

# ***Patología y errores de diseño más frecuentes en conducciones de agua***

*Víctor Flórez Casillas*

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*Director del Departamento de Presas y Obras Hidráulicas de FCC CONSTRUCCION, S.A.*

*vflomez@fcc.es*

## **Generalidades**

Como en casi todos los estudios sobre patología, empezaremos hablando de los errores más habituales en el dimensionamiento y diseño de las conducciones, para pasar posteriormente a los casos de patología real más característicos.

No siempre los errores se traducen en roturas ni patologías. Por una parte están los coeficientes de seguridad que se emplean en el dimensionamiento de los materiales, los coeficientes de incertidumbre aplicados a las cargas que pueden actuar o la respuesta del terreno que suele ser mejor de lo previsto. Por otro lado están “los milagros”, sucesos (léase hechos, cálculos, dimensionamientos o diseños) tremendos que inexplicablemente no han creado una catástrofe.

Algunos errores de dimensionamiento no causan patología porque la inexactitud, el error de planteamiento o las hipótesis de diseño son en exceso del lado de la seguridad. En este caso no suelen considerarse errores sino criterios avalados por la experiencia o extrapolados de ella. En cualquier caso, el resultado es que no crean patología, aunque técnicamente podrían ser optimizables.

Se han considerado los siguientes tipos de errores más habituales:

- Errores de dimensionamiento
- Errores de diseño
- Errores de montaje
- Errores de control

En cuanto a las patologías se distinguen las siguientes:

- Patología en tubería rígida
- Patología en tubería de hinca
- Patología en tubería flexible
- Durabilidad o deterioro
- Otros

Como se observa, la patología se ha diferenciado según el tipo de tubería y otros criterios, no paralelamente a los posibles errores ya que se trata de caracterizar aquellas más comunes, aunque al presentar los distintos tipos de errores se mencionarán sus patologías asociadas.

El deterioro de la tubería debido al envejecimiento prematuro de los materiales, a la acción del medio exterior (el terreno o los rayos ultravioleta son los que más afectan) o del líquido transportado afectan de modo desigual a cada tipo de tubería, según el material que la compone.

## Errores de dimensionamiento

Este tipo de errores es como el golpe de ariete por cierre de válvula, es decir, evitable. No deben producirse nunca ya que tenemos herramientas suficientes para abordar técnicamente la mayoría de los fenómenos que ocurren o pueden ocurrir en las conducciones.

Sin embargo, tampoco hay que olvidar que los programas de ordenador solamente resuelven ejercicios. Previamente se le ha dicho lo que tienen que hacer, como operar; se le incorporan los datos que tenemos y se encarga de obtener un resultado, Siempre da un resultado, por tanto, los resultados obtenidos han de ser interpretados e incluso depurados.

Sería fácil apelar a la experiencia para evitar este tipo de errores, sobre todo si son de bulto, porque la experiencia permite manejar ratios que acotan el problema, y generalmente un técnico experto tiene en la cabeza un predimensionamiento y espera una respuesta similar en el dimensionamiento, sin embargo, a veces se manejan ratios de memoria o se extrapolan resultados no válidos y, avalados por la vitola de expertos, se llega a conclusiones erróneas. La única solución es revisar, interpretar y comprobar.

### Dimensionamiento hidráulico

Un error en el dimensionamiento hidráulico por exceso no causará normalmente más patología que la económica, y generalmente solo será importante si se aparta mucho del óptimo. Si el error es por defecto, seguramente no se producirá una patología en el tubo directamente asociada a ese error pero puede ser hasta dramático porque o bien no llega el agua suficiente, o llega con poca presión o desborda aguas arriba, etc. Todas ellas situaciones lamentables, aunque sin haberse roto el tubo.

### Dimensionamiento mecánico

Un error en el cálculo de las cargas exteriores a la tubería nos lleva a una ovalización en exceso y, en algunos casos, a la rotura de la tubería.



*Error en cálculo mecánico de la tubería. Tubería de hormigón de  $\phi$  1800*

No hay que olvidar que en el dimensionamiento por cargas exteriores es determinante el tipo de instalación (en terraplén, en zanja, en zanja terraplenada o bien en zanja inducida), la anchura de la zanja en su caso, el tipo de relleno, el terreno, el nivel freático y el tipo o cama de apoyo.

## Dimensionamiento por transitorios

Cuando el error es en el cálculo de las sobrepresiones, la rotura se produce por tracción excesiva del material, más allá de la admisible.



*Rotura por exceso de presión en tubería de PVC*

Si el error se produce por depresión interior, la patología asociada suele ser el colapso de la tubería. Se produce exclusivamente en tuberías flexibles de pared delgada. En el resto de tuberías lo que suele ocurrir si hay depresión es la succión de la junta y posterior fuga de agua.



*Colapso de tubería de acero por depresión interior*

Se trata de un error bastante habitual. En los cálculos se suele contar con la sobrepresión porque puede dimensionar el tubo pero no con la depresión ya que su patología no es muy habitual, seguramente porque el espesor normal de las tuberías es suficiente para hacer frente a la depresión. Incluso en tubería de acero bastará con emplear conductos con una relación  $\phi/e$  de 160 ó inferior.

## Errores de diseño

En este apartado se recogen aquellos errores que afectan al dimensionamiento de todos los elementos de la conducción excepto de la tubería en sí.

### Secciones impropias

Este caso sucede cuando el diseño de la sección tipo es tal que el material no puede trabajar según sus características. A veces obedece a criterios conservadores y otras veces a la extrapolación de soluciones típicas de puntos singulares a toda la sección tipo. Un ejemplo clásico es el de una tubería flexible, por ejemplo polietileno, hormigonada, empleada como sección tipo.

No suele causar patología.

### Anclajes mal diseñados

Es un error que causa una patología constante. El error de dimensionamiento es muy corriente ya sea por empirismo en el cálculo, por extrapolación de otros casos, o bien, al no considerar subpresión en zonas inundadas o potencialmente inundables. Es clásico el problema de zonas urbanas donde el pasivo puede desaparecer al retirarse el terreno adyacente al macizo.

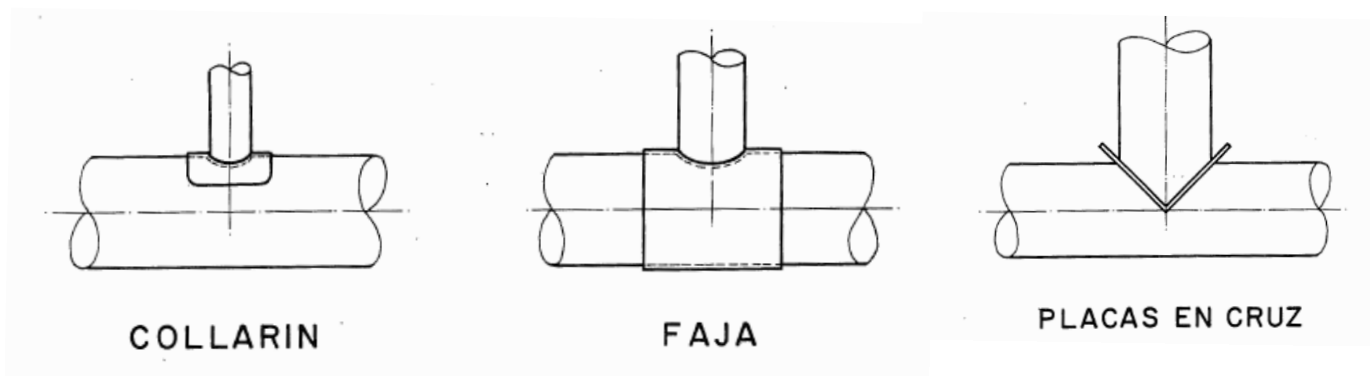
### Bombes planos o con la estática en depresión

Ocurre normalmente en zonas costeras paralelas al mar, en bombes de residuales que no se realizan mediante elevación-rotura-lámina libre, sino por bombeo de tramos largos. También ocurre en los denominados anti-bombes, donde el depósito de partida está más alto que el de llegada, con lo que al parar el bombeo se vacía la conducción. Hay buenas soluciones contra este problema mediante la valvulería apropiada o cambiando el planteamiento del bombeo.

Seguramente no sea causa de patología en la tubería pero sí de defectuoso funcionamiento hidráulico.

### Piezas especiales sin refuerzo

Igual que el resto de los elementos de una conducción, las piezas especiales en conducciones de presión han de calcularse y generalmente reforzarse. Los errores de este tipo causan innumerables problemas de



roturas en la red.

Cuando una tubería trabaja a presión, debido a su sección circular, la resultante de las acciones se convierte en una tracción homogénea en la pared de la tubería. Si se realiza un injerto, una pieza en T, un corte por el eje de la sección derivada nos mostraría una sección en U abierta que si la sometemos a presión tiende a abrirse más; por tanto, es necesario zunchar o reforzar el borde para evitar la deformación y rotura de la pieza.

En los codos sucede otro fenómeno de desequilibrio, de menor entidad, dado que el radio interior y el exterior son diferentes, por lo que se produce un incremento de tensiones al estar la sección desequilibrada.

En tubería de acero conocemos los refuerzos tipo mediante collarín, faja o placas en cruz y se siguen los diseños de la AWWA. En fundición las piezas especiales tienen su propio diseño y su espesor es superior al resto de la tubería. En PVC de presión las piezas inyectadas están probadas y diseñadas para aguantar estos esfuerzos, sin embargo, el resto de los materiales no tienen diseños específicos de las piezas especiales y deberían estar normalizados.

Ocurre, además, que los materiales restantes han sido generalmente usados en tubería sin presión con lo cual las uniones tenían un diseño a base de cortar y pegar tubo o gajos de tubo con las mismas características del de la línea, sin realizarse el refuerzo correspondiente.

Este error, cuando sucede, suele ser sistemático y afecta a numerosas uniones.

## Dilataciones y contracciones

Cada material tiene su coeficiente de dilatación térmica. El acero y el hormigón tienen un valor de  $\alpha$  similar y esto nos permite construir elementos de hormigón armado a intemperie. Otros materiales, especialmente los plásticos y muy especialmente el polietileno, tienen coeficientes de dilatación casi 20 veces superiores, es decir, para el mismo incremento de temperatura y longitud, se acortan o retraen casi 20 veces más.

Por este motivo hay que tener precaución con este tipo de tubería incluso enterrada (la mera entrada de agua en la conducción produce una variación de temperatura importante respecto a la de puesta en obra) y han de colocarse en zig-zag o con suficiente relleno (absorber por rozamiento la tensión de retracción). La patología más frecuente en este caso suele suceder en pruebas de presión contra válvula, con tubería destapada, donde llega a arrancar válvulas de su posición o bien se rasga el material.

En tubería aérea siempre hay que pensar en las dilataciones (en este caso las peores suelen ser debidas a calentamiento con tubería vacía) y contar con los procedimientos o elementos adecuados para absorberlas.



*Compensador de dilatación con limitadores de recorrido*

En el caso de tuberías aéreas de acero las soluciones clásicas son los compensadores de dilatación o las liras de compensación.

Si se instala aéreo un material de alto coeficiente de dilatación (no recomendable) debe preverse la dilatación libre del material ya que no se pueden absorber grandes movimientos con compensadores.

## Aire en el interior de las tuberías

Este problema puede ser de diseño o de operación, pero en caso de darse crea unas patologías muy espectaculares con explosiones incluidas.

Sabemos que existen 3 funciones específicas de las ventosas: llenado, vaciado y purga de la conducción en servicio. Pues bien, para evitar problemas con el aire en el interior de la tubería solamente tenemos que ser conscientes de las tres funciones anteriores, recalcando lo siguiente:

- El llenado ha de ser LENTO, a ser posible desde los puntos bajos y con las ventosas operativas. Se han producido roturas en el propio llenado al no estar las ventosas abiertas.
- El vaciado también ha de ser lento pero aún es más importante que, de nuevo, las ventosas estén ABIERTAS. Con desniveles fuertes se han producido colapsos de la tubería por no tener las ventosas abiertas. También con desniveles altos hay que pensar en disponer varios desagües a distintos niveles y preparar un protocolo de vaciado. El peligro en este caso es el causado por la salida de un chorro de agua a gran velocidad.
- Para la purga de la instalación, todos sabemos que han de instalarse las ventosas en todos los puntos altos, y por eso no hace falta recalcarlo, sin embargo, es necesario considerar la colocación de ventosas en el trazado a distancias máximas de 300 ó 400 m, aunque el trazado sea claramente pendiente y mucho más si el trazado es plano. En estos dos últimos casos causa estupor y sorpresa la rotura de la tubería, con explosión incluida, el mismo día de la prueba hidráulica.



*Rotura de tubería de fundición por presencia de aire ocluido. Rotura con explosión y proyección de material de tubería.*

Cuando la rotura es con explosión o expulsión de material, lo más corriente es que sea debida a la existencia de aire atrapado.

Si la rotura se produce durante el funcionamiento en servicio puede deberse a la formación de una bolsa de aire que por efecto de compresión dinámica (la energía cinética del flujo) crea una gran presión en la burbuja, muy compresible y se superan los límites admisibles de tensión.

Si la rotura se produce en la prueba, es la propia energía de presión suministrada para elevar la presión a las condiciones de prueba la que genera la compresión de la burbuja. En estática se puede apreciar fácilmente aplicando directamente Bernouilli (energías) entre la zona con agua y la zona interior de la burbuja, de forma que para el mismo punto al igualar energías de presión ( $P_i/\gamma_i$ ) al existir diferencia grande de densidades la propia presión se dispara en el interior de la burbuja.

## Errores de montaje

Se trata de errores básicos de inexperiencia, por tanto, subsanables o bien mediante montadores expertos de cada tipo de tubería, o bien siguiendo las instrucciones de montaje que recomiendan los distintos fabricantes.

### Juntas y Giros

En general no nos leemos las instrucciones de casi nada, así que si encima parece sencillo y fácil de realizar no le prestamos atención. En el montaje de tuberías sucede lo mismo, cuanto más sencilla es la conexión menos atención se presta, de ahí que la mayoría de las fugas se den en junta elástica. La junta soldada como hay que hacerla con cuidado, con un protocolo, y luego se prueba, no suele fallar nunca.

Para el montaje de una junta elástica que no venga acoplada directamente al tubo, además de emplear un lubricante adecuado, se debe seguir una recomendación básica que permite liberar tensiones en la junta y entre ésta y el tubo.

Esto es tan sencillo como emplear un DESTORNILLADOR o un elemento romo que pasado en todo el contorno entre el alojamiento y la junta, reparta tensiones. Se evitan pinzamientos o roturas de la junta.



*Error de montaje de junta elástica. Pinzamiento de la junta por no haber disipado tensiones en la goma antes de unir*

Los giros forzados entre tubos o de la propia tubería, sin respetar los giros máximos de la junta o las deformaciones máximas admisibles del tubo, crean un grupo nuevo de patologías por error de montaje.

La inexperiencia en el montaje y la extrapolación, gran amiga de la patología como vamos viendo, son las causantes principales de estos problemas.

### Inventos

Un nuevo grupo de patologías son los que denominamos “inventos” que finalmente resultan ser chapuzas. No suelen ser problemas por falta de experiencia ya que el inexperto no suele ser tan atrevido como para ponerlos en marcha sino más bien es un problema generado por el “experto chapuzas” que siempre lo ha hecho de forma similar y no siempre se le ha roto.

Es clásico de las uniones finales con válvulas o con otros materiales. En esos casos en vez de emplear las piezas estandarizadas de conexión mediante manguitos-brida o similar, se resuelve mediante estos peligrosos “inventos”.



*“Típica” chapuza de conexión entre distintos materiales sin emplear piezas estandarizadas*

En una ocasión hubo que reponer 450 conexiones de tubería de PVC con válvulas por emplear una brida loca que presionaba una junta tórica contra el tubo de PVC. Al efectuarse el apriete oblicuo se deformaba el tubo y se producía la pérdida por la unión.

Es muy importante conocer que los cierres con brida deben efectuar la obturación siempre en sentido longitudinal, de ahí la necesidad del manguito-brida o Valona.

## **Errores de control**

Dentro de los errores de control no se contemplan en este documento los casos asociados a defectos de fabricación o de control de fabricación en fábrica que pueden ser reducidos mediante inspección y registro de la hoja de ruta (PPI) de las tuberías.

En términos generales, hay tres de etapas de control básicas en conducciones: revisión del proyecto, adecuación del mismo al entorno real y pruebas.

Al destacar estas tres etapas se quiere hacer énfasis en que el control no es solamente un trámite administrativo, ha de ser también un trabajo técnico. De estas tres etapas deben ser conscientes los técnicos que realicen el control interno de la propia constructora y los técnicos de control externo

Se debe valorar técnicamente la viabilidad de lo que se va a acometer, en el entorno en que se va a producir y los medios que se van a emplear..

No es corriente que se produzcan patologías asociadas a errores de control pero se pueden ilustrar con dos casos tan absurdos como reales.

El primer caso se produce en una conducción de tubería cuyo proyecto tarda un tiempo en adjudicarse. El trazado original pasa por un extremo de un pueblo donde justamente se ha construido un polígono residencial. Se estudia la posibilidad de variar el trazado y se comprueba que es viable hidráulicamente realizar un rodeo. Se obtiene un nuevo longitudinal. Pues bien, hubo que hacer un informe para no tener que poner ventosas y desagües en los PK estipulados en el proyecto original. Realmente absurdo.

Un segundo caso pudo producir graves problemas. Es similar al anterior con el agravante de que casi pasa desapercibido. Un cambio en el trazado casi sin cambio de longitudinal, el único cambio era que el cruce de un camino con fuerte pendiente se efectuaba en el punto bajo de la traza en vez de en un punto alto y ese cruce implicaba un doble codo. Tal como se ha comentado, casi pasa desapercibido que el anclaje de los codos estaba dimensionado para una presión inferior (paso por la parte alta) a la correspondiente al punto bajo.



Otro grupo de errores de control se producen al realizar las pruebas y algunos no son siempre fáciles de detectar.

## Patología en tubería rígida

- **Rotura de la junta.**

En estos casos se trata de un fallo de fabricación más común de lo que se cree.



*Boquilla de tubería de hormigón. Se detecta la falta de armadura en toda la boquilla*

En la fotografía se recoge un tubo roto por la boquilla tras haber sido golpeado pero deja claro un problema importante: la armadura de la boquilla no tiene anclaje y es insuficiente.

Esto provoca los daños que se muestran en las fotografías siguientes.



*Tres fases de patología por el mismo problema de falta de armadura en la junta*

Al no tener armadura longitudinal la boquilla ni llegar la armadura circunferencial tampoco (ver foto central), se fisura, se parte y en el primer paso de caudal importante desaparece. Cualquier pequeño asentamiento puede provocar la flexión necesaria para fisurar la zona de la boquilla, la zona más debilitada de la tubería.

Este caso corresponde a una obra de drenaje de gran sección.

- **Esfuerzos ovalizantes**

Se trata de una de las patologías más espectaculares.

La tubería rígida debe su nombre especialmente a que cuando es cargada es capaz de absorber los esfuerzos sin apenas deformación. Por este motivo la sección se comprueba a esfuerzos axiales y de flexión.

Cuando se superan los esfuerzos de diseño se producen las fisuras y roturas que se muestran a continuación.



La primera fisura aparece en la clave y dependiendo del tipo de cama, también en la solera. Son momentos positivos. Si aparece una fisura en el diámetro, aplastada, indica que los momentos negativos se han superado y por tanto, la zona no accesible estará totalmente abierta.



A partir de ahí se van formando rótulas (lógicamente no estancas), algunas con desplazamiento que pueden ocasionar la ruina de la tubería.

- **Conexiones a pozo**

Patología muy clásica debida a la rigidez de la unión entre el tubo y el pozo o arqueta.

El problema clásico es el siguiente: nos encontramos con una tubería enterrada con una cierta carga de tierras que gravita sobre ella y unida al resto de la tubería mediante juntas elásticas; dicho elemento se va a conectar a una arqueta o a un pozo, elemento mucho más rígido que la tubería. Se conectan ambos elementos y posteriormente se rellena sobre la tubería.

Está claro que tendremos un punto fijo - la conexión -, un esfuerzo cortante importante - la carga de tierras sobre la tubería- y una junta que admite solo un pequeño giro.



*Fisura en la tubería por conexión ejecutada defectuosamente*

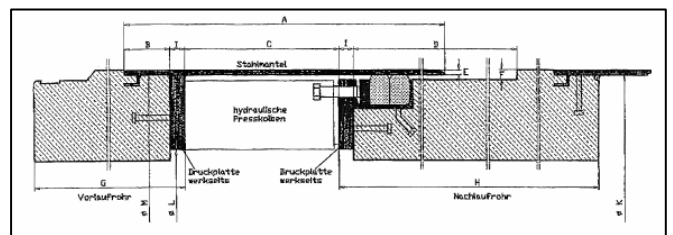
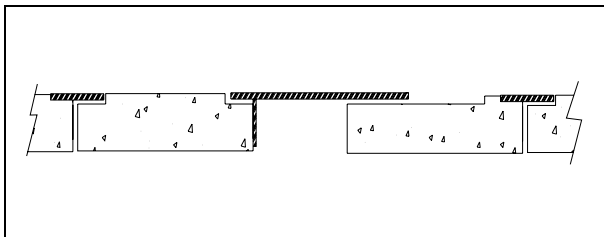
Tiene dos posibles soluciones, o bien una junta elástica de mucho recorrido (junta americana, junta tipo link-seal o similar), o bien una cuña o solera degradada y un tubo corto que haga de biela.

### **Patología en tubería de hinca**

La técnica sobre hinca de tuberías está en pleno desarrollo y de momento no son corrientes las patologías asociadas.

La existencia de empresas especializadas y los controles que se efectúan durante la obra evitan en general las patologías en la tubería, aunque si pueden suceder problemas en la propia instalación o incluso la necesidad de rescatar la maquinaria debido a problemas geotécnicos no detectados.

En cualquier caso, se ilustra un tipo de rotura ocasionado en el entorno de las estaciones intermedias en una hinca de tubería de hormigón por empuje estático.

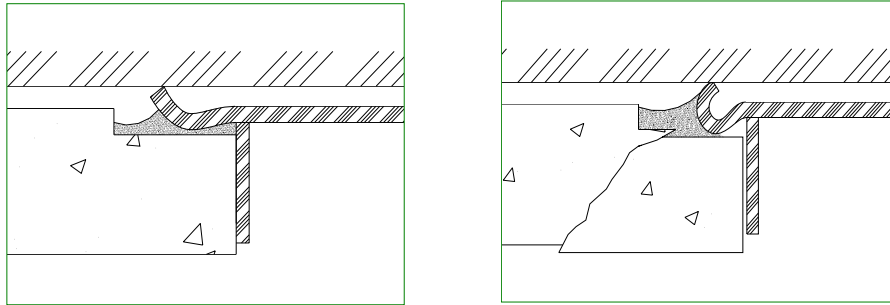


*Dos tipos de estaciones intermedias para hinca de tubería. A la izquierda estación intermedia clásica. A la derecha nuevo tipo de estación intermedia*

Vista una sección de la pared de la tubería de hinca, de las dos figuras anteriores, la primera es una estación intermedia clásica mientras que la segunda es una estación intermedia que incorpora un tubo corto en la parte delantera.

La patología que se va a mostrar se ha producido con el primer tipo de estación intermedia en zonas con nivel freático alto (o inundadas) con un material excavado fino y sin cohesión (limos).

Es importante destacar esta circunstancia pues no sucede con suelos plásticos.



*Tipo de rotura provocada por el doblado de la boquilla al avanzar la hinca hacia la izquierda*

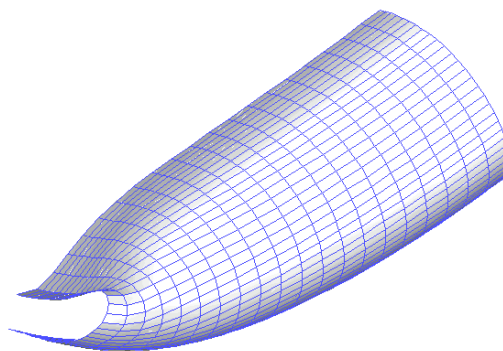
En los croquis, el avance de la hinca se produce hacia la izquierda. Al encontrarse la chapa exterior frente a la excavación, parte del detritus fino se aloja bajo la junta y se va acuñando, dobla la chapa que al estar confinada se retuerce y presiona al hormigón produciéndose la rotura.



*El mismo tipo de rotura del croquis anterior, sobre una tubería instalada mediante hinca*

## **Patología en tubería flexible**

La patología clásica de tubería flexible viene motivada casi siempre por errores de dimensionamiento y de diseño, siendo la más común la provocada por colapso, ya sea por depresión interior o bien por carga crítica de pandeo debido a un nivel freático elevado y un relleno flojo.



*Modelo de cálculo mediante elementos finitos para la comprobación de acciones de colapso de tubería*

La figura anterior representa el modelo de elementos finitos para el estudio del colapso de la tubería flexible. El modelo está diseñado para el estudio del conjunto de acciones de depresión interior o presión exterior de agua y carga de tierras.



*Tubería de acero revestida de hormigón que ha colapsado interiormente por depresión interior*

Cuando el colapso es debido a la depresión interior como el caso de la fotografía anterior, los daños son muy espectaculares, véase el estado en que se queda la tubería (recubierta de hormigón en fábrica), ha perdido la adherencia al hormigón y ha colapsado.

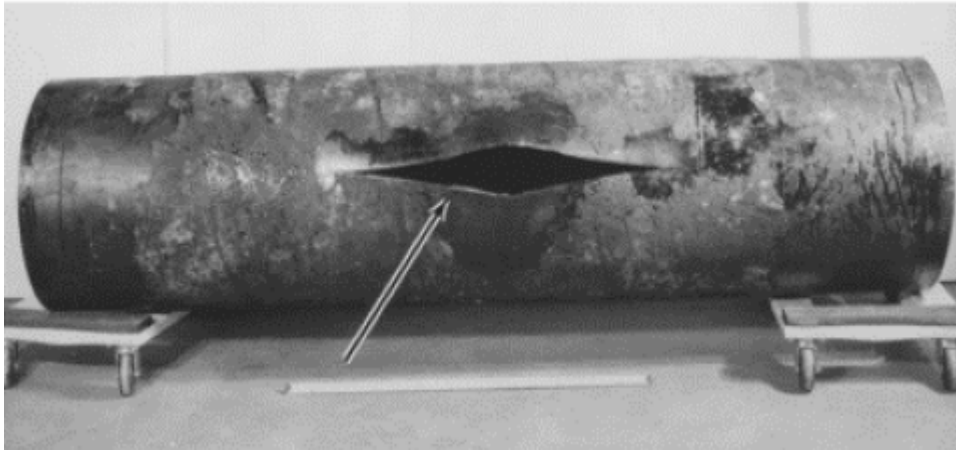
El colapso también puede ser debido a un exceso de compresión por un incremento de temperatura. Es decir, si se coloca una tubería de acero a baja temperatura, por ejemplo, aérea o de forma que quede soleada y expuesta, y no se colocan compensadores de dilatación, puede producirse este tipo de colapso al calentarse (sobre todo si no tiene agua en el interior).



*Colapso por incremento de temperatura, sin compensadores de dilatación.*

Cuando sucede al revés, es decir, si se coloca una tubería a cierta temperatura y se llena de agua (fría), en caso de que no se hayan colocado compensadores, la tubería arrancará válvulas o macizos donde esté anclada. Normalmente no le sucede nada a la tubería de acero aunque llegue a plastificarse. Si la tubería fuera de PEHD llegaría a rasgarse en el contacto con el macizo en caso de no arrancarlo.

La tubería flexible también puede sufrir problemas de sobrepresión. Si no es producida por aire atrapado, en el acero y en los plásticos, suele tener una rotura lineal, longitudinal u oblicua.



*Rotura de tubería de acero por incremento de presión. Dada la poca plasticidad de la rotura, se puede deducir que se trata de acero con un límite elástico próximo al límite de rotura.*

En el caso de tubería de fundición la rotura puede ser en cuña en vez de una rotura lineal, tal como se puede apreciar en la figura siguiente.



*Rotura de tubería de fundición por exceso de presión. Posiblemente unido a presencia de aire atrapado*

El tipo de rotura con aire atrapado es también similar y con proyección de material hacia el exterior, tal como se ha visto al comentar los casos de errores de diseño por bolsas de aire atrapado.

En los materiales plásticos es especialmente importante el tipo de relleno y la forma de aplicación de las cargas ya que son muy sensibles al punzonamiento.



*Ensayo de punzonamiento e impacto en tubería de PVC. Para que se produzca una patología por punzonamiento no es necesario que exista impacto sino que sea un esfuerzo persistente que fragiliza la zona de contacto con el material de la tubería.*

En la figura aparece un tubo de PVC pero este tipo de patología lo sufren también las tuberías de PEHD y PRFV, además de las de PVC.

### **Patología por deterioro**

Todas las tuberías tienen sus problemas específicos de durabilidad. En este apartado solamente se van a presentar algunos de los más habituales o específicos de cada material.

Afortunadamente, cada vez son menores los problemas asociados a patologías de este tipo, y cada vez son mejores los comportamientos de los materiales, mejores revestimientos, más compacidad de los hormigones, se emplean sistemas de protecciones pasivas y activas, y disminuye claramente el porcentaje de problemas de esta índole.

Foto: INA-BRONCO, Tito Zambrano



*Corrosión de la clave de tubería de hormigón por presencia de sulfuro de hidrógeno*

El caso de la figura anterior es debido a la presencia de  $\text{SH}_2$  en las conducciones de saneamiento que una vez oxidado a  $\text{SO}_4\text{H}_2$  ataca la clave de las tuberías de material cementoso, actualmente solo a las tuberías de hormigón al quedar proscrito el fibrocemento.

En todas las tuberías se producen problemas por sedimentación interior de los arrastres del agua.

En las tuberías de hierro, especialmente en las de fundición antiguas, sin tratamiento interior, se producen fuertes incrustaciones por adherencia o por precipitación del propio material.



*Incrustaciones en tubería de fundición*

En este caso la figura es de una tubería de fundición con sedimentación e incrustación, prácticamente fuera de servicio.



*Patología por corrosión generalizada en tubería de acero*

Asociados a las tuberías de hierro, ya sean de acero como de fundición, con revestimientos escasos y sin las protecciones adecuadas, aparecen los problemas de corrosión.

Hay todo un tratado de la corrosión en tuberías de acero y fundición, ya sea por fallos del revestimiento, por corrosión superficial debida al ataque exterior, por par galvánico, por corrosión interior en tuberías que se llenan y vacían periódicamente, por condensación en el ambiente, etc...

Otro tipo de ataque a los materiales ferreos es mediante corrosión electrolítica debida a corrientes parásitas o vagabundas, o bien a diferente potencial de oxidación de los terrenos atravesados.





*Patología por corrosión anódica debida a corrientes vagabundas.*

La patología asociada suele venir acompañada con problemas en el revestimiento y se presenta de forma puntual en la conducción. Una buena protección catódica previene de este tipo de incidencias. Es importante conocer de antemano si una conducción se va a preparar para un sistema de protección catódica por corriente impresa ya que habrá que dar continuidad eléctrica a la conducción, o bien se va a proteger mediante ánodos individuales de sacrificio. Ahora bien, si se conecta habrá que colocar la protección, sin remedio, ya que se transforma en un tubo largo y, por tanto, más fácil de atacar.

En la fundición, debido al tipo de material, más esponjoso que el acero, las corrosiones por oxidación suelen ser a base de incrustaciones, tal como se ha mencionado anteriormente y las electrolíticas no se suelen presentar ya que la junta elástica, de elastómero, suele ser aislante entre tubos y no permite la creación de diferencias de potencial importantes dentro de un mismo tubo como para que se desarrolle este tipo de daño.

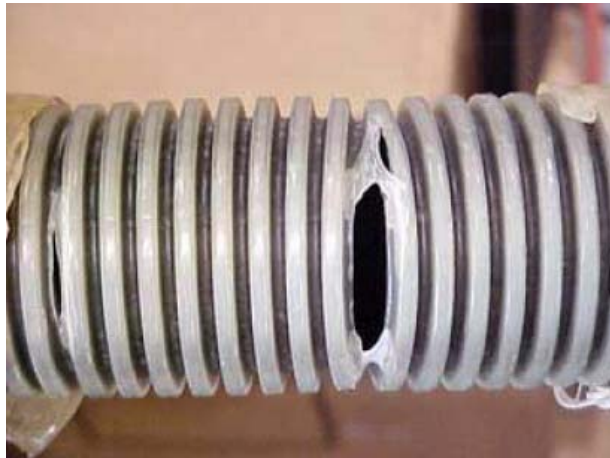
Sin embargo, cuando se produce, el tamaño de la corrosión es superior al que se origina en la tubería de acero.



*Corrosión de tubería de fundición por comportamiento anódico de la misma. Tubería conectada mediante bridas no aisladas convenientemente*

En esta curiosa fotografía se aprecia el tamaño de la corrosión generada en la tubería de fundición.

En la tubería plástica la patología por durabilidad es proporcional a la exposición del material tanto a los rayos solares como a la temperatura, que producen un enjecimiento prematuro de todos los termoplásticos (PVC, PEHD, PP) y también de los durómeros o termoestables (PRFV).



*Envejecimiento y rotura en tubería de PVC por exposición aérea y por temperatura*

Todas las características resistentes de los materiales plásticos se ven disminuidas por la exposición a los rayos ultravioletas y al calor.

## **Conclusiones**

En este documento se han ido recogiendo los errores sistemáticos y patologías de los sistemas de tubería, más habituales en la actualidad, a criterio del autor.

El repaso de todo lo anterior tiene como objetivo principal, igual que todos los estudios de patología, recoger experiencias que permitan comprobar que si no se toman las medidas apropiadas tanto a nivel de proyecto como de ejecución y control de las obras, pueden aparecer realmente las patologías que aquí se han mencionado.