

***Anexo I.***  
***DESCRIPCIÓN GENERAL***  
***CÁLCULOS***

## 0. INTRODUCCIÓN

### Acciones a considerar:

- General.
- Cargas debidas al empuje de tuberías. (STD-RP-050)

MARCA	TAMAÑO	RATING BRIDA	SCHEDULE espesor	FUERZAS			MOMENTOS		
				Fa (Kg).	Fb, Fc (Kg)	Fr (Kg)	Ma (Kg·cm)	Mb,Mc (Kg·cm)	Mr (Kg·cm)
A	3"	150#	160 / 11.13	155	190	310	8435	5945	11960
B1	1 1/2"	150#	160 / 7.14	75	90	145	2075	1450	2835
B2	1 1/2"	150#	160 / 7.14	75	90	145	2075	1450	2835
C	8"	150#	80 / 12.70	580	710	1160	77630	54885	109845
D	20"	150#	XS / 12.70	1420	1740	2840	332845	235380	470755
E	6"	150#	80 / 10.97	385	470	770	41545	29380	58760
F	1 1/2"	150#	160 / 7.14	75	90	145	2075	1450	2835
G	1 1/2"	150#	160 / 7.14	75	90	145	2075	1450	2835

**NOMENCLATURA:** EJE "A" ES LA LINEA CENTRAL DE LA CONEXIÓN  
EJES "B" Y "C" SON MUTUAMENTE PERPENDICULARES A EJE "A"  
"Fa", "Fb" Y "Fc" SON COMPONENTES DE LAS FUERZAS ADMISIBLES (Kg)  
"Ma", "Mb" Y "Mc" SON COMPONENTES DE LOS MOMENTOS ADMISIBLES EN (Kg·cm)  
"Fr" Y "Mr" SON FUERZA RESULTANTE (Kg) Y MOMENTO RESULTANTE (Kg·cm)

- Pesos de las tuberías conectadas.

Peso total del aparato. 17400 Kg

Peso de las tuberías conectadas 5% peso total del aparato. 770 Kg

### Cálculos justificativos

#### **Consideraciones previas:**

- (a) Justificación de exención de Impacto:

Entrando en la curva A de la fig. UCS-66 y aplicándole la reducción en la MDMT obtenemos que para los espesores nominales considerados estamos fuera de la zona donde el test de impacto es requerido.

- (b) Espesores requeridos.

Espesor mínimo excluido el sobreespesor de corrosión 5 mm (ESP-1101-01).

Recipiente Vertical

- (c) Sobreespesor para corrosión.

Acero A285 Gr C / 3 mm (ESP-1101-01).

El sobreespesor de corrosión será añadido a todas las superficies de los elementos en contacto con el fluido.

## 1. CÁLCULO DEL CILINDRO PRESIÓN INTERNA

Componente: Shell Cylinder

### ASME Sección VIII Div.1 A01 UG-27 Espesor de Cilindro con Presión Interna

Material: SA-285 Gr C Steel Plt

Presión Diseño  $P = 0.3452 \text{ N/mm}^2$  Temperatura Diseño  $T = 177 \text{ C}$

Radiografiado = Spot Eficiencia de Junta  $E = 0.85$

Esfuerzo Admisible  $S = 108.248 \text{ N/mm}^2$  Corrosión Interior  $CAI = 3 \text{ mm}$

Corrosión Exterior  $CAO = 0 \text{ mm}$

Tol. Formación Tol = 0 mm

Diámetro Externo  $OD = 3700 \text{ mm}$  Radio Corroído  $OR = 1850 \text{ mm}$

Espesor Requerido del Cilindro:

$$t = (P \times OR / (S \times E + 0.4 \times P)) + CAI + CAO + Tol = 9.93 \text{ mm} \quad \text{APP.1-1(A)}$$

Espesor Actual de Cilindro:  $t_{nom} = 12 \text{ mm}$

## 2. CÁLCULO DEL CILINDRO PRESIÓN EXTERNA

### ASME Sección VIII Div.1 A01 UG-28 Espesor of Shells under Presión Externa

Material: SA-285 Gr C Steel Plt

Presión Diseño PE = 0.103 N/mm<sup>2</sup> Temperatura Diseño T = 177 C

Corrosión Interior CAI = 3 mm Corrosión Exterior CAO = 0 mm

Radiografiado = Spot Toler. Formación Tol = 0 mm

Cyl. Diámetro Ext. Do = 3700 mm Cilindro Longitud L = 1758 mm

Nominal Espesor t<sub>nom</sub> = 12 mm (t<sub>nom</sub>-CAI-CAO-Tol) t = 9 mm

Fracción L/Do L<sub>do</sub> = 0.48 Do/t Fracción Dot = 411.11

(2×S) or (0.9×Yield)SE = 0 N/mm<sup>2</sup> Mod. de Elasticidad ME = 196459 N/mm<sup>2</sup>

Factor A SII-D-FigG A = 0.000343 Factor B CS-2 B = 33.65

Max Permis. Presión Externa: Pa = 4 × B / (3 × Dot) = 0.1091 N/mm<sup>2</sup>

Actual Presión Externa Diseño : PE = 0.103 N/mm<sup>2</sup>

### 3. CÁLCULO DE ANILLOS RIGIDIZADORES

#### ASME Section VIII Div.1 A01 UG-29 Anillos de Rigidez en Cilindros

##### Presión Externa

Material: SA-285 Gr C Steel Plt

Presión de Diseño  $P = 0.103 \text{ N/mm}^2$       Temperatura de Diseño  $T = 177 \text{ C}$

Diámetro ext.cilindro  $D_o = 3700 \text{ mm}$       Longitud colapsante  $L = 1758 \text{ mm}$

Espesor requerido  $t = 9 \text{ mm}$       Espesor del refuerzo  $t_r = 16 \text{ mm}$

Area del refuerzo  $A_s = 2048 \text{ mm}^2$       Altura del refuerzo  $h = 128 \text{ mm}$

Long.  $L_s = L$        $L = 1758 \text{ mm}$       Número de refuerzos  $= 4$

Factor  $B = 0.75 \cdot (P \cdot D_o) / (t + A_s / L_s) = 28.11$       Factor  $A = 0.0002861$

Momento de Inercia,  $\text{MM}^4$

Momento de Inercia de Anillo  $I_s = (D_o^2 \cdot L_s \cdot (t + A_s / L_s) \cdot A) / 14 = 5000631$

Momento de Inercia Combinado  $I_s' = (D_o^2 \cdot L_s \cdot (t + A_s / L_s) \cdot A) / 10.9 = 6422829$

Long.Eff.  $1.1 \times \sqrt{(D_o \times t_s)} = 200.7 \text{ mm}$       Espesor de carcasa  $t_s = 9 \text{ mm}$

Momento de I. refuerzo  $= 2796203$       Momento de I.de carcasa  $= 12194$

Centroide sec.combinada  $= 40.9 \text{ mm}$

$I_s' \leq$  Momento de Inercia Combinado  $= 7312324$

ADOPTAMOS 4 ANILLOS HEB-160

#### 4. CÁLCULO FONDOS PRESIÓN INTERNA / EXTERNA

Componente: Front Head Cover

##### ASME Sección VIII Div.1 A01 UG-32 Tapas y Secciones, Presión en Lado Cóncavo

--- Cálculos --- Tapa Torisférica - Presión Interna

Material: SA-285 Gr C Steel Plt

Presión Diseño  $P = 0.3452 \text{ N/mm}^2$  Temperatura Diseño  $T = 177 \text{ C}$

Radiografiado = Spot Eficiencia de Junta  $E = 1$

Esfuerzo Admisible  $S = 108.248 \text{ N/mm}^2$  Corrosión Interior  $CAI = 3 \text{ mm}$

Corrosión Exterior  $CAO = 0 \text{ mm}$

Diámetro Externo  $OD = 3700 \text{ mm}$  Radio Esférico ext.  $LO = 3715 \text{ mm}$

Radio Esférico Int.  $L = 3703 \text{ mm}$  Knuckle Radius  $r = 225 \text{ mm}$

$L/r = 16.6802$  Factor M (App.1-4)  $M = 1.764$

Espesor Requerido de la Tapa Torisférica:

$$t = (P \cdot LO \cdot M / (2 \cdot S \cdot E + P \cdot (M - 0.2))) + CAI + CAO + Tol = 13.4 \text{ mm} \quad \text{App. 1-4(d)}$$

Espesor Actual de Tapa:

**tnom = 15 mm**

### ASME Sección VIII Div.1 A01 UG-33 Tapas, Presión en Lado Convexo

--- Cálculos --- Tapa Torisférica - Presión Externa

Material: SA-285 Gr C Steel Plt

Presión Diseño	PE = 0.103 N/mm <sup>2</sup>	Temperatura Diseño	T = 177 C
Corrosión Interior CAI	= 3 mm	Corrosión Exterior CAO	= 0 mm
Radiografiado	= Spot	Toler. Formación	Tol = 0 mm
Diámetro Ext. Tapa	Do = 3700 mm	Toler. Material	Tol = 0 mm
Radio Externo K	Kro = 237 mm	Radio Ext. Esférico	Ro = 3715 mm
Espesor Nominal	tnom = 15 mm	tnom-CAI-CAO-Tol	t = 12 mm
Factor(Tb UG-33.1)	Ko = 0.0	Ro/t Fracción	Rot = 309.5833
PA167=f(t)/1.67 =PA167	= 0.24 N/mm <sup>2</sup> N/mm <sup>2</sup>	Mod. de Elastic	ME = 196459
Factor A = 0.125/Rot=A	= 0.000404	Factor B CS-2	B = 39.58

Max. Permissible Presión Externa: Pa = B / Rot = 0.1278 N/mm<sup>2</sup>

Presión Externa de Diseño : **PE = 0.103 N/mm<sup>2</sup>**

Nota: Material final utilizado en fondos A-516Gr 60 con propiedades superiores a A-285Gr60, estando por encima de las condiciones exigidas según cálculos mecánicos.

## 5. CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO PARA TUBULADURAS

### UG-45 B4

Dimensiones según ASME/ANSI B-36.10

MARCA	TAMANO	RATING BRIDA	SCHEDULE Espesor
<b>A</b>	3"	150#	160 / 11.13
<b>B1</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14
<b>B2</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14
<b>C</b>	8"	150#	80 / 12.70
<b>D</b>	20"	150#	XS / 12.70
<b>E</b>	6"	150#	80 / 10.97
<b>F</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14
<b>G</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14

### UG-45 B1

Referencia:

ASME B31.3

PAR: 304.1.1

$$t = P D / 2(SE + PY) + C$$

$$Y = 0.4$$

$$E = 1$$

$$C = 3 \text{ mm}$$

MARCA	TAMANO	RATING BRIDA	SCHEDULE Espesor	ESPESOR CALCULADO	ESPESOR ADOPTADO Sch/mm
<b>A</b>	3"	150#	160 / 11.13	3,16	160 / 11.13
<b>B1</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14	3,08	160 / 7.14
<b>B2</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14	3,08	160 / 7.14
<b>C</b>	8"	150#	80 / 12.70	3,39	80 / 12.70
<b>D</b>	20"	150#	XS / 12.70	3,89	XS / 12.70
<b>E</b>	6"	150#	80 / 10.97	3,30	80 / 10.97
<b>F</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14	3,08	160 / 7.14
<b>G</b>	1 ½"	150#	160 / 7.14	3,08	160 / 7.14

ADOPTAMOS UN ESPESOR TOTAL DE TUBULADURA: (Ver tabla)

## 6. CÁLCULO REFUERZOS PARA CONEXIONES

(Según especificación UG-32, ASME SECCION VIII División 1 / STD-RP-026)

(a) *Diseño a presión interna.*

*El área útil requerida por el refuerzo  $A > d \cdot tr \cdot F$*

*d* diámetro final de la abertura para la conexión en mm (excluida la corrosión)

*tr* espesor requerido en base al esfuerzo por tensión circunferencial

*F* factor de corrección para compensar el ángulo de inclinación respecto al eje axial del aparato (FIG. UG-37)

MARCA	TAMANO	RATING BRIDA	SCHEDULE espesor	$A > d \cdot tr \cdot F$				
				<i>d</i> mm	<i>tr</i> mm	<i>F</i>	<i>A</i> Requerida mm <sup>2</sup>	<i>A</i> Refuerzo mm <sup>2</sup>
A	3"	150#	160 / 11.13	88.90	16	1	1422.4	22451.0
C	8"	150#	80 / 12.70	219.10	12	1	2628.0	76463.0
D	20"	150#	XS / 12.70	508.00	12	1	6096.0	443470.0
E	6"	150#	80 / 10.97	168.30	12	1	2019.6	48641.0

## 7. CÁLCULO CARGA POR VIENTO

***P<sub>w</sub>*** = Presión del Viento = 30 lb/ft<sup>2</sup>

***M*** = Momento en la base del Recipiente (pies-libra)

***V*** = Fuerza Cortante (lb) = 15216 lb

$$M = P_w * D_i * H * h$$

$$M = 439598 \text{ ft}^* \text{lb}$$

## 8. CÁLCULO PERNOS

**N** = Número de Pernos

**Sb** = Tensión admisible en Pernos (lb/in<sup>2</sup>)

**Ap** = Área requerida de un perno (in<sup>2</sup>)

**C** = Sobreespesor de Corrosión (in)

$$N = 16$$

$$Sb = 14220 \text{ lb/in}^2$$

$$Ap = S * 205 / Sb * N$$

$$Ap = 0.47 \text{ in}^2$$

$$C = 0.118 \text{ in}$$

$$\text{Diámetro Mínimo} = 0.89 \text{ in}$$

$$\text{DIÁMETRO ADOPTADO} = 1 \text{ in}$$

$$\text{NÚMERO DE PERNOS ADOPTADOS} = 16 \text{ und}$$

Fdo: Antonio José Soto Moreno

Sevilla, Noviembre de 2007