ANEJO 10

CÁLCULO DEL ANCLAJE DE LAS PIEZAS ESPECIALES

ÍNDICE

1. CÁLCULO DE ANCLAJES 1
1.1. INTRODUCCIÓN.....1
1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL.....1
1.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO 3
1.4. ACCIONES.....5
1.5. CÁLCULO DE ANCLAJES 10
1.6. RESULTADOS.....11

APÉNDICE 1.- CÁLCULOS Y MEDICIONES AUXILIARES ANCLAJES

1. CÁLCULO DE ANCLAJES

1.1. INTRODUCCIÓN

En el funcionamiento correcto de la red diseñada mediante tubería con uniones no autotrabadas o no resistentes a tracciones longitudinales, como es nuestro caso, es necesario contemplar la necesidad de la utilización de macizos de anclaje que eviten el desplazamiento de la tubería, en los puntos singulares, provocando el fallo general de la red.

Se debe tener en cuenta que el estudio de los mismos se hace con respecto a las condiciones de proyecto, con los parámetros explicados y determinados en este caso, y que deben tenerse muy en cuenta a la hora de su aplicación en obra, adaptándose, con la metodología seguida en el proyecto, a las condiciones particulares que puede provocar la ejecución posterior.

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

La presión interna del agua en la tubería produce una serie de esfuerzos en el sentido longitudinal del tubo que genera empujes y desplazamientos de las tuberías. En las redes unidas mediante juntas no autotrabadas, el movimiento longitudinal producido por el esfuerzo axial de la presión interior del agua, puede provocar la desunión de los tubos, provocando el fallo por fuga. Para evitar el desplazamiento no deseado, la práctica más habitual es la sujeción y apoyo mediante macizos de anclaje de todos aquellos elementos sometidos a esfuerzos que no puede soportar la propia tubería, y garantizando de esta manera la estanqueidad de las uniones.

Dentro de la red de riego, en los puntos de la conducción donde existan cambios de dirección horizontales o verticales, reducciones de sección, acometidas o derivaciones, válvulas de corte, terminales, etc., será necesario construir anclajes para impedir el desplazamiento. Asimismo, deben disponerse macizos de anclaje cuando las pendientes sean excesivamente fuertes, puedan producirse movimientos accidentales de la tubería o existe riesgo de flotabilidad de la misma.

En resumen, son necesarios los anclajes:

- En cambios de dirección: codos, ramales, desagües o hidrantes.
- Cuando se termina: tapones.
- En cambios de diámetro: reducciones
- Ante cierres temporales: válvulas de corte.

Este desplazamiento de la tubería puede producir, además del desenganche de alguna unión, la rotura de algún tubo por la aparición de cargas de borde. Son éstas una de las principales causas de avería en la red de riego. Por ello se ha tenido en cuenta:

- Dimensionar los anclajes con un amplio margen de seguridad, en la consideración de los márgenes de presión, al considerar para el cálculo la máxima presión de prueba, que no se corresponde con la posterior de funcionamiento de la red, además de ser una presión puntual en un tramo y no la general. Se establece el coeficiente de seguridad para el cálculo de la máxima presión de prueba según la norma UNE-EN: 805.
- La zona de contacto entre anclaje y pieza especial sea lo mayor posible, para evitar cargas puntuales o flexiones indebidas en la tubería. Se especifica para cada diámetro y para cada tipo de pieza, los recubrimientos mínimos y las superficies de apoyo. Se da prioridad a la dimensión longitudinal a la tubería, con respecto a la perpendicular, mejorando el conjunto tubería macizo, y favoreciendo la ejecución de la misma.
- Las formas de los anclajes pueden ser muy variadas, ya que existen múltiples condicionantes locales que obligan a efectuar un diseño específico. No obstante se tiene en cuenta que la tubería quede totalmente rodeada por el anclaje y que la superficie del mismo que actúa sobre el terreno sea lo más regular posible para que la transmisión de tensiones sea óptima.
- La superficie de apoyo estará en contacto con el suelo inalterado, es fundamental. Los parámetros de cálculo han sido sacados del estudio geotécnico, por lo que cualquier variación mecánica de este terreno cambia las condiciones del mismo y por tanto el dimensionado del anclaje no sería válido. Cuando esto no sea posible, el relleno entre el bloque de apoyo y el suelo inalterado deberá compactarse por lo menos al 98 % de la densidad Proctor Estándar, para obtener la resistencia y rigidez original de suelo natural.

Como ya se ha expuesto, los anclajes actuarán como elementos intermediarios entre tubería y terreno, encargado principalmente de transmitir a éste los empujes de aquella. Normalmente consisten en bloques de hormigón que abrazan a la pieza especial de la conducción recogiendo el empuje de ésta y transfiriéndolo al terreno por rozamiento y por carga sobre la pared lateral.

Estos macizos de anclaje se realizarán en hormigón HA-25, de resistencia mínima debido a una agresividad media al hormigón por CO_2 y una cuantía de armadura de 30 kg/m^3. Se prohíbe el uso de cuñas de piedra o madera, que con el tiempo pueden desplazarse y no garantizan una unión solidaria.

Cuando se proceda al encofrado, las uniones de acoplamiento de la pieza especial a la tubería deben quedar fuera del anclaje, de forma que sea posible su manipulación posterior y la observación en las pruebas de presión de la tubería de posibles fugas. En el caso del material plástico, si se hormigonara la totalidad de la pieza especial, incluyendo la campaña (con el consentimiento de la Dirección de Obra), se tomará la precaución de colocar una protección de neopreno en los extremos de 30 cm de longitud

y 2 cm de espesor alrededor del tubo, evitando de esta manera el daño que pueda provocar las aristas del árido hormigonado.

En los anclajes de las válvulas interpuestas en la red, (y generalmente cualquier otro elemento en el que exista riesgo de que el empuje hidráulico pueda hacer deslizar longitudinalmente la tubería), se llevan a cabo por intermedio de un carrete especial con patillas soldadas o aro exterior (virola), que mejore la adherencia con el hormigón.

Se debe prestar especial atención al proceso de hormigonado, puesto que el accesorio o la tubería vacía puede sufrir fuerzas ascensionales (flotación). Para evitar este movimiento se debe sujetar la pieza o el tubo a la solera, mediante cables o flejes, evitando cualquier desplazamiento accidental.

Por otro lado, la pieza especial debe estar apoyada de tal forma que el hormigón pueda fluir alrededor de la misma y por debajo. A su vez debe considerarse la rigidez del tubo o resistencia mecánica de la pieza, para evitar deflexiones durante el vertido.

Con el macizo de anclaje se puede provocar un momento diferencial, que genere esfuerzos excesivos a cortante en la tubería, capaz de romper el tubo en ese punto. Se debe colocar un tubo anterior al macizo de dimensiones cortas (biela), de 1,5m a 2 m, que permita cierta desviación en la unión flexible y que absorba los asientos diferenciales. Y en el terreno anterior y posterior al macizo, debe estar correctamente compactado evitando que la tubería en esa zona de proximidad al macizo no apoye correctamente.

Antes de la realización de las pruebas de presión, el macizo de anclaje debe haber obtenido la resistencia mecánica requerida del hormigón.

Los anclajes permanezcan al descubierto hasta la finalización de las pruebas de presión y estanqueidad, de forma que permitan detectar cualquier posible fallo de los mismos.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

En el siguiente punto se exponen los datos tomados para el cálculo, así como se reflejan ciertas tablas y recomendaciones de uso para cualquier posible recalculo que deba realizarse en obra para imprevistos o cambios generados en la ejecución.

En el cálculo de anclajes los valores a tener en cuenta serán las tensiones admisibles del terreno a una profundidad media de 1 m; las densidades, aparente y sumergida, de las tierras; y el coeficiente de rozamiento interno. En la siguiente tabla tomada del *Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Seguridad Estructural, Cimientos*,

se muestran datos que nos determinan la densidad y el ángulo de rozamiento interno atendiendo al tipo de terreno.

CLASE DE SUELO		Peso Específico Aparente (kN/m^3)	Angulo de rozamiento interno (º)
TERRENO NATURAL	Grava	19-22	34-45
	Arena	17-20	30-36
	Limo	17-20	25-32
	Arcilla	15-22	16-28
RELLENOS	Tierra Vegetal	17	25
	Terraplén	17	30
	Pedraplén	118	40

Para empujes horizontales, se pueden tomar como referencia los valores de presión portante para suelos en zanjas aportados en el *Manual de Conducciones de Uralita, 2005*, se exponen algunos valores típicos, con carácter conservador, para varios tipos de suelos:

TIPO DE SUELO	RESISTENCIA kN/m^2
Fango	0
Arcilla Suave	45
Barro	70
Barro Arenoso	140
Arena	190
Arcilla arenosa	290
Arcilla dura	480

En terreno muy blando (resistencia inferior a 100 kN/m^2), debieran tomarse medidas alternativas para transmitir los empujes, como pilotes o tirantes o sustitución del suelo pobre por un material más estable.

Según el *ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS PARA LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN EL ÁREA DE CAMPILLO DE BUITRAGO (SORIA)*, obtenemos de las catas efectuadas los siguientes datos limitantes (a profundidades mayores de 1 m):

- Catas C-1-1, C-7-2, C-10-1, C-12-1 y C-33-2: Arenas limosas. Suelo tolerable según el PG3.
- Cata C-17-1: Arcilla muy plástica. Suelo marginal según el PG3.

- Cata C-35-1: Limo marrón claro. Suelo tolerable según el PG3.

Siendo los datos de los materiales más habituales localizados en el resto de catas (a profundidades mayores de 1 m) los siguientes:

- Catas C-3-1, C-5-1, C-8-2, C-9-1, C-11-1, C-13-1, C-14-1 y C-15-1: Grava arcillosa o grava. Suelo seleccionado según el PG3.

- Catas C-2-2, C-16-2, C-17-2, C-18-1, C-19-1, C-20-2, C-21-2, C-22-2, C-23-1, C-24-2, C-25-1, C-25-2, C-26-2, C-27-2, C-28-2, C-29-1, C-30-1, C-31-1, C-32-1, C-34-1, C-36-2, C-37-1, C-38-1 y C-38-2: Arcilla o arcilla arenosa. Suelo mayoritariamente tolerable y excepcionalmente adecuado, según el PG3.

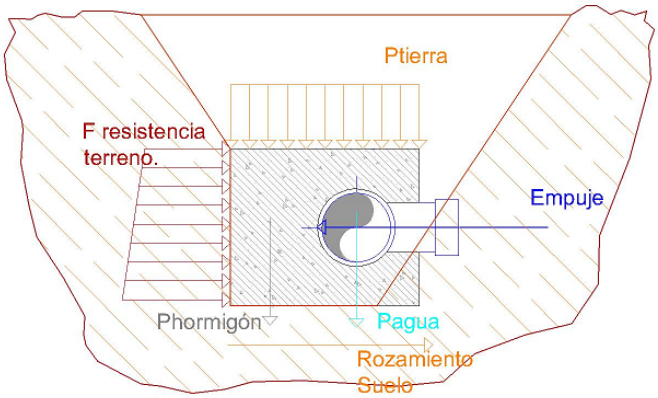
No constando en el *ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS PARA LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN EL ÁREA DE CAMPILLO DE BUITRAGO (SORIA)* de datos sobre las tensiones admisibles del terreno, se toman los valores propuestos en la tabla anterior y se considera para el cálculo los siguientes datos más limitantes de los terrenos arriba analizados. Es decir, del lado de la seguridad, los de las catas C-1-1, C-7-2, C-10-1, C-12-1 y C-33-2, arenas limosas y Cata C-35-1, limo:

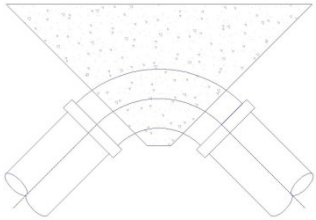
Terreno ..... LIMO - LIMO ARENOSO
Peso específico aparente.....17,00 kN/m³.
Coef. Rozamiento interno.....25º.
Tensión admisible del terreno .....100 kN/m²

1.4. ACCIONES

Como ya se ha indicado las tuberías a presión generan un esfuerzo axial, en el sentido longitudinal de la tubería, llamado en este caso empuje, que se produce cuando existe algún desvío o impedimento en la dirección de la conducción. Para contrarrestar este movimiento que es la fuerza del empuje, se analizan las fuerzas que llamaremos estabilizadoras por oponerse a este movimiento.

Observando el diagrama de fuerza podemos analizar las acciones que están actuando, para posteriormente contemplarlas en el proceso de cálculo.





En el análisis del diagrama se considera el empuje como fuerza desestabilizadora del equilibrio, al ser la fuerza que genera un efecto desequilibrante en la pieza especial. Además existen ciertos efectos temporales, como son los transitorios que se puedan generar en la red que en este caso para el dimensionado no se tienen en cuenta, cubriendo su efecto con el coeficiente de seguridad.

El equilibrio lo generan las fuerzas opuestas al empuje. Estas son la fuerza resistente del terreno, y la vertical de los pesos que se oponen al movimiento en la horizontal mediante el rozamiento del terreno.

FUERZAS DESESTABILIZADORA

EMPUJE

El empuje es la fuerza hidrostática generada por la presión interior de la tubería contra la superficie de contacto.

CODOS

En los codos y curvas, el empuje se dirige según la bisectriz, tendiendo a desplazar la pieza hacia el exterior. El cálculo de empujes se ha realizado mediante la expresión:

$$E_c = 2 \cdot P \cdot A \cdot sen(\phi/2) \cdot 10^3$$

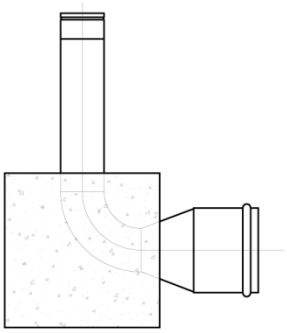
Donde:

E_c:Empuje en la tubería (Kp).

P: Presión máxima del sistema (m.c.a.).

A: Sección transversal del área del tubo (m^2).

ϕ: Ángulo del codo.

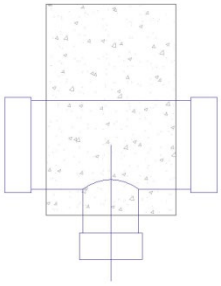


Las salidas hacia los hidrantes finales emergen de la tubería principal en 90º hasta alcanzar la superficie para entrar en la arqueta del hidrante. El codo de ascenso está sometido a un empuje que lo obliga a "clavarse" en el terreno en profundidad. El cálculo de este empuje, así como el dimensionamiento del anclaje correspondiente, se realiza considerando este caso similar al de un codo de 90º en posición horizontal, estando así siempre por el lado de la seguridad.

TES

En las "tes", válvulas de corte y tapones, el valor del empuje se obtiene a partir de la expresión:

$$E_t = P \cdot \pi \cdot (D^2/4) \cdot 10^3$$



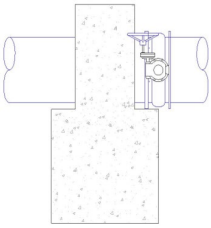
Donde:

E_t: Empuje en la tubería (Kp).
P: Presión máxima del sistema (m.c.a.).
D: Diámetro de la derivación (m).

VÁLVULAS DE CORTE-TAPONES

En el caso de las válvulas de corte y tapones la dirección del empuje es paralelo a la tubería, mientras que en las "tes" es paralelo a la derivación.

$$E_t = P \cdot \pi \cdot (D^2/4) \cdot 10^3$$



Donde:

Et: Empuje en la tubería (Kp).
P: Presión máxima del sistema (m.c.a.).
D: Diámetro de la derivación (m).

El desagüe está formado por una pieza especial en forma de "T" y una válvula de corte del diámetro de la salida. Solo se tienen en cuenta los desagües con la salida horizontal, a desagüe natural, donde la conducción sea mediante tubería con uniones no autotrabadas.

REDUCCIONES

En el caso de que existan cambios de diámetro en la red es necesario instalar conos de reducción para tal efecto. En los conos de reducción la dirección de la fuerza de empuje es paralela al eje de la tubería y con sentido hacia la parte del diámetro más pequeño. El cálculo de empujes se ha realizado mediante la expresión:

$$E_r = (\pi/4) \cdot P \cdot (D_1^2 - D_2^2)$$

Donde:

E_r: Empuje en la tubería (Kp).
P: Presión máxima del sistema (m.c.a.).
D_1: Diámetro mayor de la tubería (m).
D_2: Diámetro menor de la tubería (m).

FUERZAS ESTABILIZADORAS

Las fuerzas que se oponen al empuje son las que denominamos fuerzas estabilizadoras. En nuestro caso consideramos como tal, la fuerza resistente del terreno y los pesos que se oponen al movimiento del empuje al colaborar con el rozamiento del terreno al movimiento horizontal.

FUERZA RESISTENTE DEL TERRENO.

Consideramos la resistencia del terreno natural.

$$F_{terreno} = \sigma_{adm} x A_1$$

Donde:

$F_{terreno}$: Resistencia del terreno natural (Kg).
σ_{adm}: Tensión admisible del terreno (kg/cm^2).
A_1: Área o superficie de apoyo (m^2)

Como ya se ha expuesto, el anclaje debe situarse sobre el terreno natural, y si se ha producido alguna alteración del mismo, debe realizarse la compactación para restituir las condiciones originales del terreno. La fuerza resistente del terreno, es directamente proporcional a la tensión admisible del terreno (kp/cm^2). Se ha tomado una tensión media admisible para el terreno de 100 kN/m^2. Cuando las condiciones del terreno

cambien, especialmente si aparecen terrenos de poca consistencia, barros, fangos, arenas sin arcilla, etc…, se deberá recalcular el anclaje para evitar posibles fallos.

PESOS

El peso es una fuerza vertical, que actuara en un eje contrario al empuje. La reacción horizontal se transmite a través del coeficiente de rozamiento con el terreno.

En nuestro caso no se considera el posible empuje pasivo que pueda generar el terreno, al no permitir ningún tipo de desplazamiento horizontal.

PESO TIERRA

Es el peso de la tierra que descansa sobre el macizo de anclaje. Es directamente proporcionar a la densidad de la tierra y la superficie de apoyo.

$$Ptierra = \gamma_{relleno} x A_2 x h$$

Donde:

$\gamma_{relleno}$= Densidad aparente del terreno (kg/m^3)
A_2 = Área del macizo donde apoya el terreno (m^2).
h = Profundidad de la tierra (m).

PESO DEL HORMIGÓN

El macizo de anclaje colabora en la estabilidad del conjunto.

$$P_{hormigón} = \gamma_{hormigón} x Vol.$$

Donde:

$\gamma_{hormigón}$= Densidad del hormigón (kg/m^3)
Vol = Volumen del macizo (m^3).

PESO DEL AGUA

Se corresponde con el agua interna de la tubería, que apoya directamente sobre el macizo de anclaje.

$$P_{agua} = \gamma_{agua} x Ø x l.$$

Donde:

γ_{agua}= Densidad del agua (kg/m^3)

Ø = Diámetro de la tubería (m^2).
l: Longitud del tramo que descansa sobre el macizo (m).

Es cierto que existen otros tipos de pesos que podrían tenerse en cuenta, como son los relativos a la pieza especial, la tubería o válvulas, pero que no son una constante que podamos considerar debido a que no siempre se pueden determinar sus datos.

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

El coeficiente de rozamiento viene marcado por el ángulo de rozamiento interno del terreno.

$$\mu = tg\ \Phi.$$

Donde:

μ : Coeficiente de rozamiento suelo-macizo.
Φ : Angulo de rozamiento interno del terreno (º).

1.5. CÁLCULO DE ANCLAJES

Expuestas las acciones que intervienen en el cálculo de los anclajes, se realiza comprobando la siguiente expresión.

Festabilizadoras = F Desestabilizadoras x Coeficiente Seguridad.

Como ya se ha comentado el coeficiente de seguridad se fija en 1,2, para contemplar los posibles empujes temporales que puedan provocar los transitorios, que en este caso no se tienen en cuenta.

$$Cs \geq \frac{Fterreno + tg\phi(Ptierra + Phormigón + Pagua)}{Empuje}$$

Tenemos que considerar, que en el momento de las pruebas de presión, momento crítico en la red, los anclajes deben estar sin enterrar, por lo que no se puede considerar el peso de la tierra. Por otro lado, ante la dificultad de concretar el paso del agua que colabora con el macizo, hemos suprimido del cálculo está misma variable, por lo que finalmente nos queda la expresión:

$$Cs \geq \frac{Fterreno + tg\phi(Phormigón)}{Empuje}$$

1.6. RESULTADOS

Se presentan en el apéndice 1 las tablas con los resultados del cálculo de los distintos tipos de anclajes que se consideran en el presente proyecto.

Para la presión de cálculo se ha considerado la presión de prueba en la red en ese tramo, atendiendo inicialmente a la UNE-EN 805.

Se debe considerar que la presión de prueba se mayora al no estar contemplada la presión por golpe de ariete.

DP = 93 m.c.a. (P estática en arco ID: 680)
MDP = 93 m.c.a.+ 20 m.c.a = 113 m.c.a.
STPa = 1,5 x MDP = 170 m.c.a.
STPb= MDP + 50 = 163 m.c.a.

Conforme a la UNE-EN 805, se toma el menor de los valores, 163 m.c.a (16,3 kgf/cm^2).

Ya que el valor de STPb calculado según la norma UNE-EN 805 supera el timbraje de la tubería de hormigón postesado con camisa de chapa, se limita el valor final de la presión de prueba STP.

De este modo, como dato generalizado para el cálculo de anclajes de toda la red, independientemente del timbraje de las otras tuberías de PVC-O y FD, se considera el valor del timbraje limitante de esta tubería (HPCC) mayorado en un 20% a modo de coeficiente de seguridad.

Por tanto, el STP será como sigue:

STP = 110 m.c.a. x 1,20 = 132 m.c.a.

En el apéndice adjunto se desarrolla la estimación de hormigón armado necesario para los anclajes de tuberías y accesorios de la tubería, resultando como volumen total de hormigón para los anclajes: 1.201 m^3, y de armadura un total de 36.023 kg de acero corrugado.