
PRUEBAS DE PRESIÓN EN TUBERÍAS PLÁSTICAS

1. Introducción

2. Normativa

3. Longitud de los tramos a probar

4. ¿Cuándo acometer las pruebas de presión?

5. Conceptos usados en Normativa vigente

6. Presión de prueba

7. Punto de llenado y presurización

8. Punto de cierre del tramo

9. Llenado del tramo. Velocidad máxima de llenado

10. Comportamiento de las tuberías plásticas

11. Prueba de presión. Fase preliminar

12. Prueba de presión. Fase de prueba de purga

13. Prueba de presión. Fase principal método de caída de presión

14. Prueba de presión. Fase principal método de pérdida de caudal

15. Documentación pruebas de presión. Acta de pruebas

16. Efecto de las altas temperaturas en las tuberías plásticas

17. Medidas de seguridad en una prueba de presión

18. Pruebas de presión con aire

1. Introducción

Las pruebas de presión y/o estanqueidad constituyen una fase más de la ejecución de las obras de una red hidráulica, y como tal, se debe considerar, dedicando el tiempo y los medios necesarios hasta la validación de las mismas. De no ser así, se podría fácilmente malograr el trabajo realizado durante el proceso de instalación de la tubería de los últimos meses.

Se considera fundamental que se definan los criterios o procedimientos a seguir en el Pliego de Prescripciones del Proyecto, o incluso, contemplar la posibilidad de inclusión de un anejo específico de pruebas de presión y puesta en marcha en la memoria del propio proyecto constructivo.

En cualquier caso, parece más que evidente que la ejecución de estas pruebas precisa de una programación y un estudio previo a su realización.

Los criterios definidos en el Pliego de prescripciones técnicas del proyecto prevalecerán frente a cualquier normativa o documento técnico aportado por los fabricantes de las tuberías, a no ser que la Dirección Facultativa diga lo contrario.

La Norma UNE-EN 805 y el Pliego del MOPU de 1974 son documentos de referencia que podrán ser usados para definir los criterios a seguir en la ejecución de las pruebas de presión, y que usaremos de apoyo para la elaboración de este documento.

Este documento se ceñirá a hablar de las pruebas en aquellas tuberías que, en su fase de explotación, trabajarán con presión, delimitando en la parte final de éste, un apartado específico para aquellas pruebas a acometer con aire, normalmente en tuberías que trabajarán sin presión de acuerdo con la normativa vigente.

Se pretende pues, con este documento, tratar de una forma práctica y directa aquellos aspectos relacionados con la definición de los parámetros a tener en cuenta a la hora de acometer las pruebas de presión y/o estanqueidad en una red hidráulica.

2. Normativa

Se ha de distinguir entre Normativa de referencia para las pruebas en tuberías que trabajarán a presión y aquella usada para estas pruebas en tuberías que trabajarán en su fase de explotación sin presión.

Tuberías a presión

- **Pliego MOPU 1974:** “Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua (O.M. 28 de julio de 1974)”
- **UNE-EN 805:2000** Abastecimiento de agua. Especificaciones para las redes exteriores a los edificios y sus componentes.

Tuberías que no trabajarán con presión

- **Tuberías de saneamiento de agua:** “Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de saneamiento de poblaciones. (O.M. 15 de septiembre de 1986)”
- **UNE-EN 1610:1998:** Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento. Air Test Method (Método aire UNE-EN 1610)

- **ASTM C969:** Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Precast Concrete Pipe Sewer Lines (Método agua UNE-EN 1610)
- **ASTM C924M:** Standard Practice for Testing Concrete Pipe Sewer Lines by Low-Pressure Air Test Method (Método aire UNE-EN 1610)

El proyectista habrá de definir en el proyecto los criterios a seguir a la hora de la ejecución de las pruebas de presión, y éstos prevalecerán frente a cualquier Normativa vigente salvo que la Dirección Facultativa diga lo contrario.

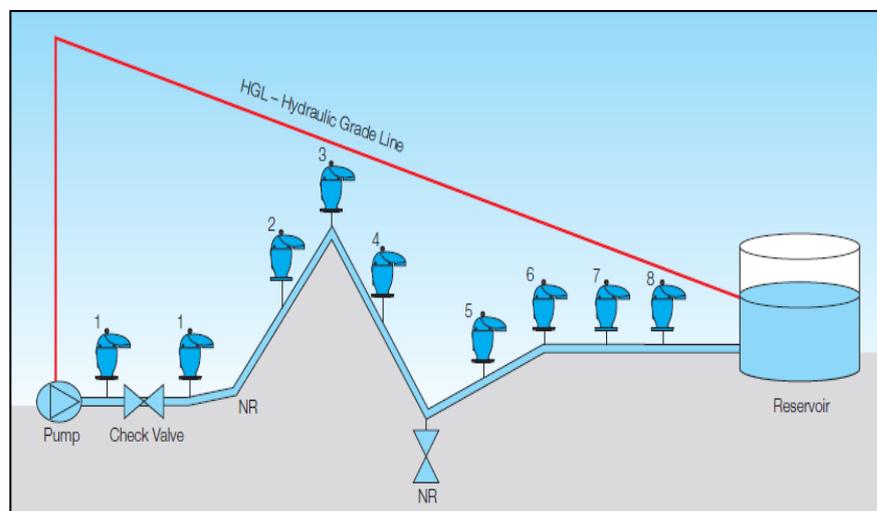
3. Longitud de los tramos a probar

La normativa no define específicamente una longitud determinada. Tan sólo el Pliego del MOPU recomienda longitudes aproximadas a los 500 m.

Parece evidente que, a mayor longitud del tramo a probar, menor será la probabilidad de éxito de la prueba, debido también a una mayor dificultad para la realización de los procesos previos a la fase de prueba principal, tales como el llenado y, sobre todo, su purga.

Nuestra recomendación es que la longitud aproximada del tramo a probar esté comprendida entre los 500 y 1000 m de longitud dependiendo de una serie de **factores** que habremos de considerar:

- **Forma de cierre del tramo.** Si el cierre es mediante tapones, podrá elegir la longitud que más me convenga, si es mediante válvulas, habrá de ceñirme a la longitud definida en proyecto entre estas válvulas de seccionamiento.
- Las **válvulas de seccionamiento** de cierre del tramo deberán estar debidamente **ancladas**
- Disposición en el tramo de un **punto de llenado**, preferiblemente **el punto más bajo** del mismo, de fácil acceso y suministro del caudal necesario para la prueba.
- Necesidad de **trasegar el agua** del tramo probado al siguiente.
- Disposición de **puntos de purga** o evacuación del aire en el tramo
- Se definirán **tramos más cortos** si se sospecha que se ha hecho una **mala instalación**.
- Disposición del **tiempo necesario** para acometer las pruebas con garantía de éxito
- Disposición de **perfiles longitudinales reales y fiables**
- **Diámetro** de tubería/s instalada/s en el tramo y **caudal** necesario para el llenado del tramo.
-



4. ¿Cuándo acometer las pruebas de presión?

Lo ideal y recomendable es acometer las pruebas inmediatamente después de la instalación de la tubería, con todos los elementos del sistema, piezas especiales, válvulas de corte, ventosas, etc., ya instalados. Además, deberá tenerse en cuenta que el hormigón de los correspondientes macizos de hormigón de anclaje, construidos en aquellos elementos donde fuere necesario, haya adquirido la resistencia precisa para soportar la presión de prueba.

La realización obligada de una prueba general, a través de los grupos motobomba de la estación de bombeo (E.B.), no debería eximir de la consecución parcial mediante pruebas satisfactorias de los tramos de la red.

En cualquier caso, esta decisión se puede ver afectada, y como consecuencia de ello, **se podrá adelantar o retrasar el momento de las pruebas, por los siguientes factores:**

- Cuando tenemos **dudas de los equipos de montaje** o instalación de tubería
- Cuando estos equipos tienen **poca experiencia** instalando tubería
- Cuando las **condiciones** de instalación son **complicadas** o no son las más apropiadas y la calidad de la instalación se puede ver afectada
- Cuando se **duda del material** o de su unión con los accesorios o piezas especiales
- Cuando la **propiedad o Dirección facultativa necesita pruebas de la buena ejecución**
-

5. Conceptos usados en normativa vigente

- **Presión estática:** es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.
- **Presión de diseño (DP):** es la mayor de la presión estática o de la presión máxima de funcionamiento en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo el golpe de ariete. A pesar de su denominación no es ésta la presión para la que realmente se diseña la tubería, ya que no se considera la sobrepresión debida al golpe de ariete.
- **Presión máxima de diseño (MDP):** es la presión máxima de funcionamiento que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete. Corresponde a este valor de presión aquél para el que realmente se diseña la tubería. Este valor no debería exceder nunca la PN de la tubería.
- **Presión de prueba de la red (STP):** es la presión hidráulica interior a la que se prueba la tubería una vez instalada para comprobar su estanqueidad.
- **Presión de funcionamiento admisible (PFA):** es la presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar de forma permanente en servicio.
- **Presión de funcionamiento (OP):** es la presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.
- **Presión de servicio (SP):** es la presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.

6. Presión de prueba

El valor de la presión de prueba (STP) deberá ser definido en el Pliego de Prescripciones del Proyecto o, en su defecto, en el correspondiente Anejo de la Memoria. En cualquier caso, como ya se ha comentado anteriormente, este valor podrá o no atender a un criterio definido en una Norma o un Documento Técnico o no.

➤ **Criterio MOPU 1974**

La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba una con cuatro (1,4) veces la presión máxima de trabajo en el punto de más de presión.

➤ **Criterio UNE-EN 805**

El valor que se adopte para la presión de prueba (STP) dependerá de que en el diseño de la red se haya calculado con detalle el posible golpe de ariete que pudiera producirse, o que, por el contrario, simplemente se haya realizado una estimación del mismo.

- En los casos en los que el **golpe de ariete ha sido calculado** en detalle la fórmula a aplicar será:

$$\text{STP} = \text{MDPc} + 100 \text{ kPa}$$

- En los casos en los que el **golpe de ariete no ha sido calculado**, se considerará el menor de los valores de los supuestos analizados:

$$\begin{aligned} \text{STP} &= \text{MDPa} \times 1,5 \\ \text{STP} &= \text{MDPa} + 500 \text{ kPa} \end{aligned}$$

➤ **Otros criterios**

- Elección de la presión nominal de la tubería como presión de prueba
- $\text{STP} = \text{PN} \times 1,1$
- $\text{STP} = \text{OP} \times 1,5$
-

7. Punto de llenado y presurización



Se ha de diferenciar el llenado y la presurización del tramo como dos procesos distintos.

Durante el proceso de llenado se deberá facilitar la evacuación del aire por los puntos de salida previstos para ello, parece lógico pensar que el llenado del tramo se deberá realizar por uno de los puntos bajos del mismo.

Este punto o zona de llenado, deberá de disponer además del punto de entrada de caudal de llenado, punto de purga y punto de presurización.

Es fundamental disponer de un manómetro,

preferentemente digital, para la lectura de la evolución de la presión en el tramo durante la prueba.

8. Puntos de cierre del tramo

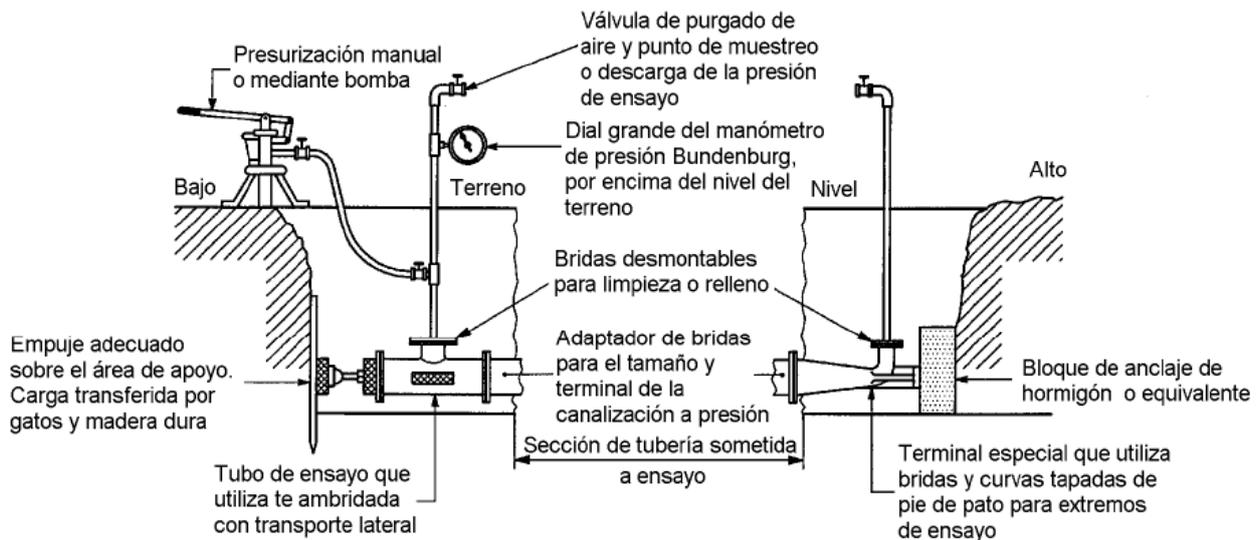
Los tramos pueden estar acotados o cerrados por válvulas de corte o por tapones. En cualquier caso, ambos deberán estar debidamente anclados, teniendo en cuenta el empuje debido a la presión de prueba (STP):

$$E_c = P \cdot A \quad P = \text{STP (Presión de prueba)}$$

En ambos extremos del tramo se recomienda la instalación de purgadores en la clave de los tapones o tubería.

Es recomendable que los puntos de cierre del tramo a probar, además de los purgadores, estén previstos puntos de llenado/desagüe y presurización. La instalación de un manómetro en estos puntos nos puede ayudar a interpretar la evolución de la presión durante la prueba.

Los puntos de cierre del tramo a probar son puntos de especial peligro y riesgo de accidentes, por lo que se deberán adoptar las medidas de seguridad necesarias.



9. Llenado del tramo. Velocidad máxima de llenado

Se recomienda el llenado del tramo sin los elementos de purga instalados.

Estos elementos se irán instalando después y sucesivamente de abajo hacia arriba una vez comprobado que no existe aire en la conducción.

Si el llenado se hace con las ventosas instaladas, se deberá realizar muy lentamente a una velocidad no superior a 0,3 m/s, garantizando que los dispositivos de purga de aire permanecen abiertos. Velocidades superiores pueden provocar el cierre cinético de las ventosas.

10. Comportamiento de las tuberías plásticas

Existen tuberías plásticas con un mayor comportamiento viscoelástico, como pueden ser las de PE, PP, PVC-U o PVC-O.

Una fase preliminar a la prueba de presión permitirá la estabilización de la conducción a ensayar permitiendo la mayor parte de los movimientos, es decir, permitirá el incremento de volumen de la tubería dependiente de la presión.

El procedimiento de prueba precisa necesariamente de una fase inicial preliminar de estabilización o relajación del material.

1. Tras su llenado, purga y presurización, despresurizar durante 60 min, permitiendo la relajación del material, eliminando tensiones debidas a las P interna.
2. Aumentar la P de forma regular y rápida hasta la STP (en menos de 10 min). Mantener la STP bombeando si hiciera falta durante 30 min.
3. Esperar un periodo suplementario de 1 h, en el que el material puede expandirse de forma viscoelástica
4. Medir la presión remanente al final de este período.

11. Prueba de presión. Fase preliminar



Se procederá a incrementar la presión hasta la presión de funcionamiento (OP) sin exceder la presión de la prueba de la red (STP).

La presión se subirá lentamente de forma que el incremento de la misma no supere 1 kg/cm² por minuto. Si transcurridos 30 minutos no se han producido cambios de posición inaceptables de cualquier parte de la tubería y/o aparecen fugas, se dará por válida.

En cualquier caso debe ser el manómetro quien determine si podemos seguir avanzando con la prueba.

12. Prueba de presión. Fase de prueba de purga

Permite la estimación del 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 estanqueidad.

Si viéramos oscilaciones bruscas o sin sentido en el manómetro, deberíamos pensar en un problema de existencia de aire en el tramo, y deberemos tomar medidas.

Deberemos extraer un volumen determinado de agua y medir su caída de presión, para luego, comparar ese volumen de agua extraído con el volumen de la pérdida de agua admisible $\Delta V_{\text{máx}}$ correspondiente a la caída de presión medida Δp (0,2 bar) (Ver Norma UNE-EN 805).

13. Prueba de presión. Fase principal método de caída de presión

Una vez superada la etapa preliminar, se aumentará de nuevo de forma constante la presión hidráulica interior hasta alcanzar el valor de STP, de tal forma que el incremento de presión no supere 1 Kg/cm² por minuto.

Según la Norma UNE-EN 805, el proyectista debe especificar el método de prueba principal a seguir, pudiendo elegir entre el Método de pérdida de presión y el método de pérdida de caudal.

No es el caso del Pliego del MOPU, según el cual, la validación de la prueba de presión no exige de acometer la prueba estanqueidad.

CRITERIO UNE-EN 805 (MÉTODO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN).

La duración de la prueba de caída de presión debe ser de **1 hora**. Durante la prueba, la caída de presión Δp debe presentar una tendencia regresiva y al finalizar la primera hora no debe exceder de **20 kPa**.

CRITERIO PLIEGO MOPU 1974 (MÉTODO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN).

Una vez obtenida la presión, se parará durante **treinta minutos**, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior a raíz cuadrada de P quintos ($\sqrt{\frac{P}{5}}$), siendo P la presión de prueba en zanja en kg/cm².

13. Prueba de presión. Fase principal método de pérdida de caudal

CRITERIO UNE-EN 805 (MÉTODO DE PÉRDIDA DE CAUDAL).

Pueden utilizarse dos métodos equivalentes para la medida de la pérdida de agua, medida del volumen evacuado o medida del volumen bombeado (inyectado). El proyectista o la Dirección de obra debería definir qué procedimiento utilizar.

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

$$\Delta V_{\text{máx.}} = 1,2 V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right)$$

- $\Delta V_{\text{máx.}}$: Pérdida de agua admisible en litros.
- V : Volumen del tramo de conducción en prueba, en litros.
- Δp : Caída de presión admisible
- E_w : Módulo de elasticidad del agua ($E_w = 2,10 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$).
- E_R : Módulo de elasticidad de la pared del tubo.
- D : Diámetro interior del tubo, en metros.
- e : Espesor de la pared del tubo, en metros.

CRITERIO MOPU (PRUEBA DE ESTANQUEIDAD).

Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior deberá hacerse la de estanqueidad.

La presión de prueba será la máxima estática que exista en el tramo objeto de la prueba.

La pérdida se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la presión de prueba de estanqueidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

La duración de la prueba de estanqueidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor calculado con la siguiente fórmula:

$$V = K L D$$

V: pérdida total en la prueba en litros.

L: longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

D: diámetro interior, en metros.

K: coeficiente dependiente del material. Según la siguiente tabla:

Hormigón en masa.....K = 1,000

Hormigón armado con o sin camisa.....K = 0,400

Hormigón pretensado.....K = 0,250

Fundición.....K = 0,300

Acero y plástico.....K = 0,350

14. Documentación pruebas de presión. Acta de pruebas

Se recomienda elaborar un dossier con todos los certificados de todos los tramos sometidos a prueba. Estos certificados formarán parte del proyecto AS BUILT o de un dossier técnico que pueda ser consultado en fase de explotación de la obra.

Es habitual que las pruebas sean certificadas por una empresa externa de Control de Calidad.

En las Actas de prueba deberá aparecer la siguiente información:

- Denominación del Ramal o tramo
- Longitud del tramo probado
- Diámetro y material de la tubería o tuberías del tramo
- STP (Presión de prueba)
- Fecha de la prueba
- Caída de presión en el tiempo de la prueba de presión
- Pérdida de caudal en el tiempo de la prueba de estanqueidad

15. Efecto de las altas temperaturas en las tuberías plásticas

Hay que tener en cuenta la pérdida de propiedades mecánicas que se producen en las tuberías plásticas cuando la temperatura es elevada. Por ello, se debe evitar que en las pruebas de presión se reúnan las siguientes condiciones:

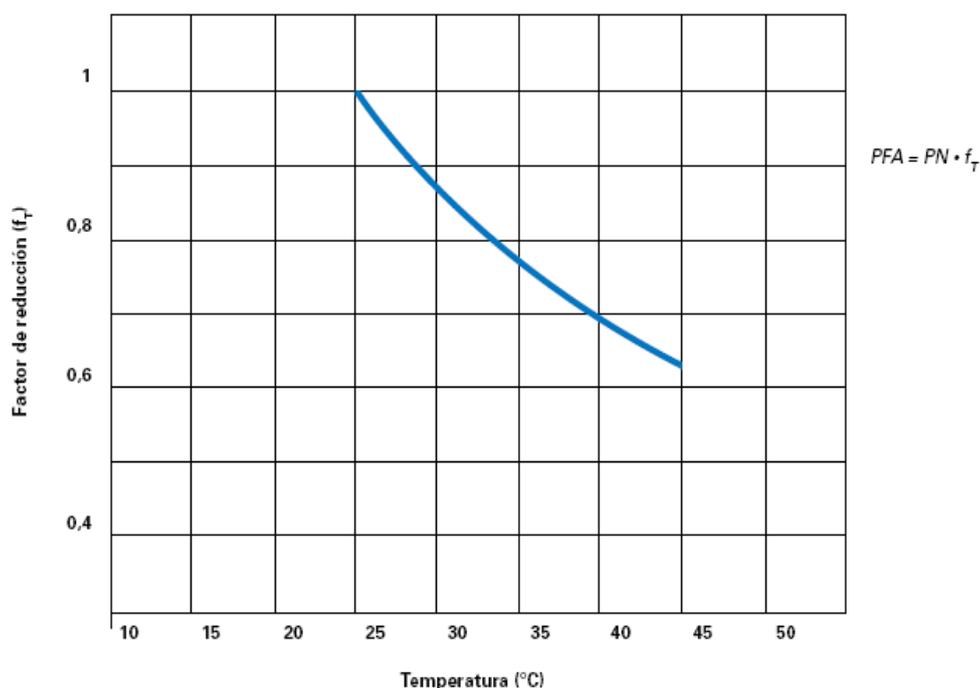
- Tubería parcial o totalmente expuesta a la intemperie
- Temperatura exterior elevada
- Agua estancada en el interior de la tubería
- Exposición prolongada al sol con anterioridad a la prueba

- Hemos de multiplicar la presión nominal **PN** del tubo por un coeficiente f_T en función de la temperatura:

$$PFA = PN \cdot f_T \cdot f_A$$

- El coeficiente de reducción por temperatura (f_t) se obtiene del gráfico adjunto.
- El coeficiente de reducción por aplicación (f_a) se debe determinar por el proyectista

Gráfico de coeficiente por temperatura



16. Medidas de seguridad en una prueba de presión

Algunas de las medidas de seguridad a tener en cuenta durante la fase de pruebas son:

- Siempre se señalará y aislará el perímetro de prueba.
- Todas las excavaciones permanecerán convenientemente protegidas y toda actividad no relacionada con las pruebas de presión se suspenderá durante las mismas.
- Las personas que intervienen en el proceso deberán disponer de las protecciones necesarias y conocer los protocolos de aplicación y sus procedimientos.
- Los extremos del tramo en prueba deben cerrarse con piezas adecuadas (tapones, bridas ciegas, válvulas de corte, etc.), las cuales han de ser ancladas para evitar sus deslizamientos, y han de ser, cuando así se requiera, fácilmente desmontables para poder continuar la instalación de la tubería.
- Los rellenos de la zanja son necesarios para soportar los empujes resultantes de la prueba de presión.
- Los anclajes de hormigón deberán haber adquirido la resistencia prevista para soportar los empujes esperados en la prueba.
- Tan pronto como el resultado de las pruebas sea satisfactorio, se procederá al completo tapado del tramo cuyas juntas habían quedado descubiertas.

17. Pruebas de presión con aire

Normalmente se hacen en redes de saneamiento y se seguirán los criterios definidos en la Norma UNE-EN 1610, Método L.

Las pruebas se realizan en dos periodos diferentes:

- Prueba inicial (antes del relleno de tierras)
- Prueba final (tras el relleno de tierras)

El método de prueba ha de ser fijado por el proyectista en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto o en su defecto por la Dirección Facultativa.

Se suelen usar obturadores / tapones para aislar los tramos.

Las presiones y los tiempos de prueba, están definidos en la tabla adjunta (incluida en la Norma UNE-EN 1610).

Presión de prueba, indicador de presión y tiempo de prueba para las pruebas con aire

Material	Método de prueba	P ₀ * Δp		Tiempo de prueba min.						
		mbar	(kPa)	DN 100	DN 200	DN 300	DN 400	DN 600	DN 800	DN 1 000
Tubería de hormigón seca	LA	10 (1)	2,5 (0,25)	5	5	5	7	11	14	18
	LB	50 (5)	10 (1)	4	4	4	6	8	11	14
	LC	100 (10)	15 (1,5)	3	3	3	4	6	8	10
	LD	200 (20)	15 (1,5)	1,5	1,5	1,5	2	3	4	5
Valores de k _p **				0,058	0,058	0,053	0,040	0,0267	0,020	0,016
Tubería de hormigón y de otros materiales. mojada	LA	10 (1)	2,5 (0,25)	5	5	7	10	14	19	24
	LB	50 (5)	10 (1)	4	4	6	7	11	15	19
	LC	100 (10)	15 (1,5)	3	3	4	5	8	11	14
	LD	200 (20)	15 (1,5)	1,5	1,5	2	2,5	4	5	7
Valores de k _p **				0,058	0,058	0,040	0,030	0,020	0,015	0,012

Referencias

- UNE-EN 805** *Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.*
- PLIEGO MOPU 1974** *Orden de 28 de julio de 1974 por la que se aprueba el «Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimientos de agua» y se crea una «Comisión Permanente de Tuberías de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento de Poblaciones».*
- UNE-EN 1610** *Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento. Air Test Method (= método aire UNE-EN 1610)*