

Experiencias en la aplicación de la prueba de presión de la norma UNE-EN 805 en conducciones de hormigón con camisa de chapa y de PRFV



Juan Pablo Guerrero Pasquau
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director Comercial

Siempre que ejecutamos un **proyecto de tubería**, bien sea para abastecimiento de agua o para conducciones de regadío, tenemos que tener en cuenta los **pliegos de condiciones generales y particulares**.

Se define **dos tipos de controles**:

- **Puntos de inspección y ensayo externos**: Son los controles obligatorios de cada uno de los materiales empleados en nuestra obra que se ejecutan en la planta o fábrica de origen, con especificaciones técnicas que definen características que cumplir y ensayos con criterios de aceptación o rechazo.
- **Puntos de inspección y ensayo internos**: Son los controles que se ejecutan en la propia obra por el personal propio y que sirven para ir vigilando la ejecución de la propia obra.

Nos referimos a tubería para presión y para dos tipos diferentes de tubería pero complementarios:

- **Tubería de hormigón con camisa de chapa (tubo tipo rígido)**
- **Tubería de PRFV (tubo tipo flexible)**

Normativa:

- “Instrucción del **Instituto Eduardo Torroja** para tubos de hormigón armado o pretensado” de **Septiembre de 2007** que incluye y esta conforme a la actual normativa europea.
- Norma es la **UNE EN 1796** “Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para aplicaciones con y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturado”.

TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO CON CAMISA DE CHAPA



TUBERÍA DE HORMIGÓN POSTESADO CON CAMISA DE CHAPA



TUBERÍA DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)



Norma **UNE-EN 805**: Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.

11.3.2 **Presión de prueba**. Para todas las conducciones, la **presión de prueba** de la red (**STP**) debe calcularse a partir de la **presión máxima de diseño (MDP)** del modo siguiente:

golpe de ariete calculado:

$$\mathbf{STP = MDP_c + 100\ KPa = MDP_c + 1\ atm}$$

golpe de ariete no calculado:

$$\mathbf{STP = MDP_a \times 1,5}$$

ó

$$\mathbf{STP = MDP_a + 500\ KPa}$$

el menor de los dos valores

El margen fijado para el golpe de ariete incluido en MDPa no debe ser inferior a 200 KPa (es decir 2 atm).

El cálculo del golpe de ariete debe efectuarse por métodos apropiados y utilizando ecuaciones generales aplicables, de acuerdo con las condiciones fijadas por el proyectista y basadas en las condiciones de explotación más desfavorables.

11.3.3.2 Prueba preliminar. La prueba preliminar tiene por objeto:

- estabilizar la parte de la conducción a ensayar permitiendo la mayor parte de los movimientos dependientes del tiempo;
- conseguir la saturación de agua apropiada en aquellos materiales absorbentes de agua;
- permitir el incremento de volumen dependiente de la presión, en tuberías flexibles, con anterioridad a la prueba principal.

11.3.3.3 Prueba de purga. La prueba de purga permite la estimación del volumen de aire remanente en la conducción.

El aire en el tramo de tubería a ensayar produce datos erróneos que podrían indicar fuga aparente o podrían, en algunos casos ocultar pequeñas fugas. La presencia de aire reducirá la precisión de la prueba de pérdida de presión y la prueba de pérdida de agua. El proyectista deberá especificar si la prueba de purga debe llevarse a cabo.

11.3.3.4 Prueba principal de presión

Se admiten dos métodos de prueba básicos:

- el método de prueba de pérdida de agua;
- el método de prueba de caída o pérdida de presión.

Prueba principal de presión

- el método de prueba de pérdida de agua:

La pérdida de agua aceptable, al finalizar la primera hora de la prueba, no debe exceder el valor calculado utilizando la siguiente fórmula.

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left[\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right]$$

Donde

ΔV_{\max} --- es la pérdida de agua admisible en litros;

V --- es el volumen del tramo de conducción en prueba en litros.

ΔP --- es la caída de presión admisible según define 11.3.3.4.3, en kilopascales;

E_w --- es el módulo de elasticidad del agua, en kilopascales;

ID --- es el diámetro interior del tubo, en metros;

e --- es el espesor de la pared del tubo, en metros;

E_R --- es el módulo de elasticidad transversal de la pared del tubo, en kilopascales;

1,2 --- es un factor de corrección (por ejemplo el aire residual) durante la prueba principal de presión.

- el método de prueba de caída o pérdida de presión:

La duración de la prueba de caída de presión debe ser de 1 hora o de mayor duración si así lo especifica el proyectista. Durante la prueba, la caída de ΔP debe presentar una tendencia regresiva y al finalizar la primera hora no debe exceder los siguientes valores:

- **20 KPa** para los tubos tales como tubos de fundición dúctil con o sin revestimiento interior de mortero de cemento, tubos de acero con o sin revestimiento interior y de mortero de cemento, tubos de hormigón con camisa de chapa de acero y tubos de materiales plásticos.

Comparación prueba hidráulica UNE-EN 805 y MOPU-74:

Exponemos un ejemplo real de una prueba de presión teniendo en cuenta ambas normativas:

Consideramos una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa de diámetro 1000 mm, sometida a 10 atm y una longitud de prueba de 1000 ml.

- MOPU-74:

Presión de prueba: 14 atm con un descenso admisible de presión en la prueba de hasta 1,67 atm.

Prueba de estanqueidad: $K=0,35$ – admitiendo una fuga de agua de 350 litros.

- UNE-EN 805:

Presión de prueba de 11 atm con un descenso de presión admisible de 0,2 atm y una pérdida de agua máxima de 20-25 litros.

ASPECTOS A TENER EN CUENTA

¿Qué aspectos hay que tener en cuenta en una prueba de presión?

- LA **DISPONIBILIDAD DEL AGUA**.
- EL **TIPO DE TUBERÍA**.
- EL TIPO DE **JUNTA** DE LA TUBERÍA, SI ES ELÁSTICA O SOLDADA.
- EL **DIÁMETRO** DE LA TUBERÍA.
- LA **PRESIÓN** DE LA TUBERÍA.
- EL **TRAZADO** DEL TRAMO DE PRUEBA.
- LA **LONGITUD** DE LOS TRAMOS DE PRUEBA.
- LAS **SUBPRESIONES O EL GOLPE DE ARIETE**.
- EL **TAPADO Y RELLENO** DE LA TUBERÍA.
- LOS **ANCLAJES** DE LOS ELEMENTOS ESPECIALES.
- LOS **TAPONES** DE PRUEBA Y SU ANCLAJE.
- EL **LLENADO** DE LA TUBERÍA.

La disponibilidad del agua depende de muchos factores y pueden condicionar el planteamiento de las pruebas de presión.

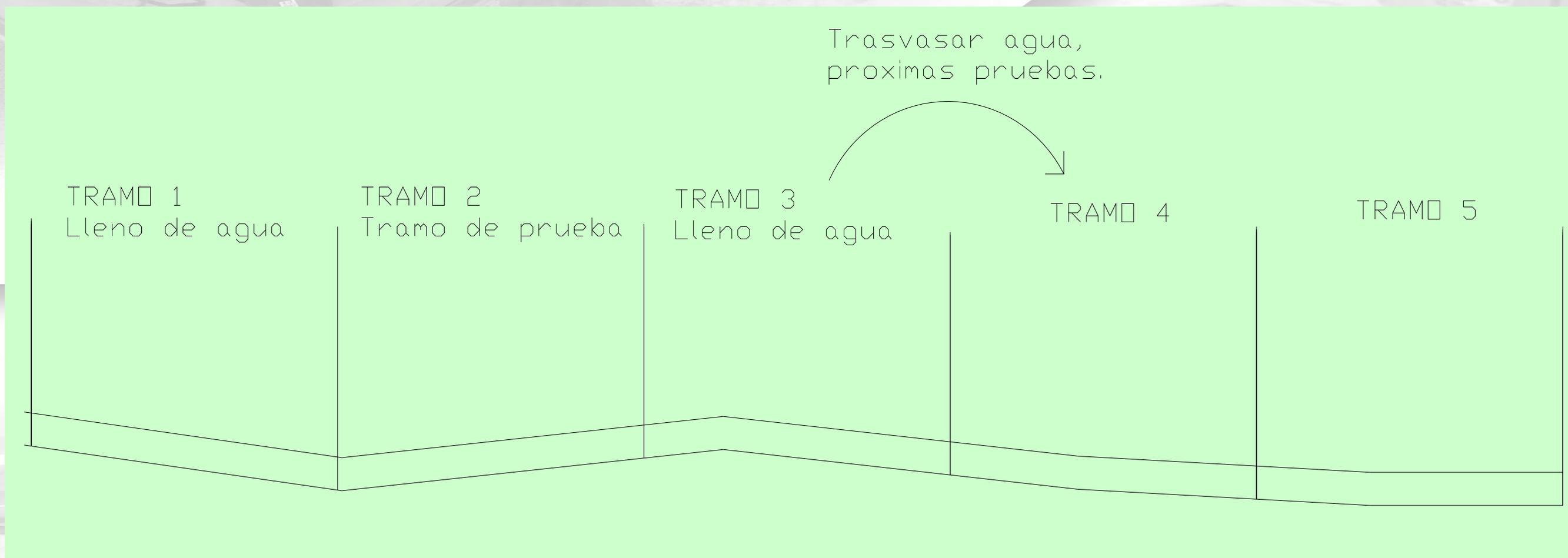
-EJEMPLO 2 - Para que nos hagamos una idea vamos a ver en la siguiente tabla el volumen en litros de agua que se necesita para una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa de diámetro 1800, 1400, 1000, 800 y 600, en un tramo de prueba de 1250 ml.



| Diámetro (mm) | Volumen aprox. en litros |
|---------------|--------------------------|
| 1800 | 3.400.000 |
| 1400 | 2.060.000 |
| 1000 | 1.050.000 |
| 800 | 670.000 |
| 600 | 385.000 |

Si la disponibilidad del agua no es un problema, como puede ser en el caso de un abastecimiento para una sociedad de agua que te preste el agua para las pruebas de la tubería que le estas construyendo, la cercanía con un río, un embalse, la existencia de un pozo ó una balsa en una comunidad de regantes, lo más habitual es hacer las pruebas conforme se va instalando la tubería en tramos de 1000-1500 ml y el coste del agua no es un problema.

En el otro extremo esta la imposibilidad de utilizar el agua porque en la zona escasee y la tubería la tendríamos que llenar con cubas de agua.



Dirección de Obra la conveniencia de hacer todas las pruebas, habría que discretizar la tubería en tramos de 1500 ml, es decir unas 9 pruebas.

Lo que se suele hacer es llenar tres tramos de prueba y probar el tramo central, aprovechando los tramos continuos como depósitos de regulación del tramo central e ir trasvasando el agua tramo a tramo, para aprovechar este agua. En este caso esto supone reducir el coste a unos 50.000 €, ya que reduces la cantidad de agua necesaria en 2/3 partes.

NUNCA PROBAR CON GAS

“Tubería de hormigón con camisa de chapa” (tubería rígida)



“Tubería de PRFV” (tubería flexible)



TIPO DE TUBERÍA (THPCCJE)

Después de estar un fin de semana lleno de agua.

Presión de prueba: 6 atm - (PN+1 atm)

Diámetro: 1000 mm

Longitud: 1430 ml

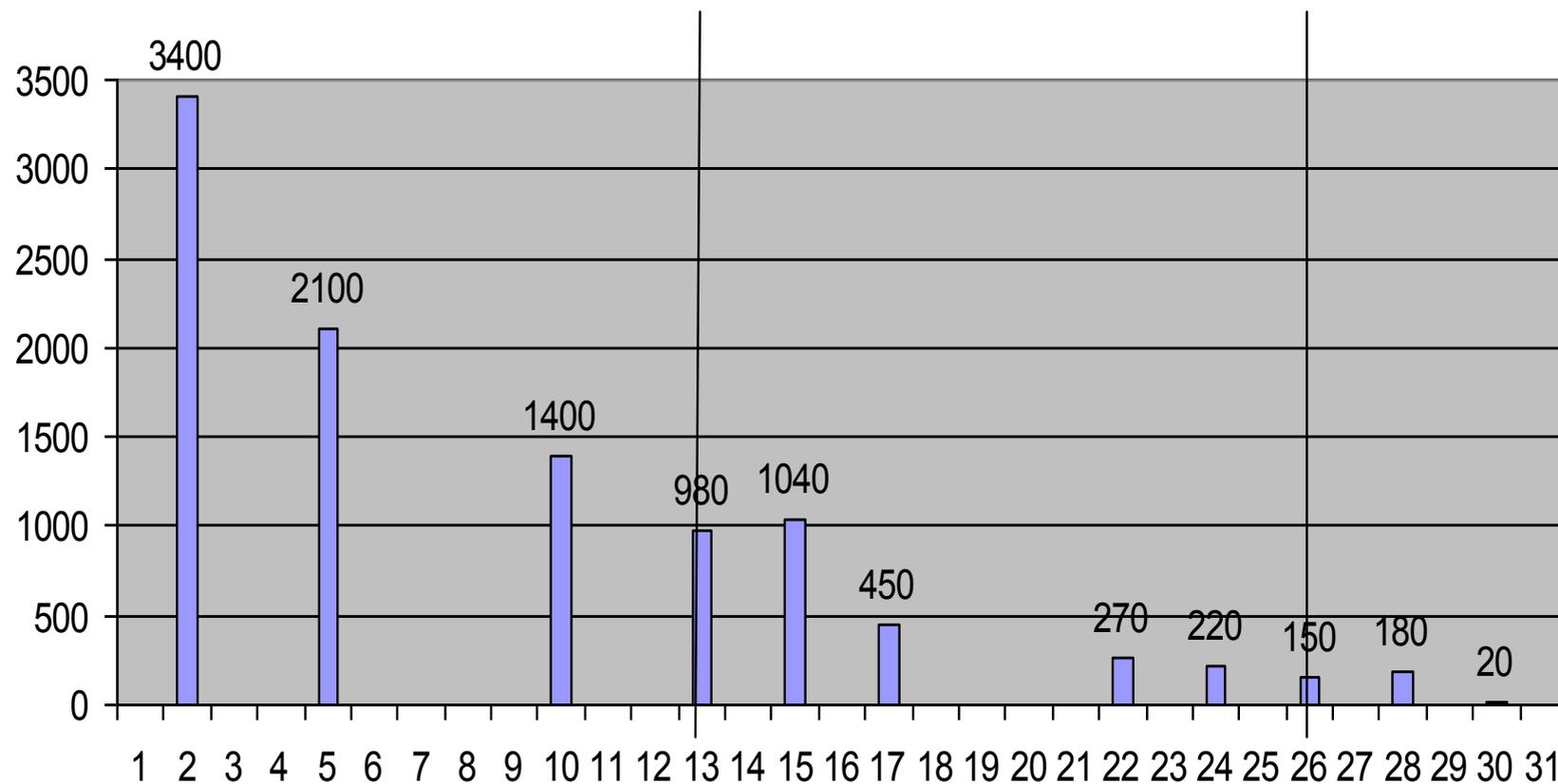
Diferencia de Cota: 7,5 mts

Volumen del tramo: 1160 m³

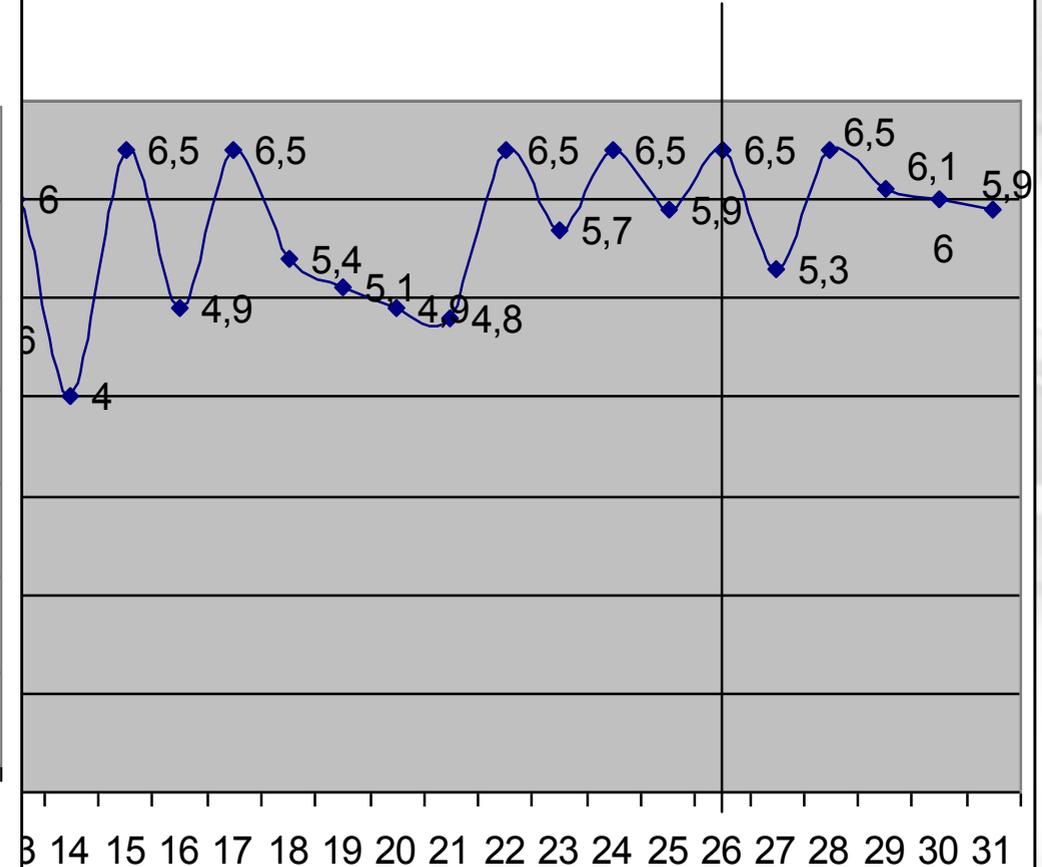
| | HORAS | Nº | PRESIÓN (atm) |
|-------|-------|----|---------------|
| Dia 1 | 8 | 1 | 0,6 |
| | 9 | 2 | 6 |
| | 10 | 3 | 3,8 |
| | 11 | 4 | 2,7 |
| | 12 | 5 | 6 |
| | 13 | 6 | 4,5 |

| | HORAS | Nº | VOLUMEN (litros) |
|-------|-------|----|------------------|
| Dia 1 | 8 | 1 | |
| | 9 | 2 | 3400 |
| | 10 | 3 | |
| | 11 | 4 | |
| | 12 | 5 | 2100 |
| | 13 | 6 | |

PRUEBA THPCCJE VOLUMEN DE AGUA (LITROS)



PRESIÓN (EJEX-HORAS / EJEY- PRESION EN ATM)



| | | | |
|-----------------|----|----|-----|
| | 18 | 24 | 6,5 |
| | 19 | 25 | 5,9 |
| | 20 | 26 | 6,5 |
| | 27 | 27 | 5,3 |
| Dia 3 | 8 | 27 | 5,3 |
| | 9 | 28 | 6,5 |
| | 10 | 29 | 6,1 |
| | 11 | 30 | 6 |
| | 12 | 31 | 5,9 |
| Prueba superada | | | |

| | | | |
|-----------------|----|----|-----|
| | 17 | 23 | |
| | 18 | 24 | 220 |
| | 19 | 25 | |
| | 20 | 26 | 150 |
| Dia 3 | 8 | 27 | |
| | 9 | 28 | 180 |
| | 10 | 29 | |
| | 11 | 30 | 20 |
| | 12 | 31 | |
| Prueba superada | | | |

TIPO DE TUBERÍA (THACCJS)

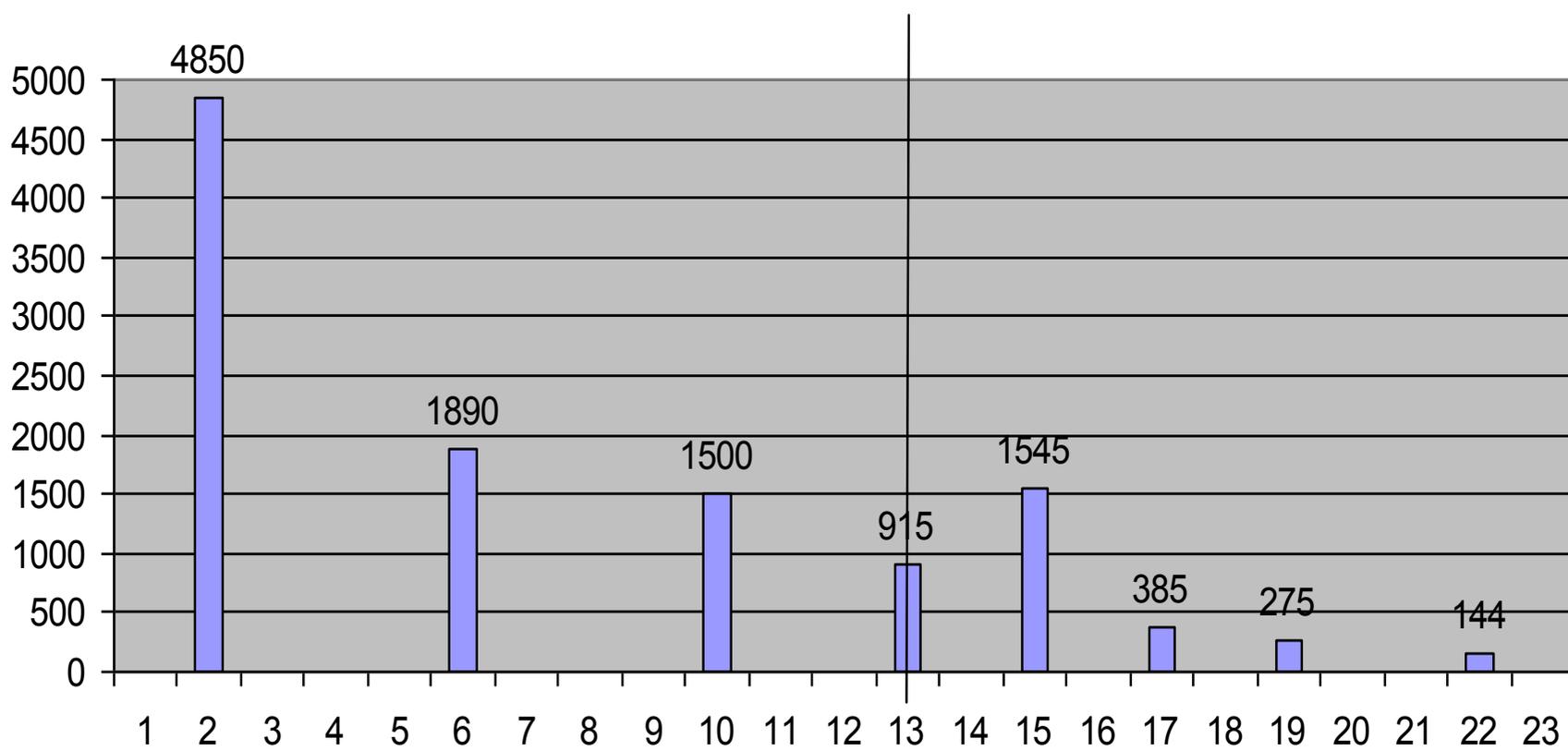
Despues de estar un fin de semana lleno de agua.

| | |
|---------------------|---------|
| Presión de prueba: | 8,5 atm |
| Diametro: | 1500 mm |
| Longitud: | 1230 ml |
| Diferencia de Cota: | 17 mts |
| Volumen del tramo: | 2380 m3 |

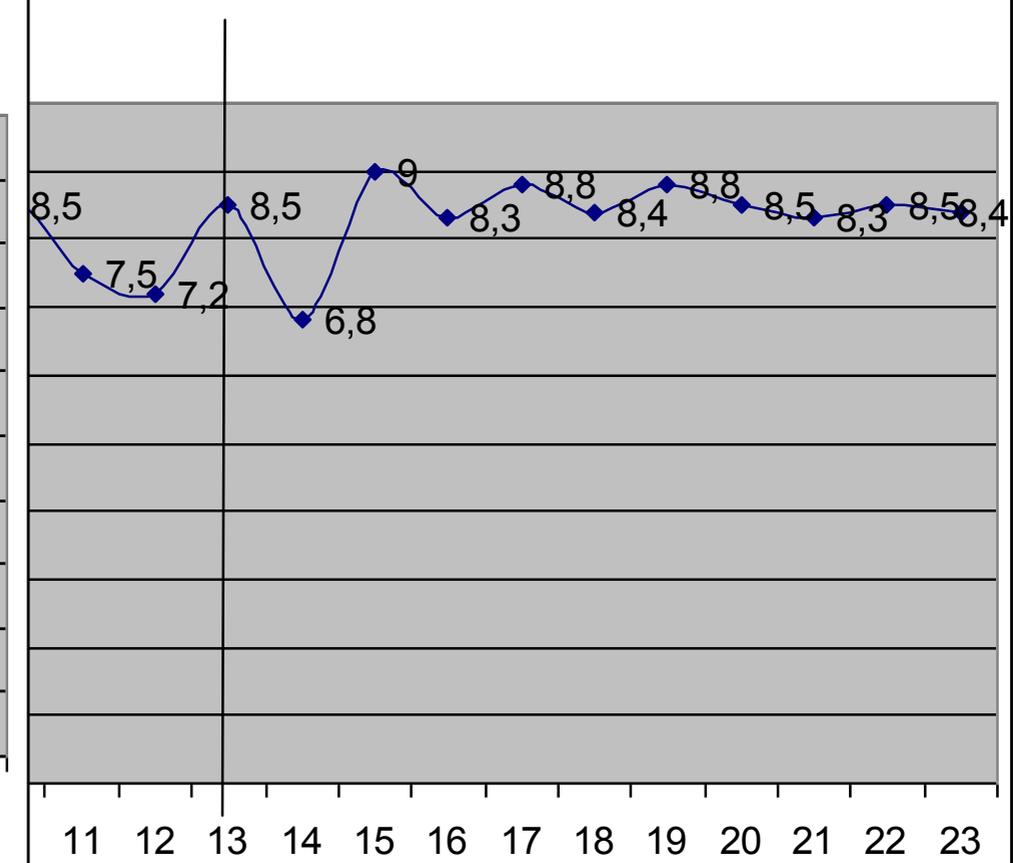
| | HORAS | Nº | PRESIÓN (atm) |
|-------|-------|----|---------------|
| Dia 1 | 8 | 1 | 1,6 |
| | 9 | 2 | 8,5 |
| | 10 | 3 | 6,6 |

| | HORAS | Nº | VOLUMEN (litros) |
|-------|-------|----|------------------|
| Dia 1 | 8 | 1 | |
| | 9 | 2 | 4850 |
| | 10 | 3 | |

PRUEBA THACCJS VOLUMEN DE AGUA (LITROS)



ÓN (EJEX-HORAS / EJEY- PRESION EN ATM)



| | | | |
|-----------------|----|----|-----|
| | 12 | 18 | 8,4 |
| | 13 | 19 | 8,8 |
| | 14 | 20 | 8,5 |
| | 15 | 21 | 8,3 |
| | 16 | 22 | 8,5 |
| Prueba superada | 17 | 23 | 8,4 |

| | | | |
|-----------------|----|----|-----|
| | 12 | 18 | |
| | 13 | 19 | 275 |
| | 14 | 20 | |
| | 15 | 21 | |
| | 16 | 22 | 144 |
| Prueba superada | 17 | 23 | |

TIPO DE TUBERÍA (PRFV)

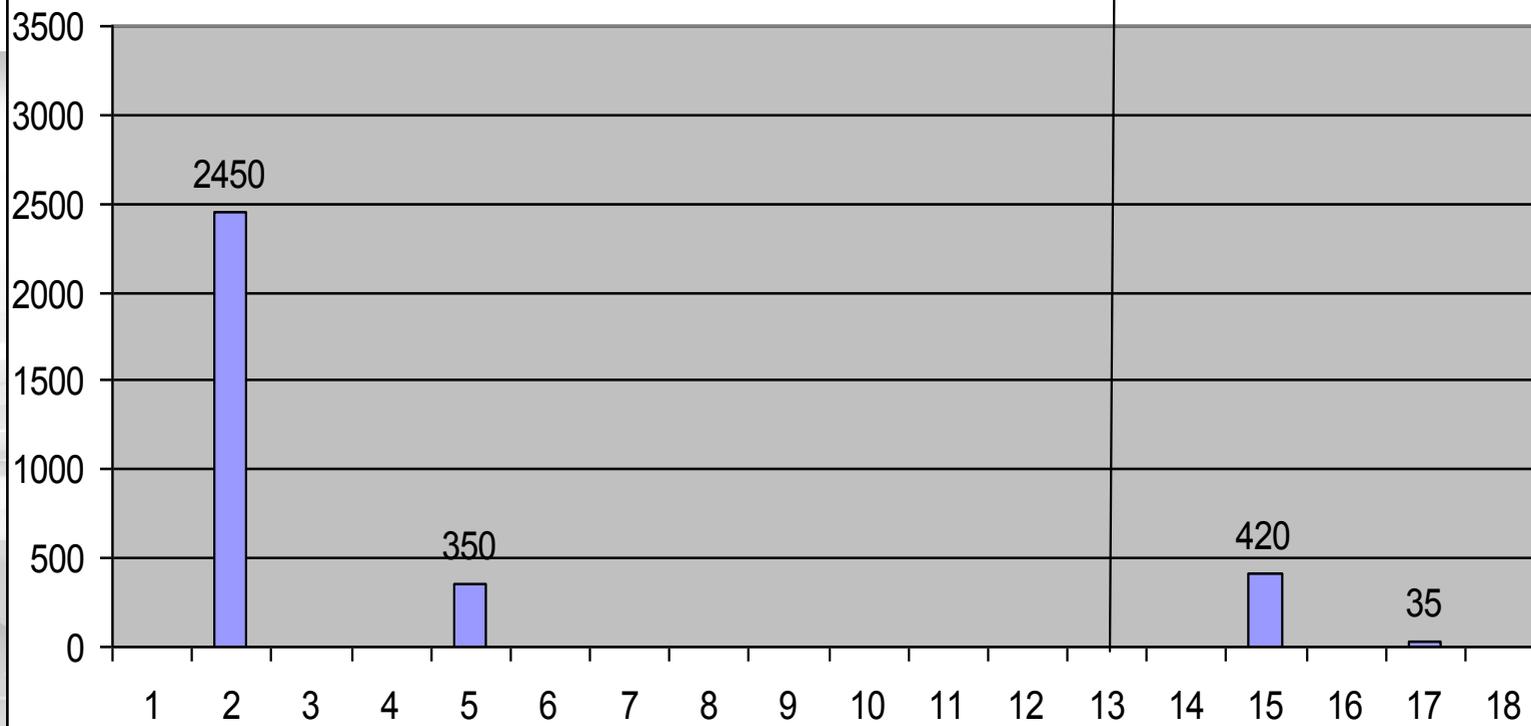
Despues de estar un fin de semana lleno de agua.

| | |
|---------------------|---------|
| Presión de prueba: | 11 atm |
| Diametro: | 600 mm |
| Longitud: | 1575 ml |
| Diferencia de Cota: | 28 mts |
| Volumen del tramo: | 450 m3 |

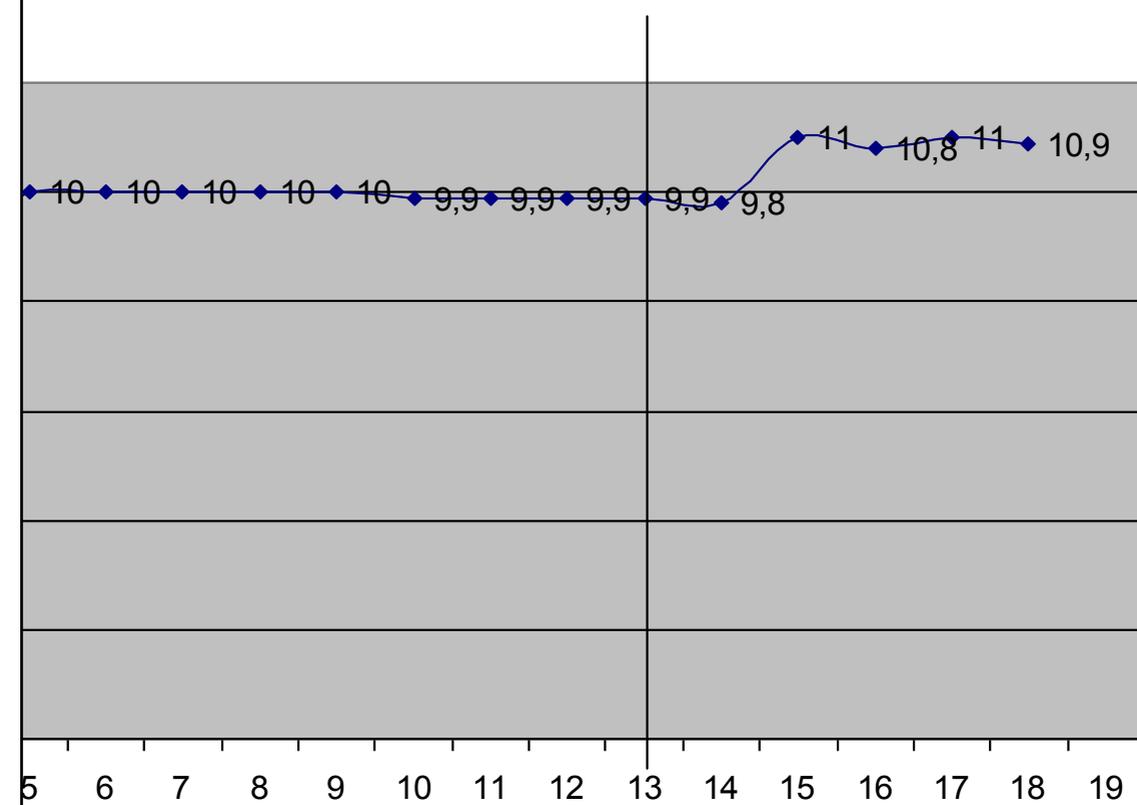
| HORAS | Nº | PRESIÓN (atm) |
|-------|----|---------------|
| 9 | 15 | 11 |
| 10 | 16 | 10,8 |
| 11 | 17 | 11 |
| 12 | 18 | 10,9 |

| HORAS | Nº | VOLUMEN (Litros) |
|-------|----|------------------|
| 9 | 15 | 420 |
| 10 | 16 | 35 |

PRUEBA THPCCJE VOLUMEN DE AGUA (LITROS)



CICLOS PRESIÓN (EJEX-HORAS / EJEY- PRESION EN ATM)



| | | | |
|------------------------|----|----|------|
| Prueba superada | 9 | 15 | 11 |
| | 10 | 16 | 10,8 |
| | 11 | 17 | 11 |
| | 12 | 18 | 10,9 |

| | | | |
|------------------------|----|----|-----|
| Prueba superada | 9 | 15 | 420 |
| | 10 | 16 | |
| | 11 | 17 | 35 |
| | 12 | 18 | |

La tubería de hormigón con camisa de chapa tiene dos tipos de junta: **soldada y elástica.**

Lo habitual es que se utilice la junta elástica por su facilidad de montaje, seguridad y economía, evitando la necesidad de personal muy especializado en obra (soldadores).

Para la tubería de junta elástica es conveniente, dejar las juntas descubiertas, teniendo un relleno hasta riñones o hasta el 70% del diámetro del tubo, dejando las juntas descubiertas y tapando el resto con caballones de material.



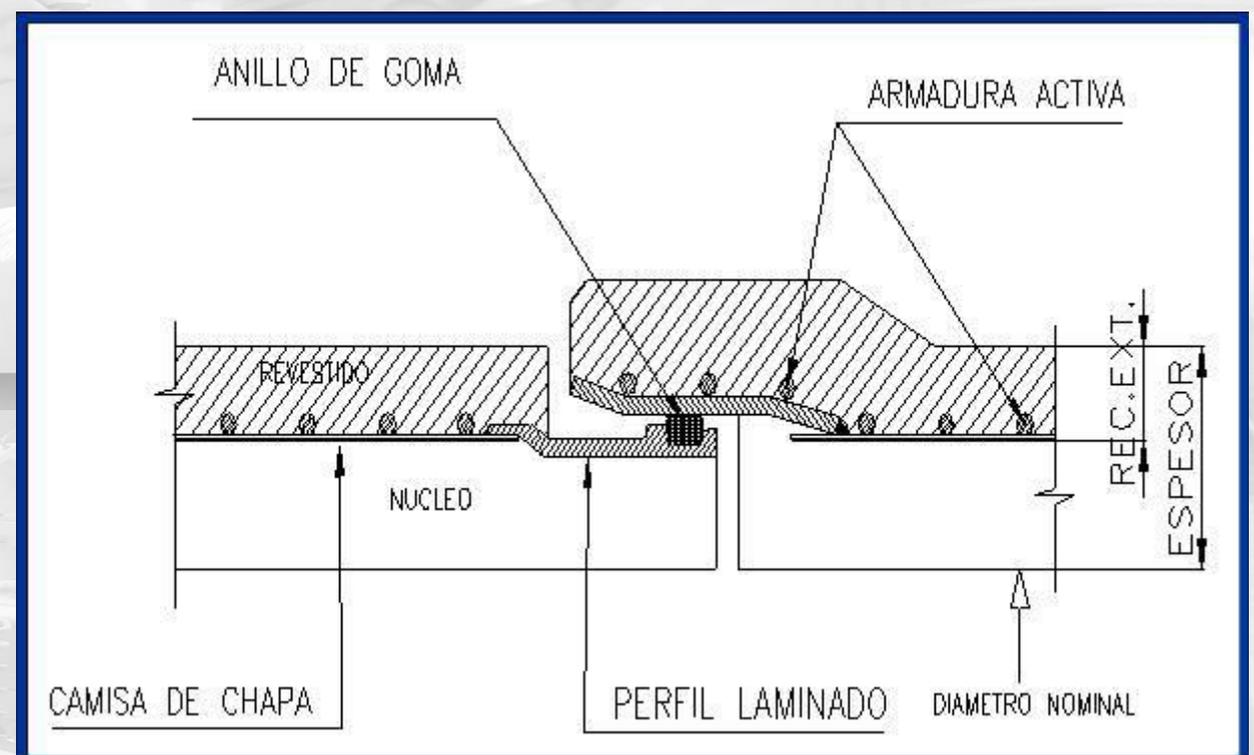
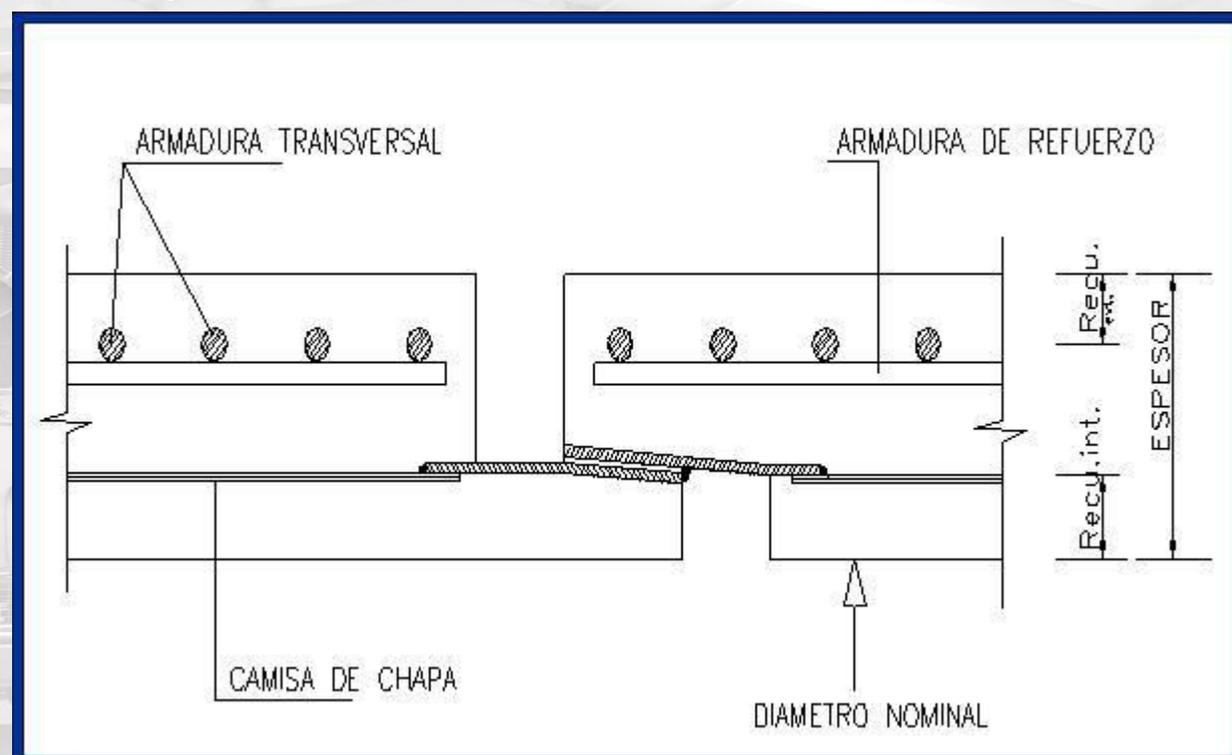
Tener las juntas descubiertas si supone algún riesgo de seguridad o de flotabilidad es conveniente el tapado completo. Esto puede ocurrir en zonas donde el trazado de la tubería transcurre por lugares cercanos a una carretera, camino, ríos, arroyos, nivel freático alto y se puede producir algún accidente.



La tubería de hormigón con camisa de chapa tiene dos tipos de junta: **soldada y elástica.**

También se produce el tapado completo de la tubería, cuando la prueba de presión se alarga en el tiempo en conducciones de grandes metrajes mayores de 10 Km y la propia obra decide tapar para no tener tanta zanja sin terminar con el riesgo que supone. En este caso si en la prueba hay cualquier fuga es más complicada su localización, por lo que siempre hay que sopesar los pros y contras de cada situación.

Para la tubería de junta soldada es muy importante que se hayan efectuado en todas las juntas la comprobación de la soldadura mediante líquidos penetrantes. A la soldadura únicamente se le pide la estanqueidad y no es una soldadura resistente, por lo que se comprueba sobretodo que no haya poros. Si este ensayo se realiza de manera correcta, la prueba de presión pasa a ser una comprobación adicional y es casi seguro que su resultado sea satisfactorio, salvo que el fallo no sea achacable al tubo, piezas especiales, válvulas, anclajes, etc. Normalmente la tubería en la prueba de presión esta totalmente tapada, a diferencia con la junta elástica.



TIPO DE JUNTA DE LA TUBERÍA

En cuanto a la **tubería de PRFV la junta es elástica**, bien mediante manguitos o con campana-espiga. En este tipo de tubería que es flexible, las juntas siempre es algo más rígidas, todas las cargas son desfavorable a excepción del relleno que ayuda a aguantar la presión y se diferencia con el tubo de hormigón con camisa de chapa (tubo rígido) donde todos los esfuerzos como desfavorables, es decir, todas las cargas (peso propio, carga de tierras, peso del agua, relleno, tipo de zanja, tráfico, presión) deben ser aguantadas por el tubo.

¿Esto que quier decir?, que la tubería de PRFV por su condición de tubo flexible se deforma y es muy importante que el relleno sea bueno o este muy bien ejecutado, lo ideal es material seleccionado, para aguantar esta deformación.

Entonces la tubería en este caso se debería estar tapada, ya que es un tubo que debe ser probado en las condiciones que va a estar en servicio. Como el tubo se deforma con la carga de tierras, si la prueba se realiza sin realizar el arriñonamiento del tubo, con todas las juntas descubiertas y la prueba es correcta, en el proceso posterior de tapado si no se hace bien puedes cambiar la condición del tubo y pueden aparecer fugas en alguna junta. En este tubo no es lo mismo probar con una carga de 5 mts de tierras, que destapado. Tampoco pasaría nada si se dejan 1 de cada 10 juntas sin destapar si lo pide la Dirección de Obra, para comprobar alguna junta in situ.



El diámetro y la presión están muy ligados en cualquier prueba de presión, ya que son las características que definen la capacidad de una tubería. Vamos a ver algunos:

| Diámetro (mm) | Presión (atm) | Empuje (Tn) |
|---------------|---------------|-------------|
| 1800 | 6 | 153 |
| 1800 | 10 | 255 |
| 1400 | 6 | 92,5 |
| 1400 | 10 | 154 |
| 1000 | 6 | 47,2 |
| 1000 | 10 | 78,6 |
| 800 | 6 | 30,2 |
| 800 | 10 | 50,3 |
| 600 | 6 | 17 |
| 600 | 10 | 28,3 |

Como se puede comprobar cuanto menor es el diámetro y la presión, menor es el empuje en los extremos de la prueba. Pero la presión es determinante y se puede ver como diámetros menores, tienen mayor empuje que diámetros mayores con una presión más alta, como es el caso de la tubería de DN1400 a PN10 y DN800 PN10 comparada con la tubería de DN1800 PN6 y DN1000 PN6.

El trazado de la tubería condiciona:

- La instalación**
- El longitudinal de presiones**
- El número de piezas especiales (codos, ventosas, desagües)**

Se debe tener presente en todo momento y es importante evitar pendientes fuertes, aunque es bueno que las tuberías tengan algo de pendiente, no son buenos los trazados sinuosos y es correcto colocar muchas ventosas, como desagües para facilitar las maniobras de la conducción. Se deben localizar perfectamente los cambios de pendiente y de presiones en el longitudinal de la tubería.

En las pruebas de presión el trazado puede condicionarnos la elección de los tramos de prueba, los anclajes de las piezas, el llenado de la tubería, los puntos altos y bajos, la presión de prueba, etc.

Para ello vamos a comentar dos ejemplos reales de tubería de PRFV y de hormigón con camisa de chapa.

TRAZADO DE LA CONDUCCIÓN

PRUEBA DE TUBERÍA EN ZANJA

RED B1G

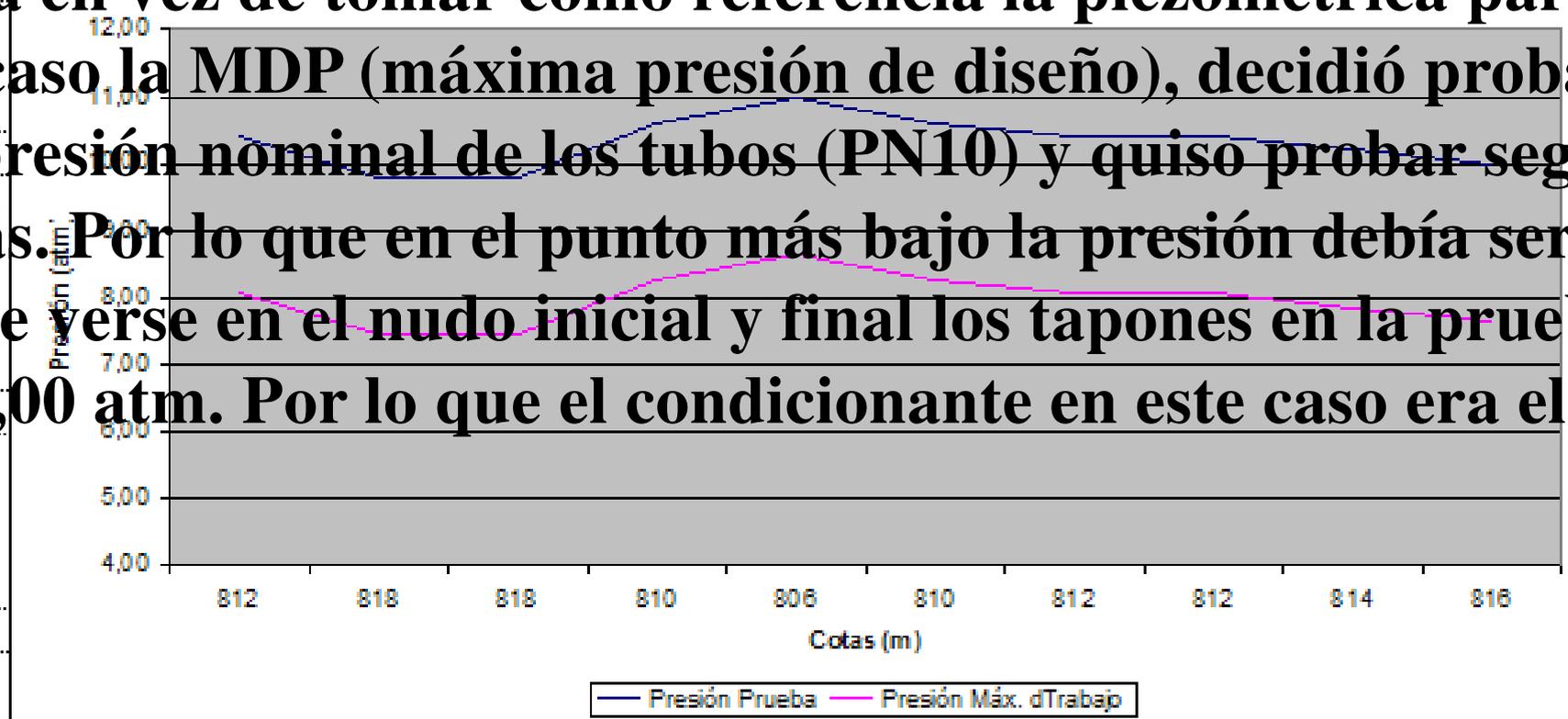
Ramo 2
Nudos 105 a 114

-Prueba tubería PRFV: es un tramo de 1574 m de una red de riego, con las cotas de los extremos en el nudo inicial de 812 m y en el nudo final de 816 m. La cota mínima, que es la que tenemos que considerar siempre en una prueba de presión para la presión, en este caso no coincide con los extremos que suele ser lo habitual en las pruebas de presión y es de 806 m, ver gráfico 1.

Para esta prueba se lleno la tubería por el punto bajo (desagüe), pero en los tapones de prueba es donde se midió y se dio la presión durante la prueba.

El tramo de prueba es un tramo de gravedad, el golpe de ariete se puede considerar nulo y el Director de Obra en vez de tomar como referencia la piezométrica para la prueba que sería en este caso la MDP (máxima presión de diseño), decidió probar la tubería considerando la presión nominal de los tubos (PN10) y quiso probar según la UNE-805 con 1 atm más. Por lo que en el punto más bajo la presión debía ser 11 atm. Para ello como puede verse en el nudo inicial y final los tapones en la prueba marcaban 10,40 atm y 10,00 atm. Por lo que el condicionante en este caso era el punto más bajo.

| Nudo | Cotas | Presión de prueba en cada nudo, Kg/cm ² | Presión en la primera cota (máxima admisible de funcionamiento) | Características de los tramos | | | | Presiones en la prueba | | | | | |
|---|-------|--|---|-------------------------------|----------|----------|----|------------------------|------|------|---------------|----------------|--|
| | | | | Longitud | Material | Diámetro | PN | Máxima presión normal | N1 | N2 | Max admisible | Presión Máxima | |
| Nudo inicial de prueba | 105 | 812 | 10,40 | 8,05 | | | | | | | | | |
| 106 | 818 | 9,80 | 7,45 | 584 | PRFV | 600 | 10 | 7,45 | 10,4 | 9,8 | 11,0 | SI | |
| 107 | 818 | 9,80 | 7,45 | 20 | PRFV | 600 | 10 | 7,45 | 9,8 | 9,8 | 11,0 | SI | |
| 108 | 810 | 10,00 | 8,25 | 200 | PRFV | 600 | 10 | 8,25 | 10,0 | 10,0 | 11,0 | SI | |
| 109 | 806 | 11,00 | 8,85 | 185 | PRFV | 600 | 10 | 8,85 | 10,6 | 11,0 | 11,0 | SI | |
| 110 | 810 | 10,00 | 8,25 | 55 | PRFV | 600 | 10 | 8,25 | 11,0 | 10,8 | 11,0 | SI | |
| 111 | 812 | 10,40 | 8,05 | 114 | PRFV | 600 | 10 | 8,05 | 10,6 | 10,4 | 11,0 | SI | |
| 112 | 812 | 10,40 | 8,05 | 72 | PRFV | 600 | 10 | 8,05 | 10,4 | 10,4 | 11,0 | SI | |
| 113 | 814 | 10,20 | 7,85 | 83 | PRFV | 600 | 10 | 7,85 | 10,4 | 10,2 | 11,0 | SI | |
| 114 | 816 | 10,00 | 7,85 | 210 | PRFV | 600 | 10 | 7,85 | 10,2 | 10,0 | 11,0 | SI | |
| Longitud del tramo que se prueba, m | | 1.574 | | | | | | | | | | | |
| Cota Máxima | | 818 | | | | | | | | | | | |
| Cota Mínima | | 806 | | | | | | | | | | | |
| Material | | PRFV | | | | | | | | | | | |
| Espesor (mm) | | 10 | | | | | | | | | | | |
| PN | | 10 | | | | | | | | | | | |
| Diámetro (mm) | | 600 | | | | | | | | | | | |
| Espesor, mm | | 10,13 | | | | | | | | | | | |
| Presión de Prueba, Kg/cm ² | | 11,00 | | | | | | | | | | | |
| Cota piezométrica en prueba | | 916,00 | | | | | | | | | | | |
| Caída admisible de presión, N/mm ² | | 0,02 | | | | | | | | | | | |
| Cota piezométrica estática | | 892,50 | | | | | | | | | | | |
| Volumen de agua en el tramo, li | | 441,633 | | | | | | | | | | | |
| Pérdida admisible de agua, li | | 57,2 | | | | | | | | | | | |



PRUEBA DE TUBERÍA EN ZANJA

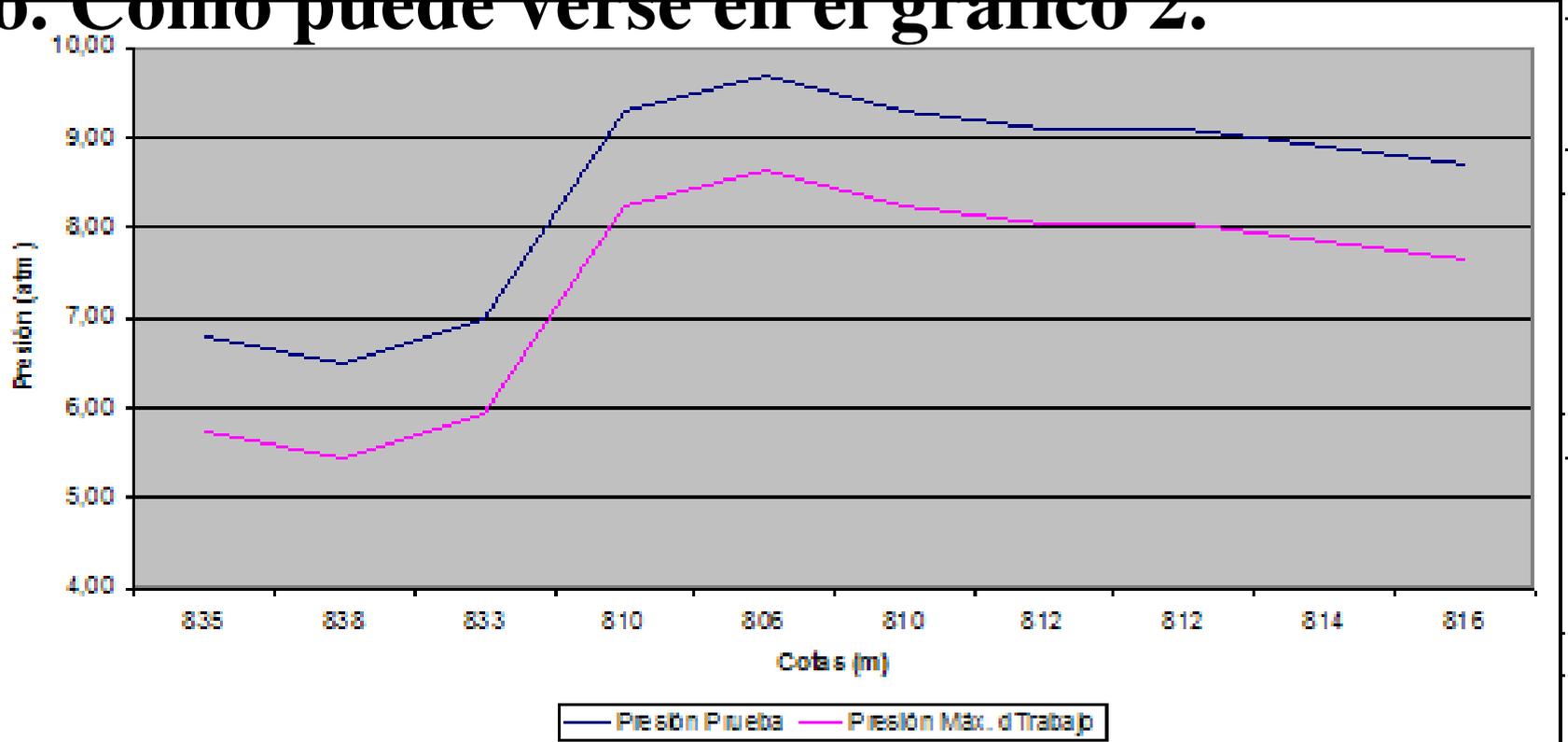
RED B1G

Ramal 2
Nudos 105 a 114

Si hubiera habido en este caso cambio de presiones, por ejemplo que los primeros metros correspondientes a los nudos 105, 106 y 107 hubieran tenido una cota superior a 832,5 atm, con tubos de PN6 hubiéramos salvado el tramo. La presión de prueba hubiera salido de la envolvente máxima posible de los dos tramos (7 atm para el tramo de PN6 y 11 atm para el tramo de PN10), sin superar en ningún caso 7 atm en el primer tramo y 11 en el segundo. Como puede verse en el gráfico 2.

| Nudo | Cota | Presión de prueba en cada nudo, Kg/cm ² | Presión en la primera zona (Presión admisible de funcionamiento) | Características de los tramos | | | | Presiones en la prueba | | | | Presión Máxima | | |
|------------------------|------|--|--|-------------------------------|----------|----------|----|------------------------|-----|-----|----------------|----------------|----|--|
| | | | | Longitud | Material | Díametro | PN | presión normal | N1 | N2 | Max. admisible | | | |
| Nudo inicial de prueba | 105 | 835 | 6,80 | | | | | | | | | | | |
| 105 | 838 | 7,50 | 5,25 | 584 | PRFV | 600 | 6 | 5,40 | 7,8 | 6,5 | 7,0 | 11,0 | SI | |
| 106 | 833 | 7,00 | 5,50 | 20 | PRFV | 600 | 6 | 5,50 | 6,5 | 7,0 | 7,0 | 11,0 | SI | |
| 107 | 806 | 9,30 | 8,25 | 210 | PRFV | 600 | 10 | 8,25 | 9,7 | 9,3 | 11,0 | 11,0 | SI | |
| 108 | 806 | 9,30 | 8,25 | 123 | PRFV | 600 | 10 | 8,25 | 9,7 | 9,3 | 11,0 | 11,0 | SI | |
| 109 | 810 | 9,30 | 8,25 | 96 | PRFV | 600 | 10 | 8,25 | 9,7 | 9,3 | 11,0 | 11,0 | SI | |
| 110 | 812 | 9,10 | 8,05 | 72 | PRFV | 600 | 10 | 8,05 | 9,1 | 9,1 | 11,0 | 11,0 | SI | |
| 111 | 812 | 8,70 | 7,65 | 210 | PRFV | 600 | 10 | 7,65 | 8,9 | 8,7 | 11,0 | 11,0 | SI | |
| 112 | 816 | | | | | | | | | | | | | |
| 113 | | | | | | | | | | | | | | |
| 114 | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---------|
| Longitud del tramo que se prueba, m | 1.574 |
| Cota Máxima | 818 |
| Cota Mínima | 806 |
| Tubería | |
| Material | PRFV |
| Díametro Nominal | 600 |
| PN | 10 |
| Díametro Interior, mm | 597,7 |
| Espesor, mm | 10,13 |
| Presión de Prueba, Kg/cm ² | 11,00 |
| Cota piezométrica de prueba | 903,00 |
| Cota admisible de presión, Nmm ² | 0,02 |
| Cota piezométrica estática | 892,50 |
| Volumen de agua en el tramo, l | 441.633 |
| Pérdida admisible de agua, l | 57,2 |

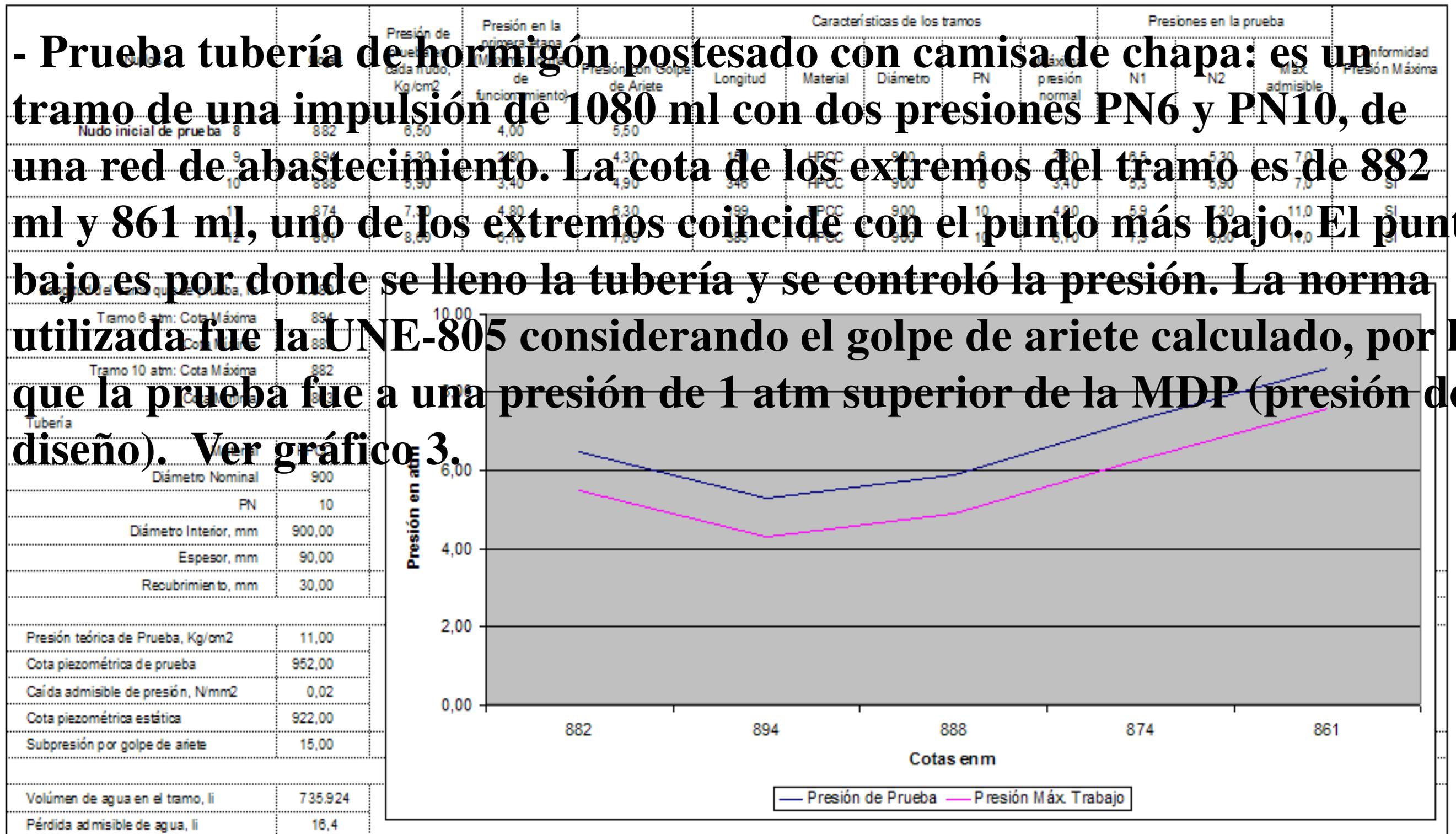


PRUEBA DE TUBERÍA EN ZANJA

RED B1G

Ramal A
Nudos 8 a 12

- Prueba tubería de hormigón postesado con camisa de chapa: es un tramo de una impulsión de 1080 ml con dos presiones PN6 y PN10, de una red de abastecimiento. La cota de los extremos del tramo es de 882 ml y 861 ml, uno de los extremos coincide con el punto más bajo. El punto bajo es por donde se llenó la tubería y se controló la presión. La norma utilizada fue la UNE-805 considerando el golpe de ariete calculado, por lo que la prueba fue a una presión de 1 atm superior de la MDP (presión de diseño). Ver gráfico 3.



La nueva norma UNE-805 no habla expresamente de la longitud de las pruebas, normalmente en toda la bibliografía y normas anteriores sobre pruebas, se habla y se aconsejan pruebas de longitudes que van desde 500 a 1500 ml.

Nuestra experiencia es que cuanto menores son las longitudes mayor es el control sobre la instalación de la tubería. Normalmente las obras tienden a pruebas de menor longitud al comienzo de la obra y conforme avanza la obra, si las pruebas obtienen resultados correctos, se va aumentando la longitud de estas, ya que se minoran los costes.

Como ya hemos hablado también depende del tramo de prueba y de la disponibilidad del agua. En muchas obras se prueba entre válvulas de corte, que se suelen colocar cada 4-5 Km, pero el riesgo de fuga es mayor y si hay este fallo, lo tendremos menos localizado. Cuando hay un problema de fuga en este tipo de pruebas, se vuelve su localización, un trabajo muy costoso.

Lo normal es que las pruebas se efectúen al final de las obras y muy pocas veces se llevan a la vez que la instalación de la tubería, como debería ser aconsejable. Las obras tienen unos plazos y las pruebas cuando no salen bien pueden provocar un aumento de plazo, por lo que la elección de pruebas de grandes longitudes, si hay un mal montaje, puede resultar caro y provocar tensiones innecesarias.

Caso 1: Tenemos una conducción de hormigón postesado con camisa de chapa de diámetro 1500 mm, donde la presión de servicio en el tramo es de 7,75 atm, el golpe de ariete está calculado y es de 1,5 atm. Por lo que el tubo se clasifica con DP (presión de diseño)/ MDP (presión máxima de diseño)/ STP (presión de prueba), que en este caso es de DP-7,75/ MDP-9,25/STP-10,25 atm. Supongamos que este tubo tiene un coste de 100 unidades monetarias/ml.

Caso 2: Tenemos la misma conducción pero sin el golpe de ariete calculado y está estimado en 2 atm. Por lo que el tubo se clasifica en este caso con DP-7,75/ MDP-9,75/STP-14,62 atm. Este tubo tiene un coste de 110 unid. monet./ml.

Imaginando que la tubería tiene un coste de 3 millones de euros, el coste en el caso 1 es un 10% inferior al caso 2, por lo que el coste que se puede ahorrar sólo en la tubería únicamente por tener el golpe de ariete calculado es de 300.000 €. No tenemos en cuenta además el coste de sobredimensionar los anclajes de las pruebas, anclajes de las piezas especiales y de los elementos especiales (válvulas, ventosas, desagües, bridas, etc.). Encima la complejidad y dificultad de la prueba es mayor, cuanto mayor es la presión.

Es decir, es muy importante en una conducción que el golpe de ariete esté calculado para facilitar a la obra el ahorro en coste y la ejecución de las pruebas.

Como hemos hablado antes depende de la tubería que estamos instalando, el tipo de junta y las características de la obra que estamos ejecutando. Como resumen:

- Tubería de hormigón con camisa de chapa y junta soldada: comprobación con líquidos penetrantes de la soldadura, se puede tapar la tubería.**
- Tubería de hormigón con camisa de chapa y junta elástica: si es posible y no hay riesgos de accidentes y flotabilidad, dejar las juntas descubiertas durante la prueba, de manera que la tubería tenga un relleno hasta riñones o hasta el 70% del diámetro del tubo, dejando las juntas descubiertas y tapando el resto con caballones de material.**
- Tubería de PRFV: es recomendable el tapado completo de la tubería, se puede dejar alguna junta descubierta al azar, pero es un tubo que debe hacerse la prueba en las condiciones en las que se va a comportar en su vida útil.**



Es importante cumplir fielmente el tapado y el relleno de la tubería conforme a las recomendaciones del proyecto y del fabricante. Ya que el funcionamiento de la tubería depende de la cama de asiento, un buen arriñonamiento y un correcto tapado. En conducciones correctamente montadas es muy improbable que existan fugas. No es así cuando la tubería no está bien instalada, aparecen blandones, punzonamientos por piedras de gran tamaño, aplastamientos, malos apoyos del tubo, etc.

Cuando se decide dejar juntas descubiertas o no está bien arriñonada la tubería existe el riesgo, como hemos dicho anteriormente, de la flotabilidad de los tubos. Este problema es más acusado en la tubería de PRFV, ya que pesa menos que la de hormigón, pero que se produce en ocasiones. Cuando flota un tramo de la conducción, es muy importante analizar tubo a tubo y junta a junta para descartar cualquier fallo.



Existen dos tipos de anclajes en una prueba los de los extremos de la prueba (tapones de la prueba) y los anclajes de los elementos singulares de la conducción (codos, reducciones, válvulas, ventosas y desagües).

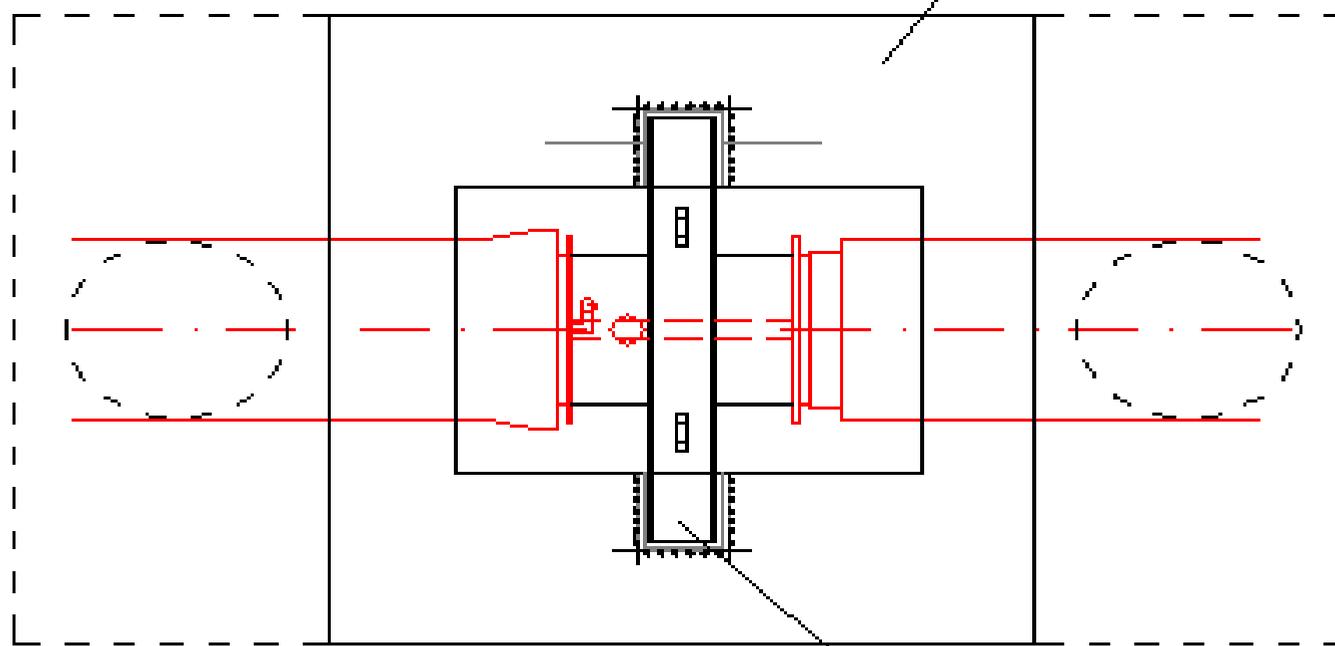
1. Anclaje de los extremos de la prueba:

Son elementos para contener los tapones de prueba se construyen en hormigón y tienen una estructura de acero ó madera para transmitir los esfuerzos del tapón de prueba al macizo de anclaje, normalmente son provisionales ya que únicamente se utilizan para la prueba y se calculan para aguantar el empuje de la presión. Por esta provisionalidad no siempre se les calcula, ni construye de manera rigurosa. Adjunto croquis y fotografías de algunos anclajes de prueba. Estos elementos se deberían de tratar de colocar en sitios de anclaje de piezas para aprovecharlos (válvulas, tes, codos), pero en muchas ocasiones se tienen que demoler.

Al ser de hormigón es importante esperar el curado suficiente para obtener las resistencias necesarias, ya que si anticipamos la prueba, este hormigón puede romper por falta de resistencia.

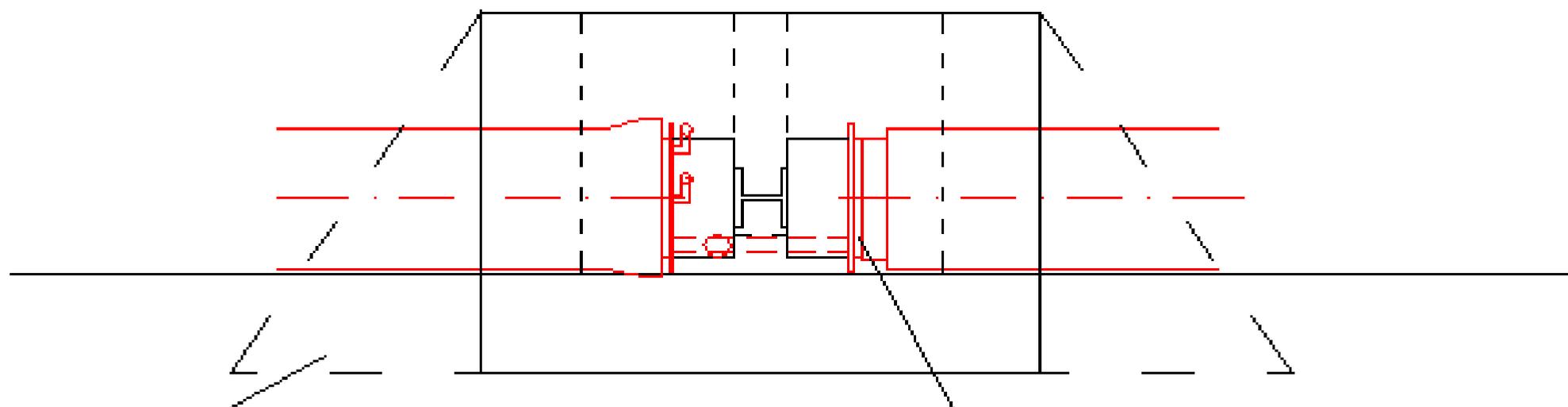
PLANTA

Macizo de Hormigón



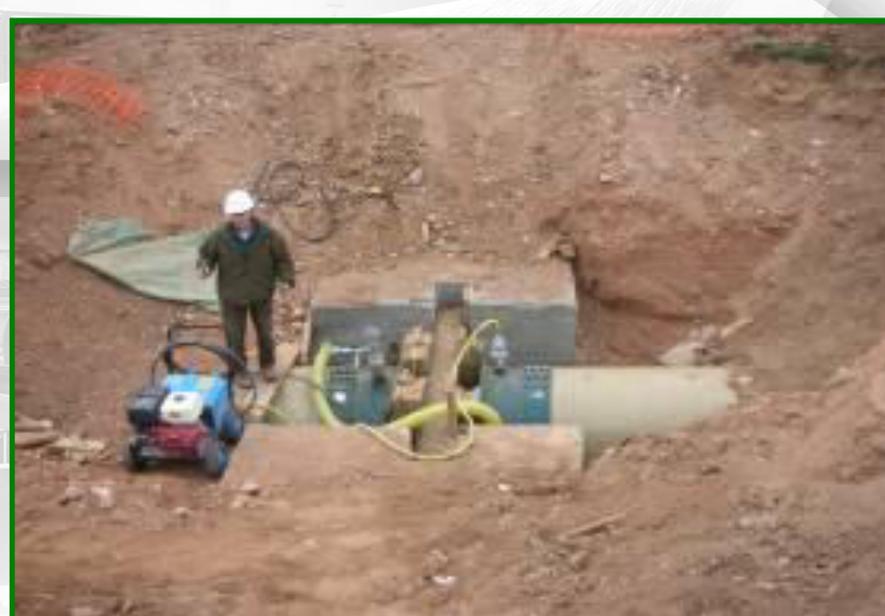
Viga H.E.B.

ALZADO



Taludes macizo repartir
peso sobre la solera de la zanja

Tapones de prueba



2. Anclaje de elementos singulares:

Los codos, las válvulas, las reducciones, bridas y las tes para desagüe y ventosa deben estar perfectamente instalados en el momento de la prueba. Los elementos deben estar bien dimensionados y deben tener en cuenta la presión de prueba, ya que normalmente es la mayor sollicitación a la que van a estar sometidos.

Tenemos experiencias en que nos hemos encontrado proyectos, sobretudo en regadío, donde estos elementos no estaban bien dimensionados o contruidos y se ha producido algún percance.

Normalmente en las pruebas hay elementos que no están instalados, aunque se debería probar con todos los elementos instalados (hidrantes, desagües, ventosa) y se prueba con purgas y bridas provisionales, que deben estar perfectamente dimensionados.

Las piezas pueden ser de calderería tanto en la tubería de de hormigón con camisa de chapa y PRFV, también se pueden ejecutar en el caso del PRFV en este material.

-Las piezas de acero son más robustas y dan más flexibilidad, en tubo de hormigón con camisa de chapa se ejecutan soldadas y si es en PRFV se colocan con junta elástica utilizando un manguito tipo junta REKA.

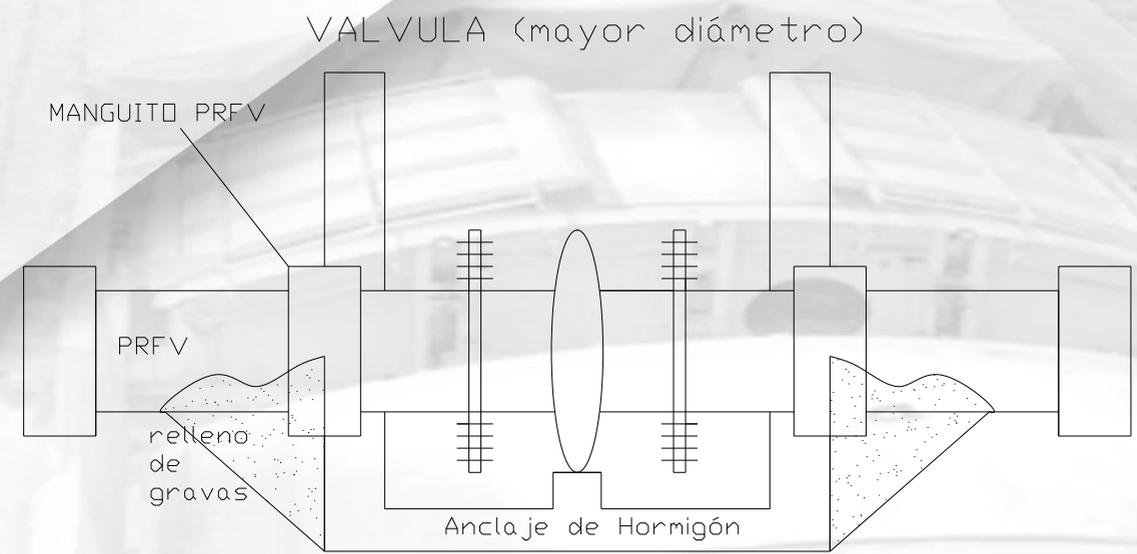
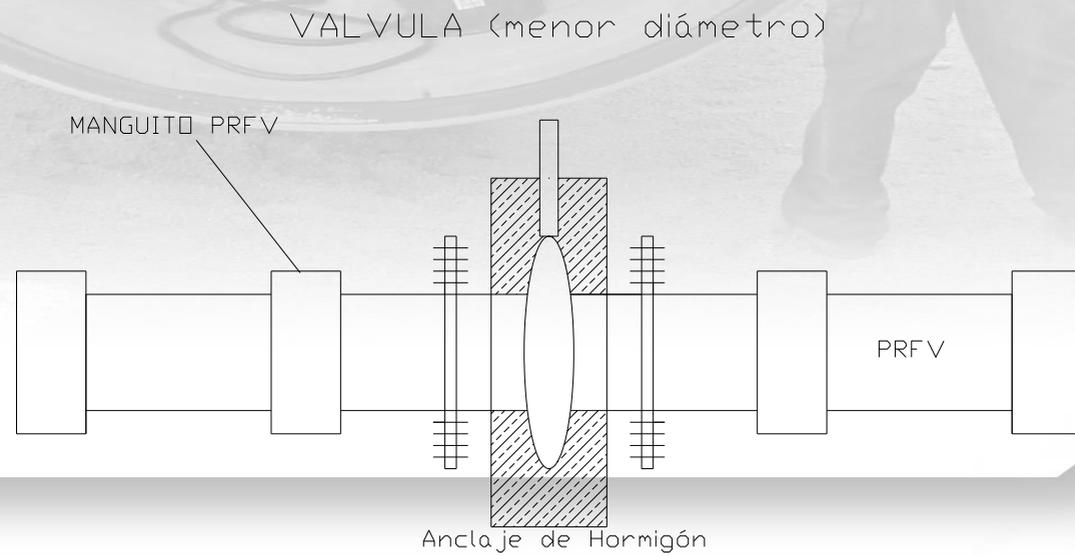
-Mientras que las piezas de PRFV uniformiza el material de la conducción.

Las piezas no se calculan para aguantar esfuerzos de tracción longitudinal, sólo se calculan a presión interior. En las piezas de calderería la tensión es muy similar a presión interior y tracción circunferencial, mientras que en PRFV la tensión a presión interior es cinco veces mayor que a tracción longitudinal. En estas piezas los anclajes es muy importante tener bien ancladas estas piezas, ya que se pueden provocar roturas en las pruebas.

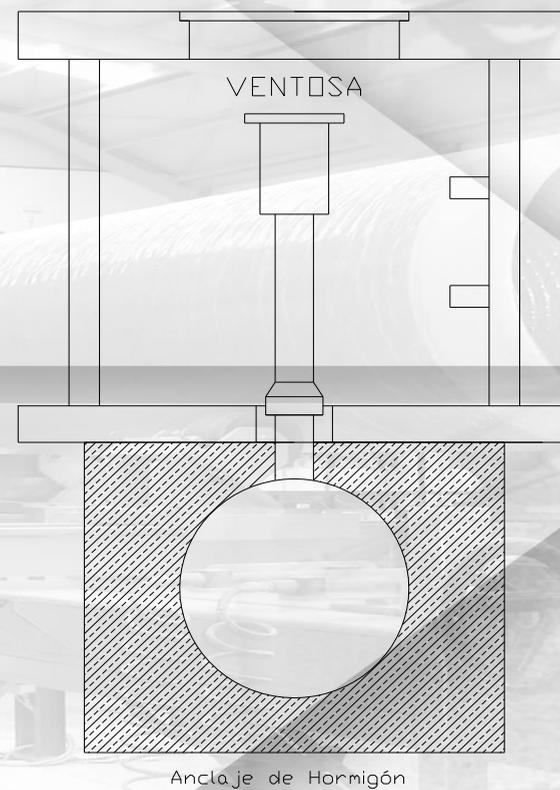
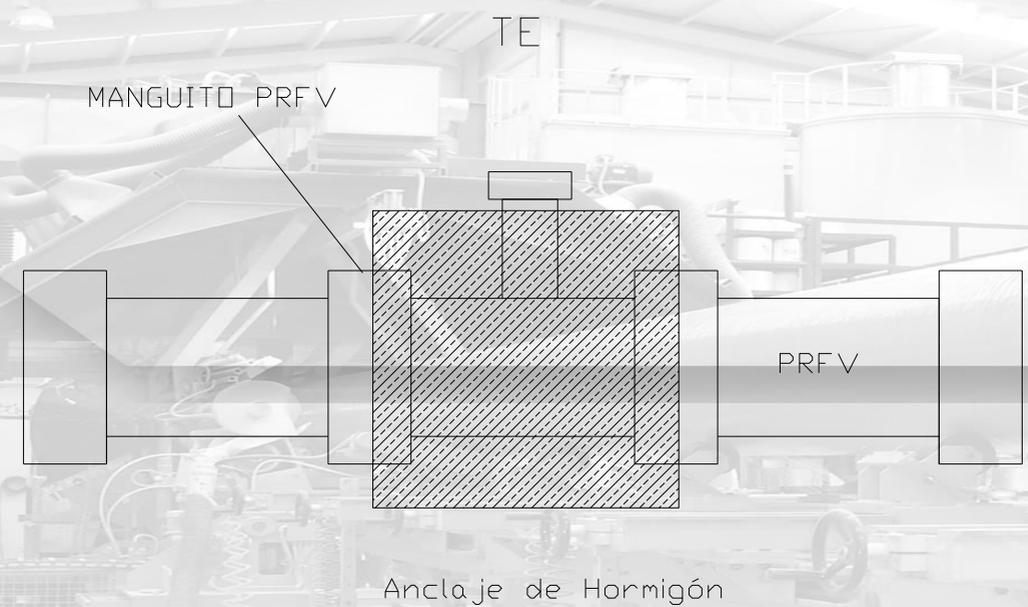
En la tubería de PRFV también hay que tener en cuenta que con la presión la tubería aumenta de diámetro, frente a los materiales semirígidos como el acero que ocurre en menor medida y el hormigón que es totalmente rígido. Tenemos experiencias de anclajes de piezas especiales con presión hechas en hormigón en masa con fisuras debido a las tracciones que se producen. Para evitar esto es imprescindible armar los macizos de hormigón para el anclaje.

Hay que tomar precauciones cuando un tubo de PRFV pasa a través de una estructura o pared de hormigón, en zonas en donde la tubería necesita estar anclada, como codos, casetas de válvulas, tes de salida, etc. (juntas de neopreno, tubos cortos, aprovechar los manguitos)

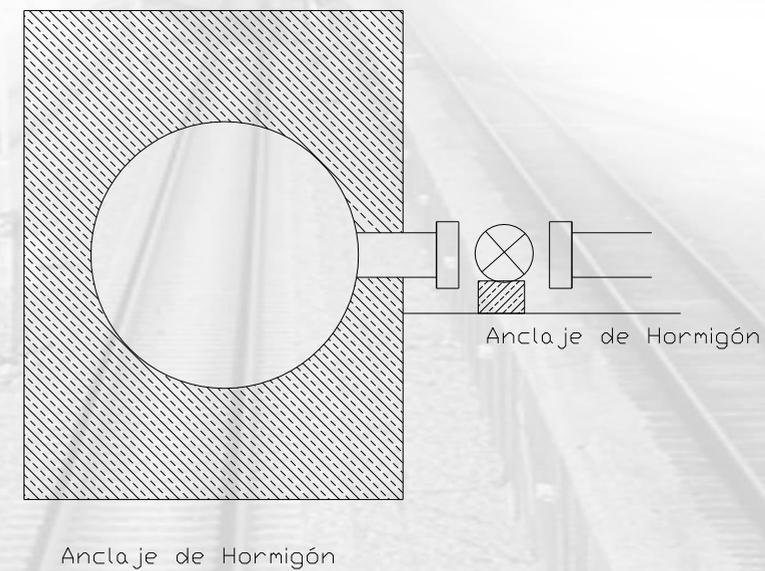
ANCLAJES VÁLVULAS



ANCLAJES TES

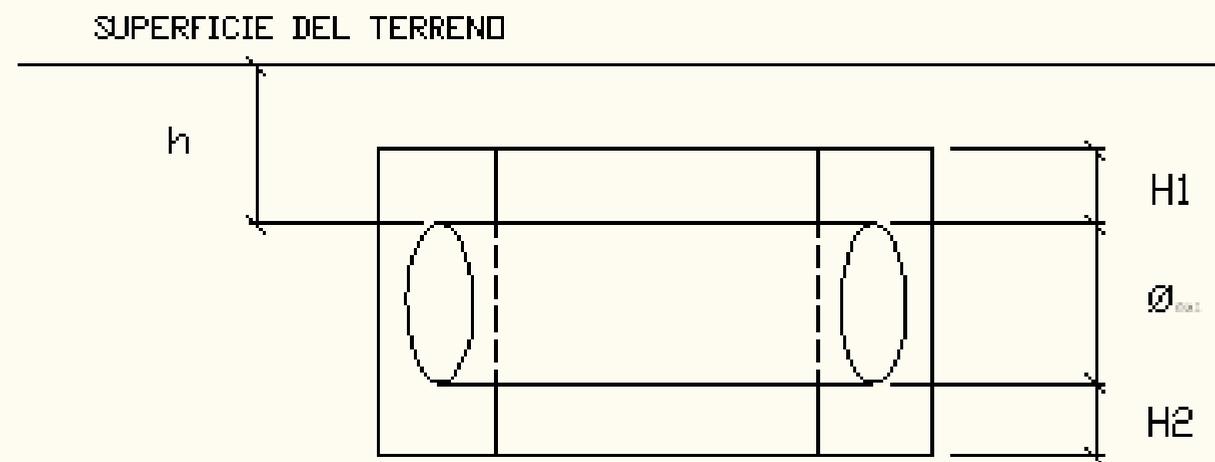


DESAGUE ó HIDRANTE CON VALVULA DE CORTE



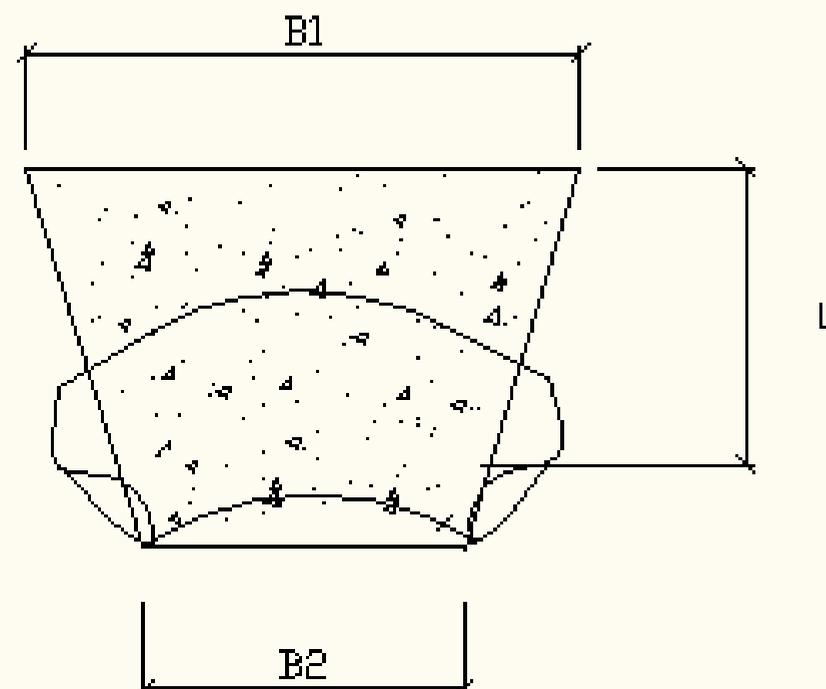
ANCLAJES CODOS

ALZADO :



PLANTA :

Anclaje de Hormigón

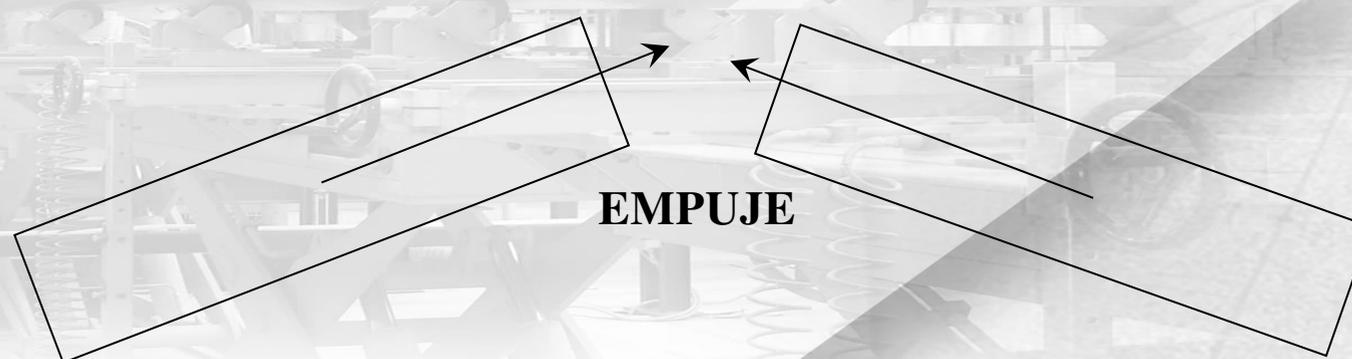


LOS ANCLAJES (2/2)





FALLO 1:



FALLO 2:

Estas
dond
maciz
días s
y má
conte
por la
armad
interi

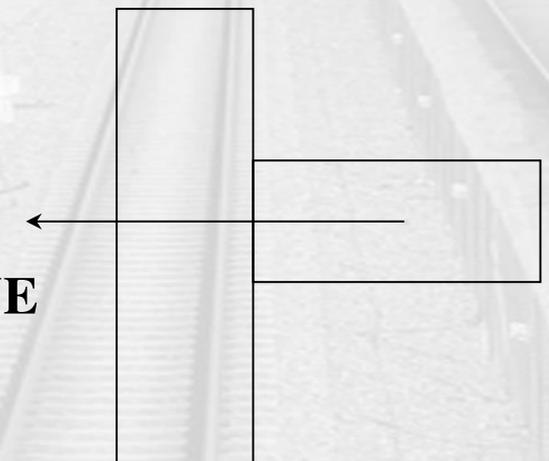


PRFV,
En los
aron los
o lugar
que no

FALLO 3:



EMPUJE



FALLO 4:



FALLO 5:

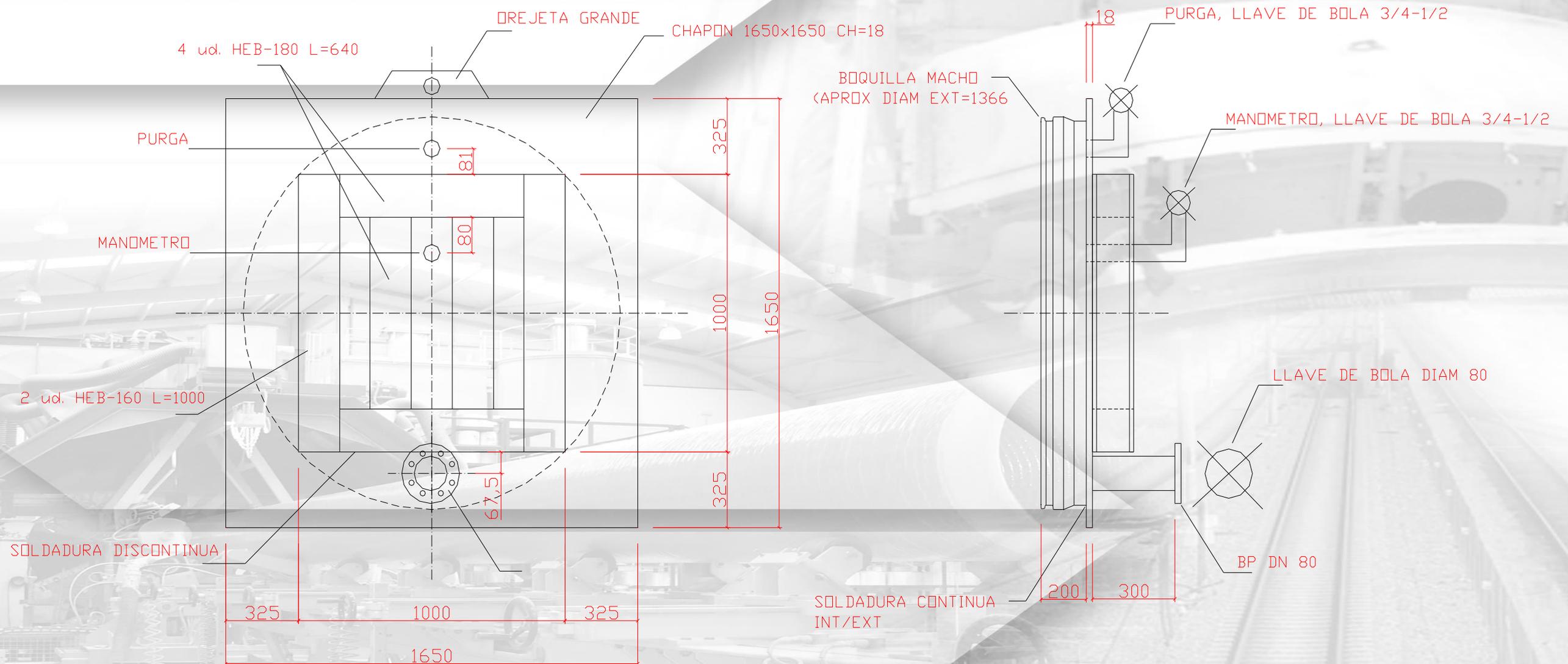


Fuga en una soldadura de una pieza especial, detectada el día de la prueba de presión.

FALLO 6:



Los **tapon**es de prueba se fabrican en acero, hay que calcularlos según la presión de prueba, normalmente se utiliza un chapón al que hay que colocarle una virola ó boquilla para que se pueda conectar a la tubería y se suelen rigidizar el chapón con algunos perfiles. Además el chapón debe tener al menos una llave de bola de diámetro mínimo de 80 mm para llenar la tubería y dos llaves de bola de 3/4-1/2 pulgada para colocar una purga y un manómetro para medir la presión.



NOTA: acero "A42"



PREFABRICADOS
DELTA S.A.

TAPONES DE PRUEBA



Para llenar la tubería hay que intentar hacerlo desde el punto más bajo del tramo, para facilitar la salida del aire por los puntos más altos. Las pruebas según la normativa deben efectuarse con todos los elementos de la conducción instalados, precisamente para testar que funcionan. Para el llenado de la tubería se utilizan dos tipos de bomba, una para llenar la tubería que da mucho caudal con bajas presiones y otra bomba para dar la presión de la prueba, para caudales pequeños y presiones altas.

El llenado de la tubería debe ser lento, dejando abierto los elementos que puedan dar salida al aire, que posteriormente se irán cerrando de abajo hacia arriba. En los puntos más altos es muy importante colocar grifos de purga. Con el llenado de la tubería y la fase preliminar de la prueba se busca:

- Movimientos de recolocación de las uniones, piezas especiales, anclajes, válvulas, etc.
- Expulsión del aire de los huecos y alojamientos en las uniones y en general de la tubería.
- Saturación de agua del tubo, en los casos de materiales absorbentes (hormigón).
- Deformación de los tubos, particularmente en el caso de que sean flexibles (PRFV).

Durante el llenado se busca alcanzar la prueba de presión, para ello es necesario suministrar cantidades adicionales de agua para mantener la presión. Durante este periodo no debe haber pérdidas apreciables de agua, ni movimientos grandes de la tubería.

Es importante durante esta fase, tomar todas las medidas adecuadas para evitar daños a las personas y los materiales en caso de que se produzcan fallos.

La medida de la presión y el volumen de agua de be hacerse con precisiones no menores de 1 litro y 0,02 N/mm², respectivamente.

La prueba como hemos hablado consta del llenado, fase preliminar y fase principal.

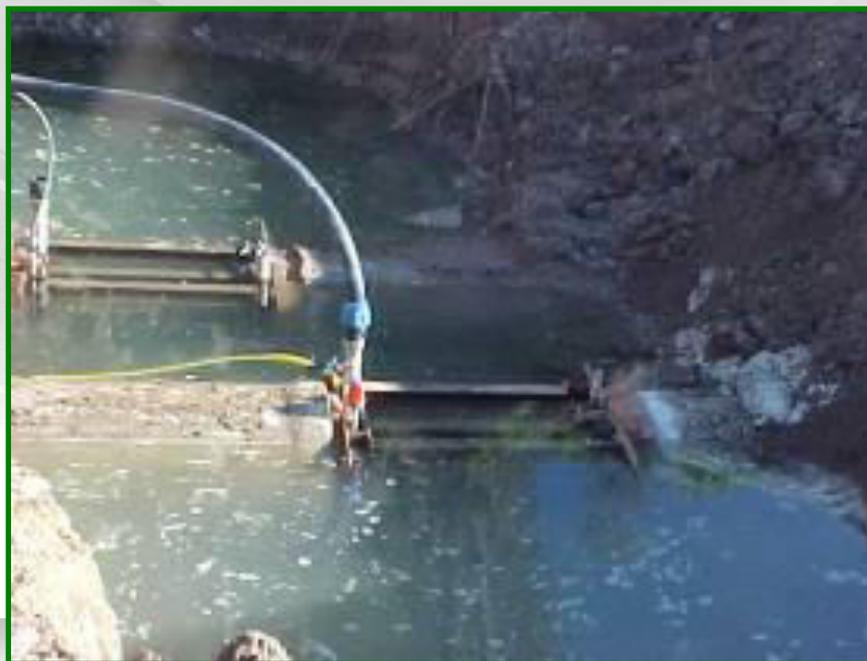
ELEMENTOS DE LA PRUEBA

MANOMETROS



ELEMENTOS DE LA PRUEBA

BOMBAS DE LLENADO



ELEMENTOS SINGULARES

