ANEJO 12: OBRAS ESPECIALES

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1
2 EMPLAZAMIENTOS DE LAS OBRAS. 1
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS HINCADOS 1
3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO 2
3.1 Introducción. 2
3.2 Maquinaria. 3
3.3 Procedimiento de ejecución. 3
3.3.1 **Instalación de equipos.** 3
3.3.2 **Introducción del primer tramo de tubería.** 4
3.3.3 **Introducción del segundo tramo y sucesivos.** 4
3.3.4 **Limpieza de la tubería.** 4
3.3.5 **Finalización de los trabajos.** 5
4 SOLICITACIONES SOBRE LAS CAMISAS. 5
4.1 Profundidades de enterramientos 5
4.2 Método de cálculo de la resistencia de la vaina. 6
4.3 Casos más desfavorable. 8
4.4 Resultados 8

Tabla 1: Casos de tubo en interior de la vaina en PE100. 1
Tabla 2: casos de tubo en interior de la vaina en acero S235 JR 2

Ilustración 1: Esquema del hincado 2
Ilustración 2: Maquinaria empleada en el hincado 3
Ilustración 3: Instalación de los equipos 4
Ilustración 4: Introducción del segunda tramo de tubería y sucesivos 4
Ilustración 5: Limpieza de la tubería 5

1 INTRODUCCIÓN

En este anejo se describen los emplazamientos de las obras especiales (hincados), sus características y se calculan, en cada uno de los casos las resistencias de las camisas de protección en cada uno de los casos.

2 EMPLAZAMIENTOS DE LAS OBRAS.

Valores de coordenadas ETRS89, UTM H30N

Ref	X	Y	TOMAS
280	595.320,63	4.126.360,39	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
281	595.326,34	4.126.360,85	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
282	595.341,06	4.126.362,05	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
395	596.674,53	4.126.138,19	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
396	596.690,23	4.126.156,20	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
397	596.706,66	4.126.175,04	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
398	596.723,09	4.126.193,88	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
399	596.725,41	4.126.196,53	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
461	597.494,66	4.126.166,82	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
462	597.515,20	4.126.161,46	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
463	597.523,01	4.126.159,42	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
740	600.342,24	4.124.937,58	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
741	600.364,64	4.124.927,59	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
742	600.373,05	4.124.923,84	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
753	600.498,65	4.124.850,12	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
754	600.502,36	4.124.837,13	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
755	600.509,23	4.124.813,09	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
756	600.516,09	4.124.789,05	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
757	600.522,95	4.124.765,01	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
758	600.529,82	4.124.740,97	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
759	600.531,37	4.124.735,53	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
1.219	605.628,65	4.123.823,97	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15
1.220	605.630,24	4.123.823,96	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15
1.221	605.651,39	4.123.823,77	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS HINCADOS

Se precisa realizar hincados mediante camisa de tubo de acero, de Ø900 mm para la protección de conducción de impulsión: PE100 Ø630 PN15 y PN25 y acero Ø610 S235JR de 8 mm de espesor.

El foso se realizará a una distancia de 10 m desde el final de talud o desmonte de la plataforma de la carretera.

Las dimensiones del foso de ataque corresponden a una excavación de 11 m de longitud por 6 metros de anchura y una profundidad de excavación 1,5 m El foso de recepción tiene unas dimensiones menores debido a que no se tiene que instalar el equipo perforador en este. La separación entre ejes de las dos perforaciones es de 2 m

Tabla 1: Casos de tubo en interior de la vaina en PE100.

Ref	TUBO	TOMAS
280	PE100 PN 16	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
281	PE100 PN 16	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
282	PE100 PN 16	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
395	PE100 PN 16	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
396	PE100 PN 16	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
397	PE100 PN 16	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
398	PE100 PN 16	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
399	PE100 PN 16	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
461	PE100 PN 16	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
462	PE100 PN 16	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
463	PE100 PN 16	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
740	PE100 PN25	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
741	PE100 PN25	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20

Ref	TUBO	TOMAS
742	PE100 PN25	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
753	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
754	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
755	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
756	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
757	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
758	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
759	PE100 PN25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66

Tabla 2: casos de tubo en interior de la vaina en acero S235 JR

Ref	TUBO	TOMAS
1.219	Acero S235 JR e=8 mm	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15
1.220	Acero S235 JR e=8 mm	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15
1.221	Acero S235 JR e=8 mm	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15

3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

3.1 Introducción.



Ilustración 1: Esquema del hincado

La técnica de hinca neumática con vaina de tubería de acero (percusión) es un procedimiento constructivo de instalación de tuberías sin apertura de zanja con las siguientes características:

- Las trayectorias deben ser rectilíneas
- Requiere un foso de ataque para iniciar la perforación, de dimensiones variables al tamaño de la perforadora y de la tubería.
- No requiere muro de reacción
- Un martillo neumático golpea la tubería y por efecto de este se va clavando en el terreno
- Permiten la instalación de conductos desde 200 mm hasta 2.200 mm en longitudes de hasta 80 metros (en función del terreno y tamaño de la tubería)
- Es un sistema ideal para trabajar en terrenos de baja consistencia

Una vez introducida la tubería, es necesario extraer las tierras de su interior. Para ello se pueden emplear diversos procedimientos

Solo puede introducir tuberías-vaina de acero (camisas perdidas) para enfilar interiormente la tubería de conducción (de PE, PVC, PRFV, acero u otros). Dichas tuberías tienen que ser de mayor espesor que el requerido para otros procedimientos

3.2 Maquinaria.

Básicamente se compone de:

- Martillo neumático
- Compresor de aire que proporciona caudal al martillo
- Bancadas, estructura metálica sobre la que se desliza la tubería y el topo
- Acoples varios, los necesarios para transmitir el impacto desde el topo a la tubería
- Dispositivo de limpieza de la tierra interior



Ilustración 2: Maquinaria empleada en el hincado

3.3 Procedimiento de ejecución.

El procedimiento consiste en el empuje de tramos de tramos de tubería mediante el golpeo de un martillo percutor situado en su parte posterior.

El martillo y la tubería se encuentran ambos perfectamente acoplados y deslizan sobre el terreno a través de unas guías situadas en la dirección del ataque.

El martillo recibe el impulso neumático de un compresor y se produce así el desplazamiento de ambos elementos, forzando el hincado de la tubería en el terreno.

El primer tramo de tubo está dotado de un aro de corte que facilita la penetración del acero en el terreno.

3.3.1 Instalación de equipos.

Los trabajos se inician con la instalación del equipo en el foso de ataque.

En primer lugar se coloca la bancada con la alineación e inclinación que se desee lleve la tubería.Sobre la bancada se nivela la tubería y el topo (martillo neumático).La tubería está acoplada al topo mediante unos conos.



Ilustración 3: Instalación de los equipos

3.3.2 Introducción del primer tramo de tubería.

Una vez instalados y acoplados todos los elementos, el martillo neumático percuta sobre la tubería, que por acción de éste ser irá introduciendo lentamente en el terreno. La velocidad de avance dependerá de la consistencia de terreno y tamaño del topo. Una vez el primer tramo se ha introducido por completo, se desacopla el martillo neumático de la tubería, dejando las bancadas libres para bajar otro tramo de tubería.

3.3.3 Introducción del segundo tramo y sucesivos.

Se baja y coloca el segundo tramo de tubería y se alinea y suelda con la tubería ya introducida. Se vuelve a acoplar el topo al nuevo tramo de tubería, y se repite el proceso, así sucesivamente con todos los tramos de tubería.



Ilustración 4: Introducción del segunda tramo de tubería y sucesivos

3.3.4 Limpieza de la tubería.

Cuando la tubería ha llegado a su punto de salida, se dan por concluidos los trabajos de hincado. Ahora es necesario extraer el terreno que ha quedado alojado en el interior de la tubería metálica.



Ilustración 5: Limpieza de la tubería

3.3.5 **Finalización de los trabajos.**

Una vez que la tubería llega al punto final y se ha limpiado, concluye el proceso.

4 SOLICITACIONES SOBRE LAS CAMISAS.

4.1 Profundidades de enterramientos .

Ref	X	Y	P.K.	Profundidad de clave (m)	TOMAS
280	595.320,63	4.126.360,39	3+819,27	2,27	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
281	595.326,34	4.126.360,85	3+825,00	1,46	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
282	595.341,06	4.126.362,05	3+839,77	1,58	Hincado N340 (PK 3+819,27 AL PK 3+839,77)
395	596.674,53	4.126.138,19	5+526,11	2,18	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
396	596.690,23	4.126.156,20	5+550,00	6,12	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
397	596.706,66	4.126.175,04	5+575,00	8,11	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
398	596.723,09	4.126.193,88	5+600,00	1,63	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
399	596.725,41	4.126.196,53	5+603,52	2,51	Hincado A7 5+526,11 a 5+603,52
461	597.494,66	4.126.166,82	6+503,78	1,72	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
462	597.515,20	4.126.161,46	6+525,00	2,38	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
463	597.523,01	4.126.159,42	6+533,08	1,54	Hincado AL 821 6+503,78 a 6+533,08
740	600.342,24	4.124.937,58	9+675,47	1,69	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
741	600.364,64	4.124.927,59	9+700,00	1,43	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
742	600.373,05	4.124.923,84	9+709,20	1,51	Hincado A 352 9+675,47 a 9+709,20
753	600.498,65	4.124.850,12	9+861,49	2,25	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
754	600.502,36	4.124.837,13	9+875,00	1,81	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
755	600.509,23	4.124.813,09	9+900,00	5,60	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
756	600.516,09	4.124.789,05	9+925,00	5,94	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
757	600.522,95	4.124.765,01	9+950,00	10,29	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
758	600.529,82	4.124.740,97	9+975,00	1,84	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
759	600.531,37	4.124.735,53	9+980,66	1,57	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66
1.219	605.628,65	4.123.823,97	16+498,41	1,52	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15
1.220	605.630,24	4.123.823,96	16+500,00	1,80	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15
1.221	605.651,39	4.123.823,77	16+521,15	1,53	Hincado AL 8104 PK16+498,41 AL PK 16+521,15

4.2 Método de cálculo de la resistencia de la vaina.

Fuente: CEDEX

Hipótesis 1: Presión interna positiva (estado tensional)

$$MDP \leq \frac{2 \times e}{OD} \times \sigma_{adm}$$

σ_{adm}: tensión a tracción admisible del acero (N/mm2). En general se adopta el 50% de límite elástico mínimo. Otro posible criterio será adoptar el menor de los siguientes: 1/3 de la resistencia mínima a la tracción o 2/3 del límite elástico mínimo.

e: espesor del acero de la pared del tubo (mm)
OD: diámetro exterior del tubo (mm)
MDP: Presión máxima de diseño (N/mm)

Hipótesis 2: Acciones externas (deformaciones)

Como deformaciones máxima admisibles suelen admitirse valores entre 2% y el 5% del diámetro exterior. El valor máximo cando los recubrimientos interiores son flexibles y el mínimo con recubrimientos rígidos.

El cálculo de la deformación máxima debida a la flexión transversal (ovalización) se suele hacer mediante la formulación der Spangler (1941), la cual, en su forma más general, adopta la expresión siguiente (AWWA M11, 1987)

$$d = D_1 \times \frac{K_a \times (W_e + W_t) \times r_m^3}{E \times I + 0{,}061 \times E' \times r_m^3}$$

d: deformación producida en el tubo (m)
D_1: Coeficiente empírico de deformación diferida, que considera la reducción de volumen que a largo plazo va a tener el terreno de los laterales. Oscila entre 1 y 1,5, tomándose en valor medio de 1,2
K_a: Coeficiente de factor de apoyo, con os siguientes valores habituales

Ángulo de apoyo 2α	Ka
20	0,11
45	0,105
60	0,102
120	0,09
180	0,083

W_e: Carga debida al peso de las tierras (kN/m)
W_t: Carga debida al tráfico (kN/m)
E: Módulo de elasticidad del acero, habitualmente $E = 2{,}1 \times 10^8\ kN/m2$
I:Módulo de inercia de la pared del tubo (m3) $I = \frac{e^3}{12}$
e: espesor de la pared del tubo (m)
E': módulo de reacción del suelo. E' es frecuente considerar los siguientes valores

Tipo de terreno	E' (kN/m2)
bien compactado	5000
compactación media	2000
mala compactación	1000

r_m:radio medio de tubo (m)

a) Cargas debidas al peso de las tierras W_e

$$W_e = \gamma \times H \times OD$$

W_e: Carga debida al peso de las tierras (kN/m2)
γ: Peso específico del terreno (kN/m3)
H: Altura de tierras sobre la clave del tubo (m)
OD: diámetro exterior del tubo (m)

b) Cargas debidas al tráfico W_t

Se emplea la formulación genérica de Boussinesq o la formulación simplificada de la IET-80 (anejo 4, apartado 4), que se aplica para cargas de triple eje con 60t, con el siguiente resultado de las cargas puntuales expresada en t/m

Altura de tierras mayores de 1 m

$OD > s$ $\qquad W_t = 30 \times (OD + s) \times \frac{1}{(t \times I'_e)}$

$OD < s$ $\qquad W_t = 60 \times (OD) \times \frac{1}{(t \times I'_e)}$

$I_e = 0{,}2 \times 1{,}4 \times H + 1{,}05 \times OD$
$t = 1{,}4 \times H + 0{,}60$
$s = 1{,}40 \times (H - 1{,}00)$
$I'_e = I_e + 3{,}0$
H: altura de tierras sobre la clave del tubo (m)
OD: diámetro exterior del tubo (m)
Coeficiente de impacto;

$$\varphi = 1{,}0 + \frac{0{,}3}{H}$$

H: altura de tierras sobre la clave del tubo (m)

Hipótesis 3: acciones externas y presión interna negativa (pandeo o colapso)

Se debe comprobar que el coeficiente de seguridad frente al pandeo sea al menos de 2,5 o 3 (AWWA M11)

$$C = \frac{P_{crit}}{q_e} \geq 2{,}5 \; o \; 3°\text{F}$$

P_{crit}: carga crítica de pandeo (N/mm2). Se recomienda calcularla mediante la expresión de Luscher.
q_e:acciones totales (N/mm2), calculadas a partir de la siguiente expresión

$$q_e = \gamma_w \times H_w + f_f \times \frac{W_e}{DN} + \frac{W_t}{DN} + P_v$$

γ_w:peso específico del agua (N/mm3)
H_w:altura del nivel freático sobre el tubo (mm)
W_e:cargas verticales debidas al peso de las tierras (N/mm)
W_t:cargas verticales totales debidas a cargas concentradas, fijas o móviles (N/mm), En el caso de móviles se considerará el correspondiente coeficiente de impacto.
DN:diámetro nominal del tubo (mm)
P_v:presión interna negativa debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc. (N/mm2)
C:Coeficiente de seguridad, de valor mínimo 2,5 si (H/DN>2) o 3.0 si (H/D<2)

Expresión de Luscher (AWWA M11)

$$P_{crit} = \sqrt{32 \times f_f \times B' \times E' \times \frac{E \times I}{D_m^3}}$$

P_{crit}: presión crítica de pandeo (N/mm2)
E: Modulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm2)
I: momento de inercia de la pared del tubo (mm3) $I = \frac{e^3}{12}$
E': módulo de reacción del suelo (N/mm2)
B': coeficiente de origen empírico

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \times e^{-0,213 \times H}}$$

H:altura de tierras por encima de la clave del tubo (m)
D_m: diámetro medio del tubo (mm)
f_f:factor de flotación

$$f_f = 1 - 0,33 \times \frac{H_w}{H}$$

H_w: altura de nivel freático sobre el tubo (mm)

4.3 Casos más desfavorable.

En nuestro caso se realiza la comprobación para las hipótesis 2 y 3 y para la situación más desfavorable que se corresponde con:

757	600.522,95	4.124.765,01	9+950,00	10,29	Hincado AP 7 9+861,49 a 9+980,66

Siendo la profundidad de la calve de la vaina adoptada la de la clave del tubo interior (más seguridad), que alcanza el valor de 10,29 m

Se considera un terreno bien compactado con E' = 5000 (kN/m2)

4.4 Resultados

Datos de partida

Tubería de acero helicosoldado UNE EN 10224:2003	
OD(mm)	914
e (mm)	10
σ adm (N/mm2)	235

Hipótesis 2: Acciones externas, solicitación determinante por deformaciones.

D1	1,2
E (kN/m2)	210.000.000,00
e (mm)	10
e (m)	0,01
I (m3)	8,33333E-08
E' (kN/m2)	5000

Cargas debidas al peso de la tierras

γ (kN/m3)	20
H (m)	10,29
OD (mm)	914
OD (m)	0,914
We (kN/m)	188,1012

Cargas debidas al tráfico

s	13,006
OD > s	no
OD < s	si

t	15,3657
Ie	3,8409
I'e	6,8409
φ	1,029154519
Wt (t/m)	2,54153422
Wt (kN/m)	25,4153422

Deformación (d)

rm (mm)	452	
rm (m)	0,452	
Ka	0,083	
d (m)	0,043005043	
d (mm)	43,0050429	
%	4,71%	< 5%

Hipótesis 3 Acciones externas y presión interna negativa, solicitaciones por pandeo o colapso.

Cálculo de la presión crítica

Hw (mm)	0
ff	1
H(mm)	10290
B'	0,691144553
Dm (mm)	904
E' (kN/m2)	5000
E' (N/mm2)	5
I (mm3)	83,33333333
E (N/mm2)	210000
Pcrit (N/mm2)	1,618492961

Cálculo de las acciones totales

We (kN/m)	188,1012
We (N/mm)	188,1012
Wt (kN/m)	25,4153422
Wt (N/mm)	25,4153422
DN (mm)	914
γw (N/mm3)	0,00001
Pv (N/mm2)	0
qe (n/mm2)	0,23360672

Coeficiente de seguridad

C	6,928280829	> 2,5