

A.1.7 RESISTENCIA AL ENTERRAMIENTO (PEAD).

A. Diseño de Sistemas de Agua Potable.

A.1. Acueductos a Gravedad.

Cabrera Delgadillo Manuel M. y Mejía Suárez Juan Carlos.

Resumen

Se incluye en este módulo el cálculo de respuesta a cargas verticales, de una tubería flexible (plástico) enterrada, estableciendo un sistema de resistencia suelo-tubería. En particular se analiza la instalación enterrada de una tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

Una tubería enterrada que se utiliza para transportar fluidos a presión debe resistir de manera segura todas las tensiones y esfuerzos que pueden resultar de dos tipos de cargas: las cargas internas causadas por la presión de trabajo del fluido y la dinámica del flujo (por ejemplo, golpe de ariete); y las cargas externas que generalmente incluyen, el peso de relleno (carga muerta) y la presión al suelo de los vehículos (carga viva), pero también pueden incluir presiones adicionales resultantes del agua subterránea, presión de vacío y estructuras en la superficie.

Para ejemplificar la solución de una tubería enterrada, se describe una secuencia de cálculo para el diseño de una sección de enterramiento de un conducto a presión, como parte de la solución de la ingeniería de detalle o proyecto ejecutivo de una Línea de Conducción, que emplea tubería de PEAD. La secuencia se basa en normatividad ASTM International y AWWA International, en las que concurren otras normas tanto de diseño como de instalación de tuberías.

Para enriquecer el aprendizaje se han propuesto, 3 ejercicios básicos, para comprender los tres parámetros básicos esenciales en el análisis y diseño de cualquier instalación de un conducto flexible, a) cargas (muertas debido a la profundidad del relleno y cargas vivas), b) el módulo de reacción del suelo y c) la rigidez de la tubería; más otros casos, para que el participante comprenda la aplicación y utilidad de los modelos matemáticos, ante la variabilidad del suelo de enterramiento, considerando las propiedades y el RD en relación con resistencia de la tubería.

Contenido

Resumen	1
Índice de figuras.....	4
Índice de tablas	4
Simbología y abreviaturas.....	5
Presentación del módulo.....	6
Objetivos del curso.....	6
Actividades.....	7
Normas aplicadas.....	7
Alcance.....	8
Antecedentes.....	8
1 Marco teórico.....	9
1.1 Análisis de tuberías flexibles.....	10
1.1.1 Solución estructural.....	11
1.1.2 Factor de deflexión de retraso (DL).....	14
1.1.3 Carga muerta (WC).....	14
1.1.4 Carga viva (WL).....	17
1.1.4.1 Magnitud de carga de ruedas (P).....	18
1.1.4.2 Factor de Impacto (If).....	20
1.1.4.3 Factor de distribución de carga viva (LLDF).....	20
1.1.4.4 Coeficiente de plantilla (Kx).....	21
1.1.5 Carga Superficial (Ws).....	22
1.1.6 Rigidez de la tubería (PS).....	23
1.1.7 Módulo de reacción del suelo (E').....	26
1.1.7.1 Clasificación del suelo por su rigidez.....	27
2 Metodología.....	34
2.1 Hoja cálculo de enterramiento de una tubería flexible.....	35
2.1.1 Datos de Proyecto (Renglones del 1 al 5).....	35
2.1.1.1 Renglón 2 - Nombre del Proyecto.....	35
2.1.1.2 Renglón 3 – Ubicación del Proyecto.....	35
2.1.1.3 Renglón 4 – Tramo o Cadenamiento del Proyecto.....	35
2.1.1.4 Renglón 5 – Tipo de Proyecto.....	35
2.1.2 Altura sobre lomo de tubería (Renglones del 6 al 16).....	36
2.1.2.1 Renglón 7 y 8 – Descripción de las columnas.....	36
2.1.2.2 Renglón 9 – Riel ferroviario.....	36
2.1.2.3 Renglón 10 – Durmientes.....	37
2.1.2.4 Renglón 11 – Capa de Balasto.....	37
2.1.2.5 Renglón 12 – Carpeta o pavimento de Asfalto.....	37
2.1.2.6 Renglón 13 – Carpeta o pavimento de Concreto Hidráulico.....	37
2.1.2.7 Renglón 14 – Capa Subyacente.....	38
2.1.2.8 Renglón 15 – Capa de relleno final.....	38
2.1.2.9 Renglón 16 – Capa de relleno inicial.....	38
2.1.3 Características de la zanja y tubería (Renglones del 17 al 28).....	38
2.1.3.1 Renglón 18 – Descripción de las columnas.....	38
2.1.3.2 Renglón 19 – Descripción de capas de la altura sobre lomo de tubería (Hc).....	39
2.1.3.3 Renglón 20 – Densidad Promedio del suelo (ρ).....	39
2.1.3.4 Renglón 21 – Ancho mínimo de la zanja (B_D).....	39
2.1.3.5 Renglón 22 – Diámetro nominal (D_n).....	40
2.1.3.6 Renglón 23 – Relación de dimensión (RD).....	40
2.1.3.7 Renglón 25 - Módulo a corto plazo (PS_{CP}).....	41
2.1.3.8 Renglón 26 - Módulo a largo plazo (PS_{LP}).....	41
2.1.3.9 Renglón 27 y 28 - Modulo de reacción del suelo (E').....	41
2.1.4 Solución estructural (Renglones del 29 al 55).....	41
2.1.4.1 Renglón 30 – Presión lateral del suelo y fricción ($k\sigma$).....	42

2.1.4.2	Renglón 31 – Relación de altura y ancho de zanja (Hc/BD).....	42
2.1.4.3	Renglón 32 – Coeficiente de carga (Cd).....	42
2.1.4.4	Renglón 33 – Carga muerta (Wc).....	42
2.1.4.5	Renglón 34 – Factor múltiple de carga (Mp).....	42
2.1.4.6	Renglón 35 – Carga de ruedas (P).....	43
2.1.4.7	Renglón 36 – factor de impacto (If).....	43
2.1.4.8	Renglón 37 – Factor de distribución de carga viva (LLDF).....	43
2.1.4.9	Renglón 38 – Longitud de huella de llanta (t1).....	43
2.1.4.10	Renglón 39 – Longitud paralela (L1).....	44
2.1.4.11	Renglón 40 – Ancho de huella de llanta (tw).....	44
2.1.4.12	Renglón 41 – Profundidad de interacción (hint).....	44
2.1.4.13	Renglón 42 – Longitud perpendicular (L2).....	44
2.1.4.14	Renglón 43 – Carga viva (WL).....	44
2.1.4.15	Renglón 44 – Otra carga impuesta al tubo (W).....	45
2.1.4.16	Renglón 45 – Ubicación longitudinal (X).....	45
2.1.4.17	Renglón 46 – Ubicación perpendicular (Y).....	45
2.1.4.18	Renglón 47 – Distancia espacial de aplicación (R).....	45
2.1.4.19	Renglón 48 – Otra carga superficial (Ws).....	45
2.1.4.20	Renglón 49 – Angulo contacto plantilla (□).....	46
2.1.4.21	Renglón 50 – Factor de plantilla (Kx).....	46
2.1.4.22	Renglón 51 – Factor deflexión de retraso (DL).....	46
2.1.4.23	Renglón 52 – Aplastamiento efectivo (□W).....	46
2.1.4.24	Renglón 53 – Resistencia al aplastamiento (RA).....	46
2.1.4.25	Renglón 54 – Deformación diametral (□y).....	47
2.1.4.26	Renglón 55 – Evaluación deformación < 2% (□y/D).....	47
3	Casos de análisis.....	47
3.1	Enterramiento estándar para diámetro de 610 mm (24 in) RD 32.5, a corto plazo.....	48
3.1.1	Enterramiento estándar para diámetro de 610 mm (24 in) RD 32.5, a largo plazo.....	48
3.2	Enterramiento estándar para diámetro de 610 mm (24 in) RD 7, a corto plazo.....	48
3.2.1	Enterramiento estándar para diámetro de 610 mm (24 in) RD 7, a largo plazo.....	49
3.3	Enterramiento estándar para diámetro de 762 mm (30 in) RD 32.5, a corto plazo.....	49
3.3.1	Enterramiento estándar para diámetro de 762 mm (30 in) a largo plazo.....	49
3.4	Enterramiento estándar para diámetro de 762 mm (30 in) RD 7, a corto plazo.....	49
3.4.1	Enterramiento estándar para diámetro de 762 mm (30 in) RD7, a largo plazo.....	49
3.5	Cruce de ferrocarril para diámetro de 610 mm (24 in) RD 26, a corto plazo.....	49
3.5.1	Cruce de ferrocarril para diámetro de 610 mm (24 in) RD 26, a largo plazo.....	50
3.6	Cruce de ferrocarril para diámetro de 762 mm (30 in) RD 26, a corto plazo.....	50
3.6.1	Cruce de ferrocarril para diámetro de 762 mm (30 in) RD 26, a largo plazo.....	50
3.7	Enterramiento subsuperficial para diámetro de 610 mm (24 in) RD 17, a corto plazo.....	50
3.7.1	Enterramiento subsuperficial para diámetro de 610 mm (24 in) RD 17, a largo plazo.....	50
3.8	Enterramiento subsuperficial para diámetro de 762 mm (30 in) RD 17, a corto plazo.....	50
3.8.1	Enterramiento subsuperficial para diámetro de 762 mm (30 in) a largo plazo.....	51
4	Resultados.....	51
	Conclusiones/Recomendaciones.....	76
	Referencias.....	78