

INFORME COMPARATIVO ENTRE LOS
DIFERENTES TIPOS DE TUBERÍAS PLÁSTICAS
CORRUGADAS DE DOBLE PARED

1.- INTRODUCCIÓN

Este informe pretende exponer las diferencias básicas existentes entre las tuberías plásticas más usuales que, aplicadas a conducciones por gravedad, presentan una estructura de doble pared con forma corrugada exterior y lisa interior.

Además del diámetro nominal, para este tipo de tuberías, existen en la normativa vigente 4 clases de rigidez denominadas como SN2, SN4, SN8 y SN16, que equivalen a valores de la rigidez circunferencial específica inicial (o rigidez anular inicial) del tubo de 2, 4, 8 y 16 kN/m².

No obstante lo anterior la clase SN2, por su muy baja rigidez, sólo se permite en diámetros nominales DN600 o superiores, por lo que no se usa en la práctica, y la clase SN16, apenas tiene fabricantes a nivel mundial. Para obras de saneamiento de cierta entidad, en la que existen colectores de la red principal, la clase de rigidez más habitual es la SN8. A efectos del presente comparativo, nos centraremos por tanto en esta clase de rigidez.

Por otro lado, este tipo de tuberías se fabrican habitualmente en 3 tipos de materiales: PVC no plastificado (U-PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), y polipropileno copolímero bloque (PP-B). Este último es un polímero constituido por cadenas de polipropileno a las que se les inserta bloques de etileno para mejorar las características mecánicas del material. En adelante hablaremos de PVC, PE y PP para denominar a estos materiales.

Pese a que las tuberías fabricadas con estos 3 tipos de materia prima, se adaptan a las mismas clases de rigidez nominal, SN8 en este caso, y los mismos diámetros nominales, existen en la práctica diferencias importantes en cuanto a los valores reales de estos parámetros, según el fabricante.

En este informe, por tanto, nos centraremos en resaltar las diferencias existentes en estos dos parámetros llevados a la práctica, por la importante repercusión que puede tener, para el funcionamiento de la instalación, la elección de un tipo de tubería determinado.

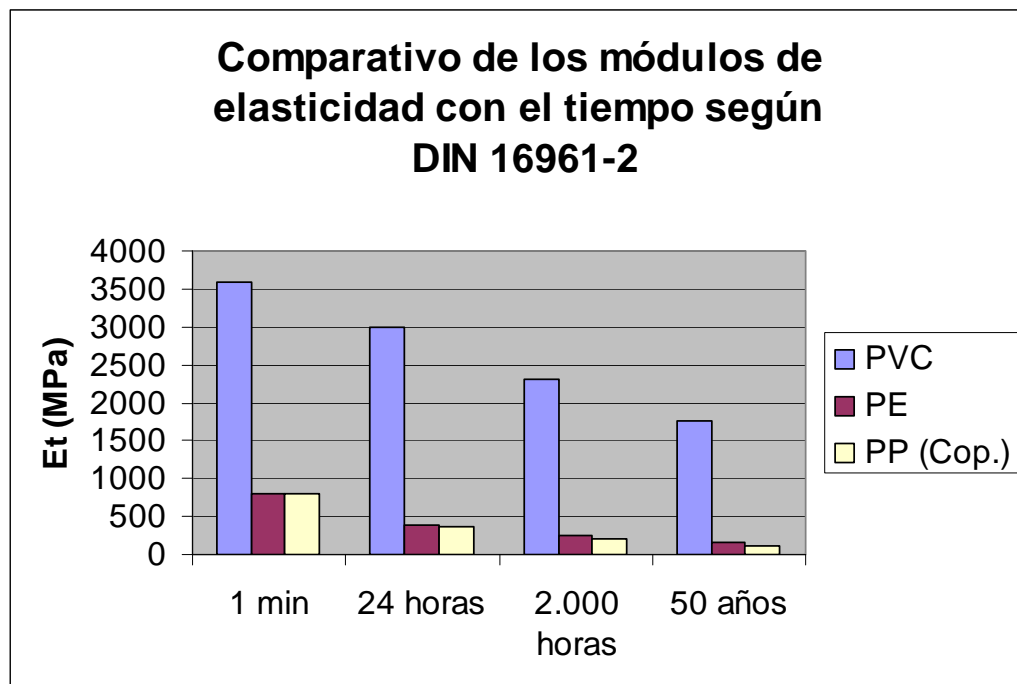
Primero analizaremos los valores reales de la rigidez de las tuberías durante la vida de servicio de la instalación, valores que dependen del tipo de material de los tubos, y después, la capacidad hidráulica de dicha instalación, que es función de los diámetros interiores reales que ofrecen los distintos fabricantes para un mismo diámetro nominal. Para este análisis hidráulico, y a título de ejemplo, estudiaremos el caso del diámetro más usual, DN315.

2.- RIGIDEZ CIRCUNFERENCIAL

La rigidez circunferencial específica (o rigidez anular) de los tubos plásticos corrugados de doble pared, es, en el caso de la rigidez nominal SN8, de como mínimo 8 kN/m². Sin embargo este valor es sólo el correspondiente al momento inicial del tubo antes de ser sometido a esfuerzos, ya que con el tiempo la rigidez del tubo disminuye si actúan sobre él cargas tanto de tierras como de tráfico u otro tipo, como así ocurre en la realidad.

Esto es debido al comportamiento de fluencia de los materiales plásticos cuando están sometidos a esfuerzos, que da lugar a una caída del módulo de elasticidad con el tiempo, lo cual a su vez se traduce en una pérdida de la capacidad resistente del material plástico.

Además, la caída del módulo de elasticidad no es lineal con el tiempo, sino que sigue unas curvas de regresión, características de cada tipo de plástico, que representan pérdidas muy bruscas al principio (entre las 0 y las 2.000 horas) y más suaves después, de forma que el valor del módulo de elasticidad se considera casi estable a los 50 años. La gráfica siguiente representa lo anterior, para los 3 materiales considerados, y según la norma alemana DIN 16961-2 de 2.000 (*Thermoplastic pipes and fittings with profiler outer and smooth inner surfaces*).



	1 min	24 hrs	2.000 hrs	50 años
PVC	3600	3000	2300	1750
PE	800	380	250	150
PP	800	360	210	120

Como vemos, las caídas del módulo de elasticidad son importantes ya a las 2000 horas (2,7 meses) en los 3 casos, pero especialmente en el caso del PE o el PP. De hecho, los coeficientes de fluencia (relación entre el módulo de elasticidad inicial y el correspondiente a un momento determinado), tienen a medio y largo plazo los siguientes valores:

	<u>2,7 meses</u>	<u>50 años</u>
PVC	1,5	2,0
PE	3,3	5,3
PP	3,8	6,5

En cuanto a la rigidez circunferencial específica (RCE) de un tubo plástico, su valor se calcula mediante la fórmula:

$$RCE = \frac{Ec \cdot I}{dm^3}$$

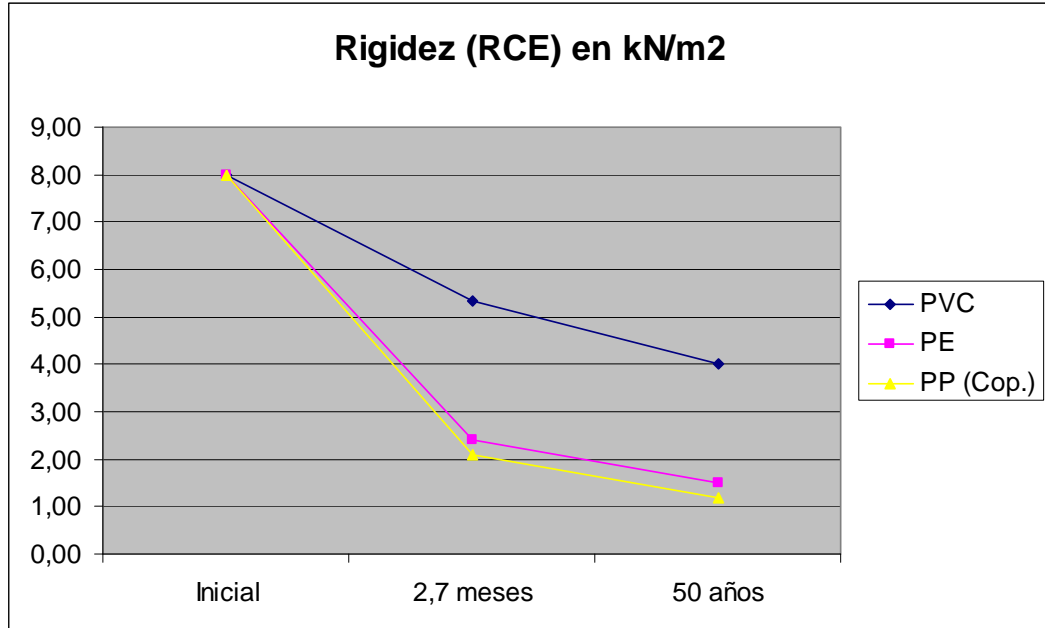
donde:

- Ec = módulo de elasticidad del material
- I = momento de inercia de la pared del tubo
- dm = diámetro medio del tubo,

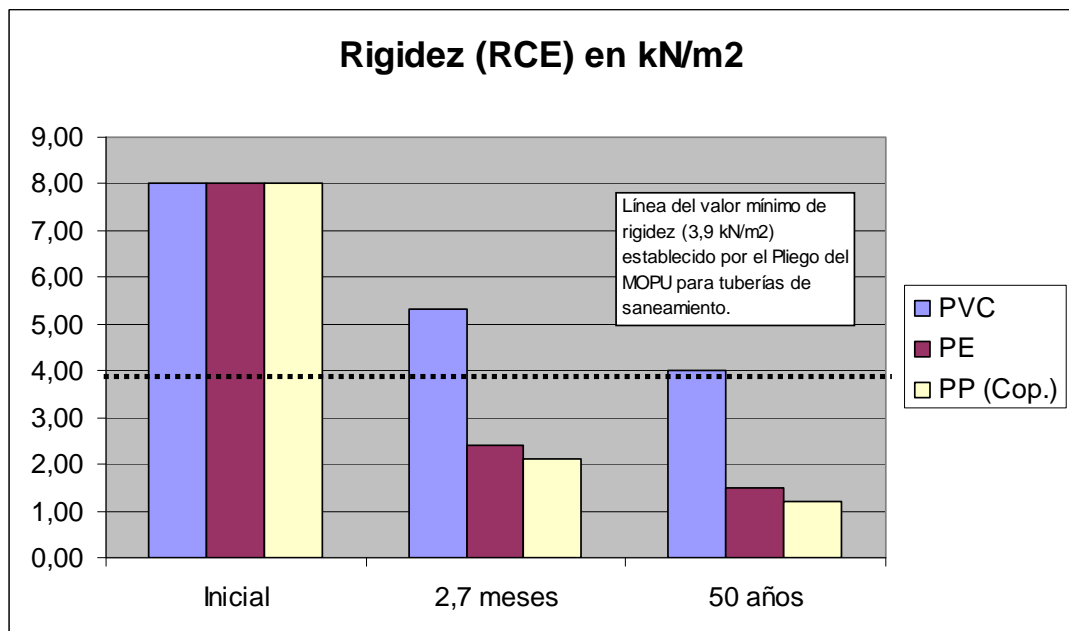
Para un tubo corrugado SN8 de un mismo diámetro nominal, los diferentes fabricantes juegan con los valores anteriores para conseguir una rigidez inicial de 8 kN/m². Así, mientras que el valor de *Ec* es intrínseco del material como hemos visto, el diámetro medio del tubo y la geometría del perfil corrugado (y por tanto el momento de inercia *I* del mismo), varían, a veces considerablemente, según el fabricante. De hecho la forma de contrarrestar el bajo valor inicial de *Ec* en los tubos fabricados con polietileno y polipropileno, consiste en fabricarlos mediante una combinación de mayor valor de *I* (por ejemplo con una mayor altura de corruga) y menor valor del diámetro medio. Esto último implica un menor diámetro interno, lo que redundaría en una menor capacidad hidráulica (ver apartado 3).

Lo que en cualquier caso sólo varía con el tiempo es el valor de *Ec*, por lo que la caída de la rigidez de los diferentes tubos será función sólo de la variación que sufre el módulo de elasticidad, es decir del material con el que se fabrica el tubo.

Como consecuencia de ello, existen diferencias muy acusadas de rigidez a medio y largo plazo para los materiales habituales: PVC, PE y PP, tal y como se muestra en el gráfico siguiente.



Si tenemos en cuenta, el valor de la rigidez exigida por el Pliego de Prescripciones Técnicas para Tuberías de Saneamiento del MOPU (1986), cuyo valor es de 3,9 kN/m², vemos que, en el caso de tubos fabricados en PE o PP, dicho valor no se cumple al poco de haber sido instalados.



	Inicial	2,7 meses	50 años
PVC	8,00	5,33	4,00
PE	8,00	2,42	1,50
PP	8,00	2,11	1,20

De hecho tan sólo a las 2.000 horas (2,7 meses) de ser instaladas, la rigidez real de las tuberías en los 3 materiales comparados ha disminuído en los siguientes porcentajes:

PVC	- 33,4 %
PE	- 69,7 %
PP	- 73,6 %

Mientras que las tuberías de PVC mantienen una rigidez suficiente incluso a 50 años (4 kN/m²), las de PE y PP, poseen ya a las 2000 horas una rigidez de un 55% y un 60% menos que las de PVC respectivamente, lo cual resulta insuficiente para soportar las cargas habituales, y con un gran riesgo de que los tubos colapsen y se destruya la instalación.

3.- CAPACIDAD HIDRÁULICA

La capacidad hidráulica de los tubos de PVC corrugados de doble pared fabricados por URALITA es la más alta si la comparamos con la de los otros materiales plásticos corrugados. Ello es debido al mayor diámetro interior de estos tubos comparados con los de los fabricantes de tubos de PE y PP. Los valores de estos diámetros, obtenidos de los catálogos de dichos fabricantes, se expresan en la tabla siguiente:

DÍAMETROS INTERIORES (mm) DE LAS DIFERENTES TUBERÍAS CORRUGADAS SN8

DN	PVC	PP				PE			PE / PP
	Uralita	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
160	145,0	139,6	139,6	140,3	139,0	135,0	138,0	137,0	134,0
200	181,0	174,0	174,4	175,3	176,0	170,0	176,0	172,0	167,0
250	226,0	218,8	218,4	217,4	218,0	210,0	216,0	218,0	209,0
315	285,0	273,0	274,8	274,4	276,0	267,0	271,0	272,0	263,0
400	362,0	348,2	348,6	347,6	348,0	340,0	343,0	347,0	335,0
500	485,0	433,4	437,2	436,6	435,0	425,0	427,0	433,0	418,0
600	590,0	545,2	549,4	NO	550,0	535,0	535,0	535,0	527,0
800	775,0	692,8	692,6	NO	NO	675,0	678,0	678,0	669,0
1000	970,0	867,8	NO	NO	NO	845,0	NO	852,0	837,0

En particular para los diámetros habituales en colectores, DN315 en adelante, calculamos a continuación los valores del caudal y de la velocidad a sección llena, para las distintas tuberías presentes en España.

En efecto, si utilizamos la fórmula de Prandtl-Colebrook, que se considera la más fiable para el cálculo de caudales, podemos adoptar los siguientes valores:

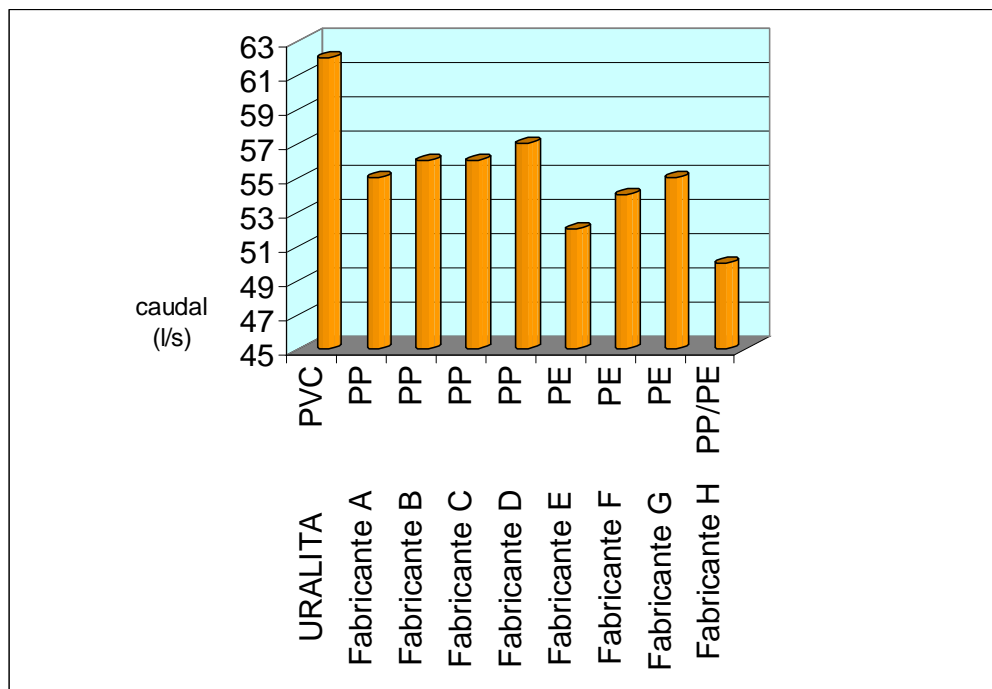
Pendiente media: 3‰
 Coeficiente de rugosidad: 0,10 mm (para aguas residuales)
 Viscosidad cinemática: 1,31 m/s² (para aguas residuales)

Con objeto de ser conservadores en el comparativo, hemos supuesto una pendiente baja del 3‰. Como es lógico las diferencias se acentúan para pendientes mayores.

Con los datos anteriores y con los diámetros interiores de los diferentes tubos llevados a la fórmula mencionada, obtenemos el siguiente comparativo para cada diámetro nominal.

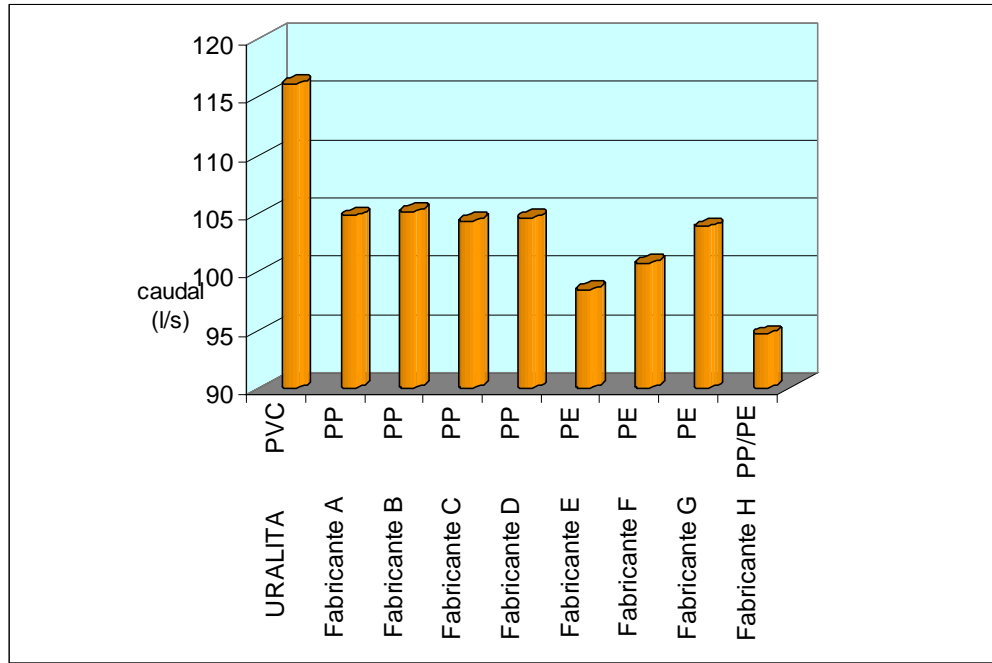
DN 315:

Tubería	URALITA	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
Material	PVC	PP	PP	PP	PP	PE	PE	PE	PE / PP
Caudal (l/s)	62	55	56	56	57	52	54	55	50
Velocidad (m/s)	0,97	0,94	0,95	0,94	0,95	0,93	0,94	0,94	0,92



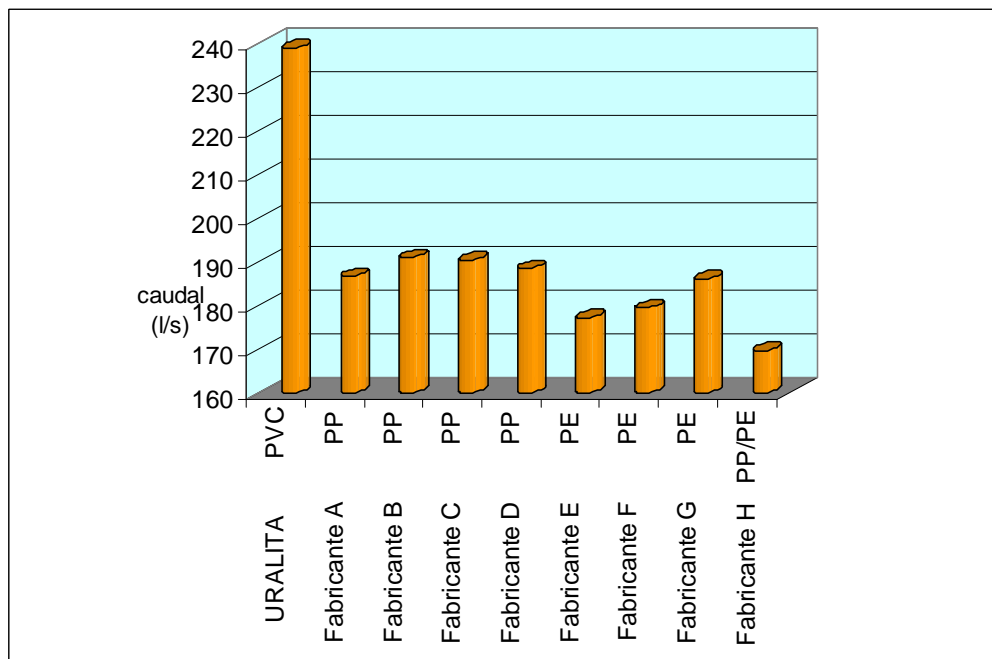
DN 400:

Tubería	URALITA	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
Material	PVC	PP	PP	PP	PP	PE	PE	PE	PE / PP
Caudal (l/s)	116	105	105	104	105	98	101	104	95
Velocidad (m/s)	1,13	1,10	1,10	1,10	1,10	1,08	1,09	1,10	1,07



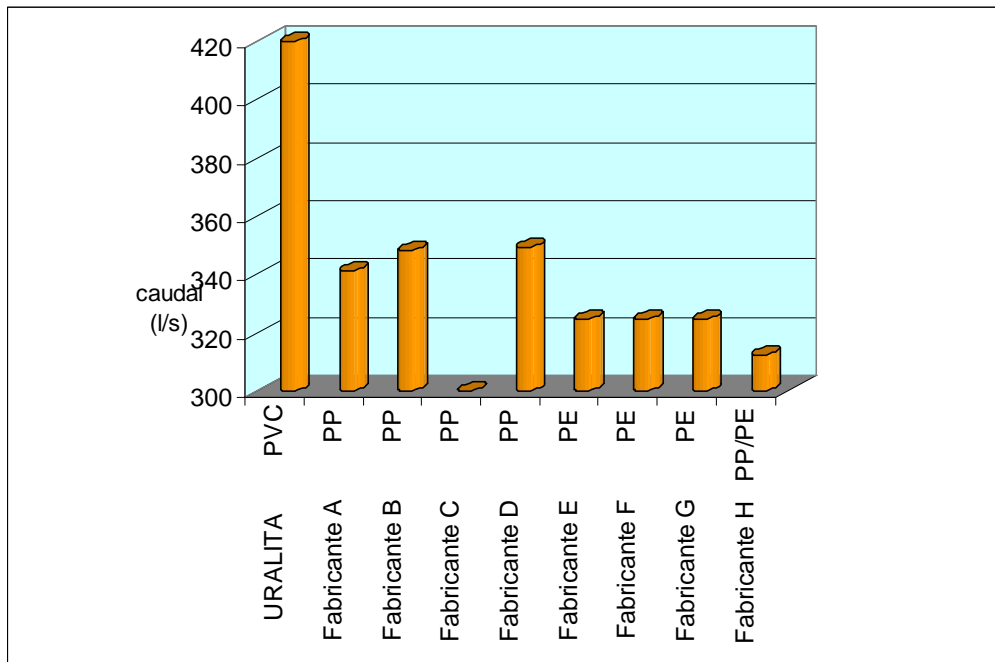
DN 500:

Tubería	URALITA	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
Material	PVC	PP	PP	PP	PP	PE	PE	PE	PE / PP
Caudal (l/s)	239	187	191	190	188	177	179	186	170
Velocidad (m/s)	1,34	1,26	1,27	1,27	1,27	1,25	1,25	1,26	1,24



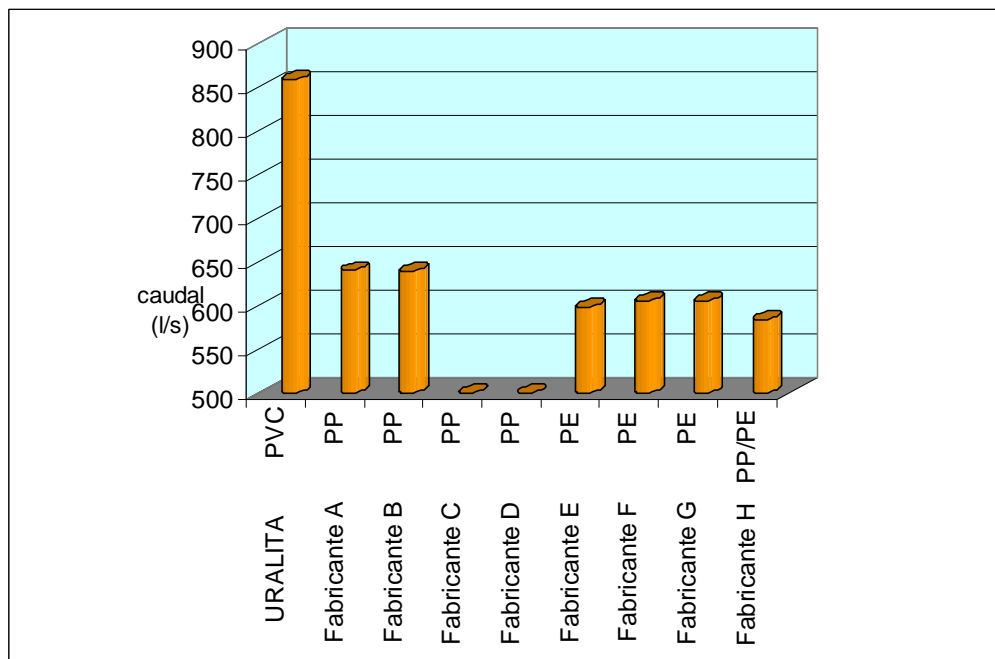
DN 600:

Tubería	URALITA	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
Material	PVC	PP	PP	PP	PP	PE	PE	PE	PE / PP
Caudal (l/s)	420	341	348	NO	349	325	325	325	312
Velocidad (m/s)	1,54	1,46	1,47	NO	1,47	1,44	1,44	1,44	1,43



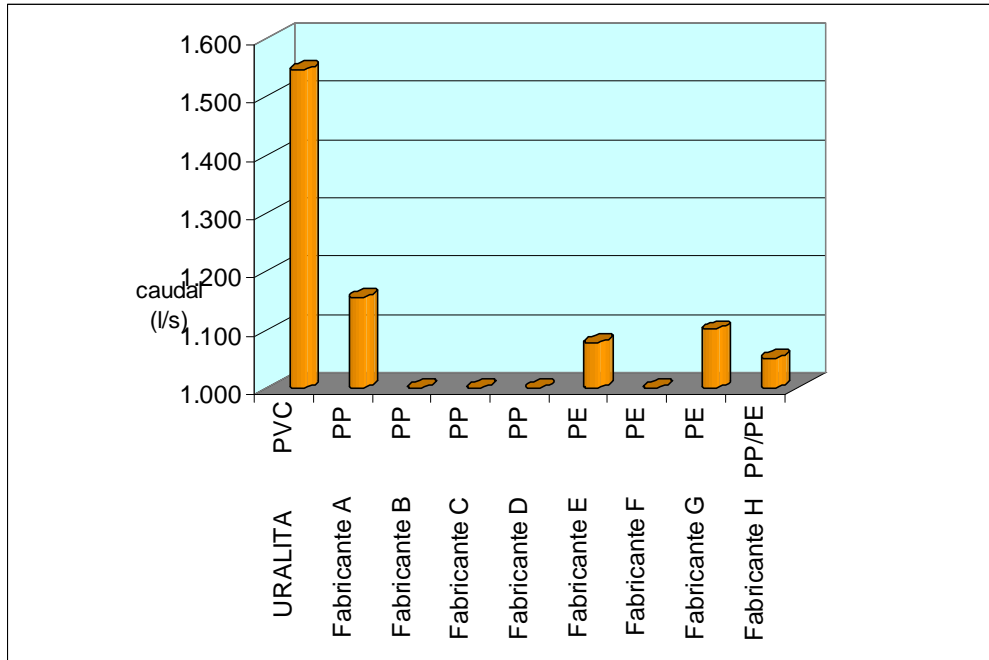
DN 800:

Tubería	URALITA	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
Material	PVC	PP	PP	PP	PP	PE	PE	PE	PE / PP
Caudal (l/s)	859	640	640	NO	NO	598	605	605	584
Velocidad (m/s)	1,82	1,70	1,70	NO	NO	1,67	1,68	1,68	1,66



DN 1000:

Tubería	URALITA	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D	Fabricante E	Fabricante F	Fabricante G	Fabricante H
Material	PVC	PP	PP	PP	PP	PE	PE	PE	PE / PP
Caudal (l/s)	1.546	1.155	NO	NO	NO	1.077	NO	1.101	1.051
Velocidad (m/s)	2,09	1,95	NO	NO	NO	1,92	NO	1,93	1,91



4.- CONCLUSIONES

Con el presente informe hemos tratado de demostrar que **la elección de tuberías corrugadas de PVC, frente a las de otros materiales (PE y PP), resulta altamente ventajosa, tanto para las propiedades mecánicas como hidráulicas de la conducción, y que los valores nominales de la rigidez y el diámetro no son suficientes para definir el tipo de tubería, debiéndose especificar unos valores mínimos de rigidez a largo plazo, y de diámetro interior real.**