

**MEMORIA DE CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE
RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO
ESTACIÓN 20 DE JULIO**

1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE NETA

Suelo de fundación: Arcilla de consistencia firme
Profundidad de apoyo mínima (m): 1.27

$$q_{adm} = \frac{q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma}{FS}$$

Esfuerzo efectivo, q (kN/m²) 26.16
Nq 19.26 Para $\phi = 30.4$

$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi')}$$

Ny 23.77

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \tan \phi$$

γ (kN/m³) 20.60
q (kN/m²) 13.46
Bd (m) 1.33
Factor de seguridad, FS 3.00

Se obtiene un valor de:

$$q_{adm} = 195.0 \text{ kN/m}^2 = 19.5 \text{ Ton/m}^2$$

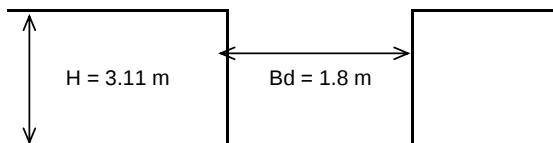
2. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD POR FALLA DE FONDO

El factor de seguridad por falla de fondo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$FS = \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{5.7c}{\gamma - \frac{c}{0.7B_d}} \right)$$

Donde:

H: Profundidad máxima de excavación = 3.11 m
Cu: Resistencia al corte no drenada = 123.20 kN/m²
Bd: Ancho de excavación = 1.80 m
 γ = 20.60 kN/m³



FS = 11.5 > 1.5 OK

3. CÁLCULO DE LA ALTURA CRÍTICA DE EXCAVACIONES PARA TUBERÍAS

La altura crítica se calcula en la condición más crítica: $\phi = 0^\circ$ y $K_a = 1$, teniendo en cuenta un FS = 1.5 :

$$z_c = \frac{2 \cdot Cu}{FS \cdot \gamma} = 7.97 \text{ m}$$

Por lo tanto, la primera línea de codales deberá estar colocada a una altura inferior a la crítica.

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO
ESTACIÓN 20 DE JULIO

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

$\phi (^{\circ}) =$	30
$k =$	0.333
$\mu =$	0.577

$\phi (\text{rad}) =$	0.524
$\gamma (\text{KN/m}^3) =$	20.0

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
PZ6	PZ4	38.74	24	0.73	2611.90	2.28	1.33	1.26	24.34	ZANJA
PZ4	PZ11-6	54.97	24	0.73	2611.13	1.97	1.33	1.13	21.90	ZANJA
PZ11-6	PZ7	7.60	24	0.73	2610.03	1.42	1.33	0.88	16.99	ZANJA
PZ7	117577	29.84	24	0.73	2609.95	1.87	1.33	1.09	21.07	ZANJA
PZ8	PZ7	6.02	10	0.27	2610.04	1.40	1.00	5.19	7.56	ZANJA
PZ9	PZ10	21.39	10	0.27	2611.12	1.00	1.00	3.70	5.40	ZANJA
PZ10	117576	8.20	10	0.27	2610.82	0.90	1.00	3.33	4.86	ZANJA
SUMIDEROS										
S1	PZ4	6.20	10	0.27	2612.05	1.17	1.00	4.28	6.39	ZANJA
S2	117578	7.50	10	0.27	2609.68	1.19	1.00	4.36	6.50	ZANJA
S3	PZ9	4.00	10	0.27	2611.13	1.07	1.00	3.92	5.85	ZANJA
S4	PZ9	5.90	10	0.27	2611.17	1.07	1.00	3.92	5.85	ZANJA
S5	PZ10	5.60	10	0.27	2610.64	1.19	1.00	4.36	6.50	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot l_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80
If =	1.2
	1.1
	1.0

Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m

Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m

Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
PZ6	PZ4	38.74	24	0.73	2.28	1.33	4.49	4.24	5.45	14.68
PZ4	PZ11-6	54.97	24	0.73	1.97	1.33	3.95	3.70	4.91	16.31
PZ11-6	PZ7	7.60	24	0.73	1.42	1.33	2.99	2.74	3.94	20.29
PZ7	117577	29.84	24	0.73	1.87	1.33	3.77	3.52	4.73	16.91
PZ8	PZ7	6.02	10	0.27	1.40	1.00	2.95	2.70	3.30	24.21
PZ9	PZ10	21.39	10	0.27	1.00	1.00	2.25	2.00	2.60	30.72

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO
ESTACIÓN 20 DE JULIO

PZ10	117576	8.20	10	0.27	0.90	1.00	2.08	1.83	2.43	36.22
SUMIDEROS										
S1	PZ4	6.20	10	0.27	1.17	1.00	2.55	2.30	2.91	27.53
S2	117578	7.50	10	0.27	1.19	1.00	2.58	2.33	2.94	27.20
S3	PZ9	4.00	10	0.27	1.07	1.00	2.37	2.12	2.73	29.29
S4	PZ9	5.90	10	0.27	1.07	1.00	2.37	2.12	2.73	29.29
S5	PZ10	5.60	10	0.27	1.19	1.00	2.58	2.33	2.94	27.20

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

- $\Delta y / Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería
 Δy = Deflexión (m)
 Bc = Diámetro exterior de la tubería (m)
 D_L = Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
 K = Factor de soporte
 W = Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m)
 $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
 EI = Rigidez de la pared de la tubería
 E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
 I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm⁴)
 E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)
 $E' = Sc \cdot E'b$
 Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
 $E'b$: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ³) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ³) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	14937	Según el perfil geotécnico de la Estación 20 de Julio

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E' b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
PZ6	PZ4	38.74	0.73	1.33	39.03	0.100	11000	1.11	12210	0.76
PZ4	PZ11-6	54.97	0.73	1.33	38.21	0.100	11000	1.11	12210	0.74
PZ11-6	PZ7	7.60	0.73	1.33	37.28	0.100	11000	1.11	12210	0.72
PZ7	117577	29.84	0.73	1.33	37.98	0.100	11000	1.11	12210	0.74
PZ8	PZ7	6.02	0.27	1.00	31.77	0.100	11000	1.00	11053	0.65
PZ9	PZ10	21.39	0.27	1.00	36.12	0.100	11000	1.00	11053	0.74
PZ10	117576	8.20	0.27	1.00	41.08	0.100	11000	1.00	11053	0.84
SUMIDEROS										
S1	PZ4	6.20	0.27	1.00	33.92	0.100	11000	1.01	11059	0.69
S2	117578	7.50	0.27	1.00	33.70	0.100	11000	1.01	11059	0.69
S3	PZ9	4.00	0.27	1.00	35.14	0.100	11000	1.01	11059	0.72
S4	PZ9	5.90	0.27	1.00	35.14	0.100	11000	1.01	11059	0.72
S5	PZ10	5.60	0.27	1.00	33.70	0.100	11000	1.01	11059	0.69

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO
ESTACIÓN 20 DE JULIO

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad

FS = 2.5 para Hc/D ≥ 2

FS = 3.0 para Hc/D < 2

Rw = Factor de flotación del agua

Rw = 1 - 0.33(Hw/Hc) para 0 ≤ Hw ≤ H

Rw = 1 para Hw > H

Hw = Altura de agua sobre la cota clave (m)

B' = Coeficiente empírico de soporte elástico

B' = (1 + 4e^(-0.213 Hc))⁻¹

Hc = Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D ³ (KN/m ³) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D ³ (KN/m ³) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	3.70	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q _{aadm} (KPa)
PZ6	PZ4	38.74	0.73	2.28	1.33	39.03	2.5	1.0	0.29	257.52
PZ4	PZ11-6	54.97	0.73	1.97	1.33	38.21	2.5	1.0	0.28	251.48
PZ11-6	PZ7	7.60	0.73	1.42	1.33	37.28	3.0	1.0	0.25	200.72
PZ7	117577	29.84	0.73	1.87	1.33	37.98	2.5	1.0	0.27	249.54
PZ8	PZ7	6.02	0.27	1.40	1.00	31.77	2.5	1.0	0.25	326.44
PZ9	PZ10	21.39	0.27	1.00	1.00	36.12	2.5	1.0	0.24	316.09
PZ10	117576	8.20	0.27	0.90	1.00	41.08	2.5	1.0	0.23	313.52
SUMIDEROS										
S1	PZ4	6.20	0.27	1.17	1.00	33.92	2.5	1.0	0.24	320.57
S2	117578	7.50	0.27	1.19	1.00	33.70	2.5	1.0	0.24	321.09
S3	PZ9	4.00	0.27	1.07	1.00	35.14	2.5	1.0	0.24	317.98
S4	PZ9	5.90	0.27	1.07	1.00	35.14	2.5	1.0	0.24	317.98
S5	PZ10	5.60	0.27	1.19	1.00	33.70	2.5	1.0	0.24	321.09

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_w \cdot h_w + \frac{R_w \cdot W_d}{D} + \frac{W_v}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	q _{aact} (KPa)	q _{aact} ≤ q _{aadm}
PZ6	PZ4	38.74	0.73	2.28	24.34	14.68	53.46	OK
PZ4	PZ11-6	54.97	0.73	1.97	21.90	16.31	52.34	OK
PZ11-6	PZ7	7.60	0.73	1.42	16.99	20.29	51.06	OK
PZ7	117577	29.84	0.73	1.87	21.07	16.91	52.02	OK
PZ8	PZ7	6.02	0.27	1.40	7.56	24.21	117.67	OK
PZ9	PZ10	21.39	0.27	1.00	5.40	30.72	133.77	OK
PZ10	117576	8.20	0.27	0.90	4.86	36.22	152.16	OK
SUMIDEROS								
S1	PZ4	6.20	0.27	1.17	6.39	27.53	124.16	OK
S2	117578	7.50	0.27	1.19	6.50	27.20	123.36	OK
S3	PZ9	4.00	0.27	1.07	5.85	29.29	128.62	OK
S4	PZ9	5.90	0.27	1.07	5.85	29.29	128.62	OK
S5	PZ10	5.60	0.27	1.19	6.50	27.20	123.36	OK

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO
ESTACIÓN 20 DE JULIO

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c , se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
 B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
 A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC $\sigma_{c \text{ máx}} = 67500 \text{ KN/m}^2$

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ_c (KPa)	$\sigma_c < \sigma_{c \text{ máx}}$
PZ6	PZ4	24	0.73	39.03	34.03	OK
PZ4	PZ11-6	24	0.73	38.21	33.32	OK
PZ11-6	PZ7	24	0.73	37.28	32.51	OK
PZ7	117577	24	0.73	37.98	33.12	OK
PZ8	PZ7	10	0.27	31.77	74.91	OK
PZ9	PZ10	10	0.27	36.12	85.16	OK
PZ10	117576	10	0.27	41.08	96.87	OK
SUMIDEROS						
S1	PZ4	10	0.27	33.92	79.04	OK
S2	117578	10	0.27	33.70	78.54	OK
S3	PZ9	10	0.27	35.14	81.88	OK
S4	PZ9	10	0.27	35.14	81.88	OK
S5	PZ10	10	0.27	33.70	78.54	OK

5. Entibados

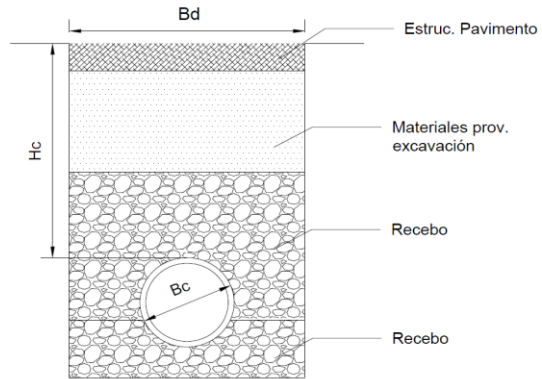
Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo de	Pozo a	Hc (m)	Prof Excavación (m)	Cárcamo	Entibado
PZ6	PZ4	2.28	3.11	NO	E2
PZ4	PZ11-6	1.97	2.80	NO	E1
PZ11-6	PZ7	1.42	2.25	NO	E1
PZ7	117577	1.87	2.70	NO	E1
PZ8	PZ7	1.40	1.77	NO	E1
PZ9	PZ10	1.00	1.37	NO	E1
PZ10	117576	0.90	1.27	NO	E1
SUMIDEROS					
S1	PZ4	1.17	1.54	NO	E1
S2	117578	1.19	1.56	NO	E1
S3	PZ9	1.07	1.44	NO	E1
S4	PZ9	1.07	1.44	NO	E1
S5	PZ10	1.19	1.56	NO	E1

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO
ESTACIÓN 20 DE JULIO

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof. Excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
PZ6	PZ4	0.73	1.33	2.28	3.11	0.15	0.44	0.59	1.43	0.50
PZ4	PZ11-6	0.73	1.33	1.97	2.90	0.15	0.44	0.59	1.12	0.50
PZ11-6	PZ7	0.73	1.33	1.42	2.25	0.15	0.44	0.59	0.57	0.50
PZ7	117577	0.73	1.33	1.87	2.70	0.15	0.44	0.59	1.02	0.50
PZ8	PZ7	0.27	1.00	1.40	1.77	0.10	0.16	0.41	0.60	0.50
PZ9	PZ10	0.27	1.00	1.00	1.37	0.10	0.16	0.41	0.20	0.50
PZ10	117576	0.27	1.00	0.90	1.27	0.10	0.16	0.41	0.10	0.50
SUMIDEROS										
S1	PZ4	0.27	1.00	1.17	1.54	0.10	0.16	0.41	0.37	0.50
S2	117578	0.27	1.00	1.19	1.56	0.10	0.16	0.41	0.39	0.50
S3	PZ9	0.27	1.00	1.07	1.44	0.10	0.16	0.41	0.27	0.50
S4	PZ9	0.27	1.00	1.07	1.44	0.10	0.16	0.41	0.27	0.50
S5	PZ10	0.27	1.00	1.19	1.56	0.10	0.16	0.41	0.39	0.50

**MEMORIA DE CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE
RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA**

1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE NETA

Suelo de fundación: Arcilla de consistencia firme
Profundidad de apoyo mínima (m): 1.37

$$q_{adm} = \frac{C \cdot N_c + q \cdot N_q}{FS}$$

Resistencia al corte no drenado, C (kN/m ²):	61.70	
Factor de capacidad de carga, N _c	5.70	
Esfuerzo efectivo, q (kN/m ²)	26.58	
N _q	1.00	cuando $\phi = 0$
Factor de seguridad, FS	3.00	

Se obtiene un valor de:

$$q_{adm} = 126.1 \text{ kN/m}^2 = 12.6 \text{ Ton/m}^2$$

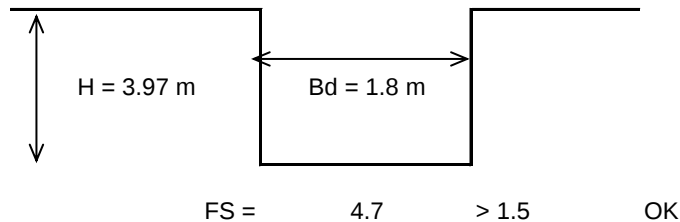
2. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD POR FALLA DE FONDO

El factor de seguridad por falla de fondo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$FS = \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{5.7c}{\gamma - \frac{c}{0.7B_d}} \right)$$

Donde:

H:	Profundidad máxima de excavación =	3.97	m
Cu:	Resistencia al corte no drenada =	61.70	Ton/m ²
Bd:	Ancho de excavación =	1.80	m
γ =	19.40	Ton/m ³	



3. CÁLCULO DE LA ALTURA CRÍTICA DE EXCAVACIONES PARA TUBERÍAS

La altura crítica se calcula en la condición más crítica: $\phi = 0^\circ$ y $K_a = 1$, teniendo en cuenta un FS = 1.5 :

$$z_c = \frac{2 \cdot Cu}{FS \cdot \gamma} = 2.12 \text{ m}$$

Por lo tanto, la primera línea de codales deberá estar colocada a una altura inferior a la crítica.

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2.k.\mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2.k.\mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

$\phi (^{\circ}) =$	30
$k =$	0.333
$\mu =$	0.577

$\phi \text{ (rad)} =$	0.524
$\gamma \text{ (KN/m}^3\text{)} =$	20.0

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
130362	130317A	39.63	8	0.27	2738.53	2.85	1.00	10.43	15.57	ZANJA
130317A	130317	70.36	8	0.27	2734.93	2.96	1.00	10.83	16.17	ZANJA
VICS-141	79879	55.38	8	0.27	2743.50	2.20	1.00	8.05	12.02	ZANJA
79879	130362	49.85	8	0.27	2739.62	1.92	1.00	7.03	10.49	ZANJA
79879	130234	51.12	8	0.27	2740.08	1.46	1.00	5.34	7.98	ZANJA
130234	VICS-130A	54.91	10	0.32	2737.63	2.66	1.00	8.21	17.24	ZANJA
VICS-130A	130178	55.40	10	0.32	2732.67	1.99	1.00	6.14	12.90	ZANJA
130178	VICS-132	48.08	10	0.32	2727.21	2.02	1.00	6.23	13.09	ZANJA
130317	130251	50.83	8	0.27	2729.44	1.64	1.00	6.00	8.96	ZANJA
130178	130251	50.10	8	0.27	2727.89	1.80	1.00	6.59	9.84	ZANJA
PVA-01	PVA-02	6.14	8	0.27	2728.85	1.86	1.00	6.81	10.16	ZANJA
PVA-02	130251	11.23	8	0.27	2728.05	1.46	1.00	5.34	7.98	ZANJA
PV-01	PV-02	10.09	12	0.32	2735.40	2.29	1.00	7.07	14.84	ZANJA
PV-02	125889	14.58	12	0.32	2735.25	2.29	1.00	7.07	14.84	ZANJA
125889	125890	53.53	12	0.32	2734.05	2.35	1.00	7.25	15.23	ZANJA
78120	77975	50.07	36	1.07	2739.41	2.77	1.80	1.16	44.52	ZANJA
77975	77724	50.46	36	1.07	2738.83	2.80	1.80	1.17	44.87	ZANJA
78745	77970	51.41	12	0.32	2728.17	1.90	1.00	5.86	12.31	ZANJA
77970	VCP-163	75.95	12	0.32	2726.46	2.59	1.00	7.99	16.78	ZANJA
PV-03	78745	65.15	12	0.32	2733.80	1.37	1.00	4.23	8.88	ZANJA
PV-05	PV-06	28.52	12	0.32	2748.40	1.40	1.00	4.32	9.07	ZANJA
PV-06	79268	9.80	12	0.32	2746.97	1.16	1.00	3.58	7.52	ZANJA
SUMIDEROS										
S31	77724	7.70	10	0.27	2739.82	1.00	1.00	3.66	5.46	ZANJA
S32	77724	9.00	10	0.27	2739.82	1.00	1.00	3.66	5.46	ZANJA
S33	125889	1.50	10	0.27	2735.31	1.12	1.00	4.10	6.12	ZANJA
S34	125889	2.40	10	0.27	2735.31	1.14	1.00	4.17	6.23	ZANJA
S35	125890	16.60	10	0.27	2731.58	1.12	1.00	4.10	6.12	ZANJA
S36	125890	15.80	10	0.27	2731.47	1.14	1.00	4.17	6.23	ZANJA
S37	77724	9.70	10	0.27	2739.90	1.00	1.00	3.66	5.46	ZANJA
S38	77975	6.70	10	0.27	2740.29	1.47	1.00	5.38	8.03	ZANJA
S39	78120	8.00	10	0.27	2739.54	1.01	1.00	3.70	5.52	ZANJA
S46	PV-03	1.50	10	0.27	2734.33	1.70	1.00	6.22	9.29	ZANJA
S47	PV-03	2.00	10	0.27	2734.33	1.70	1.00	6.22	9.29	ZANJA
S48	78745	11.70	10	0.27	2728.87	1.14	1.00	4.17	6.23	ZANJA
S49	78745	12.10	10	0.27	2728.87	1.17	1.00	4.28	6.39	ZANJA
S50	77970	7.30	10	0.27	2728.36	1.13	1.00	4.14	6.17	ZANJA
S51	77970	2.80	10	0.27	2728.03	1.08	1.00	3.95	5.90	ZANJA
S52	77970	9.70	10	0.27	2727.74	1.50	1.00	5.49	8.20	ZANJA
S53	77970	3.60	10	0.27	2727.82	1.30	1.00	4.76	7.10	ZANJA

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_V = \frac{W \cdot l_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3Bc}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) ≈	80	
If ≈	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
130362	130317A	39.63	8	0.27	2.85	1.00	5.49	5.24	5.85	13.88
130317A	130317	70.36	8	0.27	2.96	1.00	5.68	5.43	6.04	13.25
VICS-141	79879	55.38	8	0.27	2.20	1.00	4.35	4.10	4.71	16.99
79879	130362	49.85	8	0.27	1.92	1.00	3.86	3.61	4.22	18.96
79879	130234	51.12	8	0.27	1.46	1.00	3.06	2.81	3.41	23.44
130234	VICS-130A	54.91	10	0.32	2.66	1.00	5.16	4.91	5.58	14.34
VICS-130A	130178	55.40	10	0.32	1.99	1.00	3.98	3.73	4.41	18.15
130178	VICS-132	48.08	10	0.32	2.02	1.00	4.04	3.79	4.46	17.94
130317	130251	50.83	8	0.27	1.64	1.00	3.37	3.12	3.73	21.46
130178	130251	50.10	8	0.27	1.80	1.00	3.65	3.40	4.01	19.96
PVA-01	PVA-02	6.14	8	0.27	1.86	1.00	3.76	3.51	4.11	19.45
PVA-02	130251	11.23	8	0.27	1.46	1.00	3.06	2.81	3.41	23.44
PV-01	PV-02	10.09	12	0.32	2.29	1.00	4.51	4.26	4.93	16.22
PV-02	125889	14.58	12	0.32	2.29	1.00	4.51	4.26	4.93	16.22
125889	125890	53.53	12	0.32	2.35	1.00	4.61	4.36	5.04	15.88
78120	77975	50.07	36	1.07	2.77	1.80	5.35	5.10	6.75	11.86
77975	77724	50.46	36	1.07	2.80	1.80	5.40	5.15	6.80	11.77
78745	77970	51.41	12	0.32	1.90	1.00	3.83	3.58	4.25	18.82
77970	VCP-163	75.95	12	0.32	2.59	1.00	5.03	4.78	5.46	14.66
PV-03	78745	65.15	12	0.32	1.37	1.00	2.90	2.65	3.32	24.08
PV-05	PV-06	28.52	12	0.32	1.40	1.00	2.95	2.70	3.38	23.70
PV-06	79268	9.80	12	0.32	1.16	1.00	2.53	2.28	2.96	27.07
SUMIDEROS										
S31	77724	7.70	10	0.27	1.00	1.00	2.25	2.00	2.61	30.67
S32	77724	9.00	10	0.27	1.00	1.00	2.25	2.00	2.61	30.67
S33	125889	1.50	10	0.27	1.12	1.00	2.46	2.21	2.82	28.38
S34	125889	2.40	10	0.27	1.14	1.00	2.50	2.25	2.85	28.04
S35	125890	16.60	10	0.27	1.12	1.00	2.46	2.21	2.82	28.38
S36	125890	15.80	10	0.27	1.14	1.00	2.50	2.25	2.85	28.04
S37	77724	9.70	10	0.27	1.00	1.00	2.25	2.00	2.61	30.67
S38	77975	6.70	10	0.27	1.47	1.00	3.07	2.82	3.43	23.32
S39	78120	8.00	10	0.27	1.01	1.00	2.27	2.02	2.63	30.46
S46	PV-03	1.50	10	0.27	1.70	1.00	3.48	3.23	3.83	20.87
S47	PV-03	2.00	10	0.27	1.70	1.00	3.48	3.23	3.83	20.87
S48	78745	11.70	10	0.27	1.14	1.00	2.50	2.25	2.85	28.04
S49	78745	12.10	10	0.27	1.17	1.00	2.55	2.30	2.91	27.53
S50	77970	7.30	10	0.27	1.13	1.00	2.48	2.23	2.84	28.21
S51	77970	2.80	10	0.27	1.08	1.00	2.39	2.14	2.75	29.11
S52	77970	9.70	10	0.27	1.50	1.00	3.13	2.88	3.48	22.96
S53	77970	3.60	10	0.27	1.30	1.00	2.78	2.53	3.13	25.53

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería
 Δy = Deflexión (m)
 Bc = Diámetro exterior de la tubería (m)
 D_L = Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
 K = Factor de soporte
 W = Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m)
 $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
 EI = Rigidez de la pared de la tubería
 E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
 I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm⁴)
 E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)
 $E' = Sc \cdot Eb$
 Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
 Eb : Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ³) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ³) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	30850	Según el perfil geotecnico de la Estación La Victoria

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
130362	130317A	39.63	0.27	1.00	29.26	0.100	11000	1.12	12327	0.54
130317A	130317	70.36	0.27	1.00	29.42	0.100	11000	1.12	12327	0.54
VICS-141	79879	55.38	0.27	1.00	29.01	0.100	11000	1.12	12327	0.54
79879	130362	49.85	0.27	1.00	29.45	0.100	11000	1.12	12327	0.54
79879	130234	51.12	0.27	1.00	31.41	0.100	11000	1.12	12327	0.58
130234	VICS-130A	54.91	0.32	1.00	31.57	0.100	11000	1.17	12891	0.56
VICS-130A	130178	55.40	0.32	1.00	31.05	0.100	11000	1.17	12891	0.55
130178	VICS-132	48.08	0.32	1.00	31.03	0.100	11000	1.17	12891	0.55
130317	130251	50.83	0.27	1.00	30.42	0.100	11000	1.12	12327	0.56
130178	130251	50.10	0.27	1.00	29.79	0.100	11000	1.12	12327	0.55
PVA-01	PVA-02	6.14	0.27	1.00	29.61	0.100	11000	1.12	12327	0.55
PVA-02	130251	11.23	0.27	1.00	31.41	0.100	11000	1.12	12327	0.58
PV-01	PV-02	10.09	0.32	1.00	31.06	0.100	11000	1.17	12891	0.55
PV-02	125889	14.58	0.32	1.00	31.06	0.100	11000	1.17	12891	0.55
125889	125890	53.53	0.32	1.00	31.11	0.100	11000	1.17	12891	0.55
78120	77975	50.07	1.07	1.80	56.38	0.100	11000	1.63	17970	0.75
77975	77724	50.46	1.07	1.80	56.64	0.100	11000	1.63	17970	0.75
78745	77970	51.41	0.32	1.00	31.13	0.100	11000	1.17	12891	0.55
77970	VCP-163	75.95	0.32	1.00	31.44	0.100	11000	1.17	12891	0.56
PV-03	78745	65.15	0.32	1.00	32.95	0.100	11000	1.17	12891	0.58
PV-05	PV-06	28.52	0.32	1.00	32.77	0.100	11000	1.17	12891	0.58
PV-06	79268	9.80	0.32	1.00	34.59	0.100	11000	1.17	12891	0.61
SUMIDEROS										
S31	77724	7.70	0.27	1.00	36.13	0.100	11000	1.12	12327	0.67
S32	77724	9.00	0.27	1.00	36.13	0.100	11000	1.12	12327	0.67
S33	125889	1.50	0.27	1.00	34.50	0.100	11000	1.12	12327	0.64
S34	125889	2.40	0.27	1.00	34.26	0.100	11000	1.12	12327	0.63
S35	125890	16.60	0.27	1.00	34.50	0.100	11000	1.12	12327	0.64
S36	125890	15.80	0.27	1.00	34.26	0.100	11000	1.12	12327	0.63
S37	77724	9.70	0.27	1.00	36.13	0.100	11000	1.12	12327	0.67
S38	77975	6.70	0.27	1.00	31.35	0.100	11000	1.12	12327	0.58
S39	78120	8.00	0.27	1.00	35.98	0.100	11000	1.12	12327	0.66
S46	PV-03	1.50	0.27	1.00	30.16	0.100	11000	1.12	12327	0.56
S47	PV-03	2.00	0.27	1.00	30.16	0.100	11000	1.12	12327	0.56
S48	78745	11.70	0.27	1.00	34.26	0.100	11000	1.12	12327	0.63
S49	78745	12.10	0.27	1.00	33.92	0.100	11000	1.12	12327	0.63
S50	77970	7.30	0.27	1.00	34.38	0.100	11000	1.12	12327	0.64
S51	77970	2.80	0.27	1.00	35.01	0.100	11000	1.12	12327	0.65
S52	77970	9.70	0.27	1.00	31.16	0.100	11000	1.12	12327	0.58
S53	77970	3.60	0.27	1.00	32.63	0.100	11000	1.12	12327	0.60

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- FS = Factor de seguridad
FS = 2.5 para Hc/D ≥ 2
FS = 3.0 para Hc/D < 2
- Rw = Factor de flotación del agua
Rw = 1 - 0.33(Hw/Hc) para 0 ≤ Hw ≤ H
Rw = 1 para Hw > H
- Hw = Altura de agua sobre la cota clave (m)
- B' = Coeficiente empírico de soporte elástico
B' = (1 + 4e^(-0.213 Hc))⁻¹
- Hc = Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D ³ (KN/m ³) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D ³ (KN/m ³) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	5.03	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q _{a adm} (KPa)
130362	130317A	39.63	0.27	2.85	1.00	29.26	2.5	1.0	0.31	385.19
130317A	130317	70.36	0.27	2.96	1.00	29.42	2.5	1.0	0.32	388.28
VICS-141	79879	55.38	0.27	2.20	1.00	29.01	2.5	1.0	0.29	366.94
79879	130362	49.85	0.27	1.92	1.00	29.45	2.5	1.0	0.27	359.13
79879	130234	51.12	0.27	1.46	1.00	31.41	2.5	1.0	0.25	346.39
130234	VICS-130A	54.91	0.32	2.66	1.00	31.57	2.5	1.0	0.31	388.44
VICS-130A	130178	55.40	0.32	1.99	1.00	31.05	2.5	1.0	0.28	369.25
130178	VICS-132	48.08	0.32	2.02	1.00	31.03	2.5	1.0	0.28	370.11
130317	130251	50.83	0.27	1.64	1.00	30.42	2.5	1.0	0.26	351.36
130178	130251	50.10	0.27	1.80	1.00	29.79	2.5	1.0	0.27	355.80
PVA-01	PVA-02	6.14	0.27	1.86	1.00	29.61	2.5	1.0	0.27	357.46
PVA-02	130251	11.23	0.27	1.46	1.00	31.41	2.5	1.0	0.25	346.39
PV-01	PV-02	10.09	0.32	2.29	1.00	31.06	2.5	1.0	0.29	377.82
PV-02	125889	14.58	0.32	2.29	1.00	31.06	2.5	1.0	0.29	377.82
125889	125890	53.53	0.32	2.35	1.00	31.11	2.5	1.0	0.29	379.54
78120	77975	50.07	1.07	2.77	1.80	56.38	2.5	1.0	0.31	324.05
77975	77724	50.46	1.07	2.80	1.80	56.64	2.5	1.0	0.31	324.77
78745	77970	51.41	0.32	1.90	1.00	31.13	2.5	1.0	0.27	366.69
77970	VCP-163	75.95	0.32	2.59	1.00	31.44	2.5	1.0	0.30	386.43
PV-03	78745	65.15	0.32	1.37	1.00	32.95	2.5	1.0	0.25	351.70
PV-05	PV-06	28.52	0.32	1.40	1.00	32.77	2.5	1.0	0.25	352.54
PV-06	79268	9.80	0.32	1.16	1.00	34.59	2.5	1.0	0.24	345.82
SUMIDEROS										
S31	77724	7.70	0.27	1.00	1.00	36.13	2.5	1.0	0.24	333.80
S32	77724	9.00	0.27	1.00	1.00	36.13	2.5	1.0	0.24	333.80
S33	125889	1.50	0.27	1.12	1.00	34.50	2.5	1.0	0.24	337.07
S34	125889	2.40	0.27	1.14	1.00	34.26	2.5	1.0	0.24	337.62
S35	125890	16.60	0.27	1.12	1.00	34.50	2.5	1.0	0.24	337.07
S36	125890	15.80	0.27	1.14	1.00	34.26	2.5	1.0	0.24	337.62
S37	77724	9.70	0.27	1.00	1.00	36.13	2.5	1.0	0.24	333.80
S38	77975	6.70	0.27	1.47	1.00	31.35	2.5	1.0	0.25	346.67
S39	78120	8.00	0.27	1.01	1.00	35.98	2.5	1.0	0.24	334.07
S46	PV-03	1.50	0.27	1.70	1.00	30.16	2.5	1.0	0.26	353.02
S47	PV-03	2.00	0.27	1.70	1.00	30.16	2.5	1.0	0.26	353.02
S48	78745	11.70	0.27	1.14	1.00	34.26	2.5	1.0	0.24	337.62
S49	78745	12.10	0.27	1.17	1.00	33.92	2.5	1.0	0.24	338.44
S50	77970	7.30	0.27	1.13	1.00	34.38	2.5	1.0	0.24	337.34
S51	77970	2.80	0.27	1.08	1.00	35.01	2.5	1.0	0.24	335.98
S52	77970	9.70	0.27	1.50	1.00	31.16	2.5	1.0	0.26	347.50
S53	77970	3.60	0.27	1.30	1.00	32.63	2.5	1.0	0.25	342.00

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	q _{act} (KPa)	q _{act} ≤ q _{adm}
130362.00	130317A	39.63	0.27	2.85	15.57	13.68	107.09	OK
130317A	130317.00	70.36	0.27	2.96	16.17	13.25	107.69	OK
VICS-141	79879.00	55.38	0.27	2.20	12.02	16.99	106.19	OK
79879.00	130362.00	49.85	0.27	1.92	10.49	18.96	107.81	OK
79879.00	130234.00	51.12	0.27	1.46	7.98	23.44	114.98	OK
130234.00	VICS-130A	54.91	0.32	2.66	17.24	14.34	97.45	OK
VICS-130A	130178.00	55.40	0.32	1.99	12.90	18.15	95.82	OK
130178.00	VICS-132	48.08	0.32	2.02	13.09	17.94	95.76	OK
130317.00	130251.00	50.83	0.27	1.64	8.96	21.46	111.34	OK
130178.00	130251.00	50.10	0.27	1.80	9.84	19.96	109.05	OK
PVA-01	PVA-02	6.14	0.27	1.86	10.16	19.45	108.39	OK
PVA-02	130251.00	11.23	0.27	1.46	7.98	23.44	114.98	OK
PV-01	PV-02	10.09	0.32	2.29	14.84	16.22	95.86	OK
PV-02	125889.00	14.58	0.32	2.29	14.84	16.22	95.86	OK
125889.00	125890.00	53.53	0.32	2.35	15.23	15.88	96.01	OK
78120.00	77975.00	50.07	1.07	2.77	44.52	11.86	52.94	OK
77975.00	77724.00	50.46	1.07	2.80	44.87	11.77	53.19	OK
78745.00	77970.00	51.41	0.32	1.90	12.31	18.82	96.09	OK
77970.00	VCP-163	75.95	0.32	2.59	16.78	14.66	97.04	OK
PV-03	78745.00	65.15	0.32	1.37	8.88	24.08	101.71	OK
PV-05	PV-06	28.52	0.32	1.40	9.07	23.70	101.15	OK
PV-06	79268.00	9.80	0.32	1.16	7.52	27.07	106.75	OK
SUMIDEROS								
S31	77724.00	7.70	0.27	1.00	5.46	30.67	132.26	OK
S32	77724.00	9.00	0.27	1.00	5.46	30.67	132.26	OK
S33	125889.00	1.50	0.27	1.12	6.12	28.38	126.29	OK
S34	125889.00	2.40	0.27	1.14	6.23	28.04	125.42	OK
S35	125890.00	16.60	0.27	1.12	6.12	28.38	126.29	OK
S36	125890.00	15.80	0.27	1.14	6.23	28.04	125.42	OK
S37	77724.00	9.70	0.27	1.00	5.46	30.67	132.26	OK
S38	77975.00	6.70	0.27	1.47	8.03	23.32	114.75	OK
S39	78120.00	8.00	0.27	1.01	5.52	30.46	131.71	OK
S46	PV-03	1.50	0.27	1.70	9.29	20.87	110.38	OK
S47	PV-03	2.00	0.27	1.70	9.29	20.87	110.38	OK
S48	78745.00	11.70	0.27	1.14	6.23	28.04	125.42	OK
S49	78745.00	12.10	0.27	1.17	6.39	27.53	124.16	OK
S50	77970.00	7.30	0.27	1.13	6.17	28.21	125.85	OK
S51	77970.00	2.80	0.27	1.08	5.90	29.11	128.14	OK
S52	77970.00	9.70	0.27	1.50	8.20	22.96	114.06	OK
S53	77970.00	3.60	0.27	1.30	7.10	25.53	119.45	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c , se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_C}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_C = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC $\sigma_{c \text{ máx}} = 67500 \text{ KN/m}^2$

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ_c (KPa)	$\sigma_c < \sigma_{c \text{ máx}}$
130362	130317A	8	0.27	29.26	68.18	OK
130317A	130317	8	0.27	29.42	68.56	OK
VICS-141	79879	8	0.27	29.01	67.60	OK
79879	130362	8	0.27	29.45	68.64	OK
79879	130234	8	0.27	31.41	73.20	OK
130234	VICS-130A	10	0.32	31.57	62.04	OK
VICS-130A	130178	10	0.32	31.05	61.00	OK
130178	VICS-132	10	0.32	31.03	60.96	OK
130317	130251	8	0.27	30.42	70.88	OK
130178	130251	8	0.27	29.79	69.42	OK
PVA-01	PVA-02	8	0.27	29.61	69.00	OK
PVA-02	130251	8	0.27	31.41	73.20	OK
PV-01	PV-02	12	0.32	31.06	61.02	OK
PV-02	125889	12	0.32	31.06	61.02	OK
125889	125890	12	0.32	31.11	61.12	OK
78120	77975	36	1.07	56.38	33.70	OK
77975	77724	36	1.07	56.64	33.86	OK
78745	77970	12	0.32	31.13	61.18	OK
77970	VCP-163	12	0.32	31.44	61.78	OK
PV-03	78745	12	0.32	32.95	64.75	OK
PV-05	PV-06	12	0.32	32.77	64.40	OK
PV-06	79268	12	0.32	34.59	67.96	OK

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

SUMIDEROS						
S31	77724	10	0.27	36.13	84.20	OK
S32	77724	10	0.27	36.13	84.20	OK
S33	125889	10	0.27	34.50	80.40	OK
S34	125889	10	0.27	34.26	79.84	OK
S35	125890	10	0.27	34.50	80.40	OK
S36	125890	10	0.27	34.26	79.84	OK
S37	77724	10	0.27	36.13	84.20	OK
S38	77975	10	0.27	31.35	73.05	OK
S39	78120	10	0.27	35.98	83.85	OK
S46	PV-03	10	0.27	30.16	70.27	OK
S47	PV-03	10	0.27	30.16	70.27	OK
S48	78745	10	0.27	34.26	79.84	OK
S49	78745	10	0.27	33.92	79.04	OK
S50	77970	10	0.27	34.38	80.12	OK
S51	77970	10	0.27	35.01	81.57	OK
S52	77970	10	0.27	31.16	72.61	OK
S53	77970	10	0.27	32.63	76.04	OK

5. Entibados

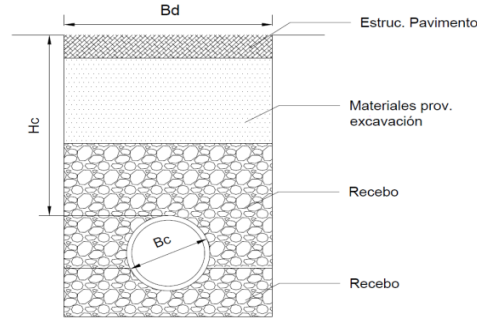
Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo de	Pozo a	Hc (m)	Prof Excavación (m)	Cárcamo	Entibado
130362	130317A	2.85	3.22	NO	E2
130317A	130317	2.96	3.33	NO	E2
VICS-141	79879	2.20	2.57	NO	E1
79879	130362	1.92	2.29	NO	E1
79879	130234	1.46	1.83	NO	E1
130234	VICS-130A	2.66	3.08	NO	E2
VICS-130A	130178	1.99	2.41	NO	E1
130178	VICS-132	2.02	2.44	NO	E1
130317	130251	1.64	2.01	NO	E1
130178	130251	1.80	2.17	NO	E1
PVA-01	PVA-02	1.86	2.23	NO	E1
PVA-02	130251	1.46	1.83	NO	E1
PV-01	PV-02	2.29	2.71	NO	E1
PV-02	125889	2.29	2.71	NO	E1
125889	125890	2.35	2.77	NO	E1
78120	77975	2.77	3.94	NO	E2
77975	77724	2.80	3.97	NO	E2
78745	77970	1.90	2.32	NO	E1
77970	VCP-163	2.59	3.01	NO	E2
PV-03	78745	1.37	1.79	NO	E1
PV-05	PV-06	1.40	1.82	NO	E1
PV-06	79268	1.16	1.58	NO	E1
SUMIDEROS					
S31	77724	1.00	1.37	NO	E1
S32	77724	1.00	1.37	NO	E1
S33	125889	1.12	1.49	NO	E1
S34	125889	1.14	1.51	NO	E1
S35	125890	1.12	1.49	NO	E1
S36	125890	1.14	1.51	NO	E1
S37	77724	1.00	1.37	NO	E1
S38	77975	1.47	1.84	NO	E1
S39	78120	1.01	1.38	NO	E1
S46	PV-03	1.70	2.07	NO	E1
S47	PV-03	1.70	2.07	NO	E1
S48	78745	1.14	1.51	NO	E1
S49	78745	1.17	1.54	NO	E1
S50	77970	1.13	1.50	NO	E1
S51	77970	1.08	1.45	NO	E1
S52	77970	1.50	1.87	NO	E1
S53	77970	1.30	1.67	NO	E1

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN LA VICTORIA

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof. Excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
130362	130317A	0.27	1.00	2.85	3.22	0.10	0.16	0.41	2.05	0.50
130317A	130317	0.27	1.00	2.96	3.33	0.10	0.16	0.41	2.16	0.50
VICS-141	79879	0.27	1.00	2.20	2.57	0.10	0.16	0.41	1.40	0.50
79879	130362	0.27	1.00	1.92	2.29	0.10	0.16	0.41	1.12	0.50
79879	130234	0.27	1.00	1.46	1.83	0.10	0.16	0.41	0.66	0.50
130234	VICS-130A	0.32	1.00	2.66	3.08	0.10	0.19	0.43	1.86	0.50
VICS-130A	130178	0.32	1.00	1.99	2.41	0.10	0.19	0.43	1.19	0.50
130178	VICS-132	0.32	1.00	2.02	2.44	0.10	0.19	0.43	1.22	0.50
130317	130251	0.27	1.00	1.64	2.01	0.10	0.16	0.41	0.84	0.50
130178	130251	0.27	1.00	1.80	2.17	0.10	0.16	0.41	1.00	0.50
PVA-01	PVA-02	0.27	1.00	1.86	2.23	0.10	0.16	0.41	1.06	0.50
PVA-02	130251	0.27	1.00	1.46	1.83	0.10	0.16	0.41	0.66	0.50
PV-01	PV-02	0.32	1.00	2.29	2.71	0.10	0.19	0.43	1.49	0.50
PV-02	125889	0.32	1.00	2.29	2.71	0.10	0.19	0.43	1.49	0.50
125889	125890	0.32	1.00	2.35	2.77	0.10	0.19	0.43	1.55	0.50
78120	77975	1.07	1.80	2.77	3.94	0.15	0.64	0.73	1.92	0.50
77975	77724	1.07	1.80	2.80	3.97	0.15	0.64	0.73	1.95	0.50
78745	77970	0.32	1.00	1.90	2.32	0.10	0.19	0.43	1.10	0.50
77970	VCP-163	0.32	1.00	2.59	3.01	0.10	0.19	0.43	1.79	0.50
PV-03	78745	0.32	1.00	1.37	1.79	0.10	0.19	0.43	0.57	0.50
PV-05	PV-06	0.32	1.00	1.40	1.82	0.10	0.19	0.43	0.60	0.50
PV-06	79268	0.32	1.00	1.16	1.58	0.10	0.19	0.43	0.36	0.50
SUMIDEROS										
S31	77724	0.27	1.00	1.00	1.37	0.10	0.16	0.41	0.20	0.50
S32	77724	0.27	1.00	1.00	1.37	0.10	0.16	0.41	0.20	0.50
S33	125889	0.27	1.00	1.12	1.49	0.10	0.16	0.41	0.32	0.50
S34	125889	0.27	1.00	1.14	1.51	0.10	0.16	0.41	0.34	0.50
S35	125890	0.27	1.00	1.12	1.49	0.10	0.16	0.41	0.32	0.50
S36	125890	0.27	1.00	1.14	1.51	0.10	0.16	0.41	0.34	0.50
S37	77724	0.27	1.00	1.00	1.37	0.10	0.16	0.41	0.20	0.50
S38	77975	0.27	1.00	1.47	1.84	0.10	0.16	0.41	0.67	0.50
S39	78120	0.27	1.00	1.01	1.38	0.10	0.16	0.41	0.21	0.50
S46	PV-03	0.27	1.00	1.70	2.07	0.10	0.16	0.41	0.90	0.50
S47	PV-03	0.27	1.00	1.70	2.07	0.10	0.16	0.41	0.90	0.50
S48	78745	0.27	1.00	1.14	1.51	0.10	0.16	0.41	0.34	0.50
S49	78745	0.27	1.00	1.17	1.54	0.10	0.16	0.41	0.37	0.50
S50	77970	0.27	1.00	1.13	1.50	0.10	0.16	0.41	0.33	0.50
S51	77970	0.27	1.00	1.08	1.45	0.10	0.16	0.41	0.28	0.50
S52	77970	0.27	1.00	1.50	1.87	0.10	0.16	0.41	0.70	0.50
S53	77970	0.27	1.00	1.30	1.67	0.10	0.16	0.41	0.50	0.50

**MEMORIA DE CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE
RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA**

1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE NETA

Suelo de fundación: Arcilla de consistencia firme
Profundidad de apoyo mínima (m): 1.37

$$q_{adm} = \frac{C \cdot N_c + q \cdot N_q}{FS}$$

Resistencia al corte no drenado, C (kN/m ²):	39.00	
Factor de capacidad de carga, N _c	5.70	
Esfuerzo efectivo, q (kN/m ²)	27.30	
N _q	1.00	cuando $\phi = 0$
Factor de seguridad, FS	3.00	

Se obtiene un valor de:

$$q_{adm} = 83.2 \text{ kN/m}^2 = 8.3 \text{ Ton/m}^2$$

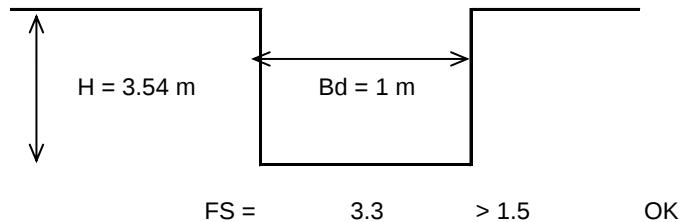
2. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD POR FALLA DE FONDO

El factor de seguridad por falla de fondo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$FS = \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{5.7c}{\gamma - \frac{c}{0.7B_d}} \right)$$

Donde:

H:	Profundidad máxima de excavación =	3.54	m
Cu:	Resistencia al corte no drenada =	39.00	Ton/m ²
Bd:	Ancho de excavación =	1.00	m
γ =	19.50	Ton/m ³	



3. CÁLCULO DE LA ALTURA CRÍTICA DE EXCAVACIONES PARA TUBERÍAS

La altura crítica se calcula en la condición más crítica: $\phi = 0^\circ$ y $K_a = 1$, teniendo en cuenta un FS = 1.5 :

$$z_c = \frac{2 \cdot Cu}{FS \cdot \gamma} = 1.33 \text{ m}$$

Por lo tanto, la primera línea de codales deberá estar colocada a una altura inferior a la crítica.

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

$\phi (^{\circ}) =$	30	$\phi \text{ (rad)} =$	0.524
$k =$	0.333	$\gamma \text{ (KN/m}^3\text{)} =$	20.0
$\mu =$	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
131946	131946A	7.41	8	0.27	2877.38	2.73	1.00	9.99	14.92	ZANJA
131946A	131916	51.05	8	0.27	2876.61	2.76	1.00	10.10	15.08	ZANJA
80268	131796	58.81	8	0.27	2877.10	2.98	1.00	10.91	16.28	ZANJA
131796	131732	62.58	8	0.27	2873.09	3.17	1.00	11.60	17.32	ZANJA
78819A	131750A	30.30	10	0.32	2873.30	2.98	1.00	9.20	19.31	ZANJA
131750A	131732	30.16	10	0.32	2870.29	2.63	1.00	8.12	17.04	ZANJA
131732A	131732	41.14	8	0.27	2867.75	2.37	1.00	8.67	12.95	ZANJA
80265	80265A	11.92	8	0.27	2871.16	2.45	1.00	8.97	13.39	ZANJA
80265A	131732B	43.78	8	0.27	2870.35	2.30	1.00	8.42	12.57	ZANJA
PZ-V1	80265A	6.74	8	0.27	2871.32	1.46	1.00	5.34	7.98	ZANJA
PZ-V2	131732B	6.78	8	0.27	2867.35	1.75	1.00	6.41	9.56	ZANJA
PA-01	PA-02	33.71	12	0.32	2871.80	1.20	1.00	3.70	7.78	ZANJA
PA-02	78059	20.75	12	0.32	2868.38	1.25	1.00	3.86	8.10	ZANJA
PA-03	78315	24.96	12	0.32	2875.74	1.20	1.00	3.70	7.78	ZANJA
PA-04	78059	8.75	12	0.32	2867.35	1.75	1.00	5.40	11.34	ZANJA
PA-05	78819	11.14	12	0.32	2875.18	1.24	1.00	3.83	8.04	ZANJA
PA-06	78812	8.59	12	0.32	2847.20	1.30	1.00	4.01	8.42	ZANJA
SUMIDEROS										
S1	79804	8.50	10	0.27	2879.31	1.10	1.00	4.03	6.01	ZANJA
S2	79804	7.20	10	0.27	2879.31	1.10	1.00	4.03	6.01	ZANJA
S3	PA-03	3.20	10	0.27	2875.94	1.22	1.00	4.47	6.67	ZANJA
S4	PA-03	1.60	10	0.27	2875.94	1.19	1.00	4.36	6.50	ZANJA
S5	78315	12.00	10	0.27	2873.97	1.40	1.00	5.12	7.65	ZANJA
S6	78315	7.10	10	0.27	2873.35	1.40	1.00	5.12	7.65	ZANJA
S7	PA-01	2.00	10	0.27	2871.92	1.10	1.00	4.03	6.01	ZANJA
S8	PA-01	3.10	10	0.27	2871.92	1.10	1.00	4.03	6.01	ZANJA
S9	PA-02	2.10	10	0.27	2868.58	1.20	1.00	4.39	6.56	ZANJA
S10	PA-02	3.10	10	0.27	2868.68	1.10	1.00	4.03	6.01	ZANJA
S11	78059	8.10	10	0.27	2867.75	1.03	1.00	3.77	5.63	ZANJA
S12	78059	6.20	10	0.27	2867.69	1.05	1.00	3.84	5.74	ZANJA
S13	79319	3.30	10	0.27	2876.41	1.20	1.00	4.39	6.56	ZANJA
S14	79319	4.00	10	0.27	2876.41	1.20	1.00	4.39	6.56	ZANJA
S15	78819	1.90	10	0.27	2875.15	1.09	1.00	3.99	5.96	ZANJA
S16	78819	5.30	10	0.27	2875.12	1.24	1.00	4.54	6.78	ZANJA
S17	78819	2.60	10	0.27	2875.34	1.11	1.00	4.06	6.07	ZANJA
S18	78819	3.00	10	0.27	2875.34	1.11	1.00	4.06	6.07	ZANJA
S19	78059	1.40	10	0.27	2867.74	1.50	1.00	5.49	8.20	ZANJA
S20	78059	7.10	10	0.27	2868.93	1.50	1.00	5.49	8.20	ZANJA

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_V = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3Bc}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
If =	1.2	
	1.1	
	1.0	

Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
131946	131946A	7.41	8	0.27	2.73	1.00	5.28	5.03	5.64	14.19
131946A	131916	51.05	8	0.27	2.76	1.00	5.33	5.08	5.69	14.06
80268	131796	58.81	8	0.27	2.98	1.00	5.72	5.47	6.07	13.17
131796	131732	62.58	8	0.27	3.17	1.00	6.05	5.80	6.41	12.49
78819A	131750A	30.30	10	0.32	2.98	1.00	5.72	5.47	6.14	13.03
131750A	131732	30.16	10	0.32	2.63	1.00	5.10	4.85	5.53	14.47
131732A	131732	41.14	8	0.27	2.37	1.00	4.65	4.40	5.01	15.98
80265	80265A	11.92	8	0.27	2.45	1.00	4.79	4.54	5.15	15.55
80265A	131732B	43.78	8	0.27	2.30	1.00	4.53	4.28	4.88	16.38
PZ-V1	80265A	6.74	8	0.27	1.46	1.00	3.06	2.81	3.41	23.44
PZ-V2	131732B	6.78	8	0.27	1.75	1.00	3.56	3.31	3.92	20.40
PA-01	PA-02	33.71	12	0.32	1.20	1.00	2.60	2.35	3.03	26.44
PA-02	78059	20.75	12	0.32	1.25	1.00	2.69	2.44	3.11	25.70
PA-03	78315	24.96	12	0.32	1.20	1.00	2.60	2.35	3.03	26.44
PA-04	78059	8.75	12	0.32	1.75	1.00	3.56	3.31	3.99	20.06
PA-05	78819	11.14	12	0.32	1.24	1.00	2.67	2.42	3.10	25.85
PA-06	78812	8.59	12	0.32	1.30	1.00	2.78	2.53	3.20	25.00
SUMIDEROS										
S1	79804	8.50	10	0.27	1.10	1.00	2.43	2.18	2.78	28.74
S2	79804	7.20	10	0.27	1.10	1.00	2.43	2.18	2.78	28.74
S3	PA-03	3.20	10	0.27	1.22	1.00	2.64	2.39	2.99	26.72
S4	PA-03	1.60	10	0.27	1.19	1.00	2.58	2.33	2.94	27.20
S5	78315	12.00	10	0.27	1.40	1.00	2.95	2.70	3.31	24.18
S6	78315	7.10	10	0.27	1.40	1.00	2.95	2.70	3.31	24.18
S7	PA-01	2.00	10	0.27	1.10	1.00	2.43	2.18	2.78	28.74
S8	PA-01	3.10	10	0.27	1.10	1.00	2.43	2.18	2.78	28.74
S9	PA-02	2.10	10	0.27	1.20	1.00	2.60	2.35	2.96	27.04
S10	PA-02	3.10	10	0.27	1.10	1.00	2.43	2.18	2.78	28.74
S11	78059	8.10	10	0.27	1.03	1.00	2.30	2.05	2.66	30.06
S12	78059	6.20	10	0.27	1.05	1.00	2.34	2.09	2.70	29.67
S13	79319	3.30	10	0.27	1.20	1.00	2.60	2.35	2.96	27.04
S14	79319	4.00	10	0.27	1.20	1.00	2.60	2.35	2.96	27.04
S15	78819	1.90	10	0.27	1.09	1.00	2.41	2.16	2.77	28.92
S16	78819	5.30	10	0.27	1.24	1.00	2.67	2.42	3.03	26.42
S17	78819	2.60	10	0.27	1.11	1.00	2.44	2.19	2.80	28.56
S18	78819	3.00	10	0.27	1.11	1.00	2.44	2.19	2.80	28.56
S19	78059	1.40	10	0.27	1.50	1.00	3.13	2.88	3.48	22.96
S20	78059	7.10	10	0.27	1.50	1.00	3.13	2.88	3.48	22.96

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería
 Δy = Deflexión (m)
 Bc = Diámetro exterior de la tubería (m)
 D_L = Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
 K = Factor de soporte
 W = Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m)
 $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
 EI = Rigidez de la pared de la tubería
 E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
 I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm⁴)
 E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)
 $E' = Sc \cdot E_b$
 Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
 E_b : Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	19400	Según el perfil geotecnico de la Estación Altamira

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E' b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
131946	131946A	7.41	0.27	1.00	29.11	0.100	11000	1.04	11440	0.58
131946A	131916	51.05	0.27	1.00	29.14	0.100	11000	1.04	11440	0.58
80268	131796	58.81	0.27	1.00	29.45	0.100	11000	1.04	11440	0.58
131796	131732	62.58	0.27	1.00	29.81	0.100	11000	1.04	11440	0.59
78819A	131750A	30.30	0.32	1.00	32.34	0.100	11000	1.06	11693	0.63
131750A	131732	30.16	0.32	1.00	31.51	0.100	11000	1.06	11693	0.61
131732A	131732	41.14	0.27	1.00	28.93	0.100	11000	1.04	11440	0.57
80265	80265A	11.92	0.27	1.00	28.93	0.100	11000	1.04	11440	0.57
80265A	131732B	43.78	0.27	1.00	28.95	0.100	11000	1.04	11440	0.57
PZ-V1	80265A	6.74	0.27	1.00	31.41	0.100	11000	1.04	11440	0.62
PZ-V2	131732B	6.78	0.27	1.00	29.96	0.100	11000	1.04	11440	0.59
PA-01	PA-02	33.71	0.32	1.00	34.22	0.100	11000	1.06	11693	0.66
PA-02	78059	20.75	0.32	1.00	33.80	0.100	11000	1.06	11693	0.66
PA-03	78315	24.96	0.32	1.00	34.22	0.100	11000	1.06	11693	0.66
PA-04	78059	8.75	0.32	1.00	31.40	0.100	11000	1.06	11693	0.61
PA-05	78819	11.14	0.32	1.00	33.88	0.100	11000	1.06	11693	0.66
PA-06	78812	8.59	0.32	1.00	33.42	0.100	11000	1.06	11693	0.65
SUMIDEROS										
S1	79804	8.50	0.27	1.00	34.75	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S2	79804	7.20	0.27	1.00	34.75	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S3	PA-03	3.20	0.27	1.00	33.39	0.100	11000	1.04	11440	0.66
S4	PA-03	1.60	0.27	1.00	33.70	0.100	11000	1.04	11440	0.67
S5	78315	12.00	0.27	1.00	31.83	0.100	11000	1.04	11440	0.63
S6	78315	7.10	0.27	1.00	31.83	0.100	11000	1.04	11440	0.63
S7	PA-01	2.00	0.27	1.00	34.75	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S8	PA-01	3.10	0.27	1.00	34.75	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S9	PA-02	2.10	0.27	1.00	33.60	0.100	11000	1.04	11440	0.67
S10	PA-02	3.10	0.27	1.00	34.75	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S11	78059	8.10	0.27	1.00	35.69	0.100	11000	1.04	11440	0.71
S12	78059	6.20	0.27	1.00	35.41	0.100	11000	1.04	11440	0.70
S13	79319	3.30	0.27	1.00	33.60	0.100	11000	1.04	11440	0.67
S14	79319	4.00	0.27	1.00	33.60	0.100	11000	1.04	11440	0.67
S15	78819	1.90	0.27	1.00	34.88	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S16	78819	5.30	0.27	1.00	33.19	0.100	11000	1.04	11440	0.66
S17	78819	2.60	0.27	1.00	34.63	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S18	78819	3.00	0.27	1.00	34.63	0.100	11000	1.04	11440	0.69
S19	78059	1.40	0.27	1.00	31.16	0.100	11000	1.04	11440	0.62
S20	78059	7.10	0.27	1.00	31.16	0.100	11000	1.04	11440	0.62

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- FS = Factor de seguridad
FS = 2.5 para $H_c/D \geq 2$
FS = 3.0 para $H_c/D < 2$
Rw = Factor de flotación del agua
Rw = $1 - 0.33(H_w/H_c)$ para $0 \leq H_w \leq H$
Rw = 1 para $H_w > H$
Hw = Altura de agua sobre la cota clave (m)
B' = Coeficiente empírico de soporte elástico
 $B' = (1 + 4e^{(-0.213 H_c)})^{-1}$
Hc = Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D ³ (KN/m ³) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D ³ (KN/m ³) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	6.53	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	qa _{adm} (KPa)
131946	131946A	7.41	0.27	2.73	1.00	29.11	2.5	1.0	0.31	367.82
131946A	131916	51.05	0.27	2.76	1.00	29.14	2.5	1.0	0.31	368.64
80268	131796	58.81	0.27	2.98	1.00	29.45	2.5	1.0	0.32	374.60
131796	131732	62.58	0.27	3.17	1.00	29.81	2.5	1.0	0.33	379.76
78819A	131750A	30.30	0.32	2.98	1.00	32.34	2.5	1.0	0.32	378.72
131750A	131732	30.16	0.32	2.63	1.00	31.51	2.5	1.0	0.30	369.13
131732A	131732	41.14	0.27	2.37	1.00	28.93	2.5	1.0	0.29	358.08
80265	80265A	11.92	0.27	2.45	1.00	28.93	2.5	1.0	0.30	360.24
80265A	131732B	43.78	0.27	2.30	1.00	28.95	2.5	1.0	0.29	356.19
PZ-V1	80265A	6.74	0.27	1.46	1.00	31.41	2.5	1.0	0.25	333.70
PZ-V2	131732B	6.78	0.27	1.75	1.00	29.96	2.5	1.0	0.27	341.42
PA-01	PA-02	33.71	0.32	1.20	1.00	34.22	2.5	1.0	0.24	330.42
PA-02	78059	20.75	0.32	1.25	1.00	33.80	2.5	1.0	0.25	331.76
PA-03	78315	24.96	0.32	1.20	1.00	34.22	2.5	1.0	0.24	330.42
PA-04	78059	8.75	0.32	1.75	1.00	31.40	2.5	1.0	0.27	345.18
PA-05	78819	11.14	0.32	1.24	1.00	33.88	2.5	1.0	0.25	331.49
PA-06	78812	8.59	0.32	1.30	1.00	33.42	2.5	1.0	0.25	333.09
SUMIDEROS										
S1	79804	8.50	0.27	1.10	1.00	34.75	2.5	1.0	0.24	324.20
S2	79804	7.20	0.27	1.10	1.00	34.75	2.5	1.0	0.24	324.20
S3	PA-03	3.20	0.27	1.22	1.00	33.39	2.5	1.0	0.24	327.36
S4	PA-03	1.60	0.27	1.19	1.00	33.70	2.5	1.0	0.24	326.57
S5	78315	12.00	0.27	1.40	1.00	31.83	2.5	1.0	0.25	332.11
S6	78315	7.10	0.27	1.40	1.00	31.83	2.5	1.0	0.25	332.11
S7	PA-01	2.00	0.27	1.10	1.00	34.75	2.5	1.0	0.24	324.20
S8	PA-01	3.10	0.27	1.10	1.00	34.75	2.5	1.0	0.24	324.20
S9	PA-02	2.10	0.27	1.20	1.00	33.60	2.5	1.0	0.24	326.83
S10	PA-02	3.10	0.27	1.10	1.00	34.75	2.5	1.0	0.24	324.20
S11	78059	8.10	0.27	1.03	1.00	35.69	2.5	1.0	0.24	322.36
S12	78059	6.20	0.27	1.05	1.00	35.41	2.5	1.0	0.24	322.88
S13	79319	3.30	0.27	1.20	1.00	33.60	2.5	1.0	0.24	326.83
S14	79319	4.00	0.27	1.20	1.00	33.60	2.5	1.0	0.24	326.83
S15	78819	1.90	0.27	1.09	1.00	34.88	2.5	1.0	0.24	323.93
S16	78819	5.30	0.27	1.24	1.00	33.19	2.5	1.0	0.25	327.88
S17	78819	2.60	0.27	1.11	1.00	34.63	2.5	1.0	0.24	324.46
S18	78819	3.00	0.27	1.11	1.00	34.63	2.5	1.0	0.24	324.46
S19	78059	1.40	0.27	1.50	1.00	31.16	2.5	1.0	0.26	334.77
S20	78059	7.10	0.27	1.50	1.00	31.16	2.5	1.0	0.26	334.77

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	q _{Ract} (KPa)	q _{Ract} ≤ q _{Radm}
131946.00	131946A	7.41	0.27	2.73	14.92	14.19	106.56	OK
131946A	131916.00	51.05	0.27	2.76	15.08	14.06	106.68	OK
80268.00	131796.00	58.81	0.27	2.98	16.28	13.17	107.81	OK
131796.00	131732.00	62.58	0.27	3.17	17.32	12.49	109.11	OK
78819A	131750A	30.30	0.32	2.98	19.31	13.03	99.81	OK
131750A	131732.00	30.16	0.32	2.63	17.04	14.47	97.27	OK
131732A	131732.00	41.14	0.27	2.37	12.95	15.98	105.89	OK
80265.00	80265A	11.92	0.27	2.45	13.39	15.55	105.90	OK
80265A	131732B	43.78	0.27	2.30	12.57	16.38	105.96	OK
PZ-V1	80265A	6.74	0.27	1.46	7.98	23.44	114.98	OK
PZ-V2	131732B	6.78	0.27	1.75	9.56	20.40	109.68	OK
PA-01	PA-02	33.71	0.32	1.20	7.78	26.44	105.62	OK
PA-02	78059.00	20.75	0.32	1.25	8.10	25.70	104.32	OK
PA-03	78315.00	24.96	0.32	1.20	7.78	26.44	105.62	OK
PA-04	78059.00	8.75	0.32	1.75	11.34	20.06	96.92	OK
PA-05	78819.00	11.14	0.32	1.24	8.04	25.85	104.57	OK
PA-06	78812.00	8.59	0.32	1.30	8.42	25.00	103.15	OK
SUMIDEROS								
S1	79804.00	8.50	0.27	1.10	6.01	28.74	127.20	OK
S2	79804.00	7.20	0.27	1.10	6.01	28.74	127.20	OK
S3	PA-03	3.20	0.27	1.22	6.67	26.72	122.22	OK
S4	PA-03	1.60	0.27	1.19	6.50	27.20	123.36	OK
S5	78315.00	12.00	0.27	1.40	7.65	24.18	116.51	OK
S6	78315.00	7.10	0.27	1.40	7.65	24.18	116.51	OK
S7	PA-01	2.00	0.27	1.10	6.01	28.74	127.20	OK
S8	PA-01	3.10	0.27	1.10	6.01	28.74	127.20	OK
S9	PA-02	2.10	0.27	1.20	6.56	27.04	122.98	OK
S10	PA-02	3.10	0.27	1.10	6.01	28.74	127.20	OK
S11	78059.00	8.10	0.27	1.03	5.63	30.06	130.64	OK
S12	78059.00	6.20	0.27	1.05	5.74	29.67	129.61	OK
S13	79319.00	3.30	0.27	1.20	6.56	27.04	122.98	OK
S14	79319.00	4.00	0.27	1.20	6.56	27.04	122.98	OK
S15	78819.00	1.90	0.27	1.09	5.96	28.92	127.66	OK
S16	78819.00	5.30	0.27	1.24	6.78	26.42	121.49	OK
S17	78819.00	2.60	0.27	1.11	6.07	28.56	126.74	OK
S18	78819.00	3.00	0.27	1.11	6.07	28.56	126.74	OK
S19	78059.00	1.40	0.27	1.50	8.20	22.96	114.06	OK
S20	78059.00	7.10	0.27	1.50	8.20	22.96	114.06	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c , se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC $\sigma_{c \text{ máx}} = 67500 \text{ KN/m}^2$

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ_c (KPa)	$\sigma_c < \sigma_{c \text{ máx}}$
131946	131946A	8	0.27	29.11	67.84	OK
131946A	131916	8	0.27	29.14	67.91	OK
80268	131796	8	0.27	29.45	68.64	OK
131796	131732	8	0.27	29.81	69.46	OK
78819A	131750A	10	0.32	32.34	63.54	OK
131750A	131732	10	0.32	31.51	61.92	OK
131732A	131732	8	0.27	28.93	67.41	OK
80265	80265A	8	0.27	28.93	67.42	OK
80265A	131732B	8	0.27	28.95	67.46	OK
PZ-V1	80265A	8	0.27	31.41	73.20	OK
PZ-V2	131732B	8	0.27	29.96	69.82	OK
PA-01	PA-02	12	0.32	34.22	67.24	OK
PA-02	78059	12	0.32	33.80	66.41	OK
PA-03	78315	12	0.32	34.22	67.24	OK
PA-04	78059	12	0.32	31.40	61.70	OK
PA-05	78819	12	0.32	33.88	66.57	OK
PA-06	78812	12	0.32	33.42	65.67	OK

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

SUMIDEROS						
S1	79804	10	0.27	34.75	80.98	OK
S2	79804	10	0.27	34.75	80.98	OK
S3	PA-03	10	0.27	33.39	77.81	OK
S4	PA-03	10	0.27	33.70	78.54	OK
S5	78315	10	0.27	31.83	74.17	OK
S6	78315	10	0.27	31.83	74.17	OK
S7	PA-01	10	0.27	34.75	80.98	OK
S8	PA-01	10	0.27	34.75	80.98	OK
S9	PA-02	10	0.27	33.60	78.29	OK
S10	PA-02	10	0.27	34.75	80.98	OK
S11	78059	10	0.27	35.69	83.17	OK
S12	78059	10	0.27	35.41	82.51	OK
S13	79319	10	0.27	33.60	78.29	OK
S14	79319	10	0.27	33.60	78.29	OK
S15	78819	10	0.27	34.88	81.27	OK
S16	78819	10	0.27	33.19	77.34	OK
S17	78819	10	0.27	34.63	80.69	OK
S18	78819	10	0.27	34.63	80.69	OK
S19	78059	10	0.27	31.16	72.61	OK
S20	78059	10	0.27	31.16	72.61	OK

5. Entibados

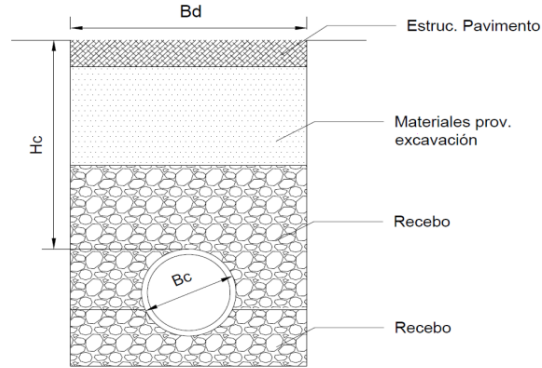
Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo de	Pozo a	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
131946	131946A	2.73	3.10	NO	E2
131946A	131916	2.76	3.13	NO	E2
80268	131796	2.98	3.35	NO	E2
131796	131732	3.17	3.54	NO	E2
78819A	131750A	2.98	3.40	NO	E2
131750A	131732	2.63	3.05	NO	E2
131732A	131732	2.37	2.74	NO	E1
80265	80265A	2.45	2.82	NO	E1
80265A	131732B	2.30	2.67	NO	E1
PZ-V1	80265A	1.46	1.83	NO	E1
PZ-V2	131732B	1.75	2.12	NO	E1
PA-01	PA-02	1.20	1.62	NO	E1
PA-02	78059	1.25	1.67	NO	E1
PA-03	78315	1.20	1.62	NO	E1
PA-04	78059	1.75	2.17	NO	E1
PA-05	78819	1.24	1.66	NO	E1
PA-06	78812	1.30	1.72	NO	E1
SUMIDEROS					
S1	79804	1.10	1.47	NO	E1
S2	79804	1.10	1.47	NO	E1
S3	PA-03	1.22	1.59	NO	E1
S4	PA-03	1.19	1.56	NO	E1
S5	78315	1.40	1.77	NO	E1
S6	78315	1.40	1.77	NO	E1
S7	PA-01	1.10	1.47	NO	E1
S8	PA-01	1.10	1.47	NO	E1
S9	PA-02	1.20	1.57	NO	E1
S10	PA-02	1.10	1.47	NO	E1
S11	78059	1.03	1.40	NO	E1
S12	78059	1.05	1.42	NO	E1
S13	79319	1.20	1.57	NO	E1
S14	79319	1.20	1.57	NO	E1
S15	78819	1.09	1.46	NO	E1
S16	78819	1.24	1.61	NO	E1
S17	78819	1.11	1.48	NO	E1
S18	78819	1.11	1.48	NO	E1
S19	78059	1.50	1.87	NO	E1
S20	78059	1.50	1.87	NO	E1

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO
ESTACIÓN ALTAMIRA

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof. Excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
131946	131946A	0.27	1.00	2.73	3.10	0.10	0.16	0.41	1.93	0.50
131946A	131916	0.27	1.00	2.76	3.13	0.10	0.16	0.41	1.96	0.50
80268	131796	0.27	1.00	2.98	3.35	0.10	0.16	0.41	2.18	0.50
131796	131732	0.27	1.00	3.17	3.54	0.10	0.16	0.41	2.37	0.50
78819A	131750A	0.32	1.00	2.98	3.40	0.10	0.19	0.43	2.18	0.50
131750A	131732	0.32	1.00	2.63	3.05	0.10	0.19	0.43	1.83	0.50
131732A	131732	0.27	1.00	2.37	2.74	0.10	0.16	0.41	1.57	0.50
80265	80265A	0.27	1.00	2.45	2.82	0.10	0.16	0.41	1.65	0.50
80265A	131732B	0.27	1.00	2.30	2.67	0.10	0.16	0.41	1.50	0.50
PZ-V1	80265A	0.27	1.00	1.46	1.83	0.10	0.16	0.41	0.66	0.50
PZ-V2	131732B	0.27	1.00	1.75	2.12	0.10	0.16	0.41	0.95	0.50
PA-01	PA-02	0.32	1.00	1.20	1.62	0.10	0.19	0.43	0.40	0.50
PA-02	78059	0.32	1.00	1.25	1.67	0.10	0.19	0.43	0.45	0.50
PA-03	78315	0.32	1.00	1.20	1.62	0.10	0.19	0.43	0.40	0.50
PA-04	78059	0.32	1.00	1.75	2.17	0.10	0.19	0.43	0.95	0.50
PA-05	78819	0.32	1.00	1.24	1.66	0.10	0.19	0.43	0.44	0.50
PA-06	78812	0.32	1.00	1.30	1.72	0.10	0.19	0.43	0.50	0.50
SUMIDEROS										
S1	79804	0.27	1.00	1.10	1.47	0.10	0.16	0.41	0.30	0.50
S2	79804	0.27	1.00	1.10	1.47	0.10	0.16	0.41	0.30	0.50
S3	PA-03	0.27	1.00	1.22	1.59	0.10	0.16	0.41	0.42	0.50
S4	PA-03	0.27	1.00	1.19	1.56	0.10	0.16	0.41	0.39	0.50
S5	78315	0.27	1.00	1.40	1.77	0.10	0.16	0.41	0.60	0.50
S6	78315	0.27	1.00	1.40	1.77	0.10	0.16	0.41	0.60	0.50
S7	PA-01	0.27	1.00	1.10	1.47	0.10	0.16	0.41	0.30	0.50
S8	PA-01	0.27	1.00	1.10	1.47	0.10	0.16	0.41	0.30	0.50
S9	PA-02	0.27	1.00	1.20	1.57	0.10	0.16	0.41	0.40	0.50
S10	PA-02	0.27	1.00	1.10	1.47	0.10	0.16	0.41	0.30	0.50
S11	78059	0.27	1.00	1.03	1.40	0.10	0.16	0.41	0.23	0.50
S12	78059	0.27	1.00	1.05	1.42	0.10	0.16	0.41	0.25	0.50
S13	79319	0.27	1.00	1.20	1.57	0.10	0.16	0.41	0.40	0.50
S14	79319	0.27	1.00	1.20	1.57	0.10	0.16	0.41	0.40	0.50
S15	78819	0.27	1.00	1.09	1.46	0.10	0.16	0.41	0.29	0.50
S16	78819	0.27	1.00	1.24	1.61	0.10	0.16	0.41	0.44	0.50
S17	78819	0.27	1.00	1.11	1.48	0.10	0.16	0.41	0.31	0.50
S18	78819	0.27	1.00	1.11	1.48	0.10	0.16	0.41	0.31	0.50
S19	78059	0.27	1.00	1.50	1.87	0.10	0.16	0.41	0.70	0.50
S20	78059	0.27	1.00	1.50	1.87	0.10	0.16	0.41	0.70	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 15

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

$\phi (^{\circ}) =$	30
$k =$	0.333
$\mu =$	0.577

$\phi \text{ (rad)} =$	0.524
$\gamma \text{ (KN/m}^3\text{)} =$	20.0

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
PV-05	PV-06	8.50	10	0.27	2748.40	1.40	1.00	5.12	7.65	ZANJA
PV-06	79268	7.20	10	0.27	2746.97	1.16	1.00	4.25	6.34	ZANJA
CR-13	CS-04	7.30	10	0.27	2749.39	1.15	1.00	4.21	6.28	ZANJA
CS-04	PV-05	4.80	10	0.27	2749.09	1.30	1.00	4.76	7.10	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot l_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80
lf =	1.2
	1.1
	1.0

Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m

Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m

Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
PV-05	PV-06	8.50	10	0.27	1.40	1.00	2.95	2.70	3.31	24.18
PV-06	79268	7.20	10	0.27	1.16	1.00	2.53	2.28	2.89	27.70
CR-13	CS-04	7.30	10	0.27	1.15	1.00	2.51	2.26	2.87	27.86
CS-04	PV-05	4.80	10	0.27	1.30	1.00	2.78	2.53	3.13	25.53

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 15

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería
 Δy = Deflexión (m)
 Bc = Diámetro exterior de la tubería (m)
 D_L = Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
 K = Factor de soporte
 W = Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m)
 $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
 EI = Rigidez de la pared de la tubería
 E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
 I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm⁴)
 E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)
 $E' = Sc \cdot E'b$
 Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
 $E'b$: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	33000	Según el perfil geotécnico de la Pilona 15

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E' b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
PV-05	PV-06	8.50	0.27	1.00	31.83	0.105	14000	1.09	15260	0.51
PV-06	79268	7.20	0.27	1.00	34.03	0.105	14000	1.09	15260	0.54
CR-13	CS-04	7.30	0.27	1.00	34.15	0.105	14000	1.09	15260	0.54
CS-04	PV-05	4.80	0.27	1.00	32.63	0.105	14000	1.09	15260	0.52

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad
 $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$
 $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
 R_w = Factor de flotación del agua
 $R_w = 1 - 0.33(H_w/Hc)$ para $0 \leq H_w \leq H$
 $R_w = 1$ para $H_w > H$
 H_w = Altura de agua sobre la cota clave (m)
 B' = Coeficiente empírico de soporte elástico
 $B' = (1 + 4e^{(-0.213 Hc)})^{-1}$
 Hc = Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	6.00	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
PV-05	PV-06	8.50	0.27	1.40	1.00	31.83	2.5	1.0	0.25	383.57
PV-06	79268	7.20	0.27	1.16	1.00	34.03	2.5	1.0	0.24	376.25
CR-13	CS-04	7.30	0.27	1.15	1.00	34.15	2.5	1.0	0.24	375.95
CS-04	PV-05	4.80	0.27	1.30	1.00	32.63	2.5	1.0	0.25	380.52

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 15

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
PV-05	PV-06	8.50	0.27	1.40	7.65	24.18	116.51	OK
PV-06	79268.00	7.20	0.27	1.16	6.34	27.70	124.57	OK
CR-13	CS-04	7.30	0.27	1.15	6.28	27.86	124.99	OK
CS-04	PV-05	4.80	0.27	1.30	7.10	25.53	119.45	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_t = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
PV-05	PV-06	10	0.27	31.83	74.17	OK
PV-06	79268	10	0.27	34.03	79.31	OK
CR-13	CS-04	10	0.27	34.15	79.57	OK
CS-04	PV-05	10	0.27	32.63	76.04	OK

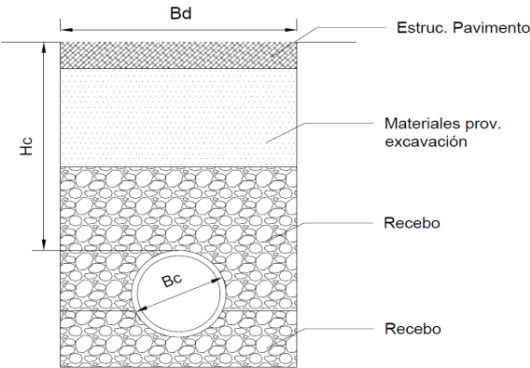
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
PV-05	PV-06	1.40	1.77	NO	E1
PV-06	79268	1.16	1.53	NO	E1
CR-13	CS-04	1.15	1.52	NO	E1
CS-04	PV-05	1.30	1.67	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
PV-05	PV-06	0.27	1.00	1.40	1.77	0.10	0.16	0.41	0.60	0.50
PV-06	79268	0.27	1.00	1.16	1.53	0.10	0.16	0.41	0.36	0.50
CR-13	CS-04	0.27	1.00	1.15	1.52	0.10	0.16	0.41	0.35	0.50
CS-04	PV-05	0.27	1.00	1.30	1.67	0.10	0.16	0.41	0.50	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 20

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30	ϕ (rad)=	0.524
k =	0.333	γ (KN/m³) =	20.0
μ =	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
PA-06	78812	8.59	12	0.32	2847.20	1.30	1.00	4.01	8.42	ZANJA
PV-06	79268	7.20	10	0.27	2746.97	1.16	1.00	4.25	6.34	ZANJA
CR-16	CS-07	1.00	10	0.27	2849.58	1.02	1.00	3.73	5.57	ZANJA
CS-07	PA-06	7.00	10	0.27	2848.16	2.42	1.00	8.86	13.22	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
I_f =	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
PA-06	78812	8.59	12	0.32	1.30	1.00	2.78	2.53	3.20	25.00
PV-06	79268	7.20	10	0.27	1.16	1.00	2.53	2.28	2.89	27.70
CR-16	CS-07	1.00	10	0.27	1.02	1.00	2.29	2.04	2.64	30.26
CS-07	PA-06	7.00	10	0.27	2.42	1.00	4.74	4.49	5.09	15.71

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 20

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc =$	Porcentaje de deflexión de la tubería
$\Delta y =$	Deflexión (m)
$Bc =$	Diámetro exterior de la tubería (m)
$D_L =$	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
$K =$	Factor de soporte
$W =$	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
$EI =$	Rígidez de la pared de la tubería
$E =$	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
$I =$	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
$E' =$	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E_b$
	Sc: Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
	E'b: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

$D_L =$	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	44000	Según el perfil geotecnico de la Pilona 20

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
PA-06	78812	8.59	0.32	1.00	33.42	0.100	11000	1.24	13629	0.56
PV-06	79268	7.20	0.27	1.00	34.03	0.100	11000	1.17	12843	0.61
CR-16	CS-07	1.00	0.27	1.00	35.84	0.100	11000	1.17	12843	0.64
CS-07	PA-06	7.00	0.27	1.00	28.93	0.100	11000	1.17	12843	0.51

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$FS =$	Factor de seguridad $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$ $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
$R_w =$	Factor de flotación del agua $R_w = 1 - 0.33(H_w/H_c)$ para $0 \leq H_w \leq H$ $R_w = 1$ para $H_w > H$
$H_w =$	Altura de agua sobre la cota clave (m)
$B' =$	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(-0.213 H_c)})^{-1}$
$H_c =$	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
H_w (m) =	5.80	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
PA-06	78812	8.59	0.32	1.30	1.00	33.42	2.5	1.0	0.25	359.61
PV-06	79268	7.20	0.27	1.16	1.00	34.03	2.5	1.0	0.24	345.17
CR-16	CS-07	1.00	0.27	1.02	1.00	35.84	2.5	1.0	0.24	341.27
CS-07	PA-06	7.00	0.27	2.42	1.00	28.93	2.5	1.0	0.30	380.83

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 20

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
PA-06	78812.00	8.59	0.32	1.30	8.42	25.00	103.15	OK
PV-06	79268.00	7.20	0.27	1.16	6.34	27.70	124.57	OK
CR-16	CS-07	1.00	0.27	1.02	5.57	30.26	131.17	OK
CS-07	PA-06	7.00	0.27	2.42	13.22	15.71	105.89	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
PA-06	78812	12	0.32	33.42	65.67	OK
PV-06	79268	10	0.27	34.03	79.31	OK
CR-16	CS-07	10	0.27	35.84	83.50	OK
CS-07	PA-06	10	0.27	28.93	67.41	OK

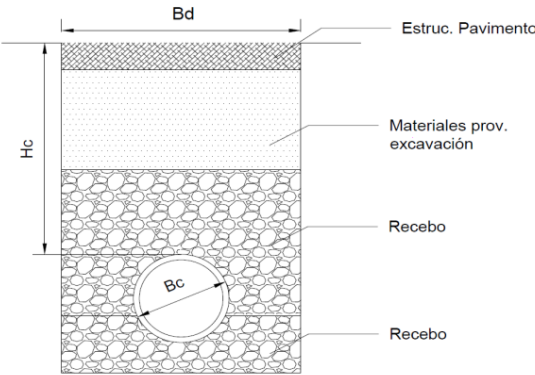
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
PA-06	78812	1.30	1.72	NO	E1
PV-06	79268	1.16	1.53	NO	E1
CR-16	CS-07	1.02	1.39	NO	E1
CS-07	PA-06	2.42	2.79	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
PA-06	78812	0.32	1.00	1.30	1.72	0.10	0.19	0.43	0.50	0.50
PV-06	79268	0.27	1.00	1.16	1.53	0.10	0.16	0.41	0.36	0.50
CR-16	CS-07	0.27	1.00	1.02	1.39	0.10	0.16	0.41	0.22	0.50
CS-07	PA-06	0.27	1.00	2.42	2.79	0.10	0.16	0.41	1.62	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 3

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30	ϕ (rad)=	0.524
k =	0.333	γ (KN/m³) =	20.0
μ =	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-01	131765	7.50	10	0.27	2633.89	1.00	1.00	3.66	5.46	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m Para profundidades de instalación >0.91 m
I_f =	1.2	
	1.1	
	1.0	

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-01	131765	7.50	10	0.27	1.00	1.00	2.25	2.00	2.61	30.67

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 3

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ =	Porcentaje de deflexión de la tubería
Δy =	Deflexión (m)
Bc =	Diámetro exterior de la tubería (m)
D_L =	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
K =	Factor de soporte
W =	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
EI =	Rígidez de la pared de la tubería
E =	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
I =	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
E' =	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E_b$ Sc: Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035. E_b : Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	30800	Según el perfil geotecnico de la Pilona 3

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-01	131765	7.50	0.27	1.00	36.13	0.100	11000	1.12	12320	0.67

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS =	Factor de seguridad $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$ $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
R_w =	Factor de flotación del agua $R_w = 1 - 0.33(H_w/Hc)$ para $0 \leq H_w \leq H$ $R_w = 1$ para $H_w > H$
H_w =	Altura de agua sobre la cota clave (m)
B' =	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(0.213 Hc)})^{-1}$
Hc =	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
H_w (m) =	5.44	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{aadm} (KPa)
CR-01	131765	7.50	0.27	1.00	1.00	36.13	2.5	1.0	0.24	333.71

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 3

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_v}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-01	131765.00	7.50	0.27	1.00	5.46	30.67	132.26	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-01	131765	10	0.27	36.13	84.20	OK

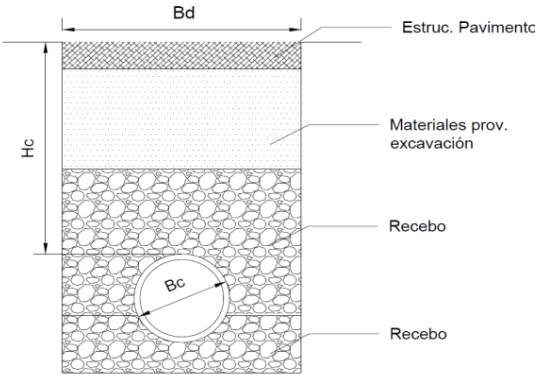
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-01	131765	1.00	1.37	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-01	131765	0.27	1.00	1.00	1.37	0.10	0.16	0.41	0.20	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 4

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

$\phi (^{\circ})=$	30	$\phi \text{ (rad)}=$	0.524
$k =$	0.333	$\gamma \text{ (KN/m}^3\text{)} =$	20.0
$\mu =$	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-02	131835	9.90	10	0.27	2654.80	1.80	1.00	6.59	9.84	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot l_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
lf =	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-02	131835	9.90	10	0.27	1.80	1.00	3.65	3.40	4.01	19.96

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 4

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc =$	Porcentaje de deflexión de la tubería
$\Delta y =$	Deflexión (m)
$Bc =$	Diámetro exterior de la tubería (m)
$D_L =$	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
$K =$	Factor de soporte
$W =$	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
$EI =$	Rigidez de la pared de la tubería
$E =$	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
$I =$	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
$E' =$	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E'b$
	Sc: Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
	E'b: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

$D_L =$	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	50600	Según el perfil geotécnico de la Pilona 4

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-02	131835	9.90	0.27	1.00	29.79	0.100	11000	1.19	13090	0.52

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS =	Factor de seguridad FS = 2.5 para $H_c/D \geq 2$ FS = 3.0 para $H_c/D < 2$
Rw =	Factor de flotación del agua $Rw = 1 - 0.33(H_w/H_c)$ para $0 \leq H_w \leq H$ $Rw = 1$ para $H_w > H$
Hw =	Altura de agua sobre la cota clave (m)
B' =	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(-0.213 H_c)})^{-1}$
Hc =	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	4.72	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-02	131835	9.90	0.27	1.80	1.00	29.79	2.5	1.0	0.27	366.65

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 4

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-02	131835.00	9.90	0.27	1.80	9.84	19.96	109.05	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_C}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_t = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-02	131835	10	0.27	29.79	69.42	OK

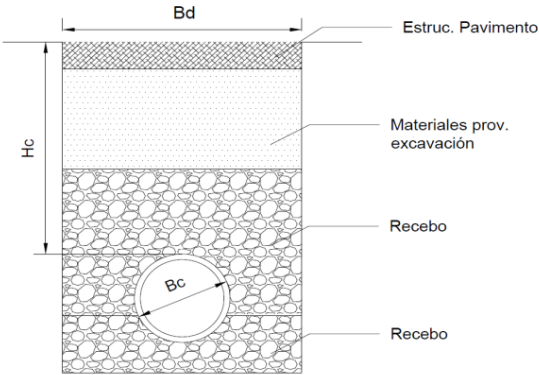
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-02	131835	1.80	2.17	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-02	131835	0.27	1.00	1.80	2.17	0.10	0.16	0.41	1.00	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 5

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

$\phi (^{\circ}) =$	30	$\phi (\text{rad}) =$	0.524
$k =$	0.333	$\gamma (\text{KN/m}^3) =$	20.0
$\mu =$	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-03	131828A	6.00	10	0.27	2668.71	1.44	1.00	5.27	7.87	ZANJA
131828A	131828B	9.64	10	0.27	2668.65	1.44	1.00	5.27	7.87	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot l_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
lf =	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-03	131828A	6.00	10	0.27	1.44	1.00	3.02	2.77	3.38	23.68
131828A	131828B	9.64	10	0.27	1.44	1.00	3.02	2.77	3.38	23.68

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 5

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ =	Porcentaje de deflexión de la tubería
Δy =	Deflexión (m)
Bc =	Diámetro exterior de la tubería (m)
D_L =	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
K =	Factor de soporte
W =	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
EI =	Rígidez de la pared de la tubería
E =	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
I =	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
E' =	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E'b$
	Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
	$E'b$: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	31400	Según el perfil geotecnico de la Pilon 5

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-03	131828A	6.00	0.27	1.00	31.55	0.100	11000	1.12	12320	0.58
131828A	131828B	9.64	0.27	1.00	31.55	0.100	11000	1.12	12320	0.58

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS =	Factor de seguridad $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$ $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
R_w =	Factor de flotación del agua $R_w = 1 - 0.33(H_w/H_c)$ para $0 \leq H_w \leq H$ $R_w = 1$ para $H_w > H$
H_w =	Altura de agua sobre la cota clave (m)
B' =	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(-0.213 H_c)})^{-1}$
H_c =	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
H_w (m) =	7.18	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-03	131828A	6.00	0.27	1.44	1.00	31.55	2.5	1.0	0.25	345.75
131828A	131828B	9.64	0.27	1.44	1.00	31.55	2.5	1.0	0.25	345.75

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 5

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-03	131828A	6.00	0.27	1.44	7.87	23.68	115.47	OK
131828A	131828B	9.64	0.27	1.44	7.87	23.68	115.47	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_t = Carga total sobre la tubería (KN/m)
 B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
 A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-03	131828A	10	0.27	31.55	73.51	OK
131828A	131828B	10	0.27	31.55	73.51	OK

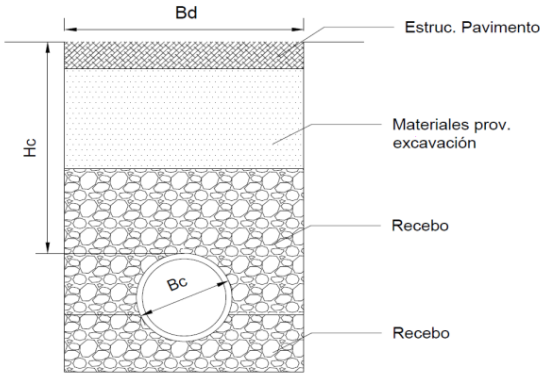
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-03	131828A	1.44	1.81	NO	E1
131828A	131828B	1.44	1.81	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-03	131828A	0.27	1.00	1.44	1.81	0.10	0.16	0.41	0.64	0.50
131828A	131828B	0.27	1.00	1.44	1.81	0.10	0.16	0.41	0.64	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 6

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30
k =	0.333
μ =	0.577

ϕ (rad)=	0.524
γ (KN/m³) =	20.0

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-04	156416B	11.50	10	0.27	2665.18	2.12	1.00	7.76	11.58	ZANJA
CR-05	156416	10.00	10	0.27	2668.07	1.88	1.00	6.88	10.27	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m Para profundidades de instalación >0.91 m
I_f =	1.2	
	1.1	
	1.0	

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-04	156416B	11.50	10	0.27	2.12	1.00	4.21	3.96	4.57	17.51
CR-05	156416	10.00	10	0.27	1.88	1.00	3.79	3.54	4.15	19.28

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 6

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc =$	Porcentaje de deflexión de la tubería
$\Delta y =$	Deflexión (m)
$Bc =$	Diámetro exterior de la tubería (m)
$D_L =$	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
$K =$	Factor de soporte
$W =$	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
$EI =$	Rígidez de la pared de la tubería
$E =$	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
$I =$	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
$E' =$	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E'b$
	Sc: Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
	E'b: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

$D_L =$	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	57200	Según el perfil geotécnico de la Pilon 6

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E' b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-04	156416B	11.50	0.27	1.00	29.09	0.100	11000	1.20	13200	0.50
CR-05	156416	10.00	0.27	1.00	29.56	0.100	11000	1.20	13200	0.51

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$FS =$	Factor de seguridad $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$ $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
$Rw =$	Factor de flotación del agua $Rw = 1 - 0.33(Hw/Hc)$ para $0 \leq Hw \leq H$ $Rw = 1$ para $Hw > H$
$Hw =$	Altura de agua sobre la cota clave (m)
$B' =$	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(0.213 Hc)})^{-1}$
$Hc =$	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	2.44	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-04	156416B	11.50	0.27	2.12	1.00	29.09	2.5	1.0	0.28	377.40
CR-05	156416	10.00	0.27	1.88	1.00	29.56	2.5	1.0	0.27	370.48

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 6

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	q _{aact} (kPa)	q _{aact} ≤ q _{adm}
CR-04	156416B	11.50	0.27	2.12	11.58	17.51	106.50	OK
CR-05	156416.00	10.00	0.27	1.88	10.27	19.28	108.18	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (kPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-04	156416B	10	0.27	29.09	67.80	OK
CR-05	156416	10	0.27	29.56	68.87	OK

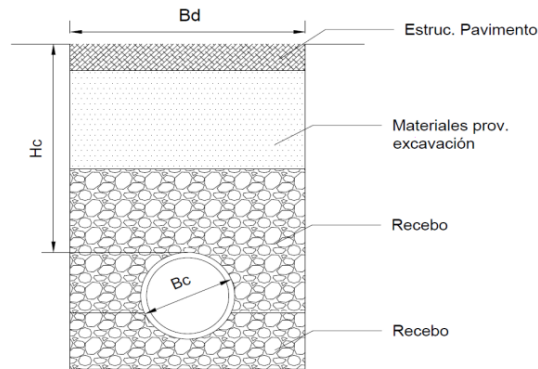
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-04	156416B	2.12	2.49	NO	E1
CR-05	156416	1.88	2.25	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-04	156416B	0.27	1.00	2.12	2.49	0.10	0.16	0.41	1.32	0.50
CR-05	156416	0.27	1.00	1.88	2.25	0.10	0.16	0.41	1.08	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 8

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30	ϕ (rad)=	0.524
k =	0.333	γ (KN/m³) =	20.0
μ =	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-07	CR-08	7.30	10	0.27	2739.24	1.24	1.00	4.54	6.78	ZANJA
CR-08	156468	4.75	10	0.27	2739.09	1.43	1.00	5.23	7.81	ZANJA
CR-06	CR-08	8.70	10	0.27	2740.77	1.40	1.00	5.12	7.65	ZANJA
CR-09	81031	2.00	10	0.27	2736.08	1.04	1.00	3.81	5.68	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot l_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
lf =	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-07	CR-08	7.30	10	0.27	1.24	1.00	2.67	2.42	3.03	26.42
CR-08	156468	4.75	10	0.27	1.43	1.00	3.00	2.75	3.36	23.80
CR-06	CR-08	8.70	10	0.27	1.40	1.00	2.95	2.70	3.31	24.18
CR-09	81031	2.00	10	0.27	1.04	1.00	2.32	2.07	2.68	29.87

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 8

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc =$	Porcentaje de deflexión de la tubería
$\Delta y =$	Deflexión (m)
$Bc =$	Diámetro exterior de la tubería (m)
$D_L =$	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
$K =$	Factor de soporte
$W =$	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
$EI =$	Rígidez de la pared de la tubería
$E =$	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
$I =$	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
$E' =$	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E'b$
	Sc: Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
	E'b: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

$D_L =$	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	37400	Según el perfil geotécnico de la Pilona 8

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E' b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-07	CR-08	7.30	0.27	1.00	33.19	0.100	11000	1.15	12650	0.60
CR-08	156468	4.75	0.27	1.00	31.62	0.100	11000	1.15	12650	0.57
CR-06	CR-08	8.70	0.27	1.00	31.83	0.100	11000	1.15	12650	0.57
CR-09	81031	2.00	0.27	1.00	35.55	0.100	11000	1.15	12650	0.64

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$FS =$	Factor de seguridad $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$ $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
$Rw =$	Factor de flotación del agua $Rw = 1 - 0.33(Hw/Hc)$ para $0 \leq Hw \leq H$ $Rw = 1$ para $Hw > H$
$Hw =$	Altura de agua sobre la cota clave (m)
$B' =$	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(-0.213 Hc)})^{-1}$
$Hc =$	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ⁶) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ⁶) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
Hw (m) =	6.30	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-07	CR-08	7.30	0.27	1.24	1.00	33.19	2.5	1.0	0.25	344.79
CR-08	156468	4.75	0.27	1.43	1.00	31.62	2.5	1.0	0.25	350.07
CR-06	CR-08	8.70	0.27	1.40	1.00	31.83	2.5	1.0	0.25	349.23
CR-09	81031	2.00	0.27	1.04	1.00	35.55	2.5	1.0	0.24	339.26

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 8

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_V}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-07	CR-08	7.30	0.27	1.24	6.78	26.42	121.49	OK
CR-08	156468.00	4.75	0.27	1.43	7.81	23.80	115.72	OK
CR-06	CR-08	8.70	0.27	1.40	7.65	24.18	116.51	OK
CR-09	81031.00	2.00	0.27	1.04	5.68	29.87	130.12	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-07	CR-08	10	0.27	33.19	77.34	OK
CR-08	156468	10	0.27	31.62	73.67	OK
CR-06	CR-08	10	0.27	31.83	74.17	OK
CR-09	81031	10	0.27	35.55	82.84	OK

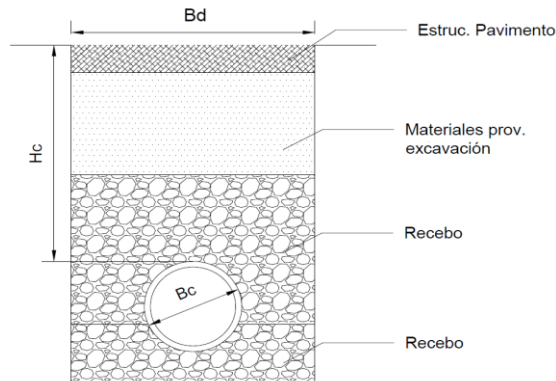
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entiabdo
CR-07	CR-08	1.24	1.61	NO	E1
CR-08	156468	1.43	1.80	NO	E1
CR-06	CR-08	1.40	1.77	NO	E1
CR-09	81031	1.04	1.41	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-07	CR-08	0.27	1.00	1.24	1.61	0.10	0.16	0.41	0.44	0.50
CR-08	156468	0.27	1.00	1.43	1.80	0.10	0.16	0.41	0.63	0.50
CR-06	CR-08	0.27	1.00	1.40	1.77	0.10	0.16	0.41	0.60	0.50
CR-09	81031	0.27	1.00	1.04	1.41	0.10	0.16	0.41	0.24	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 14

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30
k =	0.333
μ =	0.577

ϕ (rad)=	0.524
γ (KN/m³) =	20.0

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-12	CS-01	2.00	10	0.27	2739.80	1.20	1.00	4.39	6.56	ZANJA
CS-01	77724	8.50	10	0.27	2739.76	1.04	1.00	3.81	5.68	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
I_f =	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. L _e (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-12	CS-01	2.00	10	0.27	1.20	1.00	2.60	2.35	2.96	27.04
CS-01	77724	8.50	10	0.27	1.04	1.00	2.32	2.07	2.68	29.87

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 14

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería
 Δy = Deflexión (m)
 Bc = Diámetro exterior de la tubería (m)
 D_L = Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
 K = Factor de soporte
 W = Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m)
 $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
 EI = Rigidez de la pared de la tubería
 E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
 I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm⁴)
 E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)
 $E' = Sc \cdot E'b$
 Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
 $E'b$: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	33000	Según el perfil geotecnico de la Pilona 14

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-12	CS-01	2.00	0.27	1.00	33.60	0.100	11000	1.13	12430	0.62
CS-01	77724	8.50	0.27	1.00	35.55	0.100	11000	1.13	12430	0.65

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad
 $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$
 $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
 R_w = Factor de flotación del agua
 $R_w = 1 - 0.33(H_w/H_c)$ para $0 \leq H_w \leq H$
 $R_w = 1$ para $H_w > H$
 H_w = Altura de agua sobre la cota clave (m)
 B' = Coeficiente empírico de soporte elástico
 $B' = (1 + 4e^{(-0.213 H_c)})^{-1}$
 H_c = Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
H_w (m) =	4.00	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-12	CS-01	2.00	0.27	1.20	1.00	33.60	2.5	1.0	0.24	340.68
CS-01	77724	8.50	0.27	1.04	1.00	35.55	2.5	1.0	0.24	336.29

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 14

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_v}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-12	CS-01	2.00	0.27	1.20	6.56	27.04	122.98	OK
CS-01	77724.00	8.50	0.27	1.04	5.68	29.87	130.12	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-12	CS-01	10	0.27	33.60	78.29	OK
CS-01	77724	10	0.27	35.55	82.84	OK

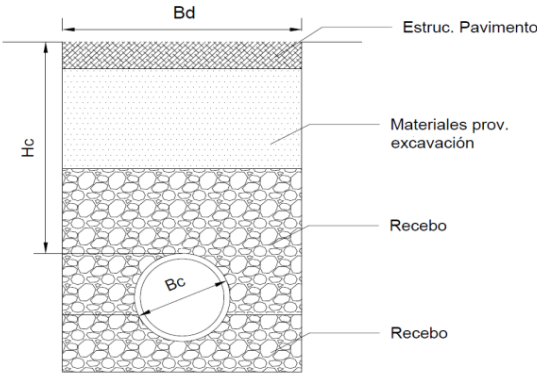
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo De	Pozo A	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-12	CS-01	1.20	1.57	NO	E1
CS-01	77724	1.04	1.41	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-12	CS-01	0.27	1.00	1.20	1.57	0.10	0.16	0.41	0.40	0.50
CS-01	77724	0.27	1.00	1.04	1.41	0.10	0.16	0.41	0.24	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 19

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30	ϕ (rad)=	0.524
k =	0.333	γ (KN/m³) =	20.0
μ =	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-15	CS-06	3.00	10	0.27	2837.80	0.81	1.00	2.96	4.43	ZANJA
CS-06	PA-04	11.10	10	0.27	2837.74	0.81	1.00	2.96	4.43	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3 B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
I_f =	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. L _e (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-15	CS-06	3.00	10	0.27	0.81	1.00	1.92	1.67	2.28	38.66
CS-06	PA-04	11.10	10	0.27	0.81	1.00	1.92	1.67	2.28	38.66

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 19

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería
 Δy = Deflexión (m)
 Bc = Diámetro exterior de la tubería (m)
 D_L = Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
 K = Factor de soporte
 W = Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m)
 $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
 EI = Rigidez de la pared de la tubería
 E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
 I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm⁴)
 E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)
 $E' = Sc \cdot E'b$
 Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035.
 $E'b$: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

D_L =	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	5550	Según el perfil geotecnico de la Pilona 19

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E'b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-15	CS-06	3.00	0.27	1.00	43.09	0.100	11000	0.93	10281	0.94
CS-06	PA-04	11.10	0.27	1.00	43.09	0.100	11000	0.93	10281	0.94

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad
 $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$
 $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
 R_w = Factor de flotación del agua
 $R_w = 1 - 0.33(H_w/H_c)$ para $0 \leq H_w \leq H$
 $R_w = 1$ para $H_w > H$
 H_w = Altura de agua sobre la cota clave (m)
 B' = Coeficiente empírico de soporte elástico
 $B' = (1 + 4e^{(-0.213 H_c)})^{-1}$
 H_c = Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
H_w (m) =	5.00	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-15	CS-06	3.00	0.27	0.81	1.00	43.09	2.5	1.0	0.23	300.14
CS-06	PA-04	11.10	0.27	0.81	1.00	43.09	2.5	1.0	0.23	300.14

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 19

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_v}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-15	CS-06	3.00	0.27	0.81	4.43	38.66	157.72	OK
CS-06	PA-04	11.10	0.27	0.81	4.43	38.66	157.72	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c , se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
 B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
 A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC $\sigma_{c \text{ máx}} = 67500 \text{ KN/m}^2$

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ_c (KPa)	$\sigma_c < \sigma_{c \text{ máx}}$
CR-15	CS-06	10	0.27	43.09	100.41	OK
CS-06	PA-04	10	0.27	43.09	100.41	OK

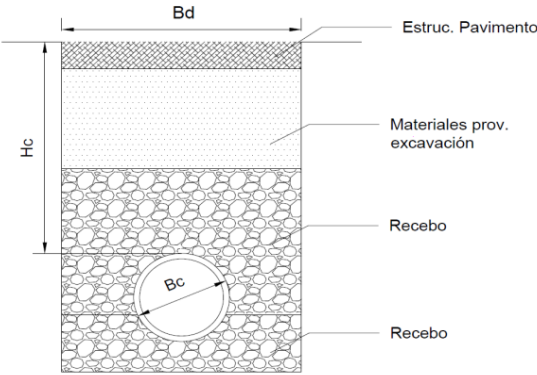
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo de	Pozo a	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-15	CS-06	0.81	1.18	NO	E1
CS-06	PA-04	0.81	1.18	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-15	CS-06	0.27	1.00	0.81	1.18	0.10	0.16	0.41	0.01	0.50
CS-06	PA-04	0.27	1.00	0.81	1.18	0.10	0.16	0.41	0.01	0.50

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 21

1. Determinación de las Condiciones de Carga

1.1 Cargas muertas

Tubería enterrada en zanja angosta $B_d < 2 B_c$

$$W_d = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2 \cdot \frac{B_c}{B_d}$$

Donde:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H_c}{B_d}}}{2 \cdot k \cdot \mu}$$

$$k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\mu = \tan \phi$$

Tubería enterrada en zanja ancha $B_d > 2 B_c$

$$W_d = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$$

Donde:

$$C_c = \frac{H_c}{B_c}$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas muertas sobre las tuberías:

ϕ (°)=	30	ϕ (rad)=	0.524
k =	0.333	γ (KN/m³) =	20.0
μ =	0.577		

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Cota Clave (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Cd ó Cc	Carga muerta Wd (KN/m)	Condición de Instalación
CR-17	CS-08	3.00	10	0.27	2862.86	1.70	1.00	6.22	9.29	ZANJA
CS-08	78561D	5.60	10	0.27	2862.16	1.05	1.00	3.84	5.74	ZANJA

1.2 Cargas vivas en vías

$$W_v = \frac{W \cdot I_f \cdot L \cdot S_L}{L_e \cdot A_{LL}}$$

Donde:

$$A_{LL} = (0.25 + 1.75 \cdot H) \cdot (0.50 + 1.75 \cdot H)$$

$$L = 0.5 + 1.75 \cdot H$$

$$S_L = 0.25 + 1.75 H$$

$$L_e = L + 1.75 \cdot \left(\frac{3 B_c}{4} \right)$$

Con los siguientes valores se calcularon las cargas vivas sobre las tuberías:

W (KN) =	80	
I_f =	1.2	Para profundidades de instalación entre 0.31 y 0.60 m
	1.1	Para profundidades de instalación entre 0.60 y 0.90 m
	1.0	Para profundidades de instalación >0.91 m

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Long. de A _{LL} - L (m)	Ancho de A _{LL} S _L (m)	Long. Efect. Le (m)	Carga viva Wv (KN/m)
CR-17	CS-08	3.00	10	0.27	1.70	1.00	3.48	3.23	3.83	20.87
CS-08	78561D	5.60	10	0.27	1.05	1.00	2.34	2.09	2.70	29.67

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 21

2. Condición Límite de Deflexión

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud, puede estimarse por la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L \cdot K \cdot W}{\frac{8EI}{Bc^3} + 0.061 \cdot E'} \cdot 100\%$$

Donde:

$\Delta y / Bc =$	Porcentaje de deflexión de la tubería
$\Delta y =$	Deflexión (m)
$Bc =$	Diámetro exterior de la tubería (m)
$D_L =$	Factor de retardo de la deflexión (1.0 - 1.5)
$K =$	Factor de soporte
$W =$	Carga total por unidad de medida de la tubería (N/m) $W = W_m + W_v$ (Carga muerta + Carga viva)
$EI =$	Rígidez de la pared de la tubería
$E =$	Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)
$I =$	Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (mm ⁴)
$E' =$	Módulo de reacción de la subrasante (MPa) $E' = Sc \cdot E'b$ Sc : Factor combinado de soporte del suelo, depende de los valores presentados en la Tabla 5 de NS-035. $E'b$: Módulo de elasticidad de los materiales de relleno compactados (Mpa)

Los valores para cada uno de estos factores son los siguientes:

$D_L =$	1.5	
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	8.49	Para tuberías PVC Novafort (0.149*57 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	59.8	Para tuberías PVC Novafort
$8EI/Bc^3$ (Psi) =	4.17	Para tuberías PVC Novaloc (0.149*28 Psi)
$8EI/Bc^3$ (KN/m ²) =	29.4	Para tuberías PVC Novaloc
En (KN/m ²) =	19800	Según el perfil geotecnico de la Estación Altamira

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	K	E' b (KN/m ²)	Sc	E' (KN/m ²)	$\Delta y / Bc^1$ (%)
CR-17	CS-08	3.00	0.27	1.00	30.16	0.100	11000	1.04	11484	0.59
CS-08	78561D	5.60	0.27	1.00	35.41	0.100	11000	1.04	11484	0.70

¹ De acuerdo con la Norma NS-035 de la EAAB la Deflexión Máxima Admisible ($\Delta y/Bc$) en Tuberías PVC no debe ser mayor a 7.5% (Norma ASTM D-3034). Por lo tanto se considera que con el tipo de cimentación adoptada, se cumple este con este criterio.

3. Condición Límite de Pandeo

La presión admisible de pandeo en una tubería enterrada en suelo natural como resultado de las cargas que actúan sobre ella y de las deformaciones que sufre, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$q_a = \frac{1}{FS} \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{EI}{D^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$FS =$	Factor de seguridad $FS = 2.5$ para $Hc/D \geq 2$ $FS = 3.0$ para $Hc/D < 2$
$R_w =$	Factor de flotación del agua $R_w = 1 - 0.33(H_w/Hc)$ para $0 \leq H_w \leq H$ $R_w = 1$ para $H_w > H$
$H_w =$	Altura de agua sobre la cota clave (m)
$B' =$	Coefficiente empírico de soporte elástico $B' = (1 + 4e^{(0.213 Hc)})^{-1}$
$Hc =$	Altura de relleno sobre la tubería (m)

EI/D^3 (KN/m ²) =	7.47	Para tuberías PVC Novafort
EI/D^3 (KN/m ²) =	3.67	Para tuberías PVC Novaloc
H_w (m) =	5.00	De acuerdo con las perforaciones realizadas

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Ancho zanja Bd (m)	Carga Total W (KN/m)	FS	Rw	B'	q_{adm} (KPa)
CR-17	CS-08	3.00	0.27	1.70	1.00	30.16	2.5	1.0	0.26	340.74
CS-08	78561D	5.60	0.27	1.05	1.00	35.41	2.5	1.0	0.24	323.51

MEMORIA DE CÁLCULO
CIMENTACIÓN TUBERÍAS FLEXIBLES - CONEXIONES DE SUMIDEROS PILONA 21

Las presiones actuantes se determinaron mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma_W \cdot h_W + \frac{R_W \cdot W_d}{D} + \frac{W_v}{D} \leq q_{adm}$$

Pozo de	Pozo a	Longitud (m)	Diám Bc (m)	Hc (m)	Carga muerta Wd (KN/m)	Carga viva Wv (KN/m)	qa _{act} (KPa)	qa _{act} ≤ qa _{adm}
CR-17	CS-08	3.00	0.27	1.70	9.29	20.87	110.38	OK
CS-08	78561D	5.60	0.27	1.05	5.74	29.67	129.61	OK

4. Condición Límite de Rotura de Pared (Wall Crushing)

La compresión del anillo σ_c, se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{W_T \cdot B_c}{2 \cdot A}$$

Donde:

W_T = Carga total sobre la tubería (KN/m)
B_c = Diámetro exterior de la tubería (m)
A = Área de la sección transversal (m²)

Este valor debe ser inferior al esfuerzo máximo de compresión del PVC σ_{c máx} = 67500 KN/m²

Pozo de	Pozo a	Diám Nominal (in)	Diám Bc (m)	Carga Total W (KN/m)	σ _c (KPa)	σ _c < σ _{c máx}
CR-17	CS-08	10	0.27	30.16	70.27	OK
CS-08	78561D	10	0.27	35.41	82.51	OK

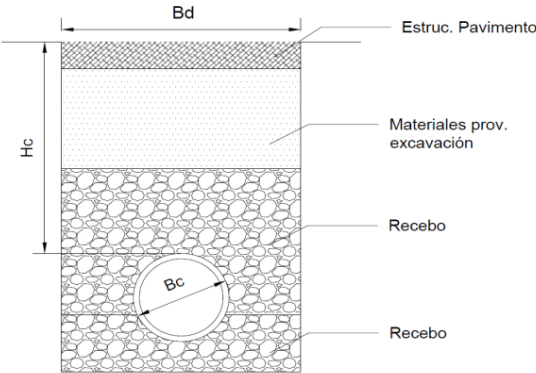
5. Entibados

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Pozo de	Pozo a	Hc (m)	Prof excavación (m)	Cárcamo	Entibado
CR-17	CS-08	1.70	2.07	NO	E1
CS-08	78561D	1.05	1.42	NO	E1

6. Cimentación

Teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico y los espesores para cada tramo de la red.



Pozo de	Pozo a	Bc (m)	Bd (m)	Hc (m)	Prof excavación (m)	Espesor cama (m)	Espesor atraque (m)	Espesor R. inicial (m)	Espesor R. final (m)	Espesor acabado (m)
CR-17	CS-08	0.27	1.00	1.70	2.07	0.10	0.16	0.41	0.90	0.50
CS-08	78561D	0.27	1.00	1.05	1.42	0.10	0.16	0.41	0.25	0.50