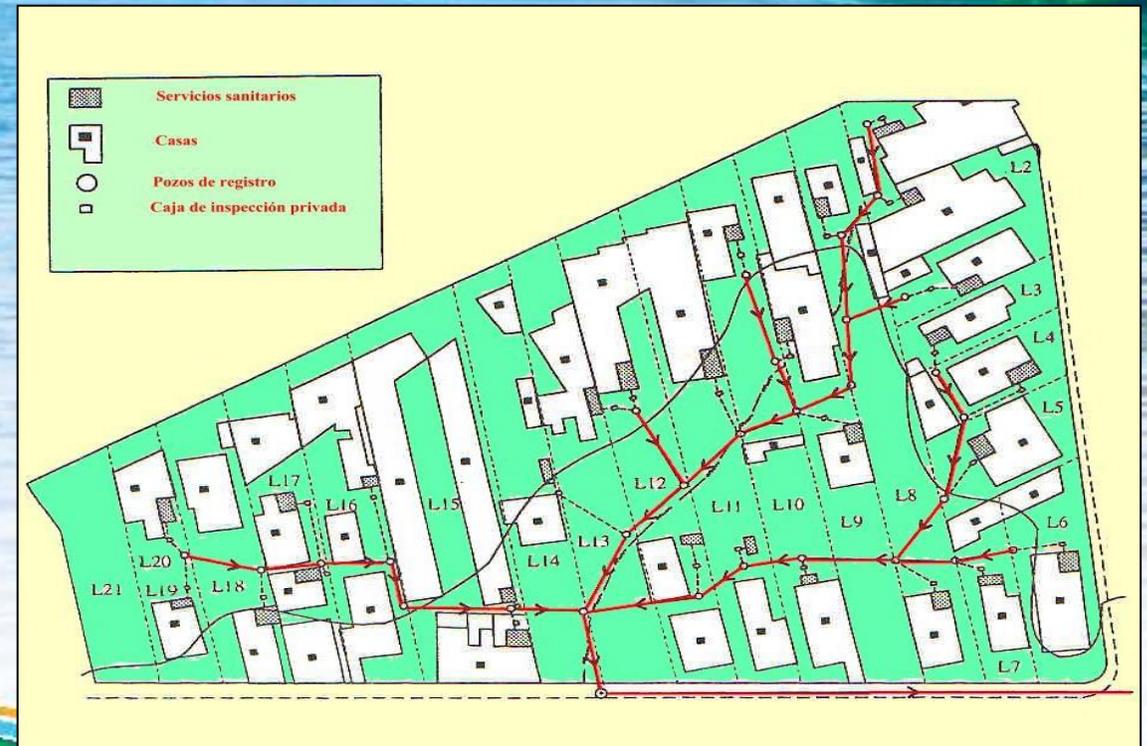




# Aspectos Generales y tipos de Alcantarillado Sanitario



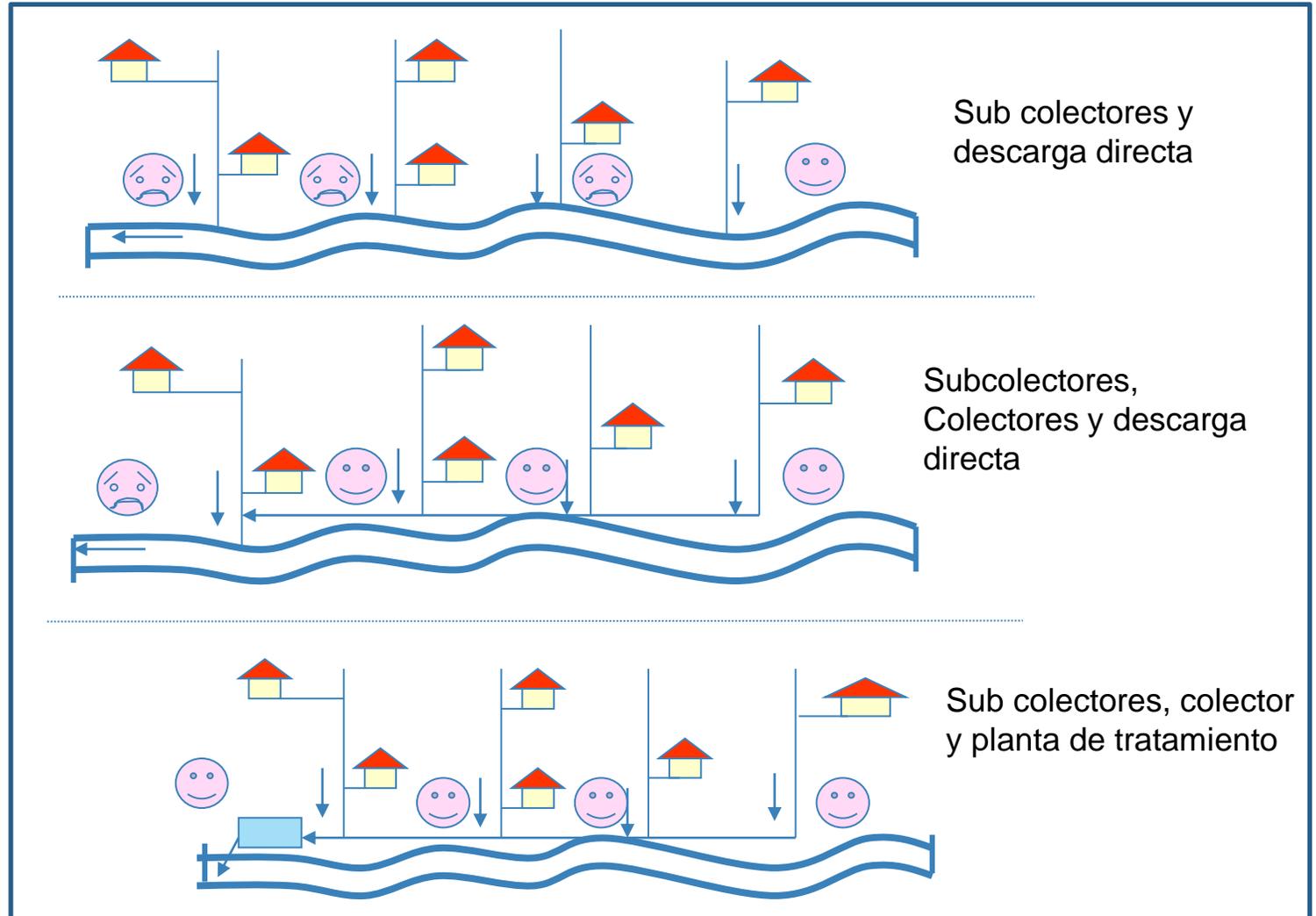
Ing. Pedro E. Ortiz B.

Agosto 2020

# Alcantarillado Sanitario

Los conductos que recogen y transportan el agua residual se denominan alcantarillas y el conjunto de las mismas constituyen la red de alcantarillado.

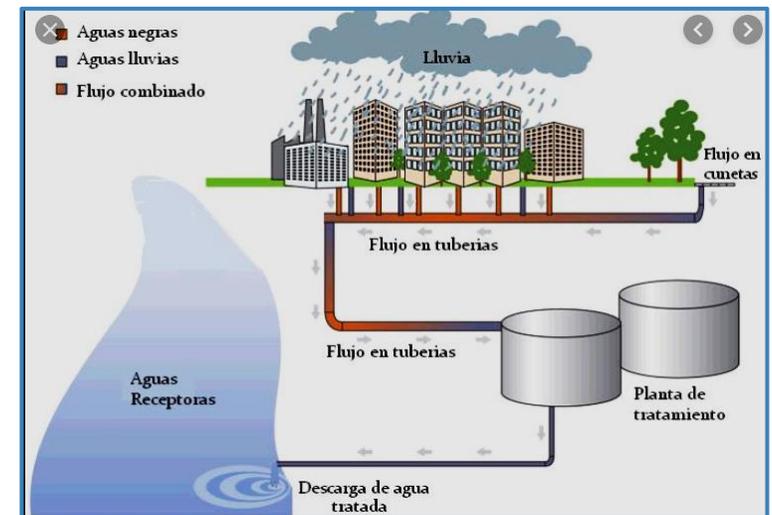
La recolección, el transporte del agua residual desde los diversos puntos en que se origina y la depuración, **constituyen el primer paso de la gestión efectiva del saneamiento de una población.**



# Tipos de sistemas de alcantarillados

Hay tres tipos tradicionales de sistemas mediante transporte de agua:

- **Sistema combinado.** Transporta aguas residuales y aguas pluviales, por lo que tienen que ser suficientemente grandes, **son costosos y durante el tiempo seco pueden acumular sedimentos.** Los colectores se colocan a grandes profundidades. Este sistema en general no es aplicable a las regiones tropicales, donde la precipitación es mas intensa y frecuentemente las calles no están pavimentadas.
- **Sistema parcialmente separado,** en el que alguna **agua pluvial de las propiedades privadas (patios y techos) se descarga en el sistema** de alcantarillado sanitario. Este sistema fue adoptado en las ciudades británicas.
- **Sistema separado,** en el que se **excluye por completo el agua pluvial.** Este sistema fue creado en Estados Unidos en **1879.** tiene la ventaja que **disminuye el tamaño de las obras** y se **reduce el costo del tratamiento.**



# Origen del sistema RAS

El ingeniero José M. Azevedo-Neto, después de considerar que el costo excesivo del alcantarillado estaba restringiendo un beneficio muy importante en las regiones en desarrollo, decidió revisar toda la tecnología convencional y criterios de diseño. Llegando a la conclusión que **varios aspectos de las normas y criterios existentes debería haberse cambiado hace mucho tiempo.**

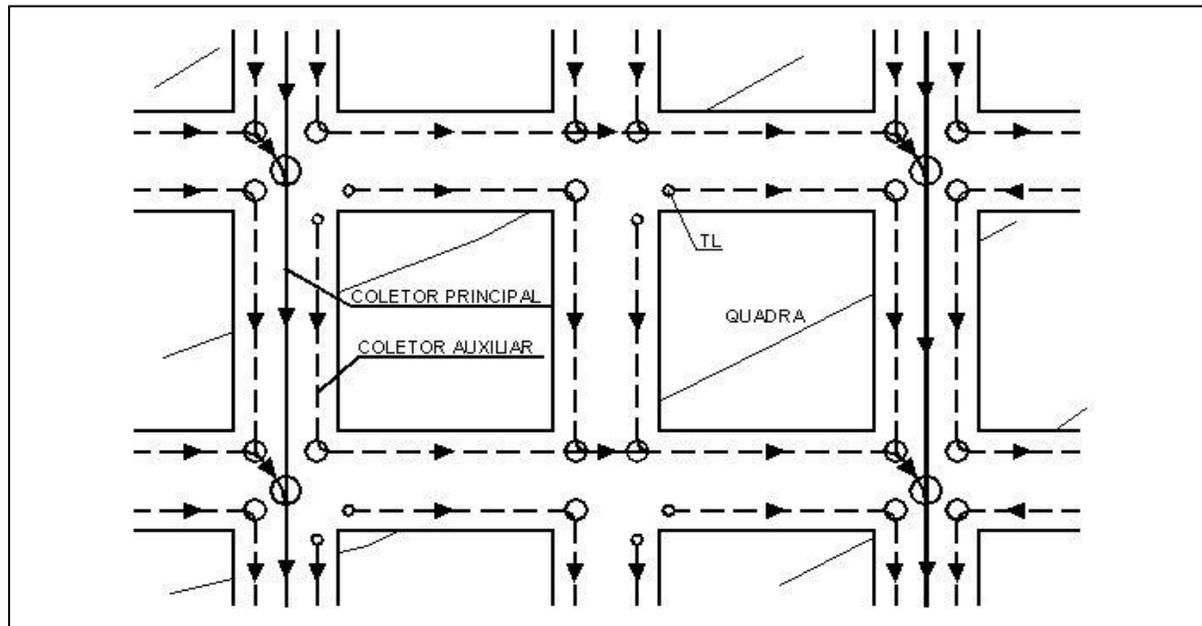
## Innovaciones principales

- **Sustituir criterios viejos de control de las velocidades en base a sección media o total**, por el cálculo de la velocidad real que deberá ser mayor que la velocidad de autolimpieza.
- **Las pendientes** deben ser establecidas como **función del caudal al inicio del proyecto**, no es correcto aumentar el diámetro del conducto para reducir la pendiente.
- **En las regiones tropicales o subtropicales la profundidad de los colectores pueden reducirse al mínimo** compatible con las conexiones domiciliarias y la protección de las cargas externas.
- **El número de pozos pueden reducirse al mínimo** y pueden adoptarse dispositivos más simples para reducir los costos.

# Período de diseño

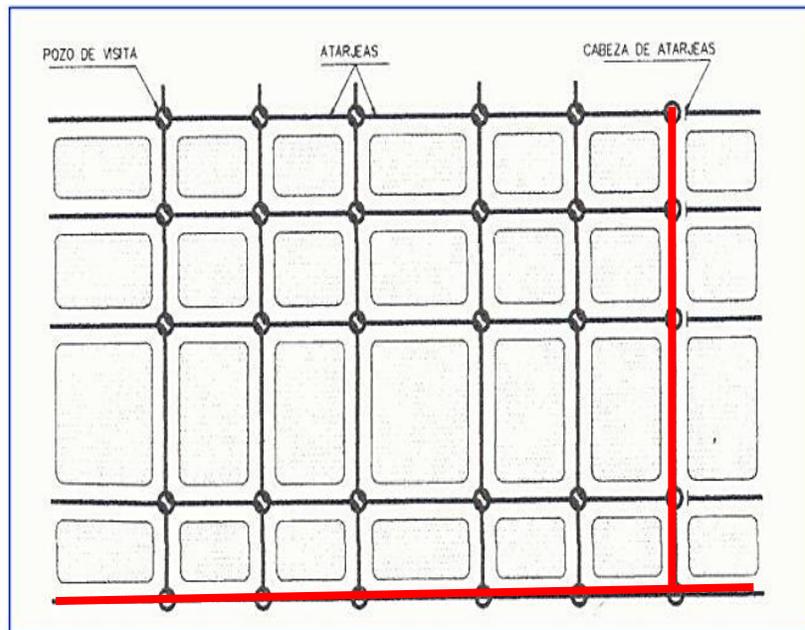
La adopción de períodos largos de diseño conduce a obras enormes, aumentando el costo inicial de la inversión, que puede hacer inviable el proyecto. Períodos de diseño demasiados largos implica que el flujo en las alcantarillas estará por muchos años por debajo del de diseño, por lo que las **velocidades serán inferiores** a las previstas y el desempeño del sistema será peor que el esperado.

Con períodos más cortos, del orden de **20 años**, considerando la construcción en etapas, los efectos de los errores posibles en las estimaciones del crecimiento de la población, el número de conexiones y caudales pueden reducirse al mínimo y pueden ajustarse a lo largo de los años, **si fuera necesario, pueden construirse sistemas de alcantarillado auxiliares y de alivio.**

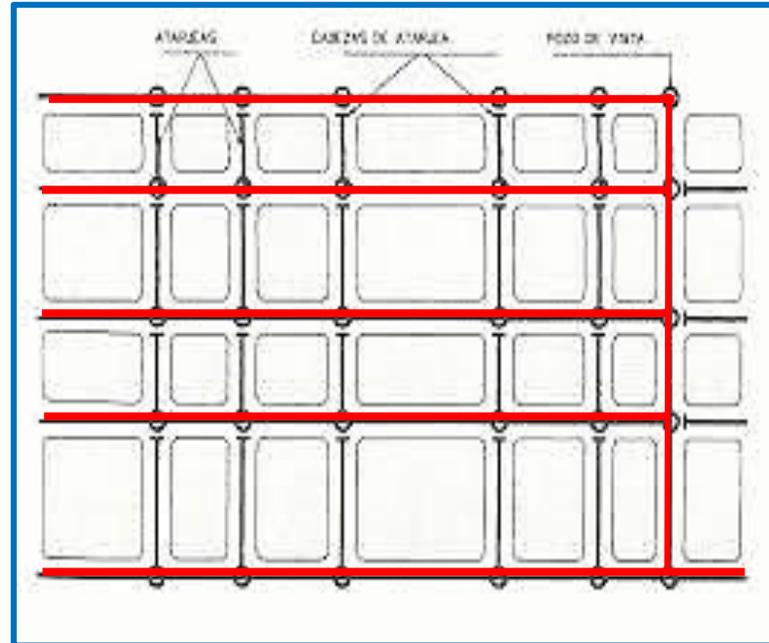


# Trazo del Sistema

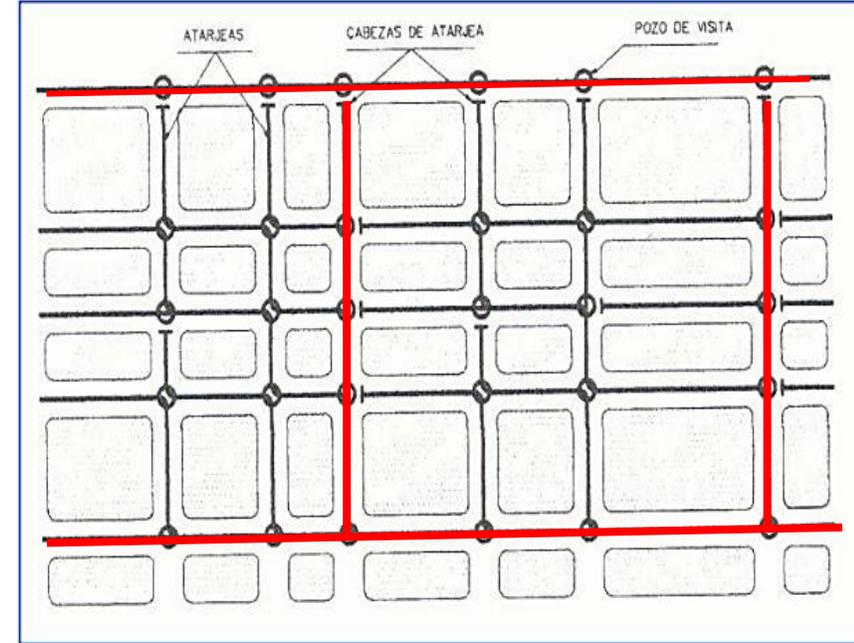
Para servir la misma área, con la misma extensión de colectores, **se pueden emplear diferentes configuraciones de la red de recolección**, consecuentemente con costos diferentes. Para lograr el arreglo más económico se debe tomar en cuenta: la repartición de los flujos, ubicación y tamaño de los colectores y las pendientes y, en consecuencia reducir las excavaciones. **Al aumentar los flujos a lo largo del colector se pueden reducir las pendientes**



Trazo en bayoneta



Trazo en peine



Trazo combinado

# Velocidades de flujo

- ✓ **Son la base tradicional para el diseño de los alcantarillados.** No es la mejor opción considerar la velocidad a tubo lleno o a media sección, porque estas velocidades se producen en situaciones específicas que no corresponden a casos prácticos.
- ✓ **Es mas exacto controlar las velocidades que corresponden a los caudales estimados.** Para la velocidad mínima utilizamos el caudal máximo al inicio del proyecto y la velocidad máxima para el caudal máximo al final del período de diseño.
- ✓ **La velocidad mínima** no debe ser menor a **0.45 o 0.50 m/s**. Es preferible aceptar un valor inferior para el flujo real, que fijar un valor mayor para un flujo hipotético como el de sección llena.
- ✓ Otro aspecto que hay que controlar es la posibilidad de que se produzcan sulfuros en los sistemas más grandes instalados con bajas pendientes.
- ✓ **Respecto a los valores máximos hay dos condiciones a considerar:**
  1. Velocidades entre **4 y 5 m/s** causa menos erosión que las velocidades entre **2.5 y 4 m/s**
  2. Se debe evitar que se produzcan mezclas de aire y aguas residuales (sucede a velocidades mayores a **4.6 m/s** en alcantarillas de más de 8")

La velocidad máxima ocurre a **0.81D** (D= diámetro de la tubería) y el flujo máximo a **0.95D**.

# Fuerza Tractiva

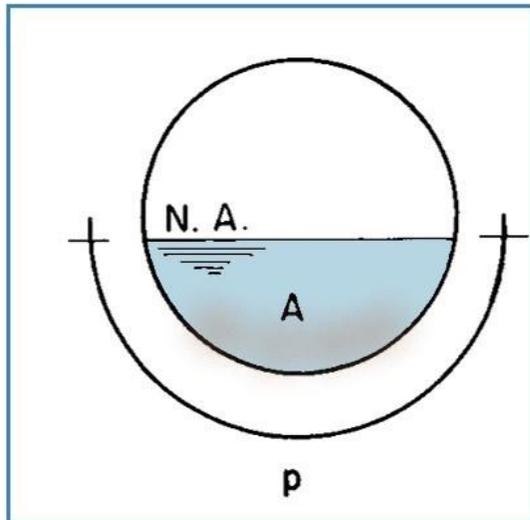
Se considerado que es el método más práctico para diseñar alcantarillas que **eviten la sedimentación, erosión y la producción de sulfuros en las tuberías**. Como mínimo el valor recomendado es  $F > 0.12$  kg/m<sup>2</sup>

La fuerza de tracción promedio puede calcularse mediante la expresión siguiente:

$$F = 1000 * R_H S$$

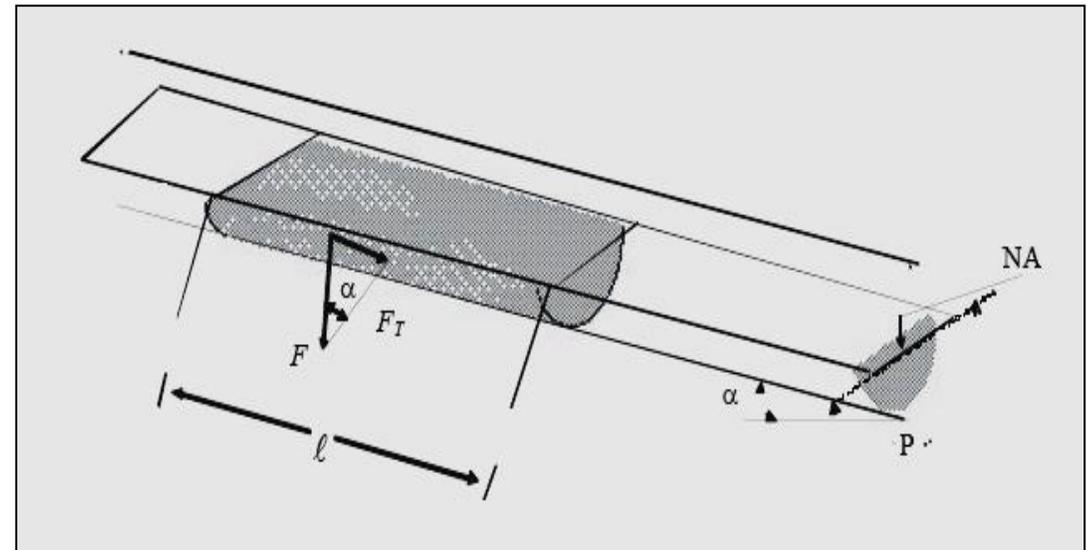
**Donde:**

- F = fuerza de arrastre en kg/m<sup>2</sup>
- R<sub>H</sub> = radio hidráulico en m
- S = pendiente en m/m



$$R = \frac{Am}{Pm}$$

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \cdot \text{sen} \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)$$



## *Diámetro mínimo de las alcantarillas*

Para los sistemas de alcantarillado secundarios **es ventajoso adoptar tuberías de pequeño diámetro para elevar el nivel del liquido** (tirante) y en consecuencia, **aumentar la velocidad del flujo**.

En América Latina una amplia experiencia demuestra que las tuberías de **6"** funcionan adecuadamente. En Inglaterra en **1,952** se permitían colectores privados de **4"**.

En Brasil en las áreas residenciales de los pueblos pequeños, están empleándose colectores laterales de **4"**.

En este caso **el colector** no puede tener una longitud máxima de **200** a **400m**, sirviendo a más de **50** viviendas.

## *Flujos mínimos en tramos iniciales*

Al inicio de los colectores pequeños no es apropiado considerar el flujo promedio (flujos laminados máximos), porque pocas conexiones producirán una descarga simultanea mayor, basada en el número de instalaciones.

**En Brasil la norma considera 1.5** L/s, como el flujo simultaneo mínimo en un colector pequeño. Este valor se mantiene a lo largo de pocos bloques hasta el punto donde **1.5** L/s equivale al caudal lineal máximo distribuido.

# Pendiente de las alcantarillas

**La pendiente mínima que se debe adoptar para autolimpieza no depende directamente del diámetro de los colectores.** Cuando se aumenta el diámetro con la idea de reducir la pendiente, las condiciones hidráulicas empeoran en vez de mejorar.

**El gradiente de autolimpieza depende principalmente del caudal, no solo del diámetro de la tubería,** con un flujo reducido una tubería más pequeña se mantendrá más limpia que una mayor, colocada con el mismo gradiente.

La mejor expresión para determinar la pendiente de un colector es la siguiente:

$$S = 0.0001Q^{\frac{-2}{3}}$$

**Donde:**

S = pendiente mínima, m/m

Q = El flujo máximo, en la etapa inicial del proyecto, m<sup>3</sup>/s.

Pendientes mínimas tradicionales en países indicados				
Diámetros	USA	Inglaterra	Francia	Brasil
6"	0.0060	0.0056	0.0040	0.0060
8"	0.0040	0.0038	0.0030	Según flujo
10"	0.0030	0.0029	0.0025	Según flujo
12"	0.0022	0.0024	0.0020	Según flujo

**El resultado de esta expresión puede emplearse para cualquier diámetro.**

# Profundidad del flujo (tirante) en las alcantarillas

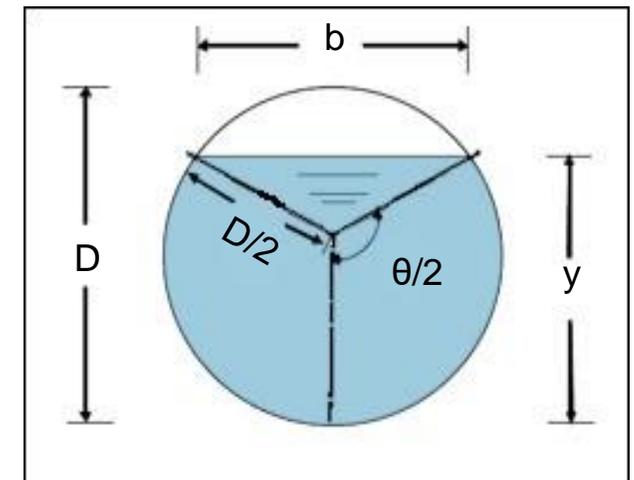
En el diseño de colectores **se trata de asegurar un tirante por encima de un limite mínimo y por otra parte, una profundidad no mayor que un limite superior**, a fin de mantener siempre un flujo libre dentro de la tubería.

La experiencia recomienda mantener un nivel del agua por encima de **0.2D**, con esta profundidad la velocidad será cerca de **0.56(56%)** de la velocidad a tubo lleno. Para tener una velocidad de flujo de **0.45m/s** con **0.2D**, la velocidad a tubo lleno tiene que ser de **0.80m/s**.

**Nunca se debe aumentar el diámetro de un colector si el flujo existente no requiere el aumento**

**La profundidad máxima podemos fijar un valor de 0.8D**, sabemos que con este nivel en un colector circular se alcanza la velocidad más alta.

**La parte vacía de la sección se emplea para ventilación**, movimiento de gases, sirviendo **además para la evacuación de caudales excepcionales**.



# Profundidad de las zanjas

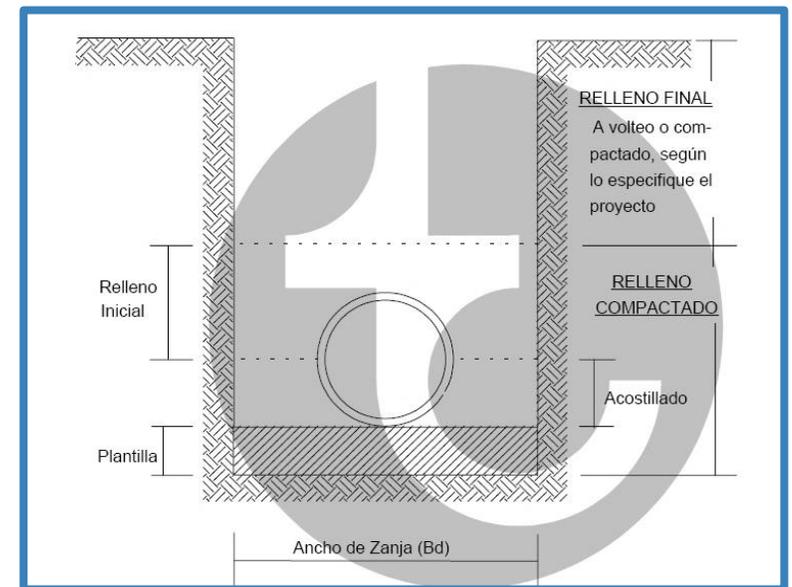
Al inicio de los colectores pequeños la profundidad mínima debe ser suficiente para:

- Permitir todas las conexiones de los hogares
- Tener una capa de suelo sobre la corona para proteger la tubería de las cargas externas.

**Si los sistemas se construyen bajo pavimento o en vías peatonales** se puede reducir la capa de protección.

Para un colector de **6"** la profundidad inicial de la zanja podría ser de **0.90m**.

Luego, la profundidad de la zanja debe ser por lo menos **1.10m**.



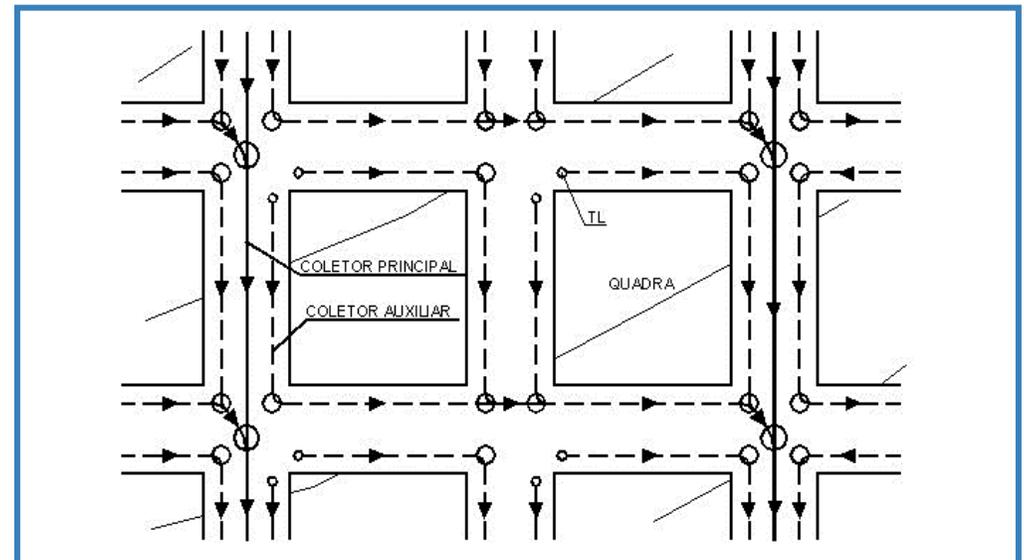
El costo de construcción varía exponencialmente con la profundidad de la zanja

# Colectores auxiliares

Se adoptan para facilitar la construcción y para reducir los costos. Debe considerarse en los casos siguientes:

- ✓ **En calles anchas**, porque el costo de las conexiones es alto.
- ✓ Las **calle con pavimento costoso** (cuando se construye después del pavimento).
- ✓ En **calles con tránsito intenso**.
- ✓ En **alcantarillas muy profundas** con conexiones difíciles y costosas.
- ✓ Para **aumentar la capacidad** de una existente.

La segunda alcantarilla se instala bajo una de las vías peatonales, Cuando ambas se construyen al mismo tiempo son instaladas una a cada lado de la calle



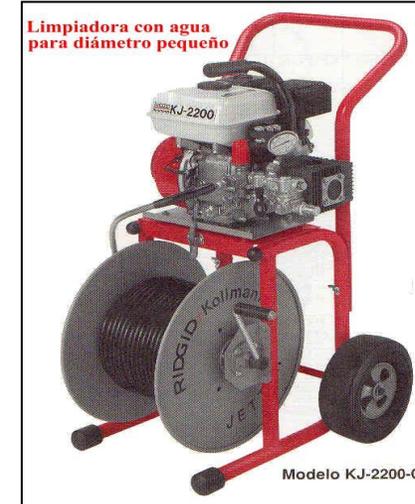
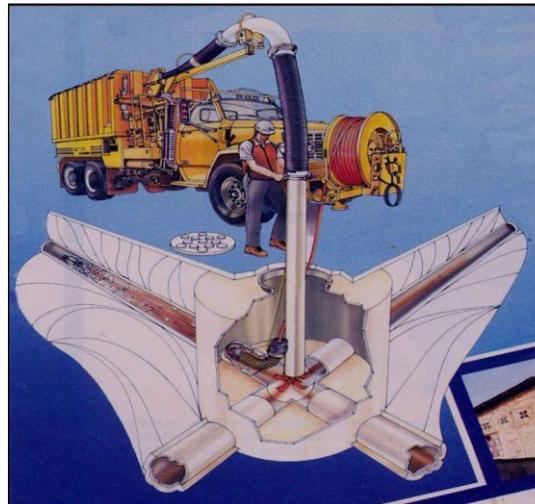
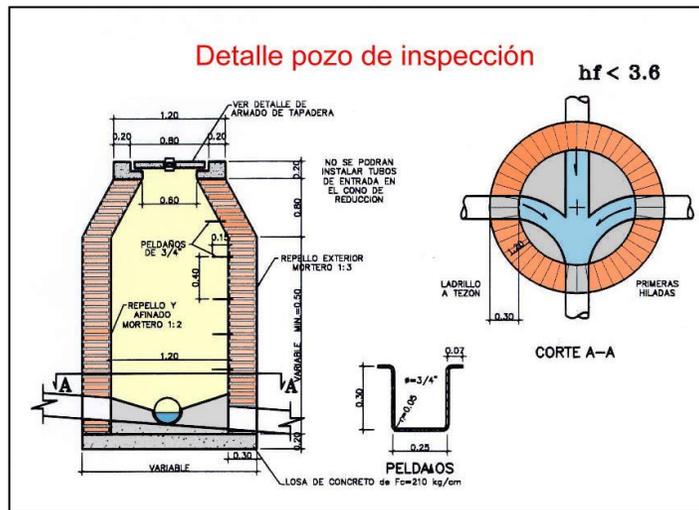
# Pozos de registro

Los primeros sistemas de alcantarillado separado no tenían pozos de registro. Posteriormente bajo la influencia de los sistemas combinados, se introdujeron unos cuantos registros que se utilizan para sacar la grava y arena que se deposita durante los flujos bajos.

Con el tiempo aumentó el número de pozos debido a normas más estrictas y exigentes. **La separación entre pozos aumento de 1:200 a 1:50 m, una exageración costosa.**

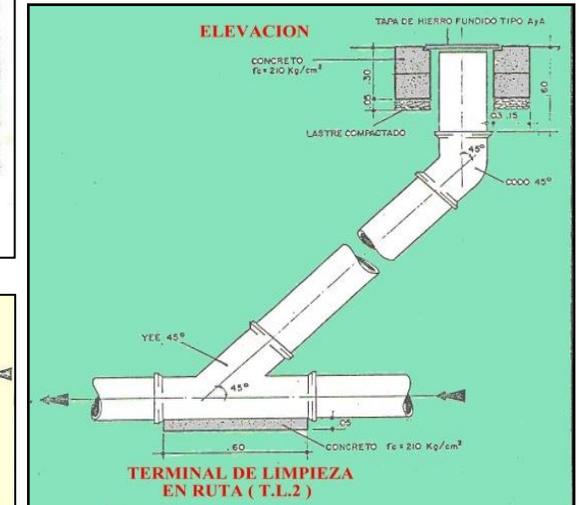
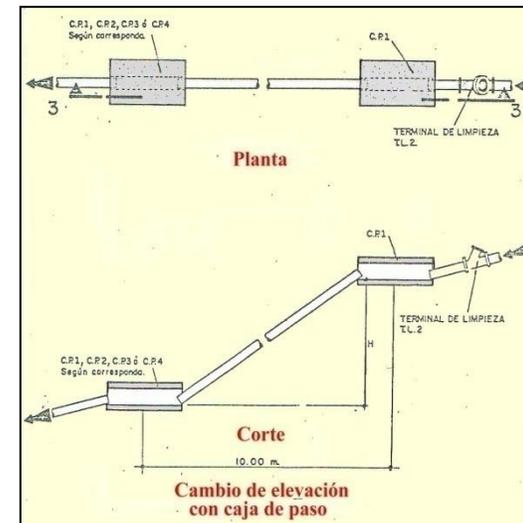
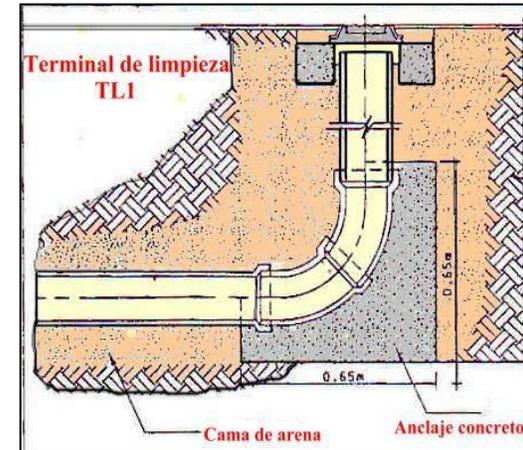
**Esta práctica debe considerarse como un abuso objetable**, porque aumenta los costos sin producir mayores beneficios.

Al mismo tiempo se desarrollaron e **introdujeron nuevas maquinas y equipos de limpieza** que si se utilizan adecuadamente podrían cambiar la práctica.



# Nuevos dispositivos de inspección y limpieza

- ✓ En los sistemas convencionales las alcantarillas comienzan en un registro. **En los sistemas simplificados todos los pozos iniciales son sustituidos por tubos terminales de inspección y limpieza (“TIL”)** de bajo costo.
- ✓ Los registros intermedios a lo largo de los colectores rectos son sustituidos por los tubos de inspección de paso.
- ✓ **Para el cambio de pendiente, dirección y del tamaño de diámetro se emplean modelos especiales de cajas** subterráneas.



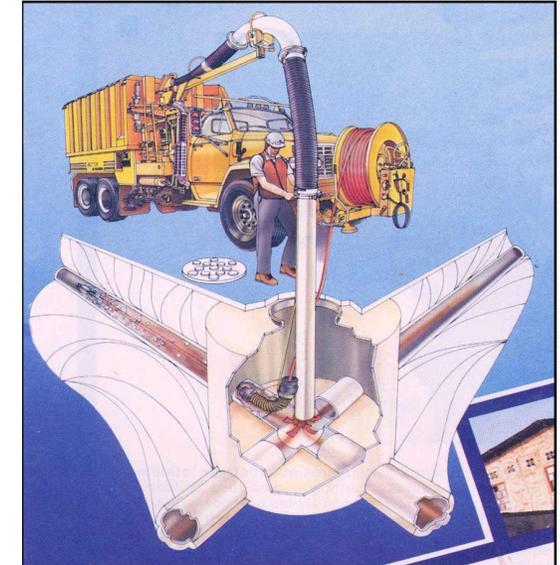
# Como reducir el número de Pozos

**Se puede y se debe reducir el número de Pozos.** No se pueden eliminar todos los pozos en un sistema nuevo. Algunos son necesarios como punto de medida y para el muestreo, otros recomendados para tramos largos, pozos de caída, tramos profundos y múltiples intercepciones.

**Los pozos remanentes pueden ser tipo simplificado**, es común usar modelos prefabricados,

La solución para sustituir el tipo de pozos se indican en la tabla siguiente.

Punto	Alternativa
Punto inicial	Terminal TL1
Tramo largo	Terminal TL2
Curva de 90°	2 curvas separadas de 45°
Intercepción	1 Yee y curva de 45 °
Aumento de diámetro	Caja de concreto bajo tierra
Incremento de pendiente	Caja de concreto bajo tierra



Hoy en día no es necesario que un trabajador ingrese a un pozo para su mantenimiento o inspección.

# Velocidad Crítica

Cuando la velocidad final  $V_f$  es superior a velocidad crítica  $V_c$ , podría provocar un resalto hidráulico, porque la mezcla aire – líquido, tiene un volumen superior al del líquido libre de aire, en la sección de escurrimiento, **el tirante admisible no debe ser mayor al 50 % del diámetro del colector y emisarios**, y **0.75% en secundarios**, para asegurar la ventilación del tramo.

La velocidad crítica es definida por:

$$V_c = V_A = 6.0 \sqrt{g R_H}$$

$$V_A = 3 \left[ g * D \left( 1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right) \right]^{1/2}$$

Donde:

$V_c$  = velocidad crítica en m/s

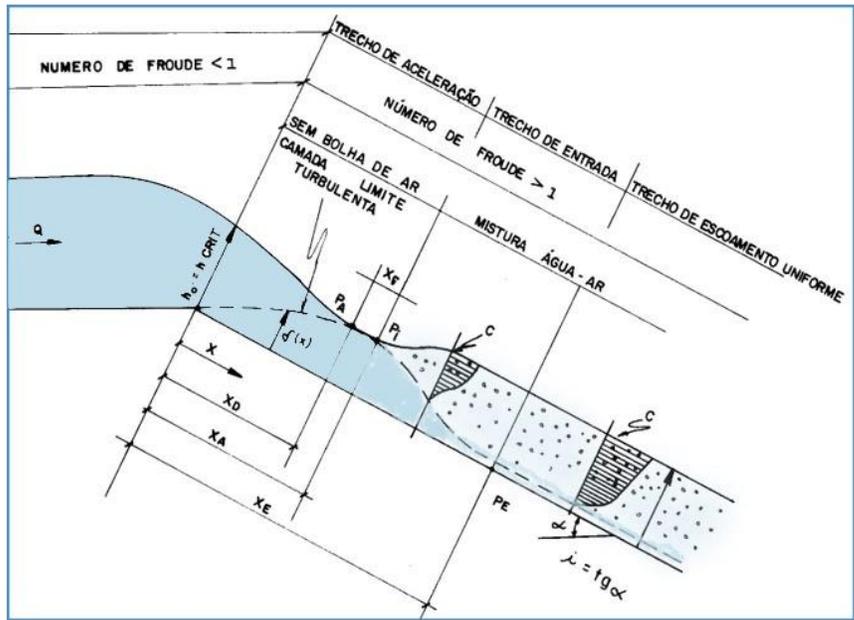
$g$  = aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>

$R_H$  = radio hidráulico en m

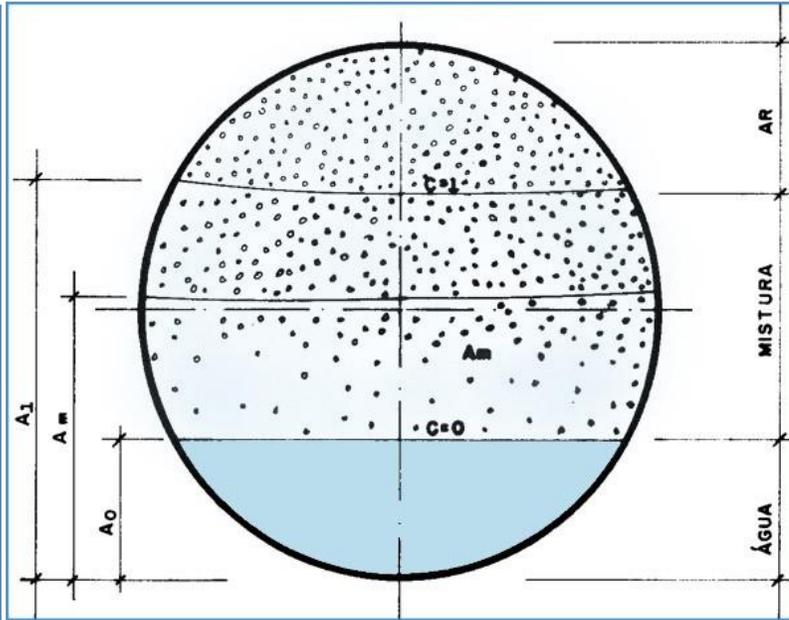
$D$  = diámetro de la tubería, m

$\Theta$  = ángulo central en grados (sexagesimal)

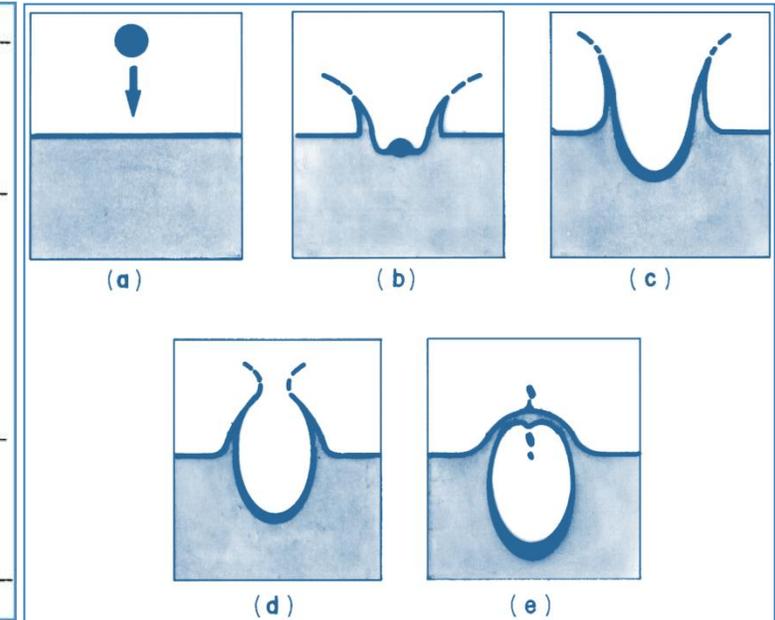
# Mecanismos de lá entrada de Aire



Sección longitudinal de una tubería con gran pendiente



SECCION TRANSVERSAL DE UN CONDUCTO CON MEZCLA AGUA-AIRE



Formación de una bola de aire por la caída de una gota de agua

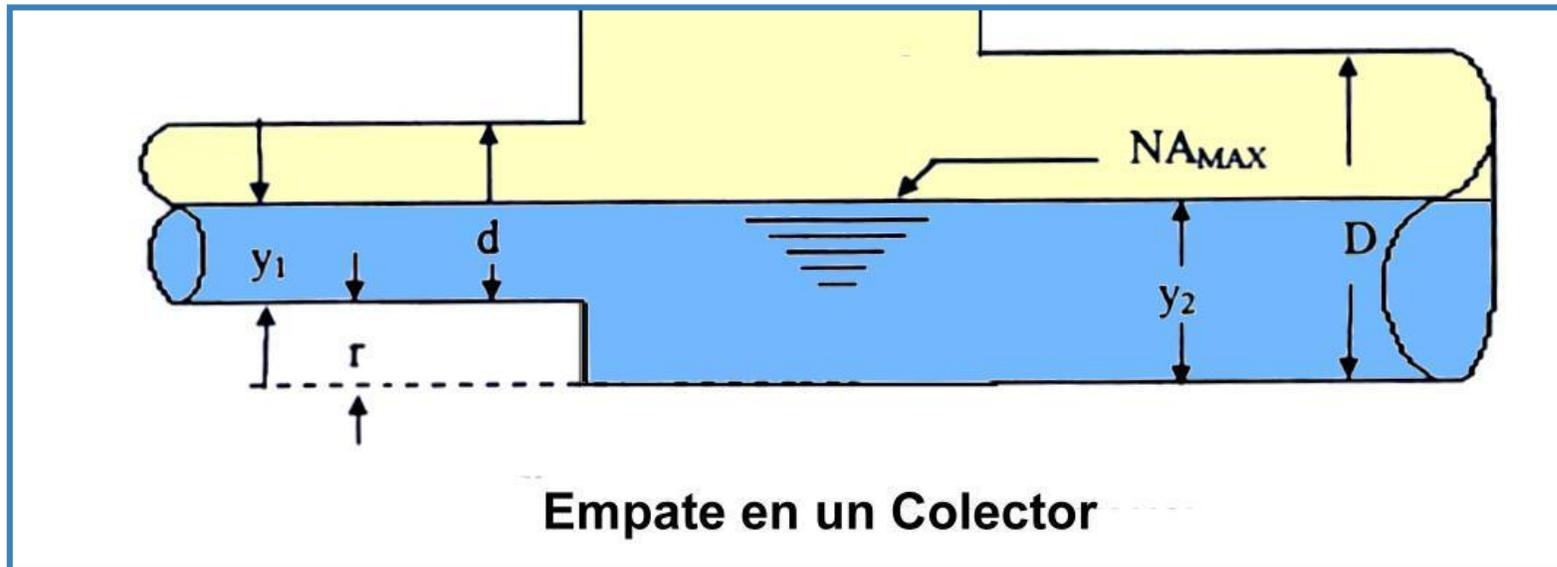
*Velocidad limite  
para que ocurra  
entrada de aire,  
 $V_a$ , en el intervalo  
 $0,50 \leq y/D \leq 0.75$*

y/D	100	150	200	250	300
0.50	2.97	3.64	4.20	4.70	5.14
0.51	2.99	3.66	4.23	4.73	5.18
0.52	3.01	3.68	4.25	4.75	5.21
0.53	3.02	3.70	4.28	4.78	5.24
0.54	3.04	3.72	4.30	4.81	5.27
0.55	3.06	3.74	4.32	4.83	5.29
0.56	3.07	3.76	4.35	4.86	5.32
0.57	3.09	3.78	4.37	4.88	5.35
0.58	3.10	3.80	4.39	4.91	5.37
0.59	3.12	3.82	4.41	4.93	5.40
0.60	3.13	3.83	4.43	4.95	5.42
0.61	3.14	3.85	4.44	4.97	5.44
0.62	3.15	3.86	4.46	4.99	5.46
0.63	3.17	3.88	4.48	5.01	5.48
0.64	3.18	3.89	4.49	5.02	5.50
0.65	3.19	3.90	4.51	5.04	5.52
0.66	3.20	3.92	4.52	5.06	5.54
0.67	3.21	3.93	4.54	5.07	5.56
0.68	3.22	3.94	4.55	5.09	5.57
0.69	3.23	3.95	4.56	5.10	5.59
0.70	3.23	3.96	4.57	5.11	5.60
0.71	3.24	3.97	4.58	5.12	5.61
0.72	3.25	3.98	4.59	5.13	5.62
0.73	3.25	3.98	4.60	5.14	5.63
0.74	3.26	3.99	4.61	5.15	5.64
0.75	3.26	4.00	4.61	5.16	5.65

# Condición de control de remanso

**Siempre que la cota del nivel de agua en la salida de cualquier PI (pozo de inspección ) o TIL ( tubo de inspección y limpieza ) estuviere por encima de cualquiera de las cotas de los niveles de agua en la entrada, debe verificarse la influencia del remanso en el tramo de arriba, el empate estar dado por:**

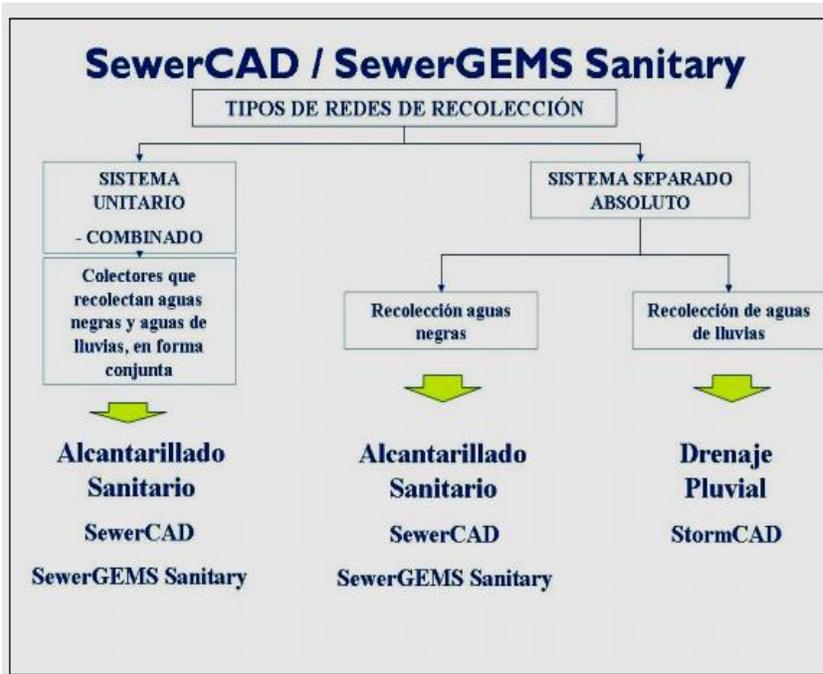
$$r = \frac{y_2}{D}D - \frac{y_1}{d}d$$



# Programas de cálculo

Con las hojas y los nuevos programas de cálculo existentes, el diseño y los dibujos de los sistemas de alcantarillados se vuelven más fáciles y eficientes.

Los adelantos en la tecnología del alcantarillado permiten ahorros significativos en los costos no dan información sobre las cantidades de obra para la preparación de presupuestos y permiten la elaboración de planos.



### SewerCAD / SewerGEMS Sanitary



WaterCAD  
StormCAD  
PondPack  
CulvertMaster  
FlowMaster

SewerCAD

SewerCAD Stand Alone  
SewerCAD for AutoCAD  
SewerCAD for Microstation  
SewerGEMS Sanitary

Visitar las siguientes páginas WEB:  
[www.bentley.com](http://www.bentley.com)

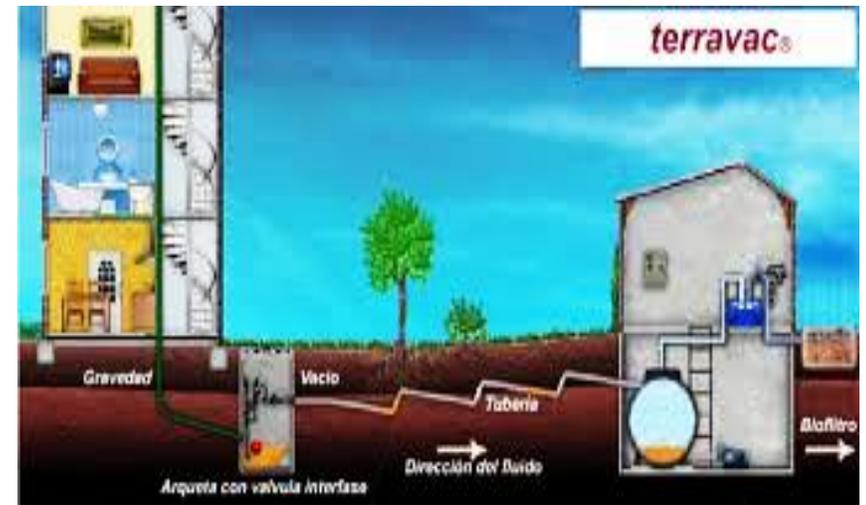
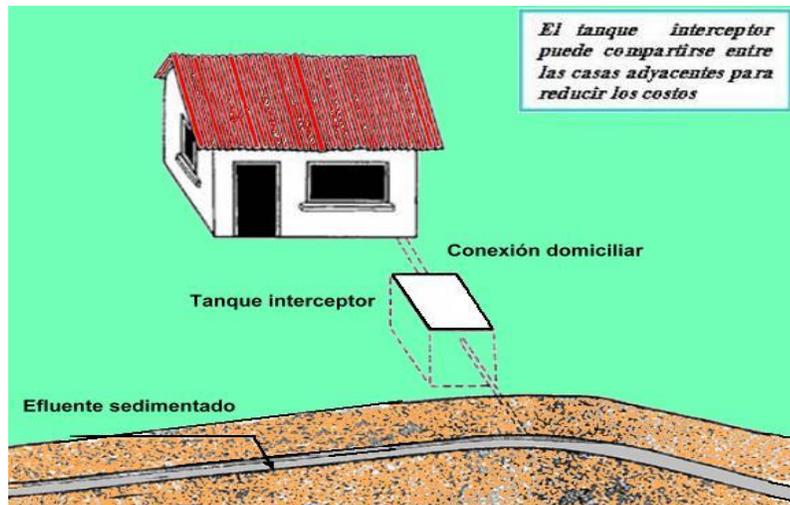
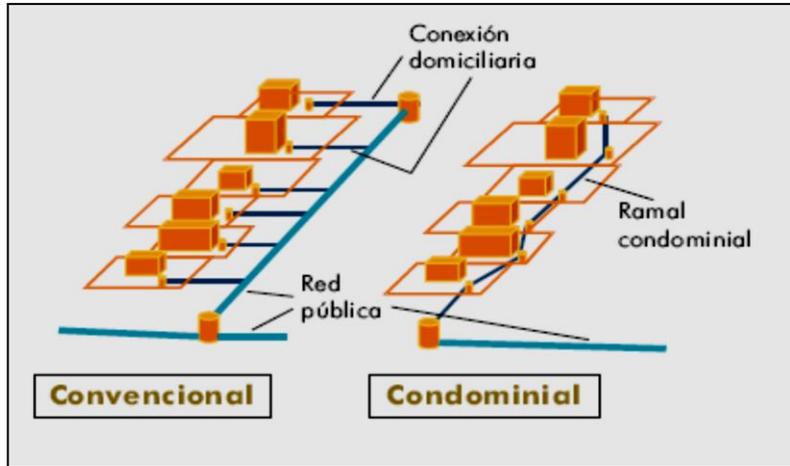
V8i (SELECTseries 2)  
V8i

### SewerCAD / SewerGEMS Sanitary

Plataforma de Trabajo	Entorno Gráfico	Cartografía / Planimetría	Edición de la Planimetría	La extensión principal del SewerCAD es:
SewerCAD Stand Alone	Propio	*.DXF *.SHP *.JPG *.BMP *.TIF	Se realiza en el programa de origen	*.SWG
SewerCAD for AutoCAD	AutoCAD	*.DWG	Editable	En un proyecto se generarán otros archivos como:
SewerGEMS Sanitary	ArcGIS	*.SHP	Editable	

# Tecnologías disponibles

- Convencional
- Condominial
- Simplificado
- Pequeño Diámetro
- De vacío

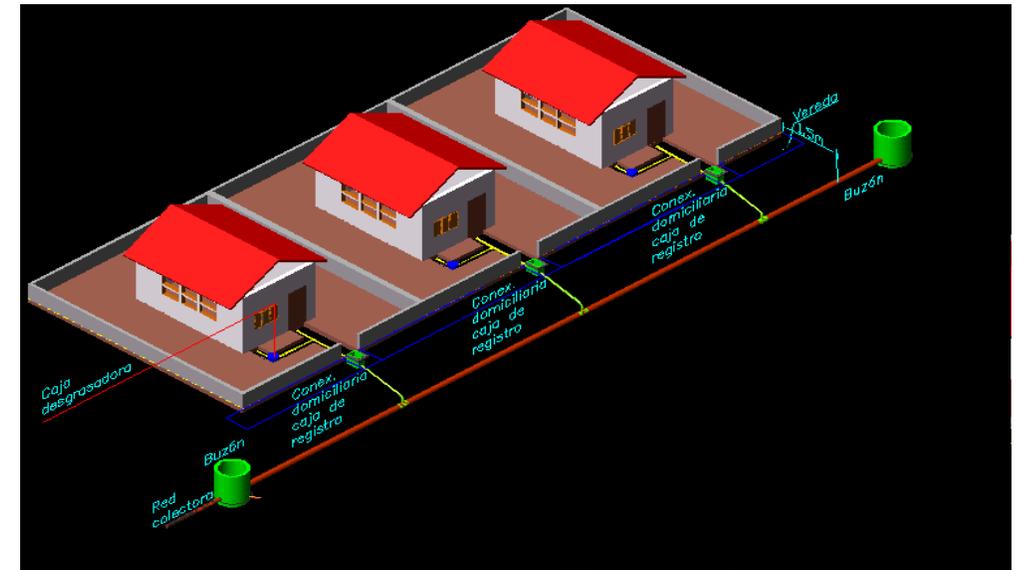


# Alcantarillado Convencional

Va por el centro de la calle y la conexión se hace por enfrente del lote, mediante una caja que se une a la tubería ubicada en la calle.

## Características

- Diámetro mínimo **20** cm (actualmente 15cm)
- Profundidad mínima  $\geq$  **1.50** m
- Velocidad mínima **0.60** m/s a tubo lleno
- Velocidad Máxima **3.0** m/s a tubo lleno
- Si el diámetro requerido no es un tamaño comercial se aproximara al inmediato superior.
- Nunca se descargará el contenido de una tubería más grande en una más pequeña, aunque tenga mayor capacidad por su mayor pendiente.
- En todas la intercepciones hay pozos.

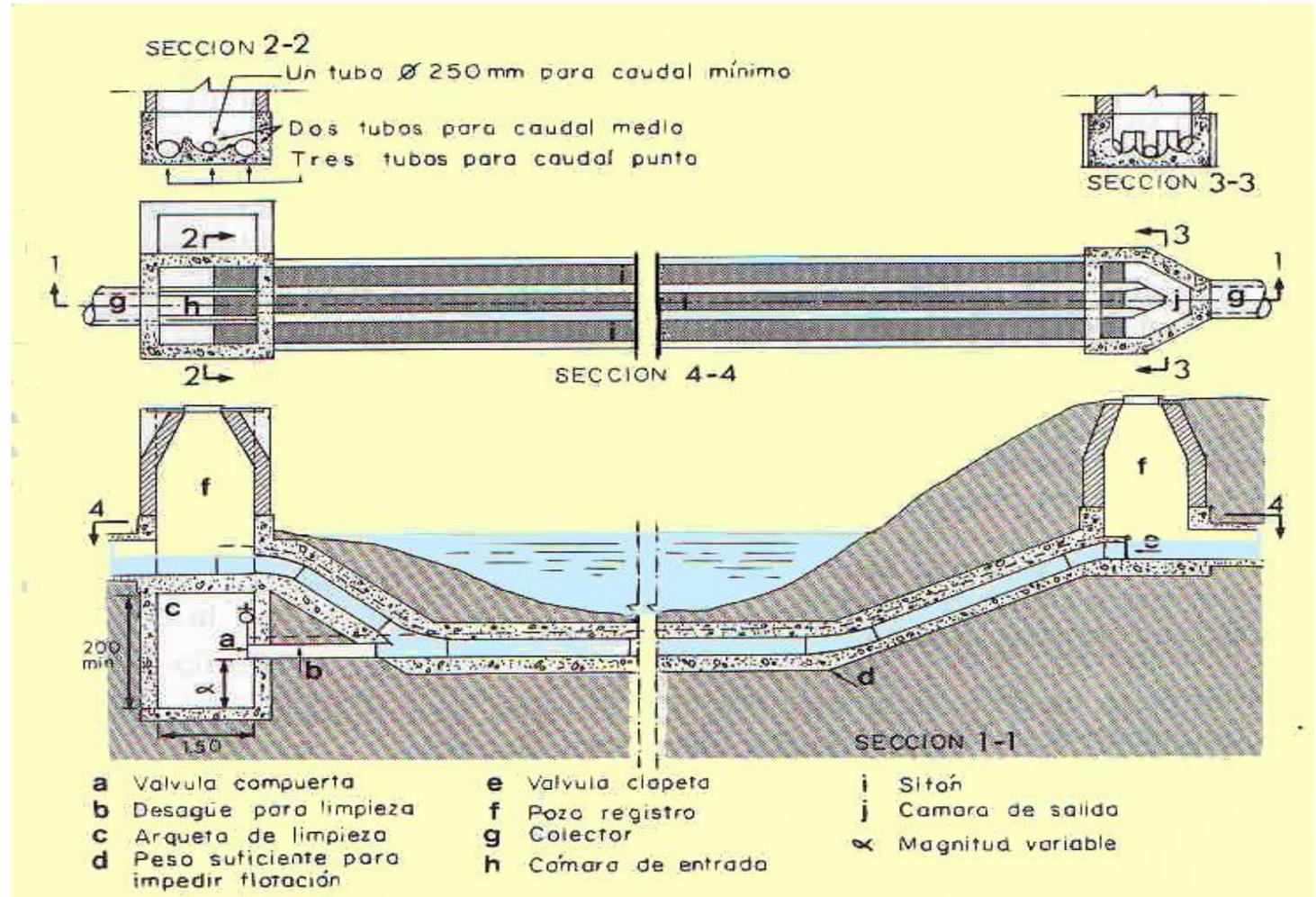




# Sifón Invertido

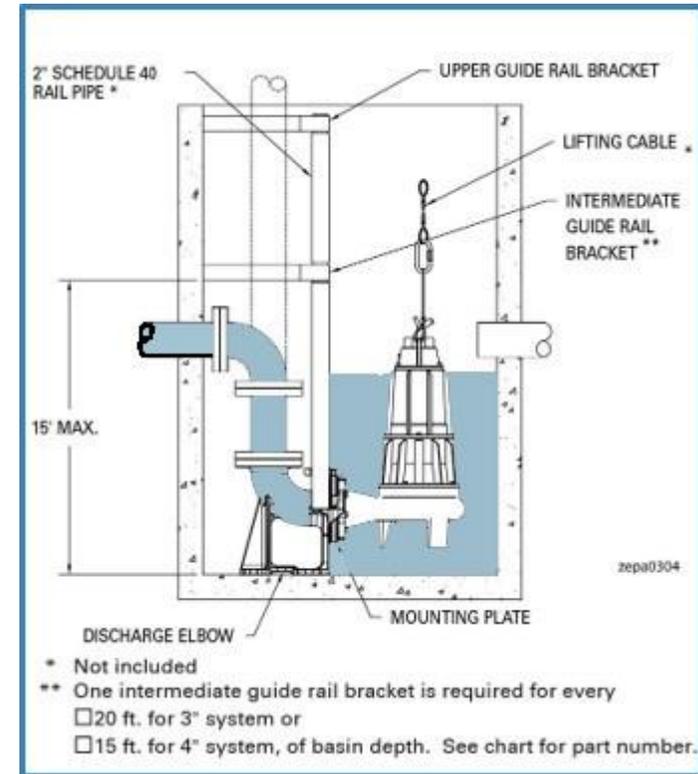
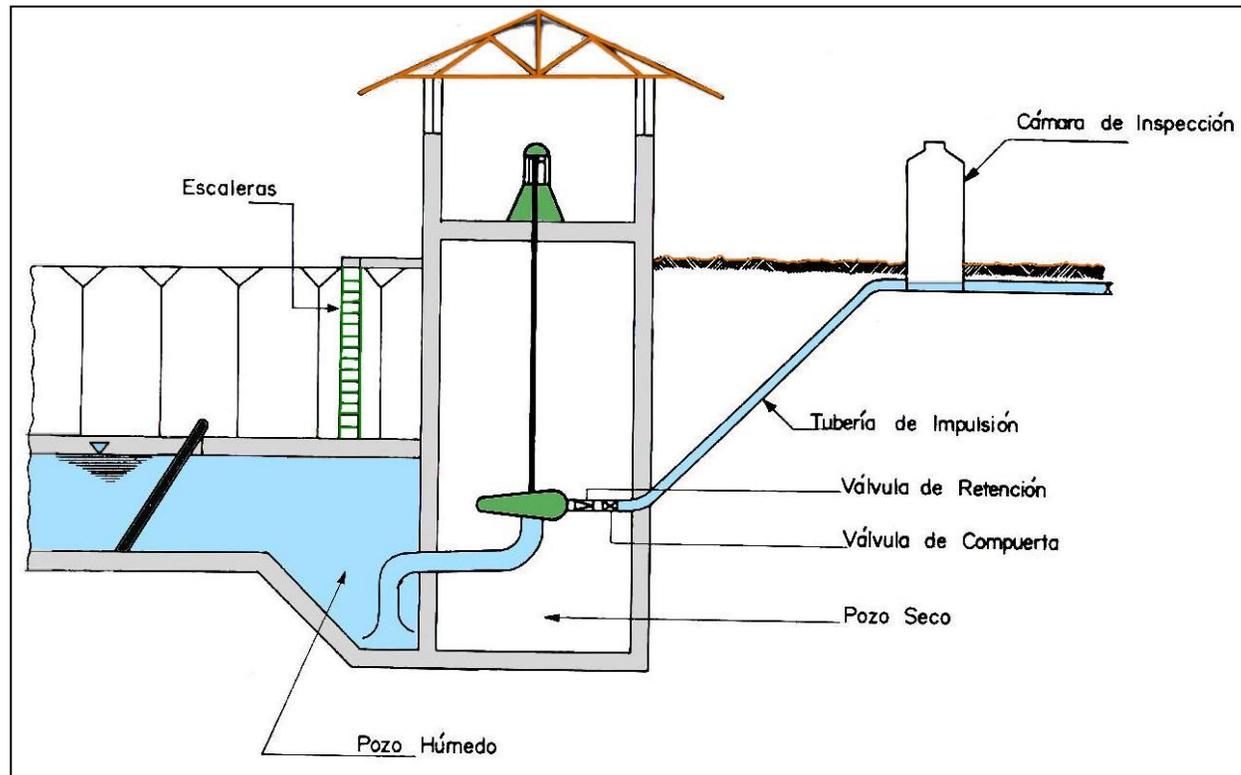
Se utilizan para pasar por debajo de obstáculos, como tubos enterrados, ferrocarriles subterráneos, o lechos de corrientes superficiales. Son conductos que **funcionan totalmente llenos bajo la acción de la gravedad, con presión en el conducto, mayor que la atmosférica.**

Consta generalmente de dos o más tubos, el menor conduce el caudal mínimo o de tiempo seco, y los otros los aumentos adicionales de caudal.



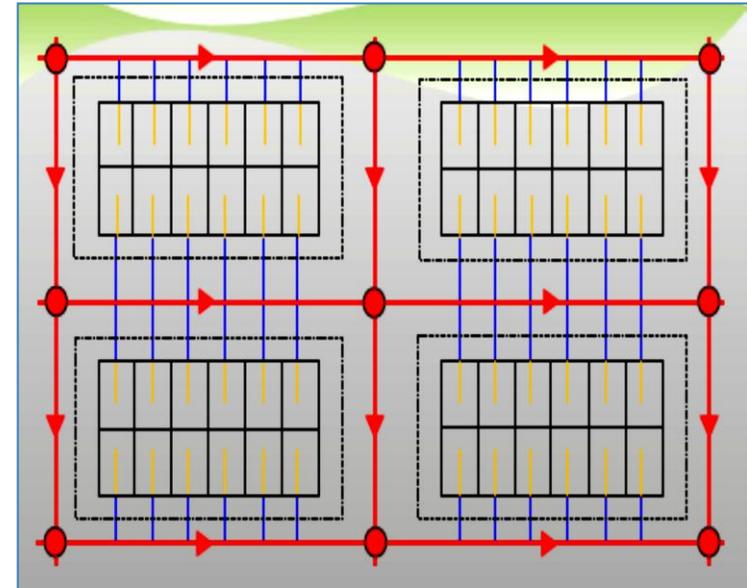
# Estaciones Elevadoras

Se utilizan para extraer las aguas negras o residuales, de un determinado sector que no puede ser drenado por gravedad. O en lugares de topografía plana, donde la pendiente para lograr velocidades adecuadas, exige excavaciones profundas



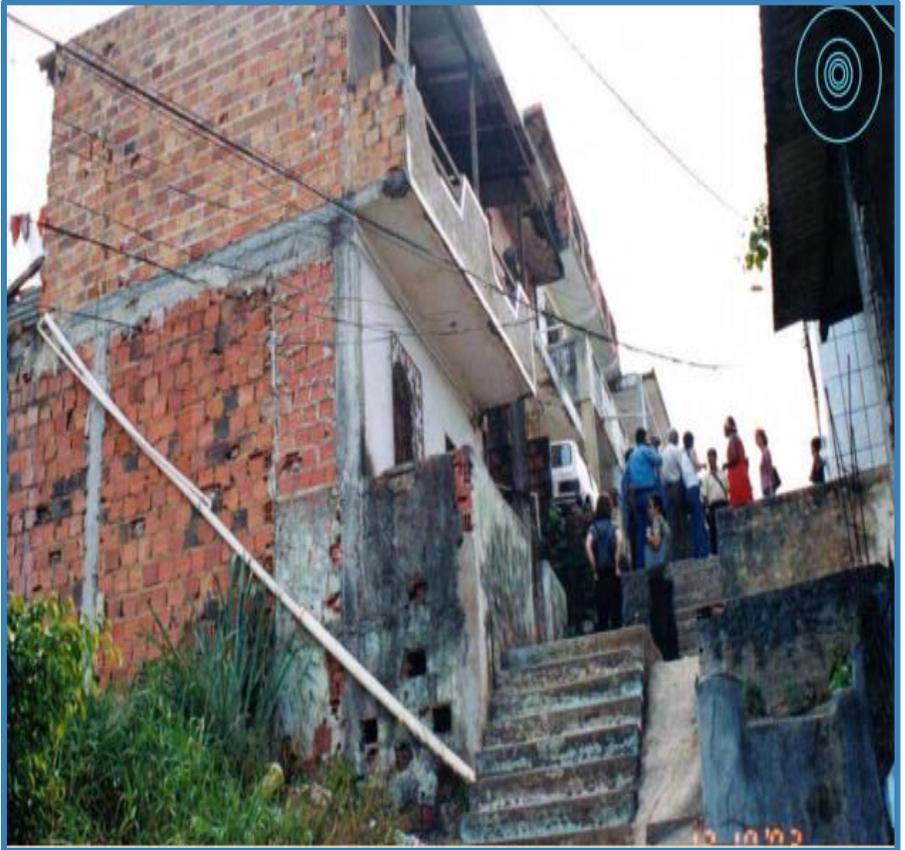
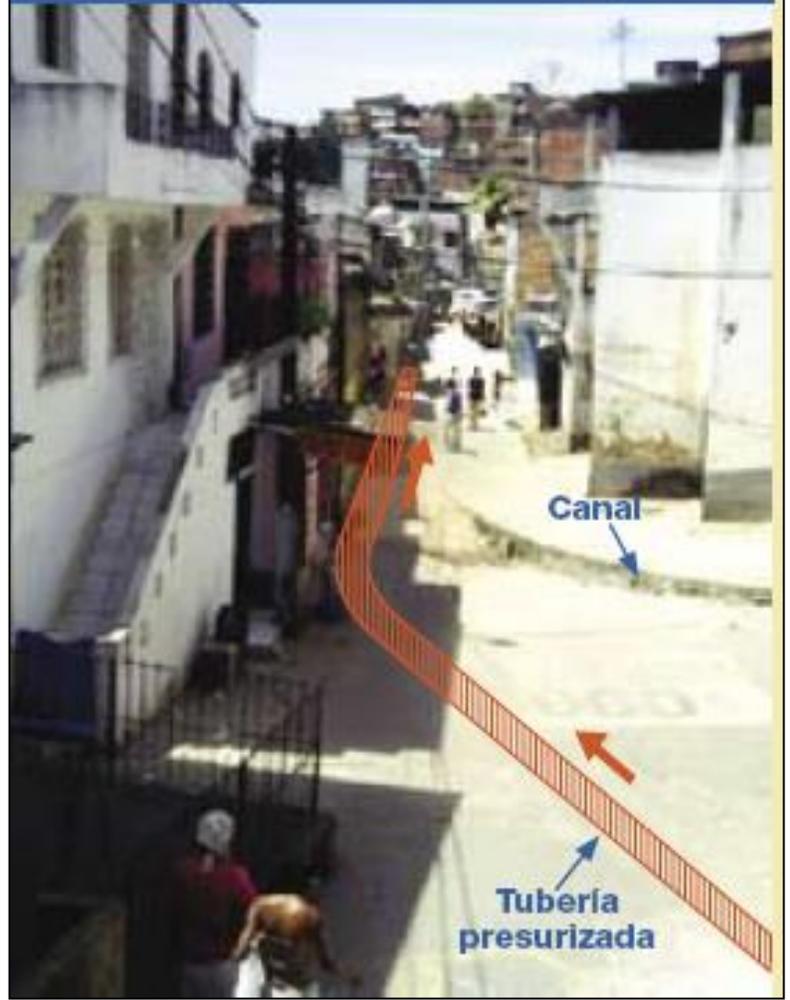
# Desventajas del Alcantarillado Convencional

- ✓ Diámetro mínimo de tuberías **200mm**, actualmente **100mm**
- ✓ Colectores colocados a **grandes profundidades** **>1.20m**
- ✓ **Pozos ubicados al inicio del colector**, en intersección, cambios de pendiente y dirección y longitudes mayores a **100m**.
- ✓ **Pozos de inspección grandes y profundos** con elevado costo de construcción
- ✓ **Criterios de diseño muy rígidos** y exigentes, algunas más exigentes que las utilizadas por George Waring Jr. en 1879.



# Alcantarillado no convencional

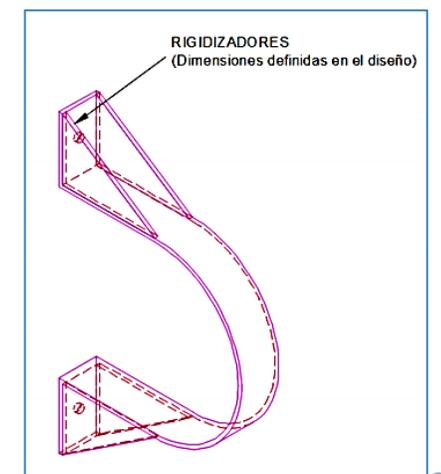
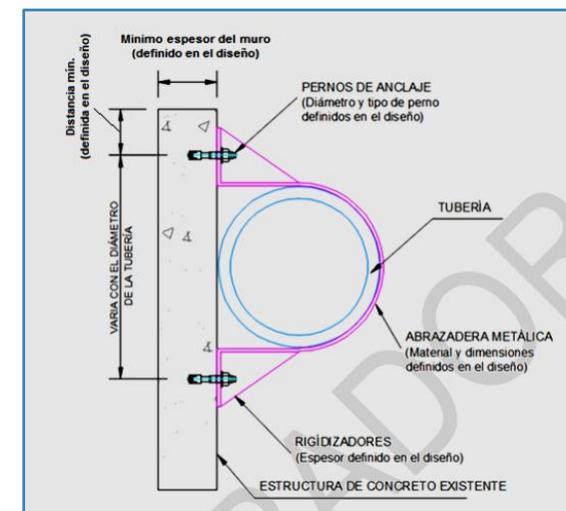
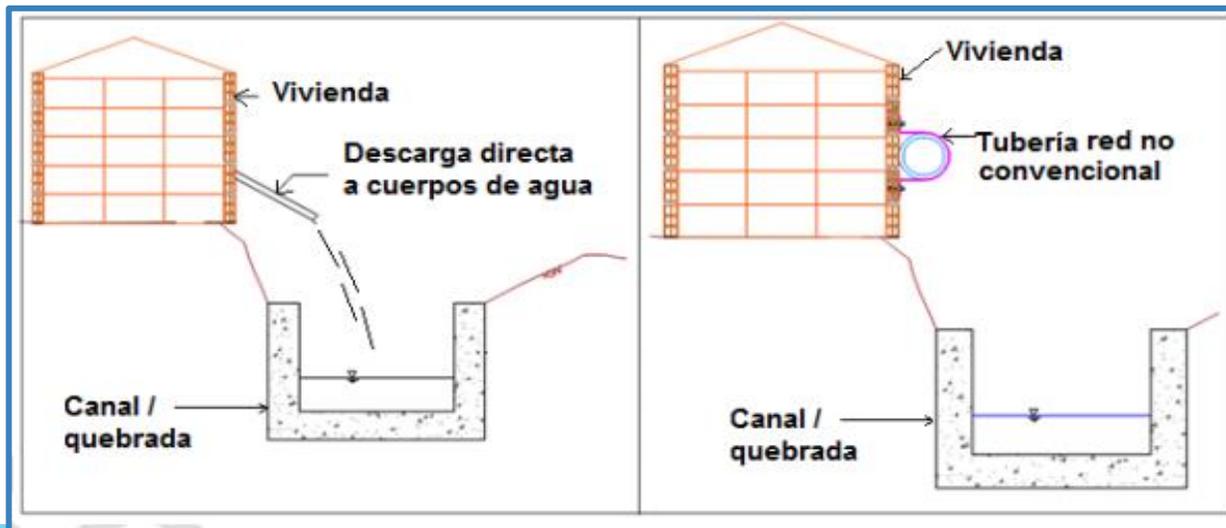
Ilustración del área que necesita alcantarillado presurizado



# Soluciones no convencionales según las características del sitio



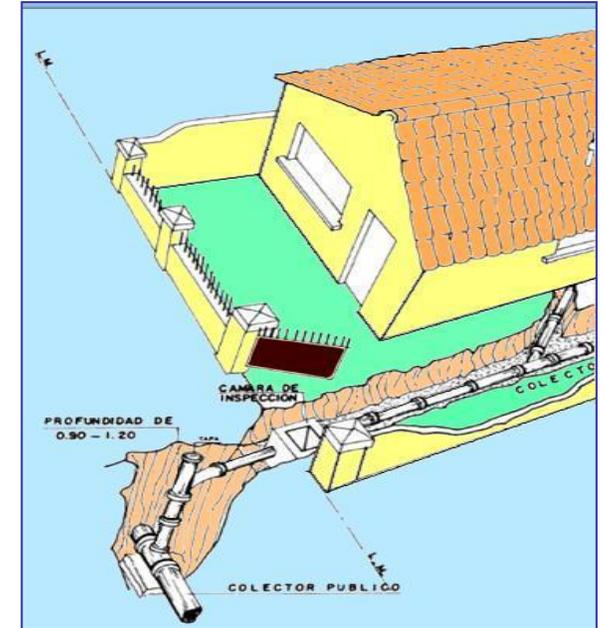
# Soluciones no convencionales





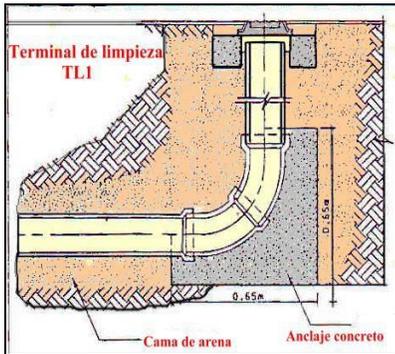
# Características de la Red de alcantarillado Simplificado (RAS)

- **El trazo es similar** al alcantarillado convencional
- **La atención es individual y por enfrente del lote**
- Se diseñan con **criterios hidráulicos actualizado**
- El **Diámetro mínimo** de tuberías es de **100mm**
- **Simplificación y minimización del uso de materiales y de los criterios constructivos**
- Las redes simplificadas **deberán conectarse a una red de alcantarillado convencional** o a una planta depuradora local.
- **El costo** de construcción del RAS es del **20 a 30% inferior al del alcantarillado convencional**.
- **El sistema es aplicable a cualquier tipo de urbanización**, preferiblemente cuando se tenga una densidad de población > **150** hab/ha.

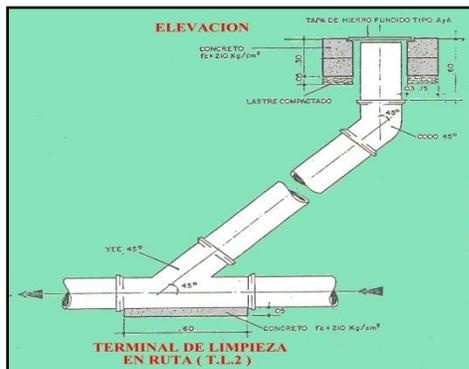


# Innovaciones Constructivas RAS

- Se **sustituyen pozos de registro (PR)** en los tramos iniciales por terminales de limpieza (TL1) en profundidades < **2.0m**, sobre el fondo del tubo y para tuberías de hasta **250mm**.

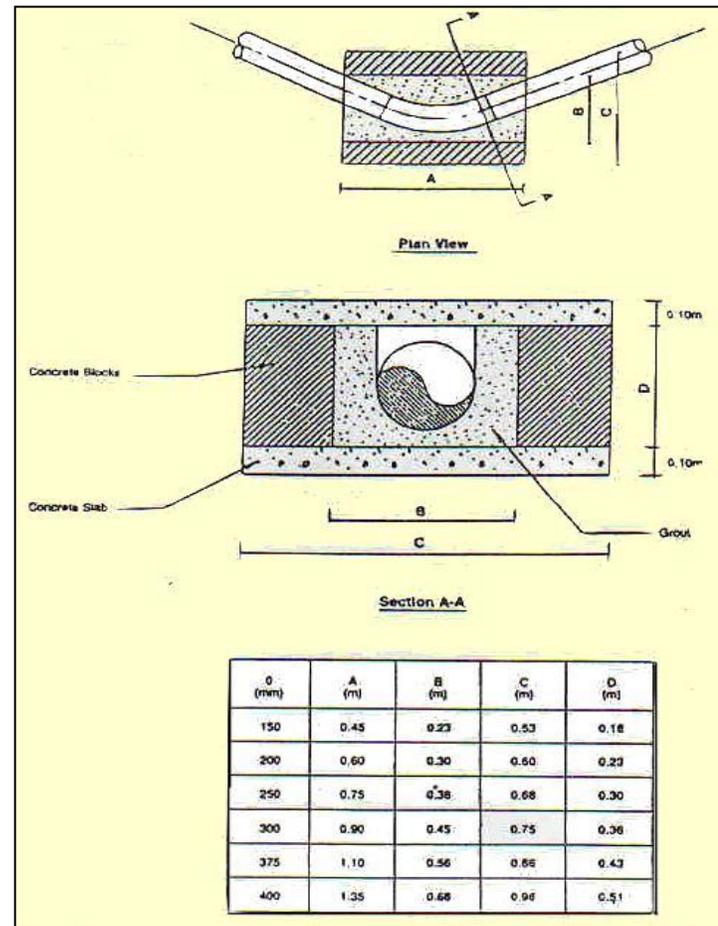
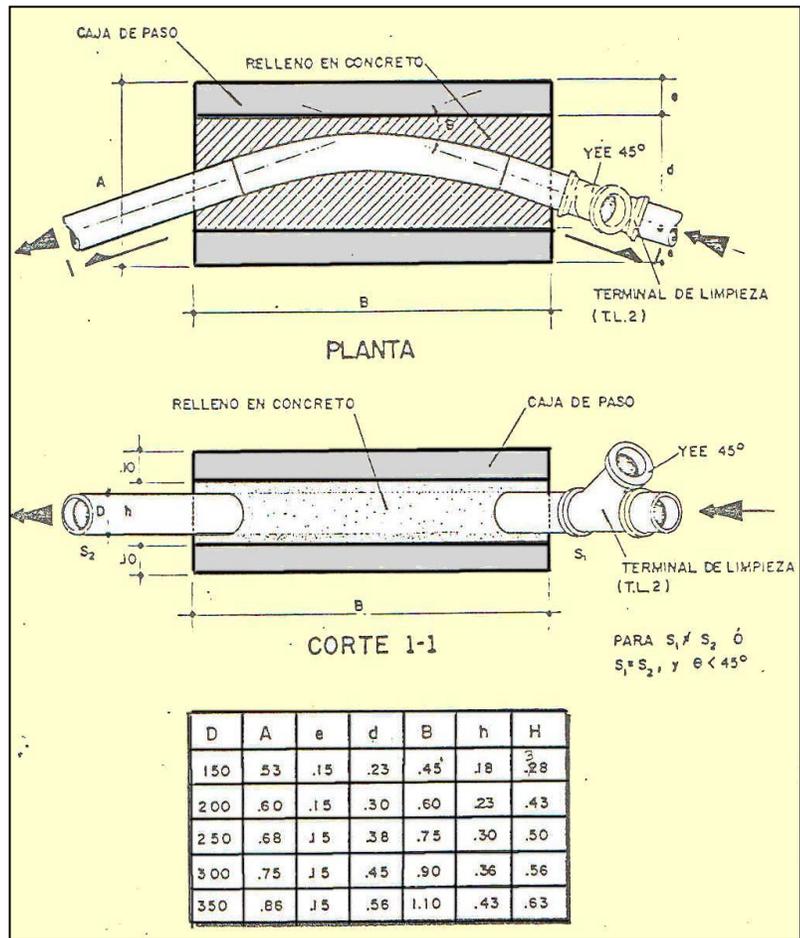


- Para un tramo recto (sin interconexión de otras tuberías) se sustituyen PR a cada **100 - 150m** por "Terminales de limpieza en Línea" (TL2), para profundidades < **2.0m** sobre el fondo del tubo y para tuberías < **250mm**.



# Cajas de paso CP.2

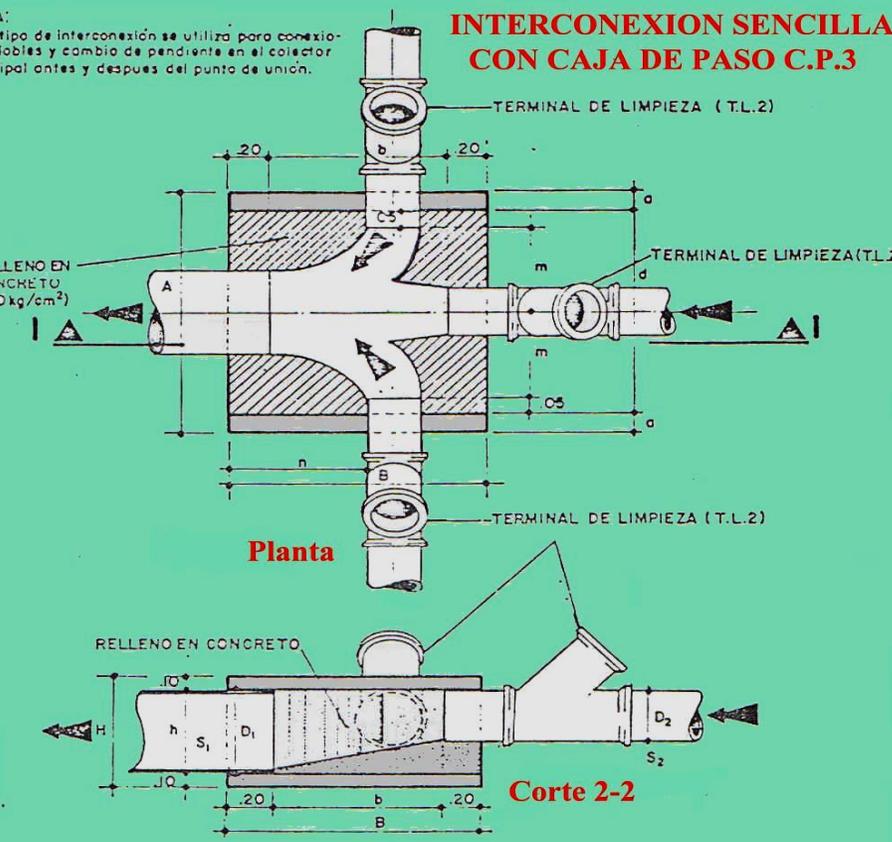
Se sustituyen PR por “Cajas de Paso” (CP) en: **cambios de pendiente, cambios de diámetro; cambios de alineamiento; caídas** de hasta **0.50m**; **intersecciones** dentro de la red a menos que se especifique un PR. Las CP se instalarán hasta profundidades de **2.0m** y para tubos de hasta **250mm**



# Cajas de paso CP.3

**NOTA:**  
Este tipo de interconexión se utiliza para conexiones dobles y cambio de pendiente en el colector principal antes y después del punto de unión.

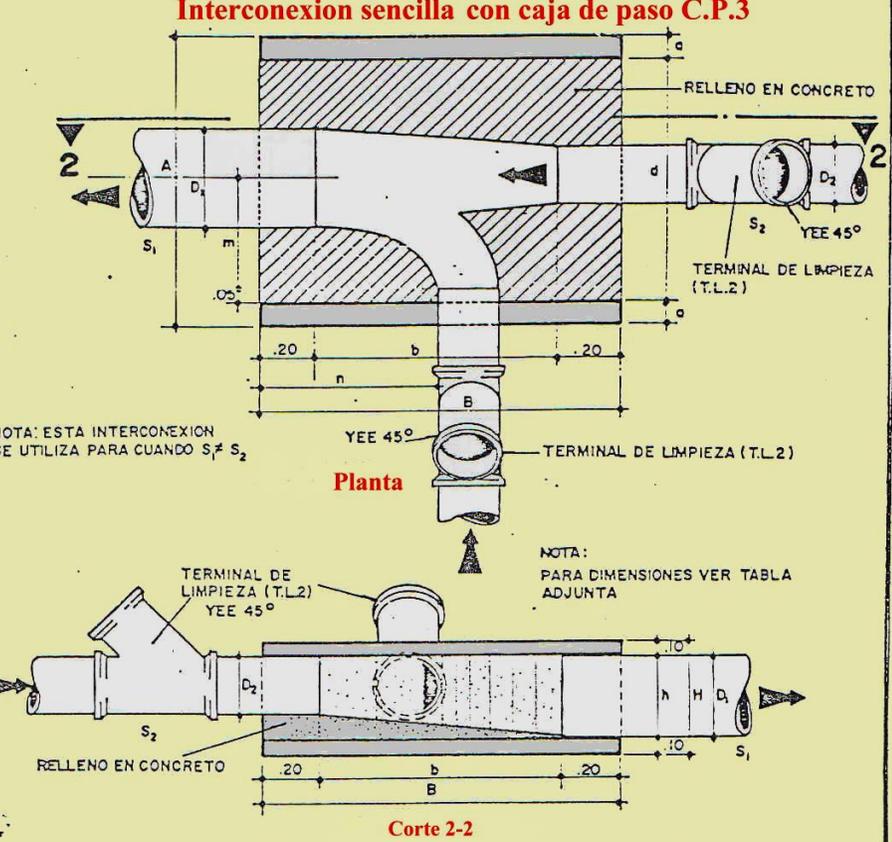
### INTERCONEXION SENCILLA CON CAJA DE PASO C.P.3



D	A	a	d	m	n	B	b	h	H
150	.75	.15	.45	.30	.50	.90	.50	.20	.40
200	.83	.15	.53	.35	.55	.90	.50	.25	.45
250	.86	.15	.56	.35	.55	.98	.58	.32	.52
300	.98	.17	.64	.40	.60	1.05	.65	.38	.58
350	1.02	.17	.68	.40	.60	1.20	.80	.45	.65

DISEÑO: ING. LUIS ANTONIO SALAS S. SIN ESCALA

### Interconexion sencilla con caja de paso C.P.3



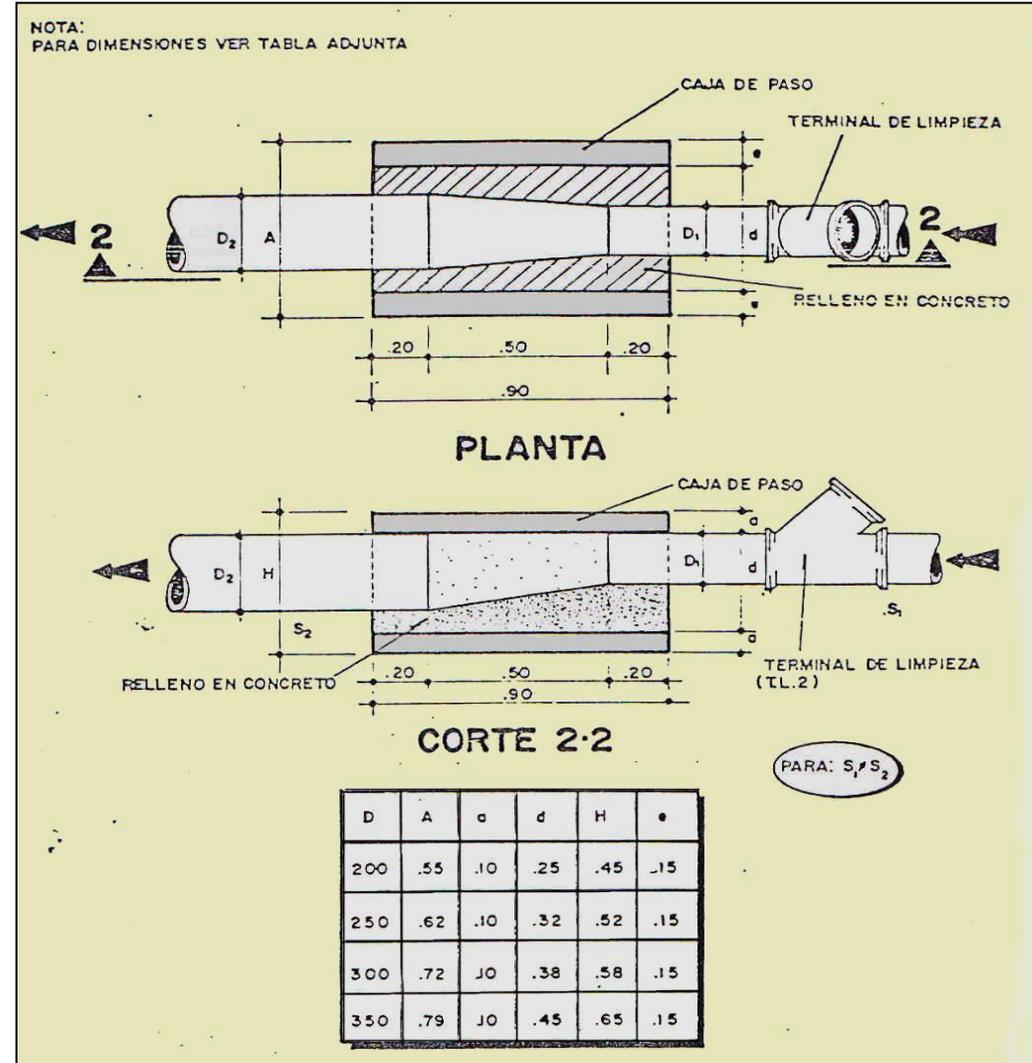
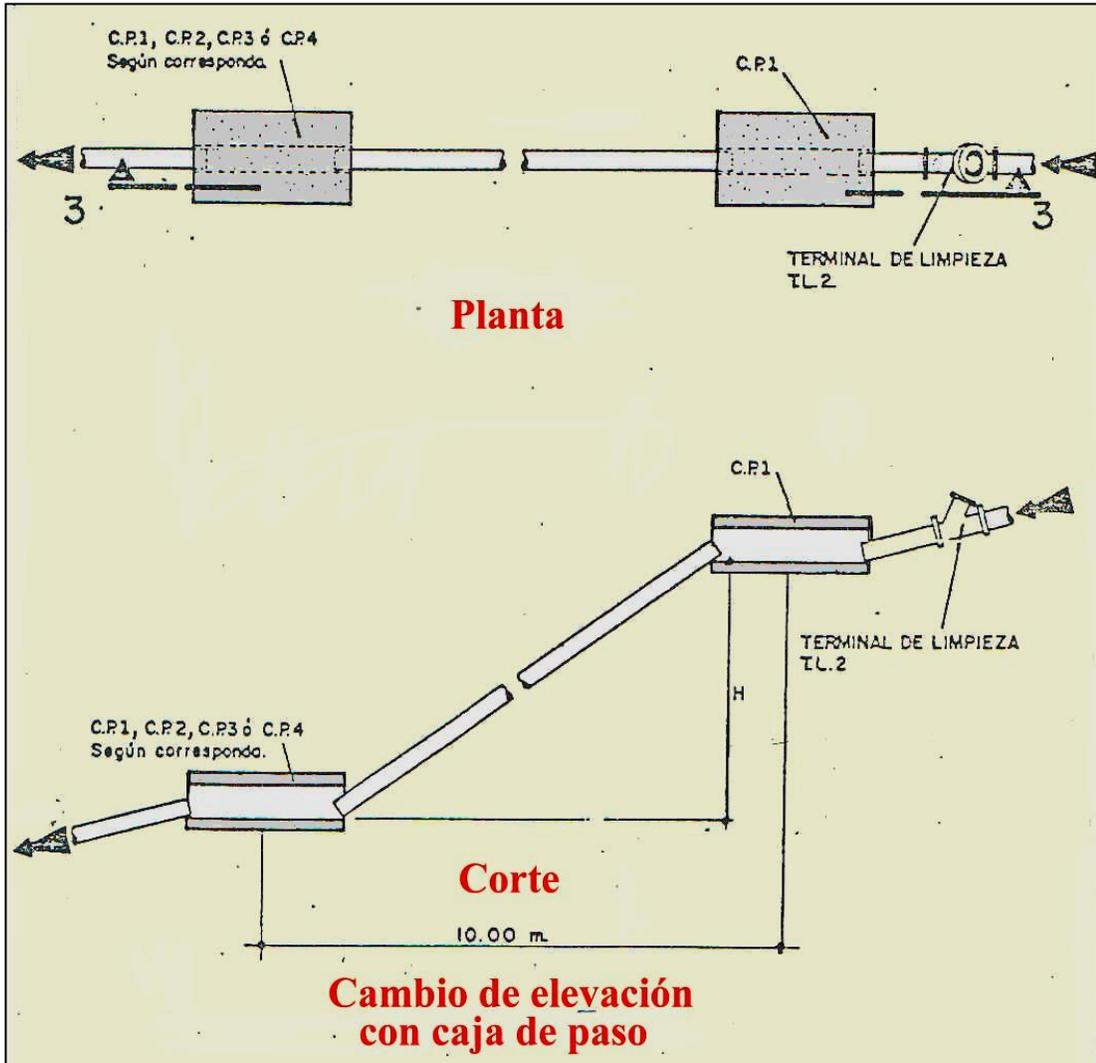
**NOTA:** ESTA INTERCONEXION SE UTILIZA PARA CUANDO  $S_1 \neq S_2$

**NOTA:** PARA DIMENSIONES VER TABLA ADJUNTA

D	A	a	d	m	n	B	b	h	H
150	.75	.15	.45	.30	.50	.90	.50	.20	.40
200	.83	.15	.53	.35	.55	.90	.50	.25	.45
250	.86	.15	.56	.35	.55	.98	.58	.32	.52
300	.98	.17	.64	.40	.60	1.05	.65	.38	.58
350	1.02	.17	.68	.40	.60	1.20	.80	.45	.65

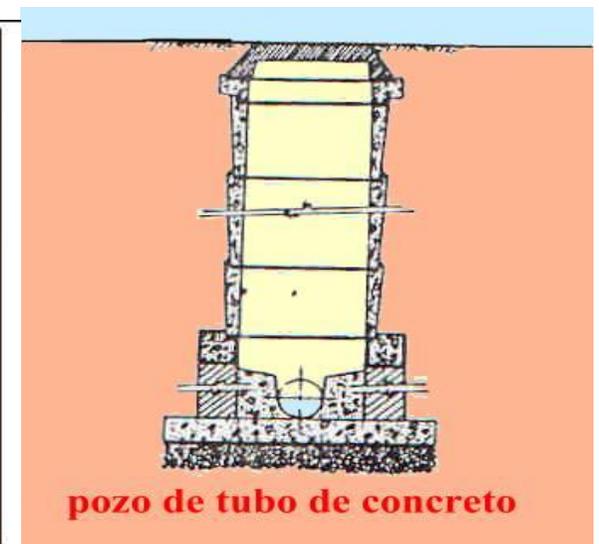
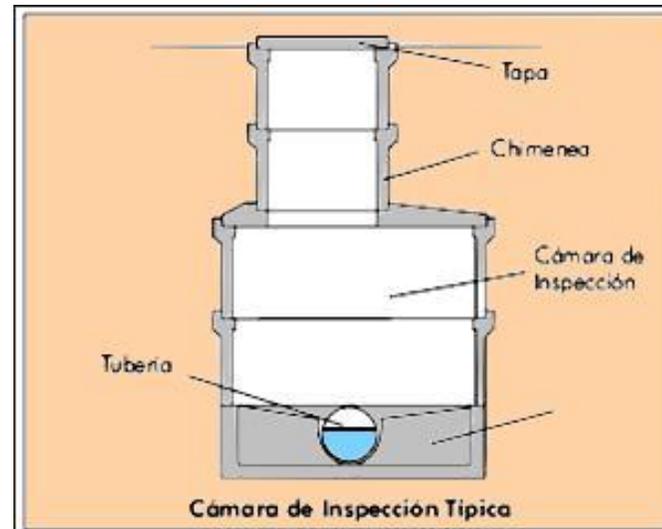
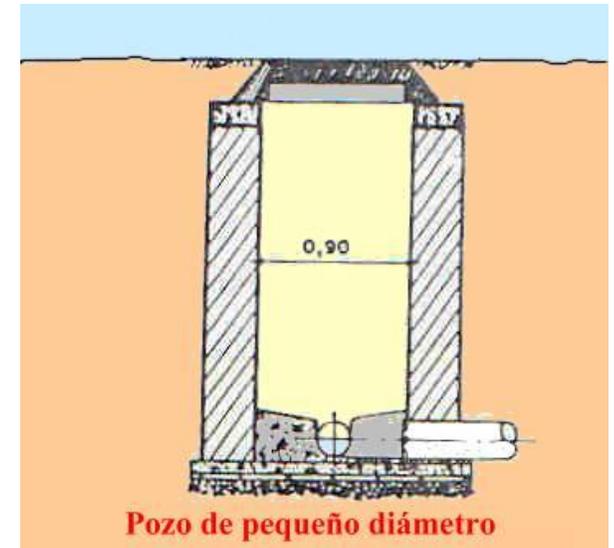
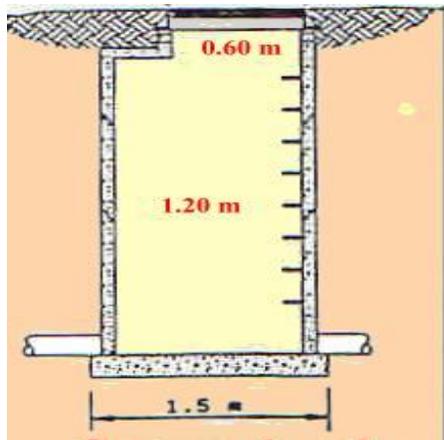
DISEÑO: ING. LUIS ANTONIO SALAS S. SIN ESCALA

# Cajas especiales

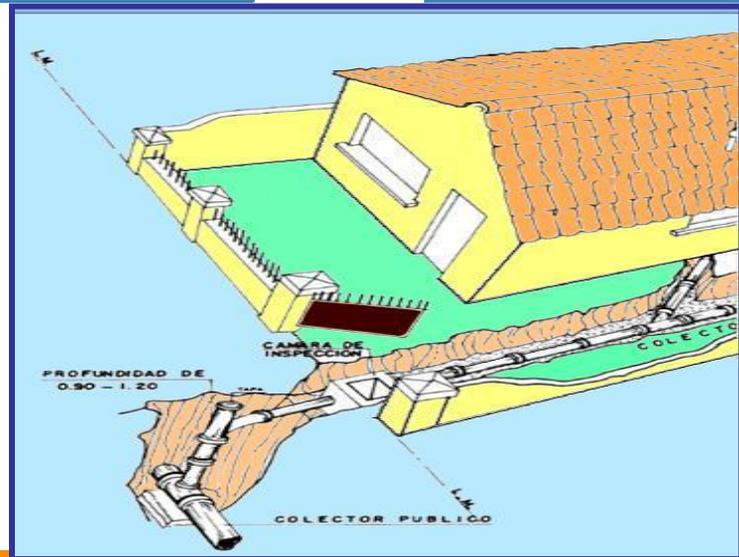
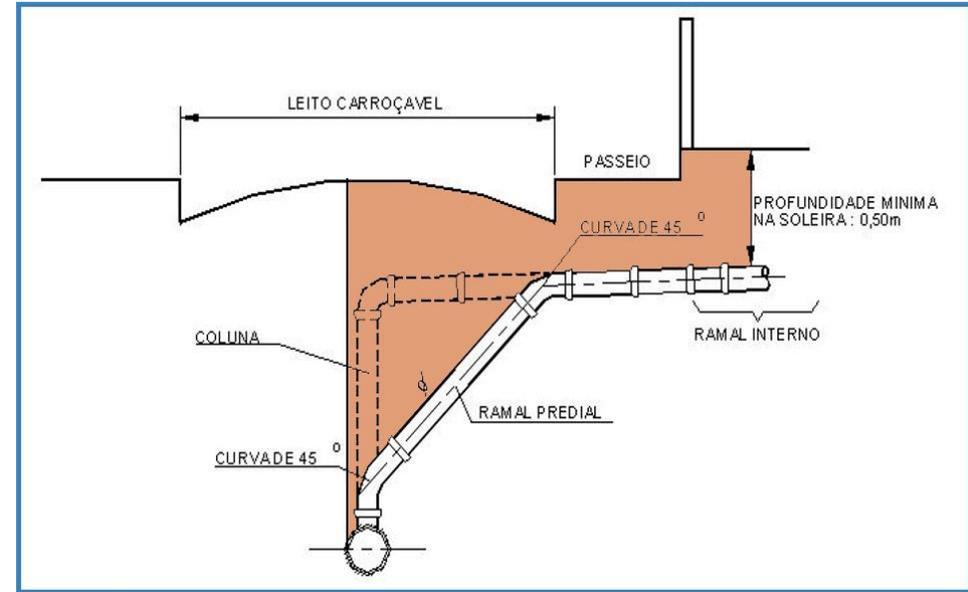
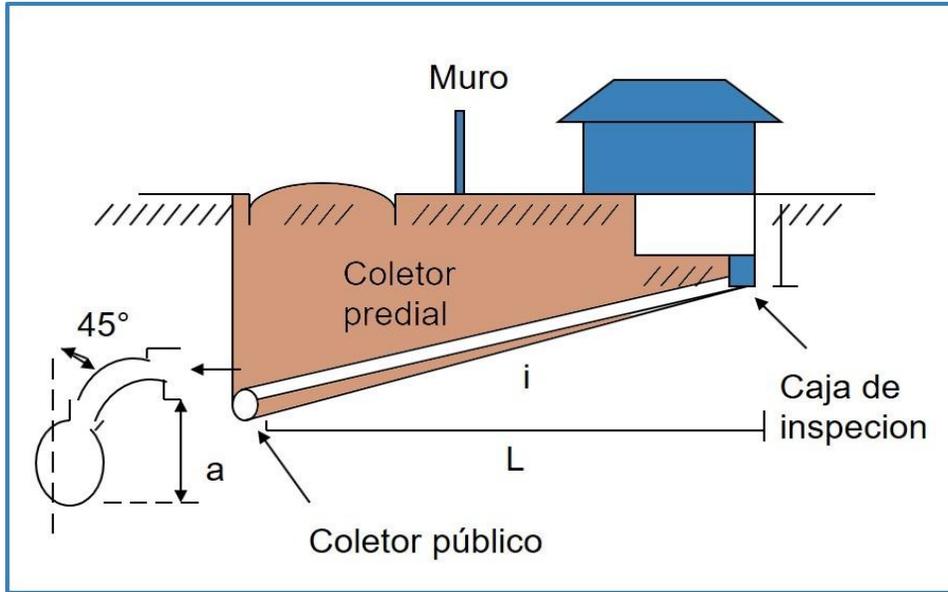


# Pozos de registro

- Los PR de **0.80m** de diámetro interno (PR1) se instalarán:
  - ✓ a cada **200m** en la red;
  - ✓ caídas superiores a los **0.50m** y menores de **5.0m**;
  - ✓ cambios en alineamiento horizontal ( $> 45^\circ$ ), para profundidades  $< 3.0m$  y
  - ✓ tuberías  $< 250mm$ , caso contrario se utilizaran los PR de **1.0 o 1.20 m** (PR2)



# Nueva conexiones domiciliarias

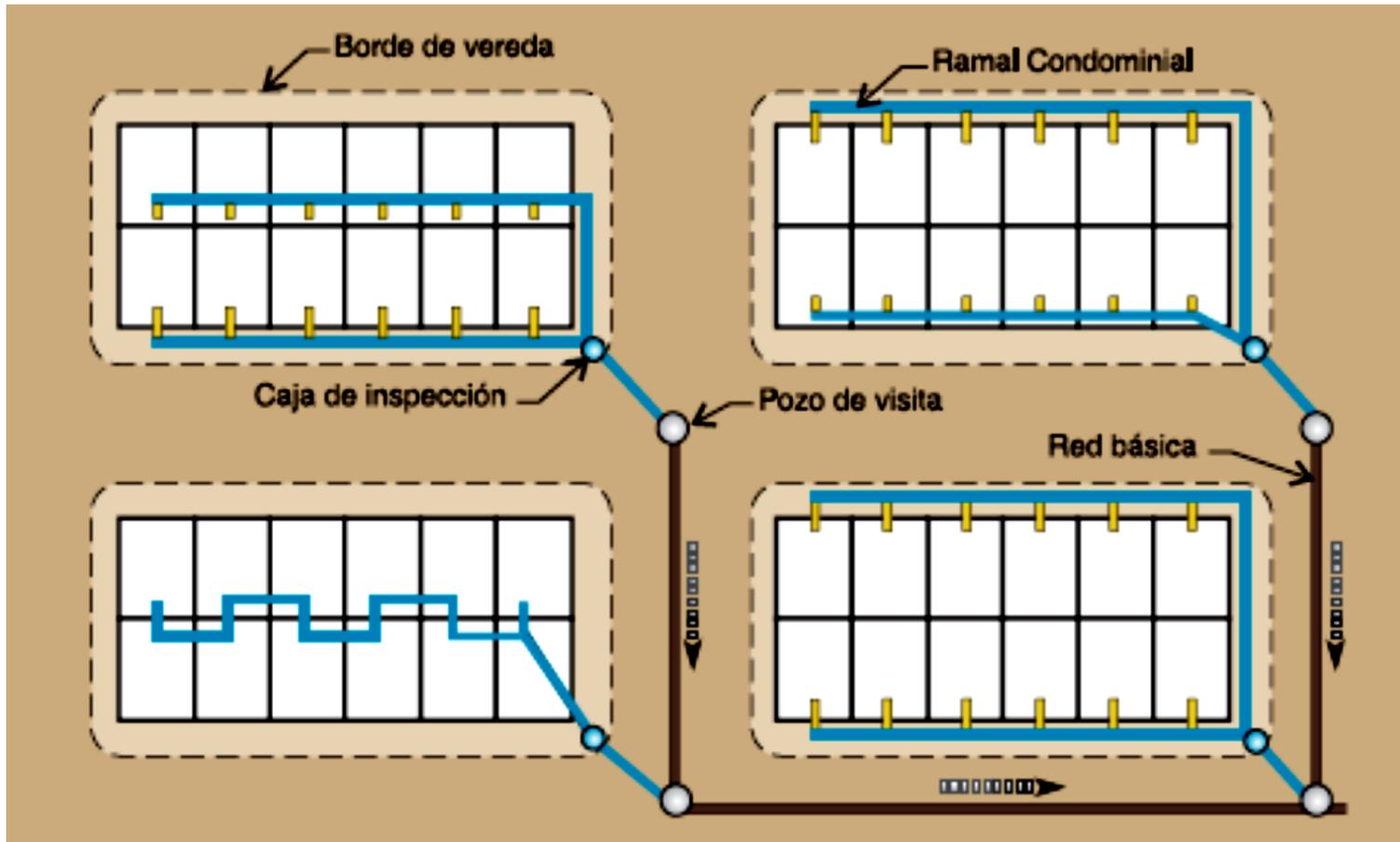




# *Receso 1, para Preguntas*

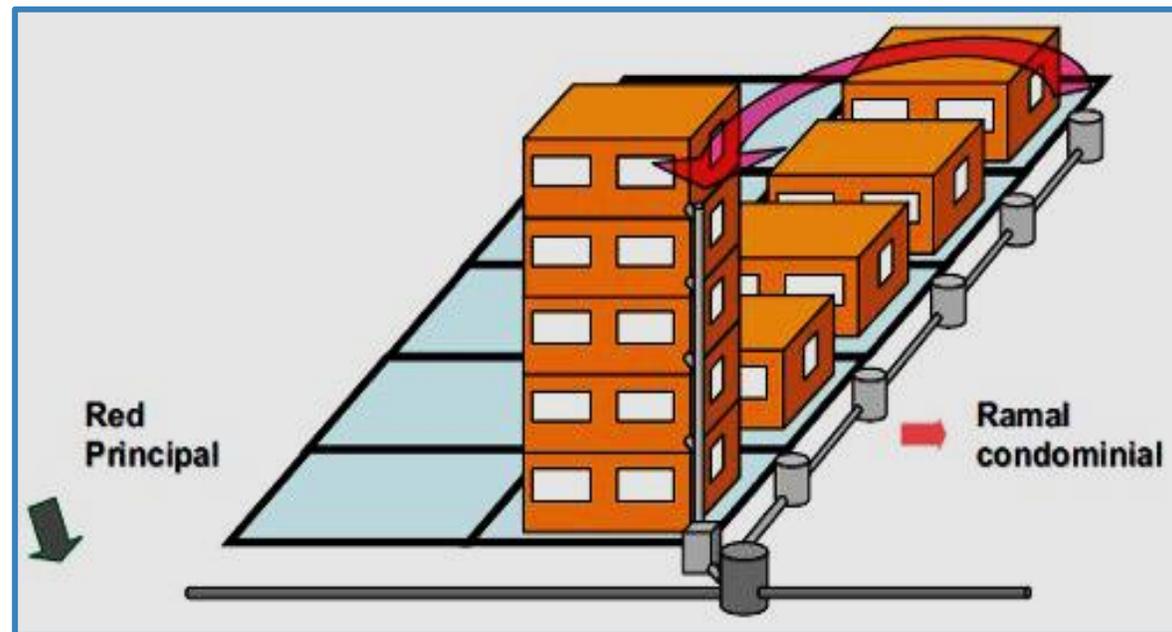
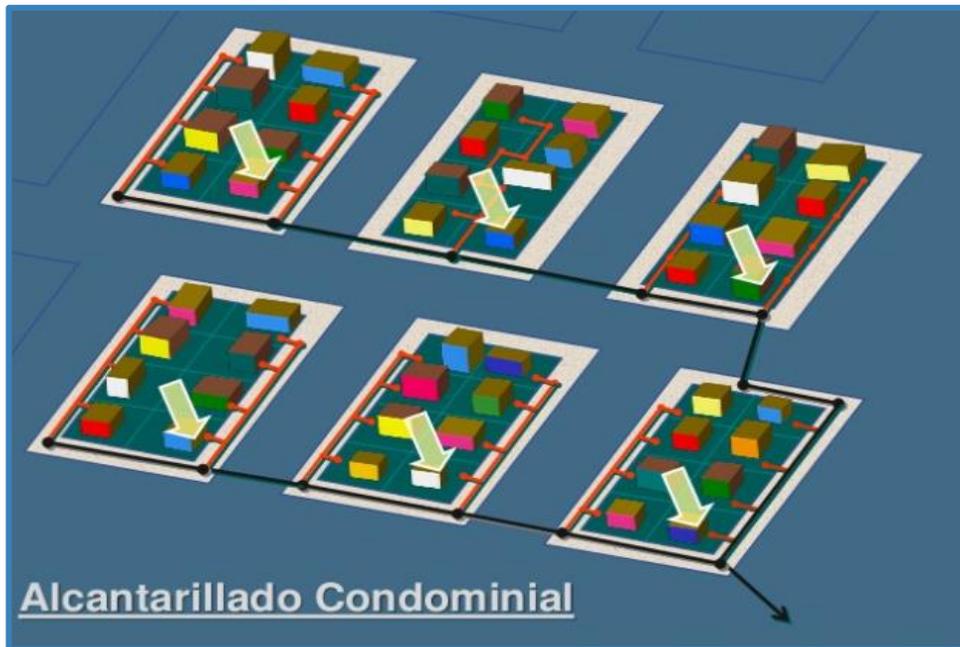
# Alcantarillado condominial

Se originó en Brasil en la década de los años **80**.



# Alcantarillado condominial, filosofía y conceptos

- Alcantarillado condominial **es una mezcla de la participación comunitaria con tecnologías apropiadas**, para producir soluciones que combinen economía y eficiencia, buscando **crear condiciones para la universalidad** del acceso al alcantarillado sanitario.
- **Uno de los aspectos más revolucionarios es la conexión domiciliar condominial**, donde cada manzana se considera como si fuera la proyección horizontal de un edificio, **así como en un edificio todos tiene cobertura de agua y saneamiento en una manzana todos los habitantes tendrían los mismos derechos.**



## *Ideas básicas, del alcantarillado condominial*

- **Adecuación a la realidad.** falta de recursos, empleos y renta, miseria, hambre y enfermedades y gran diferencia en la distribución de la riqueza a nivel local y nacional.
- **La participación comunitaria.** Como un pacto de colaboración continua con los servicios de **construcción, operación y mantenimiento.**
- **Gradualismo.** Se debe buscar la más pronta atención a todos, con un solución gradual, **de estándares sucesivos**, también graduales
- **Implementación de un servicio continuo y permanente.** Aplicación desconcentrada en el mayor número posible de localidades.
- **Cambio y diferenciación del estándar.** La inversión pública se debe dirigir al estándar básico, para beneficia a las mayorías y los funcionarios que de el se aparten pasan a enfrentar la responsabilidad correspondiente.
- **Integración de los servicios.** Integración con otros servicios urbanos y la articulación entre organismos a favor de las comunidades.
- **La municipalización.** No que los servicios sean administrados por los municipios, sino el municipio **como instancia natural de intermediación entre el ente prestador y la sociedad.**

# Metodología de implementación

Requiere de un trabajo de movilización, que tiene la finalidad de crear condiciones para la participación de la comunidad, utilizando como instrumento principal la reunión condominial, en torno de la cual se desarrolla todo el proceso.

## **Etapas que preceden a su construcción.**

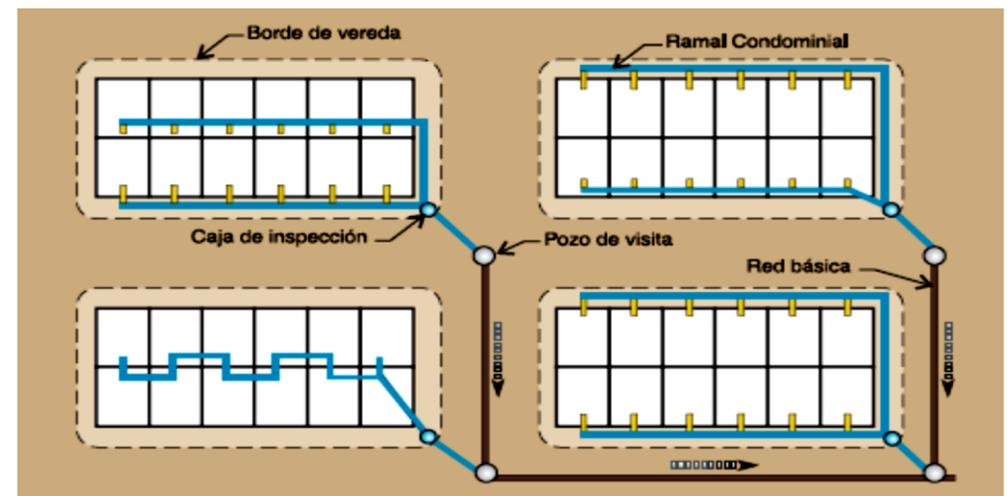
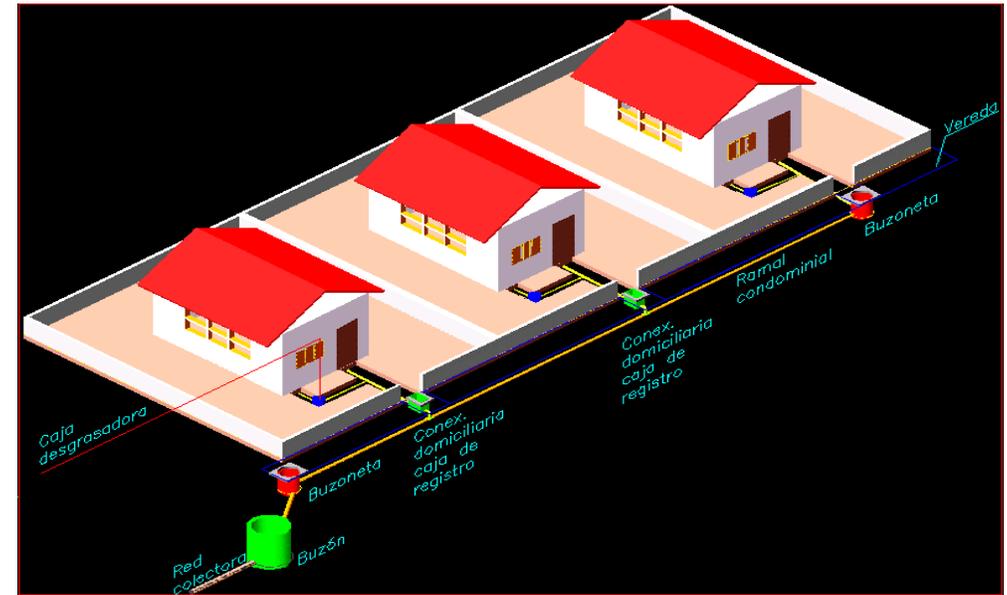
- **Caracterización del área.** Tiene como finalidad el conocimiento de la realidad local, en sus aspectos físicos, económicos y sociales. Contacto con líderes locales e instituciones actuantes en el área, articulación de acciones identificación de materiales servicios urbanos disponibles.
- **Reuniones de los condominios.** Tienen por objetivo presentar las ideas básicas y reglas del proyecto de alcantarillado condominial, definir la alternativas de solución e incorpora la población a través de la formación de condominios.
- **Termino de adhesión.** Es un documento firmado por los habitantes donde establecen el tipo de ramal de su preferencia y la forma como desean efectuar los pagos de la tasa de conexión.
- **Proyectos de ramales condominiales.** Son elaborados en base a levantamientos simplificados de campo pero con detalles suficientes para su construcción, posteriormente se realiza un levantamiento topográfico para elaborar los planos finales de construcción.

## *Servicios y apoyo de infraestructuras*

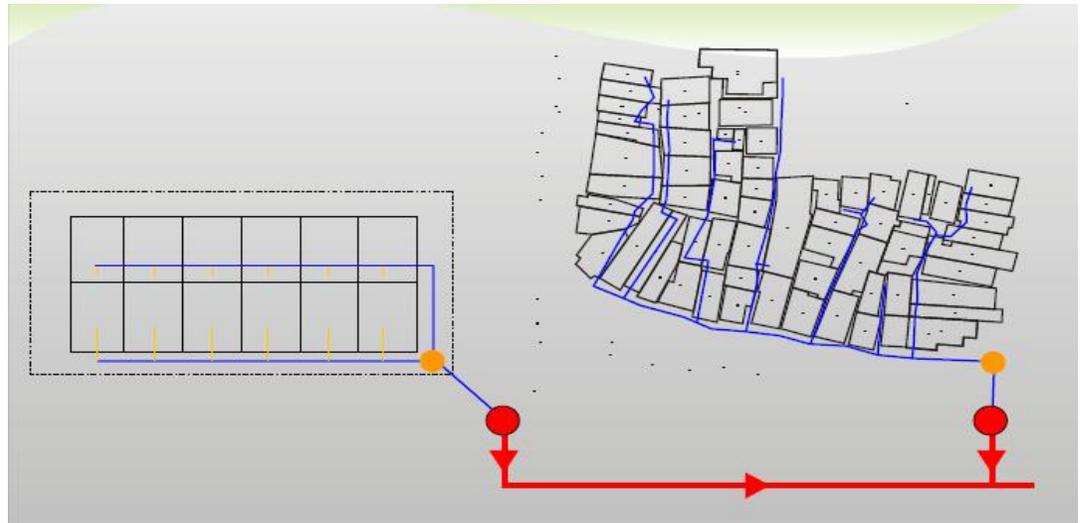
- ✓ La adopción del modelo propuesto **requiere esfuerzos conjuntos** de la **empresa** de alcantarillado, de la autoridad local (**municipio**) y los **beneficiarios**.
- ✓ **El organismo operador debe promover el proyecto**, explicar el sistema, convencer a las personas interesadas y asegurar su participación durante la construcción .
- ✓ Dicho organismo **diseña todo el sistema, construye los colectores públicos de las calles y las unidades de tratamiento y se encarga de su operación.**
- ✓ **El municipio se encarga de conseguir y ofrecer los terrenos** requeridos para las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento.
- ✓ **Los usuarios son responsables de la construcción** de la parte en régimen de condominio, **de su operación y mantenimiento**

# Características hidráulicas y criterios de diseño

- ✓ El sistema básico de recogida se diseña como un sistema simplificado, con colectores con un tamaño mínimo de **6"**.
- ✓ La derivación de conexión en régimen de condominio dentro de cada cuadra consiste en una tubería de **4"** con una pendiente mínima de **1%** y la conexión domiciliar de **3"**
- ✓ Dentro de las cuadras los registros se sustituyen por cajas de inspección superficiales.
- ✓ Una tubería de **4"** colocada con una pendiente de **1%** y con un tirante de **0.8D**, puede descargar **5.25L/s** y prestar servicio a más de **100** personas.



# Aplicación



# Componentes del alcantarillado condominial

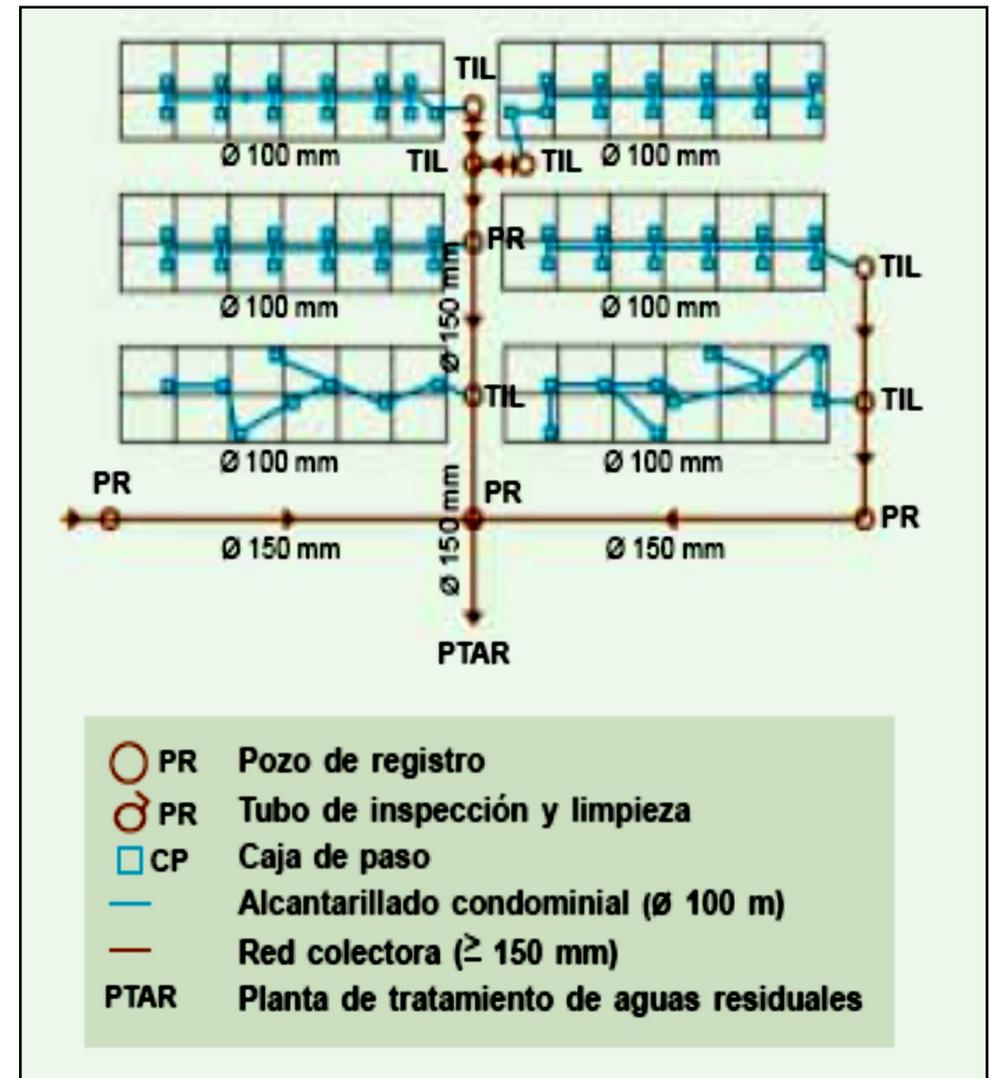
El sistema condominial comprende tres partes:

- **Ramales condominiales;**
- **los colectores públicos; y**
- **la planta de tratamiento.**

**Los colectores públicos se colocan igual que el alcantarillado convencional** en el centro de la calle pero no todas las calles tienen colector por eso la extensión de la red será menor.

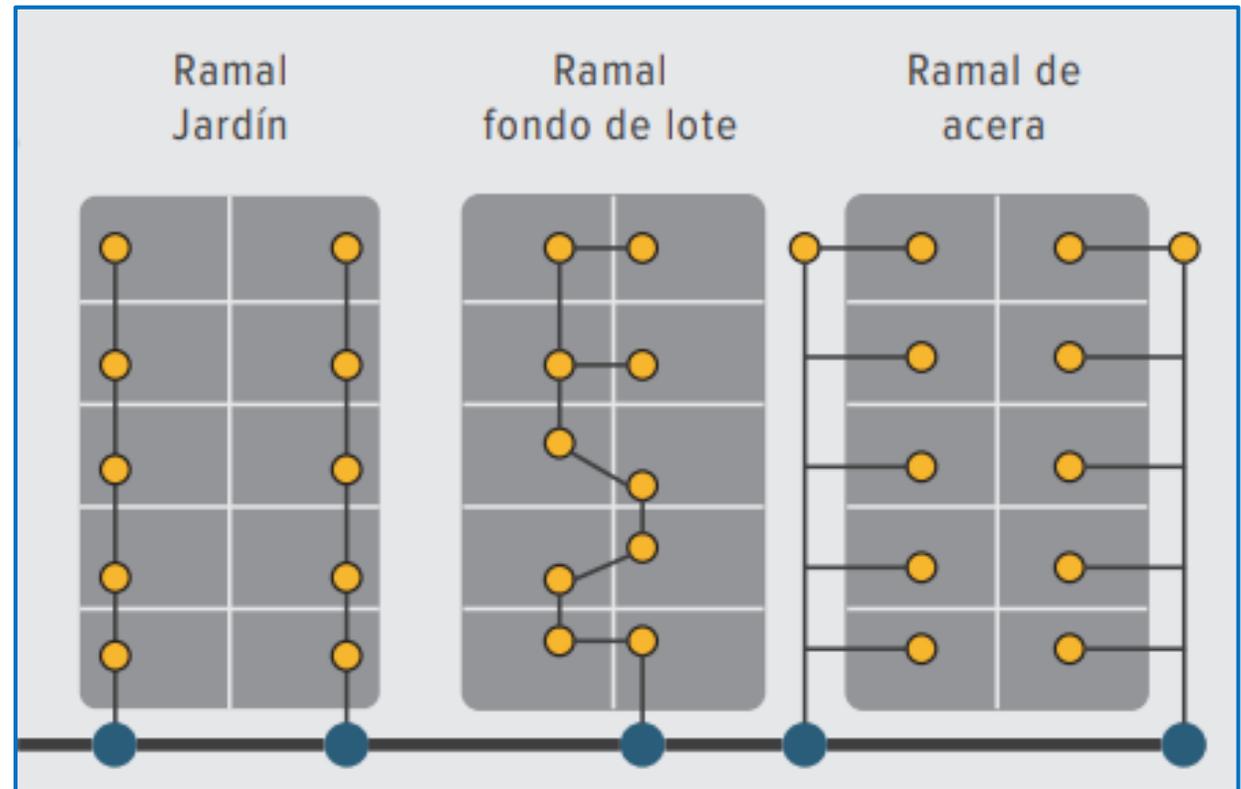
**El área urbana se divide en cuencas y subcuencas.** El sistema no se construye para toda la población, después de la aprobación y el compromiso de las personas de la cuadra se ejecutan las obras de esa cuadra.

El sistema completo comprende varios microsistemas.

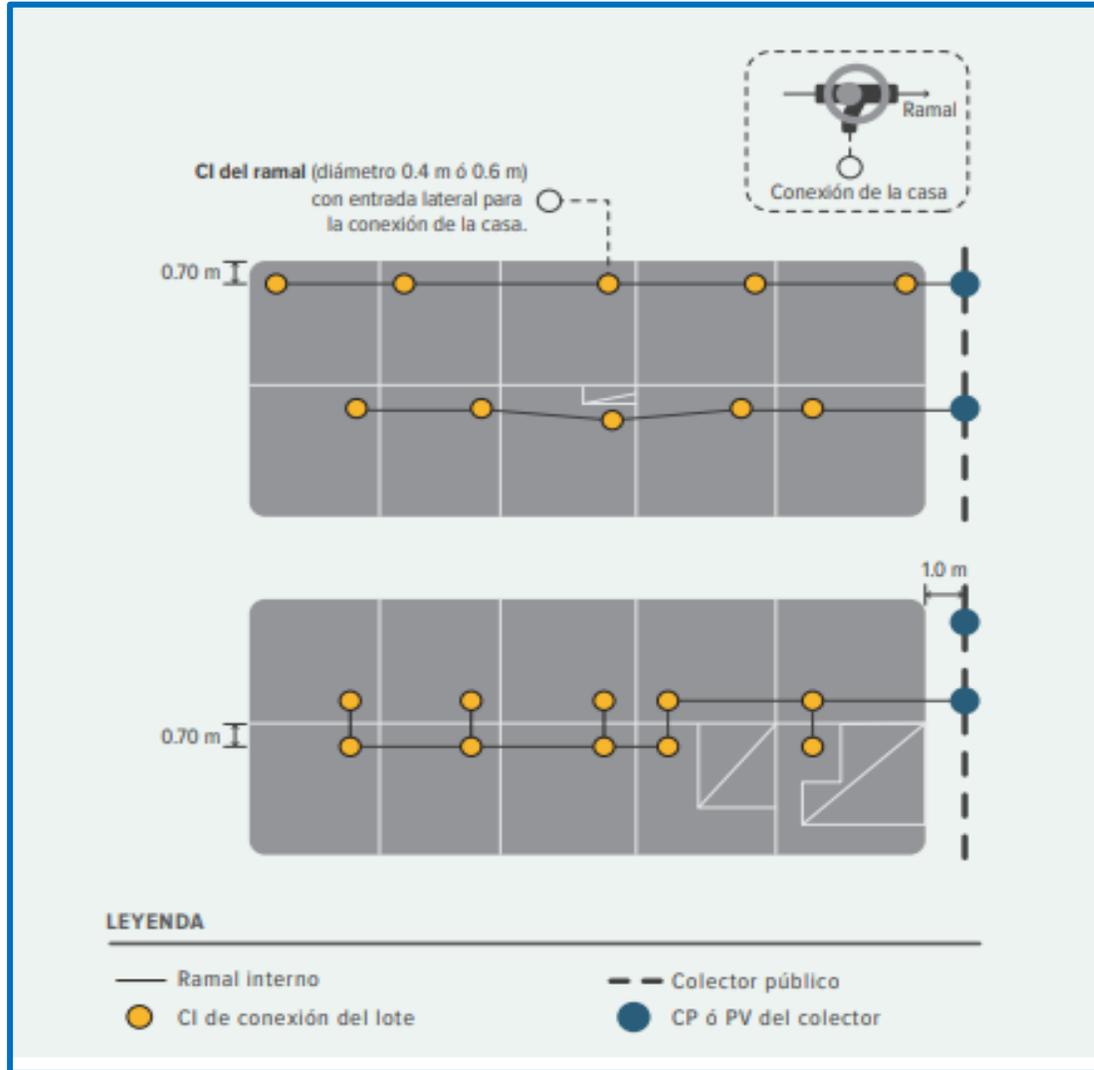


# Tipos de ramales condominiales

- Por el interior de los patios
- Por aceras
- Por las áreas verdes al frente de la vivienda
- Mixtos



# Ramal condominial Interno

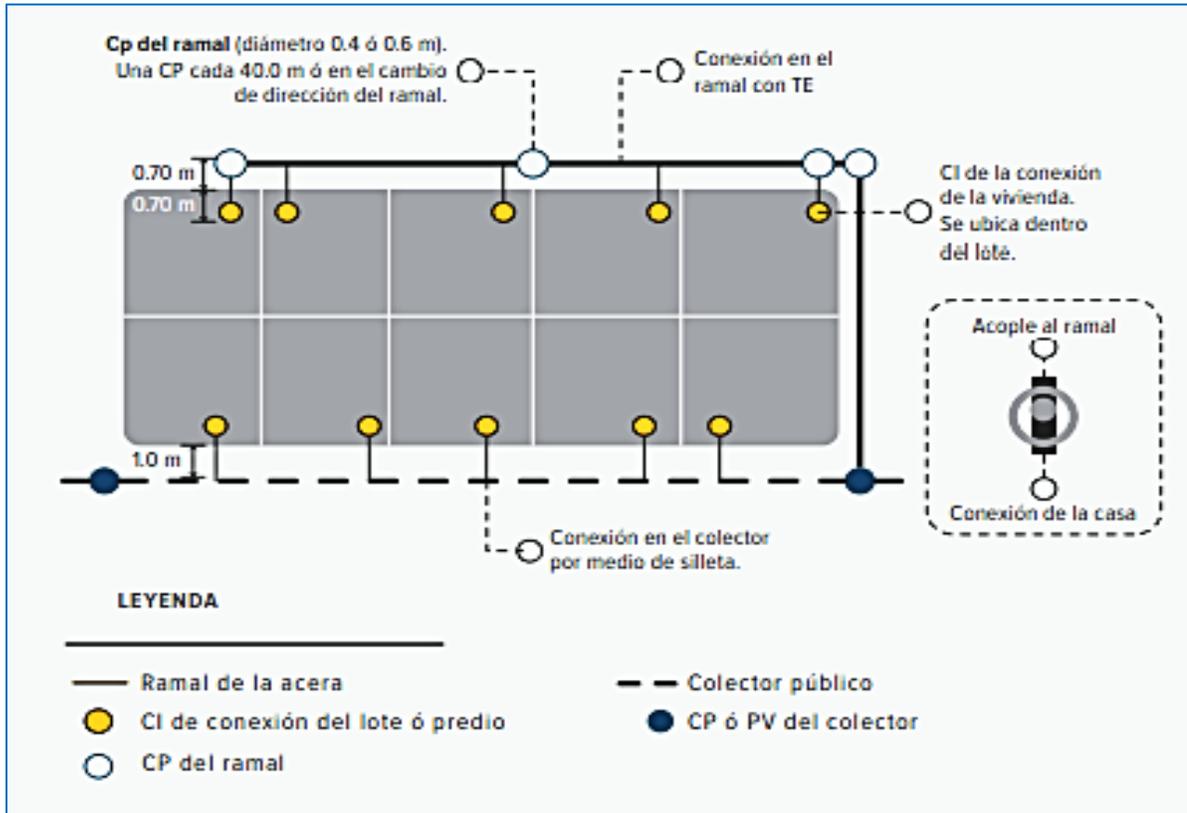


Esta es la solución técnica más económica cuando se compara con las demás alternativas,

Sin embargo es la menos aceptada por la población, por dificultades de mantenimiento, por derrames dentro de los patios de las viviendas y las limitaciones que causa al hacer ampliaciones o fraccionamiento de la vivienda.

Se recomienda para el área rural donde los límites de propiedad no son paredes sino cercos de malla o alambre de púas.

# Ramales Por aceras



Pasa fuera del lote, ubicado en la acera frente a la vivienda, a una distancia aproximada de **0.65 – 0.80 m** del límite de la propiedad, por ambos lados de la manzana.

Esta solución es la más sofisticada y la de mayor costo

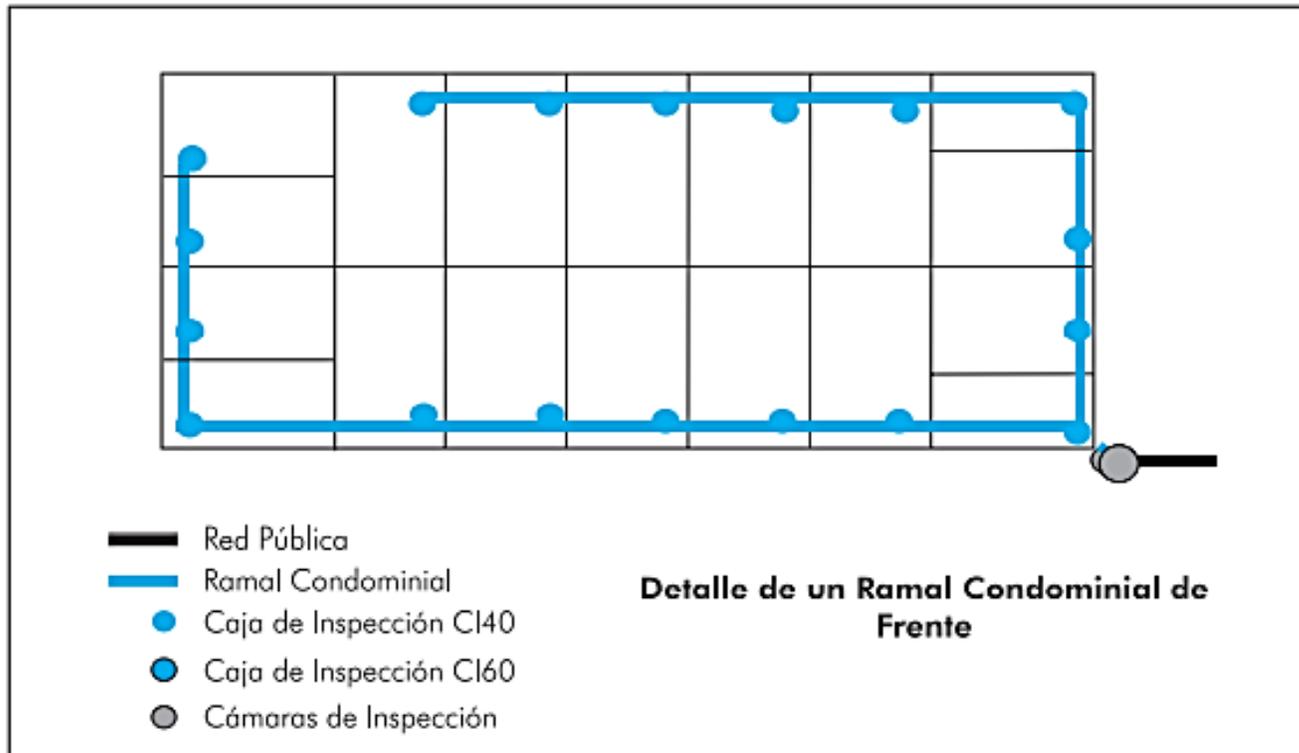


Pendiente de **0.5%**, diámetro **100mm** suficiente para atender **200** casas. Profundidad de arranque **40cm** en fondo del lotes y **70cm** en aceras.

# Ramal en el área verde

**Esta ubicado dentro del lote**, en el área verde frente a la vía pública, esta alternativa es más costosa que la de ramales por el fondo de los lotes, debido a la mayor longitud de tubería empleada.

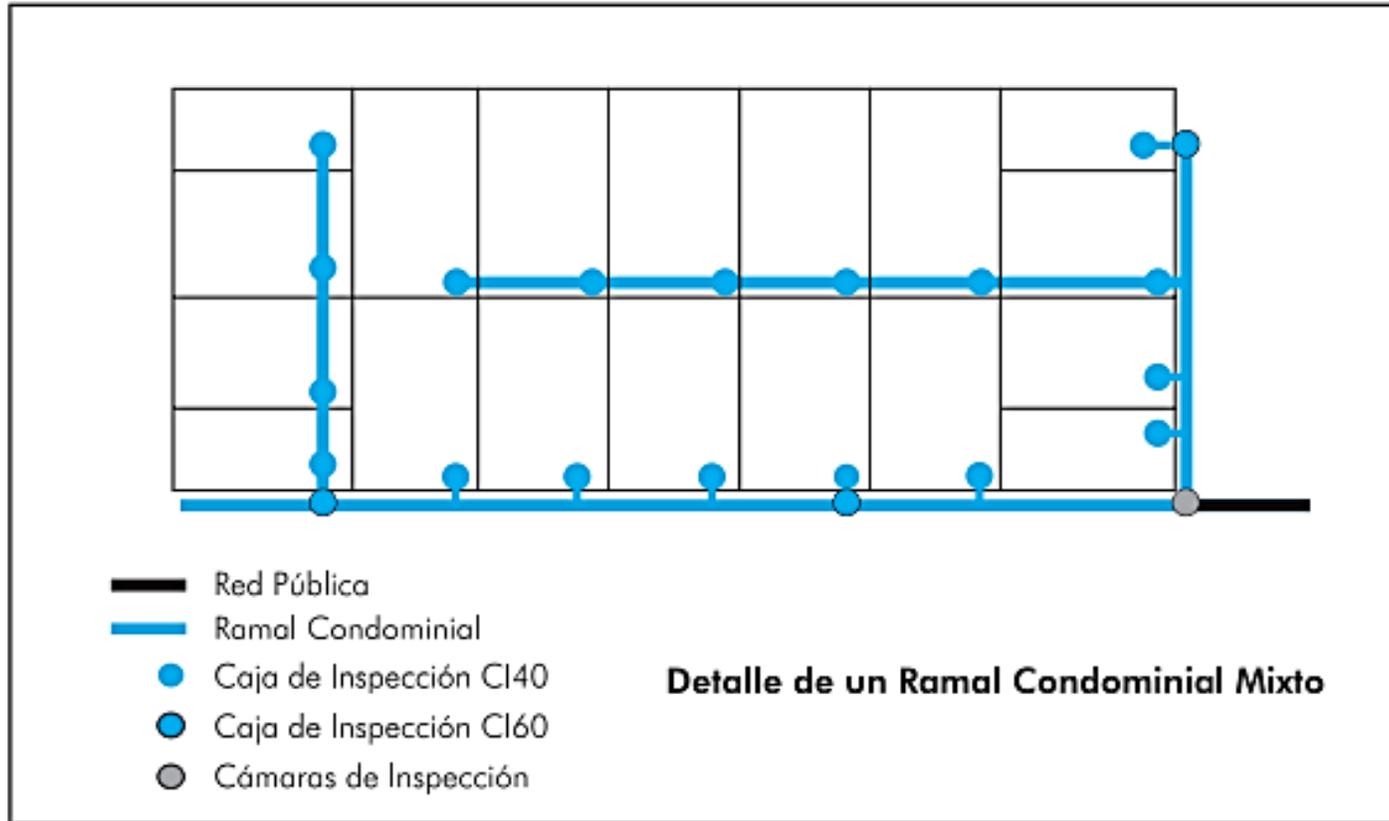
Estos ramales, por su ubicación, **están protegidos del tráfico vehicular, lo que permite utilizar la profundidad mínima.**



# Ramal condominial mixto

Se denomina así **cuando se emplean las tres alternativas anteriores**, en función de la exigencia topográfica.

**Estos casos de se dan generalmente en laderas**, la concepción de los ramales se hará con la misma filosofía,



# Detalle Conexión domiciliar

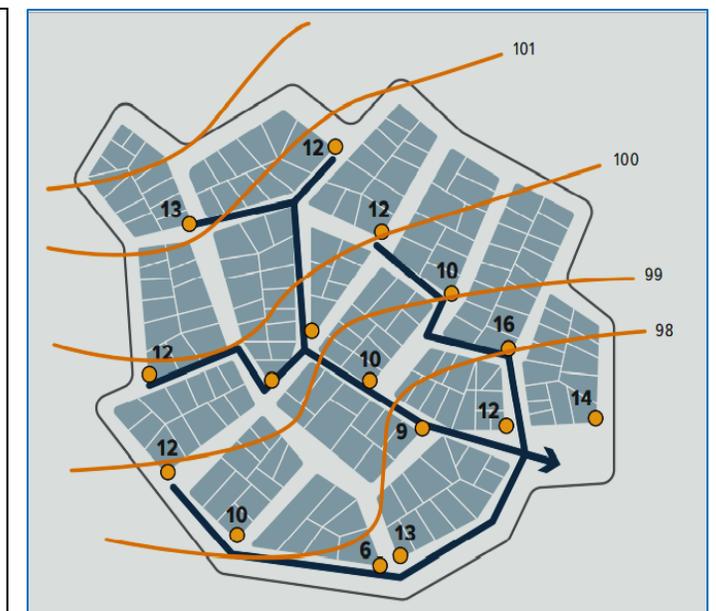
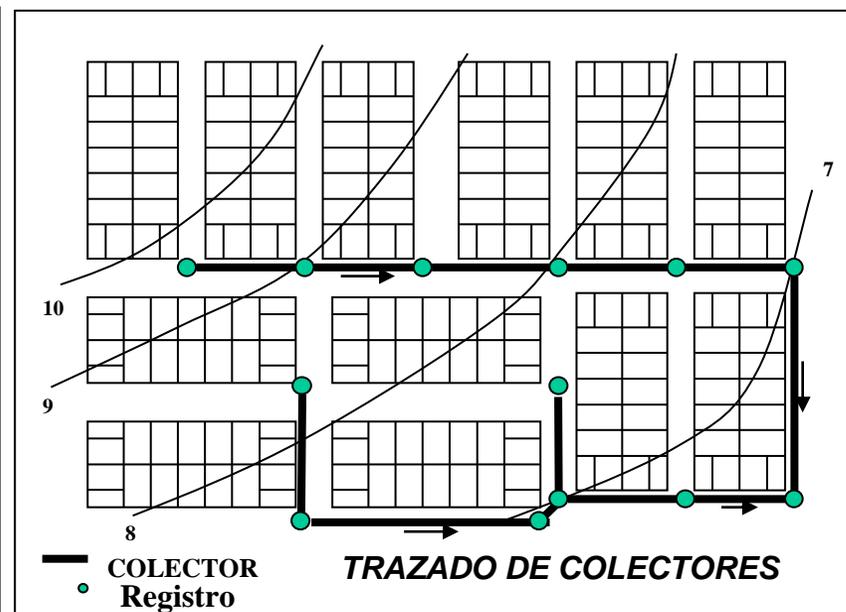
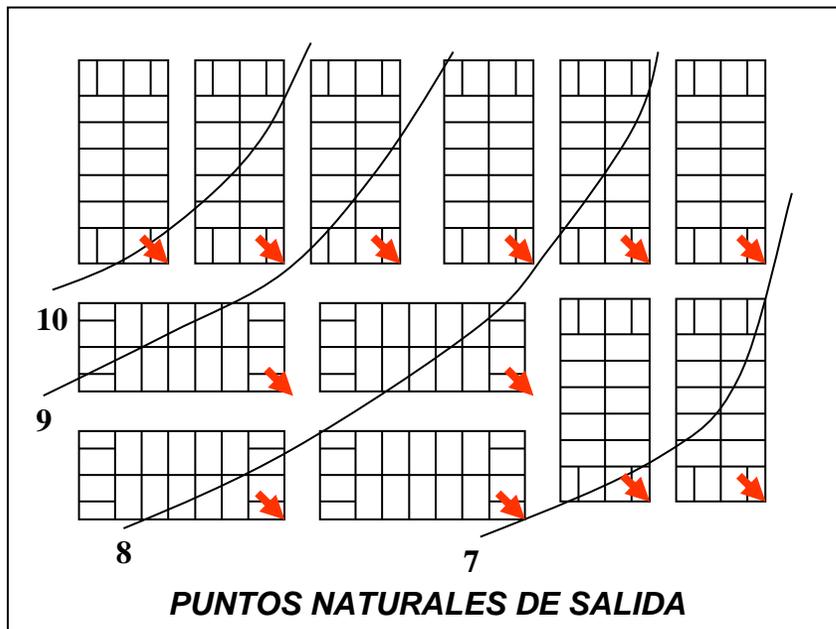


# Trazado de red Colectora

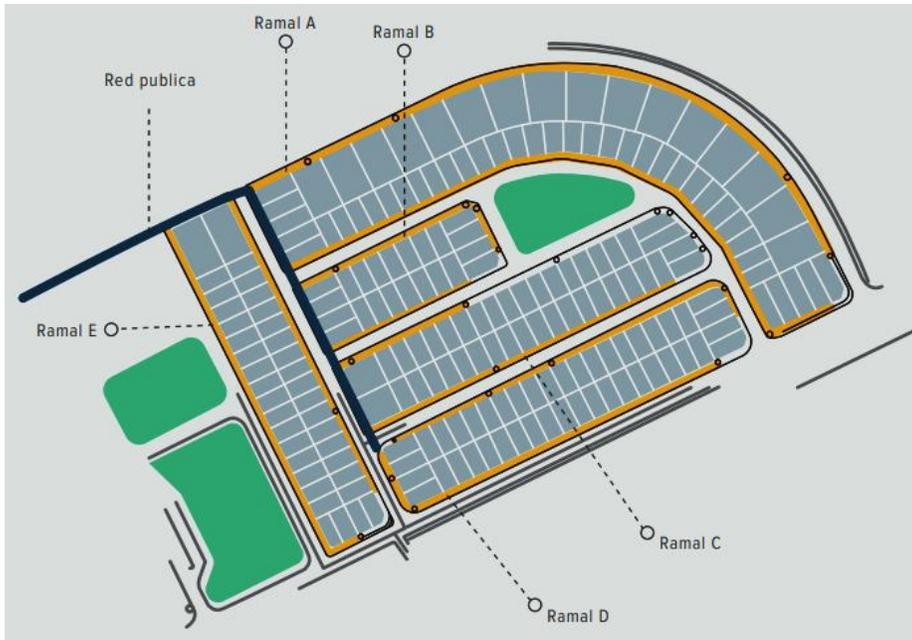
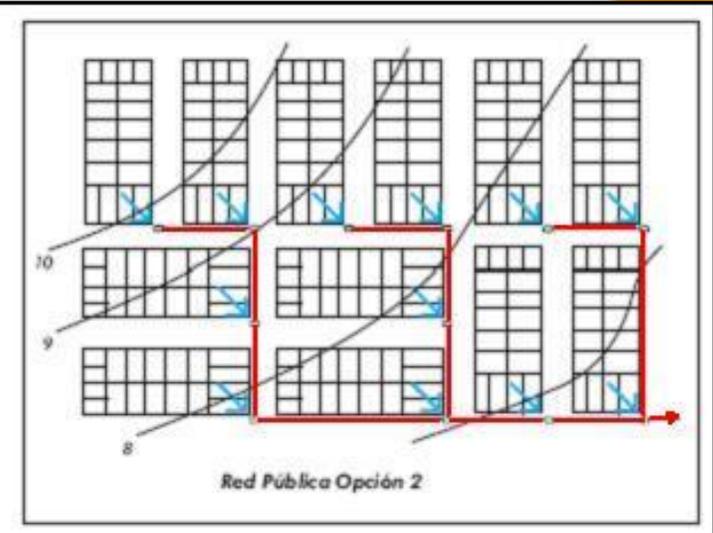
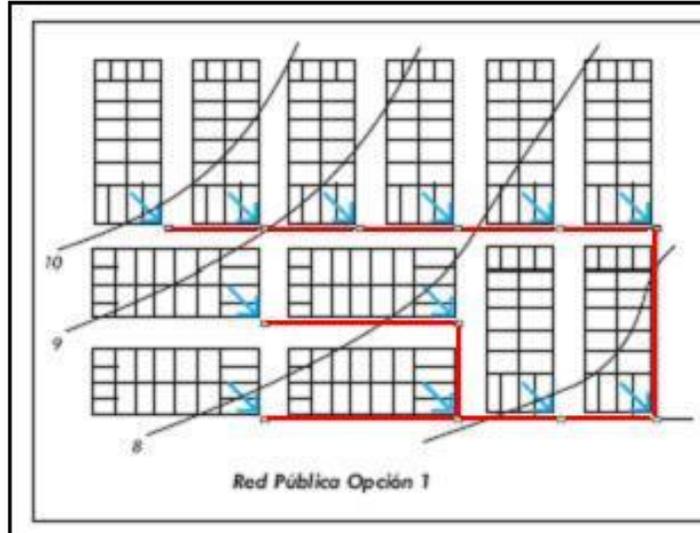
Se debe **identificar en el campo las pendientes del terreno** para ubicar el punto(s) final(es) de descarga (luego se contrastará con el plano topográfico)

**La red colectora debe estar ubicada en medio de la calle** o al lado de la vereda, a una distancia mínima de **1.50m** entre el límite de propiedad y el plano vertical tangente a la tubería.

En un plano escala **1:2000** se deben indicar las salidas de los ramales condominiales, **el mejor trazo de la red pública será la que logre conectar todos los ramales condominiales**



# Ejemplos de, Red pública y ramal condominial



# Información sobre los ramales condominiales

CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS RAMALES CONDOMINIALES					
Manzana número	Extensión del Ramal condominial	Número de conexiones	Población de contribución estimada	Número de elementos de inspección CI40	Número de elementos de inspección CI60
M1	265 m	18	99 Hab.	18	3
M2	265 m	18	99 Hab.	18	3
M3	265 m	18	99 Hab.	18	3
M4	265 m	18	99 Hab.	18	3
M5	265 m	18	99 Hab.	18	3
M6	265 m	18	99 Hab.	18	3
M7	250m	18	99 Hab.	18	3
M8	250m	18	99 Hab.	18	3
M9	250m	18	594 Hab.	18	3
M10	250m	18	594 Hab.	18	3
M11	265 m	18	180 Hab.	18	3
M12	265 m	18	180 Hab.	18	3
<b>TOTAL</b>	<b>3120 m</b>	<b>216</b>	<b>2340 Hab.</b>	<b>216</b>	<b>36</b>

Además, se debe incluir información de los accesorios "TE" o "YE" de conexión que se requieren los domicilios o, en su caso, las cámaras de interconexión

# Profundidad de Zanjas

La profundidad del recubrimiento, **medido a partir de la corona** (clave) de la tubería , será definida por el calculo estructural de la tubería instalada en la zanja, considerando que los esfuerzos a los que esta sometida dependen de las características del suelo, cargas de relleno y vehicular, tipo de material de la tubería, cama de asiento, ubicación y trazado en el terreno.

Ubicación del colector	Recubrimiento mínimo, m
Red principal en la vía publica	0.85
Red principal por áreas verdes/jardines	0.55
Ramales por el fondo, por las aceras	0.35 – 0.45
Ramales por el fondo, por medio del lote	0.30

## Otro Criterio

Para la profundidad mínima de colectores

- Debajo de calles                       $0.90 + D$
- Debajo de caminos de paso         $0.65 + D$

D = diámetro de la tubería en m

# Ubicación y recubrimiento de tuberías AS Condominial

Tubería	Ubicación	Recubrimiento mínimo		Diámetro
		Calle con acceso vehicular	Calle sin acceso vehicular	
Principal	Entre medio de la calle y costado de la calzada	1.0m	0.30m	En función de cálculo hidráulico. Mínimo nominal <b>150</b> mm
Ramal condominial	Vereda-terreno rocoso	0.20m	0.20m	En función de cálculo hidráulico. Mínimo nominal <b>100</b> mm
	Vereda-terreno semiroca y natural	0.30m	0.30m	

Fuente: Norma de saneamiento de Perú

# Ancho de zanjas

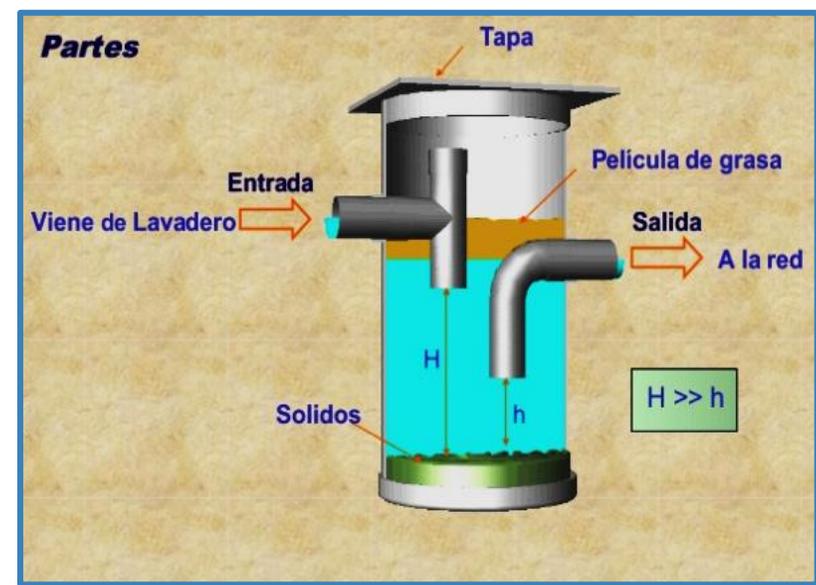
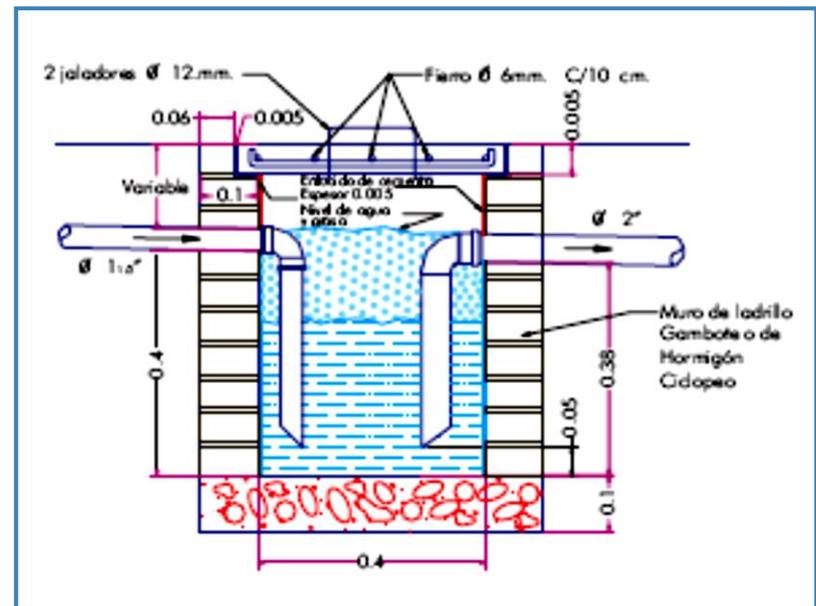
Las dimensiones del ancho, **deberán permitir suficiente comodidad a obrero** para realizar las actividades de instalación de la tubería. En el cuadro siguiente se presentan anchos recomendados en función de la profundidad.

Redes/ramales	Profundidad de zanja, m	Ancho de zanja, m
Redes principales	0.85 – 1.30	0.55 – 0.60
	Mayor a 1.30	0.65
Ramales condominiales	0.45 – 0.60	0.35
	0.60 – 1.20	0.60

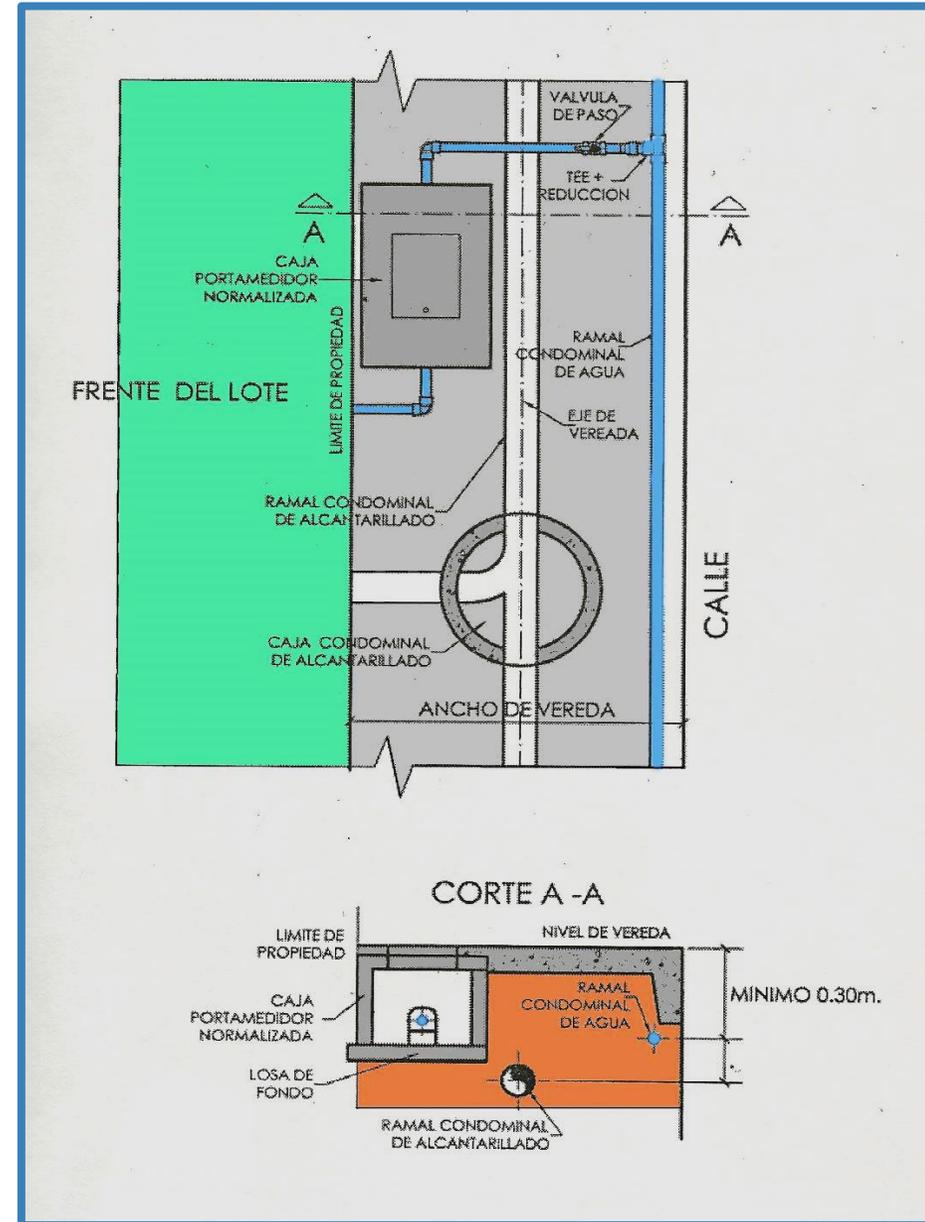


En general, debido a las profundidades mínimas de instalación de redes y ramales condominiales, no se requiere el **ademado de zanjas**. Sin embargo, el proyectista deberá tomar las previsiones correspondientes e incrementar el ancho de zanja de acuerdo con las características del terreno y la presencia del nivel freático.

# Caja Desgrasadora



# Conexión domiciliar por acera



# Dispositivos de inspección

Forman parte de la red de alcantarillado y tienen el objetivo de permitir el acceso para el mantenimiento. Representan un componente vulnerable del sistema, ya que a través de ellas pueden ingresar elementos inapropiados y causar obstrucciones. Por este motivo se deberá proyectar el mínimo necesario.

## Tipos de dispositivos de inspección:

- ✓ **Caja de inspección.** Se ubica en el ramal condominial, de preferencia en un área protegida. Tendrá dimensiones reducidas y poca profundidad.
- ✓ **Cámara de inspección.** Debe ser ubicada en la red pública, su diseño atenderá las recomendaciones y normas técnicas vigentes. Se construyen de mampostería de piedra y ladrillo, hormigón armado y ciclópeo y PVC.

Dimensiones recomendadas			
Profundidad de la tubería, m	Tipo de cámara	Dimensiones del acceso, m	Tipo de red
< 0.90	Caja , CL40	0.40	Ramal
0.90 a 1.20	Caja, CL60	0.60	Ramal
> 1.20	Cámara, CL 120	1.20 con chimenea	Red publica

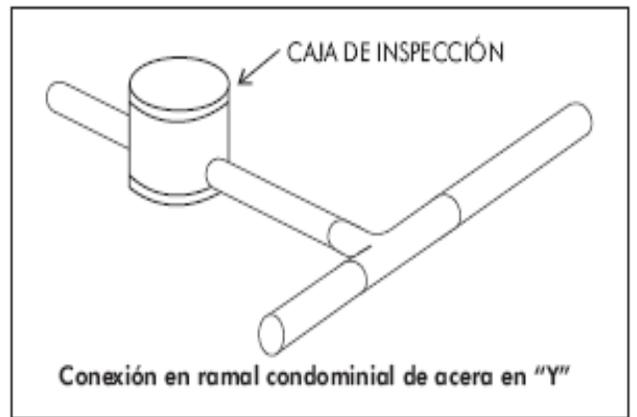
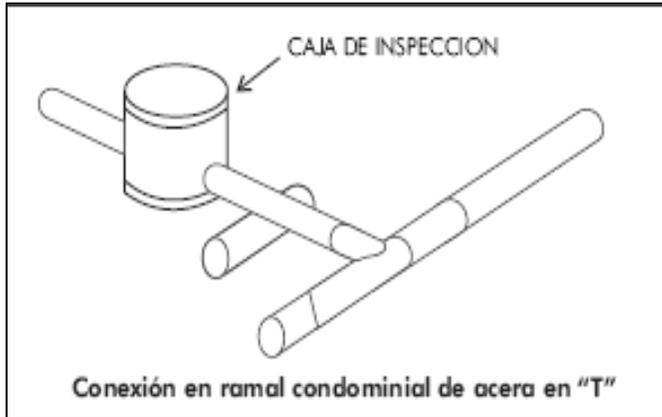
# Detalle Cajas de inspección

## Tipos de Elementos de Inspección de acuerdo con la profundidad de la tubería

**Tuberías con una profundidad menor que 0,90 m.**  
Elemento de inspección tipo "caja de inspección" o "buzoneta" con un diámetro de 0,4 m.

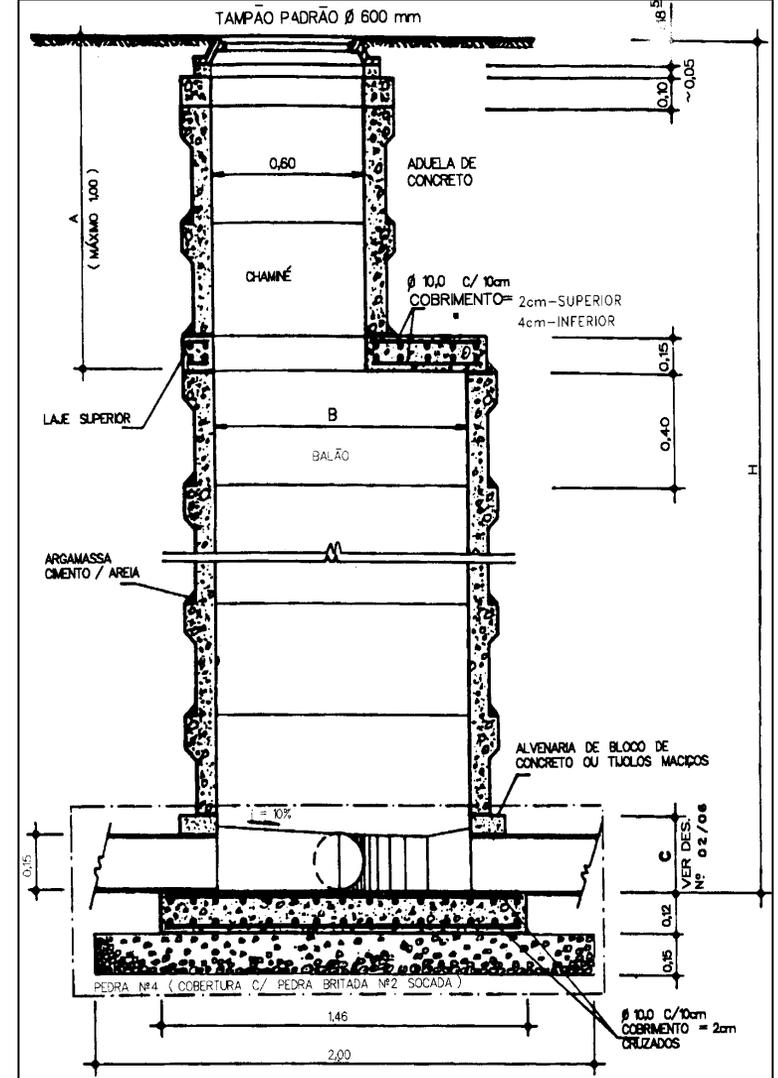
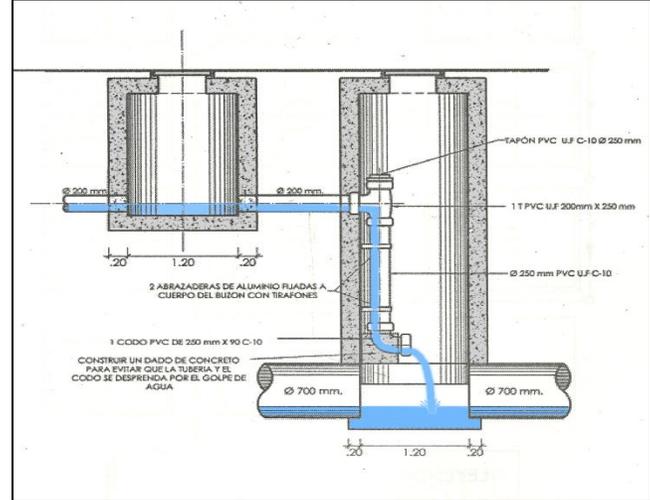
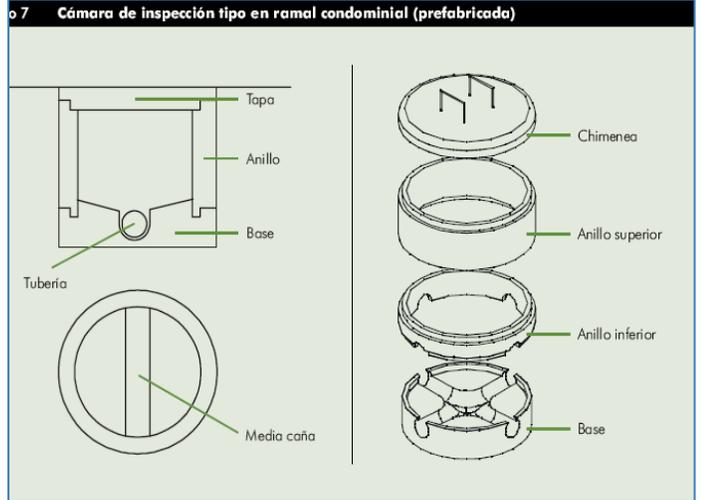
**Tuberías con una profundidad entre 0,90m y 1,20 m.**  
Elemento de inspección tipo "cajas de inspección" o "buzoneta" con un diámetro de 0,6 m.

**Tubería con una profundidad mayor que 1,20 m.**  
Elementos de inspección del tipo "cámara de inspección" o "buzón" con una cámara de inspección de diámetro de 1,20m y una chimenea de acceso de 0,60 m de diámetro.





# Cámara de inspección y pozo de registro

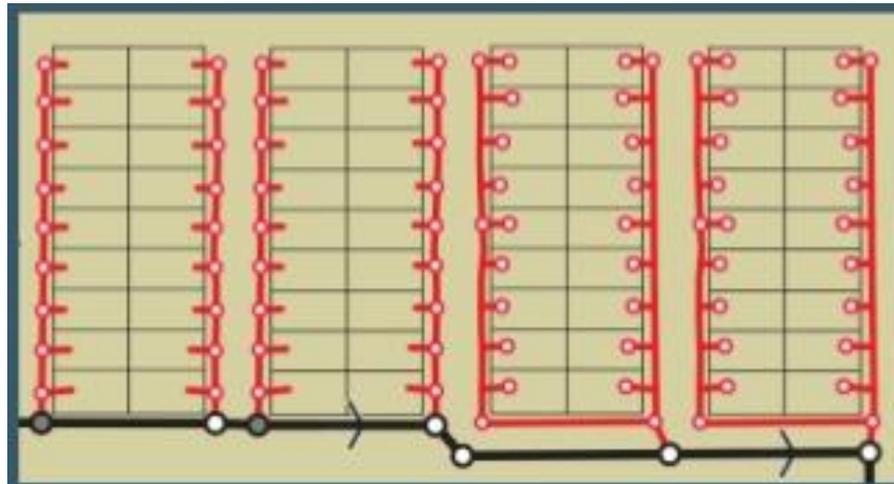


Elementos de inspección	Profundidad	Material	Utilización
CI - Ø 0,40 m	Hasta 90 cm	Hormigón simple	Ramal condominial.
CP - Ø 0,60 m	0,90 < h <= 1,20 m	Hormigón simple	Ramal condominial.
CP - Ø 0,60 m	Hasta 1,20 m	Hormigón simple	Red pública con un diámetro de hasta 200 mm, en la acera.
CP - Ø 0,60 m	Hasta 1,20 m	Hormigón simple	Red pública hasta 200 mm en una vía de circulación.
PV - Ø 1,0 m	Más de 1,20 m	Hormigón simple	Red pública con un diámetro de red de hasta 400 mm.
PV - Ø 1,20 m	Más de 1,20 m	Hormigón simple	Red pública con un diámetro de hasta 700 mm.
PV construido «in situ»		Hormigón simple	Red pública con un diámetro superior a 700 mm.

# Colocación de elementos de inspección

En el diseño de un sistema condominial, el proyectista debe prever un elemento de inspección en cada una de las siguientes situaciones:

- En el inicio de todo colector;
- Siempre que el tramo de un ramal condominial tiene **60** m de longitud;
- Siempre que el tramo de una red pública tiene **100** m de extensión;
- En la conexión de la instalación intradomiciliaria con el ramal condominial;
- En cualquier punto donde la tubería cambia de diámetro, dirección y pendiente;
- En cualquier punto donde haya empalme de colectores.



# Separación máxima cámaras de inspección

La separación máxima entre las cámaras de inspección será:

- Para tuberías de **150** mm : **80** m.
- Para tuberías de **200** a **250** mm : **100** m.
- Para tuberías de **300** a **600** mm : **150** m.
- Para tuberías de mayores diámetros : **250** m.

**Otro criterio** que podría considerarse en los diseños, es el que considera la separación de las cámaras de inspección **en función a la utilización de equipos y métodos de limpieza**, sean estos manuales o mecanizados:

- Si se utiliza equipo manual como ser **varillas flexibles** y sus respectivos accesorios, la distancia entre cámaras podrá ser de **50 a 70** m.
- Si se utiliza **equipo mecánico** (Sewer Roder), la distancia entre cámaras puede llegar a **100** m. y avanzar aún hasta los **150** m.
- Si los diámetros de los colectores son visitables y permiten una **limpieza directa por un operador**, la distancia puede ampliarse a **150** ó **200** m.

# Actividades preliminares al cálculo hidráulico - red pública

## a) Pendiente mínima

Previo al cálculo hidráulico debe ser predeterminada la pendiente mínima para cada diámetro, de acuerdo a la **relación de caudales de la etapa inicial** y la capacidad de la tubería para conducir el caudal de diseño futuro ( $Q_{mi}/Q_{II} = 0,15$ ).

## b) Trazado de ejes

Los ejes de la red pública **deben ser trazados por el centro de las calles**, cuidando que se intercepten en un mismo punto. Además, se debe analizar la posibilidad de ubicar la tubería en áreas más protegidas y a menor profundidad.

## c) Medición de longitudes

Se medirán las distancias entre cruceo y cruceo (intersección de calles).

## d) Ubicación de cámaras de inspección

Las cámaras de inspección serán ubicadas en los **arranques de red, cambios de dirección y pendiente**. Las distancias máximas entre cámara y cámara estarán en función de los equipos de limpieza previstos y disponibles.

# Actividades preliminares

## e) Áreas tributarias

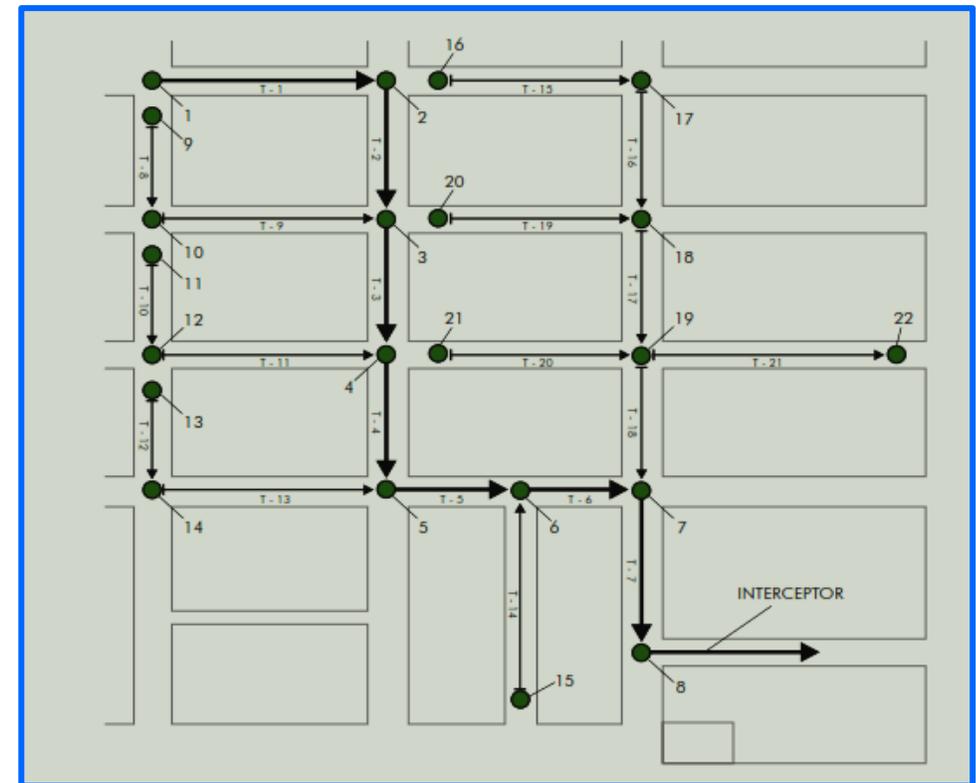
Los caudales para el diseño de cada tramo serán obtenidos en función a su área tributaria. Para la delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configura, la unidad de medida será la hectárea (Ha). **El caudal de diseño será el que resulte de multiplicar el caudal unitario (l/s/Ha) por su área correspondiente.** El tramo podrá recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (industria, comercio y público) como descarga concentrada.

## f) Numeración de cámaras de inspección

Las cámaras de inspección serán numeradas a partir de aguas arriba hacia aguas abajo, la numeración de las cámaras se inicia con el colector principal, o interceptor. Además, cada tramo recibe su correspondiente numeración.

## g) Determinación de las cotas de terreno

Dependiendo de la topografía de la zona del proyecto, y de acuerdo con las curvas de nivel, **se determinarán cada una de las cotas de terreno correspondientes a cada una de las cámaras de inspección.**



# Estudios Básicos

La aplicación del modelo condominial de alcantarillado sanitario requiere **desarrollar una metodología con un abordaje técnico y social**. Como parte de la metodología y previo al cálculo hidráulico, el proyectista deberá realizar los estudios básicos indicados a continuación:

- Características del área seleccionada.
- Estudio de los recursos hídricos y calidad de agua para consumo humano.
- Estudio topográfico.
- Estudio geotécnico.
- Información sobre el plan maestro de desarrollo urbano.
- Descripción y diagnóstico del sistema de agua potable existente.
- Descripción y diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario existente.
- Características socioeconómicas de la población en estudio.

# Mapeo del tipo de ocupación de los lotes- Croquis

**Su objetivo es mapear el condominio**, detallando, lote por lote, los elementos siguientes:

- ✓ El nombre del residente.
- ✓ La ubicación de la casa en el lote.
- ✓ El tipo de construcción.
- ✓ La ubicación de las instalaciones sanitarias (cocina, baño, etc.).
- ✓ La localización de las fosas en los lotes.
- ✓ El sentido de la inclinación del terreno.
- ✓ La pavimentación del lote.
- ✓ El destino de las aguas residuales del lote.
- ✓ El área disponible para el paso del ramal.
- ✓ Los puntos relevantes: depresiones, colinas, interferencias, etc



# Topografía expedita, nivel de manguera

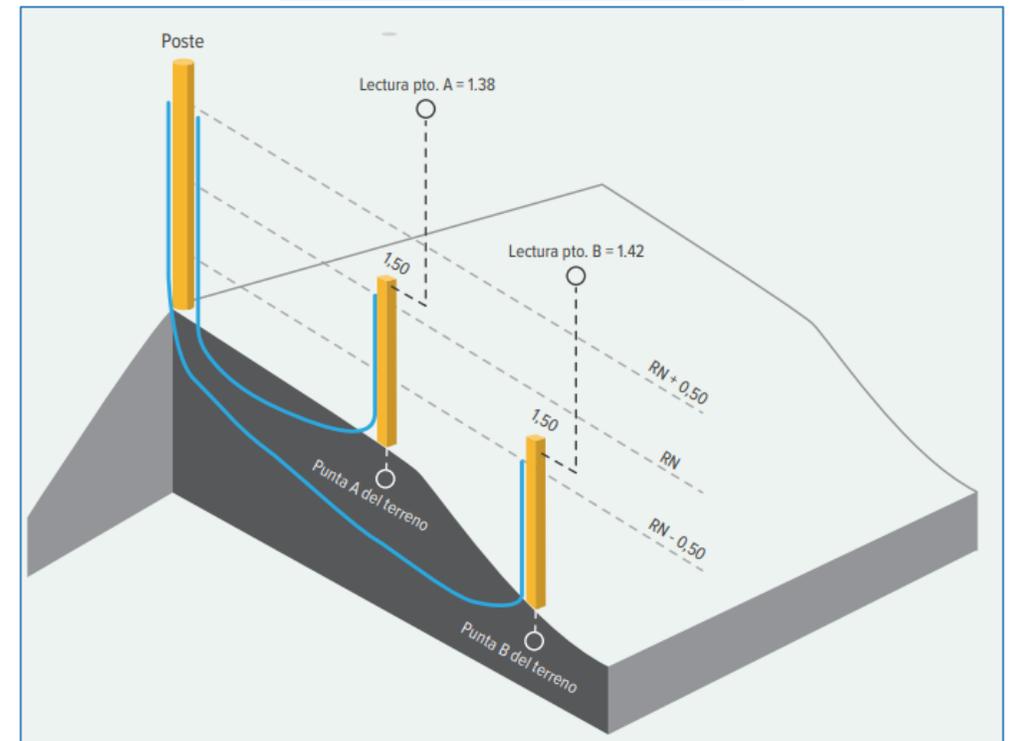
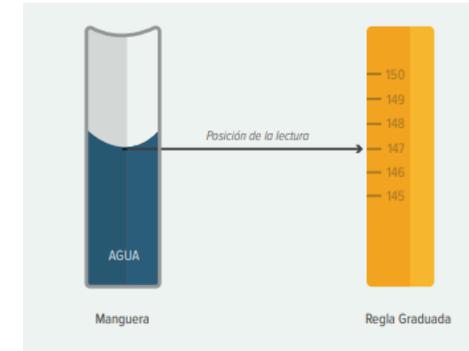
La sugerencia es que las cotas altimétricas de los puntos de interés sean realizadas con nivel de manguera por su simplicidad y facilidad.

Para demarcación de los puntos notables del ramal. Una estaca de cerca de 15 cm de largo. Los puntos para demarcación son: CIs, CPs, PVs, Tês, punto de conexión a la red colectora (CP o PV).

La manguera es de material plástico transparente, con espesor grueso y diámetro interno de cerca de 3/16" y 60 m de largo.

En el interior de la manguera se introduce agua con colorante para mejor visualización del nivel. Debe ser observada la ausencia de burbujas de aire en la manguera antes de tomar de lectura del nivel.

<https://www.youtube.com/watch?v=fOJVySniuvA>



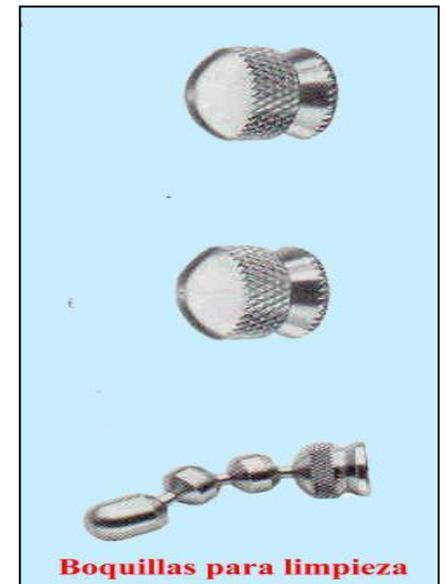
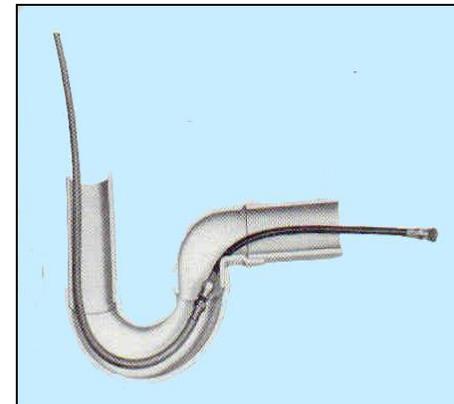
# Ventajas respecto al alcantarillado convencional

## En la construcción

- ✓ Menor extensión de redes
- ✓ Menores profundidades
- ✓ Menores diámetros de tuberías
- ✓ Menor cantidad y simplicidad de los elementos de inspección.
- ✓ Reducción de pérdidas para el ente operador (mayor control de la comunidad)
- ✓ Menor costo de inversión

## En la operación y mantenimiento

- ✓ Independencia entre ramales y redes
- ✓ Sistema sectorizado por condominios (Cuadras)
- ✓ Mayor facilidad de operación y mantenimiento
- ✓ Utilización de equipos más sencillos de mantenimiento

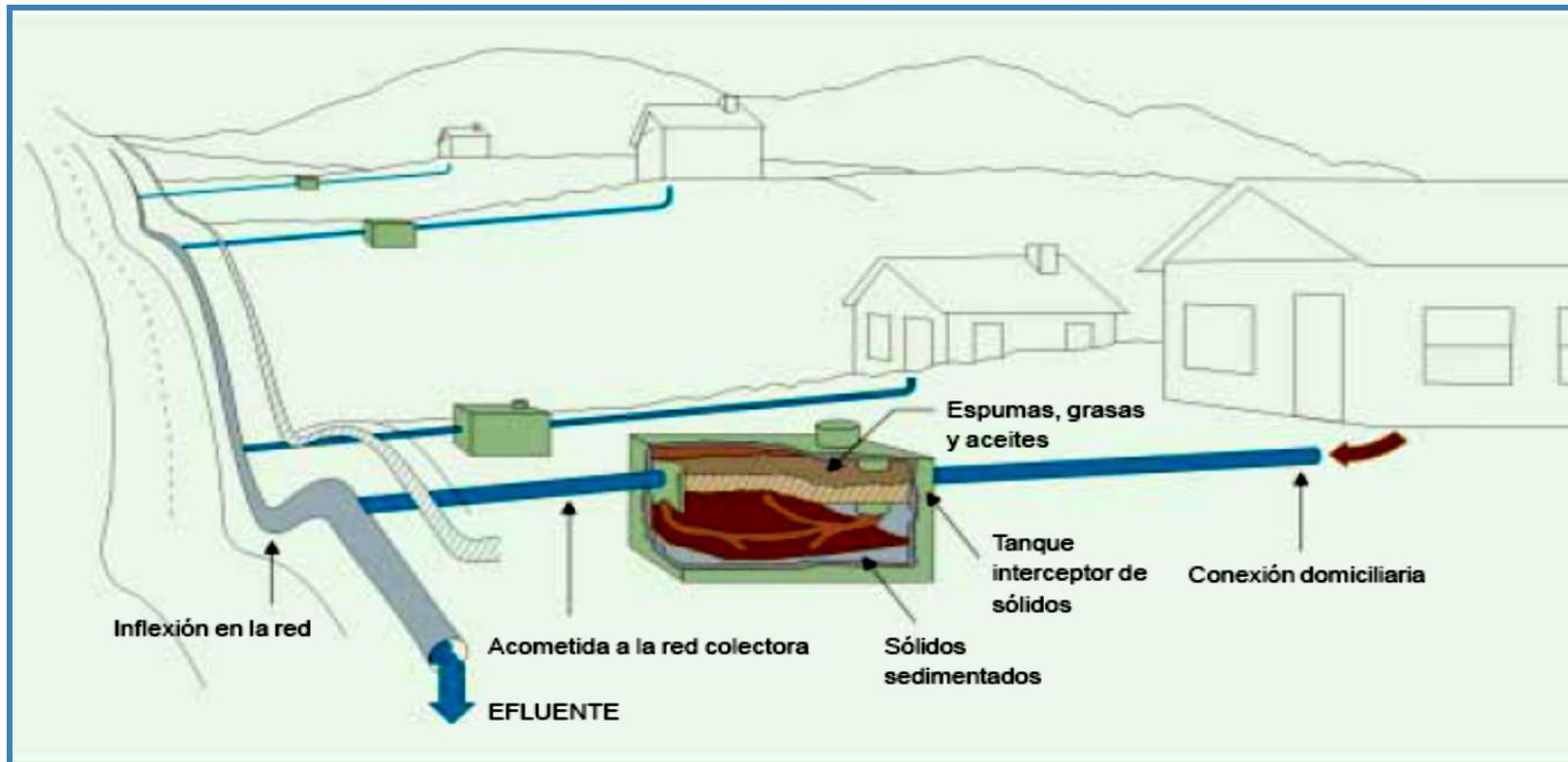


## *Desventajas del alcantarillado en área urbana condominial*

- La instalación de tuberías y cajas dentro de los patios les daña: jardines, árboles y limita las ampliaciones de las viviendas.
- Atravesar muros perimetrales y repararlos incrementa el costo del proyecto.
- Un mal uso del sistema puede producir un derrame dentro de sus predios.
- Romper y reponer las aceras aumenta el costo del proyecto.
- En los predios cerrados se dificulta el acceso para dar mantenimiento.
- La normativa en Honduras no lo permite, porque se requiere de una separación mínima en el sentido vertical y horizontal, con la tubería de agua potable.
- No esta normada la construcción de las aceras, esto dificulta mantener un alineamiento y el gradiente.

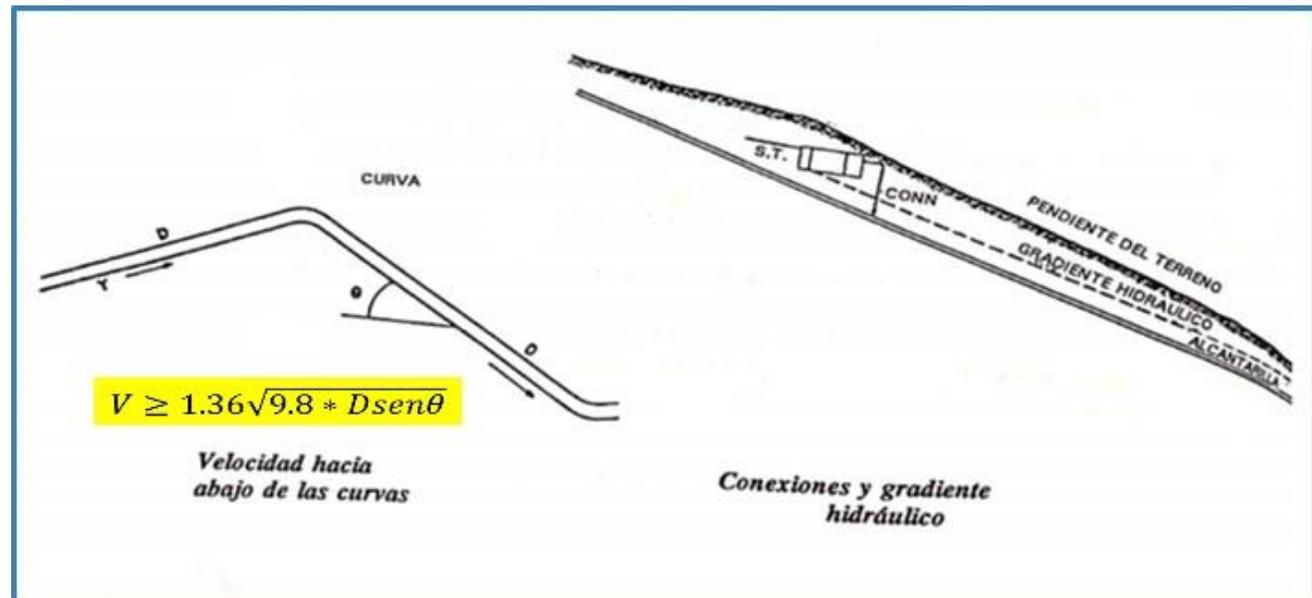
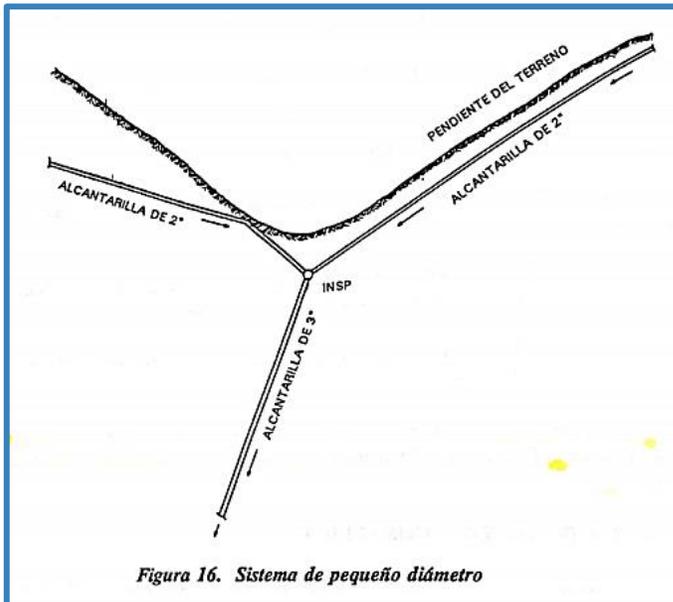
# Alcantarillado sin arrastre de sólidos, ASAS

Están diseñados para que los colectores **solo reciban la porción líquida** de las aguas residuales, la arena, grasa y otros sólidos se eliminan en **una fosa Séptica se coloca antes** de la conexión con el colector. **Es aplicable en pequeñas comunidades < 100** casas, lugares de **baja densidad poblacional**, terrenos con ondulación moderada, suelo rocoso, poblados costeros y zonas con nivel freático alto.



# Características hidráulicas

- ✓ **El sistema puede funcionar sin limitaciones** respecto a la pendiente, la velocidad y la fuerza de tracción, porque el efluente no lleva sólidos.
- ✓ **El diámetro de la tubería** puede ser de **3" (75mm)**, según la experiencia brasileña.
- ✓ **La pendiente de la tubería puede ser pequeña incluso negativa** en un tramo específico, dependiendo solo del gradiente hidráulico, pero el orificio de descarga de los tanques sépticos y su tubo de salida deben estar siempre a una elevación superior de la línea de energía de la tubería.
- ✓ La velocidad del agua a lo largo de la tubería deben ser mayores que la velocidad mínima requerida para transportar la mezcla de aire o gases con líquidos en tuberías descendientes después de las curvas.
- ✓ Para el cálculo de las pérdidas se empleará de Manning Hazen y Williams.



# *Ventajas del alcantarillado de pequeño diámetro*

- **Requerimiento reducido de agua** ( $< 30Lppd$ ), para el transporte de la pequeña cantidad de sólidos que salen del tanque séptico.
- **Costos de excavación reducidos**, no se requiere mantener una velocidad de flujo mínima para autolimpieza y **la tubería se puede colocar en una alineación curvilínea** con gradiente variable o de inflexión.
- **Costos de materiales reducidos**, caudales menores por la acción compensadora del tanque séptico. Su operación la realiza la comunidad.
- **El costo del proyecto** aproximadamente es **un tercio del alcantarillado simplificado y una quinta parte del convencional**.
- **Requerimientos de tratamiento reducido**, la fosa séptica se realiza el tratamiento primario.
- **El sistema es fácil de construir**( suelo rocoso y nivel freático alto)

## ***Desventajas***

- **Periódica limpieza y disposición de los sólidos de la fosa séptica**
- Malos olores (sulfuro de hidrogeno), ser requiere un adecuado sistema de ventilación
- **Mayor control sobre las conexiones ilegales**, aguas lluvias y sin tanque séptico

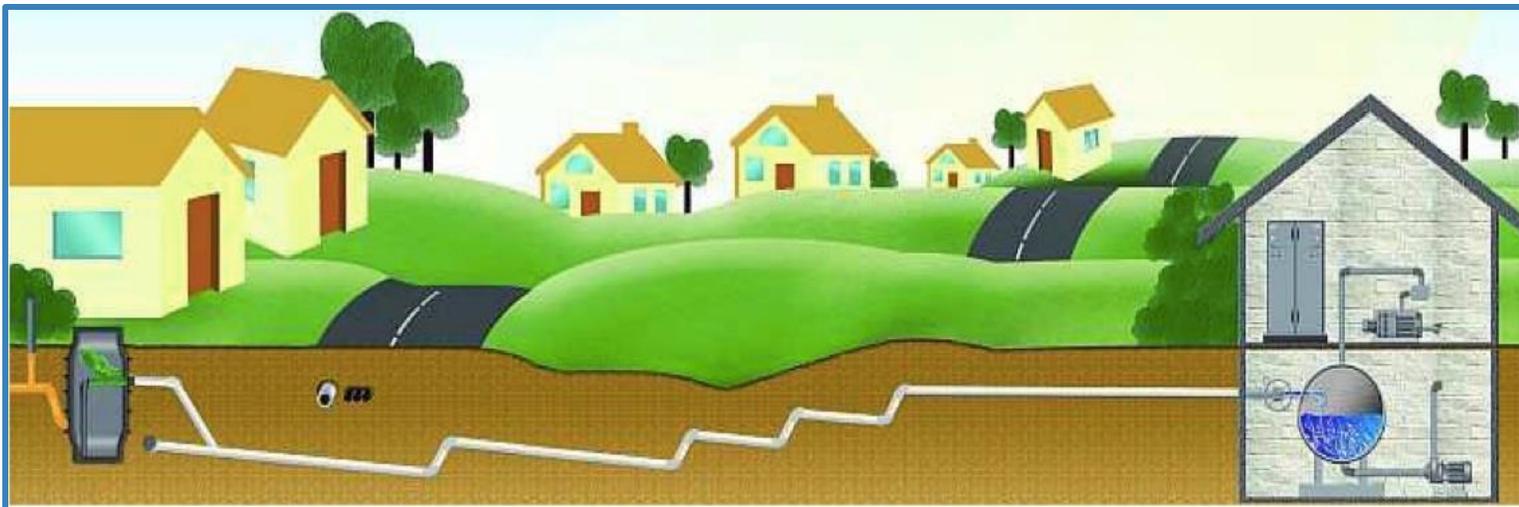
# Alcantarillado de vacío

El sistema de alcantarillado por vacío es un **sistema alternativo al alcantarillado por gravedad**, diseñado para ser aplicado en cualquier tipo de terreno, ambiente y condiciones de aplicación.

La diferencia entre la presión atmosférica y el vacío en el sistema de 0.70 bares se consigue mediante las bombas de vacío ubicadas en la Estación de Vacío.

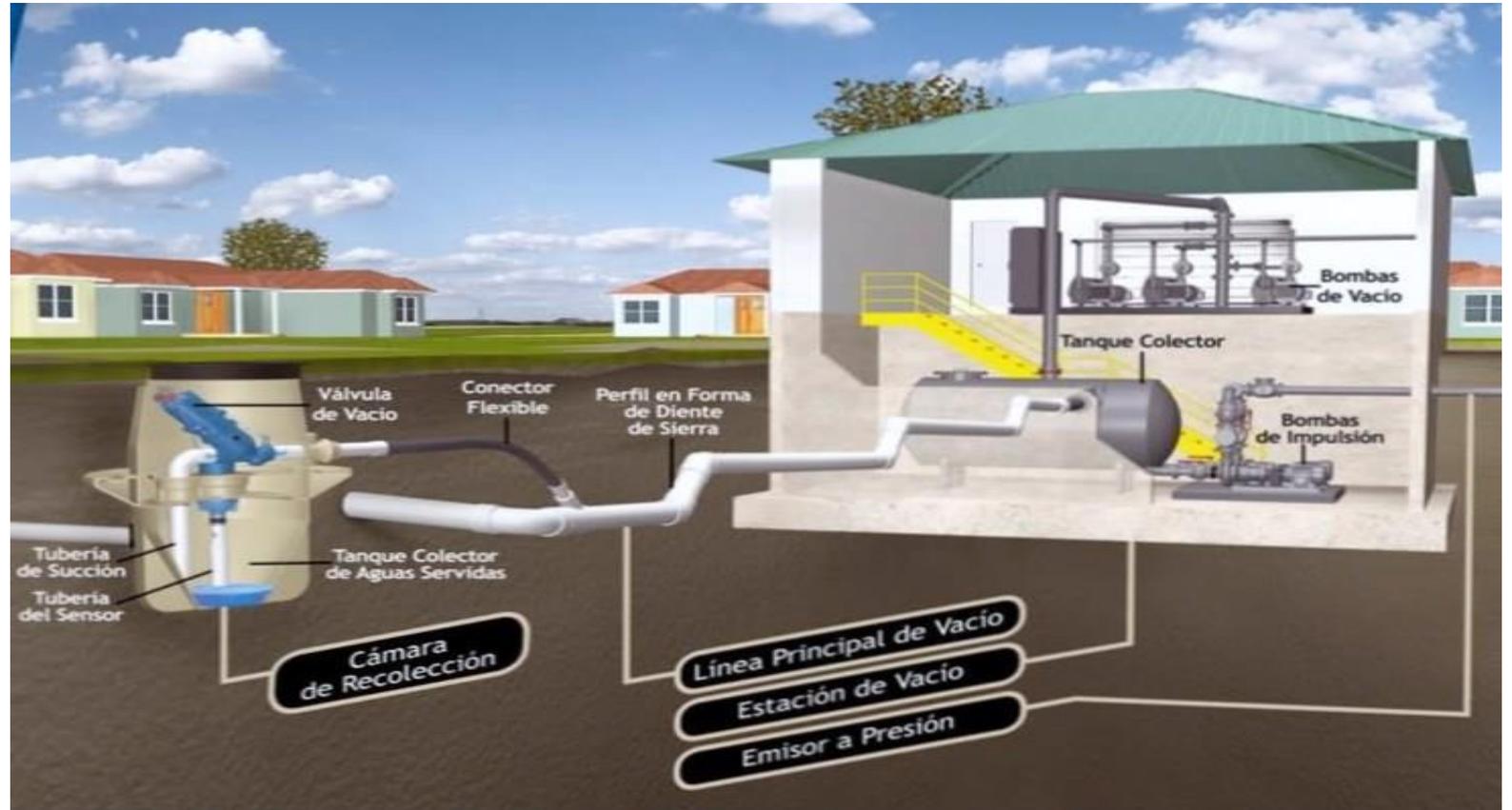
Esta diferencia de presiones proporciona la energía necesaria para abrir las válvulas, sin necesidad de tensión eléctrica, y conseguir el transporte de las aguas residuales.

El agua residual fluye por gravedad desde la conexión domiciliar hasta el pozo de vacío. Cuando se han acumulado unos **40** litros, un detector abre neumáticamente la válvula de vacío, situada en el interior del pozo.



# Componentes del sistema

1. Acometida por gravedad
2. Pozo a presión atmosférica
3. Válvula interfase de vacío
4. Perfil diente de sierra
5. Estación de vacío
6. Biofiltro
7. Equipo y línea de impulsión



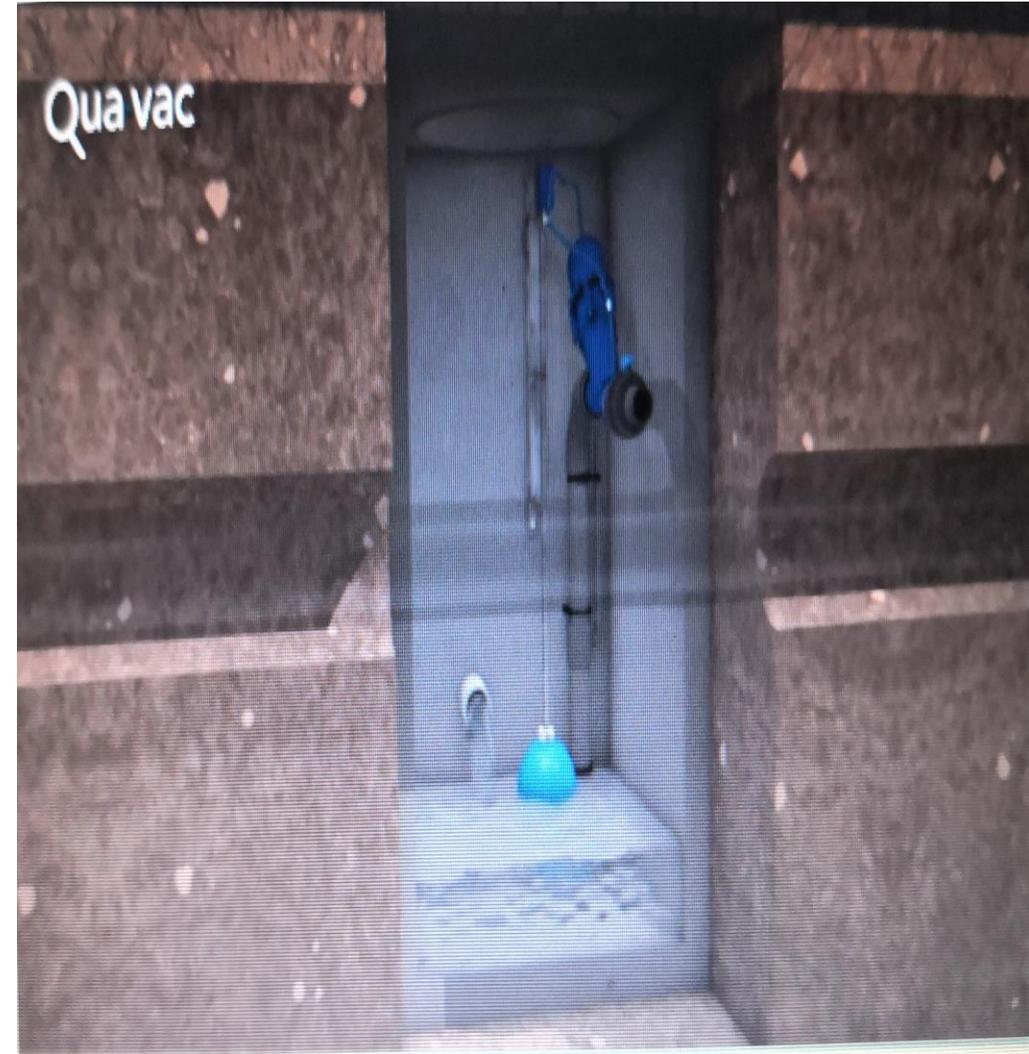
# El pozo de vacío

Las aguas residuales generadas por 4 o 6 viviendas llegan por gravedad hasta el pozo de vacío. **Cuando el nivel de las aguas sube, el aire se comprime en el interior del tubo-sensor presionando el regulador para abrir la válvula de vacío.**

**Cuando la válvula se abre, esta aspira el volumen de agua hacia la red de tuberías en depresión.** La diferencia de presiones empuja el agua por la red hacia la estación de vacío. Cabe remarcar que la mezcla de aguas residuales y el aire pueden llegar a una velocidad entre **4** y **6** m/seg.

<https://youtu.be/qbYDIPL5JHw>

<https://sewervac.es/saneamiento-vacio/>



# Válvula de vació

- ✓ Válvula de vacío y controlador de nivel completamente sumergible
- ✓ No necesita tubos respiraderos para su activación
- ✓ Ausencia de controladores de nivel con tubos de entrada de fluido
- ✓ Dispositivo de la boya de nivel neumático/mecánico altamente fiable
- ✓ No existe riesgo de acumulación de grasas
- ✓ Succión y transporte de aire y agua de forma simultánea
- ✓ Patente exclusiva de un dispositivo de succión Venturi para aire/agua
- ✓ Garantía y control total en toda la red de la relación aire/agua que ingresa al sistema de las tuberías de vacío.

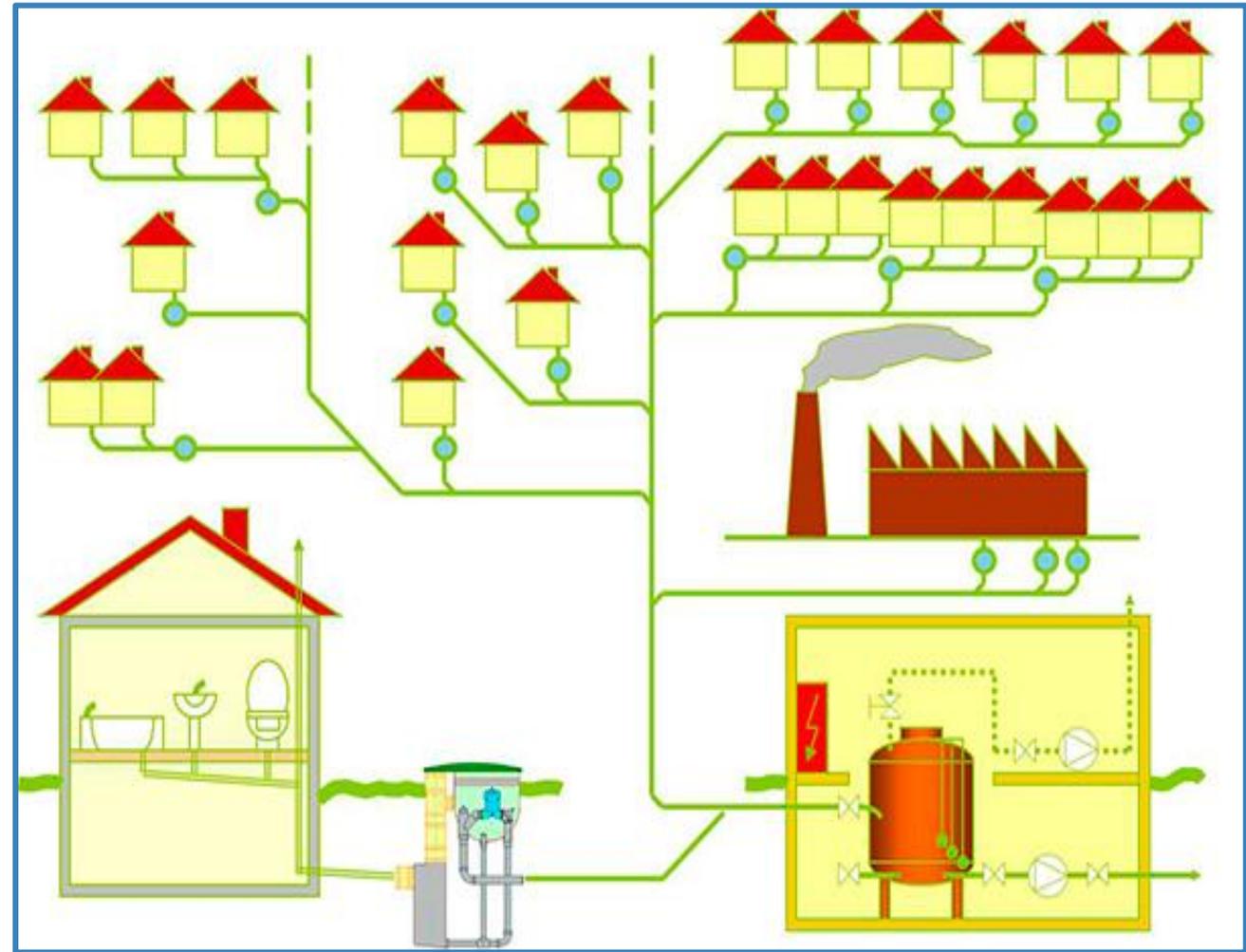


# Red de alcantarillado por vacío

La red **se puede instalar en zanjas estrechas y de poca profundidad**. El perfil de diente de sierra de la red va acorde con la pendiente natural del terreno y ayuda a que la profundidad máxima de las instalaciones se mantenga muy superficial, entre 1 y 1,5 m generalmente.

**Por eso es más eficaz que el alcantarillado convencional** en terreno con pendiente favorable al flujo del agua, en terreno llano (sin pendiente) o en terreno en contrapendiente y desfavorable al flujo del agua.

**La pendiente mínima de la tubería de vacío es del 0.2 %** en dirección a la estación de vacío, aunque puede ser superior. Los ascensos (lifts) se fabrican mediante tubería prefabricada o con dos codos de 45 grados.



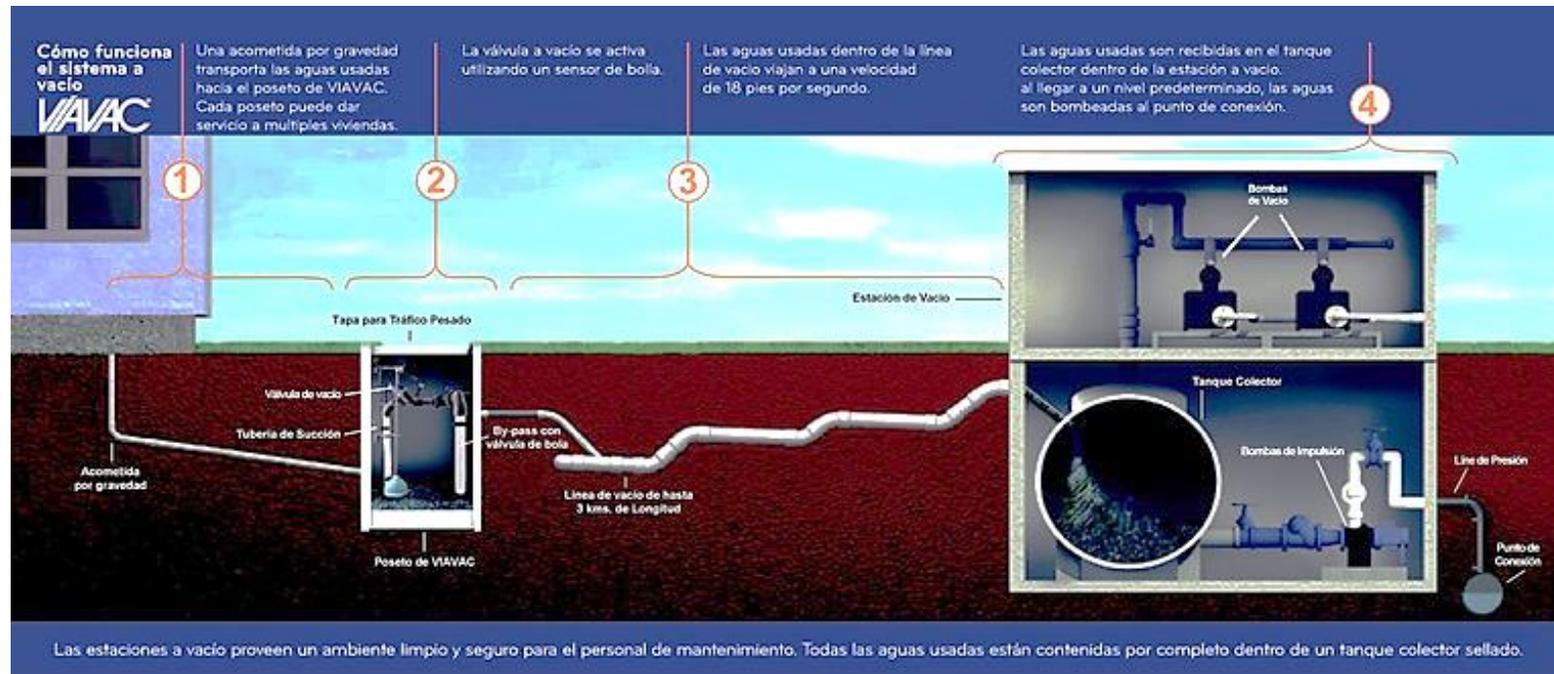
# La estación de vacío

La estación de vacío **es donde convergen las líneas de la red de vacío. Cada línea se conecta al depósito de vacío** hasta donde llegan las aguas residuales y el aire que han succionado los pozos de vacío.

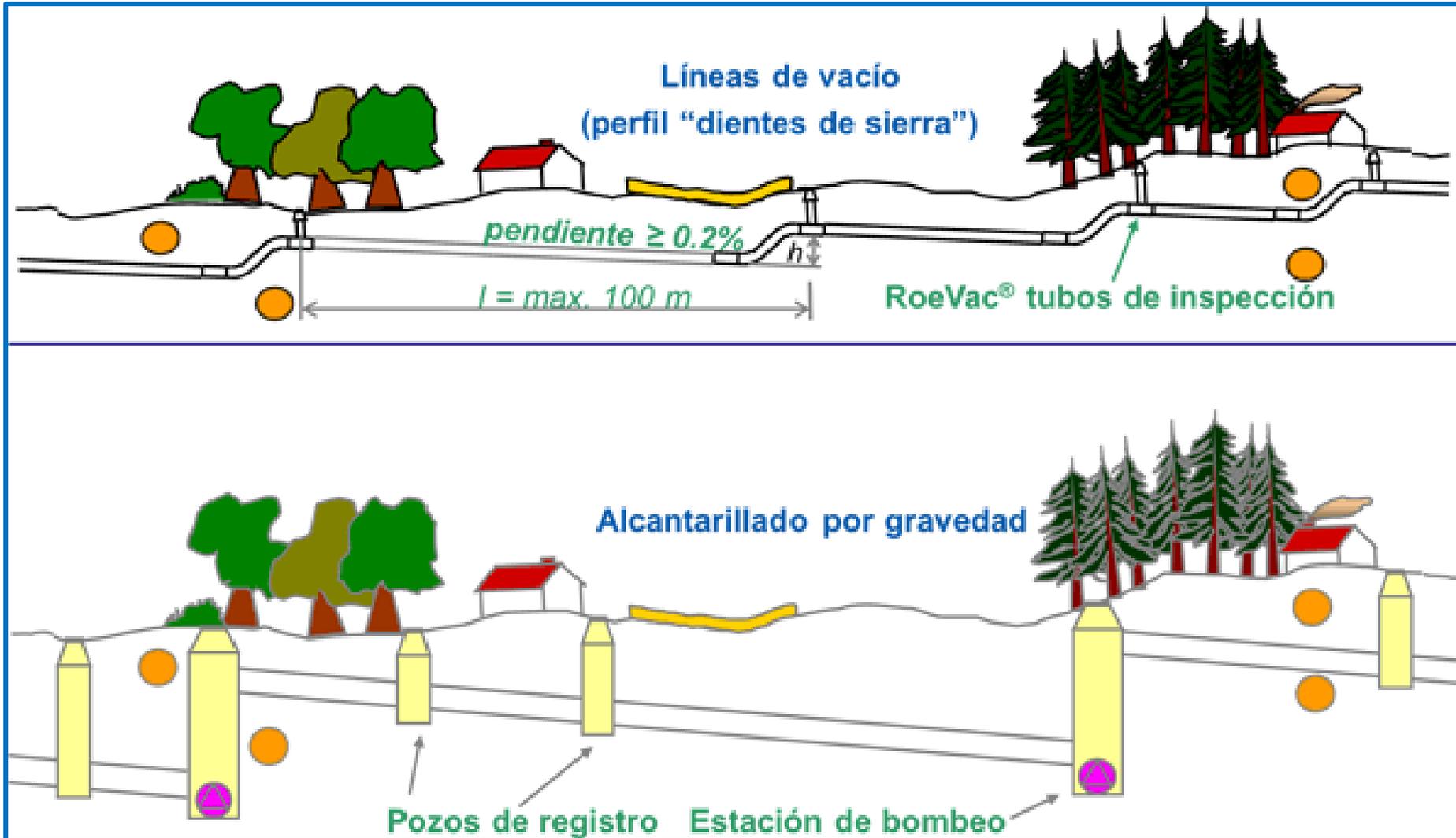
Dentro del tanque de vacío el agua que se acumula en el fondo es **bombada mediante bombas de impulsión estándar** hacia la estación depuradora (EDAR) o hacia el punto de conexión del alcantarillado convencional existente. **El aire a su vez se extrae mediante generadores de vacío estándar.**

El vacío se mantiene siempre constante entre un rango predeterminado en el depósito y la red de vacío.

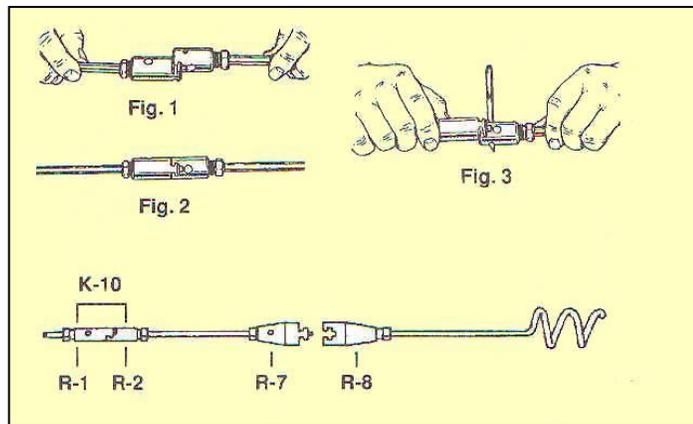
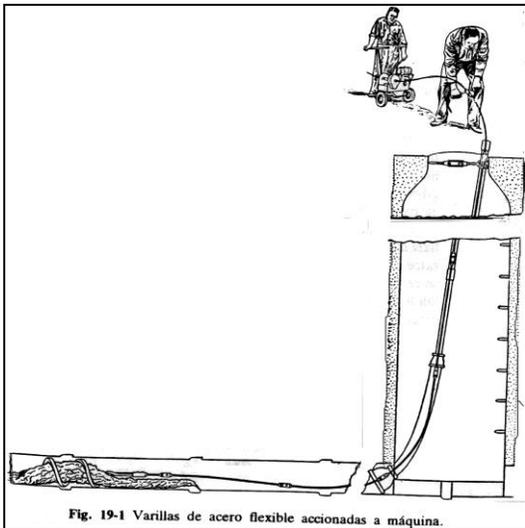
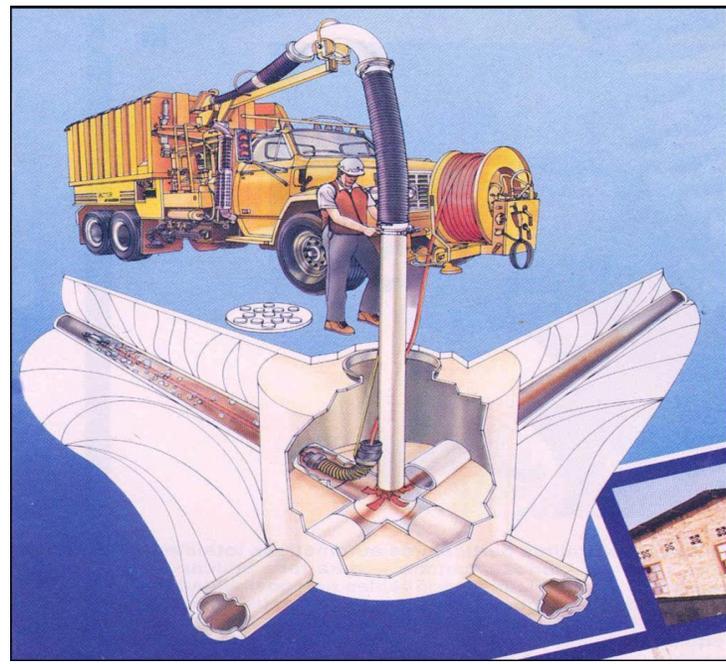
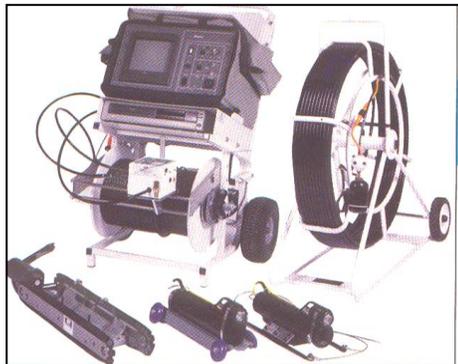
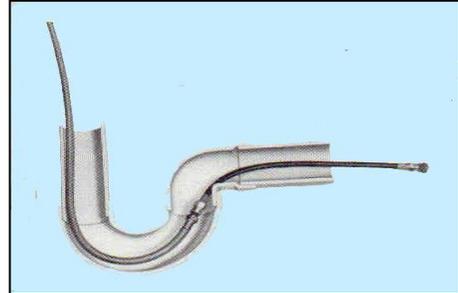
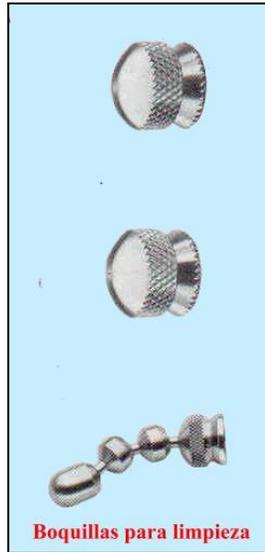
Las estaciones estándar tienen **2 (1+1)** bombas de vacío y de impulsión que son individualmente capaces de operar el sistema por completo, y funcionan alternativamente quedando una de cada en reserva.



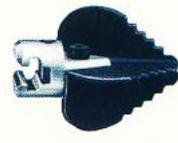
# Alcantarillado por vacío vrs. convencional



# Equipos de Limpieza para alcantarillas



# Equipos de limpieza para alcantarillas

<p><b>Barrena Articulada</b> Para limpiar unidades montadas espalda a espalda, es decir para sumideros en los que el cable tiene que ser introducido al tubo de bajada.</p>  	<p><b>Barrena Recta</b> Para su empleo en la exploración y para soltar atascos o para retornar muestras a la superficie para así determinar la herramienta correcta.</p>  	<p><b>Barrena de Embudo</b> Para su empleo como herramienta secundaria en líneas de tubos. Afloja atascos dejados por el sinfin recto.</p>  	<p><b>Barrena de Gancho</b> Se emplea en atascos pesados causados por raíces en tubos que requieren enganche y aflojamiento.</p>  
<p><b>Barrena Recuperadora</b> Para búsquedas, para cables que se han roto en la línea.</p>  	<p><b>Cortadora de Pala</b> Para atascos causados por materiales endurecidos, tales como depósitos químicos.</p>  	<p><b>Cortadora de Cuatro Hojas Con Dientes de Sierra</b> Para reparar el trabajo de los sinfines y para desatorar desagües de piso.</p>  	<p><b>Cortadora de Grasa</b> Para abrir líneas que han sido contaminadas con grasa de detergentes.</p>  
<p><b>Cortadora de Sierra Espiral</b> Para la limpieza de cualquier atasco, tal como raíces, trapos, palos, etc.</p>  	<p><b>Cortadora de Diente de Sierra</b> Para limpiar líneas que han sido bloqueadas por raíces. Su diseño único permite extraer la cortadora del tubo dañado sin que el mismo se agarrote.</p>  	<p><b>Cortadora de Barra Espiral</b> Para desagües principales bloqueados por raíces, desechos de hojas, palos, aserrín, trapos, costales.</p>  	<p><b>Cortadora de Diente de Tiburón</b> Para su empleo en la limpieza de tubos con atascamiento de material general adherido a las paredes del tubo.</p>  
<p><b>Cortadora de Grasa "C"</b> Para atascos de grasa en líneas que conducen de la máquina de desecho de basura o del tubo de deserdicos.</p>  	<p><b>Cortadora Expansible de Acabado</b> Para la eliminación final de materiales adheridos a las paredes y de ciertas raíces de naturaleza fibrosa.</p>  	<p><b>Golpeadora de Cadena</b> Para su empleo en situaciones en las que se requiere una acción vigorosa para la limpieza de escamas en tubos y calderas.</p>  	<p><b>Escobilla Para Tubos de Humo</b> Para la limpieza final de tubos de calderas y de intercambiadores de calor.</p>  



# *Receso 2, para Preguntas*

# Criterios hidráulicos de diseño de las RAS

Actualización de los criterios de diseño de los alcantarillados convencionales. Los cambios más significativos son los siguientes:

- **La fuerza de arrastre o tractiva** permite el control de la: sedimentación, erosión y producción de sulfuros dentro de la tuberías.

$$F = 1000 * R_H S$$

Donde:

F= fuerza de arrastre en kg/m<sup>2</sup>, (F > 0.12 kg/m<sup>2</sup>)

R<sub>H</sub> = radio hidráulico en m

S = pendiente en m/m

- **El diseño hidráulico debe efectuarse para las condiciones reales de funcionamiento.**
- **Se sustituyó el criterio de controlar la velocidad a tubo lleno, por el de la velocidad real** (vr > velocidad de arrastre).

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

V = velocidad en m/s

R = radio hidráulico en m

S = pendiente en m/m

# Criterios hidráulicos de diseño de las RAS

En el caso de pequeños colectores circulares si utilizamos  $n = 0.013$  la formula anterior puede Simplificarse a la siguiente expresión.

$$V = 15.8 * S^{\frac{3}{8}} * Q^{\frac{1}{4}}$$

**Donde:**

V = m/s,

S = pendiente en m/m

Q = caudal, en m<sup>3</sup>/s

- La Pendiente de las tuberías deben corresponder al caudal de diseño, no es correcto incrementar el diámetro para reducir el gradiente.

Utilizando la formula anterior y estableciendo una velocidad mínima igual a **0.50** m/s, obtenemos para calcular la pendiente, la ecuación siguiente.

$$S = 0.0001 * Q^{\frac{-2}{3}}$$

**Donde:**

S = pendiente m/m

Q = caudal, en m<sup>3</sup>/s, para los tramos iniciales el caudal mínimo deberá ser mayor a **1.5** L/s.

# Cálculos hidráulicos

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Radio hidráulico  $R = \frac{A_m}{P_m}$

Donde:

A<sub>m</sub> = Área de la sección mojada (m<sup>2</sup>)

P<sub>m</sub> = Perímetro de la sección mojada (m)

## Para tuberías con sección llena:

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4}$$

Donde:

D = Diámetro (m)

Velocidad:  $V = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

$$Q = VA$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Área de la sección circular (m<sup>2</sup>)

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

**Para tuberías con sección parcialmente llena:**

El ángulo central  $\theta^\circ$  (en grado sexagesimal):  
h : altura de lamina de agua (m)

$$\theta^\circ = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)$$

Velocidad:

$$V = \frac{0.397 D^{\frac{2}{3}}}{n} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Caudal:

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 n (2\pi \theta^\circ)^{\frac{2}{3}}} (2\pi \theta^\circ - 360 \operatorname{sen} \theta^\circ)^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

# Cálculos hidráulicos

# Tensión Tractiva

**Las tuberías del sistema de alcantarillado deberán cumplir la condición de autolimpieza** para limitar la sedimentación de arena. Por lo tanto, es aconsejable utilizar pendientes que den lugar a velocidades autolimpiantes en condiciones críticas de flujo (bajo caudal y tirante).

La tensión tractiva, o tensión de arrastre, es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector y en consecuencia sobre el material depositado. Tiene la siguiente expresión:

$$t = \rho * g * R * S$$

Donde:

- t = Tensión de arrastre, en pascal (Pa).
- $\rho$  = Densidad del agua 1000 (kg/m<sup>3</sup>).
- g = Aceleración de la gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>
- R = Radio hidráulico (m).
- S = Pendiente de la tubería (m/m).

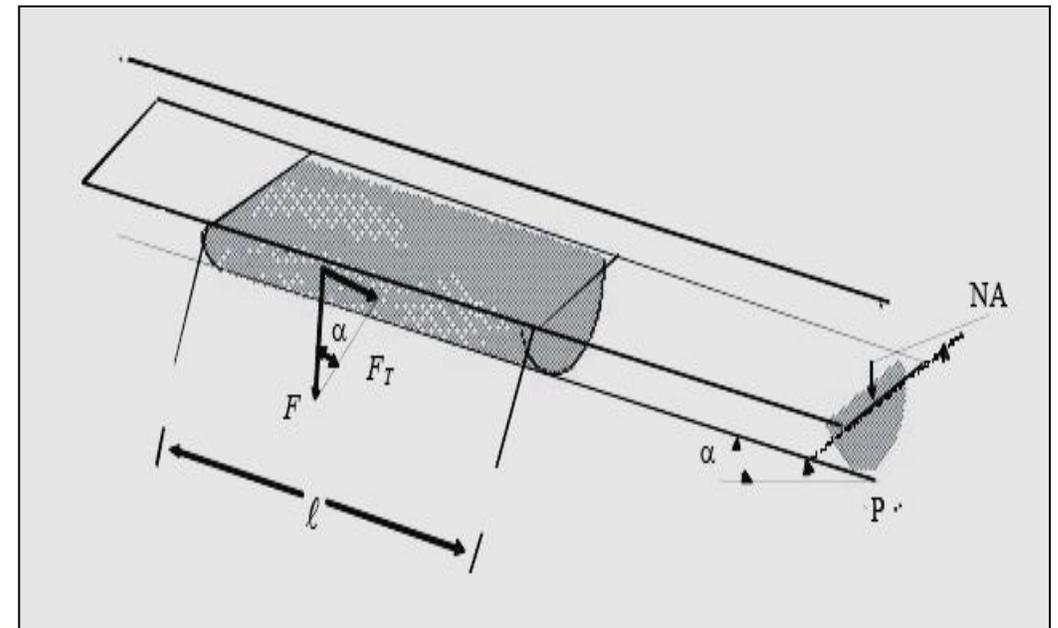
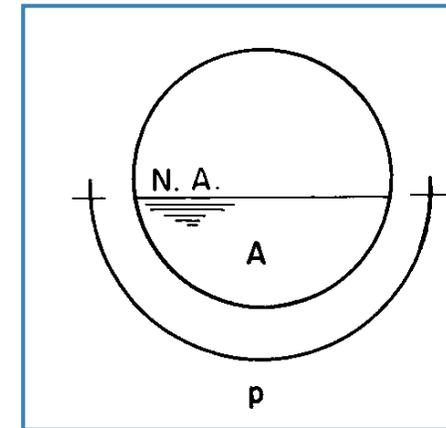
La tensión de arrastre es función del peso específico de las aguas residuales, del radio hidráulico y de la pendiente del colector

# Fuerza tractiva recomendada

La fuerza tractiva mínima **debe ser suficiente para transportar entre el 90 y 95% del material granular que ingresa al sistema** de alcantarillado.

La fuerza tractiva mínima recomendada para los sistemas de alcantarillado sanitario es.

$$\tau = 0.10 \text{ kg/m}^2$$



# Criterios de diseño

## Pendiente Mínima, Criterio de la fuerza Tractiva

La pendiente del colector será calculada con el criterio De la fuerza tractiva según la expresión siguiente:

$$S = \frac{\tau}{\gamma R}$$

Para tuberías con sección parcialmente llena:

$$S = \frac{\tau}{\gamma \frac{D}{4} \left[ 1 - \frac{360 \text{sen} \theta}{2\pi \theta} \right]}$$

**Donde:**

S = pendiente de la tubería, m/m

T = fuerza tractiva o tensión de arrastre (kg/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = peso específico del agua, kg/m<sup>3</sup>

R = radio hidráulico en, m

$\theta$  = ángulo central en grados

# Pendiente mínima

En el diseño de la red de recolección se debe tomar en cuenta las condiciones de flujo críticas, que pueden presentarse por los bajos caudales que se producen en la etapa inicial de operación, Se deben utilizar pendientes no muy bajas que causen sedimentación, consecuentemente mayores costos de mantenimiento, antes de alcanzar los caudales de proyecto.

**Para calcular la pendiente mínima**, se recomienda adoptar el criterio que establece una relación de tirantes a sección parcialmente llena del **20 al 25%**.

Para estas condiciones el valor promedio del caudal de aporte es de **10 a 15%** de la capacidad del tubo.

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = 0.15 \quad (15\%)$$

Donde:

$Q_p$  = Caudal promedio actual

$Q_{ll}$  = Caudal a sección llena

## 5.3 PENDIENTE MÍNIMA RECOMENDADA

Para las condiciones de flujo:

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = 0.15 \Rightarrow \frac{h}{D} = 0.263$$

El ángulo central (grado sexagesimal):

$$\theta^\circ = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right) = 123.41^\circ$$

Pendiente Mínima:

$$S_{\min} = \frac{\tau_{\min}}{\gamma R_p} = \frac{\tau_{\min}}{\gamma \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} 123.41^\circ}{2\pi 123.41^\circ} \right)} \quad (\text{m/m})$$

$$S_{\min} = \frac{\tau_{\min}}{\gamma R_p} = \frac{\tau_{\min}}{\gamma 0.1531D} \quad (\text{m/m})$$

## PENDIENTE MÍNIMA PARA COLECTORES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

$$Q_p/Q_{ll} = 0,15; R/D = 0,1531; \tau_{\min} = 0,10 \text{ Kg/m}^2;$$

$$\gamma = 1000 \text{ Kg/m}^3; n = 0,013$$

*Pendiente  
mínima*

Diámetro	Pendiente Mínima (Smin)	Capacidad Plena	
		Velocidad	Caudal
M	o/oo	m/s	sl/s
0,10	6,53	0,53	4,2
0,15	4,35	0,57	10,0
0,20	3,27	0,60	18,7
0,25	2,61	0,62	30,4
0,30	2,18	0,64	45,1
0,35	1,87	0,65	63,0
0,40	1,63	0,67	84,2
0,45	1,45	0,68	108,6
0,50	1,31	0,70	136,5
0,55	1,19	0,71	167,8
0,60	1,09	0,72	202,6
0,65	1,00	0,73	240,9
0,70	0,93	0,74	282,9
0,75	0,87	0,74	328,5
0,80	0,82	0,75	377,8
0,85	0,77	0,76	430,9
0,90	0,73	0,77	487,7
0,95	0,69	0,77	548,3
1,00	0,65	0,78	612,7

# Parámetros de diseño

Los caudales de aporte que concurren a las redes de alcantarillado sanitario, para el inicio y final del período de diseño, serán determinados utilizando las siguientes ecuaciones:

a) **Caudal medio diario**

$$Q_m = C \frac{PD}{86400}$$

**Donde:**

Q<sub>m</sub> = Caudal medio diario (l/s)

C = Coeficiente de retorno

P = Población

D = Dotación (l/hab/d)

b) **Caudal máximo horario**

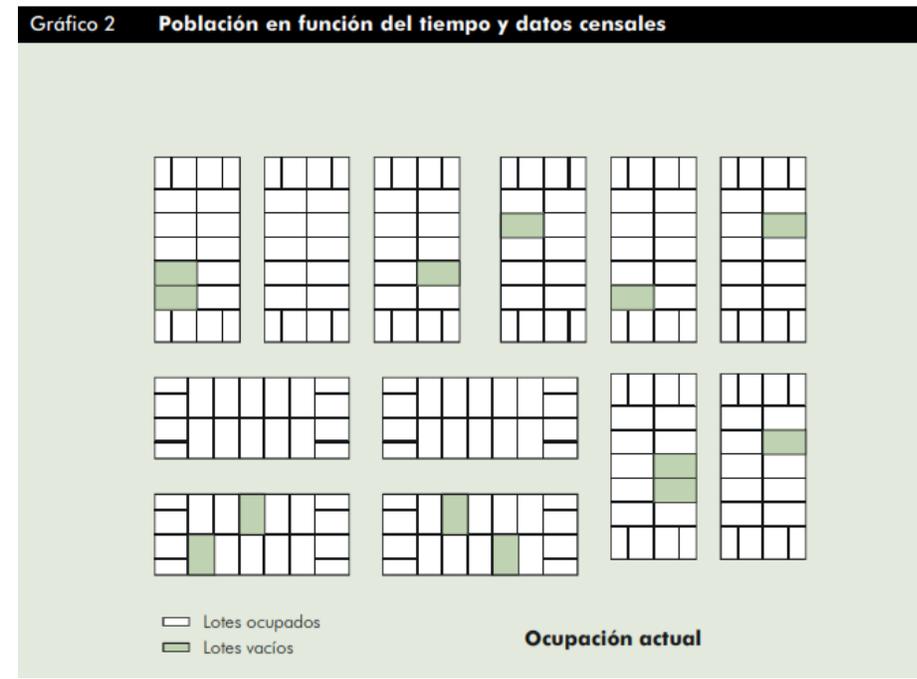
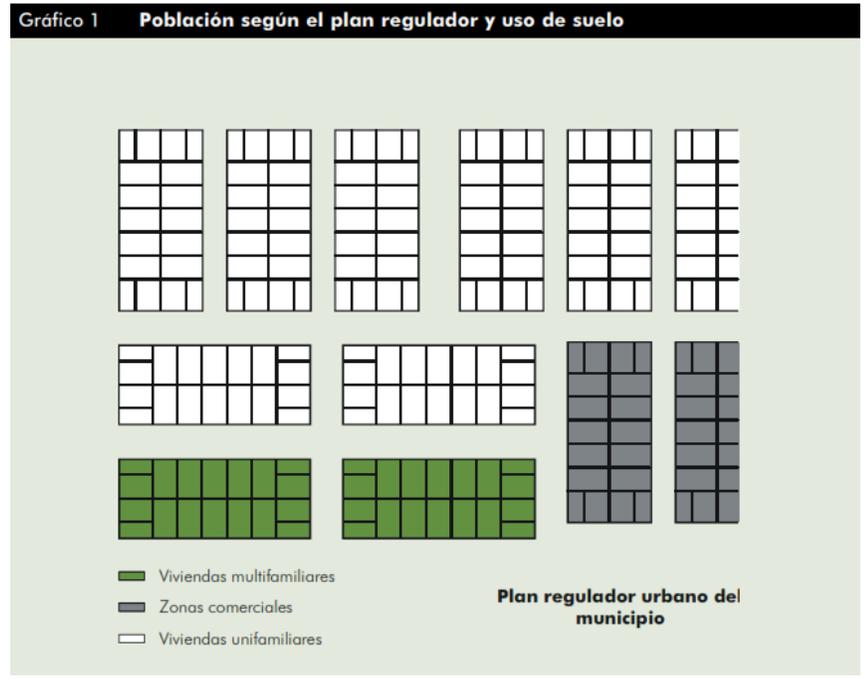
$$Q_{\max} = MQ_m \text{ (l/s)}$$

**Donde:**

Q<sub>max</sub> = Caudal máximo horario (l/s)

M = Coeficiente de punta o mayorización

# Estimación de la población



**Cuadro 1 Población de saturación según el plan regulador de uso de suelo**

TIPO DE OCUPACIÓN	Número de lotes	Número de viviendas	Tasa de ocupación	Población resultante
Unifamiliar	144	144	5,50	792
Multifamiliar (hasta 6 departamentos)	36	216	5,50	1188
Comercial (10 habitantes equivalentes)	36	—	10	360
<b>Total</b>				<b>2340</b>

**Cuadro 2 Población por tasa de crecimiento**

Tipo de lote	Número de viviendas ocupadas	Población actual verificada (censo)	Densidad de ocupación	Tasa de crecimiento anual	Población al final del periodo de 15 años
Unifamiliar	136	715	5,25	3,5%	1179
Multifamiliar	192	864	4,50	3,5%	1425
<b>Total</b>					<b>2604</b>

# Dotación de Agua

El volumen de descarga de aguas residuales depende directamente del consumo de agua en la zona. Por esto, para diseñar el sistema de alcantarillado, habrá que definir la dotación de agua potable por habitante. La dotación, a su vez, dependerá del clima, el tamaño de la población, características económicas, culturales, información sobre el consumo medido en la zona, etc.

Normalmente, **en áreas de bajos ingresos se registran bajos consumos de agua**. Un valor promedio utilizado en el diseño podría ser de **80 a 120 l/h/día**.

El cuadro 4 muestra, como referencia, niveles de ingreso y su respectivo consumo de agua (l/h/día):

<b>Cuadro 4 Niveles de ingreso y dotación de agua potable</b>	
<b>Tipo de área a ser atendida según nivel de ingresos</b>	<b>Dotación per-cápita (l/h/día)</b>
Alto	250 - 180
Medio	180 - 120
Bajo	120 - 80

# Coeficiente de Retorno

Se ha estimado, mediante estudios estadísticos, el porcentaje de agua abastecida que llega a la red de alcantarillado. Este coeficiente oscila entre el **60% y 80%** de la dotación de agua potable.

## Coeficiente Punta

La relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario, denominado “coeficiente de punta”, se obtiene mediante la ecuación de Harmon.

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P/1,000}}$$

**Donde:**

FH = factor de Harmon (o de mayorización)

P = población del tramo

También se pueden utilizar los valores de **k1** y **k2** (coeficientes de máximo caudal diario y horario). El valor recomendado está en el rango de **2 a 3,8** y depende del tamaño de la población a ser atendida.

# Caudal por infiltración

El caudal de infiltración se determinará considerando los siguientes aspectos:

- Altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección.
- Material de la tubería y tipo de unión.

Cuadro 5 Valores de infiltración		
Nivel freático	Tipo de unión	Caudal de infiltración l/s/km
Bajo	anillo de goma	0.05
Alto	anillo de goma	0.50

## Caudal de conexiones erradas

Se deben considerar los caudales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, así como las conexiones clandestinas de patios domiciliarios que incorporan al sistema aguas pluviales.

El caudal por conexiones erradas puede ser del **5% al 10%** del caudal máximo horario de aguas residuales

# Caudal de diseño

## c) Caudal de diseño

El dimensionamiento de los conductos deberá atender los máximos caudales de descarga según la siguiente expresión:

$$Q_d = Q_{\max} + Q_i + Q_e$$

**Donde:**

$Q_d$  = Caudal de diseño (l/s)

$Q_{\max}$  = Caudal máximo horario

$Q_i$  = Caudal por infiltración

$Q_e$  = Caudal por conexiones erradas

# Formatos, diseño alcantarillado condominial

CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS RAMALES CONDOMINIALES					
Manzana número	Extensión del Ramal condominial	Número de conexiones	Población de contribución estimada	Número de elementos de inspección CI40	Número de elementos de inspección CI60
M1	265 m	18	99 Hab.	18	3
M2	265 m	18	99 Hab.	18	3
M3	265 m	18	99 Hab.	18	3
M4	265 m	18	99 Hab.	18	3
M5	265 m	18	99 Hab.	18	3
M6	265 m	18	99 Hab.	18	3
M7	250m	18	99 Hab.	18	3
M8	250m	18	99 Hab.	18	3
M9	250m	18	594 Hab.	18	3
M10	250m	18	594 Hab.	18	3
M11	265 m	18	180 Hab.	18	3
M12	265 m	18	180 Hab.	18	3
<b>TOTAL</b>	<b>3120 m</b>	<b>216</b>	<b>2340 Hab.</b>	<b>216</b>	<b>36</b>

Además, se debe incluir información de los accesorios “TE” o “YE” de conexión que requieren los domicilios o, en su caso, cámaras de interconexión.

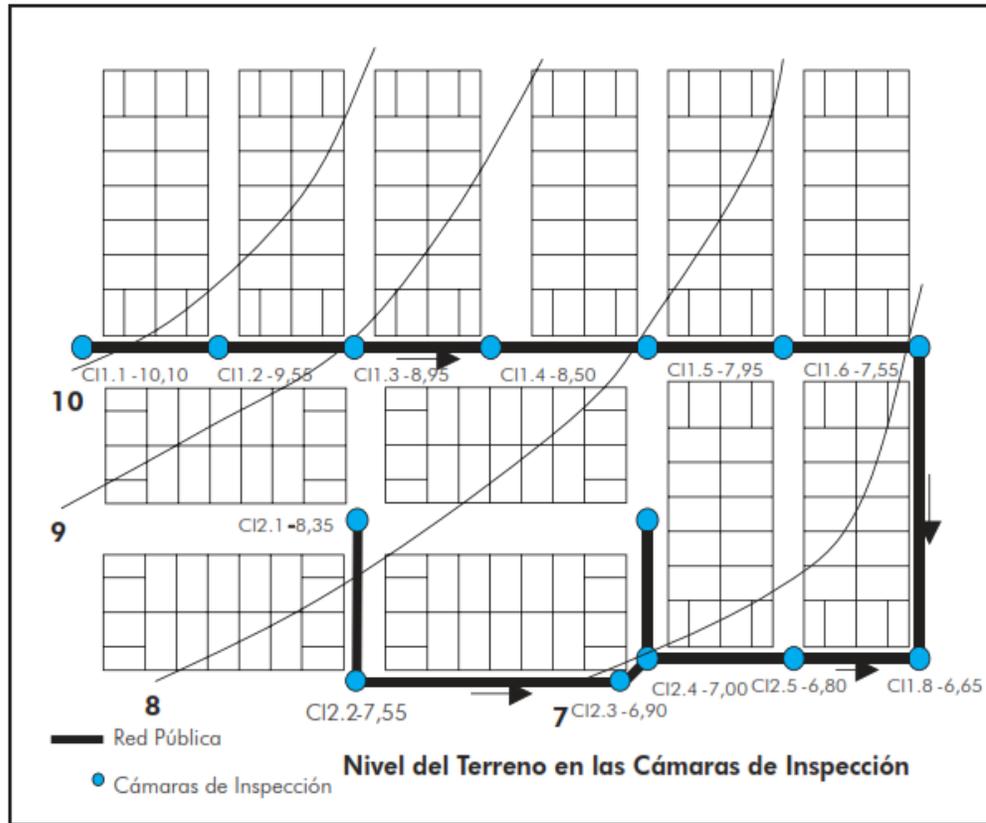
VERIFICACIÓN HIDRÁULICA DEL RAMAL CONDOMINIAL				
Cuadra	Número de viviendas	Población de diseño	Caudal máximo previsto l/s	Capacidad de la tubería de 100 mm, para $j=6,53\text{‰}$
M9	108	594	1,20	4,17

# Formato para la estimación de caudales

## CARACTERIZACIÓN DE CAUDALES EN LA RED PÚBLICA

Número del tramo	Extensión del Tramo (m)	Ramales contribuyentes	Caudal de contribución del ramal	Caudal de Infiltración	Caudal en el tramo
CI1.1 – CI1.2	85		—	0,00085 l/s	0,00085 l/s
CI1.2 – CI1.3	85	M1	0,20 l/s	0,00085 l/s	0,2017 l/s
CI1.3 – CI1.4	85	M2	0,20 l/s	0,00085 l/s	0,4025 l/s
CI1.4 – CI1.5	85	M3	0,20 l/s	0,00085 l/s	0,6034 l/s
CI1.5 – CI1.6	85	M4	0,20 l/s	0,00085 l/s	0,8043 l/s
CI1.6 – CI1.7	85	M5	0,20 l/s	0,00085 l/s	1,0052 l/s
CI1.7 – CI1.8	130	M6	0,20 l/s	0,00130 l/s	1,2065 l/s
CI2.1 – CI2.2	85	M7	0,20 l/s	0,00085 l/s	1,4073 l/s
CI2.2 – CI2.3	130	M9	1,2 l/s	0,00130 l/s	2,6086 l/s
CI2.3 – CI2.4	10	M10	1,2 l/s	0,0001 l/s	3,8087 l/s
CI3.1 – CI2.4	85	M8	0,20 l/s	0,00085 l/s	4,0095 l/s
CI2.4 – CI2.5	85	—	—	0,00085 l/s	4,0102 l/s
CI2.5 – CI1.8	58	M11	0,36 l/s	0,00058 l/s	4,3708 l/s

# Formatos red Pública, alcantarillado condominial



CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LA RED PÚBLICA				
Número del tramo	Extensión del Tramo (m)	Ramales contribuyentes	Nivel del terreno aguas arriba	Nivel del terreno aguas abajo
CI1.1 – CI1.2	85		10,10	9,55
CI1.2 – CI1.3	85	M1	9,55	8,95
CI1.3 – CI1.4	85	M2	8,95	8,50
CI1.4 – CI1.5	85	M3	8,50	8,05
CI1.5 – CI1.6	85	M4	8,05	7,55
CI1.6 – CI1.7	85	M5	7,55	6,90
CI1.7 – CI1.8	130	M6	6,90	6,65

# Verificación hidráulica

**VERIFICACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED PÚBLICA**

Número del tramo	Caudal en el tramo l/s	Profundidad aguas arriba determinada por la salida del ramal (m)	Nivel del terreno aguas arriba (m)	Nivel tubería aguas arriba Adoptado (m)	Extensión del tramo (m)	i (o/oo)	Diámetro (mm)	Capacidad (l/s)
CI1.1 – CI1.2	0,0008	—	10,10	9,10	85,00	6,47	100,00	
CI1.2 – CI1.3	0,2017	0,7	9,55	8,55	85,00	7,06	100,00	
CI1.3 – CI1.4	0,4025	0,7	8,95	7,95	85,00	6,47	100,00	
CI1.4 – CI1.5	0,6034	0,7	8,50	7,40	85,00	7,06	100,00	
CI1.5 – CI1.6	0,8043	0,7	7,95	6,80	85,00	6,47	100,00	
CI1.6 – CI1.7	1,0052	0,7 + 0,05	7,55	6,25	85,00	6,47	100,00	
CI1.7 – CI1.8	1,2065	0,7	6,90	5,70	130,00	8,46	100,00	
CI2.1 – CI2.2	1,4073	0,7	8,35	7,35	85,00	9,41	100,00	
CI2.2 – CI2.3	2,6086	0,7	7,55	6,55	130,00	6,54	100,00	
CI2.3 – CI2.4	3,8087	0,7	6,90	5,70	10,00	10,00	100,00	
CI3.1 – CI2.4	4,0095	0,7	7,50	6,50	85,00	10,59	100,00	
CI2.4 – CI2.5	4,0102	0,7	7,00	5,60	85,00	7,06	100,00	
CI2.5 – CI1.8	4,3708	0,7	6,80	5,00	58,00	6,90	100,00	

En la práctica, los cálculos aquí presentados en las diferentes columnas deben ser agrupados en una planilla que permita calcular desde la determinación de los caudales hasta las variables hidráulicas proyectadas.

# Profundidad de arranque de la red pública

PROFUNDIDAD DE ARRANQUE DE LA RED PÚBLICA $S = 6,53\text{‰}/00$						
Manzana número	Desnivel natural disponible (m)	Tipo de ramal	Extensión aproximada del mayor ramal (m)	Desnivel necesario para el ramal (m)	Profundidad de salida del ramal condominial adoptada (m)	Cámara de Inspección de la red pública correspondiente
M1	1,50	Acera	162	1,05	0,7	CI 1.2
M2	1,45	Acera	162	1,05	0,7	CI 1.3
M3	1,45	Acera	162	1,05	0,7	CI 1.4
M4	1,05	Acera	162	1,05	0,7	CI 1.5
M5	1,00	Acera	162	1,05	0,7 + 0,05	CI 1.6
M6	1,45	Acera	162	1,05	0,7	CI 1.7
M7	1,50	Acera	170	1,11	0,7	CI 2.1
M8	1,20	Acera	170	1,11	0,7	CI 3.1
M9	1,45	Acera	170	1,11	0,7	CI 2.2
M10	1,10	Acera	170	1,11	0,7	CI 2.3
M11	1,15	Acera	162	1,05	0,7	CI 2.5
M12	1,10	Acera	162	1,05	0,7	CI 1.8

Para el área presentada en el ejemplo, solo el ramal M5 requiere una profundidad mayor que la mínima, debido a que la pendiente natural es menor que la pendiente establecida para los ramales.

# Cuantificación de las áreas de aporte

Alcantarillado sanitario - Ejemplo de planilla de cálculo hidráulico  
Trazado de red pública por centro de calle (Recubrimiento Mínimo de Arranque = 0.85 m)

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26	
Cámara		De		A		Identificación del área propia		Área Tributaria		Máxima Agua Residual Domestica		Conexiones Erradas		Infiltración		Caudal		Cotas (msnm)		Longitud		Pendiente		Diámetro		Seccion Plena		CONDICIONES DE FLUJO		PARA CAUDAL MAXIMO (Qmax)		Relación de Caudal		Velocidad		Relación de Tirante		Tensión Tractiva													
Nº		Nº		Tramo		Ha		Qu		Qu*A		Qe		Qi		Máximo Qmax 8*10+12		Terreno		L		del Conducta S (por mil)		m		Capacidad		QII		Vp		hD		Pa																	
Propia		Acumulada		Caudal Unitario		Propio		Acumulado		Propio		Acumulado		Propia		Acumulado		Inicial		Final		m		o/oo		m		l/s		m/s		Op/Cl		m/s		hD		Pa													
1	2	T.1	0.27	0.27	0.48	0.13	0.13	0.013	0.013	0.011	0.011	0.15	275.00	275.20	275.05	274.25	110.8	7.22	0.10	4.4	0.56	0.034	0.26	0.13	0.6																										
2	3	T.2	0.26	0.52	0.48	0.12	0.25	0.012	0.025	0.007	0.018	0.29	275.20	274.67	274.25	273.72	71.2	7.44	0.10	4.5	0.57	0.068	0.32	0.18	0.78																										
3	4	T.3	0.34	0.88	0.48	0.16	0.74	0.016	0.074	0.008	0.043	0.85	274.67	274.35	273.68	273.14	81.0	6.68	0.10	4.2	0.54	0.202	0.42	0.31	1.15																										
4	5	T.4	0.21	1.09	0.48	0.10	1.19	0.010	0.119	0.006	0.067	1.28	274.35	273.94	273.11	272.68	64.4	6.68	0.10	4.2	0.54	0.304	0.47	0.38	1.35																										
5	6	T.5	0.27	1.36	0.48	0.13	1.59	0.013	0.159	0.007	0.089	1.85	273.94	274.48	272.68	272.23	66.7	6.68	0.10	4.2	0.54	0.438	0.52	0.46	1.56																										
6	7	T.6	0.26	1.65	0.48	0.13	1.82	0.013	0.182	0.006	0.107	2.34	274.48	273.68	272.23	271.80	64.8	6.68	0.10	4.2	0.54	0.553	0.58	0.56	1.76																										
7	8	T.7	0.42	2.07	0.48	0.20	2.27	0.020	0.227	0.009	0.185	4.05	273.68	273.42	271.80	271.41	86.9	4.46	0.15	10.2	0.58	0.398	0.55	0.46	1.55																										
9	10	T.8	0.13	0.13	0.48	0.06	0.06	0.006	0.006	0.005	0.005	0.07	275.00	275.37	275.05	274.42	53.2	11.84	0.10	5.5	0.72	0.013	0.25	0.08	0.60																										
10	3	T.9	0.55	0.68	0.48	0.26	0.33	0.026	0.033	0.011	0.018	0.37	275.37	274.67	274.42	273.68	110.90	6.68	0.10	4.2	0.54	0.089	0.35	0.22	0.68																										
11	12	T.10	0.15	0.15	0.48	0.07	0.07	0.007	0.007	0.006	0.006	0.09	275.37	275.03	274.42	273.85	63.2	9.00	0.10	4.9	0.62	0.018	0.24	0.09	0.6																										
12	4	T.11	0.54	0.69	0.48	0.26	0.33	0.026	0.033	0.011	0.017	0.38	275.03	274.35	273.85	273.11	111.1	6.68	0.10	4.2	0.54	0.090	0.34	0.21	0.81																										
13	14	T.12	0.11	0.11	0.48	0.05	0.05	0.005	0.005	0.004	0.004	0.06	275.03	274.65	274.08	273.59	44.7	11.00	0.10	5.4	0.69	0.012	0.23	0.08	0.6																										
14	5	T.13	0.52	0.63	0.48	0.25	0.30	0.025	0.030	0.011	0.016	0.35	274.65	273.94	273.59	272.85	111.0	6.68	0.10	4.2	0.54	0.082	0.32	0.19	0.77																										
15	6	T.14	0.63	0.63	0.48	0.30	0.30	0.030	0.030	0.011	0.011	0.34	274.44	274.48	273.49	272.74	112.22	6.68	0.10	4.2	0.54	0.081	0.32	0.19	0.77																										
16	17	T.15	0.35	0.35	0.48	0.17	0.17	0.017	0.017	0.012	0.012	0.20	275.20	274.94	274.25	273.47	117.11	6.68	0.10	4.2	0.54	0.047	0.28	0.16	0.83																										
17	18	T.16	0.29	0.64	0.48	0.14	0.31	0.014	0.031	0.008	0.019	0.26	274.94	274.48	273.47	272.97	75.0	6.68	0.10	4.2	0.54	0.084	0.33	0.20	0.79																										
18	19	T.17	0.30	0.94	0.48	0.15	0.80	0.015	0.080	0.008	0.039	0.92	274.48	273.90	272.93	272.35	78.0	7.44	0.10	4.5	0.57	0.206	0.45	0.31	1.28																										
19	7	T.18	0.23	1.17	0.48	0.11	1.28	0.011	0.011	0.007	0.011	1.48	273.90	273.68	272.35	271.90	67.0	6.68	0.10	4.2	0.54	0.251	0.49	0.41	1.44																										
20	18	T.19	0.72	0.72	0.48	0.35	0.35	0.035	0.035	0.012	0.012	0.39	274.67	274.48	273.72	272.93	118.7	6.68	0.10	4.2	0.54	0.093	0.35	0.22	0.85																										
21	19	T.20	0.36	0.36	0.48	0.17	0.17	0.017	0.017	0.011	0.011	0.20	274.35	273.90	273.40	272.64	114.1	6.68	0.10	4.2	0.54	0.048	0.29	0.15	0.61																										
22	19	T.21	0.42	0.42	0.48	0.20	0.20	0.020	0.020	0.013	0.013	0.23	274.39	273.90	273.44	272.58	128.5	6.68	0.10	4.2	0.54	0.055	0.30	0.17	0.68																										

**Observaciones**  
**Q unitario (qu) = 0.48**  
**Qe = 10% qu\*A**  
**Qi = 0.1 L/s.km**

**Criterios de diseño**  
**Ft = 1 Pa**  
**Qp/QII = 0.15 (inicio proyecto)**  
**Dmin = 0.10 m**

## Ejemplo de diseño

No.	PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR
1	Periodo de diseño	año	20
2	Población actual	hab.	2,043
3	Población futura o servida	hab.	3,481
4	Tasa de crecimiento de población (variable)	%	3.3 – 2.0
5	Lotes habitados (según censo)	No.	396
6	Área tributaria total del barrio (c/vías) – (A)	Ha.	24.7
7	Densidad actual (Di)	hab/ha	82.71
8	Densidad futura (Df)	hab/ha	140.93
9	Número de conexiones de agua	No.	396
10	Número de habitantes por conexión	Hab/conex	5.16
11	Consumo doméstico(s/ registros del operador)	m <sup>3</sup> /conex/mes	16.23
12	Consumo comercial	-	-
13	Consumo industrial	-	-
14	Dotación actual con servicio de agua ( $D_a$ )	l/h/día	105
15	Dotación prevista con alcantarillado ( $D_{alc.}$ )	l/h/día	125
16	Coefficiente de retorno (c)	%	70
17	Coefficiente de punta: $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_f}}$	factor	3.39
18	Coefficiente por conexiones erradas (ce)	%	10
19	Coefficiente de infiltración (Qi) (PVC)	l/s/m	0.0001
20	Longitud total red de colectores proyectada	m.	6,155
21	Profundidad del nivel freático	m.	1.90
22	Material de la tubería	PVC	SDR 35 y 41
23	Módulo de elasticidad de la tubería	Kg/cm <sup>2</sup>	28,100
24	Peso específico del suelo de relleno	kg/m <sup>3</sup>	1,817
25	Peso por eje (carga vehicular) – h10	Kg	9,060
26	Módulo de elasticidad del suelo (relleno)	Kg/cm <sup>2</sup>	0.0
27	Tipo del suelo	A6	-
28	Límite líquido (Il)	< 50	-
29	Angulo de fricción interna	< 30°	-
30	Recubrimiento según cálculo estructural (calle)	m.	0.85
31	Recubrimiento en acera (c/ protección en cruces)	m.	0.35
32	Recubrimiento en interior de lote	m.	0.30

# Ejemplo de diseño

### 3. Cuantificación de caudales de aporte doméstico

a) Caudal Medio Diario (Q<sub>m</sub>)

$$Q_m = \frac{D_{alc.} * P_f * C}{86,400} = \frac{125 * 3,481 * 0.70}{86,400} = 3.53 l/s$$

b) Caudal Máximo Horario (Q<sub>max</sub>)

$$Q_{max} = Q_m * M = 3.53 * 3.39 = 11.97 l/s$$

c) Caudal Máximo Unitario Doméstico por Área

$$q_u = \frac{Q_{max}}{A} = \frac{11.97}{24.7} = 0.48 l/sHa$$

### 4. Caudal por infiltración (Q<sub>i</sub>)

$$Q_i = 0.0001 l/sm * 6,155m = 0.62 l/s$$

### 5. Caudal por conexiones erradas (Q<sub>e</sub>)

$$Q_e = 10\% * Q_{max} = 0.10 * 11.97 = 1.20 l/s$$

### 6. Caudal máximo de diseño (Q<sub>d</sub>)

El caudal máximo de diseño incorpora los caudales de infiltración y por conexiones erradas.

$$Q_d = Q_{max} + Q_i + Q_e = 11.97 + 0.62 + 1.20 = 13.79 l/s$$

### 7. Criterios de diseño

7.1 Verificación de la relación de caudales: presente y futuro

a) Caudal medio presente (doméstico) (Q<sub>p</sub>)

$$Q_p = \frac{D * P_i * C}{86,400} = \frac{125 * 2,041 * 0.70}{86,400} = 2.07 l/s$$

b) Capacidad de la tubería (tramo final)

Con el caudal de aporte máximo de diseño Q<sub>d</sub> = 13.79 l/s, ubicamos en el cuadro 6 el diámetro de la tubería necesaria, y corresponde a 0.20 m (8"), la cual tiene una capacidad para conducir:

$$Q_{ll} = 18.96 l/s$$

Se verifica que la relación de caudal presente y futuro es:

$$\frac{Q_p}{Q_{ll}} = \frac{2.07}{18.96} = 0.11 \quad (11\%)$$

# Ejemplo de diseño

Para determinar las pendientes mínimas, y previo al cálculo hidráulico, se adoptó una relación de caudales de:

$$\frac{Q_p}{Q_t} = 0.15$$

(15%), que fue aplicada a todos los tramos de la red.

## 7.2 Tensión tractiva

Tensión tractiva mínima:  $t_{min} = 1 \text{ (Pa)}$

## 7.3 Pendiente mínima

La pendiente mínima para la relación de caudales  $Q_p/Q_t = 0.15$  y la tensión tractiva mínima 1 Pa y para diferentes diámetros de los colectores, tiene la siguiente expresión:

$$S_{min} = \frac{t_{min}}{gR_p} = \frac{t_{min}}{rg \cdot 0.1525D}$$

En el cuadro A1, se presenta la pendiente mínima, velocidad y caudal a sección llena, utilizados en el cálculo hidráulico.

**Cuadro A1 - Pendientes mínimas**

Diámetro	Pendiente mínima ( $S_{min}$ )	Sección llena	
		Velocidad	Caudal
m	o/oo	m/s	l/s
0.10	6.68	0.54	4.22
0.15	4.46	0.58	10.17
0.20	3.34	0.60	18.96

Pendiente obtenida para los siguientes valores:

$$Q_p/Q_t = 0.15 \quad R/D = 0.1525 \quad t_{min} = 1 \text{ Pa}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad n = 0.013$$

## 7.4 Trazado de redes y recubrimiento mínimo

En el plano topográfico de la urbanización (Gráfico 12), se procedió al trazado de la red pública por el centro de la calle y los ramales condominiales por las aceras. El recubrimiento mínimo fue definido según el tipo de material (PVC), el cálculo estructural, la carga vehicular y datos del estudio geotécnico, habiendo determinado un recubrimiento mínimo de 0.85 m.

## 8. Cuantificación de áreas de aporte

Con la planimetría y el apoyo del autocad, se procedió con la cuantificación de áreas de aporte por tramo.

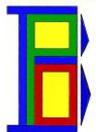
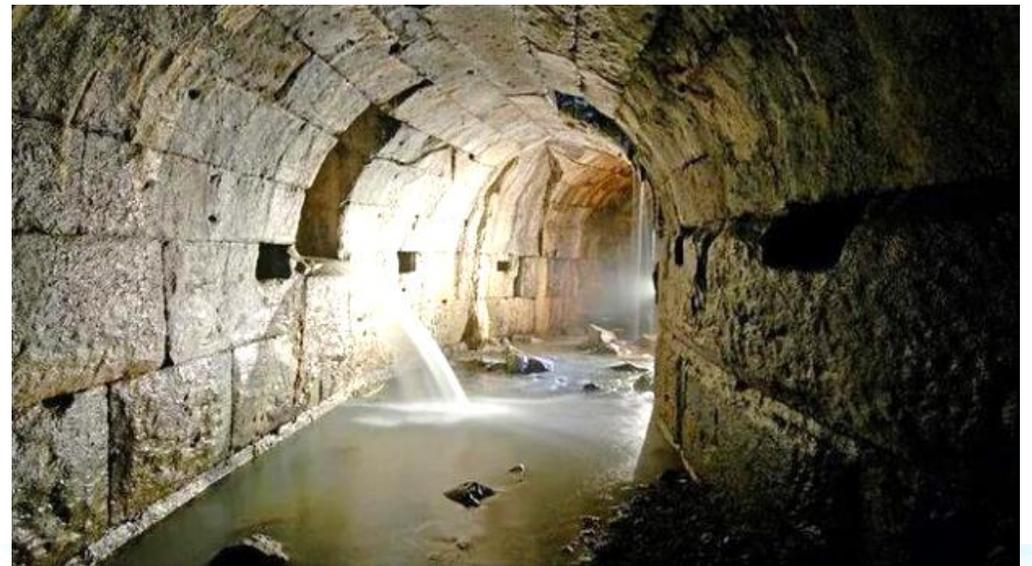


**CONASA**  
Consejo Nacional de Agua  
Potable y Saneamiento



**para todos**  
**por siempre**  
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN HONDURAS

*¡Gracias por  
su atención!*



Ing. Pedro E. Ortiz B.

**[www.conasa.hn](http://www.conasa.hn)**