63	180°	Isento de descontinuidades abertas
175	DL2-3G-LVA	40	63	180°	Isento de descontinuidades abertas

#### LAUDO

Aprovado

Reprovado

Corpos de Prova Ensaio e Avaliados por:

**Darlei de Almeida Nunes**

Data:

27/07/2020

Assinatura:



**RELATÓRIO DE REGISTRO DE SOLDAGEM  
QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR**

RRS: 049/20  
Data: 16/07/2020  
Folha: 1 / 1

Empresa

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz - Sapucaia do Sul/RS

Nome do soldador / Operador

Luis Vinicius de Abreu Pinto

Sinete:

LVA

Processo de Soldagem:

GMAW

Tipo:

Semi-automático

Norma de Qualificação

ASME IX:2019

EPS:

002/17

Tipo de Junta:

Topo  Ângulo

Tipo de Chanfro:

"V"

Metais de Base:

ASTM A 36

Dimensões, mm:

16 x 200 x 200

Soldagem:

Por um só lado  Pelos 2 lados

Cobre-Junta:

Com  Sem  NA

Consumíveis:

AWS: ER70S-6  
Marca Comercial: Bohler S EMK 6

Diâmetro, mm:

1,0

Fluxo (Marca):

-

Posição:

2G e 3G

Progressão:

Ascendente

Tipo de Corrente:

CCEP  CCEN  CA

Gás de Purga

Com  Sem  NA

Nº de Camadas:

6 e 6

Depósito, mm

16 e 16

**INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA SOLDADRES DE SOLDAGEM - ASME IX**

Controle Visual:

Direto  Remoto

Passe por Lado

Simples  Múltiplo

Guia de Junta:

Com  Sem

Voltagem (GTAW),  
controle automático:

Com  Sem

Visual:

Aprovado  Reprovado

Por:

Darlei de Almeida Nunes (IS 9051 N2)

Observações:

-

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Sapucaia do Sul/RS

  
Darlei de Almeida Nunes  
Inspetor de Soldagem - SNQC IS9051N2

REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR

RQS: 050/20  
Data: 16/07/2020  
Folha: 1 / 1

Nome: José Rubens Santos da Silva Sinete: JRS  
EPS: 002/17 Revisão: 0  Peça Teste  Solda de produção  
Metal Base: ASTM A 36 Espessura: 16 mm

Variáveis (QW-350)	Dados do teste	Faixa de Qualificação
Processo (s) de soldagem	GMAW	GMAW
Método de aplicação	Semi-automático	Manual e Semi-Automático
Cobre-junta	Com	Com
<input checked="" type="checkbox"/> Chapa <input type="checkbox"/> Tubo (colocar Ø)	-	Ø ≥ 73 mm - Plana e Horizontal / Ø > 61.0 mm - Vertical
Chanfro:	-	Ø Ilimitado
Ângulo:	-	1 a 15F, 34 e 41 a 49 e
Metal base: P ou S-N° com P ou S-N°	1	materiais de composição química similar
Especificação AWS	A5.18	
Classificação AWS	ER70S-6	6
Metal de adição F-N°	6	
Consumível "enxerto" (GTAW ou PAW)	NA	NA
Tipo de consumível (sólido, tubular)	Sólido	Sólido
Número de camadas	6 e 6	Ilimitado
Espessura do depósito	16 mm	Ilimitado
Chanfro:	-	Ilimitado
Ângulo:	-	Ilimitado
Posição de soldagem	2G e 3G	Todas
Chanfro:	-	Todas
Ângulo:	-	Todas
Progressão de soldagem	Ascendente	Ascendente
Gás de purga (GTAW, PAW, GMAW)	Sem	Com ou Sem
Modo de Transferência (GMAW)	Curto Circuito	Curto Circuito
Tipo de corrente e polaridade (GTAW)	NA	NA

ENSAIO VISUAL

Data do ensaio: 16/07/2020 Critério de aceitação: ASME IX, QW-194

ENSAIO RADIOGRÁFICO

Data do ensaio: - Critério de aceitação: -  
Relatório n°: - Laboratório: -

ENSAIO DE DOBRAMENTO (QW-160)

Preparação:	QW - 462.2	Método de ensaio:	QW 162	Critério de aceitação:	QW 163
Identificação	Dimensões (mm)	Cutelo (mm)	Distância dos roletes (mm)	Resultado	
DL1-2G-JRS	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	
DL2-2G-JRS	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	
DL1-3G-JRS	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	
DL2-3G-JRS	10 x 16 x 200	40	63	Aprovado	

Relatório n°: 050 Laboratório: CFP SENAI de Soldagem: "Cypriano Micheletto"

Nós certificamos que os dados deste certificado estão corretos e que os testes de solda foram preparados, soldados e testados de acordo com as determinações pelo código ASME IX-2019.



CFP SENAI SOLDAGEM CYPRIANO MICHELETTO

Rua das Hortências, 400 - Igará II  
CEP 92410-580 - Canoas - RS - Brasil  
Fone: (51) 3904-2655  
Email: senaiscm@senairs.org.br

## Relatório de Ensaio

## Nº 050 /2020

### ENSAIO DE DOBRAMENTO SEMI-GUIADO

#### OBJETO ENSAIADO

Descrição / Formato: Corpo de Prova / Retangular  
Quantidade: 4 (Quatro)  
Material: ASTM A 36  
Soldador: José Rubens Santos da Silva  
Sinete: JRS  
Processo: GMAW  
Posição de Soldagem: 2G e 3G  
Progressão: Ascendente  
Material de Adição: ER70S-6

#### SOLICITANTE

Empresa: TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Endereço: RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz  
Município: Sapucaia do Sul/RS  
Objetivo do Ensaio: Qualificação de Soldador

#### INFORMAÇÕES GERAIS

Ambiente de Ensaio: Temperatura 20°C  
Tipo de Corpo de Prova: Dobramento - Lateral  
Preparação dos Corpos de Prova: ASME IX QW - 462.2  
Método de Ensaio: QW 162  
Critério de Aceitação: QW 163  
Data do Ensaio: 27/07/2020  
Data de Emissão: 27/07/2020  
Dimensões Verificadas, mm: 10 x 16 x 200

CP	Identificação	∅ do Cutelo (mm)	Distância dos roletes (mm)	Ângulo	Identificação e dimensão das descontinuidades
176	DL1-2G-JRS	40	63	180°	Isto de descontinuidades abertas
177	DL2-2G-JRS	40	63	180°	Isto de descontinuidades abertas
178	DL1-3G-JRS	40	63	180°	Isto de descontinuidades abertas
179	DL2-3G-JRS	40	63	180°	Isto de descontinuidades abertas

#### LAUDO

Aprovado

Reprovado

Corpos de Prova Ensaio e Avaliados por:

Darlei de Almeida Nunes

Data:

27/07/2020

Assinatura:



RELATÓRIO DE REGISTRO DE SOLDAGEM  
QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR

RRS: 050/20  
Data: 16/07/2020  
Folha: 1 / 1

Empresa	TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA	
	RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz - Sapucaia do Sul/RS	
Nome do soldador / Operador	José Rubens Santos da Silva	Sinete: JRS
Processo de Soldagem:	GMAW	Tipo: Semi-automático
Norma de Qualificação	ASME IX:2019	EPS: 002/17
Tipo de Junta:	<input checked="" type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Ângulo	Tipo de Chanfro: "V"
Metais de Base:	ASTM A 36	Dimensões, mm: 16 x 200 x 200
Soldagem:	<input type="checkbox"/> Por um só lado <input checked="" type="checkbox"/> Pelos 2 lados	Cobre-Junta: <input type="checkbox"/> Com <input checked="" type="checkbox"/> Sem <input type="checkbox"/> NA
Consumíveis:	AWS: ER70S-6 Marca Comercial: Bohler S EMK 6	Diâmetro, mm: 1,0 Fluxo (Marca): -
Posição:	2G e 3G	Progressão: Ascendente
Tipo de Corrente:	<input checked="" type="checkbox"/> CCEP <input type="checkbox"/> CCEN <input checked="" type="checkbox"/> CA	Gás de Purga: <input type="checkbox"/> Com <input checked="" type="checkbox"/> Sem <input type="checkbox"/> NA
Nº de Camadas:	6 e 6	Depósito, mm: 16 e 16

INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA SOLDADRES DE SOLDAGEM - ASME IX

Controle Visual:	<input type="checkbox"/> Direto <input type="checkbox"/> Remoto	Passe por Lado: <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Múltiplo
Guia de Junta:	<input type="checkbox"/> Com <input type="checkbox"/> Sem	Voltagem (GTAW), controle automático: <input type="checkbox"/> Com <input type="checkbox"/> Sem

Visual:	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	Por: Darlei de Almeida Nunes (IS 9051 N2)
---------	---	---

Observações: -

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Sapucaia do Sul/RS

  
Darlei de Almeida Nunes  
Inspetor de Soldagem - SNQC IS9051N2

**SENAI****RELATÓRIO DE REGISTRO DE SOLDAGEM  
QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR**

RRS: 047/20

Data: 16/07/2020

Folha: 1 / 1

Empresa

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA

RS 118, Km 03, Nº 3355 - Capão da Cruz - Sapucaia do Sul/RS

Nome do soldador / Operador

José Rubens Santos da Silva

Sinete:

JRS

Processo de Soldagem:

GTAW

Tipo:

Manual

Norma de Qualificação

ASME IX:2019

EPS:

003/17

Tipo de Junta:



Topo



Ângulo

Tipo de Chanfro:

"V"

Metais de Base:

ASTM A 106 Grau B

Dimensões, mm:

Ø 73,0 x 7,0 x 200

Soldagem:



Por um só lado



Pelos 2 lados

Cobre-Junta:



Com



Sem



NA

Consumíveis:

AWS:

ER70S-3

Diâmetro, mm:

2,4 / 3,2

Marca Comercial:

Bohler EML 5

Fluxo (Marca):

-

Posição:

6G

Progressão:

Ascendente

Tipo de Corrente:



CCEP



CCEN



CA

Gás de Purga



Com



Sem



NA

Nº de Camadas:

4

Depósito, mm

7,0

**INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA SOLDADRES DE SOLDAGEM - ASME IX**

Controle Visual:



Direto



Remoto

Passe por Lado



Simples



Múltiplo

Guia de Junta:



Com



Sem

Voltagem (GTAW),  
controle automático:

Com



Sem

Visual:



Aprovado




Reprovado

Por:

Darlei de Almeida Nunes (IS 9051 N2)

Observações:

TOP COLD REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA  
Sapucaia do Sul/RS  
Darlei de Almeida Nunes  
Inspetor de Soldagem - SNQC IS9051N2

## **6.0. Memorial de Cálculo**

# Memória de Cálculo

**ASME VIII Divisão 1  
Edição 2017**

**Projeto: VASOS - THERMTECH  
Vaso: TCSLH - 10 - Ø1900X4000  
Data: 05/07/2021**

## 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 = 1900,0 mm
Comprimento do casco .....	L <sub>s</sub> = 3920,0 mm
Pressão interna de projeto .....	P = 14,300 kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura interna de projeto .....	T = 50,000 °C
Densidade do produto .....	ρ = 640,00 kg/m <sup>3</sup>
Densidade do fluido de teste .....	ρ <sub>T</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>

## 2. Seção cilíndrica 1

### 2.1. Dados básicos

#### 2.1.1. Dimensões

Diâmetro interno.....	D =	1900,0 mm
Comprimento da seção do casco .....	L <sub>s</sub> =	3920,0 mm
Espessura nominal.....	t <sub>n</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	c <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	c <sub>o</sub> =	0,70000 mm

#### 2.1.2. Parâmetros de projeto

Pressão interna de projeto.....	P <sub>i</sub> =	14,300 kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura interna de projeto .....	T <sub>i</sub> =	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 <sup>2</sup>
Tensão de escoamento do material na temperatura do teste .....	S <sub>y</sub> = 2671,7 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 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 <sub>c</sub> = 0,70000

#### 2.1.5. Pressões estáticas

Densidade do fluido .....	ρ = 640,00 kg/m <sup>3</sup>
Coluna de líquido em operação .....	H <sub>s</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática em operação.....	P <sub>s</sub> = 0,12160 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste .....	ρ <sub>th</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica .....	H <sub>th</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica .....	P <sub>th</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste .....	ρ <sub>tv</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H <sub>tv</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P <sub>tv</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>

## 2.2. Espessura sob pressão interna

### 2.2.1. Tensão circunferencial

Raio interno corroído da seção do casco .....	R =	950,00 mm
Pressão interna de projeto.....	P = P <sub>i</sub> + P <sub>s</sub> =	14,422 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	t <sub>1</sub> =	14,043 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	t <sub>UG16</sub> =	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	t <sub>1</sub> =	14,043 mm

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

$$t_1 = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_1 = \frac{14,422 \times 950}{1406,1 \times 0,7 - 0,6 \times 14,422}$$

$$\therefore t_1 = 14,043 \text{ mm}$$

### 2.2.2. Tensão longitudinal

Raio interno corroído da seção do casco .....	R =	950,00 mm
Pressão interna de projeto .....	P= P <sub>i</sub> + P <sub>s</sub> =	14,422 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura mínima para a tensão longitudinal .....	t <sub>2</sub> =	6,9392 mm
Espessura mínima - UG-16(b) .....	t <sub>UG16</sub> =	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	t <sub>2</sub> =	6,9392 mm

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

$$t_2 = \frac{PR}{2 S_1 E + 0,4 P}$$

$$t_2 = \frac{14,422 \times 950}{2 \times 1406,1 \times 0,7 + 0,4 \times 14,422}$$

$$\therefore t_2 = 6,9392 \text{ mm}$$

### 2.2.3. Espessura mínima requerida sob pressão interna

Espessura mínima para a tensão circunferencial .....	t <sub>1</sub> =	14,043 mm
Espessura mínima para a tensão longitudinal .....	t <sub>2</sub> =	6,9392 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	t =	14,043 mm

A tensão circunferencial governa para a pressão interna.

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

Condição	R <sub>o</sub> mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm <sup>2</sup>	S kgf/cm <sup>2</sup>	S <sub>c</sub> kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura de projeto/Corroído	968,30	18,300	0,002362	1088,5	1406,1	1088,5
Temperatura de projeto/Novo	969,00	19,000	0,002451	1096,1	1406,1	1096,1
Temperatura do teste/Corroído	968,30	18,300	0,002362	1088,5	1406,1	1088,5
Temperatura do teste/Novo	969,00	19,000	0,002451	1096,1	1406,1	1096,1

a) R<sub>o</sub> = raio externo

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

c) A = 0,125/(R<sub>o</sub>/t) - UG-23(b) Step 1

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

e) S<sub>c</sub> = menor entre S e B

### 2.3. Cálculo da espessura nominal mínima

Espessura mínima .....	t =	14,043 mm
Espessura mínima mais corrosão .....	t <sub>c</sub> =	14,743 mm
Espessura nominal .....	t <sub>n</sub> =	19,000 mm

Como t<sub>n</sub> ≥ t<sub>c,t</sub>, a espessura nominal é adequada.

### 2.4. Cálculo da PMTA

Tensão admissível máxima na temperatura de projeto .....	S =	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura corroída da seção do casco .....	t =	18,300 mm
Raio interno corroído da seção do casco .....	R =	950,00 mm
Pressão máxima de trabalho admissível .....	PMTA =	18,622 kgf/cm <sup>2</sup>

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)]:

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

$$PMTA = \frac{1406,1 \times 0,7 \times 18,3}{950 + 0,6 \times 18,3} - 0,1216$$

$$\therefore PMTA = 18,622 \text{ kgf/cm}^2$$

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

Alongamento da fibra externa .....	ε =	0,99010 %
------------------------------------	-----	-----------

Espessura nominal da chapa ..... t = 19,000 mm  
Raio médio final..... R<sub>f</sub> = 959,50 mm  
Raio médio original ..... R<sub>o</sub> = ∞ mm

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

$$\varepsilon = \frac{50 \times 19}{959,5} \times \left( 1 - \frac{959,5}{\infty} \right)$$

$$\therefore \varepsilon = 0,9901$$

### 3. Cálculo do tanque esquerdo

#### 3.1. Dados básicos

##### 3.1.1. Dimensões

Tanque.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Diâmetro interno.....	D = 1900,0 mm
Altura interna da calota.....	h = 475,00 mm
Razão D/2h.....	D/2h = 2,0000
Comprimento da parte cilíndrica.....	h <sub>sf</sub> = 40,000 mm
Espessura nominal.....	t <sub>n</sub> = 19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	c <sub>i</sub> = 0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	c <sub>o</sub> = 0,70000 mm
Esmagamento.....	t <sub>ho</sub> = 3,0000 mm

##### 3.1.2. Parâmetros de projeto

Pressão interna de projeto.....	P <sub>i</sub> = 14,300 kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura interna de projeto.....	T <sub>i</sub> = 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 <sup>2</sup>
Tensão de escoamento do material na temperatura do teste.....	S <sub>y</sub> = 2671,7 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 3.2. Pressões estáticas

##### 3.2.1. Parte cilíndrica

Densidade do fluido.....	ρ = 640,00 kg/m <sup>3</sup>
Coluna de líquido em operação.....	H <sub>s</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática em operação.....	P <sub>s</sub> = 0,12160 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>th</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H <sub>th</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P <sub>th</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>tv</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H <sub>tv</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P <sub>tv</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>

##### 3.2.2. Seção semi-elíptica

Densidade do fluido.....	ρ = 640,00 kg/m <sup>3</sup>
Coluna de líquido em operação.....	H <sub>s</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática em operação.....	P <sub>s</sub> = 0,12160 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>th</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H <sub>th</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P <sub>th</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>tv</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H <sub>tv</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P <sub>tv</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 3.3. Espessura sob pressão interna

##### 3.3.1. Parte cilíndrica

##### 3.3.1.1. Tensão circunferencial

Raio interno corroído da parte reta.....	R = 950,00 mm
--	---------------

Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	14,422 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	14,043 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	$t_1 =$	14,043 mm

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

$$t_1 = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_1 = \frac{14,422 \times 950}{1406,1 \times 0,7 - 0,6 \times 14,422}$$

$$\therefore t_1 = 14,043 \text{ mm}$$

### 3.3.1.2. Tensão longitudinal

Raio interno corroído da parte reta .....	$R =$	950,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	14,422 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura mínima para a tensão longitudinal .....	$t_2 =$	6,9392 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	$t_2 =$	6,9392 mm

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

$$t_2 = \frac{P R}{2 S_1 E + 0,4 P}$$

$$t_2 = \frac{14,422 \times 950}{2 \times 1406,1 \times 0,7 + 0,4 \times 14,422}$$

$$\therefore t_2 = 6,9392 \text{ mm}$$

### 3.3.1.3. Espessura mínima requerida sob pressão interna

Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	14,043 mm
Espessura mínima para a tensão longitudinal .....	$t_2 =$	6,9392 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	$t =$	14,043 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 <sup>2</sup>	S kgf/cm <sup>2</sup>	$S_c$ kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura de projeto/Corroído	968,30	18,300	0,002362	1088,5	1406,1	1088,5
Temperatura de projeto/Novo	969,00	19,000	0,002451	1096,1	1406,1	1096,1
Temperatura do teste/Corroído	968,30	18,300	0,002362	1088,5	1406,1	1088,5
Temperatura do teste/Novo	969,00	19,000	0,002451	1096,1	1406,1	1096,1

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):

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

$$K = \frac{1}{6} \times \left[ 2 + \left( \frac{1900}{2 \times 475} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K = 1$$

Fator K após corrosão ..... K<sub>c</sub> = 1,0000

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

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

$$K_c = \frac{1}{6} \times \left[ 2 + \left( \frac{1900}{2 \times 475} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K_c = 1$$

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

Eficiência de junta ..... E = 0,70000  
 Pressão interna de projeto ..... P = P<sub>i</sub> + P<sub>s</sub> = 14,422 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Espessura mínima sobre pressão interna ..... t = 13,940 mm

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

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

$$t = \frac{14,422 \times 1900 \times 1}{2 \times 1406,1 \times 0,7 - 0,2 \times 14,422}$$

$$\therefore t = 13,94 \text{ mm}$$

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

Espessura mínima - 1-4(c)(1) ..... t<sub>1-4(c)</sub> = 13,940 mm  
 Espessura mínima - UG-16(b) ..... t<sub>UG-16</sub> = 1,5000 mm  
 Espessura mínima sobre pressão interna ..... t = 13,940 mm

## 3.4. Cálculo da espessura nominal mínima

### 3.4.1. Parte cilíndrica

Espessura mínima ..... t = 14,043 mm  
 Espessura mínima mais corrosão ..... t<sub>c</sub> = 14,743 mm

### 3.4.2. Semi-elíptico

Espessura mínima ..... t = 13,940 mm  
 Espessura mínima mais esmagamento ..... t<sub>f</sub> = 16,940 mm  
 Espessura mínima mais esmagamento e corrosão ..... t<sub>c</sub> = 17,640 mm

### 3.4.3. Resultados finais

Espessura mínima ..... t = 14,043 mm

Espessura mínima mais esmagamento .....	$t_f =$	16,940 mm
Espessura mínima mais esmagamento e corrosão .....	$t_c =$	17,640 mm
Espessura nominal.....	$t_n =$	19,000 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/cm <sup>2</sup>
Espessura corroída da parte reta .....	$t =$	18,300 mm
Raio interno corroído da parte reta .....	$R =$	950,00 mm
Pressão máxima de trabalho admissível .....	$PMTA =$	18,622 kgf/cm <sup>2</sup>

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)]:

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

$$PMTA = \frac{1406,1 \times 0,7 \times 18,3}{950 + 0,6 \times 18,3} - 0,1216$$

$$\therefore PMTA = 18,622 \text{ kgf/cm}^2$$

#### 3.5.2. Seção semielíptica

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

Espessura corroída .....	$t =$	15,300 mm
Fator K após corrosão .....	$K =$	1,0000
Eficiência de junta .....	$E =$	0,70000
Pressão máxima de trabalho admissível .....	$PMTA =$	15,705 kgf/cm <sup>2</sup>

PMTA é dada por Apêndice 1-4(c)(1):

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

$$PMTA = \frac{2 \times 1406,1 \times 0,7 \times 15,3}{1 \times 1900 + 0,2 \times 15,3} - 0,1216$$

$$\therefore PMTA = 15,705 \text{ kgf/cm}^2$$

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

#### 3.6.1. Parte cilíndrica

Alongamento da fibra externa .....	$\varepsilon =$	0,99010 %
Espessura nominal da chapa .....	$t =$	19,000 mm
Raio médio final.....	$R_f =$	959,50 mm
Raio médio original .....	$R_o =$	$\infty$ mm

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

$$\varepsilon = \frac{50 \times 19}{959,5} \times \left( 1 - \frac{959,5}{\infty} \right)$$

$$\therefore \varepsilon = 0,9901$$

#### 3.7. Seção semielíptica

Alongamento da fibra externa .....	$\varepsilon =$	4,2857 %
------------------------------------	-----------------	----------

Espessura nominal da chapa .....	t =	19,000 mm
Raio médio final.....	R <sub>f</sub> =	332,50 mm
Raio médio original .....	R <sub>o</sub> =	∞ mm

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

$$\varepsilon = \frac{75 \times 19}{332,5} \times \left( 1 - \frac{332,5}{\infty} \right)$$

$$\therefore \varepsilon = 4,2857$$

### 3.8. Adelgaçamento e comprimento da parte cilíndrica

Espessura nominal do tampo .....	t <sub>h</sub> =	19,000 mm
Espessura nominal do casco.....	t <sub>s</sub> =	19,000 mm
Diferença na espessura entre casco e tampo .....	Δt =	0,0000 mm
Razão diferença na espessura / espessura da seção mais fina .....	Δt/t <sub>h</sub> =	0,0000
Comprimento da redução exigido por UW-13(b)(3)? .....		Não

## 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 = 1900,0 mm
Altura interna da calota.....	h = 475,00 mm
Razão D/2h.....	D/2h = 2,0000
Comprimento da parte cilíndrica.....	h <sub>sf</sub> = 40,000 mm
Espessura nominal.....	t <sub>n</sub> = 19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna.....	c <sub>i</sub> = 0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	c <sub>o</sub> = 0,70000 mm
Esmagamento.....	t <sub>ho</sub> = 3,0000 mm

#### 4.1.2. Parâmetros de projeto

Pressão interna de projeto.....	P <sub>i</sub> = 14,300 kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura interna de projeto.....	T <sub>i</sub> = 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 <sup>2</sup>
Tensão de escoamento do material na temperatura do teste.....	S <sub>y</sub> = 2671,7 kgf/cm <sup>2</sup>

### 4.2. Pressões estáticas

#### 4.2.1. Parte cilíndrica

Densidade do fluido.....	ρ = 640,00 kg/m <sup>3</sup>
Coluna de líquido em operação.....	H <sub>s</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática em operação.....	P <sub>s</sub> = 0,12160 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>th</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H <sub>th</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P <sub>th</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>tv</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H <sub>tv</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P <sub>tv</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 4.2.2. Seção semi-elíptica

Densidade do fluido.....	ρ = 640,00 kg/m <sup>3</sup>
Coluna de líquido em operação.....	H <sub>s</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática em operação.....	P <sub>s</sub> = 0,12160 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>th</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de fábrica.....	H <sub>th</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de fábrica.....	P <sub>th</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>
Densidade do fluido do teste.....	ρ <sub>tv</sub> = 1000,0 kg/m <sup>3</sup>
Altura do líquido durante o teste hidrostático de campo.....	H <sub>tv</sub> = 1900,0 mm
Pressão estática - Teste hidrostático de campo.....	P <sub>tv</sub> = 0,19000 kgf/cm <sup>2</sup>

### 4.3. Espessura sob pressão interna

#### 4.3.1. Parte cilíndrica

##### 4.3.1.1. Tensão circunferencial

Raio interno corroído da parte reta.....	R = 950,00 mm
--	---------------

Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	14,422 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	14,043 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	$t_1 =$	14,043 mm

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

$$t_1 = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_1 = \frac{14,422 \times 950}{1406,1 \times 0,7 - 0,6 \times 14,422}$$

$$\therefore t_1 = 14,043 \text{ mm}$$

#### 4.3.1.2. Tensão longitudinal

Raio interno corroído da parte reta .....	$R =$	950,00 mm
Pressão interna de projeto.....	$P = P_i + P_s =$	14,422 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura mínima para a tensão longitudinal .....	$t_2 =$	6,9392 mm
Espessura mínima - UG-16(b).....	$t_{UG16} =$	1,5000 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	$t_2 =$	6,9392 mm

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

$$t_2 = \frac{P R}{2 S_1 E + 0,4 P}$$

$$t_2 = \frac{14,422 \times 950}{2 \times 1406,1 \times 0,7 + 0,4 \times 14,422}$$

$$\therefore t_2 = 6,9392 \text{ mm}$$

#### 4.3.1.3. Espessura mínima requerida sob pressão interna

Espessura mínima para a tensão circunferencial.....	$t_1 =$	14,043 mm
Espessura mínima para a tensão longitudinal .....	$t_2 =$	6,9392 mm
Espessura mínima sobre pressão interna .....	$t =$	14,043 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 <sup>2</sup>	S kgf/cm <sup>2</sup>	$S_c$ kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura de projeto/Corroído	968,30	18,300	0,002362	1088,5	1406,1	1088,5
Temperatura de projeto/Novo	969,00	19,000	0,002451	1096,1	1406,1	1096,1
Temperatura do teste/Corroído	968,30	18,300	0,002362	1088,5	1406,1	1088,5
Temperatura do teste/Novo	969,00	19,000	0,002451	1096,1	1406,1	1096,1

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 tampo 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):

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

$$K = \frac{1}{6} \times \left[ 2 + \left( \frac{1900}{2 \times 475} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K = 1$$

Fator K após corrosão ..... K<sub>c</sub> = 1,0000

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

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

$$K_c = \frac{1}{6} \times \left[ 2 + \left( \frac{1900}{2 \times 475} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K_c = 1$$

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

Eficiência de junta ..... E = 0,70000  
 Pressão interna de projeto ..... P = P<sub>i</sub> + P<sub>s</sub> = 14,422 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Espessura mínima sobre pressão interna ..... t = 13,940 mm

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

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

$$t = \frac{14,422 \times 1900 \times 1}{2 \times 1406,1 \times 0,7 - 0,2 \times 14,422}$$

$$\therefore t = 13,94 \text{ mm}$$

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

Espessura mínima - 1-4(c)(1) ..... t<sub>1-4(c)</sub> = 13,940 mm  
 Espessura mínima - UG-16(b) ..... t<sub>UG-16</sub> = 1,5000 mm  
 Espessura mínima sobre pressão interna ..... t = 13,940 mm

### 4.4. Cálculo da espessura nominal mínima

#### 4.4.1. Parte cilíndrica

Espessura mínima ..... t = 14,043 mm  
 Espessura mínima mais corrosão ..... t<sub>c</sub> = 14,743 mm

#### 4.4.2. Semi-elíptico

Espessura mínima ..... t = 13,940 mm  
 Espessura mínima mais esmagamento ..... t<sub>f</sub> = 16,940 mm  
 Espessura mínima mais esmagamento e corrosão ..... t<sub>c</sub> = 17,640 mm

#### 4.4.3. Resultados finais

Espessura mínima ..... t = 14,043 mm

Espessura mínima mais esmagamento .....	$t_f =$	16,940 mm
Espessura mínima mais esmagamento e corrosão .....	$t_c =$	17,640 mm
Espessura nominal.....	$t_n =$	19,000 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/cm <sup>2</sup>
Espessura corroída da parte reta .....	$t =$	18,300 mm
Raio interno corroído da parte reta .....	$R =$	950,00 mm
Pressão máxima de trabalho admissível .....	$PMTA =$	18,622 kgf/cm <sup>2</sup>

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)]:

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

$$PMTA = \frac{1406,1 \times 0,7 \times 18,3}{950 + 0,6 \times 18,3} - 0,1216$$

$$\therefore PMTA = 18,622 \text{ kgf/cm}^2$$

##### 4.5.2. Seção semielíptica

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

Espessura corroída .....	$t =$	15,300 mm
Fator K após corrosão .....	$K =$	1,0000
Eficiência de junta .....	$E =$	0,70000
Pressão máxima de trabalho admissível .....	$PMTA =$	15,705 kgf/cm <sup>2</sup>

PMTA é dada por Apêndice 1-4(c)(1):

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

$$PMTA = \frac{2 \times 1406,1 \times 0,7 \times 15,3}{1 \times 1900 + 0,2 \times 15,3} - 0,1216$$

$$\therefore PMTA = 15,705 \text{ kgf/cm}^2$$

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

##### 4.6.1. Parte cilíndrica

Alongamento da fibra externa .....	$\varepsilon =$	0,99010 %
Espessura nominal da chapa .....	$t =$	19,000 mm
Raio médio final.....	$R_f =$	959,50 mm
Raio médio original .....	$R_o =$	$\infty$ mm

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

$$\varepsilon = \frac{50 \times 19}{959,5} \times \left( 1 - \frac{959,5}{\infty} \right)$$

$$\therefore \varepsilon = 0,9901$$

##### 4.7. Seção semielíptica

Alongamento da fibra externa .....	$\varepsilon =$	4,2857 %
------------------------------------	-----------------	----------

Espessura nominal da chapa ..... t = 19,000 mm  
 Raio médio final..... R<sub>f</sub> = 332,50 mm  
 Raio médio original ..... R<sub>o</sub> = ∞ mm

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

$$\varepsilon = \frac{75 \times 19}{332,5} \times \left( 1 - \frac{332,5}{\infty} \right)$$

$$\therefore \varepsilon = 4,2857$$

#### 4.8. Adelgaçamento e comprimento da parte cilíndrica

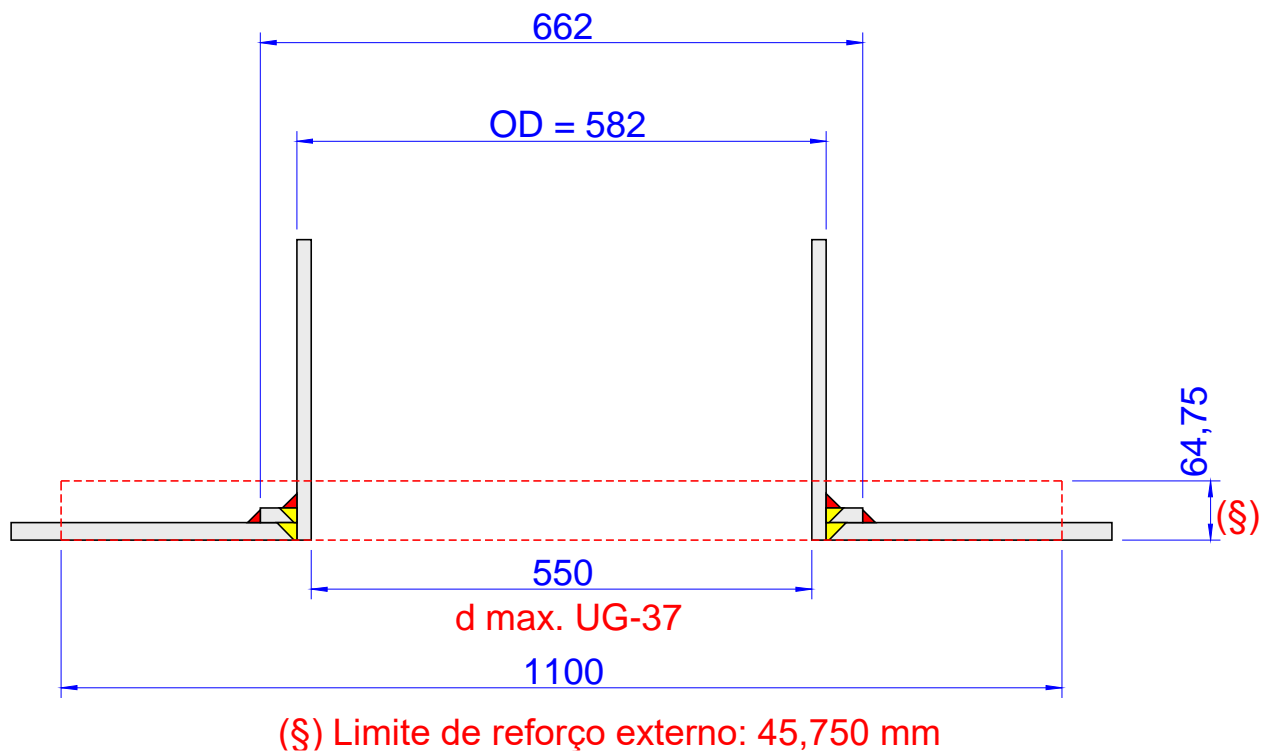
Espessura nominal do tampo ..... t<sub>h</sub> = 19,000 mm  
 Espessura nominal do casco..... t<sub>s</sub> = 19,000 mm  
 Diferença na espessura entre casco e tampo ..... Δt = 0,0000 mm  
 Razão diferença na espessura / espessura da seção mais fina ..... Δt/t<sub>h</sub> = 0,0000  
 Comprimento da redução exigido por UW-13(b)(3)? ..... Não

## 5. Bocal - N1

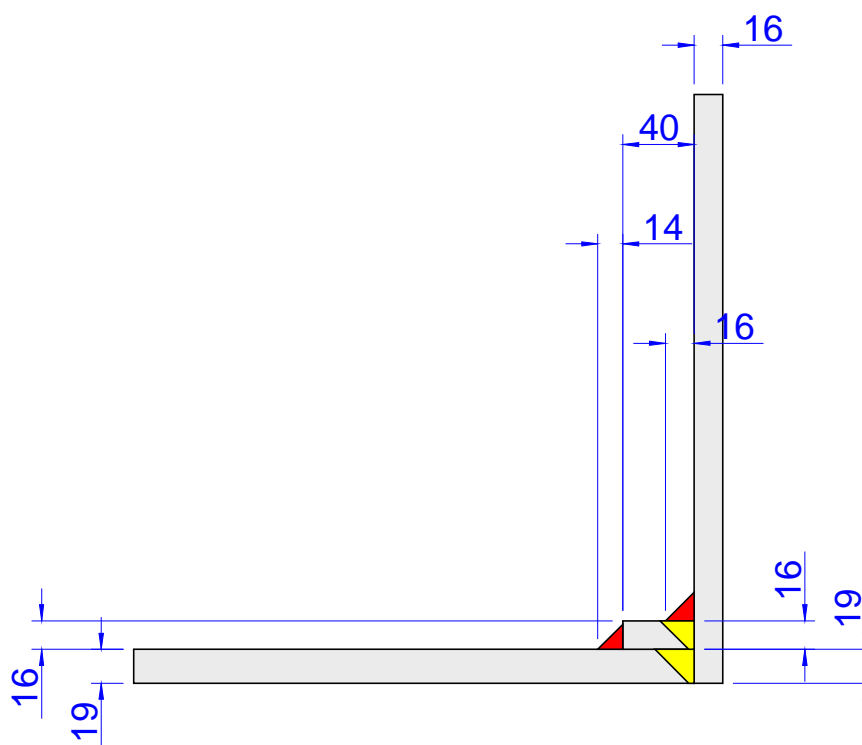
### 5.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal .....	Domo 1
Material do bocal .....	SA-516 Grau 70
Orientação do bocal .....	$\theta = 180,00^\circ$
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 19,000$ mm
Projeção para fora do vaso .....	$L_N = 1100,0$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 550,00$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 2069,0$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo) .....	$OD = 582,00$ mm
Diâmetro interno do bocal (Novo) .....	$ID = 550,00$ mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 16,000$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal .....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 40,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 16,000$ mm
Material do reforço .....	SA-516 Grau 70

### 5.2. Abertura - Limites de reforço



### 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 = 17,296 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
8,34	16,00	4,88	12,47	8,34

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 <sub>L41</sub> )	6,0000	11,200	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t <sub>L42</sub> )	8,0000	9,8000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t <sub>w2</sub> )	11,200	16,000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
6474,6	6474,6	3590,4	1152,2	-	256,00	196,00	-	1280,0

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 <sub>1-1</sub>	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W <sub>2-2</sub>	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W <sub>3-3</sub>	Caminho 3-3 Resistência
43493	40556	240324	28036	433727	48790	281048

#### 5.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 5.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 5.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	275,00 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	16,000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	16,000 mm

##### 5.4.1.3. Reforço

Largura .....	W <sub>p</sub> =	40,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t <sub>p</sub> =	16,000 mm

##### 5.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	550,00 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 5.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	550,00 mm
Limite externo normal à parede do vaso .....	2,5t =	45,750 mm

### 5.4.3. Espessura requerida da parede

#### 5.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida .....  $t_r = 11,772 \text{ mm}$

$$t_r = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_r = \frac{17,296 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 17,296}$$

$$\therefore t_r = 11,772 \text{ mm}$$

#### 5.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida .....  $t_{rn} = 3,4077 \text{ mm}$

$$t_{rn} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{rn} = \frac{17,296 \times 275}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 17,296}$$

$$\therefore t_{rn} = 3,4077 \text{ mm}$$

### 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) .....  $t_{UG27} = 4,8837 \text{ mm}$

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{17,296 \times 275}{1406,1 \times 0,7 - 0,6 \times 17,296}$$

$$\therefore t_{UG27} = 4,8837 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal .....  $t_{min} = t_{UG27} + C_n = 4,8837 \text{ mm}$

##### 5.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....  $t_a = 4,8837 \text{ mm}$

#### 5.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima .....  $t_{min} = 11,772 \text{ mm}$

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{17,296 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 17,296}$$

$$\therefore t_{min} = 11,772 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{min} + C = 12,472 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b1} = 12,472 \text{ mm}$

#### 5.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: $t_{b3}$

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo .....  $\geq \text{NPS } 12 \text{ (DN } 300)$

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede .....  $t_{wmin} = 8,3400 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 8,3400 \text{ mm}$

#### 5.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....	$t_a =$	4,8837 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b1} =$	12,472 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b3} =$	8,3400 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_b =$ menor entre $t_{b1}$ ou $t_{b3} =$	8,3400 mm
Espessura requerida da parede - UG-45 .....	$t_{UG-45} =$ maior entre $t_a$ ou $t_b =$	8,3400 mm
Espessura disponível do oESCOÇO (Novo) .....	$t_n = t_{wall} =$	16,000 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 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t_n$ ou $t_e =$	16,000 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete $t_c$ (mínimo) = menor de 6 mm ou $0,7t_{min} =$		6,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_c = 0,7t_{L41} =$	11,200 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 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t$ ou $t_e =$	16,000 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,5t_{min} =$	8,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L42} =$	9,8000 mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....		Sim

#### 5.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal .....	$S_n =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material da casca .....	$S_v =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material do reforço .....	$S_p =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Fator de redução de resistência .....	$f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$	1,0000
Fator de redução de resistência .....	$f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$	1,0000
Fator de redução de resistência .....	$f_{r3} =$ menor entre 1.0, $S_n/S_v$ e $S_p/S_v =$	1,0000
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 .....	$A_r =$	6474,6 mm <sup>2</sup>
---------------------------------	---------	------------------------

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 550 \times 11,772 \times 1 + 2 \times 16 \times 11,772 \times 1 \times (1 - 1)$$

$$\therefore A = 6474,6 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

##### 5.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....	$A_{11} =$	3590,4 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_{12} =$	447,82 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_1 =$ maior entre $A_{11}$ e $A_{12} =$	3590,4 mm <sup>2</sup>

$$A_{11} = d (E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 550 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772) - 2 \times 16 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772) \times (1 - 1)$$

$$\therefore A_{11} = 3590,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 16) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772) - 2 \times 16 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772) \times (1 - 1)$$

$$\therefore A_{12} = 447,82 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 16) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772) - 2 \times 16 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772) \times (1 - 1)$$

$$\therefore A_{12} = 447,82 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A<sub>2</sub>

Área ..... A<sub>21</sub> = 1152,2 mm<sup>2</sup>

Área ..... A<sub>22</sub> = 1410,3 mm<sup>2</sup>

Área ..... A<sub>2</sub> = menor entre A<sub>21</sub> e A<sub>22</sub> = 1152,2 mm<sup>2</sup>

$$A_{21} = 5(t_n - t_{rn})f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (16 - 3,4077) \times 1 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 1152,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_{rn})(2,5 t_n + t_e)f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (16 - 3,4077) \times (2,5 \times 16 + 16) \times 1$$

$$\therefore A_{22} = 1410,3 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.9.3. Área da solda - A<sub>41</sub>

Área ..... A<sub>41</sub> = 256,00 mm<sup>2</sup>

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (16)^2 \times 1$$

$$\therefore A_{41} = 256 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.9.4. Área da solda - A<sub>42</sub>

Área ..... A<sub>42</sub> = 196,00 mm<sup>2</sup>

$$A_{42} = (t_{L42})^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (14)^2 \times 1$$

$$\therefore A_{42} = 196 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A<sub>5</sub>

Área ..... A<sub>5</sub> = 1280,0 mm<sup>2</sup>

$$A_5 = (D_p - d - 2t_n)t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (662 - 550 - 2 \times 16) \times 16 \times 1$$

$$\therefore A_5 = 1280 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível ..... A<sub>a</sub> = A<sub>1</sub> + A<sub>2</sub> + A<sub>41</sub> + A<sub>42</sub> + A<sub>5</sub> = 6474,6 mm<sup>2</sup>

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.....	$W =$	43493 kgf
Esforço da solda para caminho 1-1 .....	$W_{1-1} =$	40556 kgf
Esforço da solda para caminho 2-2 .....	$W_{2-2} =$	28036 kgf
Esforço da solda para caminho 3-3 .....	$W_{3-3} =$	48790 kgf

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[ A - A_1 + 2 t_n f_{r1} \left( E_1 t - F t_r \right) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times [6474,6 - 3590,4 + 2 \times 16 \times 1 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,772)] \times 1406,1$$

$$\therefore W = 43493 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u \left( A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42} \right) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (1152,2 + 1280 + 256 + 196) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{1-1} = 40556 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1} \right) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (1152,2 + 0 + 256 + 0 + 2 \times 16 \times 18,3 \times 1) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{2-2} = 28036 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1} \right) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (1152,2 + 0 + 1280 + 256 + 196 + 0 + 2 \times 16 \times 18,3 \times 1) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{3-3} = 48790 \text{ kgf}$$

#### 5.4.11. Tensões unitárias [UW-15(c) e UG-45(c)]

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$S_1 = 0,49 \times \text{Menor}(S_n, S_p) =$	689,01 kgf/cm <sup>2</sup>
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$	689,01 kgf/cm <sup>2</sup>
(3) Parede do bocal sob cisalhamento .....	$S_3 = 0,7 \times S_n =$	984,30 kgf/cm <sup>2</sup>
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$S_4 = 0,74 \times S_v =$	1040,5 kgf/cm <sup>2</sup>
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$S_5 = 0,74 \times S_p =$	1040,5 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 5.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$F_1 =$	100783 kgf
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$F_2 =$	100307 kgf
(3) Parede do bocal sob cisalhamento .....	$F_3 =$	140018 kgf
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$F_4 =$	180741 kgf
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$F_5 =$	152203 kgf

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 582 \times 16 \times 689,01$$

$$\therefore F_1 = 100783 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\pi}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 662 \times 14 \times 689,01$$

$$\therefore F_2 = 100307 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{\pi}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 566 \times 16 \times 984,3$$

$$\therefore F_3 = 140018 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 582 \times 19 \times 1040,5$$

$$\therefore F_4 = 180741 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 582 \times 16 \times 1040,5$$

$$\therefore F_5 = 152203 \text{ kgf}$$

#### 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	100307
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	140018
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>240324</b>
Carregamento para o Caminho 1-1: $W_1$ menor entre $W$ e $W_{1-1}$	40556
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	100783
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	180741
(5) Solda de chanfro externa sob tração	152203
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>433727</b>
Carregamento para o Caminho 2-2: $W_2$ menor entre $W$ e $W_{2-2}$	28036
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	100307
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	180741
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>281048</b>
Carregamento para o Caminho 3-3: $W_3$ menor entre $W$ e $W_{3-3}$	43493
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

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

Alongamento da fibra externa .....	$\varepsilon =$	2,8269 %
Espessura nominal da chapa .....	$t =$	16,000 mm
Raio médio final.....	$R_f =$	283,00 mm
Raio médio original .....	$R_o =$	$\infty$ mm

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

$$\varepsilon = \frac{50 \times 16}{283} \times \left( 1 - \frac{283}{\infty} \right)$$

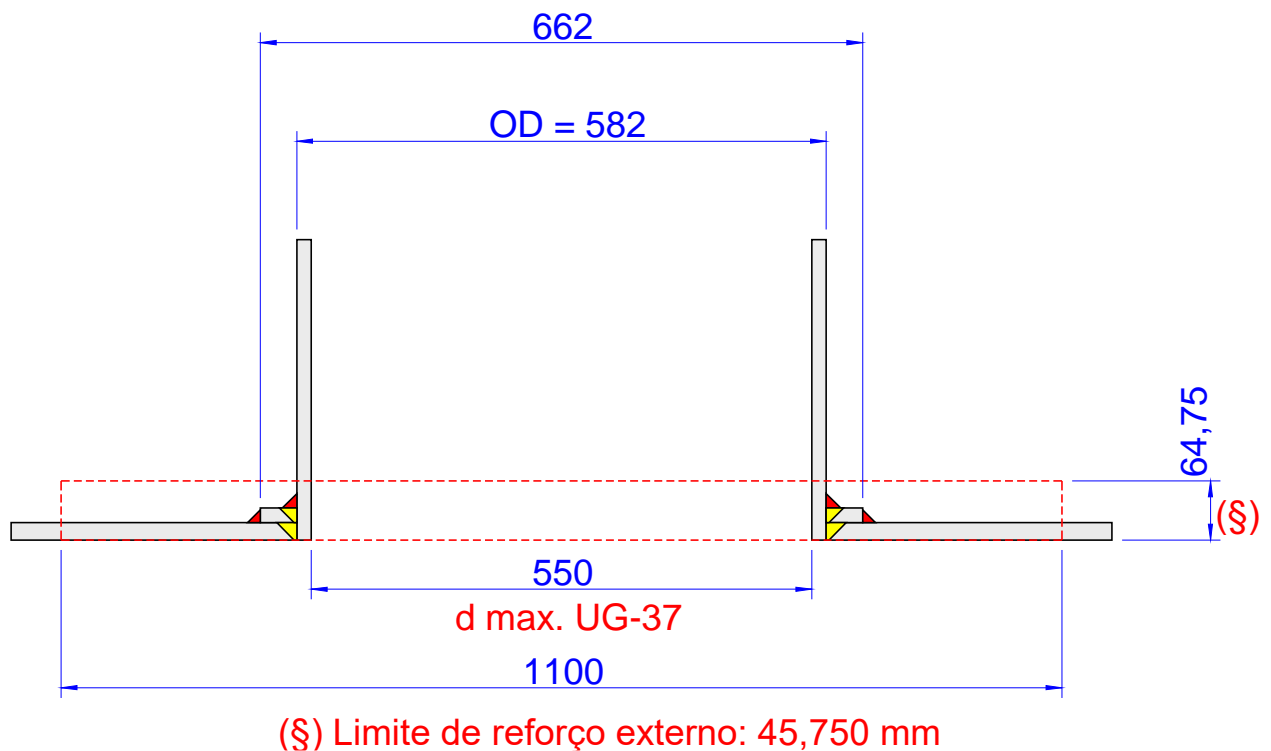
$$\therefore \varepsilon = 2,8269$$

## 6. Bocal - N2

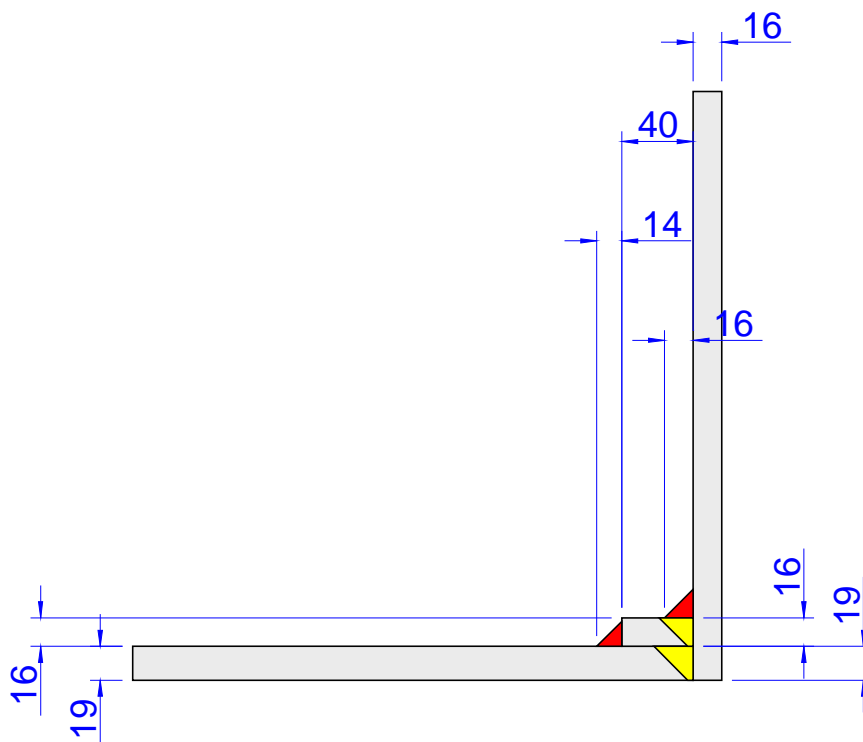
### 6.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal .....	Domo 2
Material do bocal .....	SA-516 Grau 70
Orientação do bocal .....	$\theta = 180,00^\circ$
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 19,000$ mm
Projeção para fora do vaso .....	$L_N = 1100,0$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 1430,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 2069,0$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo) .....	$OD = 582,00$ mm
Diâmetro interno do bocal (Novo) .....	$ID = 550,00$ mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 16,000$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal .....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 40,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 16,000$ mm
Material do reforço .....	SA-53 Grau S/B

### 6.2. Abertura - Limites de reforço



### 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 = 16,971 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
8,34	16,00	4,79	12,25	8,34

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 <sub>L41</sub> )	6,0000	11,200	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t <sub>L42</sub> )	8,0000	9,8000	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t <sub>w2</sub> )	11,200	16,000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
6352,0	6352,0	3713,0	1158,1	-	218,88	167,58	-	1094,4

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 <sub>1-1</sub>	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W <sub>2-2</sub>	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W <sub>3-3</sub>	Caminho 3-3 Resistência
40145	37107	225780	27597	397044	45342	266503

#### 6.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 6.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 6.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	275,00 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	16,000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	16,000 mm

##### 6.4.1.3. Reforço

Largura .....	W <sub>p</sub> =	40,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t <sub>p</sub> =	16,000 mm

##### 6.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	550,00 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 6.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	550,00 mm
Limite externo normal à parede do vaso .....	2,5t =	45,750 mm

### 6.4.3. Espessura requerida da parede

#### 6.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida .....  $t_r = 11,549 \text{ mm}$

$$t_r = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_r = \frac{16,971 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 16,971}$$

$$\therefore t_r = 11,549 \text{ mm}$$

#### 6.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida .....  $t_{rn} = 3,3431 \text{ mm}$

$$t_{rn} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{rn} = \frac{16,971 \times 275}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 16,971}$$

$$\therefore t_{rn} = 3,3431 \text{ mm}$$

### 6.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

#### 6.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

##### 6.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1) .....  $t_{UG27} = 4,7909 \text{ mm}$

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{16,971 \times 275}{1406,1 \times 0,7 - 0,6 \times 16,971}$$

$$\therefore t_{UG27} = 4,7909 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal .....  $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 4,7909 \text{ mm}$

##### 6.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....  $t_a = 4,7909 \text{ mm}$

#### 6.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima .....  $t_{\min} = 11,549 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{\min} = \frac{16,971 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 16,971}$$

$$\therefore t_{\min} = 11,549 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{\min} + C = 12,249 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b1} = 12,249 \text{ mm}$

#### 6.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: $t_{b3}$

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo .....  $\geq \text{NPS } 12 \text{ (DN } 300)$

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede .....  $t_{w\min} = 8,3400 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 8,3400 \text{ mm}$

#### 6.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....	$t_a =$	4,7909 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b1} =$	12,249 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b3} =$	8,3400 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_b =$ menor entre $t_{b1}$ ou $t_{b3} =$	8,3400 mm
Espessura requerida da parede - UG-45 .....	$t_{UG-45} =$ maior entre $t_a$ ou $t_b =$	8,3400 mm
Espessura disponível do oESCOÇO (Novo) .....	$t_n = t_{wall} =$	16,000 mm
A espessura do bocal é adequada? .....		Sim

#### 6.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

##### 6.4.5.1. 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 $t_e =$	16,000 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete $t_c$ (mínimo) = menor de 6 mm ou $0,7t_{min} =$		6,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_c = 0,7t_{L41} =$	11,200 mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....		Sim

##### 6.4.5.2. 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 $t_e =$	16,000 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,5t_{min} =$	8,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L42} =$	9,8000 mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....		Sim

#### 6.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal .....	$S_n =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material da casca .....	$S_v =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material do reforço .....	$S_p =$	1202,2 kgf/cm <sup>2</sup>
Fator de redução de resistência .....	$f_{r1} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$	1,0000
Fator de redução de resistência .....	$f_{r2} =$ menor entre 1.0 e $S_n/S_v =$	1,0000
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 $S_p/S_v =$	0,85500

#### 6.4.7. 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

#### 6.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida .....	$A_r =$	6352,0 mm <sup>2</sup>
---------------------------------	---------	------------------------

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 550 \times 11,549 \times 1 + 2 \times 16 \times 11,549 \times 1 \times (1 - 1)$$

$$\therefore A = 6352 \text{ mm}^2$$

#### 6.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

##### 6.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....	$A_{11} =$	3713,0 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_{12} =$	463,11 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_1 =$ maior entre $A_{11}$ e $A_{12} =$	3713,0 mm <sup>2</sup>

$$A_{11} = d \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 550 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549) - 2 \times 16 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549) \times (1 - 1)$$

$$\therefore A_{11} = 3713 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 16) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549) - 2 \times 16 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549) \times (1 - 1)$$

$$\therefore A_{12} = 463,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 16) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549) - 2 \times 16 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549) \times (1 - 1)$$

$$\therefore A_{12} = 463,11 \text{ mm}^2$$

#### 6.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A<sub>2</sub>

Área ..... A<sub>21</sub> = 1158,1 mm<sup>2</sup>

Área ..... A<sub>22</sub> = 1417,6 mm<sup>2</sup>

Área ..... A<sub>2</sub> = menor entre A<sub>21</sub> e A<sub>22</sub> = 1158,1 mm<sup>2</sup>

$$A_{21} = 5(t_n - t_{rn})f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (16 - 3,3431) \times 1 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 1158,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_{rn})(2,5t_n + t_e)f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (16 - 3,3431) \times (2,5 \times 16 + 16) \times 1$$

$$\therefore A_{22} = 1417,6 \text{ mm}^2$$

#### 6.4.9.3. Área da solda - A<sub>41</sub>

Área ..... A<sub>41</sub> = 218,88 mm<sup>2</sup>

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (16)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{41} = 218,88 \text{ mm}^2$$

#### 6.4.9.4. Área da solda - A<sub>42</sub>

Área ..... A<sub>42</sub> = 167,58 mm<sup>2</sup>

$$A_{42} = (t_{L42})^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (14)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{42} = 167,58 \text{ mm}^2$$

#### 6.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A<sub>5</sub>

Área ..... A<sub>5</sub> = 1094,4 mm<sup>2</sup>

$$A_5 = (D_p - d - 2t_n)t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (662 - 550 - 2 \times 16) \times 16 \times 0,855$$

$$\therefore A_5 = 1094,4 \text{ mm}^2$$

#### 6.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível ..... A<sub>a</sub> = A<sub>1</sub> + A<sub>2</sub> + A<sub>41</sub> + A<sub>42</sub> + A<sub>5</sub> = 6352,0 mm<sup>2</sup>

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.**

#### 6.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda.....	$W =$	40145 kgf
Esforço da solda para caminho 1-1 .....	$W_{1-1} =$	37107 kgf
Esforço da solda para caminho 2-2 .....	$W_{2-2} =$	27597 kgf
Esforço da solda para caminho 3-3 .....	$W_{3-3} =$	45342 kgf

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[ A - A_1 + 2 t_n f_{r1} \left( E_1 t - F t_r \right) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times [6352 - 3713 + 2 \times 16 \times 1 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 11,549)] \times 1406,1$$

$$\therefore W = 40145 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u \left( A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42} \right) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (1158,1 + 1094,4 + 218,88 + 167,58) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{1-1} = 37107 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1} \right) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (1158,1 + 0 + 218,88 + 0 + 2 \times 16 \times 18,3 \times 1) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{2-2} = 27597 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1} \right) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (1158,1 + 0 + 1094,4 + 218,88 + 167,58 + 0 + 2 \times 16 \times 18,3 \times 1) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{3-3} = 45342 \text{ kgf}$$

#### 6.4.11. 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 <sup>2</sup>
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$	589,10 kgf/cm <sup>2</sup>
(3) Parede do bocal sob cisalhamento .....	$S_3 = 0,7 \times S_n =$	984,30 kgf/cm <sup>2</sup>
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$S_4 = 0,74 \times S_v =$	1040,5 kgf/cm <sup>2</sup>
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$S_5 = 0,74 \times S_p =$	889,66 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 6.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$F_1 =$	86169 kgf
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$F_2 =$	85762 kgf
(3) Parede do bocal sob cisalhamento .....	$F_3 =$	140018 kgf
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$F_4 =$	180741 kgf
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$F_5 =$	130133 kgf

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 582 \times 16 \times 589,1$$

$$\therefore F_1 = 86169 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\pi}{2} OD_{\text{pad}} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 662 \times 14 \times 589,1$$

$$\therefore F_2 = 85762 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{\pi}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 566 \times 16 \times 984,3$$

$$\therefore F_3 = 140018 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 582 \times 19 \times 1040,5$$

$$\therefore F_4 = 180741 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 582 \times 16 \times 889,66$$

$$\therefore F_5 = 130133 \text{ kgf}$$

#### 6.4.13. 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	85762
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	140018
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>225780</b>
Carregamento para o Caminho 1-1: $W_1$ menor entre $W$ e $W_{1-1}$	37107
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	86169
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	180741
(5) Solda de chanfro externa sob tração	130133
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>397044</b>
Carregamento para o Caminho 2-2: $W_2$ menor entre $W$ e $W_{2-2}$	27597
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	85762
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	180741
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>266503</b>
Carregamento para o Caminho 3-3: $W_3$ menor entre $W$ e $W_{3-3}$	40145
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

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

Alongamento da fibra externa .....	$\varepsilon =$	2,8269 %
Espessura nominal da chapa .....	$t =$	16,000 mm
Raio médio final.....	$R_f =$	283,00 mm
Raio médio original .....	$R_o =$	$\infty$ mm

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

$$\varepsilon = \frac{50 \times 16}{283} \times \left( 1 - \frac{283}{\infty} \right)$$

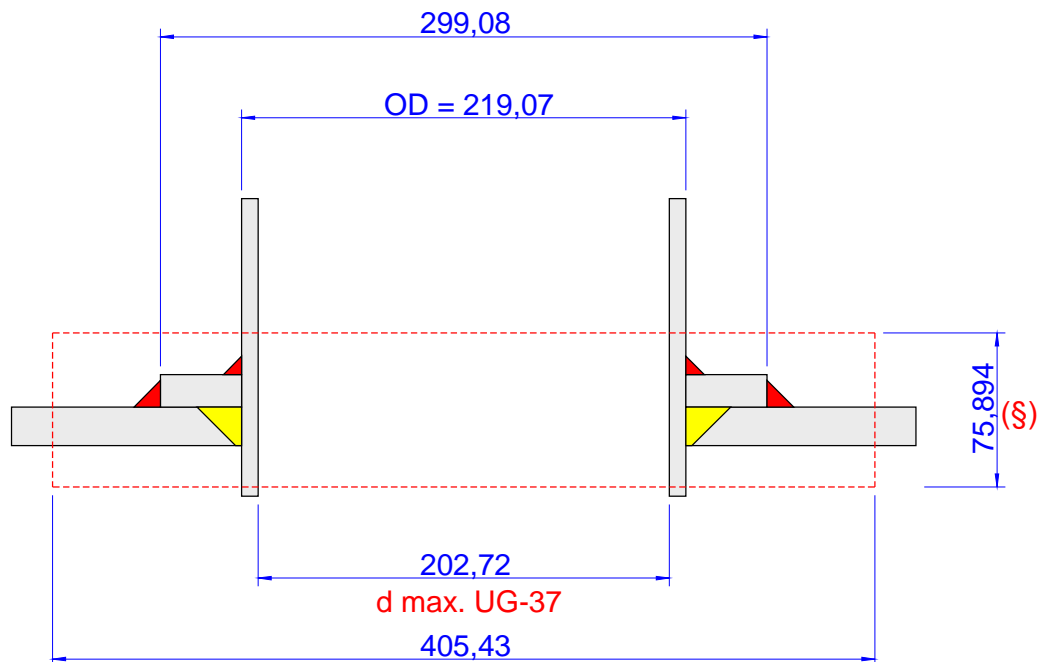
$$\therefore \varepsilon = 2,8269$$

## 7. Bocal - N3

### 7.1. Dados gerais

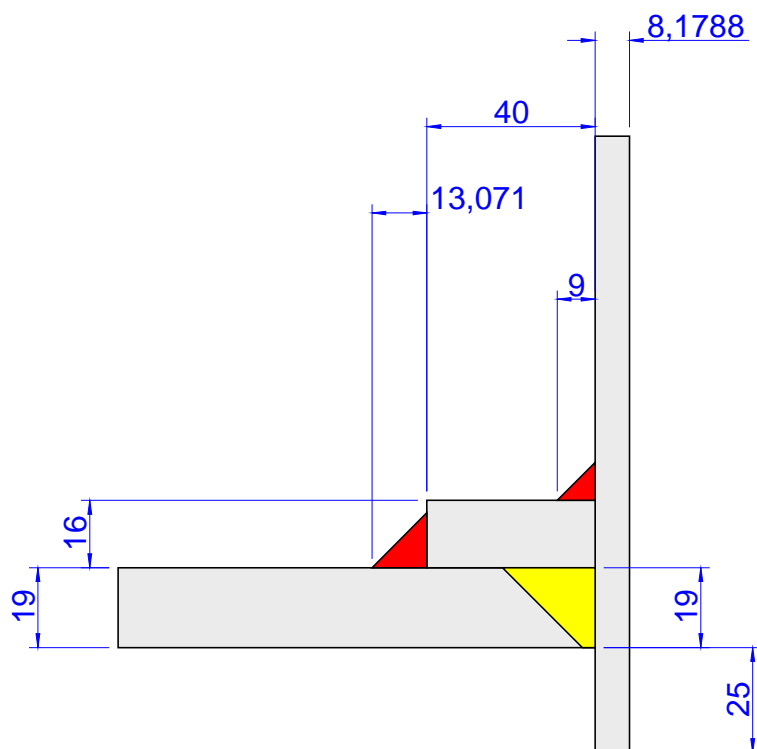
Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal .....	Sucção Umida 1
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 8 (DN 200) Schedule 40 (STD)
Material do bocal .....	SA-53 Grau S/B
Orientação do bocal .....	$\theta = 0,0000^\circ$
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 19,000$ mm
Projeção para fora do vaso .....	$L_N = 200,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 3670,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 1169,0$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo) .....	$OD = 219,07$ mm
Diâmetro interno do bocal (Novo) .....	$ID = 202,72$ mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 8,1788$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal .....	$c = 0,0000$ mm
Projeção do bocal.....	$h = 25,000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 40,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 16,000$ mm
Material do reforço .....	SA-240 304

### 7.2. Abertura - Limites de reforço



(§) Limite de reforço externo: 36,447 mm  
Limite de reforço interno: 20,447 mm

### 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 = 21,055 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
7,16	7,16	2,57	15,05	7,16

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 <sub>L41</sub> )	5,7252	6,3000	Tamanho é adequado
Solda de filete externa entre o reforço e a casca (t <sub>L42</sub> )	8,0000	9,1500	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
2943,8	2943,8	790,59	397,93	285,97	69,255	164,88	-	1235,2

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 <sub>1-1</sub>	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W <sub>2-2</sub>	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W <sub>3-3</sub>	Caminho 3-3 Resistência
31054	26256	63631	14189	86279	33876	108864

#### 7.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 7.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 7.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	101,36 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	8,1788 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	8,1788 mm
Espessura da parede da projeção interna.....	t <sub>i</sub> = t <sub>n</sub> - C <sub>n</sub> =	8,1788 mm
Projeção interna .....	h = h <sub>new</sub> - C <sub>n</sub> + C <sub>i</sub> =	25,000 mm

##### 7.4.1.3. Reforço

Largura .....	W <sub>p</sub> =	40,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t <sub>p</sub> =	16,000 mm
Projeção.....	h =	25,000 mm

##### 7.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	202,72 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 7.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	202,72 mm
--	-----	-----------

Limite externo normal à parede do vaso .....	$2,5t_n + t_e =$	36,447 mm
Limite interno normal à parede do vaso .....	$2,5t_n =$	20,447 mm

### 7.4.3. Espessura requerida da parede

#### 7.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida .....	$t_r =$	14,354 mm
---------------------------	---------	-----------

$$t_r = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_r = \frac{21,055 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 21,055}$$

$$\therefore t_r = 14,354 \text{ mm}$$

#### 7.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida .....	$t_{rn} =$	1,7939 mm
---------------------------	------------	-----------

$$t_{rn} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{rn} = \frac{21,055 \times 101,36}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 21,055}$$

$$\therefore t_{rn} = 1,7939 \text{ mm}$$

### 7.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

#### 7.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

##### 7.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1) .....	$t_{UG27} =$	2,5745 mm
---	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{21,055 \times 101,36}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 21,055}$$

$$\therefore t_{UG27} = 2,5745 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal .....	$t_{min} = t_{UG27} + C_n =$	2,5745 mm
---	------------------------------	-----------

##### 7.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....	$t_a =$	2,5745 mm
----------------------------------	---------	-----------

##### 7.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima .....	$t_{min} =$	14,354 mm
------------------------	-------------	-----------

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{21,055 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 21,055}$$

$$\therefore t_{min} = 14,354 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....	$t_{min} + C =$	15,054 mm
--	-----------------	-----------

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....	$t_{UG-16(b)} + C_n =$	1,5000 mm
--	------------------------	-----------

Espessura mínima da parede .....	$t_{b1} =$	15,054 mm
----------------------------------	------------	-----------

#### 7.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: $t_{b3}$

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo.....	NPS 8 (DN 200)
Tabela UG-45: Espessura mínima da parede .....	$t_{wmin} = 7,1600$ mm
Espessura mínima da parede .....	$t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 7,1600$ mm

#### 7.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....	$t_a = 2,5745$ mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b1} = 15,054$ mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b3} = 7,1600$ mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_b =$ menor entre $t_{b1}$ ou $t_{b3} = 7,1600$ mm
Espessura requerida da parede - UG-45 .....	$t_{UG-45} =$ maior entre $t_a$ ou $t_b = 7,1600$ mm
Espessura disponível do oescoço (Novo) .....	$t_n = 0,875 \times t_{wall} = 7,1600$ mm
A espessura do bocal é adequada? .....	Sim

#### 7.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

##### 7.4.5.1. Solda de filete: Entre o bocal e a casca

$t_{min}$ de acordo com UW-16 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t_n$ ou $t_e = 8,1788$ mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,7t_{min} = 5,7252$ mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L41} = 6,3000$ mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....	Sim

##### 7.4.5.2. 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 $t_e = 16,000$ mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,5t_{min} = 8,0000$ mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L42} = 9,1500$ mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....	Sim

#### 7.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal .....	$S_n = 1202,2$ kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material da casca .....	$S_v = 1406,1$ kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material do reforço .....	$S_p = 1356,9$ kgf/cm <sup>2</sup>
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 $S_p/S_v = 0,96500$

#### 7.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada? .....	Não
Eficiência de junta de acordo com UG-37(a).....	$E_1 = 1,0000$

#### 7.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida.....	$A_r = 2943,8$ mm <sup>2</sup>
--------------------------------	--------------------------------

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 202,72 \times 14,354 \times 1 + 2 \times 8,1788 \times 14,354 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A = 2943,8 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

##### 7.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....	$A_{11} = 790,59$ mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_{12} = 199,62$ mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_1 =$ maior entre $A_{11}$ e $A_{12} = 790,59$ mm <sup>2</sup>

$$A_{11} = d \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{11} = 202,72 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354) - 2 \times 8,1788 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{11} = 790,59 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 \left( t + t_n \right) \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 8,1788) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354) - 2 \times 8,1788 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 199,62 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 \left( t + t_n \right) \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 8,1788) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354) - 2 \times 8,1788 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 199,62 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A<sub>2</sub>

Área .....	A <sub>21</sub> =	499,50 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>22</sub> =	397,93 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>2</sub> = menor entre A <sub>21</sub> e A <sub>22</sub> =	397,93 mm <sup>2</sup>

$$A_{21} = 5 \left( t_n - t_{rn} \right) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (8,1788 - 1,7939) \times 0,855 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 499,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2 \left( t_n - t_{rn} \right) \left( 2,5 t_n + t_e \right) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (8,1788 - 1,7939) \times (2,5 \times 8,1788 + 16) \times 0,855$$

$$\therefore A_{22} = 397,93 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9.3. Área disponível na projeção interna do bocal - A<sub>3</sub>

Área .....	A <sub>31</sub> =	639,85 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>32</sub> =	285,97 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>33</sub> =	437,05 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>3</sub> = menor entre A <sub>31</sub> e A <sub>32</sub> or A <sub>33</sub> =	285,97 mm <sup>2</sup>

$$A_{31} = 5 t_i t_f f_{r2}$$

$$A_{31} = 5 \times 18,3 \times 8,1788 \times 0,855$$

$$\therefore A_{31} = 639,85 \text{ mm}^2$$

$$A_{32} = 5 t_i t_f f_{r2}$$

$$A_{32} = 5 \times 8,1788 \times 8,1788 \times 0,855$$

$$\therefore A_{32} = 285,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{33} = 2,5 h t_i f_{r2}$$

$$A_{33} = 2,5 \times 25 \times 8,1788 \times 0,855$$

$$\therefore A_{33} = 437,05 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9.4. Área da solda - $A_{41}$

Área .....  $A_{41} = 69,255 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (9)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{41} = 69,255 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9.5. Área da solda - $A_{42}$

Área .....  $A_{42} = 164,88 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42})^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (13,071)^2 \times 0,965$$

$$\therefore A_{42} = 164,88 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9.6. Área disponível no elemento de reforço - $A_5$

Área .....  $A_5 = 1235,2 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (299,08 - 202,72 - 2 \times 8,1788) \times 16 \times 0,965$$

$$\therefore A_5 = 1235,2 \text{ mm}^2$$

#### 7.4.9.7. Área de reforço disponível

Área disponível .....  $A_a = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 2943,8 \text{ mm}^2$

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.**

#### 7.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda .....  $W = 31054 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1 .....  $W_{1-1} = 26256 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2 .....  $W_{2-2} = 14189 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3 .....  $W_{3-3} = 33876 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[ A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times [2943,8 - 790,59 + 2 \times 8,1788 \times 0,855 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,354)] \times 1406,1$$

$$\therefore W = 31054 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (397,93 + 1235,2 + 69,255 + 164,88) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{1-1} = 26256 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (397,93 + 285,97 + 69,255 + 0 + 2 \times 8,1788 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{2-2} = 14189 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t_{r1} \right) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (397,93 + 285,97 + 1235,2 + 69,255 + 164,88 + 0 + 2 \times 8,1788 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{3-3} = 33876 \text{ kgf}$$

#### 7.4.11. 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 <sup>2</sup>
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$	664,89 kgf/cm <sup>2</sup>
(3) Parede do bocal sob cisalhamento.....	$S_3 = 0,7 \times S_n =$	841,57 kgf/cm <sup>2</sup>
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$S_4 = 0,74 \times S_v =$	1040,5 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 7.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$F_1 =$	18245 kgf
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$F_2 =$	40830 kgf
(3) Parede do bocal sob cisalhamento.....	$F_3 =$	22802 kgf
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$F_4 =$	68034 kgf

##### (1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 219,07 \times 9 \times 589,1$$

$$\therefore F_1 = 18245 \text{ kgf}$$

##### (2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\pi}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 299,07 \times 13,071 \times 664,89$$

$$\therefore F_2 = 40830 \text{ kgf}$$

##### (3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{\pi}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 210,9 \times 8,1788 \times 841,57$$

$$\therefore F_3 = 22802 \text{ kgf}$$

##### (4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 219,07 \times 19 \times 1040,5$$

$$\therefore F_4 = 68034 \text{ kgf}$$

#### 7.4.13. 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	40830
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	22802
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>63631</b>
Carregamento para o Caminho 1-1: $W_1$ menor entre $W$ e $W_{1-1}$	26256
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	18245
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	68034
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>86279</b>
Carregamento para o Caminho 2-2: $W_2$ menor entre $W$ e $W_{2-2}$	14189
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

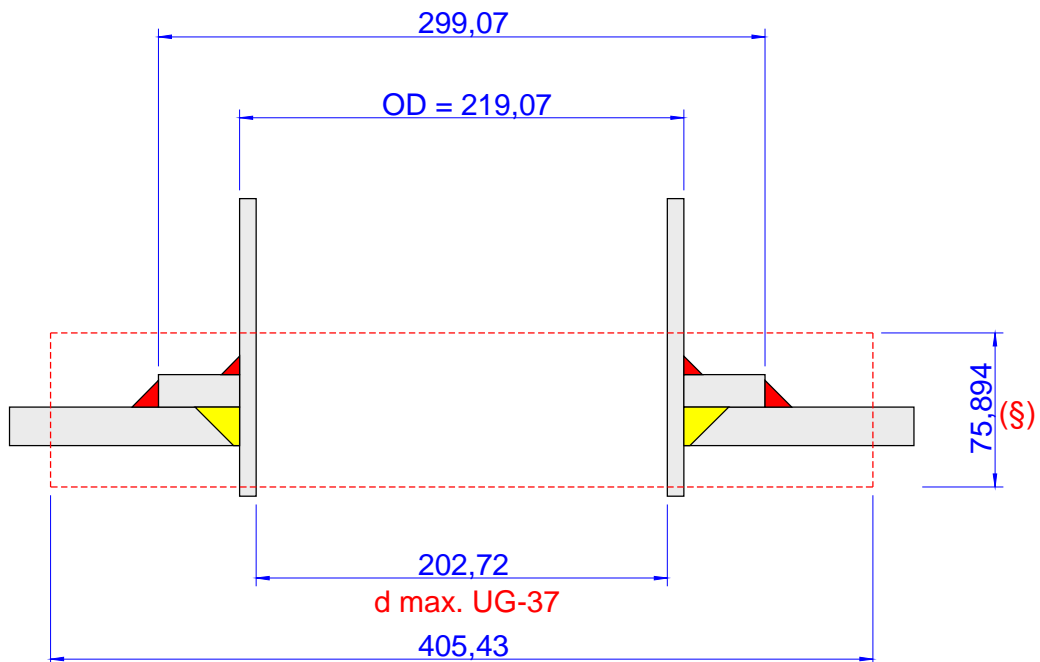
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	40830
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	68034
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>108864</b>
Carregamento para o Caminho 3-3: $W_3$ menor entre $W$ e $W_{3-3}$	31054
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

## 8. Bocal - N4

### 8.1. Dados gerais

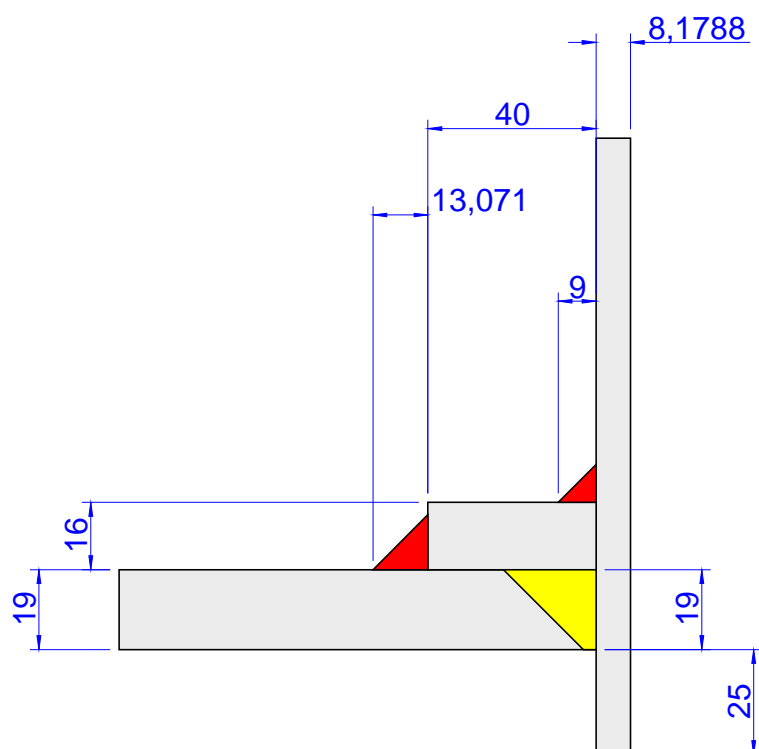
Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal .....	Sucção Umida 2
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 8 (DN 200) Schedule 40 (STD)
Material do bocal .....	SA-53 Grau S/B
Orientação do bocal .....	$\theta = 0,0000^\circ$
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 19,000$ mm
Projeção para fora do vaso .....	$L_N = 200,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 250,00$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 1169,0$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo) .....	OD = 219,07 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo) .....	ID = 202,72 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 8,1788$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal .....	$c = 0,0000$ mm
Projeção do bocal.....	$h = 25,000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 40,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 16,000$ mm
Material do reforço .....	SA-516 Grau 70

### 8.2. Abertura - Limites de reforço



(§) Limite de reforço externo: 36,447 mm  
Limite de reforço interno: 20,447 mm

### 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 = 21,234 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
7,16	7,16	2,60	15,18	7,16

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 <sub>L41</sub> )	5,7252	6,3000	Tamanho é adequado
Solda de filete externa entre o reforço e a casca (t <sub>L42</sub> )	8,0000	9,1500	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
2969,0	2969,0	765,97	396,97	285,97	69,255	170,86	-	1280,0

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 <sub>1-1</sub>	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W <sub>2-2</sub>	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W <sub>3-3</sub>	Caminho 3-3 Resistência
31730	26957	65112	14176	86279	34577	110344

#### 8.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 8.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 8.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	101,36 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	8,1788 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	8,1788 mm
Espessura da parede da projeção interna.....	t <sub>i</sub> = t <sub>n</sub> - C <sub>n</sub> =	8,1788 mm
Projeção interna .....	h = h <sub>new</sub> - C <sub>n</sub> + C <sub>i</sub> =	25,000 mm

##### 8.4.1.3. Reforço

Largura .....	W <sub>p</sub> =	40,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t <sub>p</sub> =	16,000 mm
Projeção.....	h =	25,000 mm

##### 8.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	202,72 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 8.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	202,72 mm
Limite externo normal à parede do vaso .....	2,5t <sub>n</sub> + t <sub>e</sub> =	36,447 mm

Limite interno normal à parede do vaso .....  $2,5t_n = 20,447 \text{ mm}$

### 8.4.3. Espessura requerida da parede

#### 8.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida .....  $t_r = 14,477 \text{ mm}$

$$t_r = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_r = \frac{21,234 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 21,234}$$

$$\therefore t_r = 14,477 \text{ mm}$$

#### 8.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida .....  $t_{rn} = 1,8093 \text{ mm}$

$$t_{rn} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{rn} = \frac{21,234 \times 101,36}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 21,234}$$

$$\therefore t_{rn} = 1,8093 \text{ mm}$$

### 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) .....  $t_{UG27} = 2,5967 \text{ mm}$

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{21,234 \times 101,36}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 21,234}$$

$$\therefore t_{UG27} = 2,5967 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal .....  $t_{min} = t_{UG27} + C_n = 2,5967 \text{ mm}$

##### 8.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....  $t_a = 2,5967 \text{ mm}$

#### 8.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima .....  $t_{min} = 14,477 \text{ mm}$

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{21,234 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 21,234}$$

$$\therefore t_{min} = 14,477 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{min} + C = 15,177 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b1} = 15,177 \text{ mm}$

#### 8.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: $t_{b3}$

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo ..... NPS 8 (DN 200)

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede .....	$t_{wmin} =$	7,1600 mm
Espessura mínima da parede .....	$t_{b3} = t_{wmin} + C_n =$	7,1600 mm

#### 8.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....	$t_a =$	2,5967 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b1} =$	15,177 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b3} =$	7,1600 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_b =$ menor entre $t_{b1}$ ou $t_{b3} =$	7,1600 mm
Espessura requerida da parede - UG-45 .....	$t_{UG-45} =$ maior entre $t_a$ ou $t_b =$	7,1600 mm
Espessura disponível do oescoço (Novo) .....	$t_n = 0,875 \times t_{wall} =$	7,1600 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 bocal e a casca

$t_{min}$ de acordo com UW-16 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t_n$ ou $t_e =$	8,1788 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,7t_{min} =$	5,7252 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L41} =$	6,3000 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 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t$ ou $t_e =$	16,000 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,5t_{min} =$	8,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L42} =$	9,1500 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/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material da casca .....	$S_v =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material do reforço .....	$S_p =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
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 .....	$A_r =$	2969,0 mm <sup>2</sup>
---------------------------------	---------	------------------------

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 202,72 \times 14,477 \times 1 + 2 \times 8,1788 \times 14,477 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A = 2969 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

##### 8.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....	$A_{11} =$	765,97 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_{12} =$	193,40 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_1 =$ maior entre $A_{11}$ e $A_{12} =$	765,97 mm <sup>2</sup>

$$A_{11} = d \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{11} = 202,72 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477) - 2 \times 8,1788 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{11} = 765,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 8,1788) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477) - 2 \times 8,1788 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 193,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 8,1788) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477) - 2 \times 8,1788 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 193,4 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A<sub>2</sub>

Área .....	A <sub>21</sub> =	498,30 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>22</sub> =	396,97 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>2</sub> = menor entre A <sub>21</sub> e A <sub>22</sub> =	396,97 mm <sup>2</sup>

$$A_{21} = 5(t_n - t_{rn})f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (8,1788 - 1,8093) \times 0,855 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 498,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2(t_n - t_{rn})(2,5t_n + t_e)f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (8,1788 - 1,8093) \times (2,5 \times 8,1788 + 16) \times 0,855$$

$$\therefore A_{22} = 396,97 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9.3. Área disponível na projeção interna do bocal - A<sub>3</sub>

Área .....	A <sub>31</sub> =	639,85 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>32</sub> =	285,97 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>33</sub> =	437,05 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>3</sub> = menor entre A <sub>31</sub> e A <sub>32</sub> or A <sub>33</sub> =	285,97 mm <sup>2</sup>

$$A_{31} = 5t t_i f_{r2}$$

$$A_{31} = 5 \times 18,3 \times 8,1788 \times 0,855$$

$$\therefore A_{31} = 639,85 \text{ mm}^2$$

$$A_{32} = 5t_i t_i f_{r2}$$

$$A_{32} = 5 \times 8,1788 \times 8,1788 \times 0,855$$

$$\therefore A_{32} = 285,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{33} = 2,5 h t_i f_{r2}$$

$$A_{33} = 2,5 \times 25 \times 8,1788 \times 0,855$$

$$\therefore A_{33} = 437,05 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9.4. Área da solda - $A_{41}$

Área .....  $A_{41} = 69,255 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (9)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{41} = 69,255 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9.5. Área da solda - $A_{42}$

Área .....  $A_{42} = 170,86 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42})^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (13,071)^2 \times 1$$

$$\therefore A_{42} = 170,86 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9.6. Área disponível no elemento de reforço - $A_5$

Área .....  $A_5 = 1280,0 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (299,07 - 202,72 - 2 \times 8,1788) \times 16 \times 1$$

$$\therefore A_5 = 1280 \text{ mm}^2$$

#### 8.4.9.7. Área de reforço disponível

Área disponível .....  $A_a = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 2969,0 \text{ mm}^2$

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.**

#### 8.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda .....  $W = 31730 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1 .....  $W_{1-1} = 26957 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2 .....  $W_{2-2} = 14176 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3 .....  $W_{3-3} = 34577 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[ A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times [2969 - 765,97 + 2 \times 8,1788 \times 0,855 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 14,477)] \times 1406,1$$

$$\therefore W = 31730 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (396,97 + 1280 + 69,255 + 170,86) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{1-1} = 26957 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (396,97 + 285,97 + 69,255 + 0 + 2 \times 8,1788 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{2-2} = 14176 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t_{f_{r1}} \right) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (396,97 + 285,97 + 1280 + 69,255 + 170,86 + 0 + 2 \times 8,1788 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{3-3} = 34577 \text{ kgf}$$

#### 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 kgf/cm <sup>2</sup> |
| (2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento..... | $S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$ | 689,01 kgf/cm <sup>2</sup> |
| (3) Parede do bocal sob cisalhamento.....                    | $S_3 = 0,7 \times S_n =$                     | 841,57 kgf/cm <sup>2</sup> |
| (4) Solda de chanfro na casca sob tração.....                | $S_4 = 0,74 \times S_v =$                    | 1040,5 kgf/cm <sup>2</sup> |

#### 8.4.12. Resistência dos elementos da união

- |  |         |           |
|--|---------|-----------|
| (1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....            | $F_1 =$ | 18245 kgf |
| (2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento..... | $F_2 =$ | 42310 kgf |
| (3) Parede do bocal sob cisalhamento.....                    | $F_3 =$ | 22802 kgf |
| (4) Solda de chanfro na casca sob tração.....                | $F_4 =$ | 68034 kgf |

##### (1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 219,07 \times 9 \times 589,1$$

$$\therefore F_1 = 18245 \text{ kgf}$$

##### (2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\pi}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 299,07 \times 13,071 \times 689,01$$

$$\therefore F_2 = 42310 \text{ kgf}$$

##### (3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{\pi}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 210,9 \times 8,1788 \times 841,57$$

$$\therefore F_3 = 22802 \text{ kgf}$$

##### (4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 219,07 \times 19 \times 1040,5$$

$\therefore F_4 = 68034 \text{ kgf}$

#### 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	42310
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	22802
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>65112</b>
Carregamento para o Caminho 1-1: $W_1$ menor entre $W$ e $W_{1-1}$	26957
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	18245
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	68034
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>86279</b>
Carregamento para o Caminho 2-2: $W_2$ menor entre $W$ e $W_{2-2}$	14176
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

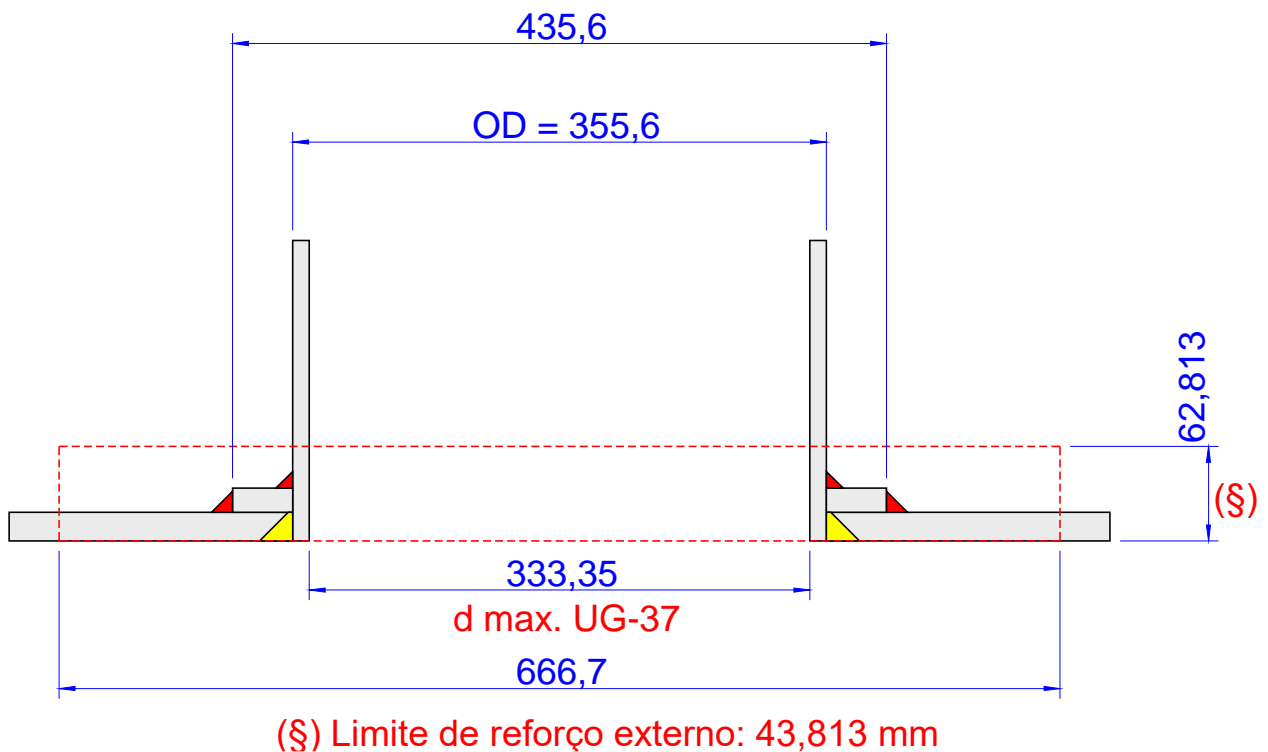
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	42310
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	68034
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>110344</b>
Carregamento para o Caminho 3-3: $W_3$ menor entre $W$ e $W_{3-3}$	31730
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

## 9. Bocal - N5

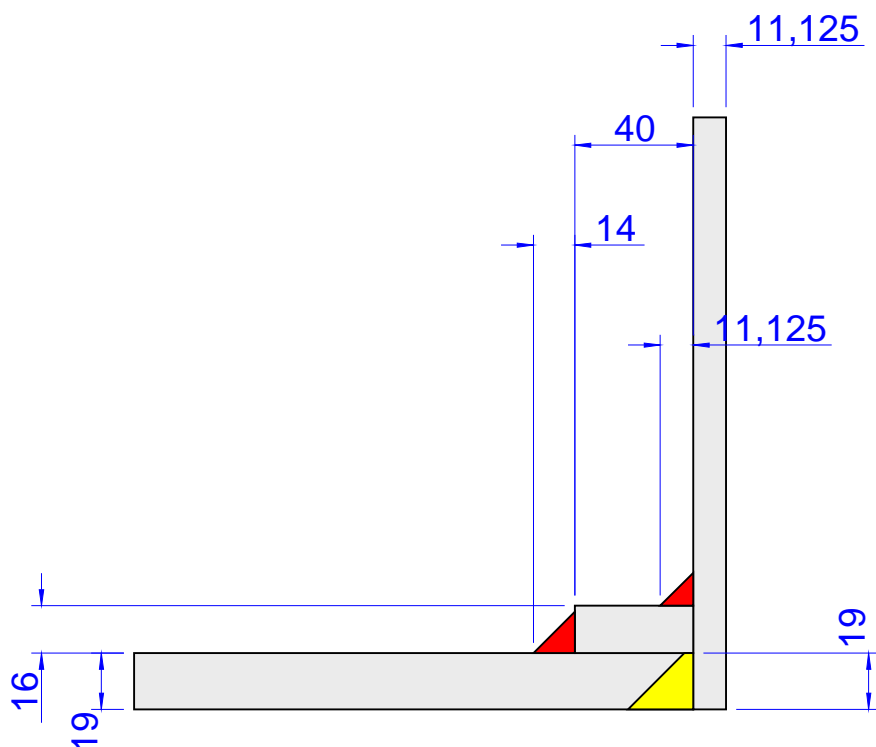
### 9.1. Dados gerais

Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal .....	Sucção Seca
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 14 (DN 350) Schedule 40
Material do bocal .....	SA-53 Grau S/B
Orientação do bocal .....	$\theta = 0,0000^\circ$
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 19,000$ mm
Projeção para fora do vaso .....	$L_N = 200,00$ mm
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 1920,0$ mm
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 1169,0$ mm
Diâmetro externo do bocal (Novo) .....	OD = 355,60 mm
Diâmetro interno do bocal (Novo) .....	ID = 333,35 mm
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 11,125$ mm
Sobre-espessura de corrosão do bocal .....	$c = 0,0000$ mm
Largura do reforço.....	$W_p = 40,000$ mm
Espessura da parede do reforço (Novo).....	$t_p = 16,000$ mm
Material do reforço .....	SA-516 Grau 70

### 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 = 18,208 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
8,34	9,73	3,65	13,10	8,34

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 <sub>L41</sub> )	7,7876	7,7876	Tamanho é adequado
Solda de filete entre o reforço e a casca (t <sub>L42</sub> )	8,0000	9,8000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
4172,9	4172,9	1948,4	642,65	-	105,82	196,00	-	1280,0

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 <sub>1-1</sub>	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W <sub>2-2</sub>	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W <sub>3-3</sub>	Caminho 3-3 Resistência
32858	31279	116664	15420	147040	36174	176435

#### 9.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 9.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 9.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	166,67 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	11,125 mm
Sobre-espessura de corrosão.....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	11,125 mm

##### 9.4.1.3. Reforço

Largura .....	W <sub>p</sub> =	40,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t <sub>p</sub> =	16,000 mm

##### 9.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	333,35 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 9.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	333,35 mm
Limite externo normal à parede do vaso .....	2,5t <sub>n</sub> + t <sub>e</sub> =	43,813 mm

#### 9.4.3. Espessura requerida da parede

##### 9.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	t <sub>r</sub> =	12,398 mm
--------------------------	------------------	-----------

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

$$t_r = \frac{18,208 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 18,208}$$

$$\therefore t_r = 12,398 \text{ mm}$$

#### 9.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida.....  $t_{rn} = 2,5475 \text{ mm}$

$$t_{rn} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{rn} = \frac{18,208 \times 166,67}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 18,208}$$

$$\therefore t_{rn} = 2,5475 \text{ mm}$$

#### 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).....  $t_{UG27} = 3,6536 \text{ mm}$

$$t_{UG27} = \frac{PR_n}{S_n E - 0,6P}$$

$$t_{UG27} = \frac{18,208 \times 166,67}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 18,208}$$

$$\therefore t_{UG27} = 3,6536 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal.....  $t_{min} = t_{UG27} + C_n = 3,6536 \text{ mm}$

##### 9.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....  $t_a = 3,6536 \text{ mm}$

##### 9.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima.....  $t_{min} = 12,398 \text{ mm}$

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

$$t_{min} = \frac{18,208 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 18,208}$$

$$\therefore t_{min} = 12,398 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{min} + C = 13,098 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b1} = 13,098 \text{ mm}$

##### 9.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: $t_{b3}$

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo .....  $\geq \text{NPS 12 (DN 300)}$

Tabela UG-45: Espessura mínima da parede .....  $t_{wmin} = 8,3400 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 8,3400 \text{ mm}$

##### 9.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....  $t_a = 3,6536 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45 .....  $t_{b1} = 13,098 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b3} =$	8,3400 mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_b =$ menor entre $t_{b1}$ ou $t_{b3} =$	8,3400 mm
Espessura requerida da parede - UG-45 .....	$t_{UG-45} =$ maior entre $t_a$ ou $t_b =$	8,3400 mm
Espessura disponível do oescoço (Novo) .....	$t_n = 0,875 \times t_{wall} =$	9,7300 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 reforço e o bocal

$t_{min}$ de acordo com UW-16 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t_n$ ou $t_e =$	11,125 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,7t_{min} =$	6,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_c = 0,7t_{L41} =$	7,7876 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 $t_e =$	16,000 mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,5t_{min} =$	8,0000 mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L42} =$	9,8000 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/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material da casca .....	$S_v =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material do reforço .....	$S_p =$	1406,1 kgf/cm <sup>2</sup>
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

##### 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 .....	$A_r =$	4172,9 mm <sup>2</sup>
$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$		
$A = 333,35 \times 12,398 \times 1 + 2 \times 11,125 \times 12,398 \times 1 \times (1 - 0,855)$		
$\therefore A = 4172,9 \text{ mm}^2$		

##### 9.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

###### 9.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....	$A_{11} =$	1948,4 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_{12} =$	328,29 mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_1 =$ maior entre $A_{11}$ e $A_{12} =$	1948,4 mm <sup>2</sup>
$A_{11} = d (E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$		
$A_{11} = 333,35 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398) - 2 \times 11,125 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398) \times (1 - 0,855)$		
$\therefore A_{11} = 1948,4 \text{ mm}^2$		
$A_{12} = 2 (t + t_n) (E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$		

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 11,125) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398) - 2 \times 11,125 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 328,29 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 \left( t + t_n \right) \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 11,125) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398) - 2 \times 11,125 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 328,29 \text{ mm}^2$$

#### 9.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A<sub>2</sub>

Área .....	A <sub>21</sub> =	671,06 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>22</sub> =	642,65 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>2</sub> = menor entre A <sub>21</sub> e A <sub>22</sub> =	642,65 mm <sup>2</sup>

$$A_{21} = 5 \left( t_n - t_{rn} \right) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (11,125 - 2,5475) \times 0,855 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 671,06 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2 \left( t_n - t_{rn} \right) \left( 2,5 t_n + t_e \right) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (11,125 - 2,5475) \times (2,5 \times 11,125 + 16) \times 0,855$$

$$\therefore A_{22} = 642,65 \text{ mm}^2$$

#### 9.4.9.3. Área da solda - A<sub>41</sub>

Área .....	A <sub>41</sub> =	105,82 mm <sup>2</sup>
------------	-------------------	------------------------

$$A_{41} = \left( t_{L41} \right)^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (11,125)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{41} = 105,82 \text{ mm}^2$$

#### 9.4.9.4. Área da solda - A<sub>42</sub>

Área .....	A <sub>42</sub> =	196,00 mm <sup>2</sup>
------------	-------------------	------------------------

$$A_{42} = \left( t_{L42} \right)^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (14)^2 \times 1$$

$$\therefore A_{42} = 196 \text{ mm}^2$$

#### 9.4.9.5. Área disponível no elemento de reforço - A<sub>5</sub>

Área .....	A <sub>5</sub> =	1280,0 mm <sup>2</sup>
------------	------------------	------------------------

$$A_5 = \left( D_p - d - 2 t_n \right) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (435,6 - 333,35 - 2 \times 11,125) \times 16 \times 1$$

$$\therefore A_5 = 1280 \text{ mm}^2$$

#### 9.4.9.6. Área de reforço disponível

Área disponível .....	A <sub>a</sub> = A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> + A <sub>41</sub> + A <sub>42</sub> + A <sub>5</sub> =	4172,9 mm <sup>2</sup>
O reforço é adequado? .....		<b>Sim</b>

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 =	32858 kgf
Esforço da solda para caminho 1-1 .....	$W_{1-1}$ =	31279 kgf
Esforço da solda para caminho 2-2 .....	$W_{2-2}$ =	15420 kgf
Esforço da solda para caminho 3-3 .....	$W_{3-3}$ =	36174 kgf

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[ A - A_1 + 2 t_n f_{r1} \left( E_1 t - F t_r \right) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times [4172,9 - 1948,4 + 2 \times 11,125 \times 0,855 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 12,398)] \times 1406,1$$

$$\therefore W = 32858 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u \left( A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42} \right) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (642,65 + 1280 + 105,82 + 196) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{1-1} = 31279 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1} \right) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (642,65 + 0 + 105,82 + 0 + 2 \times 11,125 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{2-2} = 15420 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1} \right) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (642,65 + 0 + 1280 + 105,82 + 196 + 0 + 2 \times 11,125 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{3-3} = 36174 \text{ kgf}$$

#### 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 <sup>2</sup>
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$	689,01 kgf/cm <sup>2</sup>
(3) Parede do bocal sob cisalhamento .....	$S_3 = 0,7 \times S_n =$	841,57 kgf/cm <sup>2</sup>
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$S_4 = 0,74 \times S_v =$	1040,5 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 9.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$F_1 =$	36608 kgf
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$F_2 =$	66002 kgf
(3) Parede do bocal sob cisalhamento .....	$F_3 =$	50661 kgf
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$F_4 =$	110432 kgf

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 355,6 \times 11,125 \times 589,1$$

$$\therefore F_1 = 36608 \text{ kgf}$$

(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\pi}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 435,6 \times 14 \times 689,01$$

$$\therefore F_2 = 66002 \text{ kgf}$$

(3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{\pi}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 344,47 \times 11,125 \times 841,57$$

$$\therefore F_3 = 50661 \text{ kgf}$$

(4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 355,6 \times 19 \times 1040,5$$

$$\therefore F_4 = 110432 \text{ kgf}$$

#### 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	66002
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	50661
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>116664</b>
Carregamento para o Caminho 1-1: $W_1$ menor entre $W$ e $W_{1-1}$	31279
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

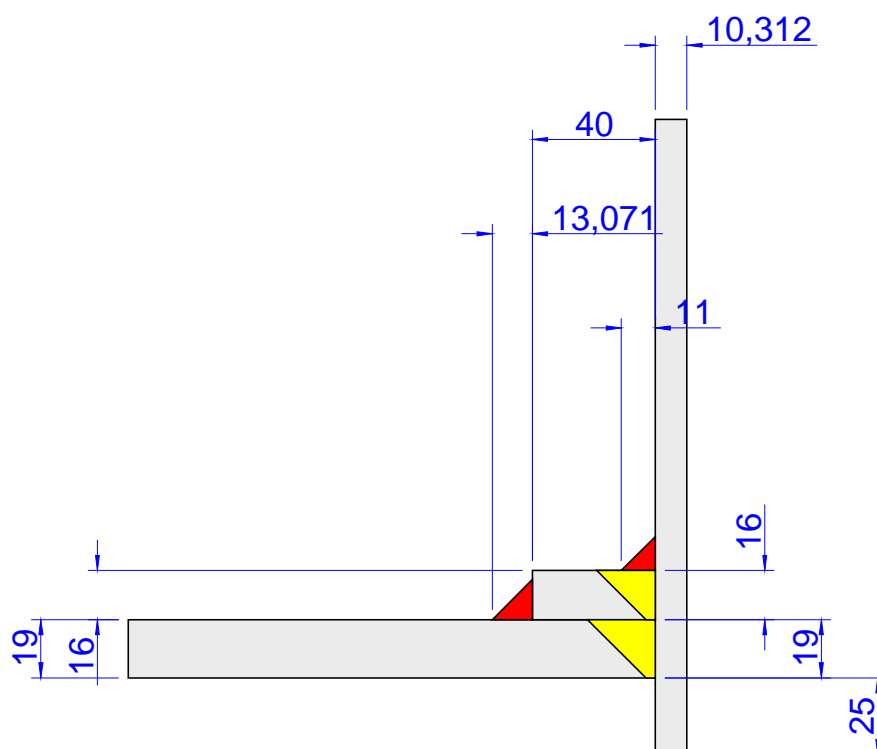
Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	36608
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	110432
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>147040</b>
Carregamento para o Caminho 2-2: $W_2$ menor entre $W$ e $W_{2-2}$	15420
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	66002
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	110432
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>176435</b>

<b>Caminho 3-3</b>	
<b>Elementos da Conexão</b>	<b>Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)</b>
Carregamento para o Caminho 3-3: $W_3$ menor entre $W$ e $W_{3-3}$	32858
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>



### 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 = 19,395 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
8,34	9,02	3,54	13,91	8,34

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 <sub>41</sub> )	6,0000	7,7000	Tamanho é adequado
Solda de filete externa entre o reforço e a casca (t <sub>42</sub> )	8,0000	9,1500	Tamanho é adequado
Solda de chanfro entre o bocal e o reforço (t <sub>w2</sub> )	7,2187	16,000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
4045,9	4045,9	1527,4	560,32	454,63	103,46	164,88	-	1235,2

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 <sub>1-1</sub>	Caminho 1-1 Resistência	Carga na Solda W <sub>2-2</sub>	Caminho 2-2 Resistência	Carga na Solda W <sub>3-3</sub>	Caminho 3-3 Resistência
36675	29021	97876	20264	215265	39951	155705

#### 10.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 10.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 10.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	151,61 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	10,312 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	10,312 mm
Espessura da parede da projeção interna.....	t <sub>i</sub> = t <sub>n</sub> - C <sub>n</sub> =	10,312 mm
Projeção interna .....	h = h <sub>new</sub> - C <sub>n</sub> + C <sub>i</sub> =	25,000 mm

##### 10.4.1.3. Reforço

Largura .....	W <sub>p</sub> =	40,000 mm
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t <sub>p</sub> =	16,000 mm
Projeção.....	h =	25,000 mm

##### 10.4.1.4. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	303,23 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 10.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	303,23 mm
--	-----	-----------

Limite externo normal à parede do vaso .....	$2,5t_n + t_e =$	41,781 mm
Limite interno normal à parede do vaso .....	$h =$	25,000 mm

### 10.4.3. Espessura requerida da parede

#### 10.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida .....	$t_r =$	13,213 mm
---------------------------	---------	-----------

$$t_r = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_r = \frac{19,395 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 19,395}$$

$$\therefore t_r = 13,213 \text{ mm}$$

#### 10.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida .....	$t_{rn} =$	2,4697 mm
---------------------------	------------	-----------

$$t_{rn} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{rn} = \frac{19,395 \times 151,61}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 19,395}$$

$$\therefore t_{rn} = 2,4697 \text{ mm}$$

### 10.4.4. Espessura mínima da parede do bocal - UG-45

#### 10.4.4.1. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

##### 10.4.4.1.1. Espessura da parede - UG-27(c)(1)

Espessura da parede - UG-27(c)(1) .....	$t_{UG27} =$	3,5430 mm
---	--------------	-----------

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{19,395 \times 151,61}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 19,395}$$

$$\therefore t_{UG27} = 3,543 \text{ mm}$$

Espessura mínima da parede do bocal .....	$t_{min} = t_{UG27} + C_n =$	3,5430 mm
---	------------------------------	-----------

##### 10.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....	$t_a =$	3,5430 mm
----------------------------------	---------	-----------

##### 10.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima .....	$t_{min} =$	13,213 mm
------------------------	-------------	-----------

$$t_{min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{min} = \frac{19,395 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 19,395}$$

$$\therefore t_{min} = 13,213 \text{ mm}$$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....	$t_{min} + C =$	13,913 mm
--	-----------------	-----------

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....	$t_{UG-16(b)} + C_n =$	1,5000 mm
--	------------------------	-----------

Espessura mínima da parede .....	$t_{b1} =$	13,913 mm
----------------------------------	------------	-----------

#### 10.4.4.3. Espessura da parede - UG-45: $t_{b3}$

Tabela UG-45: Diâmetro nominal do tubo.....	$\geq$ NPS 12 (DN 300)
Tabela UG-45: Espessura mínima da parede .....	$t_{wmin} = 8,3400$ mm
Espessura mínima da parede .....	$t_{b3} = t_{wmin} + C_n = 8,3400$ mm

#### 10.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....	$t_a = 3,5430$ mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b1} = 13,913$ mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_{b3} = 8,3400$ mm
Espessura da parede - UG-45 .....	$t_b =$ menor entre $t_{b1}$ ou $t_{b3} = 8,3400$ mm
Espessura requerida da parede - UG-45 .....	$t_{UG-45} =$ maior entre $t_a$ ou $t_b = 8,3400$ mm
Espessura disponível do oescoço (Novo) .....	$t_n = 0,875 \times t_{wall} = 9,0200$ mm
A espessura do bocal é adequada? .....	Sim

#### 10.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

##### 10.4.5.1. Solda de filete: Entre o bocal e a casca

$t_{min}$ de acordo com UW-16 .....	$t_{min} =$ menor de 19 mm ou $t_n$ ou $t_e = 10,312$ mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete $t_c$ (mínimo) = menor de 6 mm ou $0,7t_{min} = 6,0000$ mm	
Garganta da solda de filete .....	$t_c = 0,7t_{L41} = 7,7000$ mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....	Sim

##### 10.4.5.2. 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 $t_e = 16,000$ mm
Tamanho mínimo da garganta da solda de filete .....	$t_w$ (mínimo) = $0,5t_{min} = 8,0000$ mm
Garganta da solda de filete .....	$t_w = 0,7t_{L42} = 9,1500$ mm
Tamanho da solda de filete é adequado? .....	Sim

#### 10.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal .....	$S_n = 1202,2$ kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material da casca .....	$S_v = 1406,1$ kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão admissível do material do reforço .....	$S_p = 1356,9$ kgf/cm <sup>2</sup>
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 $S_p/S_v = 0,96500$

#### 10.4.7. E1 definido em UG-37(a)

Parte da abertura atravessa qualquer outra junta soldada? .....	Não
Eficiência de junta de acordo com UG-37(a).....	$E_1 = 1,0000$

#### 10.4.8. Área de reforço requerida - UG-37(c)

Área de reforço requerida.....	$A_r = 4045,9$ mm <sup>2</sup>
--------------------------------	--------------------------------

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 303,23 \times 13,213 \times 1 + 2 \times 10,312 \times 13,213 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A = 4045,9 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

##### 10.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....	$A_{11} = 1527,4$ mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_{12} = 275,91$ mm <sup>2</sup>
Área .....	$A_1 =$ maior entre $A_{11}$ e $A_{12} = 1527,4$ mm <sup>2</sup>

$$A_{11} = d \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{11} = 303,23 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213) - 2 \times 10,312 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{11} = 1527,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 \left( t + t_n \right) \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 10,312) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213) - 2 \times 10,312 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 275,91 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 \left( t + t_n \right) \left( E_1 t - F t_r \right) - 2 t_n \left( E_1 t - F t_r \right) \left( 1 - f_{r1} \right)$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 10,312) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213) - 2 \times 10,312 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 275,91 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - A<sub>2</sub>

Área .....	A <sub>21</sub> =	613,55 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>22</sub> =	560,32 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>2</sub> = menor entre A <sub>21</sub> e A <sub>22</sub> =	560,32 mm <sup>2</sup>

$$A_{21} = 5 \left( t_n - t_{rm} \right) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (10,312 - 2,4697) \times 0,855 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 613,55 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 2 \left( t_n - t_{rm} \right) \left( 2,5 t_n + t_e \right) f_{r2}$$

$$A_{22} = 2 \times (10,312 - 2,4697) \times (2,5 \times 10,312 + 16) \times 0,855$$

$$\therefore A_{22} = 560,32 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9.3. Área disponível na projeção interna do bocal - A<sub>3</sub>

Área .....	A <sub>31</sub> =	806,76 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>32</sub> =	454,63 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>33</sub> =	551,07 mm <sup>2</sup>
Área .....	A <sub>3</sub> = menor entre A <sub>31</sub> e A <sub>32</sub> or A <sub>33</sub> =	454,63 mm <sup>2</sup>

$$A_{31} = 5 t_i t_r f_{r2}$$

$$A_{31} = 5 \times 18,3 \times 10,312 \times 0,855$$

$$\therefore A_{31} = 806,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{32} = 5 t_i t_r f_{r2}$$

$$A_{32} = 5 \times 10,312 \times 10,312 \times 0,855$$

$$\therefore A_{32} = 454,63 \text{ mm}^2$$

$$A_{33} = 2,5 h t_i f_{r2}$$

$$A_{33} = 2,5 \times 25 \times 10,312 \times 0,855$$

$$\therefore A_{33} = 551,07 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9.4. Área da solda - $A_{41}$

Área .....  $A_{41} = 103,46 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = (t_{L41})^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (11)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{41} = 103,46 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9.5. Área da solda - $A_{42}$

Área .....  $A_{42} = 164,88 \text{ mm}^2$

$$A_{42} = (t_{L42})^2 f_{r4}$$

$$A_{42} = (13,071)^2 \times 0,965$$

$$\therefore A_{42} = 164,88 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9.6. Área disponível no elemento de reforço - $A_5$

Área .....  $A_5 = 1235,2 \text{ mm}^2$

$$A_5 = (D_p - d - 2 t_n) t_e f_{r4}$$

$$A_5 = (403,85 - 303,23 - 2 \times 10,312) \times 16 \times 0,965$$

$$\therefore A_5 = 1235,2 \text{ mm}^2$$

#### 10.4.9.7. Área de reforço disponível

Área disponível .....  $A_a = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_5 = 4045,9 \text{ mm}^2$

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.**

#### 10.4.10. Esforço a ser suportado pelas soldas [Figura UG-41.1 croqui (a)]

Carga total da solda .....  $W = 36675 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 1-1 .....  $W_{1-1} = 29021 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 2-2 .....  $W_{2-2} = 20264 \text{ kgf}$

Esforço da solda para caminho 3-3 .....  $W_{3-3} = 39951 \text{ kgf}$

A área da Figura UG-41.1 (a) para cálculo dos esforços de conexão nas soldas é dada por:

$$W = K_u \left[ A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r) \right] S_v$$

$$W = 0,01 \times [4045,9 - 1527,4 + 2 \times 10,312 \times 0,855 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 13,213)] \times 1406,1$$

$$\therefore W = 36675 \text{ kgf}$$

$$W_{1-1} = K_u (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{1-1} = 0,01 \times (560,32 + 1235,2 + 103,46 + 164,88) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{1-1} = 29021 \text{ kgf}$$

$$W_{2-2} = K_u (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{2-2} = 0,01 \times (560,32 + 454,63 + 103,46 + 0 + 2 \times 10,312 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{2-2} = 20264 \text{ kgf}$$

$$W_{3-3} = K_u \left( A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t_{r1} \right) S_v$$

$$W_{3-3} = 0,01 \times (560,32 + 454,63 + 1235,2 + 103,46 + 164,88 + 0 + 2 \times 10,312 \times 18,3 \times 0,855) \times 1406,1$$

$$\therefore W_{3-3} = 39951 \text{ kgf}$$

#### 10.4.11. 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 <sup>2</sup>
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$S_2 = 0,49 \times \text{Menor}(S_v, S_p) =$	664,89 kgf/cm <sup>2</sup>
(3) Parede do bocal sob cisalhamento.....	$S_3 = 0,7 \times S_n =$	841,57 kgf/cm <sup>2</sup>
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$S_4 = 0,74 \times S_v =$	1040,5 kgf/cm <sup>2</sup>
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$S_5 = 0,74 \times S_p =$	1004,1 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 10.4.12. Resistência dos elementos da união

(1) Solda de filete externa sob cisalhamento.....	$F_1 =$	32965 kgf
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento.....	$F_2 =$	55133 kgf
(3) Parede do bocal sob cisalhamento.....	$F_3 =$	42743 kgf
(4) Solda de chanfro na casca sob tração.....	$F_4 =$	100572 kgf
(5) Solda de chanfro externa sob tração.....	$F_5 =$	81728 kgf

##### (1) Solda de filete externa sob cisalhamento

$$F_1 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{L41} S_1$$

$$F_1 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 323,85 \times 11 \times 589,1$$

$$\therefore F_1 = 32965 \text{ kgf}$$

##### (2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento

$$F_2 = K_u \frac{\pi}{2} OD_{pad} t_{L42} S_2$$

$$F_2 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 403,85 \times 13,071 \times 664,89$$

$$\therefore F_2 = 55133 \text{ kgf}$$

##### (3) Parede do bocal sob cisalhamento

$$F_3 = K_u \frac{\pi}{2} D_m t_n S_3$$

$$F_3 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 313,54 \times 10,312 \times 841,57$$

$$\therefore F_3 = 42743 \text{ kgf}$$

##### (4) Solda de chanfro na casca sob tração

$$F_4 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_G S_4$$

$$F_4 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 323,85 \times 19 \times 1040,5$$

$$\therefore F_4 = 100572 \text{ kgf}$$

(5) Solda de chanfro externa sob tração

$$F_5 = K_u \frac{\pi}{2} D_o t_{UG} S_5$$

$$F_5 = 0,01 \times \frac{\pi}{2} \times 323,85 \times 16 \times 1004,1$$

$$\therefore F_5 = 81728 \text{ kgf}$$

#### 10.4.13. 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	55133
(3) Parede do bocal sob cisalhamento	42743
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>97876</b>
Carregamento para o Caminho 1-1: $W_1$ menor entre $W$ e $W_{1-1}$	29021
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

Caminho 2-2	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(1) Solda de filete externa sob cisalhamento	32965
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	100572
(5) Solda de chanfro externa sob tração	81728
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>215265</b>
Carregamento para o Caminho 2-2: $W_2$ menor entre $W$ e $W_{2-2}$	20264
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

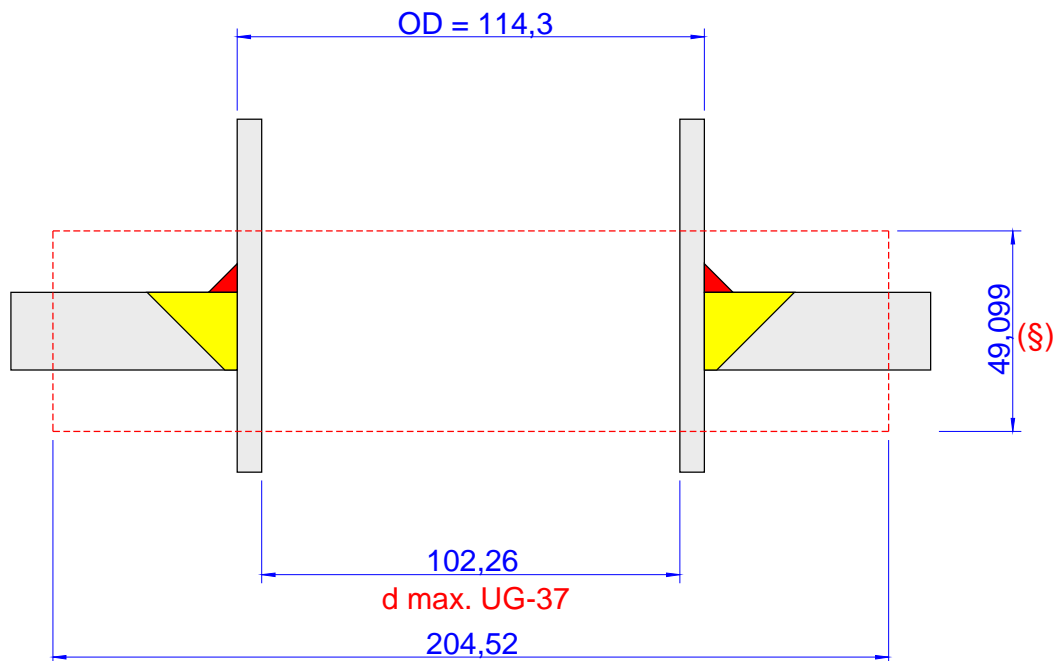
Caminho 3-3	
Elementos da Conexão	Resistência dos Elementos da Conexão (kgf)
(2) Solda de filete no reforço externo sob cisalhamento	55133
(4) Solda de chanfro na casca sob tração	100572
<b>Resistência dos elementos da união</b>	<b>155705</b>
Carregamento para o Caminho 3-3: $W_3$ menor entre $W$ e $W_{3-3}$	36675
<b>O caminho resiste aos esforços aplicados?</b>	<b>Sim</b>

## 11. Bocal - N7

### 11.1. Dados gerais

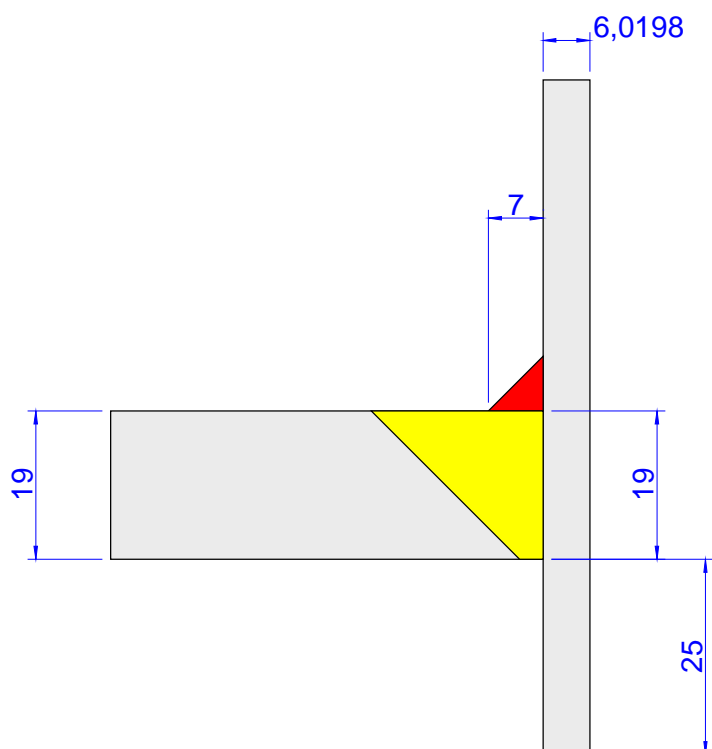
Localizado em.....	Seção cilíndrica 1
Descrição do bocal .....	Injeção
Descrição do tubo do bocal.....	NPS 4 (DN 100) Schedule 40 (STD)
Material do bocal .....	SA-53 Grau S/B
Orientação do bocal .....	$\theta = 270,00^\circ$
Espessura mínima local da casca.....	$t_s = 19,000 \text{ mm}$
Projeção para fora do vaso .....	$L_N = 100,00 \text{ mm}$
Distância da linha de centro do bocal à referência.....	$L_B = 3470,0 \text{ mm}$
Distância da ponta do bocal à referência.....	$R_E = 1069,0 \text{ mm}$
Diâmetro externo do bocal (Novo) .....	$OD = 114,30 \text{ mm}$
Diâmetro interno do bocal (Novo) .....	$ID = 102,26 \text{ mm}$
Espessura nominal da parede do bocal (Novo).....	$t_{wall} = 6,0198 \text{ mm}$
Sobre-espessura de corrosão do bocal .....	$c = 0,0000 \text{ mm}$
Projeção do bocal.....	$h = 25,000 \text{ mm}$

### 11.2. Abertura - Limites de reforço



(§) Limite de reforço externo: 15,049 mm  
Limite de reforço interno: 15,049 mm

### 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 = 15,628 kgf/cm <sup>2</sup> a 50,000 °C.				
t Requerida	t <sub>min</sub> (Novo)	t <sub>a</sub>	t <sub>b1</sub>	t <sub>b3</sub>
5,27	5,27	0,96	11,33	5,27

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 <sub>41</sub> )	4,2139	4,9000	Tamanho é adequado

UG-37 Resumo do Cálculo de Áreas (mm <sup>2</sup> )								
A abertura está adequadamente reforçada.								
A Requerida	A Disponível	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>5</sub>
1105,5	1105,5	771,02	137,68	154,92	41,895	-	-	-

Resumo da Análise de Resistência das Soldas	
Não é necessário analisar os caminhos de solda de acordo com a UW-15(b)(1).	

#### 11.4.1. Geometria do sketch corroído

##### 11.4.1.1. Casca do vaso

Espessura (descontada a folga para conformação) .....	t <sub>shell</sub> =	19,000 mm
Sobre-espessura de corrosão interna .....	C <sub>i</sub> =	0,0000 mm
Sobre-espessura de corrosão externa.....	C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C = C <sub>i</sub> + C <sub>o</sub> =	0,70000 mm
Espessura da parede .....	t = t <sub>shell</sub> - C =	18,300 mm

##### 11.4.1.2. Bocal

Raio interno.....	R <sub>n</sub> =	51,130 mm
Espessura da parede .....	t <sub>wall</sub> =	6,0198 mm
Sobre-espessura de corrosão .....	C <sub>n</sub> =	0,0000 mm
Espessura fornecida da parede .....	t <sub>n</sub> = t <sub>wall</sub> - C <sub>n</sub> =	6,0198 mm
Espessura da parede da projeção interna.....	t <sub>i</sub> = t <sub>n</sub> - C <sub>n</sub> =	6,0198 mm
Projeção interna .....	h = h <sub>new</sub> - C <sub>n</sub> + C <sub>i</sub> =	25,000 mm

##### 11.4.1.3. Abertura

Diâmetro- UG-40 .....	d =	102,26 mm
-----------------------	-----	-----------

#### 11.4.2. Limites do reforço - UG-40

Limite paralelo à parede do vaso .....	d =	102,26 mm
Limite externo normal à parede do vaso .....	2,5t <sub>n</sub> =	15,049 mm
Limite interno normal à parede do vaso.....	2,5t <sub>n</sub> =	15,049 mm

#### 11.4.3. Espessura requerida da parede

##### 11.4.3.1. Espessura requerida da parede - UG-37(a)

Espessura requerida.....	t <sub>r</sub> =	10,629 mm
--------------------------	------------------	-----------

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

$$t_r = \frac{15,628 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 15,628}$$

$\therefore t_r = 10,629 \text{ mm}$

#### 11.4.3.2. Espessura requerida do bocal - UG-27(c)(1)

Espessura requerida .....  $t_{rn} = 0,66986 \text{ mm}$

$$t_{rn} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{rn} = \frac{15,628 \times 51,13}{1202,2 \times 1 - 0,6 \times 15,628}$$

$\therefore t_{rn} = 0,66986 \text{ mm}$

#### 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) .....  $t_{UG27} = 0,96018 \text{ mm}$

$$t_{UG27} = \frac{P R_n}{S_n E - 0,6 P}$$

$$t_{UG27} = \frac{15,628 \times 51,13}{1202,2 \times 0,7 - 0,6 \times 15,628}$$

$\therefore t_{UG27} = 0,96018 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede do bocal .....  $t_{\min} = t_{UG27} + C_n = 0,96018 \text{ mm}$

##### 11.4.4.1.2. Espessura da parede - UG-45: $t_a$

Espessura mínima da parede .....  $t_a = 0,96018 \text{ mm}$

##### 11.4.4.2. Espessura da parede - UG-45: $t_{b1}$

Espessura mínima .....  $t_{\min} = 10,629 \text{ mm}$

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0,6 P}$$

$$t_{\min} = \frac{15,628 \times 950}{1406,1 \times 1 - 0,6 \times 15,628}$$

$\therefore t_{\min} = 10,629 \text{ mm}$

Espessura mínima + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{\min} + C = 11,329 \text{ mm}$

Espessura mínima: UG-16(b) + sobre-espessura de corrosão .....  $t_{UG-16(b)} + C_n = 1,5000 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b1} = 11,329 \text{ mm}$

##### 11.4.4.3. 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 .....  $t_{w\min} = 5,2700 \text{ mm}$

Espessura mínima da parede .....  $t_{b3} = t_{w\min} + C_n = 5,2700 \text{ mm}$

##### 11.4.4.4. Espessura mínima da parede do bocal

Espessura da parede - UG-45 .....  $t_a = 0,96018 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45 .....  $t_{b1} = 11,329 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45 .....  $t_{b3} = 5,2700 \text{ mm}$

Espessura da parede - UG-45 .....  $t_b = \text{menor entre } t_{b1} \text{ ou } t_{b3} = 5,2700 \text{ mm}$

Espessura requerida da parede - UG-45 .....  $t_{UG-45} = \text{maior entre } t_a \text{ ou } t_b = 5,2700 \text{ mm}$   
 Espessura disponível do oescoço (Novo) .....  $t_n = 0,875 \times t_{wall} = 5,2700 \text{ mm}$   
 A espessura do bocal é adequada? ..... Sim

#### 11.4.5. Dimensões requeridas para as soldas

##### 11.4.5.1. Solda de filete: Entre o bocal e a casca

$t_{min}$  de acordo com UW-16 .....  $t_{min} = \text{menor de } 19 \text{ mm ou } t_n \text{ ou } t = 6,0198 \text{ mm}$   
 Tamanho mínimo da garganta da solda de filete  $t_1$  (mínimo) = menor de 6 mm ou  $0,7t_{min} = 4,2139 \text{ mm}$   
 Garganta da solda de filete .....  $t_1 = 0,7t_{L41} = 4,9000 \text{ mm}$   
 Tamanho da solda de filete é adequado? ..... **Sim**

##### 11.4.6. Fatores de redução de tensão

Tensão admissível do material do bocal .....  $S_n = 1202,2 \text{ kgf/cm}^2$   
 Tensão admissível do material da casca .....  $S_v = 1406,1 \text{ kgf/cm}^2$   
 Fator de redução de resistência .....  $f_{r1} = \text{menor entre } 1.0 \text{ e } S_n/S_v = 0,85500$   
 Fator de redução de resistência .....  $f_{r2} = \text{menor entre } 1.0 \text{ e } S_n/S_v = 0,85500$

##### 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 .....  $A_r = 1105,5 \text{ mm}^2$

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

$$A = 102,26 \times 10,629 \times 1 + 2 \times 6,0198 \times 10,629 \times 1 \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A = 1105,5 \text{ mm}^2$$

##### 11.4.9. Área de reforço disponível - Figura UG-37.1

##### 11.4.9.1. Área disponível na casca - $A_1$

Área .....  $A_{11} = 771,02 \text{ mm}^2$   
 Área .....  $A_{12} = 359,71 \text{ mm}^2$   
 Área .....  $A_1 = \text{maior entre } A_{11} \text{ e } A_{12} = 771,02 \text{ mm}^2$

$$A_{11} = d (E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{11} = 102,26 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 10,629) - 2 \times 6,0198 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 10,629) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{11} = 771,02 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 (t + t_n) (E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 6,0198) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 10,629) - 2 \times 6,0198 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 10,629) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 359,71 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = 2 (t + t_n) (E_1 t - F t_r) - 2 t_n (E_1 t - F t_r) (1 - f_{r1})$$

$$A_{12} = 2 \times (18,3 + 6,0198) \times (1 \times 18,3 - 1 \times 10,629) - 2 \times 6,0198 \times (1 \times 18,3 - 1 \times 10,629) \times (1 - 0,855)$$

$$\therefore A_{12} = 359,71 \text{ mm}^2$$

#### 11.4.9.2. Área disponível na projeção externa do bocal - $A_2$

Área .....  $A_{21} = 418,54 \text{ mm}^2$

Área .....  $A_{22} = 137,68 \text{ mm}^2$

Área .....  $A_2 = \text{menor entre } A_{21} \text{ e } A_{22} = 137,68 \text{ mm}^2$

$$A_{21} = 5 \left( t_n - t_{rn} \right) f_{r2} t$$

$$A_{21} = 5 \times (6,0198 - 0,66986) \times 0,855 \times 18,3$$

$$\therefore A_{21} = 418,54 \text{ mm}^2$$

$$A_{22} = 5 \left( t_n - t_{rn} \right) f_{r2} t_n$$

$$A_{22} = 5 \times (6,0198 - 0,66986) \times 0,855 \times 6,0198$$

$$\therefore A_{22} = 137,68 \text{ mm}^2$$

#### 11.4.9.3. Área disponível na projeção interna do bocal - $A_3$

Área .....  $A_{31} = 470,94 \text{ mm}^2$

Área .....  $A_{32} = 154,92 \text{ mm}^2$

Área .....  $A_{33} = 321,68 \text{ mm}^2$

Área .....  $A_3 = \text{menor entre } A_{31} \text{ e } A_{32} \text{ or } A_{33} = 154,92 \text{ mm}^2$

$$A_{31} = 5 t t_1 f_{r2}$$

$$A_{31} = 5 \times 18,3 \times 6,0198 \times 0,855$$

$$\therefore A_{31} = 470,94 \text{ mm}^2$$

$$A_{32} = 5 t_1 t_1 f_{r2}$$

$$A_{32} = 5 \times 6,0198 \times 6,0198 \times 0,855$$

$$\therefore A_{32} = 154,92 \text{ mm}^2$$

$$A_{33} = 2,5 h t_1 f_{r2}$$

$$A_{33} = 2,5 \times 25 \times 6,0198 \times 0,855$$

$$\therefore A_{33} = 321,68 \text{ mm}^2$$

#### 11.4.9.4. Área da solda - $A_{41}$

Área .....  $A_{41} = 41,895 \text{ mm}^2$

$$A_{41} = \left( t_{L41} \right)^2 f_{r3}$$

$$A_{41} = (7)^2 \times 0,855$$

$$\therefore A_{41} = 41,895 \text{ mm}^2$$

#### 11.4.9.5. Área de reforço disponível

Área disponível .....  $A_a = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} = 1105,5 \text{ mm}^2$

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.**

## 12. Teste hidrostático de fábrica baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

### 12.1. 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 = 15,626 kgf/cm<sup>2</sup>

Pressão hidrostática do teste de fábrica a 21,000 °C..... P<sub>t</sub> = 20,314 kgf/cm<sup>2</sup>

Fator da pressão UG-99(b) ..... f<sub>p</sub> = 1,3000

Razão de tensões UG-99(b)..... LSR = 1,0000

### 12.2. Cálculo do casco cilíndrico

#### 12.2.1. Seção cilíndrica 1

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída ..... t = 19,000 mm

Raio interno ..... R = 950,00 mm

Pressão de teste mais pressão estática ..... P = 20,504 kgf/cm<sup>2</sup>

Tensão nas condições do teste ..... S = 1482,1 kgf/cm<sup>2</sup>

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{20,504 \times (950 + 0,6 \times 19)}{0,7 \times 19}$$

$$\therefore S = 1482,1 \text{ kgf/cm}^2$$

### 12.3. Cálculo da tensão no tampo esquerdo

#### 12.3.1. Parte cilíndrica

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída ..... t = 19,000 mm

Raio interno ..... R = 950,00 mm

Pressão de teste mais pressão estática ..... P = 20,504 kgf/cm<sup>2</sup>

Tensão nas condições do teste ..... S = 1482,1 kgf/cm<sup>2</sup>

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{20,504 \times (950 + 0,6 \times 19)}{0,7 \times 19}$$

$$\therefore S = 1482,1 \text{ kgf/cm}^2$$

#### 12.3.2. Seção semielíptica

Pressão de teste mais pressão estática ..... P = 20,504 kgf/cm<sup>2</sup>

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída ..... t = 16,000 mm

Diâmetro interno ..... D = 1900,0 mm

Eficiência de junta ..... E = 0,70000

Tensão nas condições do teste ..... S = 1742,1 kgf/cm<sup>2</sup>

A tensão nas condições de teste é dada por 1-4(c)(1):

$$S = \frac{PKD + 0,2Pt}{2tE}$$

$$S = \frac{20,504 \times 1 \times 1900 + 0,2 \times 20,504 \times 16}{2 \times 16 \times 0,7}$$

$$\therefore S = 1742,1 \text{ kgf/cm}^2$$

## 12.4. Cálculo da tensão no tampo direito

### 12.4.1. Parte cilíndrica

Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t =	19,000 mm
Raio interno.....	R =	950,00 mm
Pressão de teste mais pressão estática.....	P =	20,504 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensão nas condições do teste .....	S =	1482,1 kgf/cm <sup>2</sup>

A tensão circunferencial governa para a pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{20,504 \times (950 + 0,6 \times 19)}{0,7 \times 19}$$

$$\therefore S = 1482,1 \text{ kgf/cm}^2$$

### 12.4.2. Seção semielíptica

Pressão de teste mais pressão estática.....	P =	20,504 kgf/cm <sup>2</sup>
Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída.....	t =	16,000 mm
Diâmetro interno.....	D =	1900,0 mm
Eficiência de junta .....	E =	0,70000
Tensão nas condições do teste .....	S =	1742,1 kgf/cm <sup>2</sup>

A tensão nas condições de teste é dada por 1-4(c)(1):

$$S = \frac{PKD + 0,2Pt}{2tE}$$

$$S = \frac{20,504 \times 1 \times 1900 + 0,2 \times 20,504 \times 16}{2 \times 16 \times 0,7}$$

$$\therefore S = 1742,1 \text{ kgf/cm}^2$$

### 13. Sumário do dimensionamento do vaso de pressão

Temperatura de projeto.....	T =	50,000 °C
Pressão interna de projeto.....	P =	14,300 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão máxima de trabalho admissível - UG-98(a) .....	PMTA =	15,626 kgf/cm <sup>2</sup>

## 14. Resumo da pressão

Componentes do vaso		Pressão interna (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pressão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pressão externa (kgf/cm <sup>2</sup> )	Vácuo (kgf/cm <sup>2</sup> )	Sobre-espessura		Esmagamento (mm)
						Interno (mm)	Externo (mm)	
<b>Tampos</b>	Semi-elíptico	14,300	0,12160	0,0000	0,0000	0,0000	0,70000	3,0000
	Parte cilíndrica	14,300	0,12160	0,0000	0,0000	0,0000	0,70000	0,0000
<b>Casco</b>	Seção 1	14,300	0,12160	0,0000	0,0000	0,0000	0,70000	---
N1	Pescoço	14,300	0,01638	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N2	Pescoço	14,300	0,01638	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N3	Pescoço	14,300	5,2710E-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N4	Pescoço	14,300	5,2710E-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N5	Pescoço	14,300	9,4512E-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N6	Pescoço	14,300	8,4872E-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
N7	Pescoço	14,300	2,0563E-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---

Componentes do vaso		Pressão interna total (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pressão externa total (kgf/cm <sup>2</sup> )	PMTA (kgf/cm <sup>2</sup> )
<b>Tampos</b>	Semi-elíptico	14,422	0,0000	15,705
	Parte cilíndrica	14,422	0,0000	18,622
<b>Casco</b>	Seção 1	14,422	0,0000	18,622
N1	Pescoço	14,316	0,0000	17,279
N2	Pescoço	14,316	0,0000	16,954
N3	Pescoço	14,305	0,0000	21,050
N4	Pescoço	14,305	0,0000	21,228
N5	Pescoço	14,309	0,0000	18,199
N6	Pescoço	14,308	0,0000	19,386
N7	Pescoço	14,302	0,0000	15,626

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 = 15,626 kgf/cm<sup>2</sup> a 50,000 °C

## 15. Sumário das espessuras

Componentes do vaso		Nominal (mm)	Projeto (mm)	Após conformação (mm)	Eficiência da junta soldada	Carregamento
<b>Tampo esquerdo</b>	Semi-elíptico	19,000	17,640	14,640	0,70	Pressão interna
	Parte cilíndrica	19,000	14,743	14,743	0,70	Pressão interna
<b>Casco</b>	Seção 1	19,000	14,743	14,743	0,70	Pressão interna
N1	Pescoço	16,000	8,3400	8,3400	0,7	Pressão interna
N2	Pescoço	16,000	8,3400	8,3400	0,7	Pressão interna
N3	Pescoço	8,1788	8,1829	7,1600	0,7	Pressão interna
N4	Pescoço	8,1788	8,1829	7,1600	0,7	Pressão interna
N5	Pescoço	11,125	9,5314	8,3400	0,7	Pressão interna
N6	Pescoço	10,312	9,5314	8,3400	0,7	Pressão interna
N7	Pescoço	6,0198	6,0229	5,2700	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

## 16. Teste hidrostático de fábrica baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

A pressão do teste hidrostático de fábrica é igual a 20,314 kgf/cm<sup>2</sup> a 21,000 °C (PMTA = 15,626 kgf/cm<sup>2</sup>). O teste de fábrica deve ser executado com o vaso na posição horizontal.

Componentes do vaso		Pressão local no teste (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pressão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )	Razão de tensões	Tensão no teste (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tensão máxima no teste (kgf/cm <sup>2</sup> )
Tampo esquerdo	Semielíptico	20,504	0,19000	1,000	1742,1	2404,5
	Parte cilíndrica	20,504	0,19000	1,000	1482,1	2404,5
Casco	Seção 1	20,504	0,19000	1,000	1482,1	2404,5
N1	Pescoço	20,339	0,02560	1,000	---	---
N2	Pescoço	20,339	0,02560	1,000	---	---
N3	Pescoço	20,322	8,2359E-3	1,000	---	---
N4	Pescoço	20,322	8,2359E-3	1,000	---	---
N5	Pescoço	20,328	0,01477	1,000	---	---
N6	Pescoço	20,327	0,01326	1,000	---	---
N7	Pescoço	20,317	3,2130E-3	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 - THERMTECH  
Identificação do vaso..... TCSLH - 10 - Ø1900X4000  
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 Tanque Metálicos de Armazenamento

Ministério do Trabalho e Emprego

### Publicação

Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978

### Alterações / Atualizações

Portaria SSMT n.º 12, de 06 de junho de 1983

Portaria SSMT n.º 02, de 08 de maio de 1984

Portaria SSST n.º 23, de 27 de dezembro de 1994

Portaria SIT n.º 57, de 19 de junho de 2008

Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014

Portaria MTb n.º 1.084, de 28 de setembro de 2017

Portaria MTb n.º 1.082, de 18 de dezembro de 2018

Portaria SEPRT n.º 915, de 30 de julho de 2019

### 2.1. Escopo

Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

- todos os equipamentos enquadrados como caldeiras conforme item 13.4.1.1 e 13.4.1.2;
- 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 m<sup>3</sup>;
- vasos de pressão que contenham fluido da classe A, especificados na alínea "a" do subitem 13.5.1.2, independente das dimensões e do produto P.V;
- recipientes móveis com P.V superior a 8 (oito) ou com fluido da classe A, especificados no item 13.5.1.2, alínea "a";
- tubulações ou sistemas de tubulação ligados a caldeiras ou vasos de pressão, categorizados, conforme subitens 13.4.1.2 e 13.5.1.2, que contenham fluidos de classe A ou B, conforme a alínea "a" do subitem 13.5.1.2 desta NR;
- tanques metálicos de superfície para armazenamento e estocagem de produtos finais ou de matérias primas, não enterrados e com fundo apoiado sobre o solo, com diâmetro externo maior do que 3 m (três metros), capacidade nominal maior do que 20.000 L (vinte mil litros), e que contenham fluidos de classe A ou B, conforme a alínea "a" do subitem 13.5.1.2 da NR-13.

### 2.2. Classificação do vaso

Pressão máxima de operação ..... P = 1343,5 kPa  
 Volume interno ..... V = 13,163 m<sup>3</sup>  
 Produto P.V. (kPa.m<sup>3</sup>)..... PV = 17685 kPa.m<sup>3</sup>  
 P.V. > 8 kPa.m<sup>3</sup>?..... 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 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-B) é mandatário? ..... Sim

A operação de unidades que possuam vasos de pressão de categorias I ou II deve ser efetuada por profissional capacitado conforme item B do Anexo I desta NR.

## 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 a ser fornecido pelo fabricante, de acordo com o item 13.5.1.6 a);
- b) Registro de Segurança em conformidade com o subitem 13.5.1.8;
- c) projeto de alteração ou reparo em conformidade com os itens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;
- d) relatórios de inspeção em conformidade com o item 13.5.4.14;
- e) certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável.

## 2.6. Dados obrigatórios da placa de identificação da NR 13

Fabricante.....  
Número de identificação do fabricante .....  
Ano de fabricação..... = 0  
Pressão máxima de trabalho admissível ..... PMTA = 16,863 kgf/cm<sup>2</sup>  
Teste hidrostático de fabricação ..... P<sub>t</sub> = 21,921 kgf/cm<sup>2</sup>  
Código de projeto e ano de edição ..... Edição 2017  
Categoria do vaso ..... II

**A pressão do teste hidrostático a ser estampada na placa de identificação da NR-13 é a pressão hidrostática de fabricação.**

## NOTA THERM TECH

A Therm Tech Refrigeração Industrial vem por meio deste documento comunicar aos representantes legais da unidade instaladora; à responsabilidade a fim de assegurar o cumprimento de todos os requisitos de segurança do sistema de refrigeração, comprometendo-se com o nível de concentração da solução ou qualquer procedimento equivocado com a concentração e reposição inadequados.

Considera-se inicialmente que a instalação foi projetada corretamente para o propósito do seu desempenho, vindo a causar sérios danos se realizado de forma impropria.

## ANOTAÇÕES

Essa folha foi deixada em branco propositalmente para fins de anotações gerais que possa ser considerada importante pelo cliente.

**THERM  
TECH**<sup>®</sup>  
Soluções em  
sistemas térmicos.

Rua Adálio Guilherme da Silva, 215C  
Bairro Santa Fé . Caxias do Sul . RS . Brasil  
CEP 95047-043 . Fone +55 54 3067 0473

tht@thermtech.com.br

  thtrefrigeracao

# MANUAL DE OPERAÇÃO DE VASO DE PRESSÃO

VP003-SEPARADOR DE LIQUIDO -10°C

MARFRIG GLOBAL FOODS – BATAGUASSU- MS

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 (SEPARADOR DE LIQUIDO -10°C)	21
CARACTERÍSTICAS DA AMÔNIA ANIDRA R717	23
SEGURANÇA OPERACIONAL DO VASOS DE PRESSÃO	27
RECOMENDAÇÕES PARA SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO POR AMÔNIA	34

## APRESENTAÇÃO

Utilizado como Separador 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:** Separador de liquido -10°C

**Tipo de Equipamento:** Horizontal

**Modelo:** TC SLH -10

**Fabricante:** TOP COLD/THERM TECH

**Fluido Principal:** Amônia

**Nº de Série:** 1174-01

**Categoria:** II

**Classe do Fluido:** A

**Grupo Potencial de Risco:** 3

**Pressão Máxima de Trabalho Admissível:** 16,00 kgf/cm<sup>2</sup>

**Pressão de teste hidrostático:** 24,00 kgf/cm<sup>2</sup>

**Volume Interno:** 13,16 m<sup>3</sup>

**Ano de Fabricação:** 2021

**Código da inspeção:** VP003 INDUSTRIALIZADOS

**Código de Projeto:** Asme VIII Divisão 01 – Ed 2017

**Material do Costado (Adotado para cálculo):** ASTM SA 516 Grau 70

**Material dos Tampos (Adotado para cálculo):** ASTM SA 516 Grau 70

**Diâmetro Interno:** 1900 mm

**Comprimento do Corpo Cilíndrico:** 4000 mm

**Comprimento Total do Equipamento:** 5062 mm

**Massa Vazio:** 4.800 kg

**Espessura nominal do costado:** 19,05 mm 3/4"

**Espessura nominal dos tampos:** 19,05 mm 3/4"

**INFORMAÇÕES SOBRE O FLUIDO UTILIZADO NO SISTEMA**

Fluído	Amônia Anidra
Aparência e Odor	Gás comprimido liquefeito, incolor com odor característico
Forma Molecular	NH <sub>3</sub>
Ponto de Ebulição	33,35°C
Ponto de Fusão	77,70°C
Peso Molecular	17,00 g/mol
Densidade	0,682 g/cm <sup>3</sup> (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 <sup>3</sup> (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 equipamento.



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 (NH<sub>3</sub>).

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;

- 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 (NH<sub>3</sub>) ”

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 (SEPARADOR DE LIQUIDO)

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.

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 (NH<sub>3</sub> - 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, (NH<sub>4</sub>OH), 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 uma 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.

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.

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

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 hajam 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.

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;

- 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

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 (CO<sub>2</sub>) 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;

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

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 Nm<sup>3</sup>/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

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;

- 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

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.

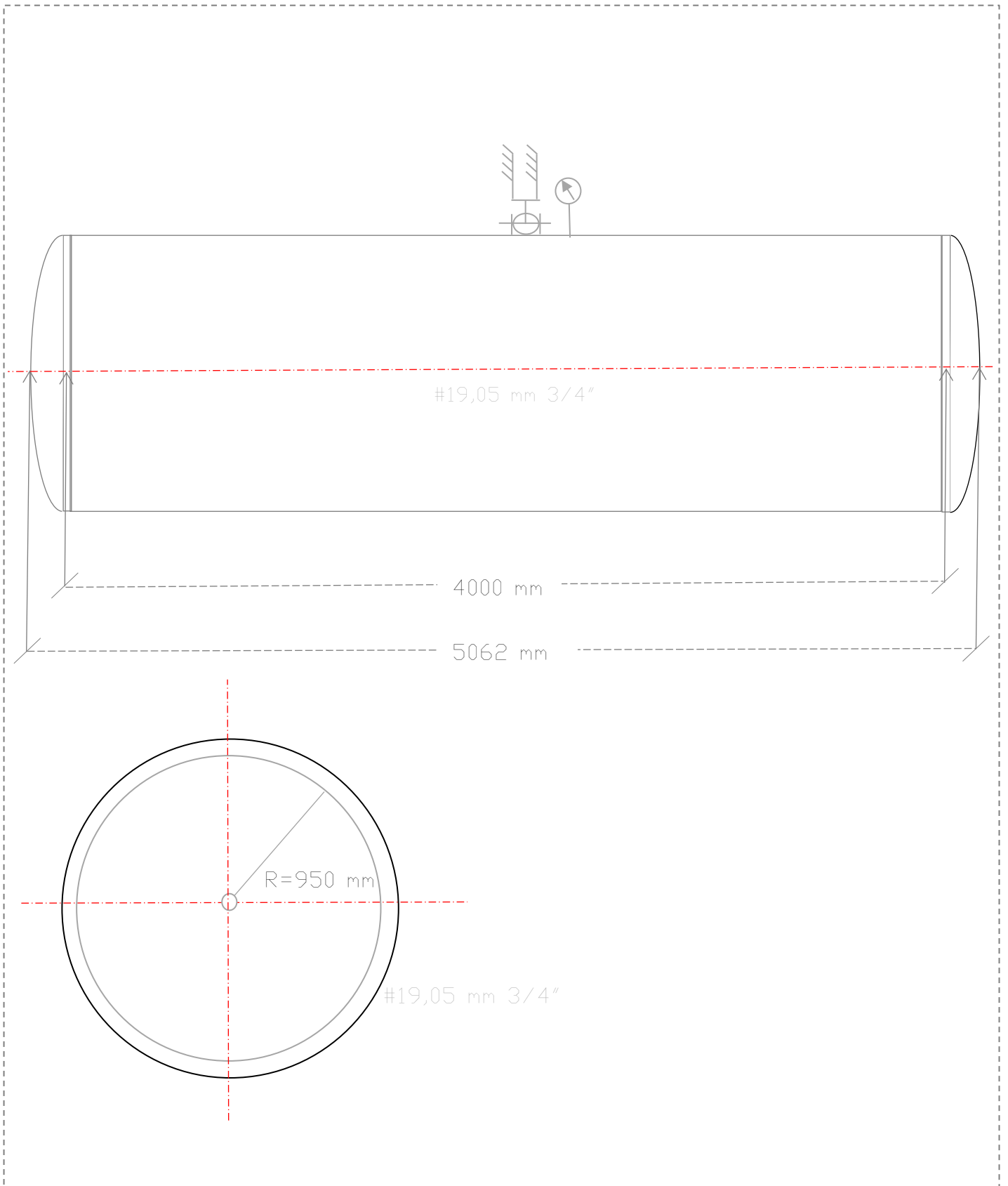
Operação assistida

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

13202501355172

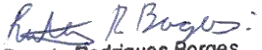
Renato Rodrigues Borges

Engenheiro Mecânico/Engenheiro de Segurança do Trabalho

Crea 1008294713D-GO

5071587938-SP

RNP: 1008294713

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

Bataguassu, 01 de Dezembro 2025



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

CREA-MS

ART DE OBRA/SERVIÇO  
1320250135172

### 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: 23/10/2025	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 267	ZONA RURAL	SN	KM 35	BATAGUASSU	MS	BRA	79.780-000	
Data de Início: 23/10/2025		Previsão Término: 23/12/2026		Código:				
Tipo Proprietário: PESSOA JURÍDICA		Proprietário: MARFRIG GLOBAL FOODS		CPF/CNPJ: 03.853.896/0027-89				
Finalidade: INDUSTRIAL								

#### 4. Atividades Técnicas

Supervisão	Quantidade	Unidade
Análise Prevenção e Controle de Riscos -> Gerenciamento e Controle de Riscos -> de controle de riscos	1,0000	unidade (un)
Inspeção Mecânica -> Sistemas Fluidodinâmicos -> de sistemas e redes	1,0000	unidade (un)
Inspeção Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Redes e Tubulações de Fluidos, Gases e Vapores -> de segurança em redes e tubulações de fluidos, gases e vapores	2,0000	unidade (un)
Inspeção Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão -> de segurança em caldeiras e/ou vasos de pressão (NR13)	1,0000	unidade (un)

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

#### 5. Observações

NR 12 - OPERAÇÃO DE MÁQUINAS NR 13 - CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO NR 36 - ABATE E PROCESSAMENTO

#### 6. Declarações

Cláusula Compromissória: qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio de Centro de Mediação de Arbitragem - CMA vinculado ao CREA-MS, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

Profissional

Contratante

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

#### 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](http://www.creams.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.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](http://www.creams.org.br) / [creams@creams.org.br](mailto:creams@creams.org.br)  
Tel: (67)3368-1000 / 0800-368-1000



**CREA-MS**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do MS

Nosso Número: 140000000018309432

Valor ART: R\$ 103,03

Registrada em 24/10/2025

Valor Pago: R\$ 103,03

Documento assinado digitalmente



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



Documento assinado digitalmente

GETULIO JOSE VIEIRA JUNIOR  
Data: 30/10/2025 15:52:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

