

CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DE UNA TUBERÍA

Volumetric capacity of a pipeline

Josep Maria Franquet Bernis

Dr. Ingeniero Agrónomo, Eur-Ing. Dr. Ciencias Económicas y Empresariales. Diplomado en Investigación Operativa. Ex Profesor-Tutor UNED.

jfbernis@iies.es.

Resumen

Se introduce el concepto de “capacidad volumétrica” de una tubería, que surge del estudio y determinación de la función de envejecimiento de la misma, y representa el volumen o cantidad global de agua que es capaz de servir dicha instalación en funcionamiento teóricamente continuo y a lo largo de toda su vida útil. Resulta provechoso para comparar el rendimiento hidráulico entre dos o más tuberías alternativas a la hora de diseñar una instalación determinada.

Palabras clave: caudal, tubería, ecuación integral, rendimiento, envejecimiento, fórmula, diámetro, corrosión.

Resum

S'introdueix el concepte de "capacitat volumètrica" d'una canonada, que sorgeix de l'estudi i la determinació de la funció d'envelliment d'aquesta, i representa el volum o la quantitat global d'aigua que és capaç de servir aquesta instal·lació en funcionament teòricament continu al llarg de tota la seva vida útil. És profitós per comparar el rendiment hidràulic entre dues o més canonades alternatives a l'hora de dissenyar una instal·lació determinada.

Paraules clau: cabal, canonada, equació integral, rendiment, envelliment, fórmula, diàmetre, corrosió.

Abstract / summary

It is introduced the concept of "volumetric capacity" of a pipe which emerges from the study and determination of its aging and represents the volume or total quantity of water which is capable of serving that facility in theoretically continuous operation and throughout its useful life. It is helpful to compare the hydraulic performance between two or more pipelines alternatives when it is designed a particular installation.

Key words: flow, pipeline, integral equation, performance, aging, formula, diameter and corrosion.

Introducción

La determinación de la rugosidad absoluta K de las tuberías que conducen líquidos es de suma importancia por cuanto esta característica de la tubería se encuentra involucrada en las ecuaciones que comúnmente se utilizan para el diseño de tuberías, como las de Nikuradse (1933), Colebrook-White (1937) o Darcy (Franquet, 2005). La rugosidad de las tuberías comerciales es muy heterogénea, estando formada por numerosas irregularidades y tuberculizaciones de distintas formas y tamaños. Las dimensiones que definen estas rugosidades dependen, a su vez, de la naturaleza y estado de la superficie interna, y evolucionan con la edad del tubo hasta el final de su vida útil, por lo que resultan difíciles de definir y, más aún, de medir (Torres, 1970).

La reducción de la capacidad portante de la conducción se debe casi enteramente al aumento de la rugosidad que tiene lugar con la edad de la tubería. Analizando los datos obtenidos experimentalmente con tuberías de fundición, Colebrook y White dedujeron que la rugosidad absoluta (altura de rugosidad equivalente en arena) aumenta linealmente con el tiempo, de acuerdo con la sencilla fórmula empírica, también atribuida a Genijew (Sotelo, 1982): $K_t = K_0 + \alpha \cdot t$, donde K_0 es la rugosidad absoluta inicial del tubo nuevo (mm.), K_t es la rugosidad absoluta después de t años de servicio (mm.) y α el índice de aumento anual de la rugosidad que depende del grupo en el que se clasifique el agua a escurrir.

Puede suceder también que la rugosidad absoluta de una tubería no aumente linealmente con el tiempo, tal como presupone necesariamente la referida expresión de Genijew en aras a una simplificación operativa, y que dicho crecimiento pueda expresarse, en el campo continuo, mediante una ecuación infinitesimal, como v.gr. una ecuación integral o bien integro-diferencial cuya resolución suponga una ecuación no lineal, una vez realizados los estudios empíricos pertinentes. Y así, por ejemplo, la formulación en cuestión podría adoptar las siguientes configuraciones analíticas de tipo potencial:

$$K_t = K_0 + a \cdot t^\alpha, \text{ o bien: } K_t = K_0 + a \cdot t^\alpha + b \cdot t^\beta,$$

que puede linealizarse la primera de ellas (que no es más que la expresión general de la segunda cuando $b = 0$) del siguiente modo: $\ln(K_t - K_0) = \ln a + \alpha \cdot \ln t = \ln \Delta K$. En todo caso, para $\alpha = 1$ se obtiene la expresión lineal de Genijew.

En circunstancias desfavorables en que el efecto del envejecimiento es notable, se produce una reducción importante en la capacidad de transporte de la red, lo que implica la necesidad de la rehabilitación de las tuberías para optimizar el rendimiento energético de las mismas. Lamont (1952) y otros investigadores, han demostrado que esta ecuación resulta aplicable también a otra clase de tuberías.

Metodología

Un concepto que juzgamos interesante por su significación hidráulica en el diseño de instalaciones, que introducimos a continuación, es el de la “capacidad volumétrica” C_v de una tubería, que surge del estudio y determinación de la función de envejecimiento de la misma, y representa el volumen o cantidad global de agua que es capaz de servir dicha instalación en funcionamiento teóricamente continuo y a lo largo de toda su vida útil (t_u). Resulta provechoso para comparar el rendimiento hidráulico entre dos o más tuberías alternativas a la hora de diseñar una instalación determinada, aunque este cálculo también debería ser completado con la intervención de factores económicos de coste, tanto por lo que se refiere a la instalación inicial como en el mantenimiento ulterior, antes de tomar una decisión definitiva.

La “función de envejecimiento” de una tubería determina la trayectoria temporal del caudal circulante por la misma a lo largo de su vida útil. El tema de la determinación de la forma de dicha función de envejecimiento o de pérdida de caudal de la tubería debe considerar, en todo caso, el siguiente condicionante:

- Función cóncava: la pérdida de caudal disminuye en el tiempo.
- Función lineal: la pérdida de caudal es constante en el tiempo.
- Función convexa: la pérdida de caudal aumenta en el tiempo.

Puede suceder también que se presenten funciones mixtas (con un tramo cóncavo y otro convexo separados por un punto de inflexión). Pues bien, la “capacidad volumétrica” de la misma se expresaría como: $C_v = \int_0^{t_u} q(t) \cdot dt$, o bien, en unidades de masa, siendo ρ la densidad del fluido en cuestión, como:

$$C_p = \rho \times \int_0^{t_u} q(t) \cdot dt \text{ (en este caso, sería más propio denominarla “capacidad}$$

másica o estequiométrica”). Por la propia definición de integral definida, dicho concepto resulta ser el área del triángulo o trapecio mixtilíneo comprendida entre la función de envejecimiento, el eje temporal Ot y las ordenadas extremas $t = 0$ y $t = t_u$. Viene dado, consecuentemente, en unidades de volumen o de masa del recurso.

Este mismo concepto puede también expresarse mediante una integral doble, de tal suerte que:

$$C_v = \iint_A dt \cdot dq, \text{ con el siguiente dominio o recinto de integración:}$$

$$A = \{(t, q) \in \mathbb{R}^2 / 0 \leq t \leq t_u, 0 \leq q \leq q_t\}, \text{ con (máx. } q_t) = q_0,$$

y entonces, por el teorema de Fubini en el rectángulo, se podrá indistintamente calcular así:

$$C_v = \int_0^{t_u} \left(\int_0^{q_t} dq \right) dt = \int_0^{q_t} \left(\int_0^{t_u} dt \right) dq \cdot$$

Por otra parte, el “caudal medio” ofrecido por una tubería determinada, a lo largo de su vida útil, será la ordenada media o promedio integral siguiente: $q_m = C_v/t_u$, que de tenerse en cuenta una vida útil máxima de la instalación de

50 años ($t_u = 0.5$), como consideraremos en la mayoría de los casos analizados, quedaría reducida a: $q_m = 2 \cdot C_v$, pudiéndose también definir el denominado “caudal medio cuadrático” a partir del concepto relativo a la “media cuadrática integral”, a saber:

$$q_{mc} = \sqrt{\frac{1}{t_u} \int_0^{t_u} q^2(t) \cdot dt},$$

que, en el caso anterior, con $t_u = 0.5$, será: $q_{mc} = \sqrt{2} \times \sqrt{\int_0^{t_u} q^2(t) \cdot dt}$.

Recordemos, llegados a este punto, que si en lugar de calcular el promedio de valores de una función $q(t)$ calculamos el promedio integral de su cuadrado, obtenemos un valor cuya raíz cuadrada se llama *media cuadrática integral* de la función en el intervalo considerado t_u .

Esta media cuadrática puede interpretarse geoméricamente, en coordenadas cartesianas rectangulares, como la altura q_{mc} de un rectángulo que engendra, al girar alrededor del eje temporal $t-t'$, un volumen (cilindro) equivalente al engendrado por el trapecio mixtilíneo limitado por la curva entre las abscisas extremas 0 y t_u . En efecto, esta equivalencia ofrece la igualdad: $\pi q_{mc}^2 \times t_u = \pi \int_0^{t_u} q^2(t) \cdot dt$.

Pero representada la función $r = f(\theta)$ en coordenadas polares, se puede asimismo interpretar esta media cuadrática como el radio de un sector circular de igual área y amplitud que el sector de curva comprendido entre los radios de argumentos $\theta_1 = 0$ y $\theta_2 = t_u$, puesto que esta igualdad conduce análogamente a la relación: $\frac{1}{2} q_{mc}^2 (\theta_2 - \theta_1) = \frac{1}{2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} r^2 \cdot d\theta$.

La función de envejecimiento $q(t)$ de una tubería la calcularemos habitualmente en un intervalo finito y cerrado, con el núcleo continuo y acotado. En realidad, se puede generalizar a intervalos infinitos y a cualquier número de variables. Así pues, con $q(t)$ definida en el intervalo $(0, t_u)$, definiremos la “norma” de dicha función de envejecimiento como:

$\|q(t)\| = \sqrt{\int_0^{t_u} q^2(t) \cdot dt} = \sqrt{t_u} \times q_{mc}$, y de este modo, si $t_u = 0.5$, se cumple:

$$q_{mc} = \frac{1}{\sqrt{t_u}} \times \|q(t)\| = \sqrt{2} \times \|q(t)\|.$$

Por otra parte, dadas sendas funciones de envejecimiento $q_1(t)$ y $q_2(t)$, definidas en el intervalo de la recta real $(0, t_u)$, definiremos la “distancia” existente entre ambas como:

$$\bar{d}(q_1, q_2) = \sqrt{\int_0^{t_u} [q_2(t) - q_1(t)]^2 \cdot dt}.$$

Su cuadrado es la denominada “distancia cuadrática media”, con lo que:

$$D_{mc}(q_1, q_2) = \int_0^{t_u} [q_2(t) - q_1(t)]^2 \cdot dt = \sup_{(0, t_u)} |q_1(t) - q_2(t)|,$$

y ello mide, de alguna manera, la diferencia existente entre dos funciones de envejecimiento de respectivas tuberías de diseño o proyecto alternativo. Además, el “producto escalar” de ambas funciones vendrá dado por la

expresión: $(q_1, q_2) = (q_1 | q_2) = \int_0^t q_1(t) \cdot q_2(t) \cdot dt$, y el “coseno” entre ambas se define, a su vez, como: $\cos (q_1, q_2) = \frac{(q_1, q_2)}{\|q_1\| \times \|q_2\|}$.

Ejemplo de aplicación

En el diseño de una instalación de abastecimiento de agua se plantea una doble alternativa al ser diferentes las funciones de envejecimiento respectivas:

a) Se trata de una tubería de PE blando, de DN (1¼”) = 40 × 2.4 mm., cuya función de envejecimiento, como consecuencia del estudio empírico realizado, viene dada por la expresión: $\int_0^t e^{-\tau} \cdot q_t(\tau) \cdot d\tau = t$. Esta función se presenta

como una ecuación integral homogénea de Volterra de 2ª especie, con $\lambda = 1$, por lo que la resolveremos por aplicación del método de las transformadas de Laplace. En efecto, aplicando dicha transformación a ambos miembros de la ecuación planteada, se obtiene que (Franquet, 2013):

$$\frac{1}{p-1} \phi(p) = \frac{1}{p^2}, \text{ de donde se deduce que la función generatriz Laplace es:}$$

$$\phi(p) = \frac{p-1}{p^2} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p^2}; q_t = q(t) = L^{-1}[\phi(p)] = 1 - t .$$

Así pues, la función $q_t = 1 - t$ es la solución de la ecuación de envejecimiento planteada. Aquí se ha obtenido un $\alpha_2 = 1 < (2 \times 1 = 2)$, y además $q_0 = 1$ l./s., luego se trata también de una instalación de “desgaste normal”.

Su representación gráfica será la siguiente:

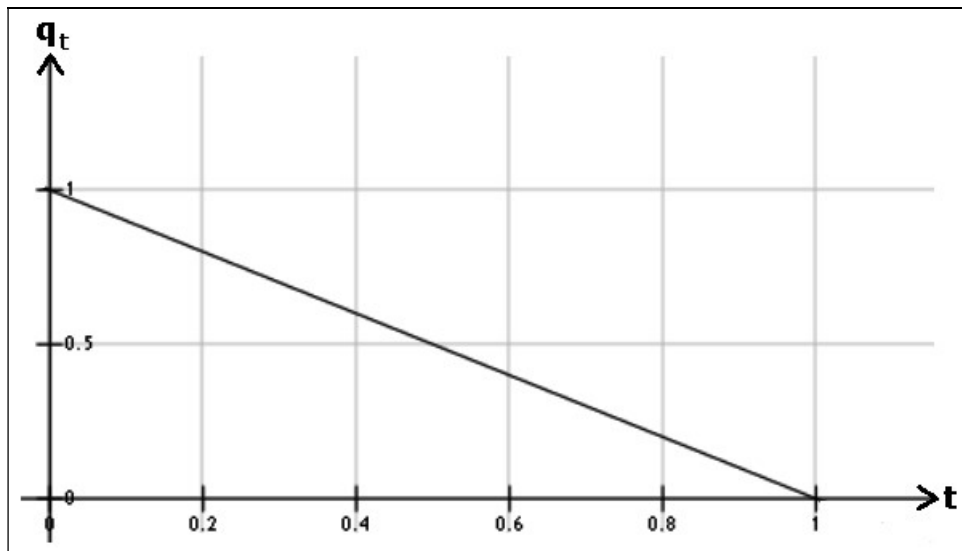


Figura 1. Ley de envejecimiento lineal.

La capacidad volumétrica de esta tubería vendrá dada (considerando una vida útil de 50 años) por la expresión:

$$C_v = \int_0^{0.5} (1-t) \cdot dt = \left[t - \frac{t^2}{2} \right]_0^{0.5} = 0.375, \text{ o también: } C_v = \iint_A dt \cdot dq =$$

$$= \int_0^{t_u} \left(\int_0^{q_t} dq \right) dt = \int_0^{0.5} \left(\int_0^{1-t} dq \right) dt = \int_0^{0.5} (1-t) dt = \left[t - \frac{t^2}{2} \right]_0^{0.5} = 0.375, \text{ c.s.q.d.,}$$

y un caudal medio de: $q_m = 2 \times 0.375 = 0.75 \text{ l/s.}$, con la siguiente representación gráfica:

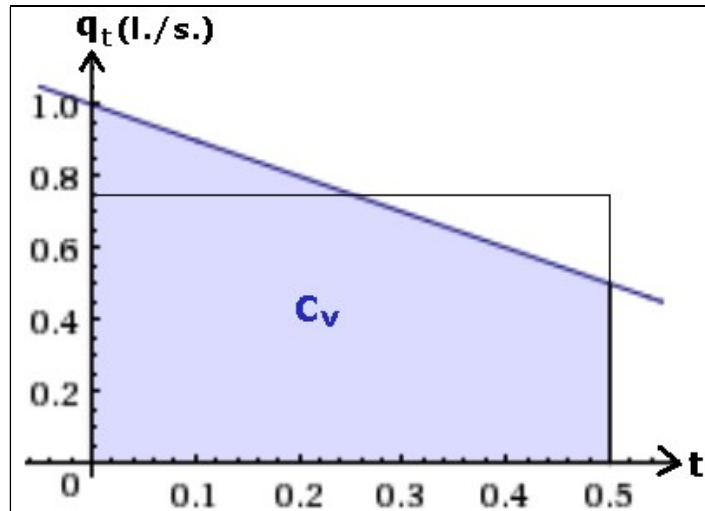


Figura 2. Capacidad volumétrica y caudal medio (caso a).

También se corresponde con el área del trapecio de la figura anterior, teniendo en cuenta que la base superior de dicho cuadrilátero mide:

$$1 - t = 1 - 0.5 = 0.5, \text{ con lo que: } C_v = \frac{0.5+1}{2} \times 0.5 = 0.375, \text{ c.s.q.d.}$$

Ello implica una capacidad volumétrica real de:

$$0.75 / \text{l/s.} \times 50 \text{ años} \times 365.25 \text{ días/año} \times 24 \text{ h/día} \times 3600 \text{ s/h.} \equiv 1.183 \text{ hm}^3 \text{ de agua.}$$

En este caso, el caudal medio cuadrático vendrá dado por:

$$q_{mc} = \sqrt{2} \times \sqrt{\int_0^{0.5} (1-t)^2 \cdot dt} = 1.4142 \times \sqrt{\left[t + \frac{t^3}{3} - t^2 \right]_0^{0.5}} = 0.7641 / \text{s.}$$

que ofrecería una capacidad volumétrica real algo superior, concretamente de: 1.205 hm^3 de agua, y la "norma" de esta función de envejecimiento será:

$$\| q_1(t) \| = q_{mc} \times \sqrt{t_u} = 0.764 \times \sqrt{0.5} = 0.54.$$

b) Se trata ahora de comparar alternativamente la conducción forzada anterior con otra tubería del mismo material constitutivo e idénticas características dimensionales, aunque con diferente función de envejecimiento que viene dada, en este caso, por la ecuación integral siguiente, con significación mecánica en el primer cuadrante del círculo: $\int_0^t e^{-t-\tau} \cdot q(\tau) \cdot d\tau = \sin t$. Esta

función constituye una ecuación integral inhomogénea de Volterra de 1ª especie. El término no homogéneo es la función trigonométrica o circular directa: $\sin t$, y el núcleo integral es: $K(t,\tau) = e^{-t-\tau}$, siendo ambas funciones continuas y derivables.

Derivando ambos miembros con respecto a t , se obtiene que:

$$e^{-t} \cdot q(t) + \int_0^t \frac{\delta e^{-\tau}}{\delta t} \cdot q(\tau) \cdot d\tau = \cos t; \text{ de donde se deduce que:}$$

$$q(t) + \int_0^t e^{-\tau} \cdot q(\tau) \cdot d\tau = \cos t \quad (1)$$

Aplicando ahora las transformadas de Laplace, se tiene que:

$$L[q(t)] + L[e^t] \cdot L[q(t)] = \frac{p}{1+p^2} = L[q(t)] + \frac{L[q(t)]}{p-1} = L[q(t)] \left(1 + \frac{1}{p-1}\right).$$

O sea: $L[q(t)] \cdot \frac{p}{p-1} = \frac{p}{1+p^2} \Rightarrow L[q(t)] = \frac{p-1}{p^2+1}$, y de aquí se obtiene la función

generatriz Laplace que nos ofrece la función de envejecimiento siguiente:

$$q_t = L^{-1}\left[\frac{p-1}{p^2+1}\right] = L^{-1}\left[\frac{p}{p^2+1}\right] - L^{-1}\left[\frac{1}{p^2+1}\right] = \cos t - \sin t.$$

También puede resolverse directamente esta ecuación integral, como comprobación, a partir de la expresión anterior (1), dado que:

$$\cos t = q(t) + \sin t, \text{ y entonces: } q(t) = \cos t - \sin t, \text{ c.s.q.d.}$$

En todo caso, la función de envejecimiento (que representa el caudal circulante por la tubería que nos ocupa) se anulará definitivamente para un valor del tiempo:

$$t = \pi - \frac{3\pi}{4} = \pi \left(1 - \frac{3}{4}\right) = 0.25 \cdot \pi = 0.785 \approx 78.5 \text{ años,}$$

mientras que la función de envejecimiento de la tubería del caso anterior, como hemos visto, se anulaba cuando $t = 100$ años.

Le corresponde, en definitiva, la siguiente representación gráfica:

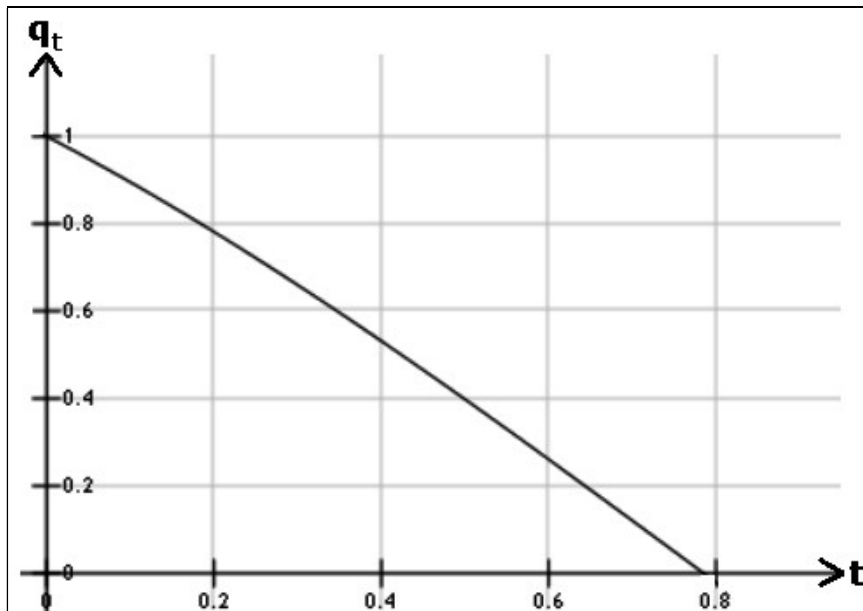


Figura 3. Función de envejecimiento ligeramente convexa.

Su capacidad volumétrica vendrá dada por la expresión:

$$C_v = \int_0^{0.5} (\cos t - \sin t) \cdot dt = [\sin t + \cos t]_0^{0.5} = 0.479 + 0.878 - 1 = 0.357,$$

$$\begin{aligned} \text{o también: } C_v &= \iint_A dt \cdot dq = \\ &= \int_0^{t_u} \left(\int_0^{q_t} dq \right) dt = \int_0^{0.5} \left(\int_0^{\cos t - \sin t} dq \right) dt = \int_0^{0.5} (\cos t - \sin t) dt = [\sin t + \cos t]_0^{0.5} = 0.357, \\ &\text{c.s.q.d.,} \end{aligned}$$

y un caudal medio de: $q_m = 2 \times 0.357 = 0.714$ l/s., con la siguiente representación gráfica:

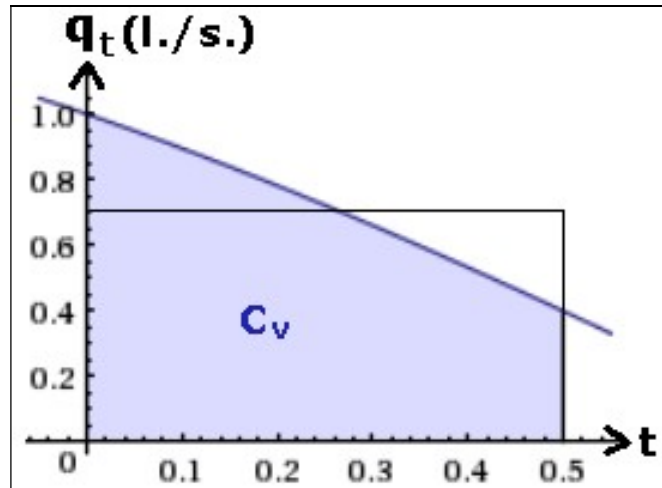


Figura 4. Capacidad volumétrica y caudal medio (caso b).

Ello supone una capacidad volumétrica real de:
 $0.714 \times (1.57788 \times 10^9) \equiv 1.127$ hm³ de agua, por lo que la tubería del ejemplo anterior ofrecerá a la larga un rendimiento algo superior a la presente, concretamente de un:

$$\frac{1.183 - 1.127}{1.127} \times 100 = 4.97 \approx 5\%.$$

En todo caso, se tendrá aquí que:

$q_{mc} = \sqrt{2} \times \sqrt{\int_0^{0.5} (\cos t - \sin t)^2 \cdot dt} = 1.4142 \times \sqrt{[t + \cos^2 t]_0^{0.5}} = 0.736$ l/s., con una capacidad volumétrica real de:

$$0.736 \times (1.57788 \times 10^9) \equiv 1.161 \text{ hm}^3 \text{ de agua,}$$

y la "norma" de esta función de envejecimiento será:

$$\| \| q_2(t) \| \| = q_{mc} \times \sqrt{t_u} = 0.736 \times \sqrt{0.5} = 0.52.$$

La diferencia entre las capacidades volumétricas reales de las funciones de envejecimiento de ambas tuberías será la siguiente:

$$\Delta(q_1, q_2) = | C_{v1} - C_{v2} | = | 1.183 - 1.127 | = 0.056 \text{ hm}^3 \text{ de agua,}$$

cuestión que puede apreciarse visualmente en el siguiente gráfico:

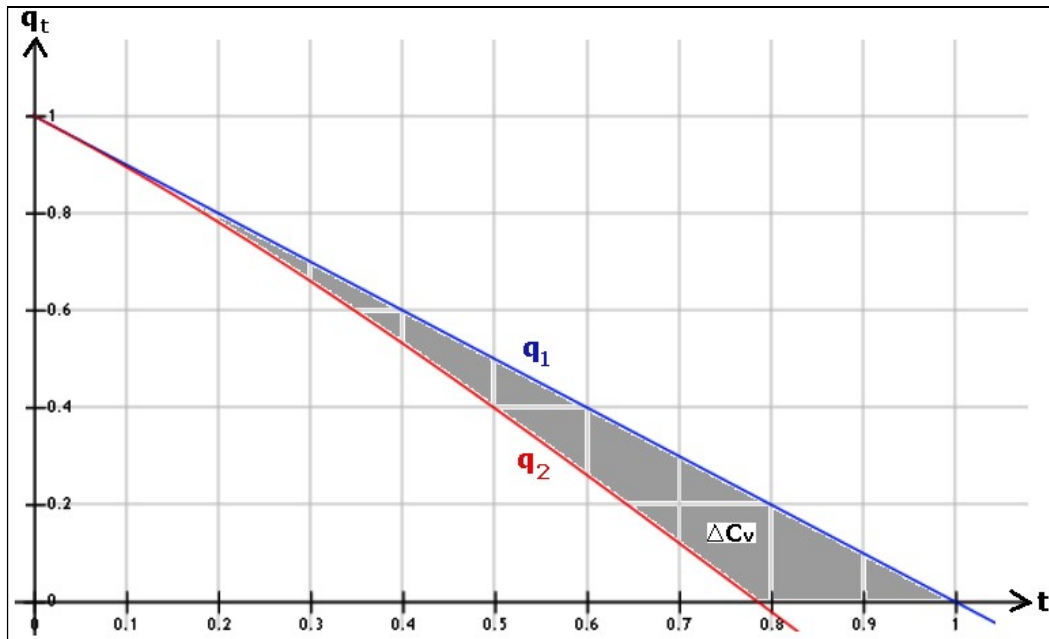


Figura 5. Diferencia entre ambas funciones de envejecimiento.

De este modo, la “distancia” entre ambas funciones q_1 y q_2 será de:

$$\begin{aligned} \bar{d}(q_1, q_2) &= \sqrt{\int_0^{t_u} [q_2(t) - q_1(t)]^2 \cdot dt} = \sqrt{\int_0^{0.5} [\cos t - \sin t - 1 + t]^2 \cdot dt} = \\ &= \sqrt{\left[\frac{t}{3}(t^2 - 3t + 6) + 2(t - 2)\sin t + 2t \cdot \cos t + \frac{\cos 2t}{2} \right]_0^{0.5}} = \sqrt{0.00112377} = 0.034 \text{ hm}^3, \end{aligned}$$

y su “distancia cuadrática media” será: $D_{mc} = 0.00112377 \text{ hm}^6$.

Por otra parte, el “producto escalar” de ambas funciones de envejecimiento será:

$$\begin{aligned} (q_1, q_2) &= \int_0^{t_u} q_1(t) \cdot q_2(t) \cdot dt = \int_0^{0.5} (1 - t) \cdot (\cos t - \sin t) \cdot dt = \\ &= \int_0^{0.5} (\cos t - \sin t - t \cdot \cos t + t \cdot \sin t) \cdot dt = [(2 - t)\sin t - t \cdot \cos t]_0^{0.5} = 0.280347, \end{aligned}$$

y el “coseno” entre ambas vendrá dado por la expresión:

$$\cos(q_1, q_2) = \frac{(q_1, q_2)}{\|q_1\| \times \|q_2\|} = \frac{0.280347}{0.54 \times 0.52} = 0.9984 \approx 1.$$

Con los resultados obtenidos se ha elaborado el siguiente cuadro comparativo:

Cuadro 1. Comparativa de los resultados obtenidos.

D_{mc} (hm ⁶)	TIPO DE TUBERÍA	q_m	q_{mc}	C_v (hm ³)	
0.00112377	PE (1¼")	0.75 l/s.	0.76 l/s.	1.183	1.205
	PE (1¼")	0.71 l/s.	0.74 l/s.	1.127	1.161

NOTA: Se ha señalado en letra **negrita** la solución más idónea desde el punto de vista exclusivo de su rendimiento hidráulico (mayor C_v). Elaboración propia.

Conclusiones

En el presente estudio se establece el concepto de “capacidad volumétrica” que deriva de la “función de envejecimiento” entendida como la trayectoria temporal del caudal de una tubería a lo largo de su vida útil. De aquí se deducen otros conceptos interesantes como el de “caudal medio”, “caudal medio cuadrático”, “norma”, “distancia”, “distancia cuadrática media”, “producto escalar” y “coseno” entre dos funciones de envejecimiento, que permiten efectuar la comparación entre varias tuberías alternativas a efectos de su elección para la consecución de un diseño más provechoso de la instalación.

Todos estos conceptos, aunque con menor interés práctico, también pueden hacerse extensivos a las conducciones libres.

Referencias bibliográficas

- Colebrook, C. F. y White, C. M. (1937). “Experiments with Fluid Friction in Roughened Pipes”. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences* 161 (906).
- Franquet, J.M. (2005). *Cálculo hidráulico de las conducciones libres y forzadas (Una aproximación de los métodos estadísticos)*. Ed. Bibliográfica Internacional, S.L. – Universitat Internacional de Catalunya. Tortosa. 590 p.
- Franquet, J.M. (2013). *Ecuaciones diferenciales ordinarias y en diferencias finitas. Curso práctico*. Ed. Centro Asociado de la UNED. Cadup-Estudios. Tortosa. 750 p.
- Lamont, P.A. (1952). *British National Report on Formulae for Pipeline Calculations to International Water Supply Congress*. Paris.
- Nikuradse, J. (1933). *Strömungsgesetze in ragen rohren*, VDI. Forschungsheft núm. 361.
- Sotelo, A. G. (1982). *Hidráulica general*. Vol. 1. Ed. Limusa, S.A. México.
- Torres, J.E. (1970) *Apuntes de hidráulica general y agrícola. Primera y Segunda Parte*. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Valencia.

Relación de Cuadros y Figuras:

Cuadro 1. Comparativa de los resultados obtenidos.

Figura 1. Ley de envejecimiento lineal.

Figura 2. Capacidad volumétrica y caudal medio (caso a).

Figura 3. Función de envejecimiento ligeramente convexa.

Figura 4. Capacidad volumétrica y caudal medio (caso b).

Figura 5. Diferencia entre ambas funciones de envejecimiento.

Dirección institucional del autor:

Josep Maria Franquet Bernis
Dr. Ingeniero Agrónomo, Eur-Ing.
Dr. Ciencias Económicas y Empresariales
Avenida Generalitat, 73, ent.
43500 Tortosa (Tarragona)
jfbernis@iies.es

Perfil profesional: Josep Maria Franquet Bernis (Tortosa, España, 1950). Ingeniero Técnico en Explotaciones Agropecuarias (Universidad Politécnica de Catalunya). Ingeniero Agrónomo (MSc) por la Universidad Politécnica de Valencia. Dr. en Ciencias Económicas y Empresariales (Universidad de Barcelona). Dr. en Arquitectura (Universidad Internacional de Catalunya). Profesor-tutor de la UNED (desde 1976). Profesor Contratado Doctor (Acreditado). Profesor Asociado de la Universidad Internacional de Catalunya (1999-2006) en el área de Hidráulica, Riegos y Proyectos. Diplomado en Cooperación y Diplomado en Investigación Operativa (Universidad de Valencia). Diplomado en Economía de la Empresa y en Planificación de Empresas (Universidad Politécnica de Madrid). Tiene el reconocimiento profesional d'European Engineer (EUR-ING, Paris, 1993). Conferenciante, asesor editorial, profesional liberal y empresario agrario. Ha sido asesor del Parlamento de Catalunya para temas hidrológicos (1991) y de organización territorial (2000), vocal por Tarragona del *Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya* (1980-1990), vocal de la Cámara Agraria de Tarragona (2007-2011), Presidente del *Institut d'Estudis Dertosenses* y Presidente del Consejo Económico y Social de las Tierras del Ebro. Fue Director del Centro Asociado de Tortosa-UNED desde 2007 al 2020, así como Director del Campus Nordeste de la UNED (Cataluña y Baleares) en el periodo 2013-2015. Ha sido Ponente de la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (1995) y de la *Universitat Tècnica d'Estiu de Catalunya* (1995). Es autor de más de 40 libros o monografías en materia de agricultura, construcción, hidráulica, planificación territorial, climatología, piscicultura, topografía, matemáticas, psicología y economía, entre otras, así como de numerosos artículos y notas técnicas.