

NUEVAS TUBERÍAS EN EL MERCADO



Autor:

Pedro Gea

rao Estudios y proyectos S.L.

Índice de contenidos:

1. El mercado
 - a. Productos
 - b. Características
 - c. Normas

2. Tuberías plásticas y no plásticas.
 - a. Su diseño, resistencia mecánica.
 - b. Su diseño hidráulico.

3. Poliéster: sistema de fabricación
 - a. Obtención de la resistencia.
 - b. Proceso de fabricación.
 - c. Estanqueidad.
 - d. Normas
 - Fabricación.
 - Cálculo.
 - e. Comportamiento mecánico.
 - f. Deformaciones: inicial, compactación, relleno vertical.

NUEVAS TUBERIAS EN EL MERCADO

El mercado va evolucionando hacia nuevas tecnologías, materiales más perfectos que se atienen a normas.

Cada producto tiene unas características que lo hacen idóneo para unas aplicaciones.

Los estudios de un material se realizan siempre pensando en sus características físicas e hidráulicas analizando su comportamiento mecánico y su durabilidad en el tiempo y en función de todos estos requisitos, se establece la norma que lo regulariza.

El que cumpla una norma puede significar que no esta preparado para otra cosa, por ejemplo errores en los cálculos o imprevistos en obra, lo que equivale a deber de calcular las instalaciones a todos los efectos a que se pueda ver sometida.

Últimamente han nacido tuberías derivadas de productos del petróleo como orientadas, como productos fabricados con PVC. y el Poliester como tuberías resistentes a los ataques y contaminaciones que realiza el hombre, así como las necesidades impuestas por la rentabilidad en la aplicación de fertilización con elementos agresivos a otro tipo de materiales.

Las tuberías no plásticas son el gres, hormigón, fibrocemento y metálicas.

Las plásticas son el PVC. (**P**oli**C**loruro de **V**inilo) el PE. (**P**oli**E**tileno) y el PRV (**P**oliester **R**eforzado con fibra de **V**idrio) de las mayúsculas que resalto les viene el nombre con el que las conocemos.

Las tuberías plásticas por construcción funcionan muy bien trabajando a presión interna, sobre todo presiones estables, pero tienen dificultades para el trabajo a depresión y aplastamiento, por lo que para conseguir un buen comportamiento

mecánico en este sentido es necesario que tengan un buen espesor, cuestión que va en contra de los kilos por metro lineal o lo que es lo mismo, de su manejabilidad y precio.

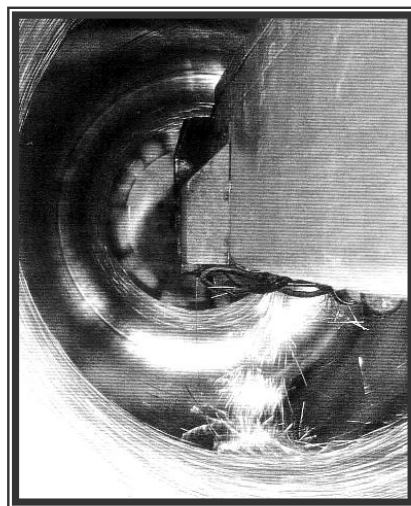
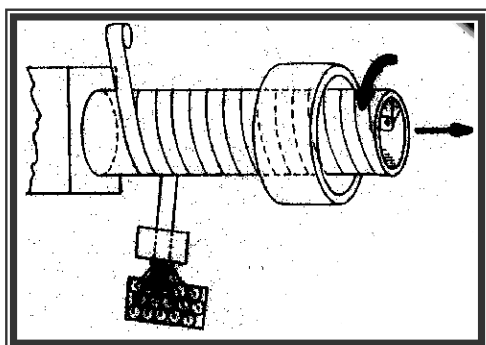
Según el fabricado y su aplicación, se logran mantener su ligereza o precio en base a incorporar o bien materiales de menos precio (en el caso del poliéster el sílice o arena y en el caso del PVC la orientación molecular o en las de drenaje las tuberías aligeradas).

1. POLIESTER.

Existen en el mercado fundamentalmente dos sistemas de fabricación, son:

Filament Winding (Sistema por arrollamiento sobre un mandril)

Hobas (Fabricación por centrifugación dentro de un tubo hueco)

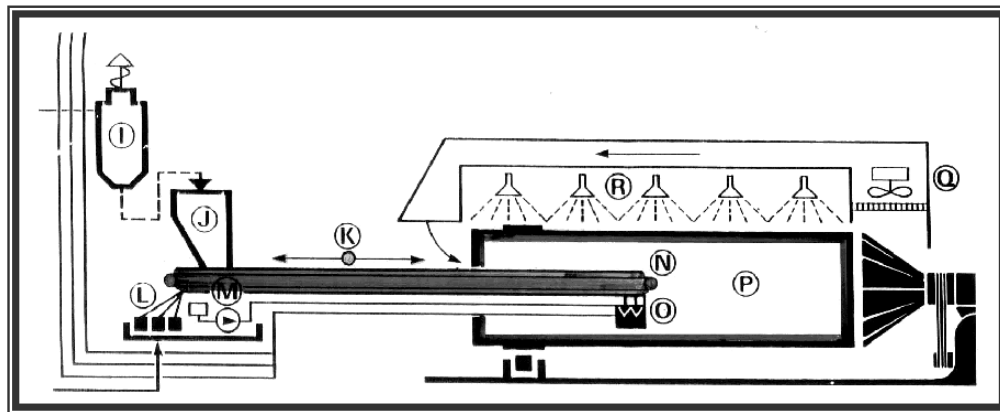


El **primero** tiene algunas variantes sobre el mismo sistema. Arrollamiento circunferencial, helicoidal con hilo o con bandas. Es común en todos estos sistemas el que una pieza maciza gire sobre un eje arrollando un hilo o una especie de venda, que impregnada con resina se va uniando y conformando el tubo.

Una variante sobre este sistema es la incorporación de arena para dar una mayor resistencia a la tubería dejada “caer” sobre el elemento rodante, después de las primeras capas.

Este tipo de tubos se pueden establecer en las longitudes que se deseen, el problema en obra es que cuanto más largo es el tubo más dificultoso es su asentamiento sobre la rasante de la zanja (ya de por sí difícil de conseguir en obra).

El **segundo**; sólo existe un sistema y es ir dejando caer en el interior de un tubo los materiales que lo van a conformar al mismo tiempo que va dando vueltas de tal forma que estos componente se van compactado adquiriendo una mayor consistencia, evitando la posibilidad de oquedades peligrosas por el riesgo de los gases que se pueden producir o quedar ocluidos, producto de las reacciones químicas de los componentes del material.



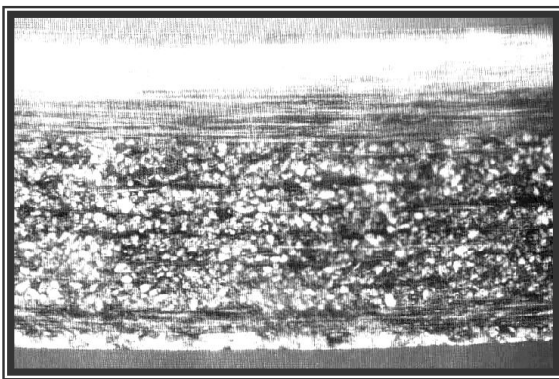
Hoy vamos a hablar sobre el segundo que es menos conocido que el primero y por mis antecedentes conozco lo más; aunque ya puedo anticipar que, en el primero, se emplean materiales de mayor calidad ya que sufren más en el comportamiento mecánico y depende de que lleve arena incorporada o no, el montaje y compactado de la zanja debe ser mas riguroso.

Los componentes de este sistema de centrifugado son la resina de poliester, la fibra de vidrio y las cargas inertes. Vienen a actuar, para que nos hagamos una composición de lugar, como los componentes de una tubería de hormigón armado con camisa de chapa, en donde

CAPAS		CONTENIDO EN FIBRA DE VIDRIO
Protectora Exterior	I	10 %
Reforzada Exterior	II	55 %
De transición	III	20 %
		10 %
		3-6 %
De carga	IV	0-2 %
		0-2 %
		3-6 %
		10 %
		20 %
De transición	V	10 %
		20 %
Reforzada Interior	VI	50 %
		40 %
Barra Protectora Interior	VII	30 %
		0-10 %

los áridos son la materia inerte, la chapa de hierro es la que soporta los distintos esfuerzos del tubo y el cemento o aglutinante es la resina.

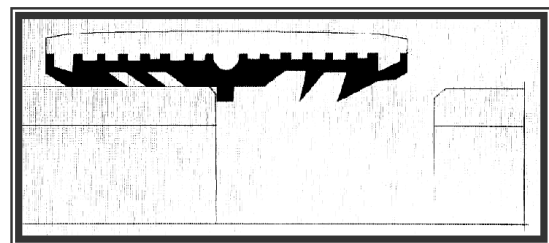
El proceso de fabricación se lleva a cabo como decimos mediante un tubo hueco en el que se van depositando por capas los distintos componentes, resina fibra y arena según el diseño previo efectuado por ordenador, fabricándose según los requerimientos de la obra.



Las fibras se aportan al sistema partiendo de unas bobinas que una vez en la cabeza del brazo de distribución son troceadas en dos dimensiones de 2 y 5 centímetros, según los esfuerzos que deben realizar, y distribuidas desordenadamente según conviene a los esfuerzos a realizar por el tubo en obra por una boquilla soplante las de 2 cm y por la acción de la gravedad las de 5 cm. Las proporciones varían, pero fundamentalmente se puede decir que la fibra se acumula en los diámetros exterior e interior y la materia inerte en el centro del espesor del tubo dándole al mismo un comportamiento similar al de una viga de hierro, en donde en función de la separación de la alas tiene mayor o menor resistencia.

Ocurren diversas reacciones exotérmicas que favorecemos con aportes de agua caliente o enfriamientos según convenga. Recordar esquema de estructura del tubo.

Los tubos se suministran desde fábrica con un manguito montado en un extremo que facilita sus movimientos y deformaciones hasta la misma zanja.



La tubería se une con un manguito similar a la junta RK de fibrocemento, solo que aquí la goma es continua, el manguito se fabrica por arrollamiento sobre esta goma (sistema de filament Winding)

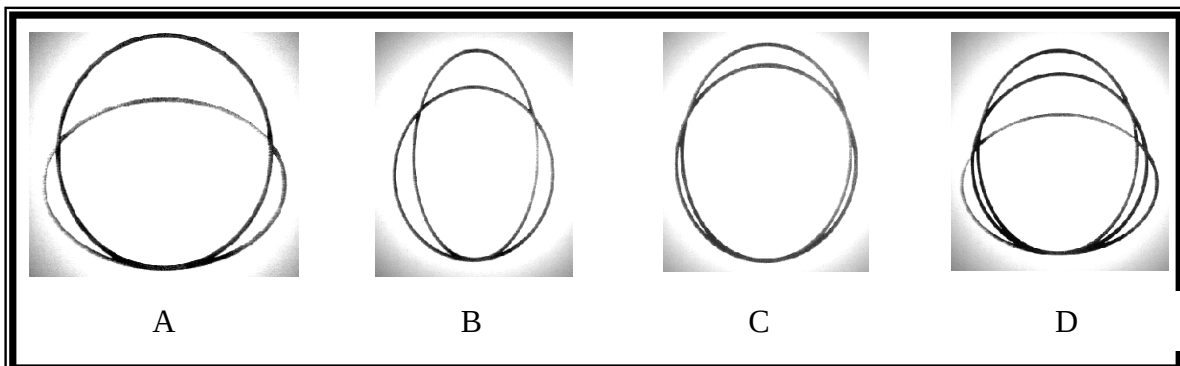
Tiene una normativa de fabricación y presentación que debe de cumplir y, basándose en ella, se puede adaptar a las necesidades de cada obra.

Fabricación	{ DIN - 16.869 y 19.565 AWWA - C-950 UNE – 53.323	Cálculo { ATV-A-127 AWWA-C-950
Nuevos Proyectos		{ ISO/TC-138 CEN/TC-155

Los tubos se clasifican según su diámetro, su presión, su rigidez y su calidad se define en función de su capacidad de resistir agresiones que concretamos en el PH , temperaturas, y acción de los rayos del sol.

Los factores que intervienen en estas tuberías son la deflexión y la rigidez.

Entendemos como deflexión la deformación que sufren al cargar un peso sobre su generatriz superior. Naturalmente cuanto más rígido es un tubo menos se deforma.



A.- Deformación inicial

B.- La compactación de los laterales produce una reducción del diámetro horizontal

C.- El relleno sobre la tubería produce una reducción del diámetro vertical asentando las paredes del tubo en las zonas menos compactas.

D.-El aumento de cargas verticales o efectos similares reduciendo el diámetro vertical. Los tubos con presión, cuando ésta actúa, alargan el diámetro y se incrementa la sección del tubo.

$$\frac{\Delta y}{Dm} = \frac{K_1 \times q_v}{K_2 E' + SN} \quad SN = \frac{EI}{Dm^3} = \frac{E}{12} \times \left(\frac{e}{Dm} \right)^3$$

En estos tubos la rigidez depende del espesor del mismo, elevado a la tercera potencia, Por eso es tan importante en las tuberías su espesor.

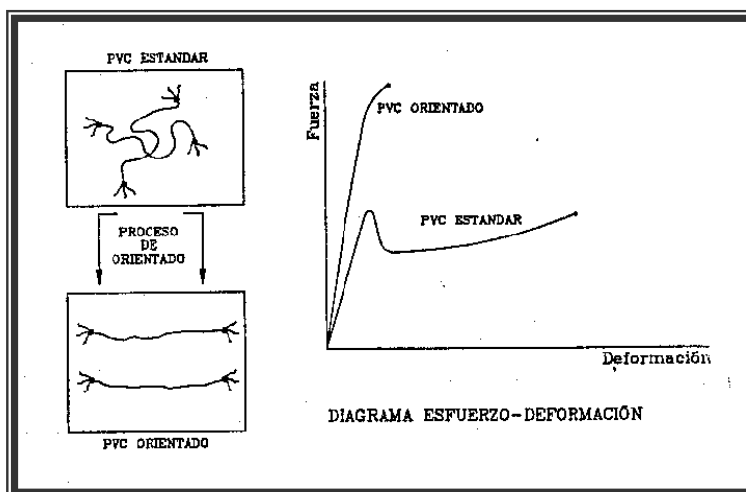
Los cálculos los efectuaremos con el programa facilitado, en este caso por Uralita, en cuyo disquete lleva incorporada una guía de uso, pliego de prescripciones técnicas y tabla de cálculo de caudales.

No entramos en mayores profundidades sobre la tubería de Poliéster ya que con independencia de las transparencias mostradas, aportamos disquete sobre tubería de poliéster en donde se pueden ver con detalle en la carpeta de pliego datos técnicos sobre el mismo, si decir que la deformación de estos tubos esta en función de rigidez N y que la rigidez está en función del espesor al cubo.

2. TUBERÍAS ORIENTADAS.

La nueva tubería orientada de Uralita y de otras firmas es consecuencia de la aplicación de la teoría de orientación molecular de los polímeros aplicable a los tubos fabricados para fuertes presiones, que permite con menores cantidades de producto (granza) obtener mejores resistencias en todos los sentidos.

La aplicación de una de una deformación mecánica sobre determinados polímeros provoca un cambio de su estructura macromolecular conocido como orientación molecular. Según se observa en la figuras 1, el proceso de orientación provoca un



reorganizamiento en el sentido de la deformación de las cadenas moleculares del polímero, lográndose con ello un aumento de sus propiedades mecánicas en dicha dirección.

En el PVC convencional la cohesión entre las moléculas se debe a fuerzas intermoleculares de Van der Waals. Después de la reordenación provocada por la orientación molecular, las fuerzas de cohesión participan, además de las intermoleculares de Van der Waals de la fuerzas de atracción interatómicas de las macromoléculas del polímero, las cuales son de orden muy superior a las anteriores.

La tubería resultante presenta una apariencia mecánica similar a las tuberías reforzadas con fibras, estando constituidas en este caso las fibras por macromoléculas del polímero.

Este refuerzo se produce en el sentido circunferencial de los esfuerzos fundamentales de presión, por lo que aumenta la presión en relación a las tuberías convencionales de PVC.

2.1. Proceso de fabricación.

Se combinan los dos procesos el de una tubería normal por extrusión y el de orientación molecular por agua caliente a presión o aire por el interior con presión por lo que se puede decir que cada tubo sale probado a presión interna.

Si pudiésemos ver la punta de un tubo después del proceso de orientación y antes de cortar las puntas dejando la longitud útil, veríamos que las puntas finales, donde se coge la mordaza, son de un diámetro muy inferior al que esta desarrollado por el proceso de orientación, sería algo así como un embudo, con los extremos rectos.

Con el embudo en nuestras manos podemos perfectamente imaginarnos el proceso de fabricación. Primero, como decimos en el primer párrafo, se fabrica por extrusión el diámetro pequeño, como cualquier tubo de PVC y posteriormente se coge con unas mordazas, se introduce en el interior de otro tubo y aquí se le inyecta aire caliente a presión o agua caliente también a presión que deforma y en consecuencia orienta el tubo.

2.2. Ventajas frente a las tuberías de PVC

(DOCUMENTACIÓN FACILITADA POR EL FABRICANTE).

a- Mayor resistencia al impacto.

b- Mayor vida útil

c- Mayor resistencia a la fatiga

d- Menor coste de instalación

e- Mayor capacidad hidráulica fácil sistema de unión.

2.2.a. Mayor resistencia al impacto.

Al someter un tubo de PVC a un proceso de orientación molecular como el descrito anteriormente, sus propiedades mecánicas mejoran tanto más cuanto mayor sea el grado de orientación, para ciertos valores de la presión y la temperatura del proceso. Con un adecuado grado de orientación, la resistencia al impacto puede mejorarse de forma muy significativa.

En los ensayos de resistencia al impacto definidos en la norma UNE 53.112, los tubos superan de una forma espectacular los resultados obtenidos por el PVC. Las numerosas probetas ensayadas han dado valores de resistencia al impacto que superan en más de cuatro veces los exigidos por la norma.

Esta característica adquiere una especial importancia en la ejecución de las obras, donde es frecuente que los tubos sufran golpes, caídas, impactos de piedras, etc..., durante la descarga, trasiego e instalación en zanja.

2.2.b. Mayor vida útil.

La orientación molecular del PVC modifica la curva de regresión de este último. En efecto, como ya se ha indicado, cuanto mayor es el grado de orientación, mejores son las propiedades mecánicas del material, y en concreto, su resistencia a la tracción. Como consecuencia la tensión (s) de rotura es mayor, y la curva de regresión más alta.

La curva de regresión del material orientado está situada muy por encima de la del PVC, lo que permite diseñar el tubo con un espesor mucho menor. Además dicha curva tiene menor pendiente en el caso del PVC, lo cual supone mayor coeficiente de

seguridad a largo plazo. La tubería está diseñada para superar los ensayos a corto plazo de presión interna, definidos para el PVC en la norma UNE 53.112. Esto indica, por tanto que la tubería tendrá un mejor comportamiento a largo plazo, y su vida útil será mayor.

2.2.c. Mayor resistencia a la fatiga.

Tal y como se deduce de la curva esfuerzo- deformación del material, el comportamiento del tubo es fundamentalmente elástico, y el material tiene menor fluencia con el tiempo. Dicha característica, unida a su mayor resistencia a la tracción, repercute en una mayor resistencia a la fatiga, lo que resulta importante de cara a resistir los esfuerzos cíclicos característicos de las conducciones a presión.

2.2.d. Menor coste de instalación.

Al tener una curva de regresión más alta, la tensión de diseño de la tubería permite fabricar tubos de espesor mecho menor, para una misma presión de trabajo, lo que facilita, en gran medida su manejo y abarata el coste final de la tubería instalada. No obstante dicho espesor queda limitado a valores mínimos que aseguren siempre una rigidez superior a 6 kNw/m².

2.2.e. Mayor capacidad hidráulica.

El diámetro interno de los tubos representa, a igualdad de diámetro nominal, mayor capacidad hidráulica en relación con los tubos de PVC.. Esta diferencia aumenta lógicamente con el timbraje y oscila entre el 15 % más del caudal para el PN-10, y el 45% más para el PN-25, a igualdad de velocidad.

Esta característica permite diseñar conducciones, en las que, al menos en parte, los diámetros nominales sean inferiores, con lo que ello supone de ahorro para la instalación.

2.2.f. Mejor sistema de unión.

Los tubos se suministran equipados con una junta especialmente diseñada para soportar las condiciones más exigentes, asegurando una total garantía de estanqueidad. Entre los diversos ensayos realizados destacan, por su importancia los siguientes resultados:

- Estanqueidad con presión interior: 3 veces la presión nominal.
- Estanqueidad con desviación angular: hasta 10°
- Estanqueidad con deflexión diametral: entre el 50 y el 60 %.

2.2.g. Fiabilidad total.

Por el singular proceso de fabricación anteriormente descrito, los tubos son probados a una presión interna elevada, uno a uno, durante la etapa en la que el tubo se hincha, lo que representa un perfecto control de calidad ante posibles defectos que puedan producirse en la extrusión del tubo final. Puede afirmarse que la tubería tiene un 100% de garantía de calidad.

2.3. Características de los tubos.

2.3.1. Características del material

Propiedades	URATOP	PVC Estándar	Norma de ensayo
Densidad	1.35 – 1.46		UNE 53.020
Propiedades mecánicas Resistencia a la tracción (axial) Resistencia a tracción (circunferencial) Alargamiento a la rotura (axial) Alargamiento a la rotura (circunferencial) Módulo elasticidad a corto plazo Módulo elasticidad a largo plazo Tensión de diseño a largo plazo			
	> 49 Mpa		UNE 53.112 EN 744: 95
	➤ 80mPA	➤ 49 Mpa	
	> 80 %		
	15-30 %	➤ 80%	
	4.100 Mpa	3.000 Mpa	EN ISO 9969
	3.200 Mpa	1.600 Mpa	EN ISO 9967
	22.5 Mpa	10 Mpa	UNE 53.112
Propiedades térmicas Grado Vicat Coeficiente de dilatación lineal Conductividad térmica			
	> 79 ° C		UNE 53. 118
	8 – 10 – 5° C		UNE 53.126
	0.13 kcal m / m2 h °C		UNE 53.037

2.3.2. Características de la tubería

2.3.2.1. Resistencia a presión interna

El espesor mínimo de los tubos se calcula según la fórmula

$$e = \frac{P_n \cdot D}{2\sigma + P_n}$$

Siendo:

e = espesor

P_n = Presión nominal (Mpa)

D = Diámetro exterior (mm)

□□ = Esfuerzo tagencial del trabajo (22.5 Mpa)

Dichos cálculos se realizan de forma que la tubería sea capaz de soportar durante más de 50 años un trabajo continuado a la presión nominal, trasportando fluidos a 20 °C. Para otras temperaturas del fluido habrá que aplicar los siguientes factores:

Tª del fluido	Hasta 25 ° C	25 a 35 °C	35 a 45 °C
Factor URATOP	1	0.87	0.8
Factor PVC	1	0.8	0.63

Nota: Estos valores de los factores de corrección no han sido verificados por sus curvas de regresión por lo tanto se recomienda, por el momento, emplear los mismos factores que para el PVC.

Ensayos a 20° C según norma UNE 53.112:

	PN	1 hora 20° C		100 horas 20°C		1000 horas 20° C		50 años 20° C	
	Atm	Pe	Cs	Pe	Cs	Pe	Cs	Pe	Cs
Tubería PVC	10	42	4.2	35	3.5	31.5	3.1	24	2.4
Tubería URATOP	10	42	4.2	39	3.9	37.5	3.7	33(*)	3.3

(*) Dato extrapolado según ensayos a menor tiempo.

Pe: presión de ensayo (Atm)

Cs: coeficiente de seguridad

2.3.2.2. Resistencia a impacto.

Ensayos a 20° C según norma UNE 53.112:

	Altura de caída	Masa de percusión			
		DN 110	DN 140	DN160	DN 200
	m.	Kg	Kg	Kg	Kg
Tubería PVC	2	2.75	3.25	3.75	4.00
Tubería URATOP (*)	2	11.00	13.00	15.00	16.00

Ensayos a 0° C según norma UNE 53.112:

		Masa de percusión			
Altura de caída		DN 110	DN 140	DN160	DN 200
m.		Kg	Kg	Kg	Kg
Tubería PVC	2	0.50	1.00	1.00	1.00
Tubería URATOP (*)	2	2.00	4.00	4.00	4.00

(*) Estos ensayos han sido superados con mayor amplitud que los de la tubería estándar. La tubería Orientada soporta ensayos con mayor peso y altura de caída.

2.3.2.3. Rigidez anular de la tubería (Ensayos según norma EN 9969)

La rigidez circunferencial específica (R.C.E.) para la gama de tubería orientada es la siguiente:

- URATOP 10 Atm.: 6 kN / m² (*)
- URATOP 16 Atm.: 16 kN / m²
- URATOP 25 Atm.: 60 kN / m²

(*) La medida de los ensayos realizados es superior a los 7 kN / m².

2.3.2.4. Capacidad hidráulica.

Caudal de agua que produce un pérdida de carga de 4 m.c.a. por Km de instalación (l/s)						
DN	PN 10 Atm			PN 25 Atm		
Mm	PE MRS-100	PVC	URATOP	PE MRS -100	PVC	URATOP
110	4.36	4.69	5.46	2.63	3.12	4.56
140	8.37	8.96	10.44	5.02	5.97	8.70
160	11.96	12.72	14.88	7.19	8.55	12.46
200	21.68	23.23	27.04	13.07	15.40	22.62
250	39.36	42.18	48.93	23.78	28.18	40.90
315	72.67	77.92	90.39	41.98	52.15	75.62

NOTA: La capacidad hidráulica aumenta considerablemente en la Tubería Orientada de Presión respecto de la tubería de presión estándar, esta diferencia es mayor en timbrajes altos (observar que en la tubería de 25 Atm, sustituyendo la tubería convencional por URATOP, se puede utilizar en la mayoría de los casos la serie diametral inferior).

2.3.2.5. Golpe de ariete.

La velocidad de propagación de la onda o “celeridad” define la magnitud del golpe de ariete, por lo tanto cuanto menor sea la celeridad (a) menor será la sobrepresión que puede originarse en la tubería.

$$celeridad (a) = \sqrt{\frac{g}{\left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_t} \cdot \frac{Dn}{e} \right] \cdot \gamma}}$$

Para el caso del agua a 20° C la celeridad sería la siguiente

	Tubería de 10 atm	Tubería de 16 atm	Tubería de 25 atm.
PVC	365 m/seg	445 m/seg	535 m/seg
URATOP	285 m/seg	355m/seg	430 m/seg

Además de lo anterior se ha observado que la estructura laminar del material, una vez orientado, rebaja aún más los valores de celeridad anteriores.

2.3.2.6. Menor coste de instalación.

	PN 10 ATM.		PN 16 ATM.		PN 25 ATM.	
PESO (Kg/tubo 6m)	PVC	URATOP	PVC	URATOP	PVC	URATOP
< 20 Kg	O 110	O 110-160	-	O 110-140	-	O 110
20 – 40 Kg	O 140-160	O 200-250	O 110-140	O 160-200	O 110	O 140-160
40 – 100 Kg	O 200-250	O 315	O 160-200	O 250-315	O 140-160	O 200-250
> 100 Kg	O 315	-	O 250-315	-	O 200-315	O 315

< 20 kg. Peso max. De trabajo continuo para una persona

< 40 Kg: peso max. De trabajo continuo para 2 personas

< 100 Kg: peso max. De trabajo con elementos mecánicos simples.

NOTA: Como comparativa el peso de la tubería de fundición K- 9 de 6 metros DN 100 para presiones entre 10 y 25 atm. es de 108 Kg

2.3.2.7. Resistencia a la intemperie.

Para determinar la influencia de la exposición a la intemperie sobre las propiedades mecánicas del material se someten probetas a ensayos de envejecimiento acelerado en una cámara donde permanecen 169 horas en un ambiente a 60 °C y con proyección directa de lámparas de luz U.V. Los ensayos se realizan tanto con probetas de URATOP como de PVC comparándose los resultados con probetas no envejecidas.

La variación de las propiedades en los ensayos realizados fueron las siguientes:

	□□rotura	□□relativo	□
Probetas de PVC	- 12%	- 69%	+ 61 %
Probetas de URATOP	- 3 %	- 5 %	- 4 %

Como se puede observar el PVC estándar después del proceso de envejecimiento sufre una merma en su rotura, pero especialmente sufre una cristalización en su estructura que le hace tremendamente frágil (aumenta el módulo de elasticidad y disminuye considerablemente al estiramiento relativo). Sin embargo las variaciones en las propiedades del URATOP son muy poco significativas, no pudiéndose determinar si se deben realmente a una posible degradación del material o a desviaciones propias del ensayo.

2.3.2.8. Ensayos de estanqueidad de la junta.

SE han realizado los siguientes ensayos en el instituto E. Torroja. Los ensayos se han realizado en un principio según norma, aumentándose los requerimientos del ensayo hasta los valores máximos posibles.

Ensayo	Norma	Requerimientos del ensayo	Valor máximo alcanzado
Ensayos de presión interna			
p.i. sin deformación	UNE 53.112	20 bar / 1 hora	Hasta 34 bares
p.i. def. diametral	UNE 53.112	15 bar/ 1 hora/def.10%	h. 29 bares/def. 34%
p.i. desviac. Angular	UNE-En 1277	15 bar/1 hora / desv. 2 ^a	Desviación de 10°
Ensayos de presión exterior o depresión			
p.e. sin deformación	EN 911	-0.8 bar / 1 hora	-0.95 bar (vacío abs.)
p.e. def. diametral	UNE 53.112	-0.2 bar/1 hora/def.10%	-0.9 bar/def. 60%
P.e desviac angular	UNE-EN1277	-0.3 bar/1 hora /desv 2°	Desviación de 10 °

2.4. Especificaciones de la tubería orientada.

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: Tubería de Moléculas Orientadas
2. PROCESO DE FABRICACIÓN: Mediante Termoconformación de un tubo inicial de PVC sometido a presión interior no inferior a 25 Atm. (2.5 Mpa), lo que asegura un estricto control de calidad tubo a tubo.
3. RESISTENCIA A TRACCIÓN CIRCUNFERENCIAL: ≥ 80 Mpa.
4. TENSIÓN DE DISEÑO DE LOS TUBOS (σ): 22.5 Mpa a 20 °C. (Equivale al Esfuerzo Tagencial de Trabajo, τ , definido en la norma UNE 53.112)
5. CURVA DE REGRESIÓN DEL MATERIAL: Se encuentra situada muy por encima y con menor pendiente de la correspondiente a la de PVC definida en la norma UNE 53.112, lo que asegura un coeficiente de seguridad a 50 años superior al de 2.5, exigido por dicha norma.
6. RESISTENCIA AL IMPACTO: ≥ 4 veces la exigida por el ensayo definido en la norma UNE 53.112 (las probetas deben soportar al menos 4 veces las cargas definidas en dicho ensayo).

2.5. Ventajas frente al PVC.

MAYOR RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

COMPORTAMIENTO ELÁSTICO

MÁS RESISTENTE A PRESIÓN INTERNA

MÁS RESISTENTE AL IMPACTO

MAYOR MÓDULO DE ELASTICIDAD

EXCELENTE RECUPERACIÓN FRENTE A DEFORMACIONES

MAYOR RESISTENCIA A LA FATIGA

MAYOR VIDA ÚTIL

ADMITE MAYORES CAUDALES

MAYOR LISURA INTERIOR

MENOR GOLPE DE ARIETE

MÁS MANEJABLE

EXCELENTE ESTANQUEIDAD DE LA UNIÓN

RESISTE MEJOR LOS CAMBIOS TÉRMICOS

MEJOR COMPORTAMIENTO ANTE LA LUZ SOLAR

PERFECTO CONTROL DE CALIDAD.

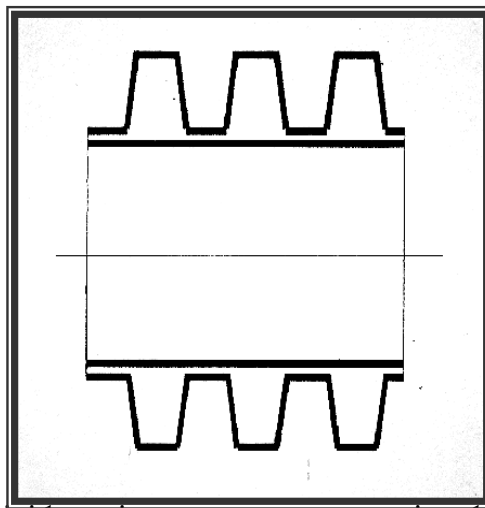
3. TUBERÍA CORRUGADA

Al hablar de las tuberías plásticas comentaba que trabajan muy bien a presión interna, pero menos bien a efectos de aplastamiento y depresiones, en las tuberías corrugadas lo que se persigue es que trabajen bien al aplastamiento particularmente en las que se emplean para drenaje ya que la tierra por estar saturada de agua pesa mas, por estas razones nacen las tuberías aligeradas preparadas para soportar bien los aplastamiento.

3.1. Propiedades.

La resistencia se consigue mediante el aumento teórico de la pared. Decimos teórico porque en realidad no es que se aumente la cantidad de material que le daría mayor rigidez a la deformación sino que mediante una disposición ingeniosa (recordar el efecto de una viga de hierro en función de la separación de sus alas ya comentado) se consigue este efecto.

Para que tengamos un orden de ideas y aclarando el concepto de rigidez circunferencial que suena a raro diré que la rigidez se expresa en las mismas unidades que la presión, así 1 Kg /cm² equivale a 100 KN/m², que es la resistencia mínima que tiene que vencer una carga o un esfuerzo para deformar un tubo. La rigidez es directamente proporcional al modulo de elasticidad del tubo y al momento de inercia, cuanto mayores sean estos factores mayor será su rigidez e inversamente proporcional al diámetro medio elevado al cubo.



$$RCE = E_t \cdot I / D_m^3$$

En donde:

- RCE es rigidez circunferencial especifica de un tubo.
- E es el modulo de elasticidad de un tubo.
- I Momento de inercia.

Pues bien por lo de la idea, la rigidez de una tubería corruga de la que estamos hablando equivale a 8 KN/m^2 , para alcanzar esta rigidez haría falta un tubo de presión de al menos 6 atm., naturalmente habría que hacer distinciones en función del diámetro que como se ve en la formula anterior influye, estamos hablando tubo de PVC macizo, lo que representa para alcanzar esta capacidad de esfuerzo mecánico mas Kilos de materia prima y lógicamente un encarecimiento del precio del ml. Realmente con materiales del mismo fabricante y ensayos de tubos fabricados de acuerdo a normas se han obtenido los siguientes resultados.

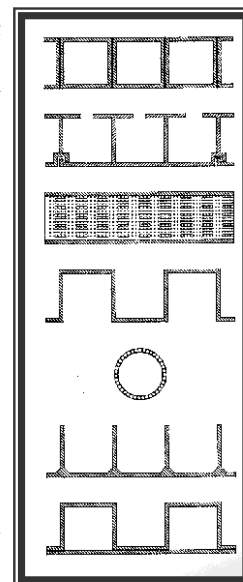
RCE en tubos de PVC PN4 atm su rigidez es de 2 KN/m^2

PVC PN5 atm	4 KN/m^2 (Teja)
PVC PN6 atm.	6 KN/m^2
Corrugada drenaje	8 KN/m^2

Naturalmente la primera conclusión a la que llegamos frente a los PVC convencionales es que son mas resistentes al aplastamiento que algunas tuberías de las que usamos para nuestros riegos.

Los tipos de tuberías que se fabrican en el mercado de este estilo de aligeradas son:

Tipo sándwich, espumada o de triple capa, tipo con huecos longitudinales, helicoidal con celdas, helicoidal pegada, corrugada simple pared y corrugada con costillas radiales doble pared.

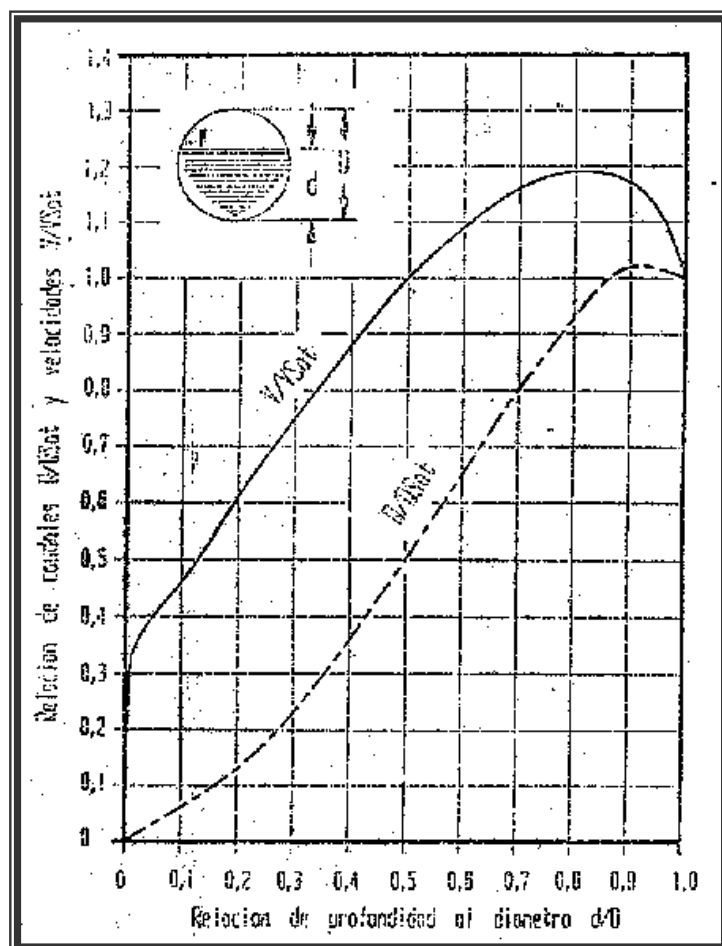


3.2. Caudales.

Los caudales que puede conducir una tubería ranurada serán generalmente siempre a sección parcial, algo similar a los cálculos que se realizan en los colectores urbanos para aguas residuales, solo que aquí habremos de tener en cuenta los aportes que nos realiza el ranurado que puede ser para secciones ranuradas en los 360 grados del tubo distribuidas en distintos puntos de la circunferencia, a 220 grados entre ellas o a 108 grados.

Para saber el caudal que puede transportar una tubería sino sabéis manejar las tablas de Thormann-Franke podéis hacer aproximaciones, sabiendo que el caudal es igual a la sección por la velocidad.

La otra alternativa es plantear el tema a un técnico especialista o **RAO estudios y proyectos** que con mucho gusto te orientaremos en el cálculo.



3.3. Ventajas.

Por no repetirnos y decir lo de la tubería orientada diremos lo que enunciábamos en principio, mas diámetros internos comparativamente con los PVC convencionales, mayores caudales.

MÁS RESISTENTE A CARGAS EXTERNAS

MAYOR RESISTENCIA A LA FATIGA

MAYOR VIDA ÚTIL

ADMITE MAYORES CAUDALES

MÁS MANEJABLE

EXCELENTE ESTANQUEIDAD DE LA UNIÓN

RESISTE MEJOR LOS CAMBIOS TÉRMICOS