


MANUAL DE INGENIERÍA DE DISEÑO
VOLUMEN 18-I
GUÍA DE INGENIERÍA

PDVSA N°	TITULO
90615.1.009	FUNDACIONES PARA PÓRTICOS SOPORTES DE TUBERÍAS

2	DIC.04	Revisión General	9	J.M.	L.T.	E.V.
1	ABR.91	APROBADA	9			J.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	PAG.	REV.	APROB.	APROB.
APROB. Luis Tovar		FECHA DIC.04	APROB. Ernesto Valery		FECHA DIC.04	

	GUÍA DE INGENIERÍA FUNDACIONES PARA PÓRTICOS SOPORTES DE TUBERÍAS		PDVSA 90615.1.009
	REVISION 2	FECHA DIC.04	
	Página 1		

[.Menú Principal](#)


[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

Índice

1	ALCANCE	2
2	REFERENCIAS	2
	2.1 Especificaciones de Ingeniería PDVSA	2
	2.2 Guías de Ingeniería PDVSA	2
	2.3 Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)	2
	2.4 American Concrete Institute (ACI)	2
	2.5 American Institute of Steel Construction (AISC)	2
3	INFORMACIÓN REQUERIDA	3
4	EJEMPLO 1	3
	4.1 Datos de Diseño	3
	4.2 Cálculos de Diseño	4

	GUÍA DE INGENIERÍA FUNDACIONES PARA PÓRTICOS SOPORTES DE TUBERÍAS		PDVSA 90615.1.009
	REVISION 2	FECHA DIC.04	
	Página 2		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

1 ALCANCE

Esta Guía de Ingeniería presenta los pasos a seguir para el diseño de fundaciones de pórticos soportes de tuberías (pipe rack) según los códigos, especificaciones y normas respectivas.

2 REFERENCIAS

2.1 *Especificaciones de Ingeniería PDVSA*

A-211	Concreto – Materiales y Construcción
A-213	Bonding and Grouting
A-251	Diseño de Concreto Bajo Tierra
AI-211	Site Clearance and Genarl Earthwork
AK-211	Earthwork – Excavation & Backfill
JA-221	Diseño Sismorresistente de Instalaciones Industriales.
JA-222	Diseño Sismorresistente de Recipientes y Estructuras
JA-251	Estructura de Concreto Reforzado – Diseño
JA-252	Diseño de Fundaciones

2.2 *Guías de Ingeniería PDVSA*

0602.1.585	Diseño de Pórticos para Soporte de Tuberías
----------------------------	---

2.3 *Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)*

COVENIN 1618	Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites
COVENIN 1753	Estructuras de Concreto Armado para Edificios, Análisis y Diseño
COVENIN 1756	Edificaciones Sismorresistentes
COVENIN 2003	Acciones de Viento sobre las Construcciones.

2.4 *American Concrete Institute (ACI)*

318	Building Code Requirements for Structural Concrete.
-----	---

2.5 *American Institute of Steel Construction (AISC)*

LFRD	Manual of Steel Construction. Load & Resistance Factor Design
ASD	Manual of Steel Construction. Allowable Stress Design.

3 INFORMACIÓN REQUERIDA

El ingeniero estructural deberá verificar los siguientes datos:

- 3.1** Carga de tubería y fuerza de fricción por expansión térmica
- 3.2** Orientación de la fundación
- 3.3** Separación máxima entre arriostramiento longitudinal de 90m (90000 mm).
- 3.4** Tamaño, número, tipo, proyección y distancia mínima al borde, para pernos de anclaje.
- 3.5** Interferencia de barra de refuerzo con barra de refuerzo, con pernos de anclaje y con accesorios.
- 3.6** Interferencia entre fundaciones y tuberías enterradas.

4 EJEMPLO 1

A continuación se presenta un ejemplo y un método para el diseño de fundaciones de un pórtico.

4.1 Datos de Diseño

Peso Unitario del Suelo	= 1.760 kg/m ³
Presión Permisible del Suelo	= 1 kg/cm ²
C.M. + tubo vacío	= 0,005 kg/cm ²
C.M. + tubo lleno	= 0,02 kg/cm ²
Presión Básica de Viento	= 0,01 kg/cm ²
Separación entre Pórticos	= 500 cm
Peso Unitario del Concreto	= 2400 kg/m ³
Resistencia a la Compresión del Concreto	= 211 kg/cm ²
Esfuerzo de Cedencia del Acero	= 2812 kg/cm ²

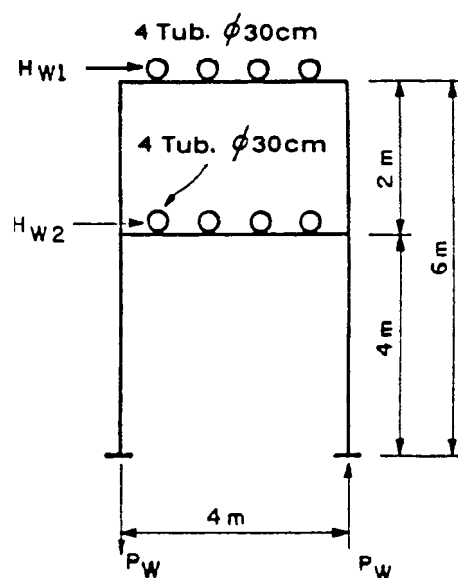



FIGURA 1

Para geometría del pórtico, ver Figura 1

	GUÍA DE INGENIERÍA FUNDACIONES PARA PÓRTICOS SOPORTES DE TUBERÍAS		PDVSA 90615.1.009
	REVISION 2	FECHA DIC.04	
	Página 4		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

4.2 Cálculos de Diseño

$$(C.M. + tubos vacíos)/columna = 2(0,005 \times 500 \times 200) = 1000 \text{ kg.}$$

$$(C.M. + peso de tubos llenos)/col. = 2(0,025 \times 500 \times 200) = 5000 \text{ kg.}$$

Cargas de Viento (Método alterno). Este método es un cálculo simplificado que da resultados muy aproximados. Para un diseño más detallado se deberá usar el método indicado en la Guía de Ingeniería de Diseño PDVSA–[0602.1.585](#).

$$H_{w1} = 0,6 \times 0,01 \times 30 \times 500 \times 2,53 (\Sigma m)$$

$$H_{w1} = 228 \text{ kg}$$

Σm = Función del número de tubos (Ver [tabla 1](#))

$$H_{w2} = 0,6 \times 0,01 \times 25 \times 500 \times 2,53 (\Sigma m)$$

$$= 190 \text{ kg.}$$

$$H_{w1} + H_{w2} = 418 \text{ kg}$$

$$P_w = \pm (228 \times 6 + 190 \times 4) 1/4 = \pm 532 \text{ kg}$$

Probar zapata de 1 m x 1 m x 30 cm con pedestal de 35 cm x 35 cm x 1 m.

Peso = base \pm pedestal \pm relleno

$$\text{Peso} = 100 \times 100 \times 30 \times 0,0024 + 35 \times 35 \times 100 \times 0,0024 + (100 \times 100 - 35 \times 35) \times 70 \times 0,00176 = 2095 \text{ kg.}$$

Chequeo de Estabilidad

(CM + tubos vacíos + viento)

$$P = 1000 - 532 + 2095 = 2563$$

$$M_o = (228 + 190) \times 1,3 = 543,4 \text{ kg-m (en la base de la zapata)}$$

$$M_r = 2563 \times 0,5 \text{ m} = 1281,5 \text{ kg-m}$$

$$S_r = \frac{1281,5}{543,4} = 2,36 > 1,5 \text{ (correcto)}$$

Chequeo de la Presión de Suelo (Ver Figura 2)

(CM + tubos llenos + viento)

$$P = 5000 + 532 + 2095 = 7627 \text{ kg}$$

$$M_o = 543,4 \text{ kg-m}$$

$$S = \frac{100 \times 100^2}{6}$$

$$= 166666,67 \text{ cm}^3$$

$$S_p = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S}$$

$$= \frac{7267}{100 \times 100} \pm \frac{54340}{166666,67}$$

$$= 0,76 \pm 0,32$$

$$= 1,08 \text{ kg/cm}^2 \text{ (total)}$$

$$1,08 - \frac{(100 \times 100 \times 30 + 70 \times 35 \times 35) 0,176}{100 \times 100} =$$

$$= 1,01 \text{ kg/cm}^2 \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \text{ correcto (neto)}$$

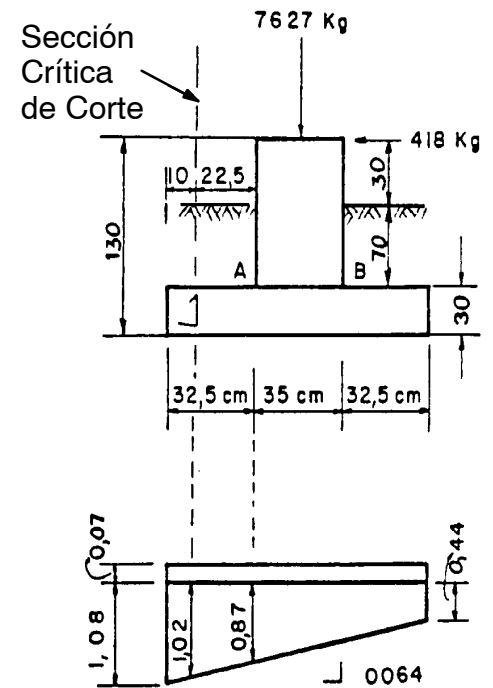


FIGURA 2

Refuerzo – Acero inferior en zapata

(CM + tubos llenos + viento)

$$d = 30 - 7,5 = 22,5 \text{ cm}$$

$$M_a = \frac{0,87 \times (32,5)^2}{2} + \frac{0,21 \times (32,5)^2}{3} - \frac{0,07 \times (32,5)^2}{2}$$

$$= 496,4 \text{ kg cm/cm}$$

$$= 496,4 \text{ kg m/m}$$

$$M_u = 1,3 \times 496,4 = 645 \text{ kg - m/m}$$

$$F = \frac{100 \times (22,5)^2}{100} = 506,25$$

$$K_u = 645/506,25 = 1,27$$

$$1,27 = \phi f'c.w (1 - 0,59 w)$$

$$1,27 = 0,9 \times 211 w (1 - 0,59 w)$$

$$= 189,9 w - 112,04 w^2$$

$$112,04 w^2 - 189,9 w + 1,27 = 0$$

$$w = \frac{189,9 \pm \sqrt{(189,9)^2 - 4 \times 112,04 \times 1,27}}{2 \times 112,04}$$

$$= \frac{189,9 - 188,40}{2 \times 112,04} = 0,007 \text{ tomar } w = 0,020$$

$$a_u = \emptyset f_y (1 - 0,59 w) / 100$$

$$= 0,9 \times 2812 (1 - 0,59 \times 0,02) / 100$$

$$= 25,0$$

$$A_s = \frac{M_u}{a_u \cdot d}$$

$$= \frac{560}{25 \times 22,5} = 1,0 \text{ cm}^2/\text{m} = 0,01 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$A_s \text{ Mínimo} = 0,002 \times 1 \times 22,5 = 0,05 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Usar barras de acero # 5

$$\text{Separación} = \frac{2}{0,05} \times 1 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$$

Usar barras de acero # 5 c/30 cm en ambos sentidos – inferior

Verificación del corte

Corte en viga (CM + tubos llenos + viento)

$$V_u = 1,3 \left[\frac{(1,08 + 0,02)}{2} - 0,07 \right] \times 10 \times 100 = 1274 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1274}{0,85 \times 100 \times 22,5}$$

$$= 0,67 \text{ kg/cm}^2 < 1,33 \times 0,53 \sqrt{f'c} = 10,24 \text{ kg/cm}^2 \text{ (correcto)}$$

Verificación del Punzonado (Ver Figura 3)

(CM + tubos llenos + viento)

$$V_u = 1,3 \left[\frac{(1,08 + 0,44)}{2} - 0,07 \right] \times (100 \times 100 - 57,5 \times 57,5)^{1,25} \text{ cm}$$

$$V_u = 1,3 (0,69) \times (6693,75) = 6004,6 \text{ kg}$$

$$b = 4 (57,5) = 230$$

$$V_u = \frac{6004}{0,85 \times 230 \times 22,5} = 1,37 \text{ kg/cm}^2 < 1,33 \times 1,06 \sqrt{f'c} = 20,48 \text{ kg/cm}^2 \text{ (correcto)}$$

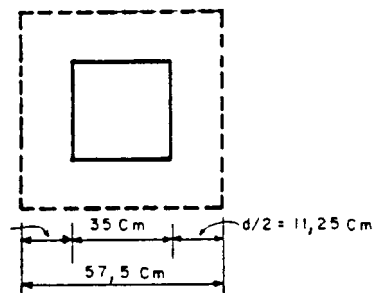



FIGURA 3

Refuerzo en Pedestal

(CM + tubos llenos + viento)

	GUÍA DE INGENIERÍA FUNDACIONES PARA PÓRTICOS SOPORTES DE TUBERÍAS		PDVSA 90615.1.009
	REVISION 2	FECHA DIC.04	
	Página 7		

[.Menú Principal](#)

[Índice manual](#)

[Índice volumen](#)

[Índice norma](#)

$$M = 418 \times 1,0 = 418 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 1,3 \times 418 = 543,4 \text{ kg-m}$$

$$F = \frac{35 \times 30^2}{100} = 315$$

$$K_u = \frac{543,4}{315} = 1,73$$

Tomar $a_u = 25$

$$A_s = \frac{M_u}{a_u d}$$

$$A_s = \frac{543,4}{25 \times 30}$$

$$= 0,72 \text{ cm}^2/\text{cara}$$

$$A_s \text{ mínimo} = 0,005 \times 35 \times 35 = 6,13 \text{ cm}^2$$

Usar 4 barras de refuerzo # 6 (2 en cada cara)

Pernos de anclaje

$$\text{Corte por perno} = (228 + 190) \frac{1}{2} = 209 \text{ kg}$$

$$A_{total} = \frac{209}{1050}; \quad F_v = 1050 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,20 \text{ cm}^2$$

Usar 2 pernos de anclaje Ø 5/8"

Verificación de la Longitud de desarrollo

$$L_d = \frac{0,0594 A_b f_y}{\sqrt{f'c}} \quad (\text{ACI 318-77 Sec. 12.2.2})$$

$$L_d = \frac{0,0594 \times 2 \times 2812}{\sqrt{211}}$$

$$= 23 \text{ cm}$$

$$L_d = 0,00569 d_b f_y \text{ ó } 30 \text{ cm}$$

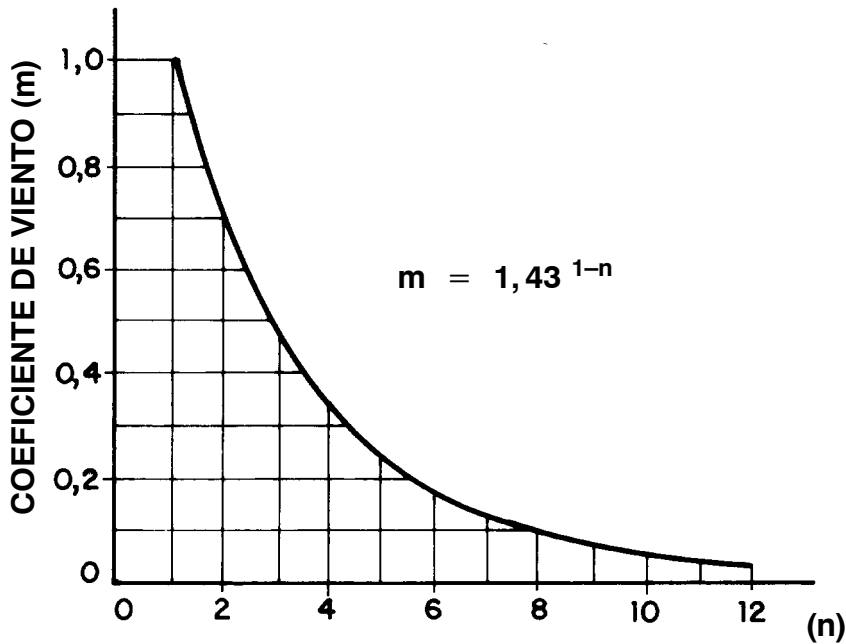
$$= 0,00569 \times 1,588 \times 2812$$

$$= 25,4 \text{ cm}$$

La longitud mínima de desarrollo es de 30 cm.

Se adopta una longitud de desarrollo = 32,5 cm.

TABLA 1.



(n) Nº de Tuberías	m	Σ m
1	1,00	1,00
2	0,70	1,70
3	0,49	2,19
4	0,34	2,53
5	0,24	2,77
6	0,17	2,94
7	0,12	3,06
8	0,08	3,14
9	0,06	3,20
10	0,04	3,24
11	0,03	3,27
12	0,02	3,29

Use $\Sigma m = 3,3$ para $n > 12$

$$W_p = C_D \cdot q \cdot d \cdot \Sigma m = 0,8 p \cdot d \cdot \Sigma m$$

W_p = Carga total por viento sobre las tuberías, (lbs / pie)

C_D = Coeficiente de Arrastre

q = Presión de Velocidad = $p/13$, (lb / pie²).

p = Presión de diseño del viento sobre superficies planas, (lbs / pie²).

m = Función del número de tuberías.

d = Diámetro promedio de las tuberías, (pies).

FIGURA 4 GRAFICO DE COEFICIENTES DE VIENTOS

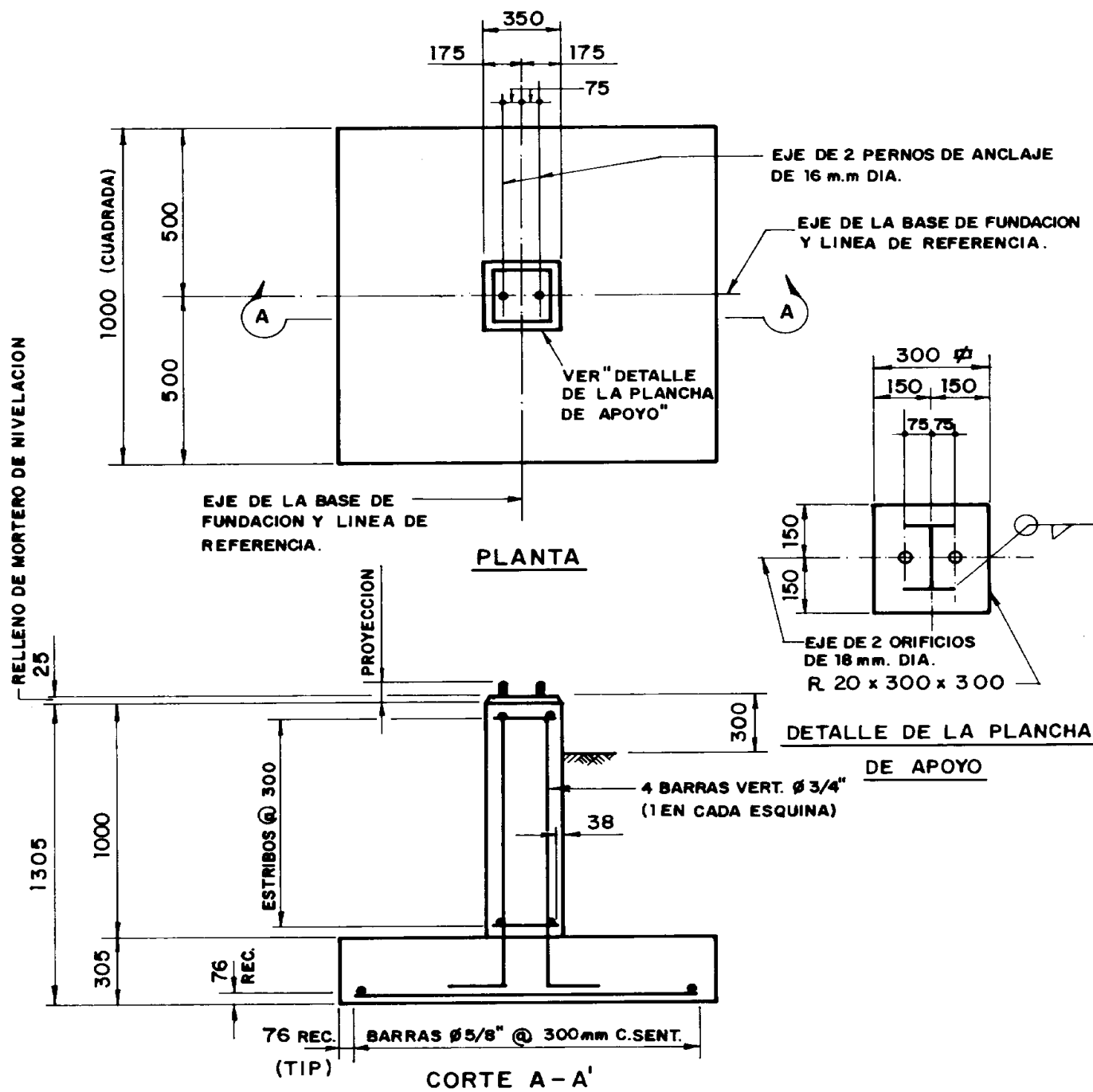
[.Menú Principal](#)
[Indice manual](#)
[Indice volumen](#)
[Indice norma](#)


FIGURA 5. PLANTA Y CORTE DEL PEDESTAL