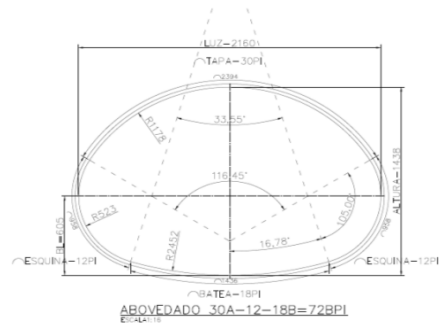


| Parametros                                            | Simbolo                  | Valor      | Unidades               |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------|------------------------|
| <b>Datos de Entrada</b>                               |                          |            |                        |
| Altura de Relleno Sobre la Corona del Tubo            | [ H ]                    | 2.5        | m                      |
| Altura de Relleno Sobre la Corona del Tubo            | [ H ]                    | 8.2        | ft                     |
| Altura de Relleno Sobre la Corona del Tubo            | [ H ]                    | 98         | plg                    |
| Camion de Diseño                                      |                          | HS25       |                        |
| Carga por Eje                                         | [ AL ]                   | 40,000     | lb                     |
| Peso del Suelo                                        | [ W ]                    | 120        | lb/ft <sup>3</sup>     |
| TIPO DE CORRUGACION                                   |                          | MP76       |                        |
| Ancho de la Corrugacion                               |                          | 3.00       | plg                    |
| Profundidad de la Corrugacion                         | [ d ]                    | 1.00       | plg                    |
| Valor Maximo entre 2 Rt y Luz max                     | [ S ]                    | 7.73       | ft                     |
| Valor Maximo entre 2 Rt y Luz max                     | [ S ]                    | 92.8       | plg                    |
| Limite Minimo de Fluencia (Numeral 4.1 ASTM A796)     | [ f <sub>y</sub> ]       | 33,000     | lb/plg <sup>2</sup>    |
| Limite Minimo de Tension (Numeral 4.1 ASTM A796)      | [ f <sub>u</sub> ]       | 45,000     | lb/plg <sup>2</sup>    |
| Factor de Seguridad para Area de Pared                | [ FS ]                   | 2.0        |                        |
| Factor de Seguridad para la Costura                   | [ FS ]                   | 3.0        |                        |
| Factor de Rigidez del Suelo (Numeral 4.1 ASTM A796)   | [ k ]                    | 0.22       |                        |
| Modulo de Elasticidad (Numeral 4.1 ASTM A796)         | [ E ]                    | 29,000,000 | lb/plg <sup>2</sup>    |
| Calibre                                               | USG                      | 14         |                        |
| Espesor de Lamina Seleccionado                        | [ e ]                    | 0.0790     | pulg                   |
| Area de la Sección (Tabla 5 ASTM A796)                | [ A ]                    | 1.113      | pulg <sup>2</sup> /ft  |
| Inercia de la Sección (Tabla 5 ASTM A796)             | [ I ]                    | 0.010883   | pulg <sup>4</sup> /plg |
| Radio de Giro de la Sección (Tabla 5 ASTM A796)       | [ r ]                    | 0.3427     | pulg                   |
| Numero de Pernos por Pie seleccionado para la Tuberia | [ #pernos ]              | 8.0        | pernos/ft              |
| Tipo de Pernos                                        |                          | A 307      |                        |
| Diametro de los pernos                                | [ Φ ]                    | 0.50       | pulg                   |
| Limite de Tension del Perno                           | [ f <sub>y perno</sub> ] | 24,000     | lb/plg <sup>2</sup>    |
| Limite de Fluencia del Perno                          | [ f <sub>u perno</sub> ] | 45,000     | lb/plg <sup>2</sup>    |



#### Calculos

##### 1. Chequeo del Relleno Mínimo según Numeral 11.1 Norma ASTM A 796

|                                                                                                                                                |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| Relacion para el calculo del Relleno Mínimo $[(AL \times d) / (E \times I)]^{1/2}$                                                             | 0.36  |       |
| si $0.23 \leq [(AL \times d) / (E \times I)]^{1/2} \leq 0.45$ ; entonces $H_{min} = 0.55 \times s \times [(AL \times d) / (E \times I)]^{1/2}$ | SI    | 18.16 |
| si $[(AL \times d) / (E \times I)]^{1/2} \leq 0.23$ ; entonces $H_{min} = S/8$                                                                 | NO    | 11.59 |
| si $[(AL \times d) / (E \times I)]^{1/2} \geq 0.45$ ; entonces $H_{min} = S/4$                                                                 | NO    | 23.19 |
| $[ H_{min} ]$                                                                                                                                  | 18.16 | plg   |
| Nota: Se recomienda que en ningún caso el relleno sobre la corona del tubo sea inferior a 2 ft (24 plg)                                        | OK    |       |

##### 2. Chequeo del Area Requerida de Pared según Numeral 8.1.1 Norma ASTM A796

|                                                         |        |        |                      |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|----------------------|
| Carga Muerta [EL] = H x W                               | [ EL ] | 984    | lb/ft <sup>2</sup>   |
| Impacto                                                 |        | 0%     | %                    |
| Carga de la Rueda                                       |        | 20,000 | Lb                   |
| Ancho del Area de Contacto W                            |        | 22     | plg                  |
| Longitud del Area de Contacto L                         |        | 9      | plg                  |
| Distancia entre Ruedas                                  |        | 72     | plg                  |
| Profundidad de Interseccion de Presiones h'             |        | 28     | plg                  |
| Presion por Carga Viva (incluido impacto)               | [ LL ] | 119    | lb/ft <sup>2</sup>   |
| Presion Total de Diseño [P] = EL + LL                   | [ P ]  | 1,103  | lb/ft <sup>2</sup>   |
| Compresion Anular [T] = (PxS)/2                         | [ T ]  | 4,265  | lb/ft                |
| Area Requerida de Pared [A] = (T x FS) / f <sub>y</sub> |        | 0.26   | plg <sup>2</sup> /ft |
| Area Requerida ≤ Area del calibre Seleccionado?         | SI     | CUMPLE |                      |

##### 3. Chequeo del Esfuerzo por Pandeo según Numeral 8.1.2 Norma ASTM A796

|                                                                                                                  |        |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|
| Relacion para Calculo de f <sub>c</sub> : $(r/k) \times (24E/f_u)^{1/2}$                                         | 193.73 |                     |
| el resultado de la relacion es mayor que s?                                                                      | SI     |                     |
| Si es MAYOR que "s" → Esfuerzo Admisible [fc] = f <sub>u</sub> - $(f_u^2/48 \times E) \times (k \times s / r)^2$ |        |                     |
| Si es MENOR que "s" → Esfuerzo Admisible [fc] = $12 \times E / (k \times s / r)^2$                               |        |                     |
| $[ f_c ]$                                                                                                        | 39,842 | lb/plg <sup>2</sup> |
| $f_c \leq f_y$ ?                                                                                                 | NO     |                     |
| Para efectos de Calculo se toma el menor valor como admisible                                                    | 33,000 | lb/plg <sup>2</sup> |
| Factor de Seguridad [ FS ]                                                                                       | 2.00   |                     |
| Esfuerzo Axial = (T / A) x FS                                                                                    | 7,664  | lb/plg <sup>2</sup> |
| Esfuerzo Axial ≤ Esfuerzo Admisible?                                                                             | SI     | CUMPLE              |

##### 4. Chequeo de la Resistencia en la Costura segun Numeral 8.1.3 Norma ASTM A796

|                                          |                     |
|------------------------------------------|---------------------|
| Factor de Seguridad en la Costura [ FS ] | 3,00                |
| Esfuerzo en la Costura [SS] = T x FS     | [ SS ] 12.794 lb/ft |

##### 4.1 Carga de Falla por Presión de Contacto entre el Vástago del Perno y la Lámina

|                                                                                                                       |        |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|
| Carga de Falla por Contacto = $0.75 \times e \times \Phi \times 3 \times f_{u \text{ perno}} \times \# \text{pernos}$ | 31,995 | lb/ft |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|

##### 4.2 Carga de Falla por Corte del Perno

|                                                                                                             |             |        |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|------------------|
| Area del Perno = $\pi \Phi^2 / 4$                                                                           | [ A_perno ] | 0.1963 | plg <sup>2</sup> |
| Carga de Falla por Corte = $0.75 \times A_{\text{perno}} \times f_y \text{ pernos} \times \# \text{pernos}$ |             | 28,274 | lb/ft            |

Nota: La Tubería Metálica Corrugada objeto de este diseño se ensambla mediante pernos, y no mediante remaches razón por la cual la capacidad última en la costura se calcula seleccionando el menor valor entre la Carga de Falla por Contacto entre el Vástago del Tornillo y la Lámina, y la Carga de Falla por Corte del Perno, de acuerdo a la metodología establecida en el LRFD Specification for Structural Steel Buildings del American Institute of Steel Construction (AISI); puesto que el procedimiento de diseño de la ASTM A796 establece en la Tabla 5 un valor determinado de capacidad última de la costura pero asumiendo que se ensambla mediante remaches.

|                                                                |        |        |
|----------------------------------------------------------------|--------|--------|
| Capacidad Ultima en la Costura                                 | 28,274 | lb/ft  |
| Esfuerzo en la Costura [SS] ≤ Capacidad Ultima en la Costura ? | SI     | CUMPLE |

##### 5. Chequeo de la Rigidez segun Numeral 10 Norma ASTM A796

|                                                                              |        |        |        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Factor de Flexibilidad de la Estructura [ FF ] = $s^3 / (E \times I)$        | [ FF ] | 0.027  | plg/lb |
| METODO DE INSTALACION                                                        | ZANJA  |        |        |
| Factor de Flexibilidad Admisible (Numeral 10.2 y 10.3 ASTM A796)             |        | 0.060  | plg/lb |
| Factor de Flexibilidad de la Estructura ≤ Factor de Flexibilidad Admisible ? | SI     | CUMPLE |        |

##### 6. Chequeo de la Deflexión según Buried Flexible Steel Pipe Design and Structural Analysis, American Society of Civil Engineers

|                                                      |             |                        |
|------------------------------------------------------|-------------|------------------------|
| W (Carga sobre la Tubería)                           | 552         | lb/plg                 |
| DI (Factor de Rezago)                                | 1.5         |                        |
| K (Constante de Cámara)                              | 0.11        |                        |
| E (Modulo de Elasticidad del Material de la Tubería) | 29,000,000  | psi                    |
| R (Radio de la Tubería)                              | 46          | plg                    |
| I (Inercia de la Seccion Transversal de la Tubería)  | 0.010883    | pulg <sup>4</sup> /plg |
| E' (Soil Stiffness Factor E'=eR)                     | 2000        | psi                    |
| Delta X                                              | 0.727351869 | plg                    |
| % Delta X                                            | 0.78%       | %                      |
| P (Presion sobre la Tubería)                         | 8           | psi                    |
| % Delta Y                                            | 0.61%       | %                      |
| % Deflexion ≤ 5% ?                                   | SI          | CUMPLE                 |