

Memória de Cálculo

ASME VIII Divisão 1, Edição 2004



TAG: CP-01

SEPARADOR AR / ÓLEO

***Cliente: BUNGE – SILOS GRANELEIROS -
SANTOS/SP***

www.conerge-engenharia.com.br

Rua Dr. Manuel Tourinho, 10 * Vila Mathias * Santos * SP * CEP 11015-030 * Voip: (13) 3466-7187

e-mail: comercial@conerge-engenharia.com.br

1 - Dados de Entrada

Tipo de Vaso	Vertical	
Material do costado	SA-395	
Material do Tampo Superior.....	SA-395	
Material do tampo inferior.....	SA-395	
Tampo superior	Tampo Plano ASME	
Tampo inferior	Tampo Toro esférico 10%	
Diâmetro interno	300,00	mm
Comprimento do costado	500,00	mm
Pressão interna	15,285	kgf/cm ²
Pressão externa	0,0000	kgf/cm ²
Vácuo	0,0000	kgf/cm ²
Temperatura de Projeto	120,00	°C
Densidade do Produto (ρ)	1200,0	kg/m ³
Densidade do Fluido de Teste (ρ _T)	1000,0	kg/m ³

Obs.: Alguns parâmetros construtivos do vaso de pressão foram adotados a título de cálculo, pois não haviam informações suficientes disponíveis. Necessário providenciar documentação de projeto junto ao fabricante para maior detalhamento das formas e métodos construtivos.

2 - Cálculo do Costado

Material.....	SA-395	
Pressão Interna (P _i).....	15,285	kgf/cm ²
Temperatura Interna de Projeto (T _D).....	120,00	°C
Diâmetro Interno (D).....	300,00	mm
Sobre-espessura de Corrosão Interna (t _{ic}).....	3,0000	mm
Sobre-espessura de Corrosão Externa (t _{ec}).....	0,0000	mm

2.1 - Seção Cilíndrica 1

Comprimento (L _s)	500,00	mm
-------------------------------------	--------	----

2.1.1 - Cálculo da Coluna de Líquido

Coluna de Líquido de Operação - P _s (H _s = 503,00 mm)	0,06036	kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Fábrica - P _{th} (H _{th} = 300,00 mm)	0,03000	kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P _{lv} (H _{lv} = 500,00 mm)	0,05000	kgf/cm ²

2.1.2 - Cálculo da Pressão Interna

Raio Interno da Seção do Costado Corroída (R)	153,00	mm
Pressão Interna de Projeto (P = P _i + P _s)	15,350	kgf/cm ²
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t)	2,5000	mm

Tensão circunferencial governa para pressão interna.

Espessura para tensão circunferencial é dada por UG-27(c)(1), como segue:

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

onde:

E : eficiência da junta longitudinal

P : pressão interna de projeto, em kgf/cm²

R : raio interno da seção do costado corroída, em mm

S : tensão de projeto, em kgf/cm²
 t : espessura mínima, em mm
 Espessura para tensão longitudinal é dada por UG-27(c)(2), como segue:

$$t = \frac{P R}{2 S_l E + 0,4 P}$$

onde:

- E : eficiência da junta circunferencial
 P : pressão interna de projeto, em kgf/cm²
 R : raio interno da seção do costado corroída, em mm
 S_l : tensão longitudinal de projeto, em kgf/cm²
 t : espessura mínima, em mm

De acordo com UG-16(b)(4), a espessura mínima não pode ser menor do que 2,5000 mm. A espessura mínima será a justada para: t = 2,5000 mm.

2.1.4 - Tensão de Compressão Admissível por UG-23(b)

Condição	R _o mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm ²	S kgf/cm ²	S _c kgf/cm ²
Temperatura de Projeto/Corroído	165,88	9,7000	0,009706	1220,8	1167,1	1167,1
Temperatura de Projeto/Novo	165,88	12,700	0,011966	1224,4	1167,1	1167,1
Temperatura de Teste/Corroído	165,88	9,7000	0,009706	1220,8	1167,1	1167,1
Temperatura de Teste/Novo	165,88	12,700	0,011966	1224,4	1167,1	1167,1

- a) R_o = raio externo
 b) t = Espessura
 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

2.1.5 - Cálculo da Espessura Nominal Mínima

Espessura Mínima (t)	2,5000	mm
Mínima espessura incluindo a Sobre-espessura de Corrosão (t _c).....	5,5000	mm
Espessura Nominal (t _n)	12,700	mm

Como t_n ≥ t_c, a espessura nominal é adequada.

3 - Cálculo do Tampo Superior

3.1 - Especificações do Tampo

Tampo	Tampo Plano ASME
Material.....	SA-395
Espessura Nominal (t _n)	31,750 mm
Pressão Interna (P _i).....	15,285 kgf/cm ²
Temperatura Interna (T _i)	120,00 °C
Temperatura de Projeto (T _D)	120,00 °C
Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S)	1167,1 kgf/cm ²
Tensão Admissível na Temperatura de Teste (S _T).....	1167,1 kgf/cm ²
Corrosão Interna (t _{ic})	3,0000 mm
Corrosão Externa (t _{ec})	0,0000 mm
Esmagamento	0,0000 mm

3.2 - Cálculo da Coluna de Líquido

3.2.1 - Seção Plana

Coluna de Líquido de Operação - P_s ($H_s = 3,0000$ mm)	3,6000E-4	kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 300,00$ mm)	0,03000	kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 0,0000$ mm) ...	0,0000	kgf/cm ²

3.3 - Cálculo da Pressão Interna

3.3.1 - Fechamento Plano

Sketch.....	UG-34 (h)	
Fator de Acoplamento pela UG-34 : C	0,33000	
Diâmetro Interno após Corrosão (d)	306,00	mm
Pressão Interna de Projeto ($P = P_i + P_s$)	15,285	kgf/cm ²
Tensão Admissível (S)	1167,1	kgf/cm ²
Fator de Acoplamento (C)	0,33000	
Eficiência de Junta (E)	1,0000	
Espessura Mínima (t)	20,120	mm

A espessura mínima sob pressão interna é dada por UG-34(c)(2):

$$t = d \sqrt{\frac{C P}{S E}}$$

onde:

- C : fator C (UG-34)
- d : diâmetro interno após corrosão, em mm
- E : eficiência de junta
- P : pressão interna de projeto, em kgf/cm²
- S : tensão admissível, em kgf/cm²
- t : espessura mínima, em mm

3.4 - Cálculo da Espessura Nominal Mínima

Espessura Mínima (t)	20,120	mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t_c)	23,120	mm
Espessura Nominal (t_n)	31,750	mm

Como $t_n \geq t_c$, a espessura nominal é adequada.

4 - Cálculo do Tampo Inferior

4.1 - Especificações do Tampo

Tampo	Tampo Toro esférico 10%	
Material.....	SA-395	
Espessura Nominal (t_n)	12,700	mm
Pressão Interna (P_i).....	15,285	kgf/cm ²
Temperatura Interna (T_i)	120,00	°C
Temperatura de Projeto (T_D)	120,00	°C
Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S)	1167,1	kgf/cm ²
Tensão Admissível na Temperatura de Teste (S_T)	1167,1	kgf/cm ²
Corrosão Interna (t_{ic})	3,0000	mm
Corrosão Externa (t_{ec})	0,0000	mm
Esmagamento	0,0000	mm

Comprimento da Parte Cilíndrica (h_s) 60,000 mm

4.2 - Cálculo da Coluna de Líquido

4.2.1 - Parte Cilíndrica

Coluna de Líquido de Operação - P_s ($H_s = 563,00$ mm) 0,06756 kgf/cm²
 Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 300,00$ mm) . 0,03000 kgf/cm²
 Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 560,00$ mm) . 0,05600 kgf/cm²

4.2.2 - Seção Toro esférica

Coluna de Líquido de Operação - P_s ($H_s = 624,13$ mm) 0,07490 kgf/cm²
 Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 300,00$ mm) . 0,03000 kgf/cm²
 Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 618,13$ mm) . 0,06181 kgf/cm²

4.3 - Cálculo da Pressão Interna

4.3.1 - Parte Cilíndrica

Raio Interno Corroído da Parte Reta (R) 153,00 mm
 Pressão Interna de Projeto ($P = P_i + P_s$) 15,358 kgf/cm²
 Espessura Mínima sob Pressão Interna (t) 2,5000 mm

Tensão circunferencial governa para pressão interna.

Espessura para tensão circunferencial é dada por UG-27(c)(1), como segue:

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

onde:

- E : eficiência da junta longitudinal
- P : pressão interna de projeto, em kgf/cm²
- R : raio interno corroído da parte cilíndrica, em mm
- S : tensão de projeto, em kgf/cm²
- t : espessura mínima, em mm

Espessura para tensão longitudinal é dada por UG-27(c)(2), como segue:

$$t = \frac{P R}{2 S_i E + 0,4 P}$$

onde:

- E : eficiência da junta circunferencial
- P : pressão interna de projeto, em kgf/cm²
- R : raio interno corroído da parte cilíndrica, em mm
- S_i : tensão longitudinal de projeto, em kgf/cm²
- t : espessura mínima, em mm

De acordo com UG-16(b)(4), a espessura mínima não pode ser menor do que 2,5000 mm. A espessura mínima será a justada para: $t = 2,5000$ mm.

4.3.2 - Tensão de Compressão Admissível por UG-23(b)

Condição	R_o mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm ²	S kgf/cm ²	S_c kgf/cm ²
Temperatura de Projeto/Corroído	165,88	9,7000	0,009706	1220,8	1167,1	1167,1
Temperatura de Projeto/Novo	165,88	12,700	0,011966	1224,4	1167,1	1167,1
Temperatura de Teste/Corroído	165,88	9,7000	0,009706	1220,8	1167,1	1167,1

Condição	R _o mm	t mm	Fator A	Fator B kgf/cm ²	S kgf/cm ²	S _c kgf/cm ²
Temperatura de Teste/Novo	165,88	12,700	0,011966	1224,4	1167,1	1167,1

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

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

4.3.3 - Seção Toro esférica

Fator M

Fator M sem Corrosão (M) 1,5406

O fator M é calculado por 1-4(d):

$$M = 1/4 \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

onde:

- L : Raio da Coroa, em mm
 M : Fator M sem Corrosão
 r : Raio Interno do Rebordeamento, em mm

Fator M após Corrosão (M_c) 1,5075

O fator M é calculado por 1-4(d):

$$M_c = 1/4 \left(3 + \sqrt{\frac{L_c}{r_c}} \right)$$

onde:

- L_c : Raio da Coroa após Corrosão, em mm
 M_c : Fator M após Corrosão
 r_c : Raio do Rebordeamento após Corrosão, em mm

Espessura Mínima : 1-4(d)(3)

Eficiência de Junta (E) 0,85000
 Raio Interno da Coroa Corroída (L) 303,00 mm
 Pressão Interna de Projeto (P = P_i + P_s) 15,365 kgf/cm²
 Espessura Mínima sob Pressão Interna (t) 3,5429 mm

Espessura mínima sob pressão interna é dada por Apêndice 1-4 (d)(3):

$$t = \frac{P L M}{2 S E - 0,2 P}$$

onde:

- E : eficiência de junta
 L : raio interno da coroa corroída, em mm
 M : fator M
 P : pressão interna de projeto, em kgf/cm²
 S : tensão de projeto, em kgf/cm²
 t : espessura mínima, em mm

Espessura Mínima : Máximo entre 1-4(d)(3) e UG-16

Espessura Mínima por 1-4(d)(3) ($t_{1-4(d)}$).....	3,5429	mm
Espessura Mínima por UG-16 (t_{UG-16})	2,5000	mm
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t)	3,5429	mm

4.4 - Cálculo da Espessura Nominal Mínima

4.4.1 - Parte Cilíndrica

Espessura Mínima (t)	2,5000	mm
Mínima espessura incluindo a Sobre-espessura de Corrosão (t_c).....	5,5000	mm

4.4.2 - Toro esférico

Espessura Mínima (t)	3,5429	mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t_c)	6,5429	mm

4.4.3 - Resultado Final

Espessura Mínima (t)	3,5429	mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento (t_r)	3,5429	mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t_c)	6,5429	mm
Espessura Nominal (t_n)	12,700	mm

Como $t_n \geq t_c$, a espessura nominal é adequada.

5 - Teste Hidrostático de Campo baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

O Teste de Campo é executado com o vaso na.....	Posição Vertical	
PMTA para o Vaso	15,285	kgf/cm ²
Pressão Hidrostática de Teste a 21,000 °C	30,570	kgf/cm ²
Fator de Pressão (Conforme Fabricante)	2,0000	
Relação de Tensões - UG-99(b)	1,0000	

6 - Sumário do Cálculo do Vaso

Temperatura de Projeto	120,00	°C
Pressão Interna de Projeto.....	15,285	kgf/cm ²
Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA) por UG-98(a)	15,285	kgf/cm ²

7 - Resumo da Pressão

Componentes do Vaso		Pressão Interna (kgf/cm ²)	Pressão Estática (kgf/cm ²)	Pressão Externa (kgf/cm ²)	Vácuo (kgf/cm ²)	Sobre-espessura		Esmagamento (mm)
						Interno (mm)	Externa (mm)	
Tampo Superior	Fechamento Plano	15,290	3,6000E-4	0,0000	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000
Costado	Seção 1	15,290	0,06036	0,0000	0,0000	3,0000	0,0000	---
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	15,290	0,06756	0,0000	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000
	Toro esférico	15,290	0,07490	0,0000	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000

Componentes do Vaso		Pressão Interna Total (kgf/cm ²)	Pressão Externa Total (kgf/cm ²)	PMTA (kgf/cm ²)
Tampo Superior	Fechamento Plano	15,290	0,0000	15,285
Costado	Seção 1	15,350	0,0000	15,285
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	15,358	0,0000	15,285
	Toro esférico	15,365	0,0000	15,285

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.

Pressão Máxima de Trabalho Admissível para o Vaso :
 15,285 kgf/cm² a 120,00 °C

8 - Sumário de Espessuras

Componentes do Vaso		Nominal (mm)	Projeto (mm)	Mínima adotada (mm)	Após Conformação (mm)	Carregamento
Tampo Superior	Fechamento Plano	31,750	23,120	23,120	23,120	Pressão Interna
Costado	Seção 1	12,700	5,5000	5,5000	5,5000	Pressão Interna
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	12,700	5,5000	6,5429	5,5000	Pressão Interna
	Toro esférico	12,700	6,5429	6,5429	6,5429	Pressão Interna

- a) Nominal : chapa comercial/espessura schedule
- b) Projeto : espessura mínima de projeto, inclui corrosão e tolerância de conformação.
- c) Mínima : espessura mínima adotada.
- d) Após Conformação : espessura mínima do material após a conformação.

9 - Teste Hidrostático de Campo baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

A pressão do teste hidrostático de campo é igual a 30,570 kgf/cm² a 21,000 °C (PMTA = 15,285 kgf/cm²).

O teste de campo é executado com o vaso na posição vertical.

Componentes do Vaso		Pressão Local no Teste (kgf/cm ²)	Pressão Estática (kgf/cm ²)	Razão de Tensões	Tensão no Teste (kgf/cm ²)	Tensão Máxima no Teste (kgf/cm ²)
	Fechamento Plano	30,570	0,0000	1,000	1195,7	2277,9

Componentes do Vaso		Pressão Local no Teste (kgf/cm ²)	Pressão Estática (kgf/cm ²)	Razão de Tensões	Tensão no Teste (kgf/cm ²)	Tensão Máxima no Teste (kgf/cm ²)
Tampo Superior						
Costado	Seção 1	30,570	0,05000	1,000	480,25	2277,9
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	30,570	0,05600	1,000	408,27	2277,9
	Toro esférico	30,570	0,06181	1,000	700,65	2277,9

- a) Fator de Pressão (Conforme Fabricante): 2,000
 b) Relação 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

CONTROLE DE EMISSÃO

Engenheiro Mecânico	Rodrigo Kenji Egami CREA SP 5068961850	 Assinatura	09/12/2022 Data
----------------------------	---	---	----------------------------------

"Inspeção com Segurança e Qualidade é nossa Prioridade"