

INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en los países de América Latina es la baja cobertura de los servicios de disposición de aguas servidas y excretas; solo 49% de la población cuenta con servicio de alcantarillado, el 38% dispone sus excretas por medio de letrinas y el 13% (60 millones de latinoamericanos) practica el fecalismo al aire libre. Esto ha motivado diferentes investigaciones que han tratado de buscar soluciones sencillas de bajo costo que involucren a la comunidad en la planificación, diseño, construcción y operación del sistema de alcantarillado.

La presente Hoja de Divulgación Técnica reseña, para los no especialistas, las principales características de los nuevos sistemas de alcantarillado de bajo costo.

Redes de alcantarillado sin arrastre de Sólidos

El alcantarillado sin arrastre de sólidos también es conocido como alcantarillado de pequeño diámetro o redes de aguas residuales decantadas. El sistema se concibió originalmente en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en la década de los años setenta para solucionar problemas de infiltración en terrenos con escasa capacidad para absorber los efluentes de los tanques sépticos; esta tecnología se ha difundido a nivel mundial y su primera aplicación en América Latina fue en 1979 en el Brasil.

En el sistema de redes para aguas residuales decantadas (RAD), estas se decantan o sedimentan antes de ser conducidas a las redes con el fin de retener la parte sólida; la parte líquida fluye hacia los colectores.

El proceso de sedimentación de sólidos se realiza en tanques sépticos o tanques interceptores de una sola cámara y pueden recibir las aguas residuales de una o varias viviendas.

• Ventajas y desventajas del sistema

La principal ventaja es la reducción de costos en:

- Excavaciones, pues al no existir sólidos en el sistema, no es necesario garantizar el flujo con velocidades mínimas de auto-limpieza, lo cual disminuye la pendiente de los colectores.
- Tuberías, pues se emplean colectores de pequeño diámetro.
- Obras auxiliares, ya que se reemplazan los pozos de registro por estructuras mas simples como son las cajas de visita y registros de limpieza e inspección.
- Tratamiento de las aguas residuales, porque el tratamiento primario se realiza en las fosas sépticas, y ya no es necesario proyectar este proceso en las unidades de tratamiento.

La principal desventaja del sistema esta en el mantenimiento del tanque séptico que requiere evacuación y disposición periódica de los sólidos allí acumulados. Por este motivo, las redes de alcantarillado decantado deben construirse solamente cuando exista una organización que garantice el mantenimiento.

Esta organización debe efectuar un estricto control para evitar las conexiones ilegales a las que les podría faltar el tanque interceptor o tener conexiones erradas que posibilitarían la introducción de sólidos o aguas lluvias que causarían serios problemas de operación y mantenimiento.

• Componentes del sistema Las redes de alcantarillado decantado constan de las siguientes partes:

- ◆ Conexión domiciliaria
- ◆ Tanque interceptor

- ◆ Colectores
- ◆ Registros de limpieza e inspección y cajas de visita

a. Conexión domiciliar: Esta conexión se coloca a la entrada del tanque interceptor. Por ella entran al sistema todos los desechos domésticos; deben excluirse las aguas lluvias y los desechos sólidos. El diámetro de estos colectores es de 75–100 mm.

b. Tanque interceptor: Es un tanque séptico y componente esencial del sistema. Este tanque debe adaptarse y construirse fácilmente; debe remover los sólidos flotantes y los sedimentables. Cuenta con tuberías de entrada y salida, esta última se conecta al sistema por medio de una tee y un codo y puede tener un diámetro menor que la tubería de entrada.

c. Colectores Los colectores son tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de pequeño diámetro (mínimo 50 mm) que se entierran a una profundidad suficiente para recolectar las aguas sedimentadas. A diferencia de los colectores convencionales, estos no se colocan necesariamente sobre un gradiente uniforme con alineamiento recto entre los registros de limpieza e inspección.

Como no transportan sólidos, permite la existencia de tramos de la tubería que funcionan adecuadamente, aun bajo presión, con pendientes positivas o negativas, siempre que la presión en las tuberías no provoque el refluo de los desagües hacia las fosas sépticas conectadas al tramo. No es necesario considerar la pendiente y velocidad mínimas y máximas porque el líquido está libre de sólidos; por lo tanto, las tuberías pueden seguir la topografía del terreno, aprovechando al máximo la energía resultante de la diferencia de cotas entre aguas arriba y aguas abajo.

Los colectores podrán trazarse por las zonas verdes o peatonales, para disminuir los riesgos por cargas vivas debidas al tráfico vehicular, con lo cual se disminuyen las excavaciones.

d. Registros de limpieza e inspección y cajas de visita Los registros de limpieza e inspección y las cajas de visita permiten el acceso a los colectores para su inspección y mantenimiento. En muchas circunstancias se prefieren los registros de limpieza antes que las cajas de visita porque cuestan menos y pueden sellarse herméticamente; se evita así la mayor parte de la infiltración y arena que comúnmente ingresan a través de las paredes y tapas de las cajas de visita. Las cajas de visita se recomiendan en los encuentros principales de los colectores, en cambios muy bruscos de dirección, o en sitios donde es difícil construir un registro, por tener muy profunda la tubería. Ver Figuras 1 y 2 (Ref.)

Los registros de inspección y limpieza deben estar dispuestos en las cabeceras de la red, en el cruce de dos o más colectores, en cambios muy bruscos de dirección, en los puntos altos para evitar la acumulación de gases y en tramos rectos cada 200 m. Ver figuras 3 y 4 (Ref.)

- **Condiciones para su instalación:** El alcantarillado de redes decantadas es un sistema que se adapta mejor a pequeñas comunidades, zonas periféricas de baja densidad demográfica, nivel freático alto, poblados costeros, para grupos aislados de viviendas y asentamientos rurales.
- **Costos:** Los costos de construcción representan aproximadamente una quinta parte del alcantarillado convencional; además el sistema proporciona el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas. En localidades relativamente grandes y con recursos económicos es factible la adquisición de equipos mecánicos al vacío para realizar la limpieza de los tanques interceptores. Para comunidades pequeñas, la limpieza debe ser realizada por los usuarios, con la supervisión de una entidad experimentada en este campo.

Redes de alcantarillado simplificado

Las redes de alcantarillado simplificado (RAS) están formadas por un conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de coleccionar y transportar los desagües para su disposición. Las RAS difieren de los alcantarillados convencionales en la simplificación y minimización del uso de materiales y en los criterios de construcción. Las principales diferencias de las RAS con los alcantarillados convencionales son las siguientes:

- Se diseñan a partir de las conexiones domiciliarias.
- Su profundidad de excavación es reducida. Por este motivo, las tuberías se proyectan por zonas verdes o peatonales para evitar zonas vehiculares que exigirían la protección de la tubería contra choques mecánicos. En algunos casos se proyectan redes dobles.
- Su periodo de diseño es mas corto y se puede construir por etapas.
- Se dimensionan de acuerdo al consumo per-capita y a las condiciones socio económicas de la población.
- Se controla la sedimentación en las tuberías, con el concepto de fuerza de arrastre, que resulta mas práctico que controlar la sedimentación a través del criterio de una velocidad mínima nominal.
- Requiere menos pozos de registro y el costo de construcción de estas estructuras es reducido.
- Utiliza tuberías con uniones elásticas a fin de disminuir la infiltración.
- El tirante relativo (h/d) debe ser menor o igual a 0.8 con el fin de no aumentar el diámetro de la tubería y permitir la libre circulación de gases.
- Acepta un diámetro mínimo de 100 mm.

- Innovaciones de diseño

a. Tensión de arrastre

La tensión de arrastre (O) es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el liquido sobre el colector y sobre el material en el depositado. También se le considera como la fuerza de arrastre dividida por el área sobre la cual actúa.

La fuerza de arrastre es el componente tangencial del peso del liquido que se desplaza en un plano inclinado. Para considerar la porción del liquido contenido en un tramo de longitud L, se aplica la formula siguiente:

Formula para determinar la Fuerza de Arrastre

$F = y * A * L$	F peso del liquido, kg
	Ft esfuerzo tangencial, kg
$Ft = Y * A * L * \text{sen } \theta$	O fuerza de tracción, kg/m ²
	O angulo de inclinación
$\theta = Y * A * L * \text{sen } \theta / P * L$	Longitud de la sección, m
	A area mojada de sección m ²
$\theta = Y * R_h * \text{sen } \theta$ seno tago $p / \angle$	Y peso específico, kg/m ³
	Rh radio hidráulico, m
	P perimetro mojado, m
$\theta = 1000 * R_h * I$	I pendiente del colector, m/m

Es importante anotar que este radio hidráulico debe ser el radio hidráulico real y no el que corresponde al flujo nominal o tubo lleno.

Para que no se presente sedimentación en las tuberías el valor de la fuerza de tracción es de 0.15 kg/m² para la remoción de partículas hasta de 2.0 mm de diámetro.

Cuando no se desee diseñar con el criterio de fuerza de arrastre, puede evitarse la sedimentación controlando la velocidad del flujo real y no la velocidad nominal o a tubo lleno; esta velocidad puede fijarse en un valor mayor de 0.3 m/s, pues según estudios realizados en Brasil, con valores de 0.3 m/s los colectores no sufrieron ningún deterioro.

b. Dispositivos de inspección y limpieza

En los alcantarillados convencionales es necesario proyectar pozos de inspección en arranques, cambio de pendiente, cambios de diámetro o dirección, en la intersección de dos o mas colectores y en tramos rectos con longitudes superiores a 100 m. El modelo de estos pozos es similar para cada una de estas condiciones mientras que los alcantarillados simplificados utilizan modelos diferentes para cada caso. Las soluciones propuestas son:

Dispositivos de inspección y limpieza

Alcantarillado convencional	Solución alternativa
Tramo inicial o arranque	Terminal de inspección.
Cambio de pendiente o diámetro	Caja de visita
S Colector recto largo	Tubo de inspección vertical.
Intersección de colectores	Caja de visita

Las estructuras de la propuesta alternativa son mas simples y de menor costo; con los nuevos equipos mecánicos para limpiar alcantarillados, no es necesario que un trabajador baje por un pozo de registro para inspeccionarlos. Es necesario que todo proyecto de alcantarillado incluya una descripción de estos equipos con sus especificaciones técnicas para poder realizar el mantenimiento.

- **Costos**

Los costos de construcción del alcantarillado de redes simplificadas son 30% o 40% inferiores a los costos de un alcantarillado convencional, sin incluir el ahorro de costos por instalaciones de bombeo y tratamiento de las aguas residuales.

Sistema de alcantarillado en régimen de condominio

Este sistema comprende las redes de alcantarillado en las propiedades horizontales dentro de una cuadra; dicho en otras palabras, las redes en régimen de condominio se proyectan por los solares o patios de las viviendas, con el fin de disminuir al máximo la longitud de las redes internas, (dentro de la vivienda) y externas.

El sistema básico de recolección esta diseñado como un alcantarillado de redes simplificadas. La derivación en régimen de condominio dentro de cada cuadra consiste en una tubería superficial de í 100 mm y por lo general con una pendiente mínima superior al 1%.

Como el alcantarillado en régimen de condominio dentro de una cuadra se construye a lo largo de propiedades privadas sucesivas, se debe contar previamente con el consentimiento de los dueños. Por este motivo es primordial realizar programas de educación sanitaria, higiene personal y participación comunal con el fin de promover el proyecto, explicar el sistema, convencer a los interesados y asegurar la participación de la comunidad en la construcción, el mantenimiento y la operación del sistema.

• Ventajas

- Fácil construcción y costo mas bajo de las conexiones intradomiciliarias.
- Menor extensión de los colectores principales.
- Mayor participación de la comunidad.
- Bajo costo de construcción y operación de todo el sistema

• Desventajas

- ◇ Su instalación depende de la distribución arquitectónica de las viviendas; los servicios sanitarios deben estar ubicados en la parte posterior de estas y contar con zonas libres para extender las redes.
- ◇ Pueden presentarse problemas legales ya que la entidad administradora debe contar con autorizaciones legales para inspeccionar y reparar el sistema; además los propietarios no podrán construir sobre las tuberías.
- ◇ En otros casos, puede estar prohibido que el desagüe de un predio se descargue en los terrenos del vecino.
- ◇ Algunos usuarios pueden hacer uso indebido de la conexión, descargando desechos sólidos o aguas lluvias que causarían serios daños al sistema.

CONCLUSIONES

Estas nuevas tecnologías de alcantarillado son prácticas, sencillas y económicas. Se deben implementar para aumentar la cobertura de los servicios de alcantarillado y disminuir así, las tasas de morbilidad por enfermedades de origen hídrico.

Esta nueva tecnología debe promoverse conjuntamente con el uso de los inodoros de baja descarga (4 o 6 litros), regaderas y mezcladoras de bajo consumo, con lo cual se reduce considerablemente el consumo per capita de agua y, por lo tanto, el volumen de las aguas residuales.

BIBLIOGRAFÍA

(Documentos disponibles en la biblioteca del CEPIS)

- Otis, Richard J.: Mara, Duncan D. Diseño de alcantarillado de pequeño diámetro. Washington, D.C., World Bank, 1985. (TAG Nota Técnica, 14).
- Rizo Pombo, J.E. Asas; una nueva solución de saneamiento. Acodal, 28 (124):441-68, Mayo -Ago. 1985.
- Guimaraes, Augusto Sergio Pinto. Alternativas tecnologicas de baixo custo. Trabajos presentados al Seminario Regional de Investigación sobre Alternativas de Tecnología de Saneamiento de Bajo Costo para Zonas Urbano Marginadas. Lima, 1985.
- .Brasil. Ministerio de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Redes de alcantarillado simplificado (RAS). Lima, CEPIS, 1987. Manual Técnico, 1.
- Vines, Marus; Reed, Bob. Low-cost unconventional sewerage. Waterlines: Journal of Appropriate Water Supply and Sanitation Technologies; 9(1):26-29, jul. 1990.
- Azevedo Netto, Jose Martiniano de. Esgotamento sanitario; soluções apropriadas. Sao Paulo, s.n., 1986.

Nota:— La presente Hoja de Divulgación Técnica ha sido elaborada por el Ing. Roberto Mejia, de la Universidad de Antioquia (Colombia), durante su pasantia en el CEPIS como participante del Programa de Educación Continua para Profesores Universitarios Latinoamericanos del Convenio GTZ/OPS/CEPIS. Se agradece la revision técnica del Ing. Ricardo Torres, de CORPOSANA, Asunción, Paraguay.

Figura 1. Caja de visita

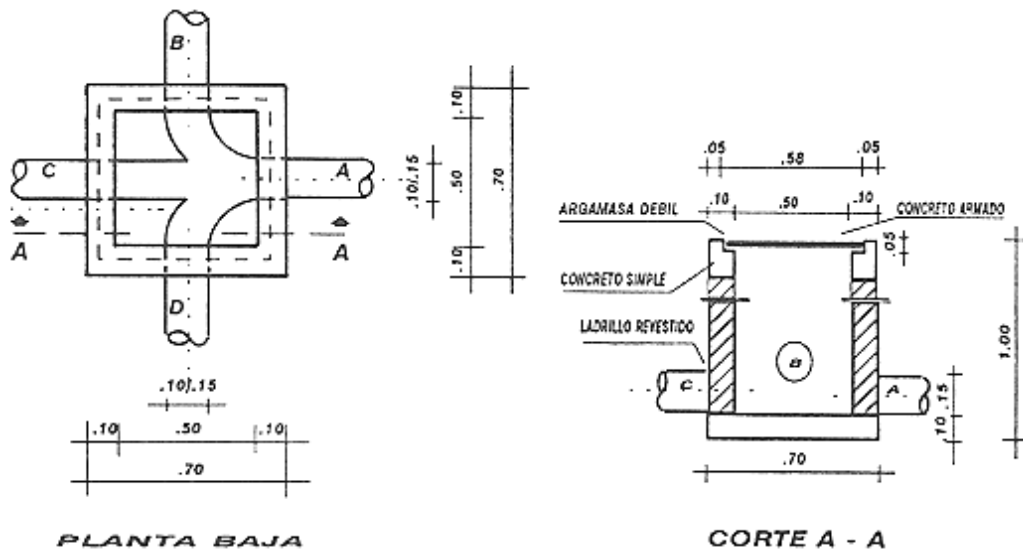


Figura 2. Caja de visita

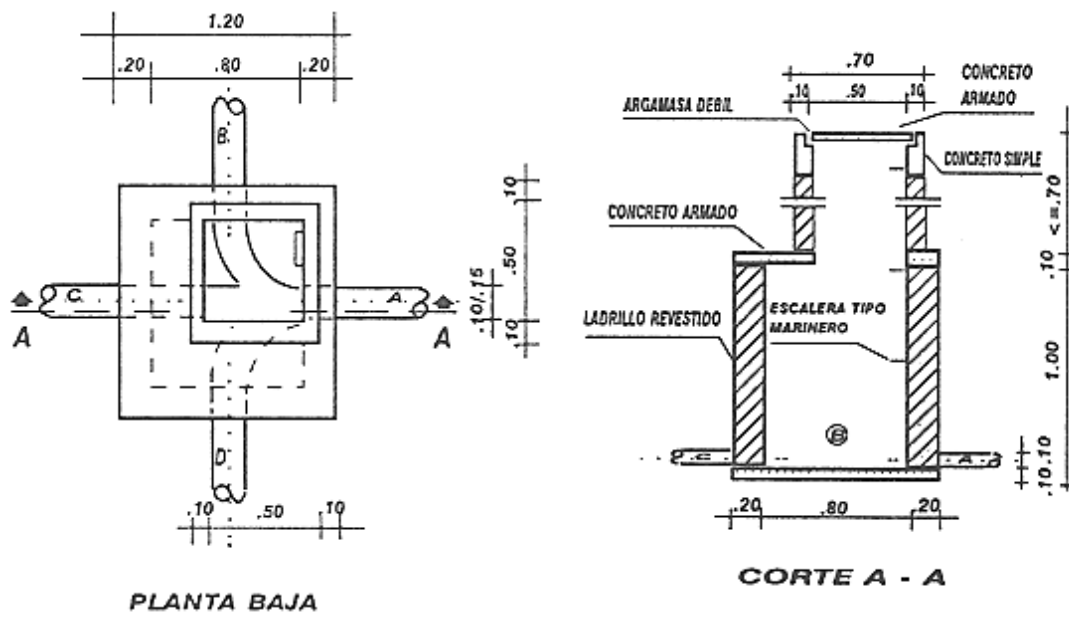


Figura 3. Registro de inspección y limpieza

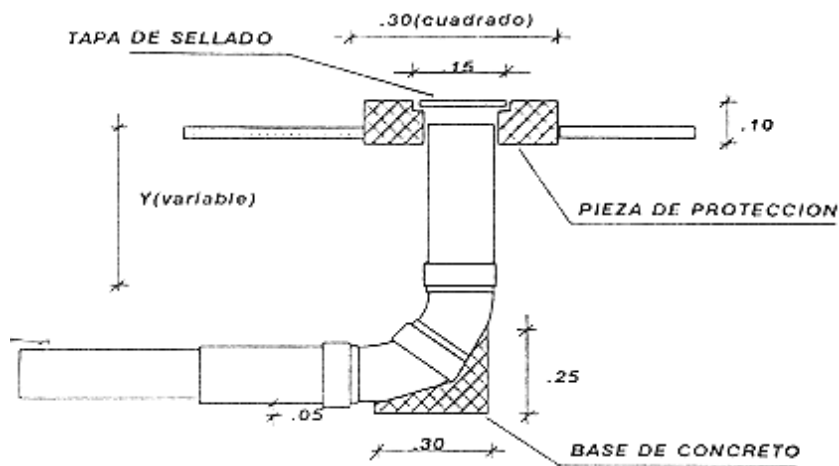
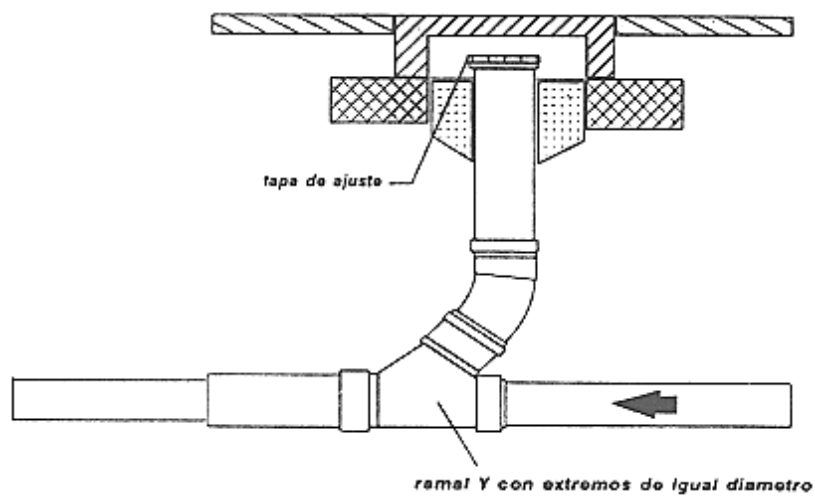
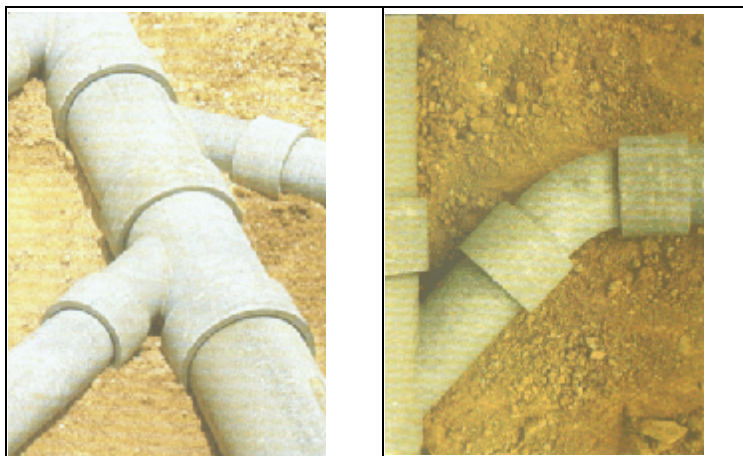


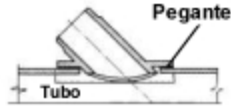
Figura 4. Registro de inspección y limpieza



Accesorios



Ye	Yes y codos
	◆ Su empalme en la tubería se realiza a través de la unión y en forma

	similar a la colocación descrita para los tubos y uniones. Galápago
Codo 	◆ Para colocar el galápago se procederá a marcar sobre el tubo principal el contorno del agujero, que tendrá forma ligeramente elíptica.
Galápago 	◆ Logrado el trazo, con un taladro se practicará una línea de agujeros que conforman el perímetro del orificio principal, los bordes de este podrán ser terminados con ayuda de una escofina. ◆ Para la fijación del galápago se utilizará el Súper Epoxi o el Eterpox Standard (suministrado por Eternit). Deberá transcurrir un mínimo de 24 horas, antes de conectar el galápago con la domiciliaria. Para la correcta aplicación del pegante se debe tener en cuenta: ◇ El tubo debe estar completamente limpio y seco. ◇ La temperatura en el momento del pegue no debe ser inferior a 10 °C. ◇ Preparar únicamente el pegante necesario y aplicarlo lo mas pronto posible, pues su secado es bastante rápido. ◇ Aplicar pegante en el borde del hueco del tubo (donde va instalado el galápago), igualmente aplicar pegante en la base del galápago y una vez unidos los elementos pasar un cordón de pegante alrededor del galápago. ◇ Sujetar el galápago para impedir su desplazamiento.

Tubería para Alcantarillado



Longitud

- ◆ Tubos de 4 mt, lo que permite mayor rapidez de instalación y menor número de uniones.

Liviana

- ◆ Por su bajo peso, facilita y trae ventajas económicas en el transporte, manejo e instalación

Fácil de instalar

- ◆ De gran importancia en suelos poco cohesivos y/o con nivel freático alto, por su sistema de unión (empaquetado de caucho), peso y longitud, obteniéndose menores costos de instalación y altos rendimientos. En condiciones de suelos normales no requiere atraque de concreto.

Rendimiento hidráulico

- ◆ La superficie interior lisa de las paredes del tubo ofrece mínima resistencia al paso de las aguas servidas, garantizándose un coeficiente de rugosidad de $n = 0.010$ para la fórmula de Manning y una rugosidad absoluta de la pared, $k = 0.40 \text{ mm}$ (incluye las pérdidas ocasionadas por las uniones) para la fórmula de Prandtl-Colebrook.

Hermética

- ◆ El sistema de unión garantiza estanqueidad absoluta lo cual suprime las fugas y por tanto la contaminación del suelo y las aguas subterráneas, evita además infiltraciones en la tubería eliminando la alteración del caudal de diseño.

Flexible

Por su diseño (unión con empaque de caucho) admite deflexiones en la red, permitiendo a la tubería acomodarse a los movimientos del terreno, evitando así fisuras y/o filtraciones como en el caso de las uniones rígidas.

Deflexiones máximas por unión

Diámetro

Angulo de reflexión

6" – 8"

3°

10" – 28"

2°

Resistencia a la abrasión

- ♦ La gran resistencia de la tubería a la abrasión es debida a sus características mecánicas y a la fuerte compresión a que son sometidas las capas en la etapa de formación del tubo.

Pruebas de resistencia a la abrasión se han obtenido durante ensayos estrictos, en los que la tubería se ha sometido a la acción intensa de la abrasión. Las fibras no se desprenden, como en el caso de los materiales granulares.

Por esta razón la tubería Eternit esta recomendada para transportar aguas de deshecho y de alcantarillado que contienen sólidos en suspensión.

Libre de incrustaciones

- ♦ Por su superficie lisa es inmune a las incrustaciones, conservando el diámetro interior y garantizando el caudal conducido.

Inmunes a la corrosión por electrólisis

La tubería es totalmente inmune a corrientes eléctricas vagabundas, evitando así el riesgo de corrosión y perforación de la pared del tubo.



Impermeable

- ♦ El material de la tubería es absolutamente impermeable cumpliendo así, con las exigencias de salubridad publica, en contra de la contaminación. Para poder garantizar esto, toda la tubería se prueba en fabrica bajo presión hidráulica interna de 2.5 kg/cm² durante 30 seg. sin que presenten escapes ni exudaciones en la superficie externa del tubo.

La estanqueidad en la unión se presenta tanto interna como externamente, lo que constituye una ventaja cuando se instala en zonas con alto nivel freático.

Sección circular

- ♦ Hidráulicamente eficiente, conservando siempre su sección, no obstante la aplicación de cargas de aplastamiento.

Calidad

- ♦ La tubería Eternit para alcantarillado supera los mínimos establecidos por las normas ICONTEC 384 e ISO R-881, normas colombianas.

Resistencia a la corrosión

- ♦ La experiencia obtenida en instalaciones efectuadas dentro y fuera del país nos demuestra el magnifico comportamiento de la tubería frente a los agentes corrosivos, para citar como ejemplo, el empleo de esta tubería para el transporte de agua de mar.

Los líquidos transportados en los colectores de aguas servidas, frecuentemente presentan un pH diferente del neutro. En general, la mayoría de los afluentes tienen pH superior a 7.

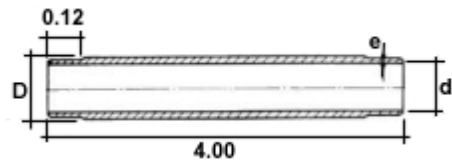
Debido a la naturaleza de sus componentes, los tubos Eternit resisten perfectamente la acción corrosiva de cualquier suelo o agua, cuando el valor pH de estos es igual o superior a 6.

En caso contrario de suelos y/o aguas ácidas con alto contenido de sulfatos o de magnesio, se fabrica tubería con cemento sulfato resistente tipo V y/o recubierta con pintura anticorrosiva a base de productos bituminosos o epóxicos.

Economía

- ♦ El bajo peso, la ausencia del atraque en concreto, el mínimo porcentaje de roturas, longitud, el bajo coeficiente de fricción, la fácil instalación, conforman ventajas que se traducen en economía de costos.

Tubo de Alcantarillado



Pulg.

mm

mm

mm

kg/m

kg/m

#

6

150

8.0

166

10.88

1.800

12

8

200

9.0

218

15.94

1.800

9
10
250
10.0
270
20.87
1.500
6
12
300
12.0
324
29.60
1.800
6
14
350
14.0
378
41.14
2.100
6
15
375
15.0
405

48.29

2.250

6

16

400

16.0

432

54.56

2.400

6

18

450

18.0

486

68.21

2.700

6

20

500

20.0

540

83.41

3.000

6

21

525

22.0
569
95.75
3.150
6
24
600
24.0
649
120.74
3.600
6
28
700
28.0
756
159.41
4.200
6