

ÍNDICE

ANEJO N°7 - CÁLCULOS MECÁNICOS

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- DATOS DE PARTIDA
- 3.- CONCLUSIONES
- 4.- DIMENSIONAMIENTO DE MACIZOS DE ANCLAJE

1.- INTRODUCCIÓN

Las conducciones que se proyectan deben cumplir unas condiciones mínimas de deformación y esfuerzos que garanticen la estabilidad mecánica de los tubos.

Las condiciones a considerar para el cálculo estructural de las conducciones son:

- Peso propio
- Peso del fluido
- Acciones del terreno
- Acciones concentradas, debidas a elementos fijos o a vehículos
- Otras acciones: asientos diferenciales, esfuerzos de montaje y acciones extraordinarias.

2.- DATOS DE PARTIDA

La red de conducciones proyectada se compone

- Tubería de fundición dúctil de ϕ 250 mm.
- Tubería de fundición dúctil de ϕ 450 mm.
- Tubería de fundición dúctil de ϕ 500 mm.
- Tubería de fundición dúctil de ϕ 600 mm.

Las condiciones en las que se encuentran los colectores son:

- Colector sobre cama de arena de mínimo 10 cm de espesor
- Zanja de más de 1,35 metros de profundidad total y de 1,00 m de ancho mínimo, en la mayoría de los casos
- Carga del tráfico inferior a 30 Toneladas (calles urbanas, caminos asfaltados y carreteras de mediana importancia)
- Presión interna máxima de 15 bares.

En los casos en que la tubería de impulsión y la conducción por gravedad tengan el mismo trazado, se seguirán las recomendaciones de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento. Según las mismas, la distancia de separación horizontal de las dos tuberías será de un mínimo de 20 cm.

3.- CONCLUSIONES

De acuerdo con los criterios de resistencia y deformación de tubos conforme a la norma UNE EN 545 y al Cuaderno de Prescripciones Técnicas Generales (publicado por el Ministère de L'équipement du Logement et des Transports Français), recogido como método utilizable en el Proyecto de Norma Europea prEN 1295, se concluye que no es necesario el cálculo mecánico justificativo ya que se cumplen las siguientes premisas:

- Altura de relleno igual o superior a 1.00 m.
- Terreno de apoyo: Cama de apoyo y relleno de recubrimiento hasta la mitad del tubo para las canalizaciones de comportamiento rígido.
- Presión interior que un componente de la canalización puede soportar con toda seguridad de forma continua en régimen hidráulico permanente: 62 bares.

4.- DIMENSIONAMIENTO DE MACIZOS DE ANCLAJE

Para el dimensionamiento de los macizos de anclaje de los codos se han tenido en cuenta las siguientes acciones:

- Peso de tierras sobre el macizo.
- Empuje del agua.
- Peso del hormigón del macizo.
- Rozamiento entre el hormigón y el terreno.
- Empuje de las tierras sobre el macizo de hormigón.
- Rozamiento en la base del dado de anclaje.

Además se ha adoptado una densidad de las tierras de 1,8 t/m³ y un ángulo de rozamiento interno de 30°.

Para la determinación del empuje pasivo del terreno se ha recurrido a la teoría de Rankine, según la cual:

$$Ep = Tg(45 + \frac{\varphi}{2})$$

Siendo Ψ el ángulo de rozamiento interno del terreno. Se ha dividido por la mitad el empuje dado por la anterior fórmula de modo que los cálculos de los macizos queden del lado de la seguridad.

De este modo se obtienen las dimensiones necesarias de los dados de anclaje en función del ángulo del codo y del diámetro de la conducción.

En el apéndice que figura a continuación se incluyen los listados de cálculo de macizos de anclaje para codos en cada una de las conducciones.

Se han considerado además macizos de anclaje para las derivaciones de las ventosas, de los desagües y del cruce de Brión, estos macizos se han incluido como parte de la propia arqueta de estos elementos.

MACIZOS DE ANCLAJE EN CODOS DE LA IMPULSIÓN

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE DE CODOS DE UNA CONDUCCIÓN PARA CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN PLANTA
CONSIDERANDO EL EMPUJE PASIVO DEL TERRENO

DATOS DE PARTIDA:

cota del agua en depósito de cabecera	365.00	
coef. prueba de carga	1.40	
densidad del hormigón	2.30	t/m3
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1.4	EN SERVICIO
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG AL VUELCO	1.8	EN SERVICIO
COEF SEG AL VUELCO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG TENSIÓN ADMISIBLE	1	EN SERVICIO
COEF SEG TENSIÓN ADMISIBLE	1	EN PRUEBA DE CARGA

codo	A (m)
11.25º	0.23
22.50º	0.30
45.00º	0.44
90.00º	0.7

TRAMO 9,3,7 (CODOS EN PLANTA)

CARACTERÍSTICAS TUBERÍA		DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE												CARACTERÍSTICAS TERRENO				EMPUJES					
Diámetro (m)	Sección (cm2)	p.k.	ángulo del codo	cota de la parte superior del tubo	cota del terreno sobre el codo	a ángulo del macizo de anclaje (puede ser diferente al del codo)	L1 (m) primer lado del macizo	L2 (m) segundo lado del macizo	Ri (m) recubrimiento inferior	Rs (m) recubrimiento superior	Hh (m) altura del macizo de hormigón	Ht (m) altura de tierras sobre el macizo	volumen de hormigón (m3)	densidad de las tierras (t/m3)	ángulo de rozamiento o interno del terreno	coeficiente de empuje pasivo ADOPTADO	Tensión admisible $\sigma_{\alpha \delta \mu}$ ($\tau / \mu 2$)	empuje del agua $2^*A^*P^*\sin \vartheta / 2$ (en servicio) (t)	empuje del agua $2^*A^*P^*\sin \vartheta / 2$ (en prueba de carga) (t)	peso del hormigón del macizo (t)	peso de las tierras sobre el macizo (t)	ángulo de rozamiento hormigón-terreno	rozamiento en la base (t)
0.500	1963.495	0+703	11.25º	144.500	145.900	60.00	1.70	1.70	0.50	0.50	1.50	0.900	2.385	1.80	30º	1.50	15.000	8.767	12.274	5.486	2.576	20º	2.934
0.500	1963.495	0+080	22.50º	157.490	159.000	60.00	2.30	2.30	0.50	0.50	1.50	1.010	4.332	1.80	30º	1.50	15.000	16.422	22.991	9.964	5.251	20º	5.538
0.500	1963.495	0+703	45.00º	144.500	145.900	60.00	3.50	3.50	1.00	0.50	2.00	0.900	13.276	1.80	30º	1.50	15.000	34.230	47.922	30.535	10.754	20º	15.028
0.500	1963.495	1+000	90.00º	164.300	165.800	60.00	4.40	4.40	1.00	0.50	2.00	1.000	22.101	1.80	30º	1.50	15.000	57.570	80.597	50.832	19.891	20º	25.741
0.500	1963.495	4+519	90.00º	266.450	267.960	60.00	3.20	3.20	0.50	0.50	1.50	1.010	9.561	1.80	30º	1.50	15.000	28.268	39.576	21.990	11.588	20º	12.221
0.500	1963.495	3+400	45.00º	211.500	213.000	60.00	3.00	3.00	0.50	0.50	1.50	1.000	7.560	1.80	30º	1.50	15.000	23.829	33.361	17.389	9.072	20º	9.631

	MOMENTOS					COEFICIENTES DE SEGURIDAD							
empuje de las tierras sobre el macizo de hormigón (t)	del empuje del agua (en servicio) (t m)	del empuje del agua (en prueba de carga) (t m)	del peso del macizo (t m)	del peso de las tierras sobre el macizo (t m)	del empuje pasivo (t m)	al deslizamiento en servicio	cumple SI/NO	al deslizamiento durante prueba de carga	cumple SI/NO	al vuelco en servicio	cumple SI/NO	al vuelco durante prueba de carga	cumple SI/NO
12.897	6.576	9.206	2.979	1.399	8.207	1.806	SI	1.290	SI	1.914	SI	1.367	SI
18.533	12.317	17.243	7.300	3.847	11.925	1.466	SI	1.047	SI	1.873	SI	1.338	SI
40.424	42.788	59.903	33.951	11.957	33.332	1.620	SI	1.157	SI	1.852	SI	1.323	SI
55.080	71.962	100.747	72.358	28.314	45.900	1.404	SI	1.003	SI	2.037	SI	1.455	SI
27.799	21.201	29.682	23.405	12.333	17.888	1.416	SI	1.011	SI	2.529	SI	1.807	SI
24.381	17.872	25.021	16.767	8.748	15.674	1.427	SI	1.020	SI	2.305	SI	1.646	SI

EMPUJE EJERCIDO POR EL CODO	
atm	kg/cm2 trabajo
22.05	22.778
20.751	21.436
22.05	22.778
20.07	20.732
9.855	10.180
15.35	15.857

DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE					
L (m)	A (m) (solo depende del ángulo del codo)	B (m)	D (m)	S1 (m2)	S2 (m2)
1.70	0.23	1.93	1.47	0.339	1.251
2.30	0.30	2.60	1.99	0.598	2.291
3.50	0.44	3.94	3.03	1.334	5.304
4.40	0.70	5.10	3.81	2.667	8.383
3.20	0.70	3.90	2.77	1.940	4.434
3.00	0.44	3.44	2.60	1.143	3.897

EMPUJE AL REPOSO	
E1 empuje de tierras de la parte superior (t/m)	E2 empuje de tierras hasta la parte inferior (t/m)
1.094	7.776
1.377	8.505
1.094	11.354
1.350	12.150
1.377	8.505
1.350	8.437

MACIZOS DE ANCLAJE EN CODOS DE LA CONDUCCIÓN
DEPÓSITO CABECERA- CRUCE BRIÓN

DATOS DE PARTIDA:

cota del agua en depósito de cabecera	324.30	t/m3
coef. prueba de carga	1.40	
densidad del hormigón	2.30	
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1.4	EN SERVICIO
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG AL VUELCO	1.8	EN SERVICIO
COEF SEG AL VUELCO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG TENSIÓN ADMISIBLE	1	EN SERVICIO
COEF SEG TENSIÓN ADMISIBLE	1	EN PRUEBA DE CARGA

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE DE CODOS DE UNA CONDUCCIÓN PARA CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN PLANTA
CONSIDERANDO EL EMPUJE PASIVO DEL TERRENO

codo	A (m)
11.25º	0.23
22.50º	0.30
45.00º	0.44
90.00º	0.7

TRAMO 9,3,7 (CODOS EN PLANTA)

CARACTERÍSTICAS TUBERÍA		DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE												CARACTERÍSTICAS TERRENO				EMPUJES					
Diámetro (m)	Sección (cm2)	p.k.	ángulo del codo	cota de la parte superior del tubo	cota del terreno sobre el codo	a ángulo del macizo de anclaje (puede ser diferente al del codo)	L1 (m) primer lado del macizo	L2 (m) segundo lado del macizo	Ri (m) recubrimiento inferior	Rs (m) recubrimient o superior	Hh (m) altura del macizo de hormigón	Ht (m) altura de tierras sobre el macizo	volumen de hormigón (m3)	densidad de las tierras (t/m3)	ángulo de rozamient o interno del terreno	coeficiente de empuje pasivo ADOPTAD O	Tensión admisible $\sigma_{\alpha\delta\mu}$ ($\tau/\mu2$)	empuje del agua 2*A*P*sin ø/2 (en servicio) (t)	empuje del agua 2*A*P*sin ø/2 (en prueba de carga) (t)	peso del hormigón del macizo (t)	peso de las tierras sobre el macizo (t)	ángulo de rozamiento hormigón-terreno	rozamiento en la base (t)
0.600	2827.433	1+493	11.25º	204.900	206.510	60.00	1.20	1.20	0.50	0.50	1.60	1.110	1.380	1.80	30º	1.50	15.000	6.836	9.571	3.174	1.723	20º	1.783
0.600	2827.433	1+493	22.50º	204.900	206.510	60.00	1.90	1.90	0.50	0.50	1.60	1.110	3.291	1.80	30º	1.50	15.000	13.607	19.050	7.569	4.110	20º	4.251
0.600	2827.433	1+493	45.00º	204.900	206.510	60.00	2.90	2.90	0.50	0.50	1.60	1.110	7.595	1.80	30º	1.50	15.000	26.691	37.368	17.468	9.484	20º	9.810

	MOMENTOS					COEFICIENTES DE SEGURIDAD							
empuje de las tierras sobre el macizo de hormigón (t)	del empuje del agua (en servicio) (t m)	del empuje del agua (en prueba de carga) (t m)	del peso del macizo (t m)	del peso de las tierras sobre el macizo (t m)	del empuje pasivo (t m)	al deslizamiento en servicio	cumple SI/NO	al deslizamiento durante prueba de carga	cumple SI/NO	al vuelco en servicio	cumple SI/NO	al vuelco durante prueba de carga	cumple SI/NO
11.799	5.469	7.657	1.252	0.680	8.121	1.987	SI	1.419	SI	1.838	SI	1.313	SI
18.153	10.886	15.240	4.650	2.524	12.495	1.646	SI	1.176	SI	1.807	SI	1.291	SI
27.559	21.353	29.894	16.325	8.864	18.969	1.400	SI	1.000	SI	2.068	SI	1.477	SI

EMPUJE EJERCIDO POR EL CODO	
atm	kg/cm2 trabajo
11.94	12.334
11.94	12.334
11.94	12.334

DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE					
L (m)	A (m) (solo depende del ángulo del codo)	B (m)	D (m)	S1 (m2)	S2 (m2)
1.20	0.23	1.43	1.04	0.239	0.624
1.90	0.30	2.20	1.65	0.494	1.563
2.90	0.44	3.34	2.51	1.105	3.642

EMPUJE AL REPOSO	
E1 empuje de tierras de la parte superior (t/m)	E2 empuje de tierras hasta la parte inferior (t/m)
1.663	9.915
1.663	9.915
1.663	9.915

MACIZOS DE ANCLAJE EN CODOS DE LA CONDUCCIÓN
CRUCE BRIÓN-DEPÓSITO DE CASTIÑEIRO DE LOBOS

DATOS DE PARTIDA:

cota del agua en depósito de cabecera	324.30	
coef. prueba de carga	1.40	
densidad del hormigón	2.30	t/m3
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1.4	EN SERVICIO
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG AL VUELCO	1.8	EN SERVICIO
COEF SEG AL VUELCO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG TENSIÓN ADMISIBLE	1	EN SERVICIO
COEF SEG TENSIÓN ADMISIBLE	1	EN PRUEBA DE CARGA

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE DE CODOS DE UNA CONDUCCIÓN PARA CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN PLANTA
CONSIDERANDO EL EMPUJE PASIVO DEL TERRENO

codo	A (m)
11.25°	0.23
22.50°	0.30
45.00°	0.44
90.00°	0.7

TRAMO 9,3,7 (CODOS EN PLANTA)

CARACTERÍSTICAS TUBERÍA		DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE												CARACTERÍSTICAS TERRENO				EMPUJES					
Diámetro (m)	Sección (cm2)	p.k.	ángulo del codo	cota de la parte superior del tubo	cota del terreno sobre el codo	a ángulo del macizo de anclaje (puede ser diferente al del codo)	L1 (m) primer lado del macizo	L2 (m) segundo lado del macizo	Ri (m) recubrimiento inferior	Rs (m) recubrimient o superior	Hh (m) altura del macizo de hormigón	Ht (m) altura de tierras sobre el macizo	volumen de hormigón (m3)	densidad de las tierras (t/m3)	ángulo de rozamient o interno del terreno	coeficiente de empuje pasivo ADOPTADO	Tensión admisible $\sigma_{\alpha\delta\mu}$ ($\tau/\mu2$)	empuje del agua $2*A*P*\sin \varnothing/2$ (en servicio) (t)	empuje del agua $2*A*P*\sin \varnothing/2$ (en prueba de carga) (t)	peso del hormigón del macizo (t)	peso de las tierras sobre el macizo (t)	ángulo de rozamiento hormigón-terreno	rozamiento en la base (t)
0.450	1590.431	2+475	11.25°	208.450	209.960	60.00	0.80	0.80	0.50	0.50	1.45	1.010	0.633	1.80	30°	1.50	15.000	3.731	5.224	1.456	0.794	20°	0.819
0.450	1590.431	2+475	22.50°	208.450	209.960	60.00	1.40	1.40	0.50	0.50	1.45	1.010	1.758	1.80	30°	1.50	15.000	7.426	10.397	4.043	2.204	20°	2.274
0.450	1590.431	2+475	45.00°	208.450	209.960	60.00	2.10	2.10	0.50	0.50	1.45	1.010	3.929	1.80	30°	1.50	15.000	14.567	20.394	9.037	4.926	20°	5.082

	MOMENTOS					COEFICIENTES DE SEGURIDAD							
empuje de las tierras sobre el macizo de hormigón (t)	del empuje del agua (en servicio) (t m)	del empuje del agua (en prueba de carga) (t m)	del peso del macizo (t m)	del peso de las tierras sobre el macizo (t m)	del empuje pasivo (t m)	al deslizamiento en servicio	cumple SI/NO	al deslizamiento durante prueba de carga	cumple SI/NO	al vuelco en servicio	cumple SI/NO	al vuelco durante prueba de carga	cumple SI/NO
6.996	2.705	3.787	0.398	0.217	4.366	2.095	SI	1.496	SI	1.841	SI	1.315	SI
11.547	5.384	7.538	1.879	1.024	7.206	1.861	SI	1.329	SI	1.878	SI	1.341	SI
17.253	10.561	14.786	6.287	3.427	10.766	1.533	SI	1.095	SI	1.939	SI	1.385	SI

EMPUJE EJERCIDO POR EL CODO	
atm	kg/cm2 trabajo
11.585	11.967
11.585	11.967
11.585	11.967

DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE					
L (m)	A (m) (solo depende del ángulo del codo)	B (m)	D (m)	S1 (m2)	S2 (m2)
0.80	0.23	1.03	0.69	0.159	0.277
1.40	0.30	1.70	1.21	0.364	0.849
2.10	0.44	2.54	1.82	0.800	1.910

EMPUJE AL REPOSO	
E1 empuje de tierras de la parte superior (t/m)	E2 empuje de tierras hasta la parte inferior (t/m)
1.377	8.170
1.377	8.170
1.377	8.170

MACIZOS DE ANCLAJE EN CODOS DE LA CONDUCCIÓN

CRUCE BRIÓN- DEPÓSITO DE BRIÓN

DATOS DE PARTIDA:

cota del agua en depósito de cabecera	324.30	t/m3
coef. prueba de carga	1.40	
densidad del hormigón	2.30	
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1.4	EN SERVICIO
COEF SEG AL DESLIZAMIENTO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG AL VUELCO	1.8	EN SERVICIO
COEF SEG AL VUELCO	1	EN PRUEBA DE CARGA
COEF SEG TENSION ADMISIBLE	1	EN SERVICIO
COEF SEG TENSION ADMISIBLE	1	EN PRUEBA DE CARGA

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE DE CODOS DE UNA CONDUCCIÓN PARA CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN PLANTA CONSIDERANDO EL EMPUJE PASIVO DEL TERRENO

codo	A (m)
11.25º	0.23
22.50º	0.30
45.00º	0.44
90.00º	0.7

TRAMO 9,3,7 (CODOS EN PLANTA)

CARACTERÍSTICAS TUBERÍA		DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE												CARACTERÍSTICAS TERRENO				EMPUJES					
Diámetro (m)	Sección (cm2)	p.k.	ángulo del codo	cota de la parte superior del tubo	cota del terreno sobre el codo	a ángulo del macizo de anclaje (puede ser diferente al del codo)	L1 (m) primer lado del macizo	L2 (m) segundo lado del macizo	Ri (m) recubrimiento inferior	Rs (m) recubrimient o superior	Hh (m) altura del macizo de hormigón	Ht (m) altura de tierras sobre el macizo	volumen de hormigón (m3)	densidad de las tierras (t/m3)	ángulo de rozamient o interno del terreno	coeficiente de empuje pasivo ADOPTAD O	Tensión admisible $\sigma_{\alpha\delta\mu}$ ($\tau/\mu2$)	empuje del agua $2*A*P*\sin \varnothing/2$ (en servicio) (t)	empuje del agua $2*A*P*\sin \varnothing/2$ (en prueba de carga) (t)	peso del hormigón del macizo (t)	peso de las tierras sobre el macizo (t)	ángulo de rozamiento hormigón-terreno	rozamiento en la base (t)
0.250	490.874	2+302	11.25º	145.880	147.140	60.00	0.60	0.60	0.50	0.50	1.25	0.760	0.344	1.80	30º	1.50	15.000	1.774	2.483	0.792	0.377	20º	0.425
0.250	490.874	2+302	22.50º	145.880	147.140	60.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.25	0.760	0.866	1.80	30º	1.50	15.000	3.530	4.942	1.992	0.948	20º	1.070
0.250	490.874	2+302	45.00º	145.880	147.140	60.00	1.50	1.50	0.50	0.50	1.25	0.760	1.932	1.80	30º	1.50	15.000	6.924	9.694	4.444	2.115	20º	2.387
0.250	490.874	2+302	90.00º	145.880	147.140	60.00	2.10	2.10	0.50	0.50	1.25	0.760	3.978	1.80	30º	1.50	15.000	12.795	17.913	9.150	4.354	20º	4.915

	MOMENTOS					COEFICIENTES DE SEGURIDAD							
empuje de las tierras sobre el macizo de hormigón (t)	del empuje del agua (en servicio) (t m)	del empuje del agua (en prueba de carga) (t m)	del peso del macizo (t m)	del peso de las tierras sobre el macizo (t m)	del empuje pasivo (t m)	al deslizamiento en servicio	cumple SI/NO	al deslizamiento durante prueba de carga	cumple SI/NO	al vuelco en servicio	cumple SI/NO	al vuelco durante prueba de carga	cumple SI/NO
3.880	1.108	1.552	0.167	0.079	2.060	2.427	SI	1.734	SI	2.081	SI	1.486	SI
6.077	2.206	3.089	0.683	0.325	3.227	2.025	SI	1.446	SI	1.919	SI	1.371	SI
9.068	4.328	6.059	2.280	1.085	4.815	1.654	SI	1.182	SI	1.890	SI	1.350	SI
13.088	7.997	11.195	6.656	3.167	6.950	1.407	SI	1.005	SI	2.098	SI	1.498	SI

EMPUJE EJERCIDO POR EL CODO	
atm	kg/cm2 trabajo
17.842	18.431
17.842	18.431
17.842	18.431
17.842	18.431

DIMENSIONES DEL MACIZO DE ANCLAJE					
L (m)	A (m) (solo depende del ángulo del codo)	B (m)	D (m)	S1 (m2)	S2 (m2)
0.60	0.23	0.83	0.52	0.120	0.156
1.00	0.30	1.30	0.87	0.260	0.433
1.50	0.44	1.94	1.30	0.572	0.974
2.10	0.70	2.80	1.82	1.273	1.910

EMPUJE AL REPOSO	
E1 empuje de tierras de la parte superior (t/m)	E2 empuje de tierras hasta la parte inferior (t/m)
0.780	5.454
0.780	5.454
0.780	5.454
0.780	5.454