

Memória de Cálculo

ASME VIII Divisão 1, Edição 2007, Adenda 2009



TAG: SR-2112

PULMÃO DE AR

Cliente: Copersucar – 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 casco.....	SA-414 Grau E (ADOTADO)
Material do tampo superior.....	SA-414 Grau E (ADOTADO)
Material do tampo inferior.....	SA-414 Grau E (ADOTADO)
Tampo superior.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Tampo inferior.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Diâmetro interno.....	746,00 mm
Comprimento do casco.....	2000,0 mm
Pressão interna.....	10,540 kgf/cm ²
Pressão externa.....	0,0000 kgf/cm ²
Vácuo.....	0,0000 kgf/cm ²
Temperatura de Projeto.....	100,00 °C
Densidade do produto (ρ).....	1500,0 kg/m ³
Densidade do fluido de teste (ρ_T).....	1000,0 kg/m ³

2 - Cálculo do Casco

Material.....	SA-414 Grau E (ADOTADO)
Pressão Interna (P_i).....	10,540 kgf/cm ²
Temperatura Interna de Projeto (T_D).....	100,00 °C
Diâmetro interno (D).....	746,00 mm
Sobre-espessura de Corrosão Interna (t_{ic}).....	0,0000 mm
Sobre-espessura de Corrosão Externa (t_{ec}).....	0,0000 mm
Junta longitudinal.....	Categoria A, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)
Junta circunferencial.....	Categoria B, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)
Junta Casco x Tampo Superior.....	Categoria B, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)
Junta Casco x Tampo Inferior.....	Categoria B, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c)

2.1 - Seção Cilíndrica 1

2.1.1 - Dados Básicos

Comprimento (L_s).....	1000,0 mm
Eficiência da junta longitudinal (E_l).....	0,70000
Eficiência da junta circunferencial (E_c).....	0,70000

2.1.2 - Cálculo da Coluna de Líquido

Pressão Estática - Operação - P_s ($H_s = 2236,5$ mm).....	0,33547 kgf/cm ²
Pressão Estática - Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 746,00$ mm).....	0,07460 kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 2236,5$ mm)....	0,22365 kgf/cm ²

2.1.3 - Cálculo da Pressão Interna

Raio Interno da Seção do Casco Corroída (R).....	373,00 mm
Pressão Interna de Projeto ($P = P_i + P_s$).....	10,875 kgf/cm ²
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	4,4633 mm

Tensão circunferencial governa para pressão interna.

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

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

$$t = \frac{10,875 \times 373}{1307,7 \times 0,7 - 0,6 \times 10,875}$$

$$\therefore t = 4,4633 \text{ mm}$$

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

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

$$t = \frac{10,875 \times 373}{2 \times 1307,7 \times 0,7 + 0,4 \times 10,875}$$

$$\therefore t = 2,2105 \text{ mm}$$

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

Condição	R ₀ (mm)	t (mm)	Fator A (mm)	Fator B (kgf/cm ²)	S (kgf/cm ²)	S _c (kgf/cm ²)
Temperatura de Projeto/Corroído	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Projeto/Novo	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Teste/Corroído	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Teste/Novo	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69

- a) R₀ = raio externo
 b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída
 c) A = 0,125/(R₀/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)..... 4,4633 mm
 Mínima espessura incluindo a Sobre-espessura de Corrosão (t_c)..... 4,4633 mm
 Espessura nominal (t_n)..... 5,0000 mm

Como t_n ∞ t_c, a espessura nominal é adequada.

2.1.6 - Cálculo da PMTA

Máxima Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S)..... 1307,7 kgf/cm²
 Espessura Corroída da Seção do Casco (t)..... 5,0000 mm
 Raio Interno da Seção do Casco Corroída (R)..... 373,00 mm
 Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA)..... 10,54 kgf/cm²

3 - Cálculo do Tampo Superior

3.1 - Especificações do Tampo

Tampo.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Material.....	SA-414 Grau E (ADOTADO)
Espessura nominal (t_n).....	5,0000 mm
Pressão Interna (P_i).....	10,540 kgf/cm ²
Temperatura Interna (T_i).....	100,00 °C
Temperatura de Projeto (T_D).....	100,00 °C
Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S).....	1307,7kgf/cm ²
Tensão Admissível na Temperatura de Teste (S_T).....	1307,7kgf/cm ²
Corrosão interna (t_{ic}).....	0,0000 mm
Corrosão externa (t_{ec}).....	0,0000 mm
Esmagamento.....	0,0000 mm
Comprimento da parte cilíndrica (h_s).....	50,000 mm

3.2 - Cálculo da Coluna de Líquido

3.2.1 - Parte Cilíndrica

Pressão Estática - Operação - P_s ($H_s = 236,50$ mm).....	0,03547 kgf/cm ²
Pressão Estática - Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 746,00$ mm).....	0,07460 kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 236,50$ mm)....	0,02365 kgf/cm ²

3.2.2 - Seção Semi-elíptica

Pressão Estática - Operação - P_s ($H_s = 186,50$ mm).....	0,02798 kgf/cm ²
Pressão Estática - Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 746,00$ mm).....	0,07460 kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 186,50$ mm)....	0,01865 kgf/cm ²

3.3 - Cálculo da Pressão Interna

3.3.1 - Parte Cilíndrica

Raio Interno Corroído da Parte Reta (R).....	373,00 mm
Pressão Interna de Projeto ($P = P_i + P_s$).....	10,575 kgf/cm ²
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	3,0312 mm

Tensão circunferencial governa para pressão interna.

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

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

$$t = \frac{10,575 \times 373}{1307,7 \times 1 - 0,6 \times 10,575}$$

$$\therefore t = 3,0312 \text{ mm}$$

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

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

$$t = \frac{10,575 \times 373}{2 \times 1307,7 \times 0,7 + 0,4 \times 10,575}$$

$$\therefore t = 2,1496 \text{ mm}$$

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

Condição	R ₀ (mm)	t (mm)	Fator A (mm)	Fator B (kgf/cm ²)	S (kgf/cm ²)	S _c (kgf/cm ²)
Temperatura de Projeto/Corroído	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Projeto/Novo	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Teste/Corroído	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Teste/Novo	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69

- a) R₀ = raio externo
 b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída
 c) A = 0,125/(R₀/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.

3.3.3 - Seção Semielíptica

Fator K

Fator K (K)..... 1,0000

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

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

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{746}{2 \times 186,5} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K = 1$$

Fator K após corrosão (K_c)..... 1,0000

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

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

$$K_c = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{746}{2 \times 186,5} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K_c = 1$$

Espessura mínima: 1-4(c)(1)

Eficiência de junta (E).....	0,85000
Pressão Interna de Projeto (P = P _i + P _s).....	10,568 kgf/cm ²
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	3,5496 mm

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

$$t = \frac{PDK}{2SE - 0,2P}$$

$$t = \frac{10,568 \times 746 \times 1}{2 \times 1307,7 \times 0,85 - 0,2 \times 10,568}$$

$$\therefore t = 3,5496 \text{ mm}$$

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

Espessura Mínima por 1-4(c)(1) (t _{1-4(c)}).....	3,5496 mm
Espessura Mínima por UG-16 (t _{UG-16}).....	2,5000 mm
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	3,5496 mm

3.4 - Cálculo da Espessura Nominal Mínima

3.4.1 - Parte Cilíndrica

Espessura mínima (t).....	3,0312 mm
Mínima espessura incluindo a Sobre-espessura de Corrosão (t _c).....	3,0312 mm

3.4.2 – Semielíptico

Espessura mínima (t).....	3,5496 mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t _c).....	3,5496 mm

3.4.3 - Resultados Finais

Espessura mínima (t).....	3,5496 mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento (t _r).....	3,5496 mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t _c).....	3,5496 mm
Espessura nominal (t _n).....	5,0000 mm

Como t_n ∞ t_c, a espessura nominal é adequada.

3.5 - Cálculo da PMTA

3.5.1 - Parte Cilíndrica

Máxima Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S).....	1307,7 kgf/cm ²
Espessura Corroída da Parte Reta (t).....	5,0000 mm
Raio Interno Corroído da Parte Reta (R).....	373,00 mm
Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA).....	10,54 kgf/cm ²

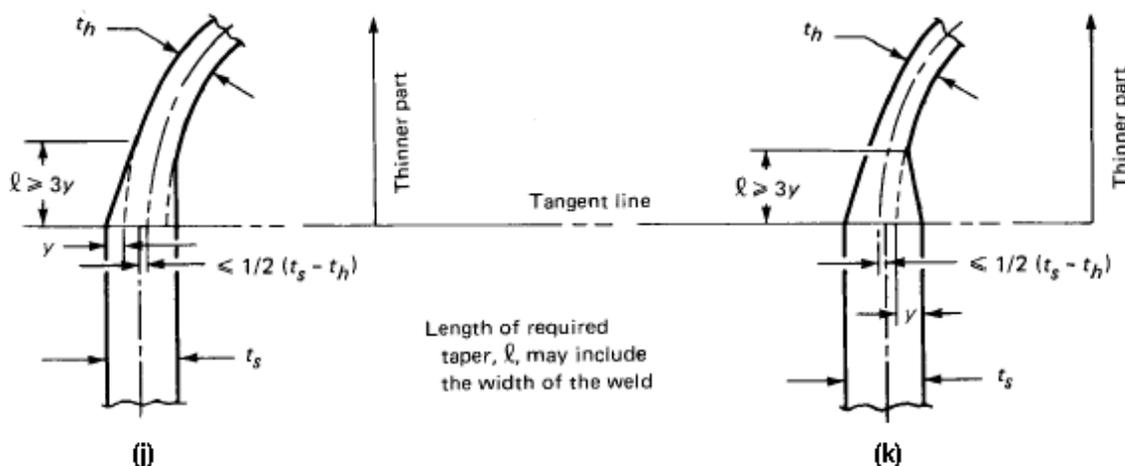
3.5.2 - Seção Semielíptica

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

Espessura Corroída (t).....	5,0000 mm
Fator K após Corrosão (K).....	1,0000
Eficiência de junta (E).....	0,85000
Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA).....	10,54 kgf/cm ²

3.6 - Adelgaçamento e Comprimento da Parte Cilíndrica

Comprimento da redução exigido por UW-13(b)(3)?.....	Não
Espessura do tampo conformado (t_h).....	5,0000 mm
Espessura nominal do casco (t_s).....	5,0000 mm
Excentricidade entre casco e tampo (y).....	0,0000 mm
Diferença na espessura entre casco e tampo (Δ).....	0,0000 mm
Razão diferença na espessura / espessura da seção mais fina (Δ_r).....	0,0000



Conforme UW-13(b)(3), uma região de transição com comprimento não menor do que três vezes a diferença entre as faces externas das seções adjacentes mostradas na Fig. UW-13.1 croquis (j) e (k) deve se prevista na junção entre tampos conformados e cascos quando a diferença de espessura entre as partes for maior do que o menor valor entre 1/4 da menor espessura das seções ou 3 mm (1/8 in).

4 - Cálculo do Tampo Inferior**4.1 - Especificações do Tampo**

Tampo.....	Semi-elíptico 2:1 L/D=0,90 r/D=0,17
Material.....	SA-414 Grau E (ADOTADO)
Espessura nominal (t_n).....	5,0000 mm
Pressão Interna (P_i).....	10,540 kgf/cm ²
Temperatura Interna (T_i).....	100,00 °C
Temperatura de Projeto (T_D).....	100,00 °C
Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S).....	1307,7 kgf/cm ²
Tensão Admissível na Temperatura de Teste (S_T).....	1307,7 kgf/cm ²
Corrosão interna (t_{ic}).....	0,0000 mm ²
Corrosão externa (t_{ec}).....	0,0000 mm
Esmagamento.....	0,0000 mm
Comprimento da parte cilíndrica (h_s).....	50,000 mm

4.2 - Cálculo da Coluna de Líquido**4.2.1 - Parte Cilíndrica**

Pressão Estática - Operação - P_s ($H_s = 2286,5$ mm).....	0,34297 kgf/cm ²
Pressão Estática - Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 746,00$ mm).....	0,07460 kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 2286,5$ mm)....	0,22865 kgf/cm ²

4.2.2 - Seção Semi-elíptica

Pressão Estática - Operação - P_s ($H_s = 2473,0$ mm).....	0,37095 kgf/cm ²
Pressão Estática - Teste Hidrostático de Fábrica - P_{th} ($H_{th} = 746,00$ mm).....	0,07460 kgf/cm ²
Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - P_{tv} ($H_{tv} = 2473,0$ mm)....	0,24730 kgf/cm ²

4.3 - Cálculo da Pressão Interna**4.3.1 - Parte Cilíndrica**

Raio Interno Corroído da Parte Retta (R).....	373,00 mm
Pressão Interna de Projeto ($P = P_i + P_s$).....	10,883 kgf/cm ²
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	3,1197 mm

Tensão circunferencial governa para pressão interna.

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

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

$$t = \frac{10,883 \times 373}{1307,7 \times 1 - 0,6 \times 10,883}$$

$$\therefore t = 3,1197 \text{ mm}$$

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

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

$$t = \frac{10,883 \times 373}{2 \times 1307,7 \times 0,7 + 0,4 \times 10,883}$$

$$\therefore t = 2,212 \text{ mm}$$

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

Condição	R ₀ (mm)	t (mm)	Fator A (mm)	Fator B (kgf/cm ²)	S (kgf/cm ²)	S _c (kgf/cm ²)
Temperatura de Projeto/Corroído	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Projeto/Novo	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Teste/Corroído	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69
Temperatura de Teste/Novo	378,00	5,0000	0,001653	998,69	1307,7	998,69

- a) R₀ = raio externo
 b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída
 c) A = 0,125/(R₀/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.

4.3.3 - Seção Semielíptica

Fator K

Fator K (K)..... 1,0000

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

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

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{746}{2 \times 186,5} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K = 1$$

Fator K após corrosão (K_c)..... 1,0000

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

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

$$K_c = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{746}{2 \times 186,5} \right)^2 \right]$$

$$\therefore K_c = 1$$

Espessura mínima: 1-4(c)(1)

Eficiência de junta (E).....	0,85000
Pressão Interna de Projeto (P = P _i + P _s).....	10,911 kgf/cm ²
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	3,6649 mm

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

$$t = \frac{PDK}{2SE - 0,2P}$$

$$t = \frac{10,991 \times 746 \times 1}{2 \times 1307,7 \times 0,85 - 0,2 \times 10,991}$$

$$\therefore t = 3,6649 \text{ mm}$$

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

Espessura Mínima por 1-4(c)(1) (t _{1-4(c)}).....	3,6649 mm
Espessura Mínima por UG-16 (t _{UG-16}).....	2,5000 mm
Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....	3,6649 mm

4.4 - Cálculo da Espessura Nominal Mínima

4.4.1 - Parte Cilíndrica

Espessura mínima (t).....	3,1197 mm
Mínima espessura incluindo a Sobre-espessura de Corrosão (t _c).....	3,1197 mm

4.4.2 - Semielíptico

Espessura mínima (t).....	3,6649 mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t _c).....	3,6649 mm

4.4.3 - Resultados Finais

Espessura mínima (t).....	3,6649 mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento (t _r).....	3,6649 mm
Espessura Mínima Mais Esmagamento e Corrosão (t _c).....	3,6649 mm
Espessura nominal (t _n).....	5,0000 mm

Como t_n ∞ t_c, a espessura nominal é adequada.

4.5 - Cálculo da PMTA

4.5.1 - Parte Cilíndrica

Máxima Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S).....	1307,7 kgf/cm ²
Espessura Corroída da Parte Reta (t).....	5,0000 mm
Raio Interno Corroído da Parte Reta (R).....	373,00 mm
Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA).....	10,54 kgf/cm ²

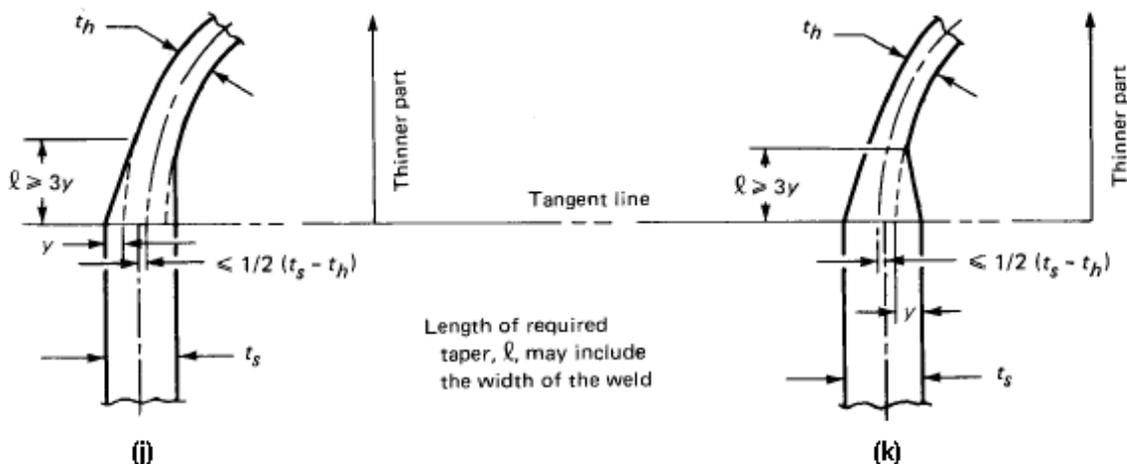
4.5.2 - Seção Semielíptica

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

Espessura Corroída (t).....	5,0000 mm
Fator K após Corrosão (K).....	1,0000
Eficiência de junta (E).....	0,85000
Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA).....	10,54 kgf/cm ²

4.6 - Adelgaçamento e Comprimento da Parte Cilíndrica

Comprimento da redução exigido por UW-13(b)(3)?.....	Não
Espessura do tampo conformado (t_h).....	5,0000 mm
Espessura nominal do casco (t_s).....	5,0000 mm
Excentricidade entre casco e tampo (y).....	0,0000 mm
Diferença na espessura entre casco e tampo (Δ).....	0,0000 mm
Razão diferença na espessura / espessura da seção mais fina (Δ_r).....	0,0000



Conforme UW-13(b)(3), uma região de transição com comprimento não menor do que três vezes a diferença entre as faces externas das seções adjacentes mostradas na Fig. UW-13.1 croquis (j) e (k) deve se prevista na junção entre tampos conformados e cascos quando a diferença de espessura entre as partes for maior do que o menor valor entre 1/4 da menor espessura das seções ou 3 mm (1/8 in).

5 - Teste Hidrostático de Campo baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)**5.1 - Dados do Teste**

O Teste de Campo é executado com o vaso na.....	Posição Vertical
Pressão local durante o teste.....	13,70 kgf/cm ²
Pressão Hidrostática de Teste de Campo a 21,000 °C.....	13,70 kgf/cm ²
Fator de Pressão - UG-99(b).....	1,3000
Relação de Tensões - UG-99(b).....	1,0000

5.2 - Cálculo do Casco Cilíndrico**Seção Cilíndrica 1**

Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída (t).....	5,0000 mm
Raio Interno (R).....	373,00 mm
Pressão de Teste com Coluna de Líquido (P).....	15,612 kgf/cm ²
Tensão em condições de teste (S).....	1677,2 kgf/cm ²

Tensão circunferencial governa para pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{E t}$$

$$s = \frac{15,612 \times (373 + 0,6 \times 5)}{0,7 \times 5}$$

$$\therefore S = 1677,2 \text{ kgf/cm}^2$$

Seção Cilíndrica 2

Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída (t).....	5,0000 mm
Raio Interno (R).....	373,00 mm
Pressão de Teste com Coluna de Líquido (P).....	15,512 kgf/cm ²
Tensão em condições de teste (S).....	1666,5 kgf/cm ²

Tensão circunferencial governa para pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P (R + 0,6 t)}{E t}$$

$$s = \frac{15,512 \times (373 + 0,6 \times 5)}{0,7 \times 5}$$

$$\therefore S = 1666,5 \text{ kgf/cm}^2$$

5.3 - Cálculo da Tensão no Tampo Superior

Parte Cilíndrica

Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída (t).....	5,0000 mm
Raio Interno (R).....	373,00 mm
Pressão de Teste com Coluna de Líquido (P).....	15,412 kgf/cm ²
Tensão em condições de teste (S).....	1159,0 kgf/cm ²

Tensão circunferencial governa para pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P (R + 0,6 t)}{E t}$$

$$s = \frac{15,412 \times (373 + 0,6 \times 5)}{1 \times 5}$$

$$\therefore S = 1159 \text{ kgf/cm}^2$$

Seção Semi-elíptica

Pressão de Teste com Coluna de Líquido.....	15,407 kgf/cm ²
Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída.....	5,0000 mm
Diâmetro interno.....	746,00 mm
Eficiência de junta.....	0,85000
Tensão nas Condições do Teste.....	1354,0 kgf/cm ²

A tensão nas condições de teste é dada por 1-4(c)(1):

$$S = \frac{P K D + 2 P t}{2 E t}$$

$$s = \frac{15,407 \times 1 \times 746 + 0,2 \times 15,407 \times 5}{2 \times 5 \times 0,85}$$

$$\therefore S = 1354 \text{ kgf/cm}^2$$

5.4 - Cálculo da Tensão para o Tampo Inferior

Parte Cilíndrica

Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída (t).....	5,0000 mm
Raio Interno (R).....	373,00 mm
Pressão de Teste com Coluna de Líquido (P).....	15,617 kgf/cm ²
Tensão em condições de teste (S).....	1174,4 kgf/cm ²

Tensão circunferencial governa para pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P (R + 0,6 t)}{E t}$$

$$s = \frac{15,617 \times (373 + 0,6 \times 5)}{1 \times 5}$$

$$\therefore S = 1174 \text{ kgf/cm}^2$$

Seção Semi-elíptica

Pressão de Teste com Coluna de Líquido.....	15,636 kgf/cm ²
Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída.....	5,0000 mm
Diâmetro interno.....	746,00 mm
Eficiência de junta.....	0,85000
Tensão nas Condições do Teste.....	1374,1 kgf/cm ²

A tensão nas condições de teste é dada por 1-4(c)(1):

$$S = \frac{P K D + 2 P t}{2 E t}$$

$$s = \frac{15,636 \times 1 \times 746 + 0,2 \times 15,636 \times 5}{2 \times 5 \times 0,85}$$

$$\therefore S = 1374,1 \text{ kgf/cm}^2$$

6 - Sumário do Cálculo do Vaso

Temperatura de Projeto.....	100,00 °C
Pressão Interna de Projeto.....	10,54 kgf/cm ²
Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA) por UG-98(a).....	10,54 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	Externa	
						(mm)	(mm)	
Tampo Superior	Semi-elíptico	10,540	0,02798	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Parte Cilíndrica	10,540	0,03547	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Casco	Seção 2	10,540	0,18547	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
	Seção 1	10,540	0,33548	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	---
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	10,540	0,34297	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Semi-elíptico	10,540	0,37095	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Componentes do Vaso		Pressão Interna Total (kgf/cm ²)	Pressão Externa Total (kgf/cm ²)	PMTA (kgf/cm ²)
Tampo Superior	Semi-elíptico	10,568	0,0000	10,54
	Parte Cilíndrica	10,575	0,0000	10,54
Casco	Seção 2	10,725	0,0000	10,54
	Seção 1	10,875	0,0000	10,54
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	10,883	0,0000	10,54
	Semi-elíptico	10,911	0,0000	10,54

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 para o Vaso: 10,54 kgf/cm² a 100,00 °C

8 - Sumário de Espessuras

Componentes do Vaso		Nominal (mm)	Projeto (mm)	Após Conformação (mm)	Eficiência da Junta Soldada	Carregamento
Tampo Superior	Parte Cilíndrica	5,0000	3,0312	3,0312	1,00	Pressão Interna
	Semi-elíptico	5,0000	3,5496	3,5496	0,85	Pressão Interna
Casco	Seção 2	5,0000	4,4013	4,4013	0,70	Pressão Interna
	Seção 1	5,0000	4,4633	4,4633	0,70	Pressão Interna
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	5,0000	3,1197	3,1197	1,00	Pressão Interna
	Semi-elíptico	5,0000	3,6649	3,6649	0,85	Pressão Interna

- a) Nominal: chapa comercial/espessura schedule
 b) Mínima adotada: espessura mínima adotada
 c) Projeto: espessura mínima de projeto, inclui corrosão e tolerância de conformação
 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 13,70 kgf/cm² a 21,000 °C (PMTA = 10,54 kgf/cm²).
 O teste de campo é executado com o vaso na posição horizontal.

Componentes do Vaso		Pressão Local no Teste (kgf/cm ²)	Pressão Estática (kgf/cm ²)	Razão de Tensões	Tensão no Teste (kgf/cm ²)	Tensão Máxima no Teste (kgf/cm ²)
Tampo Superior	Parte Cilíndrica	15,412	0,02365	1,000	1159,0	2404,5
	Semi-elíptico	15,407	0,01865	1,000	1354,0	2404,5
Casco	Seção 2	15,512	0,12365	1,000	1666,5	2404,5
	Seção 1	15,612	0,22365	1,000	1677,2	2404,5
Tampo Inferior	Parte Cilíndrica	15,617	0,22865	1,000	1174,4	2404,5
	Semi-elíptico	15,636	0,24730	1,000	1374,1	2404,5

- a) Fator de Pressão - UG-99(b): 1,300
 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	KLEBER DOS SANTOS SAMPAIO CREA SP 5070656258	 Assinatura	17/05/2022 Data
--------------------------------	---	--	--------------------------------------

"Inspeção com Segurança e Qualidade é nossa Prioridade"