



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción y
Saneamiento

Viceministerio
de Construcción y
Saneamiento

Dirección
Nacional de Saneamiento

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

GUÍA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO POR VACÍO

DIRECCIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO





Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- 1. INTRODUCCIÓN..... 5
- 2. OBJETIVO..... 6
- 3. ALCANCE 6
- 4. DEFINICIONES..... 6
- 5. SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR VACÍO 8
 - 5.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL ALCANTARILLADO POR VACÍO 8
 - 5.2 VENTAJAS DEL SISTEMA 9
 - 5.3 COMPONENTES DEL SISTEMA 11
 - 5.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA 14
 - 5.5 CONSIDERACIONES EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA..... 15
- 6. REQUISITOS..... 17
 - 6.1 REQUISITOS GENERALES 17
 - 6.2 REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO 17
 - 6.2.1 De la Red de Alcantarillado por Gravedad..... 17
 - 6.2.2 De las Cámaras Colectoras 17
 - 6.2.2.1 Válvula de Vacío 19
 - 6.2.2.2 Sensor de Nivel..... 20
 - 6.2.2.3 Controlador de la Válvula de Vacío 20
 - 6.2.3 De la Red de Alcantarillado por Vacío..... 20
 - 6.2.3.1 Tamaño de la Tubería 20
 - 6.2.3.2 Interconexión entre Válvula de Vacío y Red de Vacío 20
 - 6.2.3.3 Conexión de Ramal con Red Principal 21
 - 6.2.3.4 Medidas de Aislamiento 21
 - 6.2.3.5 Válvulas de Interrupción o Aislamiento 21
 - 6.2.3.6 Accesorios en la Red 22
 - 6.2.3.7 Caudales Provenientes de Otras Redes y de Áreas Comerciales 22
 - 6.2.4 De la Estación de Vacío..... 22
 - 6.2.4.1 Tanque Recolector de Efluentes de la Estación de Vacío 22
 - 6.2.4.2 Control de la Estación de Vacío 22
 - 6.2.4.3 Nivel de Control 23



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- 6.2.4.4 Generadores de Vacío 23
- 6.2.4.5 Capacidad del Equipo de Impulsión. 23
- 6.2.4.6 Diseño de las Bombas de Impulsión..... 24
- 6.2.4.7 Sustitución de las Bombas de Impulsión..... 24
- 6.2.4.8 Equipo Eléctrico a Prueba de Explosiones. 24
- 6.2.4.9 Válvulas de Retención..... 24
- 6.2.4.10 Control de Olores..... 24
- 6.2.4.11 Control de Ruidos..... 24
- 6.2.4.12 Generación de energía de emergencia 24
- 6.2.4.13 Equipos y Componentes 25
- 7. DISEÑO 25
 - 7.1 Principios Generales 25
 - 7.2 Diseño de Tuberías 28
 - 7.2.1 Gradiente de la Tubería 28
 - 7.3 Diseño Hidroneumático..... 29
 - 7.4 Diseño de la Estación de Vacío..... 29
- 8. INSTALACIÓN DE TUBERIAS 30
 - 8.3 Sistema de Aviso y Localización 30
- 9. INSPECCIÓN Y ENSAYOS..... 30
 - 9.1 Ensayo de las Válvulas de Vacío 30
 - 9.2 Ensayo de Tuberías..... 31
 - 9.3 Ensayo en las Cámaras Colectoras 31
 - 9.4 Ensayos de Puesta en Servicio 31
- 10. PUESTA EN SERVICIO 32
- ANEXO Nº 1: CONFIGURACIONES TÍPICAS DE CÁMARAS COLECTORAS..... 33**
- ANEXO Nº 2: CONFIGURACIONES TÍPICAS DE PERFILES DE REDES DE ALCANTARILLADO POR VACIO 36**
- ANEXO Nº 3: CONFIGURACIONES TÍPICAS DE PERFILES DE ESTACIONES DE VACIO..... 38**
- ANEXO Nº 5: RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS GENERALES DEL DISEÑO 44**
- ANEXO Nº 7: ENSAYO DE TUBERÍAS 47**



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción y
Saneamiento

Viceministerio
de Construcción y
Saneamiento

Dirección
Nacional de Saneamiento

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

ANEXO Nº 8: ENSAYO DE PRESIÓN INTERNA EN LAS CÁMARAS COLECTORAS	49
ANEXO Nº 9: ENSAYOS DE PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.....	50
ANEXO Nº 10: INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO	52



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Normas de la Dirección Nacional de Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es la unidad orgánica encargada de conducir el sistema de formulación, actualización y evaluación permanente de las normas que regulan el funcionamiento de las actividades del subsector saneamiento, según lo establece La Resolución Ministerial N° 175-2003-VIVIENDA¹, modificada por Resolución Ministerial N° 103-2009-VIVIENDA.

Los sistemas de recolección de las aguas residuales que se instalan en el país, tienden a ser sistemas que aprovechan la gravedad por su simplicidad en su operación y bajo de costo en su mantenimiento. En aquellos casos donde no es posible utilizar la gravedad para transportar las aguas residuales, se construyen estaciones de bombeo como estructura complementaria a la red de recolección para transportar estas aguas y conducir las hacia la planta de tratamiento y/o punto de disposición final.

Este tipo de sistemas de recolección no puede ser aplicado en todas las localidades de nuestro país debido a lo accidentado de algunas zonas geográficas, como es la región selva, donde el nivel freático está muy cercano a la superficie o incluso está permanentemente expuesto a inundaciones que impiden la instalación de sistemas de recolección convencional; postergando el acceso de esas poblaciones a este servicio. Este tema sin duda preocupa a los prestadores del servicio de alcantarillado sanitario, toda vez que la recolección de las aguas residuales es de su responsabilidad. Una opción para proveer estos servicios en localidades con las características antes señalada, es la construcción de alcantarillado por vacío, tecnología utilizada en muchos países de la región (Chile, Brasil, Costa Rica, Estados Unidos, otros), con muy buenos resultados.

Es importante señalar que esta tecnología no es nueva. El primero en aplicar el drenaje de presión negativa (llamada actualmente alcantarillado por vacío) fue el ingeniero holandés Liernur en la segunda mitad del siglo XIX, utilizándose en barcos, trenes y aviones durante mucho tiempo. A partir de 1959, se efectuaron mejoras técnicas en Suecia por Joel Liljendahl y luego fue lanzado al mercado por Electrolux. El alcantarillado por vacío para aguas residuales de viviendas, se instaló por primera vez en Europa en 1882, aunque fue a partir de los años 70 cuando empezó a generalizarse su uso. Hoy en día varios proveedores de sistemas de alcantarillado por vacío ofrecen una amplia gama de productos para diversas aplicaciones.

No hay duda que la tecnología de alcantarillado por vacío, permite dar solución a problemas constructivos y medioambientales en la prestación de un servicio tan básico como es la recolección de las aguas residuales en situaciones adversas, como las que se presentan en varias zonas de nuestro país. En razón de ello, se plantea la presente Guía de diseño de alcantarillado por vacío, que tiene la finalidad de difundir los principales criterios de diseño y construcción de sistemas de alcantarillado por vacío que transportan aguas residuales.

La presente guía está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

¹ Resolución Ministerial que aprueba la regulación de los órganos de menor nivel jerárquico que se encuentran en el ROF del Ministerio, así como de la Oficina de Coordinación Sectorial y Promoción Institucional.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

2. OBJETIVO

Difundir los principales criterios de diseño y construcción de sistemas de alcantarillado por vacío que transportan aguas residuales.

3. ALCANCE

La presente guía es de aplicación para todas aquellas entidades públicas o privadas que formulen o construyan sistemas de alcantarillado por vacío que transportarán aguas residuales. El sistema de alcantarillado por vacío se debe aplicar como última opción luego de haber evaluado técnicamente que no es posible la construcción del sistema de alcantarillado convencional (por gravedad o bombeo).

En todas las fases del proyecto de alcantarillado por vacío, debe intervenir un ingeniero sanitario colegiado, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero responsable del diseño, no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

4. DEFINICIONES

En aplicación de la presente Guía, entiéndase por:

- a) **Acometida:** Parte de la red de vacío que conecta una cámara colectora a un ramal de la red o a la red principal de vacío.
- b) **Bombas de Impulsión:** Dispositivos instalados en la estación de vacío destinados a la succión de las aguas residuales procedentes de la red de vacío que se encuentran almacenadas en el Tanque de vacío.
- c) **Cámara Colectora:** Unidad conformada por un sumidero o pozo y una válvula de vacío. Por tanto no se requiere energía eléctrica, funciona por el vacío mismo.
- d) **Cavitación:** O aspiración en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.
- e) **Controlador:** Dispositivo que al ser activado por el sensor de nivel, abre la válvula de vacío y tras el paso de las aguas residuales y aire, cierra dicha válvula.
- f) **Elevación:** Sección de la tubería de vacío con un incremento de altura en la dirección del caudal.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío*

- g) **Entibados:** Colocación de maderos o tablas destinadas a sostener la tierra en las excavaciones.
- h) **Estación de Vacío:** Instalación que incluye generadores de vacío, tanque de vacío (o sumidero de acumulación de aguas residuales), bombas de impulsión y equipo de control. Por tanto requiere de energía eléctrica.
- i) **Estancamiento de Aguas:** Acumulación de aguas residuales en los puntos bajos de la red general que llena la sección transversal de la tubería de vacío.
- j) **Generador de Vacío:** Equipo de bombeo instalado en la estación de vacío para generar vacío en la red y en el tanque de vacío.
- k) **Gradiente:** Pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua.
- l) **Gradiente Natural:** Pendiente, respecto de la horizontal, del terreno.
- m) **Gradiente de la Tubería de Vacío:** Pendiente, respecto de la horizontal, de la tubería de vacío.
- n) **Perfil Longitudinal de la Red:** Desarrollo altimétrico de la red de vacío.
- o) **Ramal de Alcantarillado Sanitario al Vacío:** Tramo de la tubería de vacío en la que desembocan las acometidas.
- p) **Red de Alcantarillado por Gravedad:** Tramo de tuberías y accesorios que funcionan por gravedad y conducen las aguas residuales domésticas desde la conexión domiciliar o caja de registro hasta la cámara colectora.
- q) **Red de Alcantarillado por Vacío:** Tuberías y Accesorios que funcionan por vacío, sometidas a presión negativa, y que conducen las aguas residuales de las cámaras colectoras a las estaciones de vacío.
- r) **Red Principal de Alcantarillado Sanitario por Vacío:** Tramo de la tubería de vacío en la que desembocan los ramales.
- s) **Sensor de Nivel:** Dispositivo que detecta la presencia de aguas residuales en la cámara colectora y activa el controlador de la válvula de vacío cuando se alcanza el volumen de activación.
- t) **Sifón:** Tubo en el que se hace el vacío y sirve para trasegar líquidos de un recipiente a otro.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- u) **Sumidero de la Cámara Colectora:** Sumidero o pozo de recolección destinado al almacenamiento de caudales de aguas residuales domésticas hasta alcanzar el nivel de activación de la válvula de vacío.
- v) **Tanque de vacío:** Tanque de almacenamiento sometido a presión negativa y conectada al generador de vacío y a la red principal de alcantarillado por vacío.
- w) **Tiempo de Recuperación de Vacío:** Tiempo que transcurre tras la operación de una válvula de vacío hasta que la presión negativa se restablece a un nivel suficiente para que la válvula pueda volver a operar.
- x) **Válvula de Vacío:** Válvula que permite el acceso del caudal de aguas residuales y aire a la red general de alcantarillado sanitario por vacío a través de la acometida.
- y) **Válvula Divisoria:** Válvulas que permiten compartimentar secciones de la red de vacío.
- z) **Volumen de Activación:** Volumen de aguas residuales acumuladas en el sumidero o pozo de la cámara colectora a partir del cual el sensor de nivel activa el controlador.

5. SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR VACÍO

Los sistemas de alcantarillado por vacío de aguas residuales tienen como principio de funcionamiento la diferencia de presión entre la atmosférica y la presión negativa en la red colectora, y se utilizarán en situaciones adversas, donde las características geomorfológicas o geotécnicas del terreno impidan la construcción de sistemas de alcantarillado convencional (por gravedad o por bombeo).

5.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL ALCANTARILLADO POR VACÍO

El sistema de alcantarillado por vacío se debe aplicar como última opción luego de haber evaluado técnicamente que no es posible la construcción del sistema de alcantarillado convencional (por gravedad o bombeo).

Consecuentemente, luego de descartar técnicamente que no sea posible aplicar un sistema de alcantarillado convencional (por gravedad o bombeo), el sistema de alcantarillado por vacío se debe aplicar, cuando el proyecto se encuentre ubicado en terrenos que presenten, cuando menos, alguna de las siguientes características:

- a) Terrenos cuyo nivel freático sea alto, es decir que el nivel del agua se encuentre a una profundidad menor de 1.00 m, respecto del nivel del terreno;
- b) Terrenos inundables, en los que la inundación se presenta con una duración mínima de tres (3) meses durante el año;



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- c) Terrenos rocosos, establecido así luego de realizado el estudio de suelos, y que además abarque un mínimo de 80% de la longitud total donde se instalarán las redes de alcantarillado; y,
- d) Terrenos con pendiente negativa, que no permitan la instalación del alcantarillado por gravedad.

El uso de este sistema debe ser justificado con sustento técnico, económico, social y ambiental, cumpliendo las exigencias del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP.

5.2 VENTAJAS DEL SISTEMA

Las principales ventajas del sistema de alcantarillado por vacío son:

- ✓ Ahorro considerable en la construcción, respecto a los sistemas de bombeo convencionales.
- ✓ Período de construcción más corto, respecto a los sistemas de bombeo convencionales.
- ✓ Requiere pequeños gradientes, a diferencia de las redes de alcantarillado convencional que actúa por gravedad y requiere una gradiente para permitir una velocidad mínima de limpieza.
- ✓ Gran flexibilidad de la tubería para instalarse en todo tipo de terreno, ya sea en situaciones planas, ascendentes, descendentes y sorteando obstáculos.



PERÚ

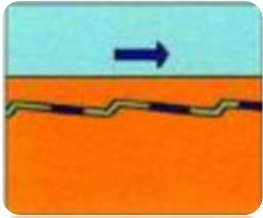
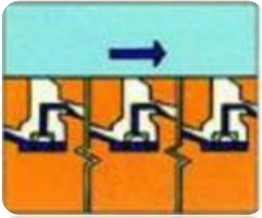
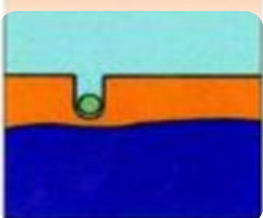
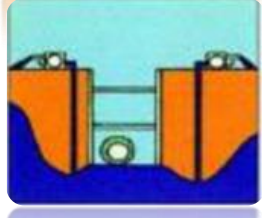
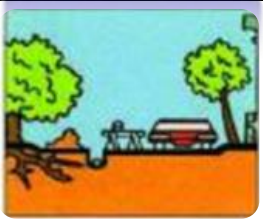
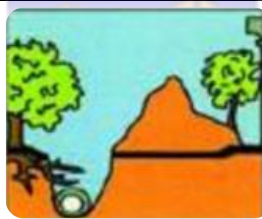
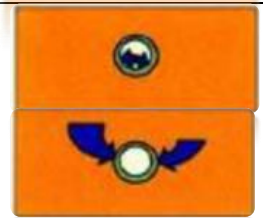

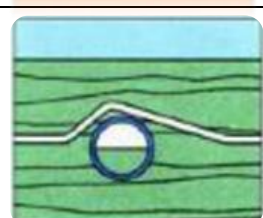
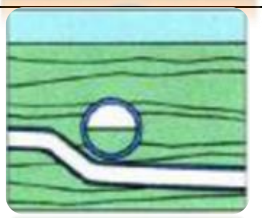

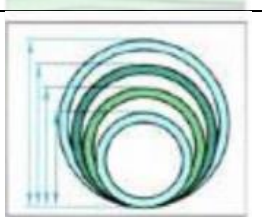
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

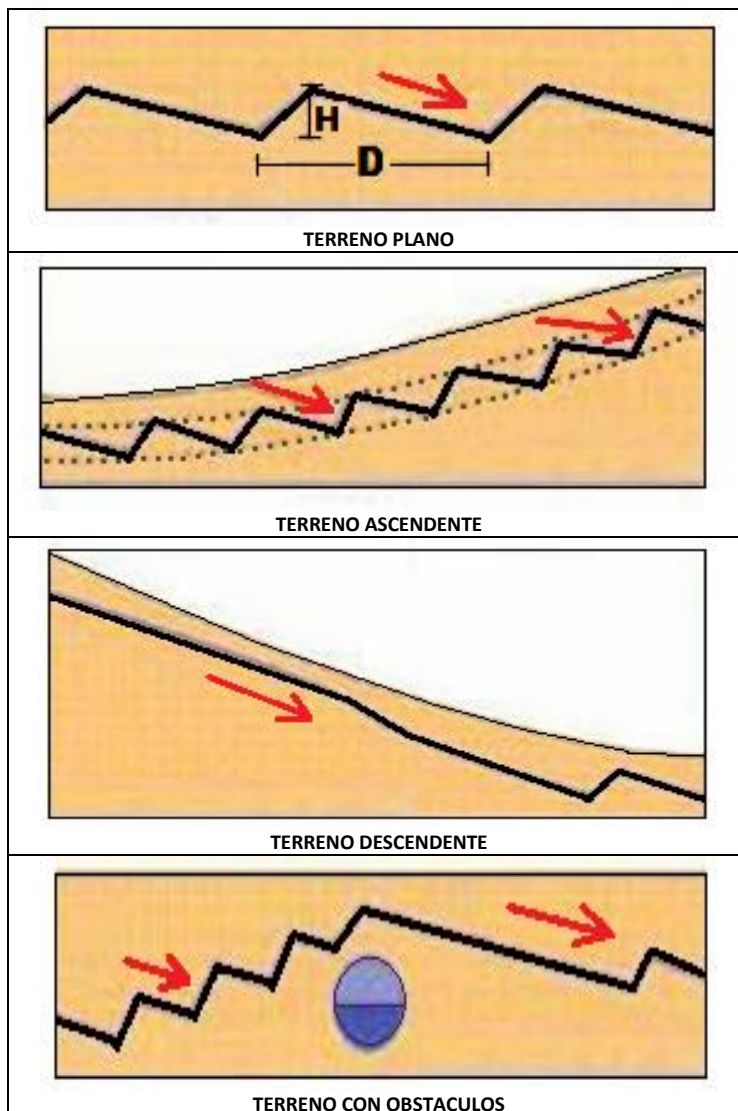
Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección Nacional de Saneamiento

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Gráfico Nº 1: Comparación del Sistema de Alcantarillado por Vacío con el Sistema de Alcantarillado Convencional (por gravedad o bombeo)

ALCANTARILLADO POR VACÍO	ALCANTARILLADO CONVENCIONAL
<p>No requiere de grandes profundidades</p> 	<p>Numerosas estaciones de bombeo</p> 
<p>No requiere de bombas de presión ni entibados</p> 	<p>Bombas de depresión y entibados</p> 
<p>Pequeños diámetros y excavaciones</p> 	<p>Excavaciones anchas y profundas</p> 
<p>Completamente Seguro. Estanqueidad garantizada</p> 	<p>Fugas pueden contaminar el entorno</p> 
<p>Flexibilidad de la tubería para atravesar obstáculos</p> 	<p>Costosos desvíos y adaptaciones al terreno para atravesar obstáculos</p> 
<p>Tuberías de PVC o HDPE de 90 mm a 315 mm</p> 	<p>Tuberías de 200 mm hasta 400 mm</p> 

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***Gráfico Nº 2: Ventajas para instalación de las tuberías****5.3 COMPONENTES DEL SISTEMA**

Son cuatro (4) los componentes principales de este sistema de recolección de aguas residuales por vacío:

- La red de alcantarillado por gravedad;
- La cámara colectora;
- La red de alcantarillado por vacío; y,
- La estación de vacío.

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Imagen de una red de alcantarillado por gravedad



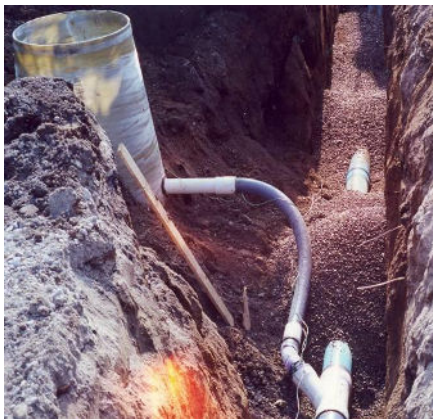
Imágenes de una cámara colectora





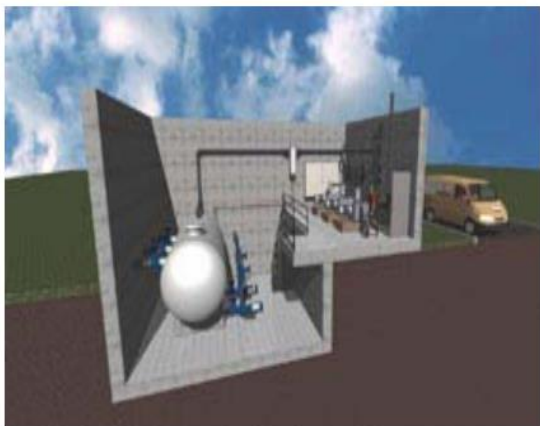
Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Imágenes de una red de alcantarillado por vacío



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Imágenes de la estación de vacío



5.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El recorrido de las aguas residuales hasta su tratamiento, ocurre de la siguiente manera:

- ✓ Los predios se conectan al sistema de alcantarillado sanitario a través de una caja de registro o conexión de desagüe, que deben contar obligatoriamente con su rejilla, para descargar los desagües por gravedad hacia el sumidero de la cámara colectora. Es importante mencionar que en los lugares en los que se presentan lluvias durante algunos meses del año, los predios deben tener separadas las descargas de sus aguas residuales con las aguas de lluvia, éstas deben ser descargadas hacia las calles o los sistemas pluviales establecidos en ciudad.
- ✓ La cámara colectora cuenta con un controlador, que apertura la válvula de vacío cuando el agua alcanza un nivel predeterminado, dejándola abierta el tiempo suficiente para que el diferencial de presión de aire del exterior y la red de alcantarillado por vacío, impulsen las aguas residuales acumuladas en el pozo de la cámara colectora.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- ✓ Una vez dentro de la red de vacío, las aguas residuales serán transportadas hacia la estación de vacío, debido a las presiones negativas que existen al interior de la red de colección, las aperturas de las otras válvulas de vacío instaladas en otras cajas colectoras y, considerando la diferencia de presión en distintas partes de las líneas de vacío, que permiten el transporte gradual de las aguas residuales al Tanque de vacío situados en la estación de vacío.
- ✓ Finalmente, las aguas residuales que ingresan al tanque receptor de la estación de vacío, son almacenadas hasta completar un determinado volumen. Alcanzado este volumen, se activan automáticamente las bombas de impulsión conectadas al sistema de evacuación. Las bombas tienen la función de impulsar las aguas residuales colectadas en el depósito de efluentes a través de una línea de impulsión, hacia el emisor principal que finalmente conducirá las aguas residuales hacia la planta de tratamiento.

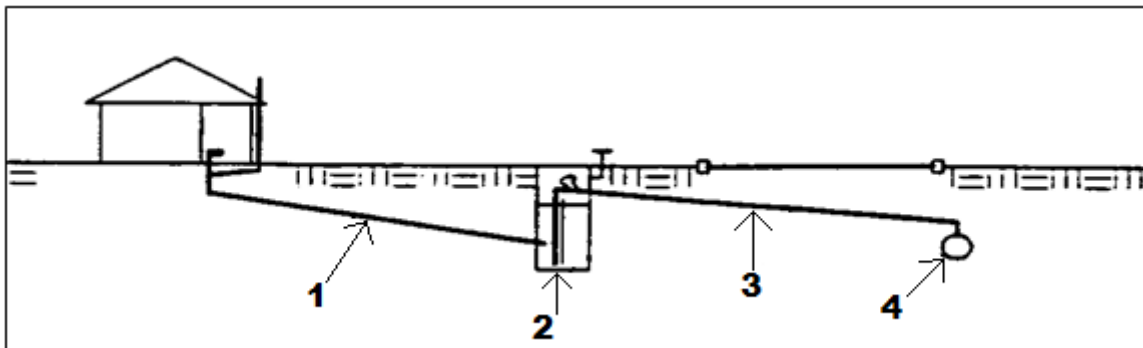
5.5 CONSIDERACIONES EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

La válvula de vacío, es el elemento que vincula las viviendas con la red de alcantarillado por vacío. Una válvula de vacío puede transportar el flujo de máximo de ocho (8) conexiones domiciliarias o cajas de registro (de utilizarse para más conexiones se debe justificar técnicamente) que descargan por gravedad en la cámara colectora.

La válvula de vacío, se encuentra ubicada en el interior de la cámara colectora, por encima del sumidero o pozo y es operada y controlada neumáticamente (se activa por el vacío mismo); el mando de esta operación viene dado por un nivel o sensor instalado en el sumidero, el cual envía la señal de apertura cuando se acumula un volumen de cuarenta (40) litros de aguas residuales en el sumidero. Este dispositivo, puede ser del tipo tubo sensor. El aire contenido en el tubo del sensor, empuja el diafragma del controlador de la válvula, actuando el mecanismo para abrir la válvula de vacío.

Al abrirse esta válvula de vacío, la red de alcantarillado por vacío absorbe el fluido depositado en el sumidero o pozo de la cámara colectora, y al evacuarse las aguas residuales es sometida a la presión atmosférica, que hace que se invierta las presiones, lo que genera su cierre. Por lo general esta válvula permanece abierta de 3 a 5 segundos. Esta diferencia de presiones que se generan, impulsa las aguas residuales, y produce la desintegración de los sólidos, los que son arrastrados junto con los medios líquidos a la estación de vacío.

El aire atmosférico que ingresa por el tubo de ventilación genera una presión adicional que ayuda a expulsar el fluido. Si bien el tiempo de retención de aguas residuales acumulada en la cámara colectora es relativamente corto, es recomendable instalar un tubo de ventilación de diámetro mínimo 110 mm, en la salida de la vivienda o antes de la cámara recolectora, en prevención de que la válvula de vacío pueda poner en depresión la red de gravedad.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***Figura Nº 1 - Alcantarillado desde un predio a la red de vacío**

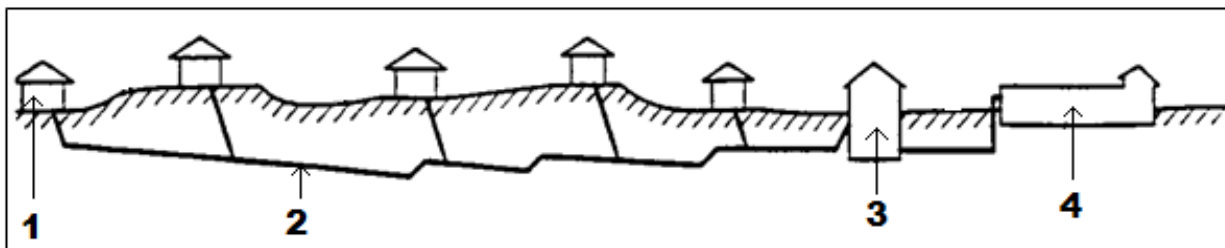
- 1 Desagüe por gravedad
- 2 Cámara colectora
- 3 Acometida
- 4 Red de alcantarillado por vacío

La presión negativa en la red de alcantarillado, que es la fuerza motriz del sistema por vacío, es generada por la estación de vacío que está ubicada al final de la red de recolección.

Es importante indicar que las bombas de vacío son responsables de retirar el aire dentro del tanque receptor y en consecuencia, también la red quedará en vacío. Así es como se llega a una presión negativa en relación a la presión atmosférica, en la red de recolección.

Las aguas residuales que discurren por la red de alcantarillado hacia el tanque recolector de la estación de vacío, por acción del vacío, son posteriormente bombeadas hacia el colector principal, que finalmente las conducen hacia la planta de tratamiento.

Es imprescindible que la estación de vacío cuente con un generador eléctrico fijo o móvil que mantenga al sistema en operación durante los cortes de energía del sistema público.

Figura Nº 2 - Sistema de alcantarillado por vacío de la cámara colectora a la planta de tratamiento

- 1 Cámara colectora
- 2 Red de alcantarillado por vacío
- 3 Estación de vacío
- 4 Planta de tratamiento



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

6. REQUISITOS

6.1 REQUISITOS GENERALES

El sistema debe transportar aguas residuales desde las válvulas de vacío hasta las estaciones de vacío cumpliendo los siguientes requisitos de funcionamiento:

- a) Las válvulas de vacío, las válvulas divisorias y las tuberías deben operar sin atascos;
- b) No deben ocurrir inundaciones, o deben estar limitadas a circunstancias concretas y frecuencias previstas;
- c) En condiciones normales no se puede producir desbordamiento del efluente en cualquier punto de la red de recolección o deben ser limitadas a las circunstancias identificadas en el proyecto, con frecuencias máximas aceptadas y previstas, siempre y cuando estas cumplan con la normativa vigente de alcantarillado sanitario. La sobrecarga de la cámara colectora y del alcantarillado sanitario debe estar limitada a circunstancias concretas y frecuencias previstas;
- d) El sistema no debe poner en peligro estructuras o servicios adyacentes ya existentes;
- e) El sistema debe ser hermético tanto al agua como al aire;
- f) No se debe producir malos olores, contaminación al suelo, a napas freáticas y a mantos acuíferos o ruido superior a lo establecido en la legislación nacional vigente; y,
- g) Se debe prever el mantenimiento de las instalaciones.

6.2 REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO

6.2.1 De la Red de Alcantarillado por Gravedad

Los colectores que conducen los desagües por gravedad hacia las cámaras colectoras, deben cumplir lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)². Cuando se instalen válvulas que permitan la entrada de aire a los nuevos desagües por gravedad, se debe tener en cuenta en el diseño su compatibilidad con el sistema de alcantarillado por vacío.

6.2.2 De las Cámaras Colectoras

La cámara debe resistir fuerzas exteriores y la presión interior producida por el agua. La cámara debe ser hermética. Se debe disponer de los medios necesarios para prevenir la entrada de aguas superficiales. Aquellas propiedades situadas a distintas alturas deben tener cámaras independientes cuando haya riesgo de que las aguas residuales de una propiedad puedan inundar otra. Historiales de funcionamiento previo o cálculos de conductividad térmica deben demostrar que el mecanismo de la válvula funcionará en situaciones extremas de temperatura.

² Aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 8 de mayo de 2006.



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción y
Saneamiento

Viceministerio
de Construcción y
Saneamiento

Dirección
Nacional de Saneamiento

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Nota: Podrán ser conectadas a una misma cámara colectora, una o más conexiones domiciliarias (o cajas de registro). El número de conexiones deberá guardar relación con el volumen de activación de la cámara colectora.

Las cámaras colectoras para recibir las aguas residuales de los predios deben proporcionar una capacidad de almacenamiento mínima del 25% del caudal medio diario en caso de un fallo en el suministro de energía o emergencia similar; se podrá tener en cuenta la capacidad de almacenamiento del sistema por gravedad.

La cámara colectora debe ser construida de un material resistente a la corrosión y que no resulte afectado por el contacto de aguas residuales. La superficie interior del sumidero o pozo debe ser lisa. El sumidero o pozo debe tener la pendiente suficiente para que el caudal impida su atasco. El material de construcción deberá garantizar la hermeticidad bajo condiciones sísmicas. De preferencia se deberá utilizar materiales que no sean frágiles a fin de evitar fisuras por efectos de microsismos o sismos.

En aquellas cámaras colectoras dónde la válvula de vacío esté situada por encima de la cámara colectora se debe proveer una plataforma de trabajo por razones de higiene y seguridad.

El sumidero o pozo de la cámara colectora debe estar suficientemente ventilado como para permitir la entrada de aire sin producir ruidos. El sumidero o pozo debe garantizar que el funcionamiento del sistema de vacío no absorba el agua de los sifones de los tramos gravitacionales.

En el Anexo N° 1 se muestran las diferentes configuraciones de cámaras colectoras de los sistemas de alcantarillado por vacío.

A continuación, se muestran imágenes de la instalación de una cámara colectora.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío**6.2.2.1 Válvula de Vacío**

En caso de que la válvula de vacío falle, debe permanecer cerrada para evitar la inundación de la cámara colectora con agua residual proveniente desde la acometida.

El vacío en la red debe garantizar que la válvula esté adecuadamente encajada. Cuando la válvula esté abierta, el paso del caudal no debe obstruir el mecanismo de la válvula. La válvula debe evacuar por lo menos el volumen de activación cada vez que opere. Las válvulas instaladas en las cámaras colectoras deben ser capaces de funcionar sumergidas siempre y cuando el respiradero no lo esté.

La válvula de vacío y/o el sistema de control deben estar dispuestos de tal manera que puedan ser reemplazados en menos de treinta (30) minutos.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

6.2.2.2 Sensor de Nivel

La válvula de vacío debe estar equipada con un sensor que determine el nivel que alcanzan las aguas residuales dentro de la cámara colectora. Este sensor debe ser diseñado para resistir obstrucciones. Se utiliza tuberías sensoras cuyo diámetro interno no debe ser menor a 45 mm. Al subir el nivel en el sumidero de la cámara colectora, el nivel del agua comienza a subir en la tubería sensora, empujando el aire atrapado. Cuando se logra el volumen de activación el empuje del aire activa el controlador. No son aceptables sensores de nivel basados en boya o flotador o con partes móviles en contacto con el agua residual.

6.2.2.3 Controlador de la Válvula de Vacío

El controlador debe abrir la válvula sólo si hay un vacío mínimo de 15 kPa por debajo de la presión atmosférica y debe mantenerla abierta completamente al menos hasta que el volumen de activación haya sido evacuado. Si el sistema ha sido proyectado para admitir la entrada de aire después de que las aguas residuales hayan sido evacuadas, el controlador debe mantener la válvula abierta durante un periodo adicional. El controlador debe ser ajustable de forma que pueda obtenerse una variedad de proporciones aire/agua residual. Los controladores instalados en las cámaras colectoras deben ser capaces de operar sumergidos.

6.2.3 De la Red de Alcantarillado por Vacío

Los componentes de la red de alcantarillado por vacío incluyendo juntas, tubos, piezas de ajuste, los materiales de sellado, etc., deben cumplir las especificaciones para tuberías a presión.

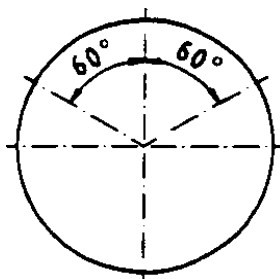
En el Anexo N° 2 se muestran las diferentes configuraciones de perfiles de las redes de alcantarillado por vacío.

6.2.3.1 Tamaño de la Tubería

El diámetro nominal (DN) como el diámetro interno (DI) de la tubería de succión no deben ser mayor que el de la válvula de vacío, mínimo 75 mm. El diámetro mínimo de las acometidas debe ser 110 mm, además debe ser mayor que el de la tubería de succión.

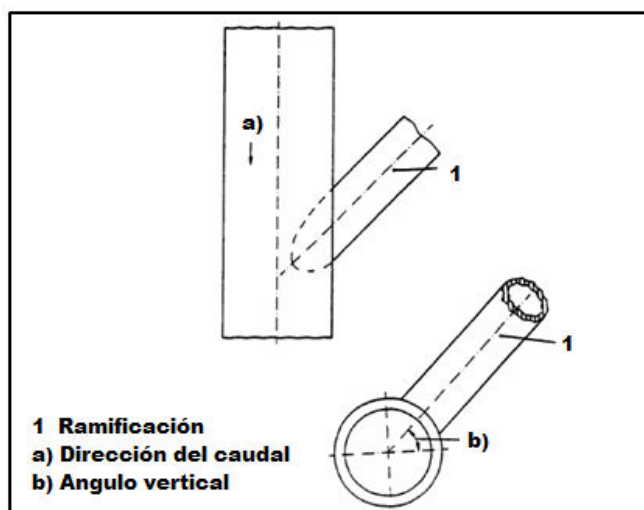
6.2.3.2 Interconexión entre Válvula de Vacío y Red de Vacío

Las acometidas a partir de la válvula de vacío deben perder cota para conectarse en la zona superior de la tubería de la red de vacío en el arco comprendido entre $\pm 60^\circ$ medidos a partir del eje vertical de la sección.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***Figura Nº 3 - Acometida****6.2.3.3 Conexión de Ramal con Red Principal**

La conexión de la tubería con la red principal de alcantarillado por vacío debe realizarse con empalmes siempre por encima del eje horizontal de la sección.

En planta, el ángulo del empalme debe garantizar que el caudal proveniente de la tubería, fluya en dirección hacia la estación de vacío y que se minimicen los flujos en dirección contraria. No se deben producir conexiones a menos de 2 m del comienzo de una elevación de la tubería.

Figura Nº 4 - Ramal**6.2.3.4 Medidas de Aislamiento**

Como máximo, cada 450 m se debe poder aislar tramos de la red de alcantarillado por vacío con válvulas de interrupción, a fin de permitir reparaciones y localizar fallos. En los ramales dicha distancia debe ser como máximo de 200 m.

6.2.3.5 Válvulas de Interrupción o Aislamiento

Toda válvula de interrupción deberá ser instalada en un alojamiento para su aislamiento, protección y operación. Las válvulas de aislamiento deben poder operar con aguas residuales sometidas tanto a



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

vacío como a presión. Deben ser capaces de resistir un vacío diferencial de 80 kPa por debajo de la presión atmosférica.

6.2.3.6 Accesorios en la Red

Se deben evitar codos pronunciados en la red. Se recomienda utilizar doble codo de 45°.

6.2.3.7 Caudales Provenientes de Otras Redes y de Áreas Comerciales

Cuando las tuberías de vacío sean utilizadas para interceptar otras redes de desagüe, se deben especificar los criterios utilizados en el diseño para estimar el rendimiento del sistema incluyendo el máximo caudal admisible. Ello con la finalidad de dimensionar apropiadamente el volumen de activación de la cámara colectora y la cantidad de válvulas de vacío a utilizar.

6.2.4 De la Estación de Vacío

Cada estación de vacío debe tener por lo menos un tanque recolector o un pozo de acumulación de efluentes domésticos.

En el Anexo N° 3 se muestran las diferentes configuraciones de estaciones de vacío de los sistemas de alcantarillado por vacío.

6.2.4.1 Tanque Recolector de Efluentes de la Estación de Vacío

Cada tanque recolector debe estar dotado con el número necesario de entradas y salidas de agua residual convenientemente dimensionadas. Estas tuberías deben formar con la cámara una pieza única. Ninguna tubería de entrada debe estar conectada por debajo del nivel de parada de emergencia del sistema. Las tuberías de entrada y salida deben estar situadas de tal manera que favorezcan el flujo y eviten la formación de residuos sólidos en el tanque.

Debe ser posible la inspección interna del tanque recolector, para ello debe estar dotado de aperturas de servicio que permitan su inspección y limpieza. Además debe estar dotado con un sistema de control de nivel que sea adecuado para operar en condiciones de vacío y sea fácilmente extraíble para ajustarlo o reemplazarlo.

6.2.4.2 Control de la Estación de Vacío

Los controles de la estación de vacío deben permitir la selección de los generadores de vacío y bombas de impulsión de servicio, complementarios (si los hubiera) o de reserva. En caso de fallo, los controles deben activar automáticamente las unidades de reserva. Los generadores de vacío se controlarán mediante la vigilancia del nivel de vacío en el tanque.

Los generadores de vacío dispondrán de interruptores ajustables de presión que permitirán su funcionamiento al nivel deseado.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***6.2.4.3 Nivel de Control**

El sistema de control de nivel debe responder si se alcanzan los siguientes niveles de agua residual en los tanques de vacío o sumideros de almacenamiento:

Nivel de desactivación de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desactivación del generador de vacío ✓ Funcionamiento de la(s) bomba(s) de impulsión
Nivel de comienzo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puesta en marcha de la(s) bomba(s) de impulsión
Nivel normal de desactivación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desactivación de la(s) bomba(s) de impulsión

Deben de disponerse los siguientes sistemas de alarma con sistemas de control remoto apropiados:

- ✓ Alarma debida a un bajo nivel de vacío, indica que el sistema de vacío se encuentra por debajo del nivel mínimo preestablecido.
- ✓ Alarma debida a un alto nivel de aguas residuales, indica que el nivel de aguas residuales en el tanque de vacío o pozos de acumulación de aguas residuales se encuentra por encima del nivel establecido.
- ✓ Alarma de emergencia, indica que un elemento importante de la planta ha fallado, que el tiempo máximo establecido de funcionamiento del generador de vacío ha sido excedido, o que hay un fallo en el suministro de energía.

Los sensores de nivel del depósito deben poder ser desmontados, limpiados y sustituidos sin necesidad de abrir el tanque de vacío.

6.2.4.4 Generadores de Vacío

Los generadores de vacío deben tener capacidad suficiente para hacer funcionar el sistema. Un mínimo de dos (2) generadores de igual capacidad deben ser instalados, de tal manera que uno pueda ser retirado del servicio por mantenimiento, sin que haya una pérdida en la capacidad del sistema.

Debe especificarse el tipo de generador de vacío y su capacidad mínima, además del equipo de descarga y su capacidad mínima. Las bombas de vacío deben ser capaces de ponerse un mínimo de doce (12) veces en marcha por hora además de poder operar en modo continuo, bajo un régimen de veinticuatro (24) horas al día, los trescientos sesenta y cinco (365) días del año.

6.2.4.5 Capacidad del Equipo de Impulsión.

Las bombas de impulsión utilizadas para el vertido de las aguas residuales deben tener la capacidad suficiente para hacer funcionar el sistema.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

6.2.4.6 Diseño de las Bombas de Impulsión.

Cuando se utilicen bombas de impulsión deben estar preparadas para funcionar sin obstruirse y bajo presiones negativas sin cavitarse. Deben ser capaces de ponerse en funcionamiento un mínimo de doce (12) veces cada hora. Aquellos sistemas al servicio de veinte (20) o más predios deben estar provistos de bombas de ayuda con la misma capacidad, de tal manera que se pueda retirar una del servicio por mantenimiento sin que haya una pérdida en la capacidad del sistema.

Cuando sea necesario, la salida de una bomba de impulsión por centrifugado se conectará al Tanque de vacío mediante conexiones igualadoras de presión para prevenir la cavitación o garantizar que la entrada de la bomba esté siempre inundada.

6.2.4.7 Sustitución de las Bombas de Impulsión.

Las bombas de impulsión que estén situadas fuera del tanque receptor deben estar instaladas con válvulas de aislamiento para permitir su reemplazo sin interrumpir el funcionamiento del sistema. En los casos en que haya múltiples tuberías de descarga, la tubería final debe también estar instalada con una válvula de aislamiento. No se admitirá que las bombas de impulsión estén situadas en el interior del tanque de vacío, ya que dificulta el mantenimiento preventivo (comprobación del correcto funcionamiento de las bombas y de los sensores del depósito) y el mantenimiento correctivo, al tener que abrir el tanque de vacío para desatascar o reparar la bomba de impulsión.

6.2.4.8 Equipo Eléctrico a Prueba de Explosiones.

Todo el equipo eléctrico que vaya a operar a presión atmosférica potencialmente explosiva debe ser a prueba de explosiones.

6.2.4.9 Válvulas de Retención

Cada tubería de descarga del Tanque de vacío debe tener válvulas anti retorno para prevenir el retroceso de las aguas residuales. También deben instalarse válvulas de retroceso en las tuberías que salgan de las bombas de impulsión. En los casos en que haya múltiples tuberías de descarga la tubería final debe tener también una válvula de no retorno.

6.2.4.10 Control de Olores

Cuando los olores produzcan molestias se deben tomar las medidas necesarias para controlarlo adecuadamente.

6.2.4.11 Control de Ruidos

El ruido producido por el sistema no debe exceder del permitido por la normativa correspondiente.

6.2.4.12 Generación de energía de emergencia

La estación de vacío debe tener un generador de energía de emergencia o un enchufe que permita su conexión a una estación generadora móvil.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

6.2.4.13 Equipos y Componentes

El fabricante debe especificar en el manual de operación y mantenimiento del sistema por vacío los periodos de reposición de los equipos y los componentes involucrados.

Además, el fabricante deberá indicar el procedimiento de supervisión rutinaria para la buena operatividad del sistema.

Las especificaciones para equipamiento de la estación de vacío se encuentran detalladas en el Anexo Nº 4.

7. DISEÑO

Para llevar a cabo un diseño de ingeniería óptimo y a medida para cada caso concreto se tienen en cuenta factores muy importantes como:

- La topografía y las condiciones del suelo;
- El flujo y la cantidad de viviendas y habitantes;
- La ubicación de la estación de vacío;
- El punto de descarga de agua residual; y,
- El diseño de la red.

7.1 Principios Generales

Los sistemas de drenaje por vacío son diseñados para operar conforme a los principios de flujo de dos (2) fases: Aire - Líquido. El aire y el líquido son admitidos en distintas proporciones, las mismas que pueden ser reguladas ajustando el ciclo de apertura de la válvula. En general, aquellos sistemas con pérdidas grandes de vacío requieren una proporción mayor de aire - líquido.

Las pérdidas en las líneas pertenecen a alguna de las siguientes categorías:

- a) Pérdidas por fricción; ó,
- b) Pérdidas estáticas.

7.1.1 Pérdidas por Fricción

Las pérdidas por fricción para tuberías de vacío instaladas con una pendiente comprendida en el rango de 0.2% - 2% son acumulativas a lo largo del camino del flujo desde la última válvula de una línea hasta la estación colectora. Pendientes mayores permiten ignorar las pérdidas.

Las pérdidas por fricción se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$f=2.75 \times 0.2083 \times (100/C)^{1.65} \times Q^{1.85} / d^{4.0655} \text{ pies/100 pies}$$

Dónde:

- C= 150 para tubería PVC
- Q= Gasto mínimo en Galones por Minuto (GPM)
- d= Diámetro interior de la tubería en pulgadas.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

7.1.2 Pérdidas Estáticas

A fin de mantener una profundidad de excavación mínima, un sistema de drenaje por vacío utiliza cambios de nivel fabricados con dos (2) codos de 45° y un tramo de tubería para conformar un perfil en forma de diente de sierra.

Las pérdidas estáticas debido al uso de estos cambios de nivel son, como las pérdidas por fricción, acumulativas a lo largo del camino del flujo desde la última válvula de una línea hasta la estación colectora.

Se recomienda:

- Para lograr un uso eficiente de la energía disponible en el sistema, los cambios de perfil deben mantenerse en los siguientes límites:
 - 12" para líneas de diámetro 3" y 4"
 - 18" para líneas de diámetro 6", 8" y 10"
- En ningún caso deberá utilizarse un cambio de nivel mayor de 3 pies, salvo sustento técnico.
- Las pérdidas estáticas por cambio de nivel se calculan restando el diámetro interior de la tubería a la altura del cambio.
- El diámetro mínimo para una línea principal de vacío es de 4" y su longitud no debe exceder de 600 metros.
- La distancia mínima entre cambios de nivel no es de importancia para el diseño. En terrenos planos y utilizando la pendiente mínima del 0.2% para la tubería, se puede lograr una profundidad mínima de excavación con un cambio de nivel de 30 cm cada 150 metros.
- La pendiente de las tuberías de vacío deben cumplir con las siguientes restricciones:
 - a) Para 3" y 4", el mayor valor que resulte de:
 - 0.2%
 - La pendiente natural del terreno.
 - 80% del diámetro interior de la tubería.
 - b) Para 6", 8" y 10", el mayor valor que resulte de:
 - 0.2%
 - La pendiente natural del terreno.
 - 40% del diámetro interior de la tubería.
- Cuando se requiera efectuar una serie de cambios de nivel a fin de lograr el transporte de aguas negras en un tramo con contrapendiente, deberá mantenerse una distancia mínima de 6 metros entre cada cambio de nivel. Un número adecuado de cambios de nivel es de 5 (cinco) antes de



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

iniciar una serie de cambios de nivel con estas características, la línea de vacío deberá ser tendida con una pendiente del 0.2% al menos en los 15 metros antes del inicio de la serie de cambios.

- La distancia mínima recomendada entre cambios de nivel en una línea de servicio de 3" es de 1.50 metros. Como una regla general, los cambios de nivel deberán ser construidos lo más apartado posible uno de otro.
- El transporte eficiente de aguas negras requiere que la altura de los cambios de nivel sea la menor posible. Se recomienda el uso de numerosos cambios pequeños de nivel en lugar de un solo cambio de gran altura. Cuando sea necesario el uso de múltiples cambios, se recomienda una altura de 30 cm para tuberías de diámetro 3" y 4" y de 45 cm para tuberías de 6" y mayores.

7.1.3 Límites de Pérdidas Estáticas y por Fricción en un Sistema por Vacío.

El rango de operación de un sistema por vacío es de 16 a 20 pulgadas de mercurio. Este rango es considerado como el más apropiado en términos de costo y eficiencia para la operación de los equipos utilizados en el sistema.

La presión negativa de 16 pulgadas de mercurio equivale a 18 pies de columna de agua (a nivel del mar). Esta es, teóricamente, la carga disponible del sistema y por tanto, conforma el límite aceptable de pérdidas en cualquier sistema.

En la práctica, se recomienda los siguientes límites para el diseño de sistemas por vacío construidos mediante perfiles de diente de sierra, con cambios de nivel dentro de las normas antes establecidas y apartando parte de la carga disponible para el funcionamiento de la válvula:

- 13 pies de pérdidas por cambios de nivel.
- 5 pies de pérdidas por fricción.

Estas pérdidas se calculan por separado y los límites establecidos no deben ser sobrepasados, ambos al mismo tiempo, por ningún punto de la red de drenaje, considerando las pérdidas como la suma de las mismas desde la última válvula de una línea cualquiera hasta la planta de vacío. En otras palabras, estos límites deben cumplirse para el punto hidráulicamente más alejado de la red.

7.1.4 Consideraciones en la Longitud de las Líneas Colectoras

La máxima longitud permisible de las líneas colectoras de un sistema por vacío es gobernada por los límites de pérdidas establecidos anteriormente. Es claro que estos límites incluyen otros factores tales como la capacidad de las tuberías y las pendientes del terreno.

Como una guía práctica se establecen los siguientes límites respecto a la longitud continua recomendada para las tuberías de diámetro menor.

- a) Hasta 300 pies de tubería de 3" en líneas de servicio.
- b) Hasta 2,000 pies de tubería de 4" en líneas principales.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

7.1.5 Consideraciones en las Conexiones

Las conexiones de los ramales a la línea principal (aquella que presente las mayores pérdidas acumuladas y conduzca el mayor flujo) se harán de preferencia mediante codos de 45° y “yees” en posición vertical, de modo que la conexión se haga “por arriba de la maestra”.

Un método alternativo para minimizar la profundidad de la excavación permite girar la “yee” de modo que se cumpla la condición anterior, pero se evite la elevación adicional proporcionada por el extremo superior de la “yee”.

Si se decide reemplazar los codos de 45° por codos de 90°, estos deberán ser de radio largo.

7.1.6 Consideraciones en los caudales

Los caudales de aguas residuales deben estar ajustados a las condiciones locales, teniendo en cuenta las infiltraciones a las descargas gravitacionales. El proyectista debe especificar, el caudal medio de aire y líquido, así como el caudal máximo (en litros por segundo) para los que se ha diseñado el sistema. Se debe especificar también el modo en que se han calculado las pérdidas dinámicas y estáticas.

Para realizar una revisión final, en el Anexo N° 5 se presenta un Resumen de los Principios Generales del Diseño.

7.2 Diseño de Tuberías

Las tuberías deben estar diseñadas para resistir esfuerzos debidos a la presión que ejerce el terreno, al tráfico, a la flotación y a toda la gama de presiones negativas en el interior de la tubería debidas al funcionamiento o ensayo del sistema.

El índice de presión mínimo para tuberías de plástico debe ser de 0,60 MPa. Deben emplearse índices mayores si la tubería tiene una ovalación inicial debido a la fabricación, o se prevé una pérdida de resistencia a largo plazo debido a altas temperaturas de la tubería o de las aguas residuales.

Cuando las tuberías no estén enterradas deben estar protegidas de temperaturas extremas, daños mecánicos y radiación ultravioleta si fuera necesario.

7.2.1 Gradiente de la Tubería

El gradiente de la tubería debe facilitar el flujo del caudal y evitar la acumulación de residuos sólidos.

Las acometidas deben tener una distancia mínima de 1,5 m entre tramos con elevación. La red de alcantarillado por vacío debe tener una pendiente mínima de 1/500 (0.2%). Cuando el terreno tenga una pendiente de 1/500 o más en el sentido de flujo, la red podrá disponerse paralela a la superficie.

Cuando a un tramo descendente, le siga uno ascendente, el gradiente de la tubería debe contribuir a la no acumulación de aguas residuales en la zona del cambio de pendiente.

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Nota: Para que el transporte por vacío sea eficiente la longitud de cada tramo de tubería con elevación debe ser lo más corta posible. Muchos tramos cortos son preferibles a un sólo tramo largo. El aumento de cota máximo por cada tramo no debe exceder de 1,5 m. En la red de alcantarillado los tramos con elevación deben estar separados por un mínimo de 6 m. Se debe cambiar la pendiente de la tubería dónde sea necesario, para evitar una profundidad excesiva.

7.3 Diseño Hidroneumático

En cada válvula de vacío y cuando no haya caudal, el sistema debe alcanzar un vacío parcial mínimo especificado.

El vacío parcial mínimo debe ser de 25 kPa. El tiempo de recuperación de vacío no debe exceder de un máximo especificado. El sistema debe estar diseñado para lograr un reencendido automático en caso de fallo eléctrico mecánico.

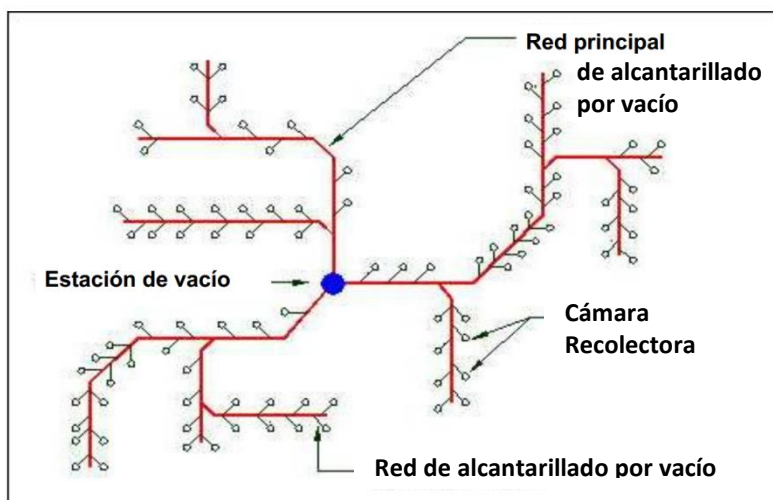
Nota: Con la tecnología actualmente disponible el tiempo máximo de recuperación de vacío especificado no debe exceder de treinta (30) minutos.

7.4 Diseño de la Estación de Vacío

El número y capacidad de los generadores de vacío y bombas de impulsión de servicio debe ser escogido para poder funcionar al máximo caudal de aire y aguas residuales respectivamente. El volumen mínimo de acumulación del tanque receptor será calculado teniendo en cuenta la frecuencia máxima de puestas en marcha de los generadores de vacío y bombas de impulsión además del rango de presiones de funcionamiento.

La capacidad total de acumulación la proporcionarán el(los) tanque(s) receptor(es) y la capacidad de la propia red de alcantarillado.

Para evitar esfuerzos y consumos de energía conviene establecer la estación de vacío en el punto más centrado del área que queremos abastecer.





Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

8. INSTALACIÓN DE TUBERIAS

8.1 Procedimiento

Las tuberías de alcantarillado en un sistema por vacío, deben ser instaladas de acuerdo a las especificaciones técnicas, cumpliendo con las pendientes y alineaciones indicadas, evitando depresiones y desviaciones para facilitar su limpieza y rehabilitación.

8.2 Tolerancias

Cuando la pendiente de la tubería sea menos pronunciada que 1/150, las tuberías no se deberán desviar verticalmente más de +12 mm del perfil previsto en el diseño. Ninguna desviación debe producir retrocesos. Los cambios que se propongan en el perfil de diseño de la tubería deben ser comprobados para garantizar que el sistema siga funcionando dentro de los parámetros de diseño.

***Nota:** El doblado que se haga en obra a tuberías flexibles no debe forzarlas.*

8.3 Sistema de Aviso y Localización

Debe disponerse en la zanja, encima de la tubería, un sistema de aviso (como una red o una cinta). Cuando el material de la tubería sea no conductor se debe disponer un sistema de localización.

9. INSPECCIÓN Y ENSAYOS

9.1 Ensayo de las Válvulas de Vacío

Cada válvula de vacío, que comprende válvula, controlador y sensor debe ser ensayada para garantizar su correcto funcionamiento.

La válvula de vacío debe demostrar capacidad para operar un número especificado de veces sin más asistencia que el mantenimiento recomendado por el fabricante y todavía funcionar con efectividad.

El número de operaciones debe ser mayor de:

- a) El número requerido para evacuar 3,000 m³, ó
- b) 250,000 operaciones.

Cuando se introduzcan nuevas válvulas o controladores, o se realicen cambios significativos a válvulas ya probadas, se deben realizar pruebas de laboratorio en las que se simulen las condiciones reales de trabajo. Las pruebas de laboratorio, en las que se usará aire y agua limpia, deben demostrar que el conjunto de la válvula de vacío puede operar dicho número de veces sin más mantenimiento que el especificado por el fabricante y seguir funcionando con efectividad.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Si se solicitase, se realizarán ensayos para comprobar que la válvula de vacío funciona satisfactoriamente cuando está sumergida, que en caso de fallo quedará cerrada y el curso del caudal no es obstruido por el mecanismo de la válvula.

El ensayo de funcionamiento bajo el agua debe realizarse solamente cuando la válvula de vacío vaya a instalarse en el sumidero de la cámara colectora, o cuando se especifique el uso de una válvula de vacío a prueba de inundación.

El fabricante debe dar prueba de que el conjunto del mecanismo de la válvula funcionará eficazmente en las condiciones normales de trabajo.

El procedimiento de ensayo de las válvulas de vacío se desarrolla en el Anexo N° 6.

9.2 Ensayo de Tuberías

Se debe someter con regularidad a ensayos de vacío a todas las acometidas y a la red general a medida que la obra avance y cuando se termine.

El procedimiento de ensayo se desarrolla en el Anexo N° 7.

9.3 Ensayo en las Cámaras Colectoras

Se debe realizar una inspección visual interna de las cámaras colectoras antes de su puesta en servicio. No debe haber evidencia de acceso de agua a través de la tapa o la estructura envolvente. Las paredes y suelos no deben dar muestra de acceso de agua.

Si se requiere, las cámaras colectoras deben ser ensayadas contra presiones internas debidas al agua.

El procedimiento de ensayo se desarrolla en el Anexo N° 8.

9.4 Ensayos de Puesta en Servicio

Durante la puesta en servicio se podrán realizar ensayos a fin de comprobar:

- a) El ruido;
- b) El vacío mínimo en los extremos del sistema;
- c) La proporción aire/aguas residuales;
- d) El tiempo de recuperación de vacío;
- e) La capacidad del sistema de volver a entrar en servicio automáticamente;
- f) El funcionamiento de la estación de vacío y las alarmas; y,
- g) El tiempo que se tarda en reemplazar las válvulas de interconexión y las bombas de impulsión.

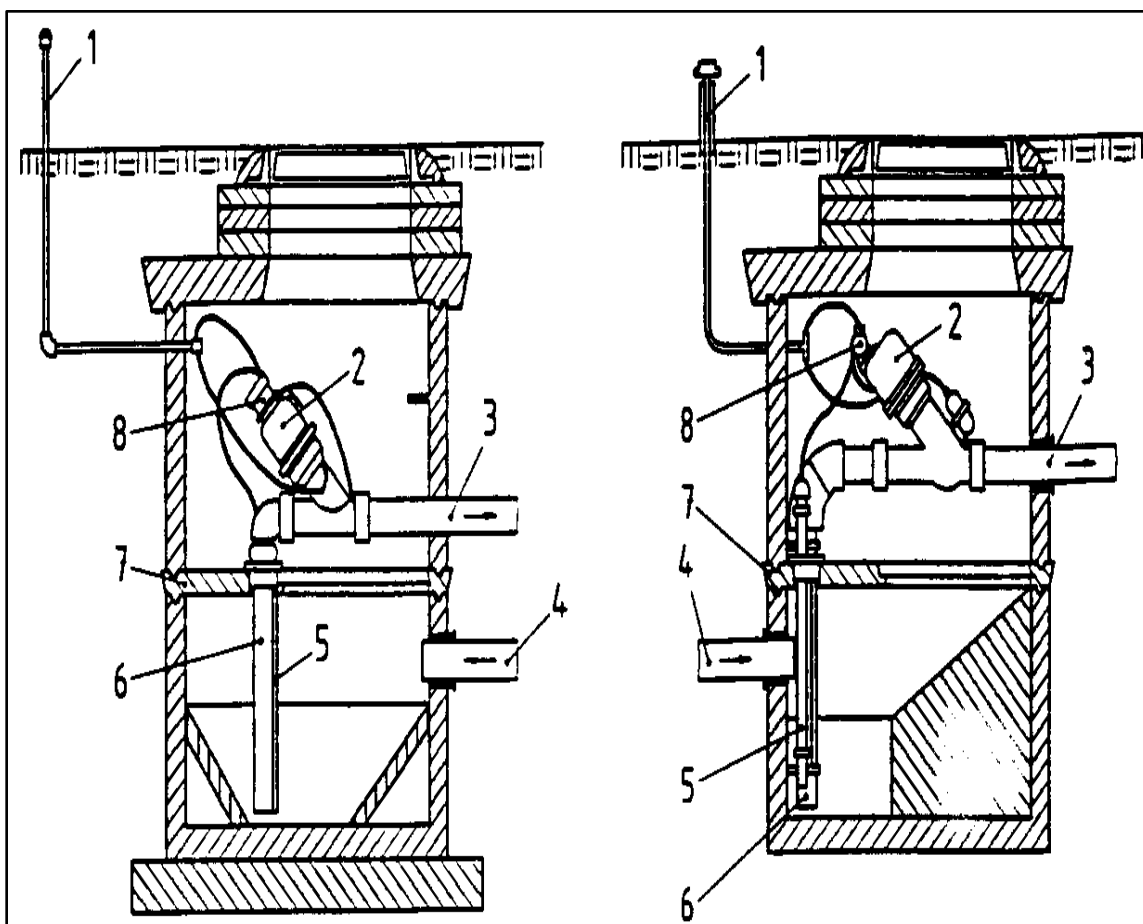
El procedimiento de ensayo de puesta en funcionamiento se desarrolla en el Anexo N° 9.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***10. PUESTA EN SERVICIO**

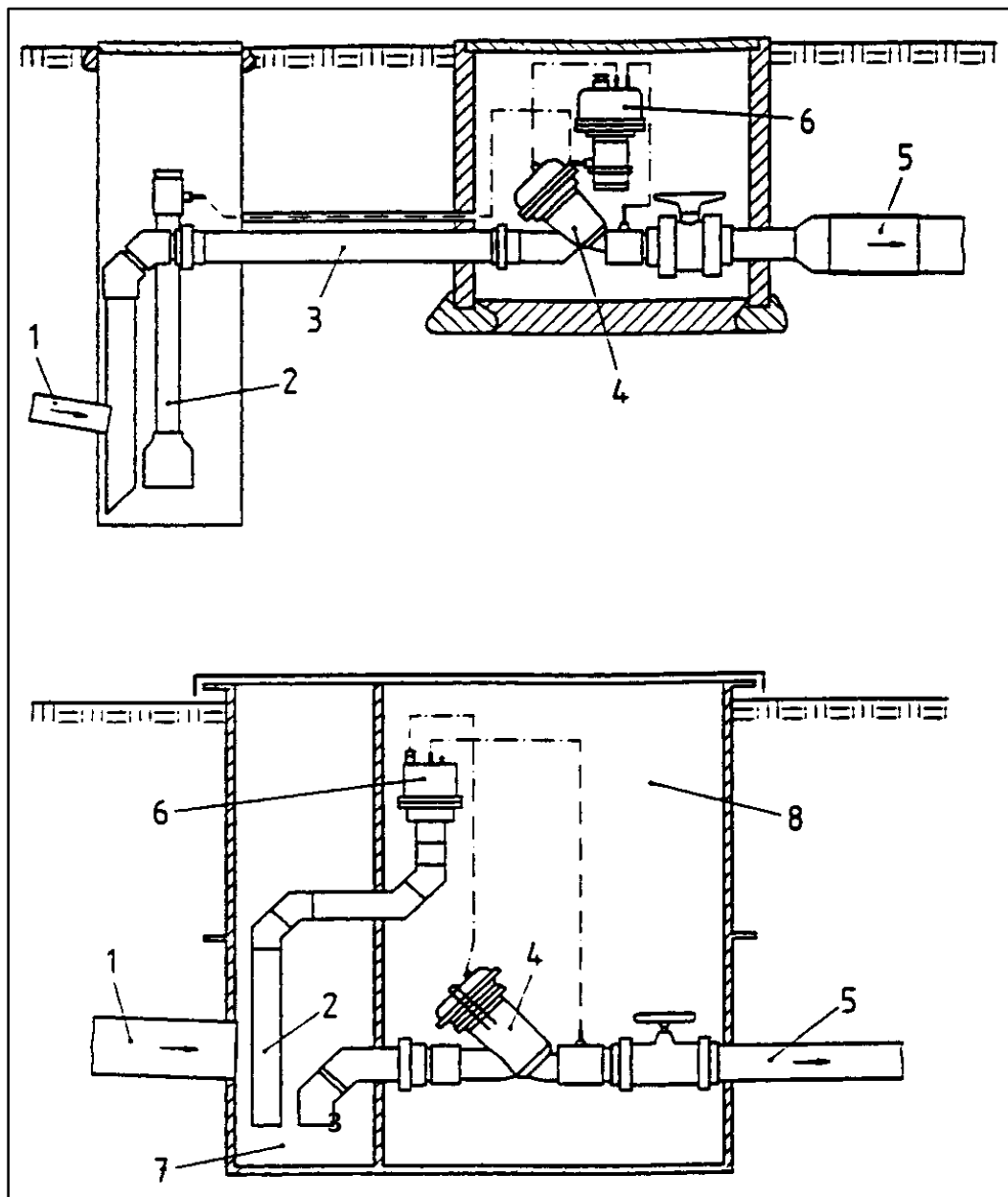
- 10.1** Todos los desagües por gravedad deben limpiarse de escombros antes de poner en servicio las cámaras colectoras a las que se vierten. Todas las conexiones de aguas superficiales ilícitas deben ser desviadas para no verter al sistema. Todas las cámaras colectoras deben limpiarse, a fin de no contener materia extraña. La limpieza debe realizarse antes de cualquier ensayo de puesta en servicio.
- 10.2** Deben proporcionarse los planos constructivos del sistema, así como el manual de funcionamiento. En el Anexo N° 10, se proporciona información de mantenimiento y funcionamiento.
- 10.3** El fabricante debe asesorar acerca de cualquier herramienta especial o equipo necesario para operar o dar mantenimiento al sistema, además de recomendar una reserva apropiada de piezas de recambio.
- 10.4** El fabricante debe proporcionar los medios para adiestrar a los operadores del sistema. Dicho adiestramiento debe cubrir la instalación del sistema, su operación, mantenimiento y registro e interpretación del funcionamiento.
- 10.5** El contratista debe demostrar que todo el equipo funciona satisfactoriamente.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 1: CONFIGURACIONES TÍPICAS DE CÁMARAS COLECTORAS**

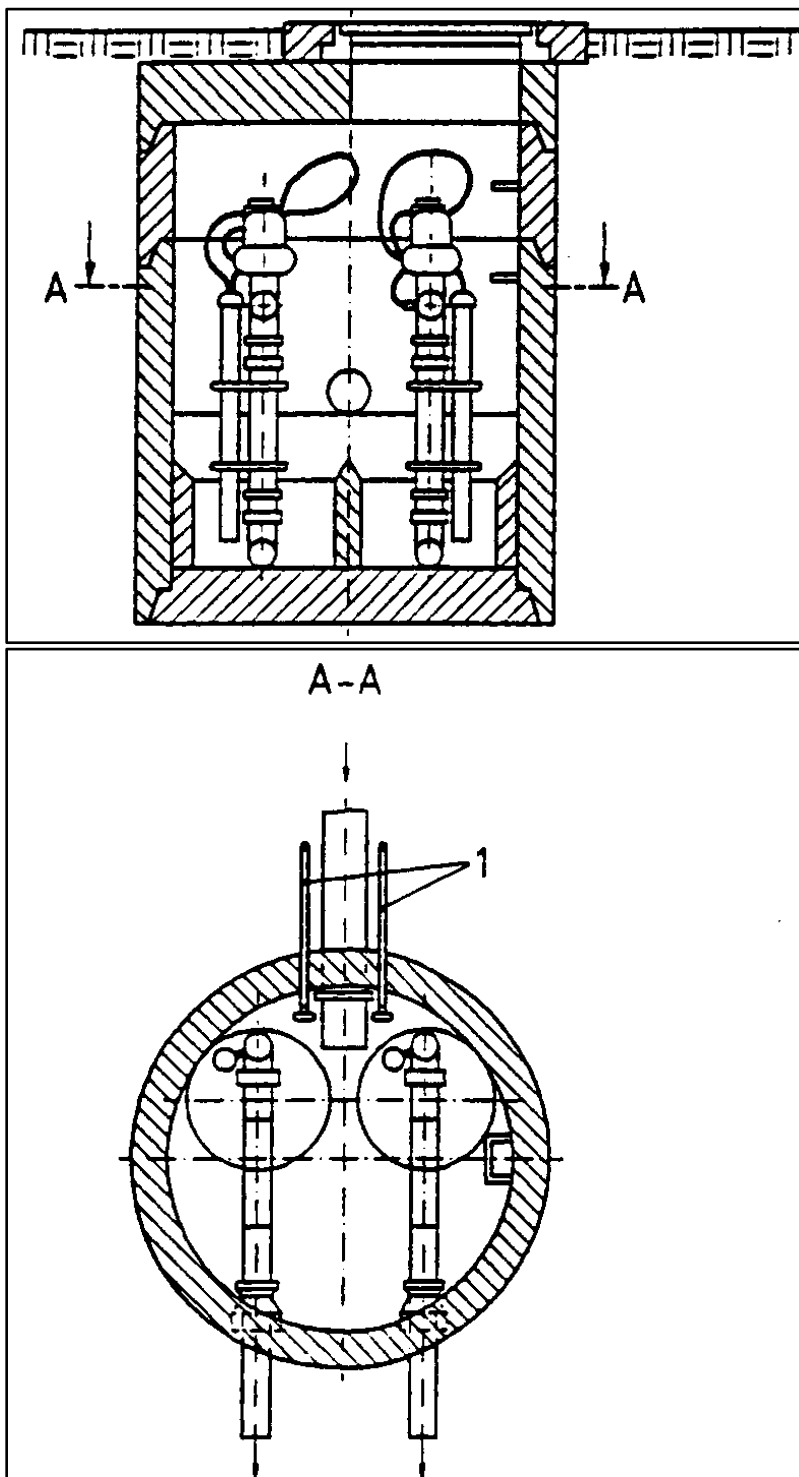
En las siguientes figuras se muestran configuraciones típicas de las cámaras colectoras de los sistemas de alcantarillado sanitario por vacío. Es importante indicar que se han tomado ejemplos de sólo algunos de los Sistemas de alcantarillado sanitario al vacío disponibles. Los ejemplos no deben interpretarse como típicos o como definidores de la variedad del sistema.

Figura Nº 5(a) - Cámaras colectoras con válvulas de interconexión ventiladas por respiraderos

- 1 Respiradero
- 2 Válvula de vacío
- 3 A la red de alcantarillado por vacío
- 4 Acceso desde el alcantarillado por gravedad
- 5 Tubería sensora
- 6 Tubería de succión
- 7 Opcional
- 8 Control

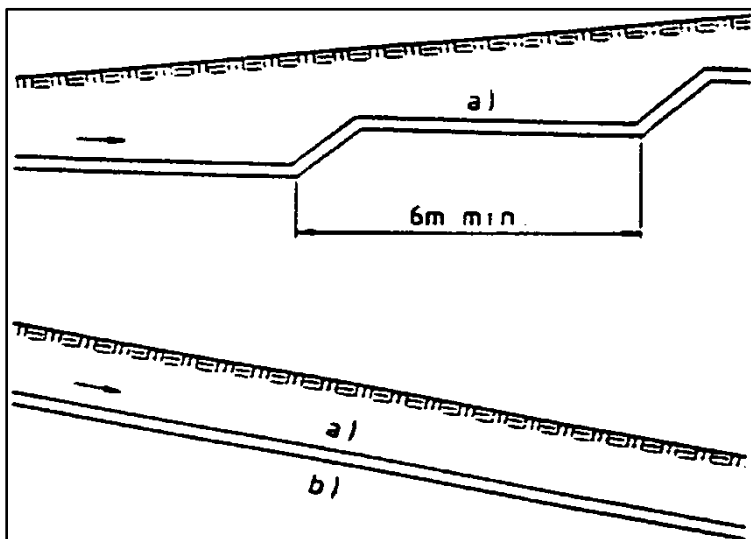
*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***Figura Nº 5(b) - Cámaras colectoras con foso separado para la válvula**

- 1 Acceso desde el alcantarillado por gravedad
- 2 Sensor
- 3 Tubería de succión
- 4 Válvula de vacío
- 5 A la red de alcantarillado por vacío
- 6 Control
- 7 Cámara colectora
- 8 Cámara de la válvula

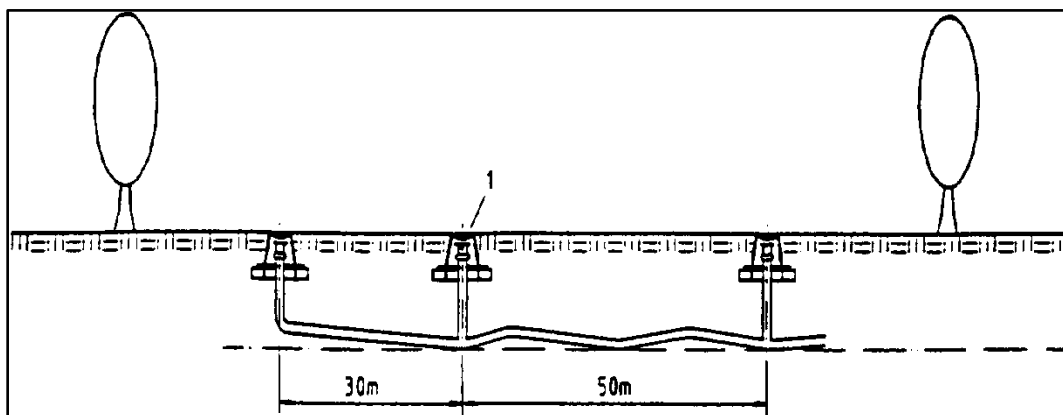
*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***Figura N° 5 (c) - Cámara colectora multiválvulas**

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 2: CONFIGURACIONES TÍPICAS DE PERFILES DE REDES DE ALCANTARILLADO POR VACÍO**

Se han tomado ejemplos de sólo algunos de los Sistemas de alcantarillado sanitario al vacío disponibles. Los ejemplos no deben interpretarse como típicos o como definidores de la variedad del sistema.

Figura Nº 6 - Ejemplos de perfiles de redes de alcantarillado por vacío para transporte ascendente y descendente (no a escala)

- a) Pendiente mínima de 0,2%
- b) El perfil sigue la pendiente natural del terreno

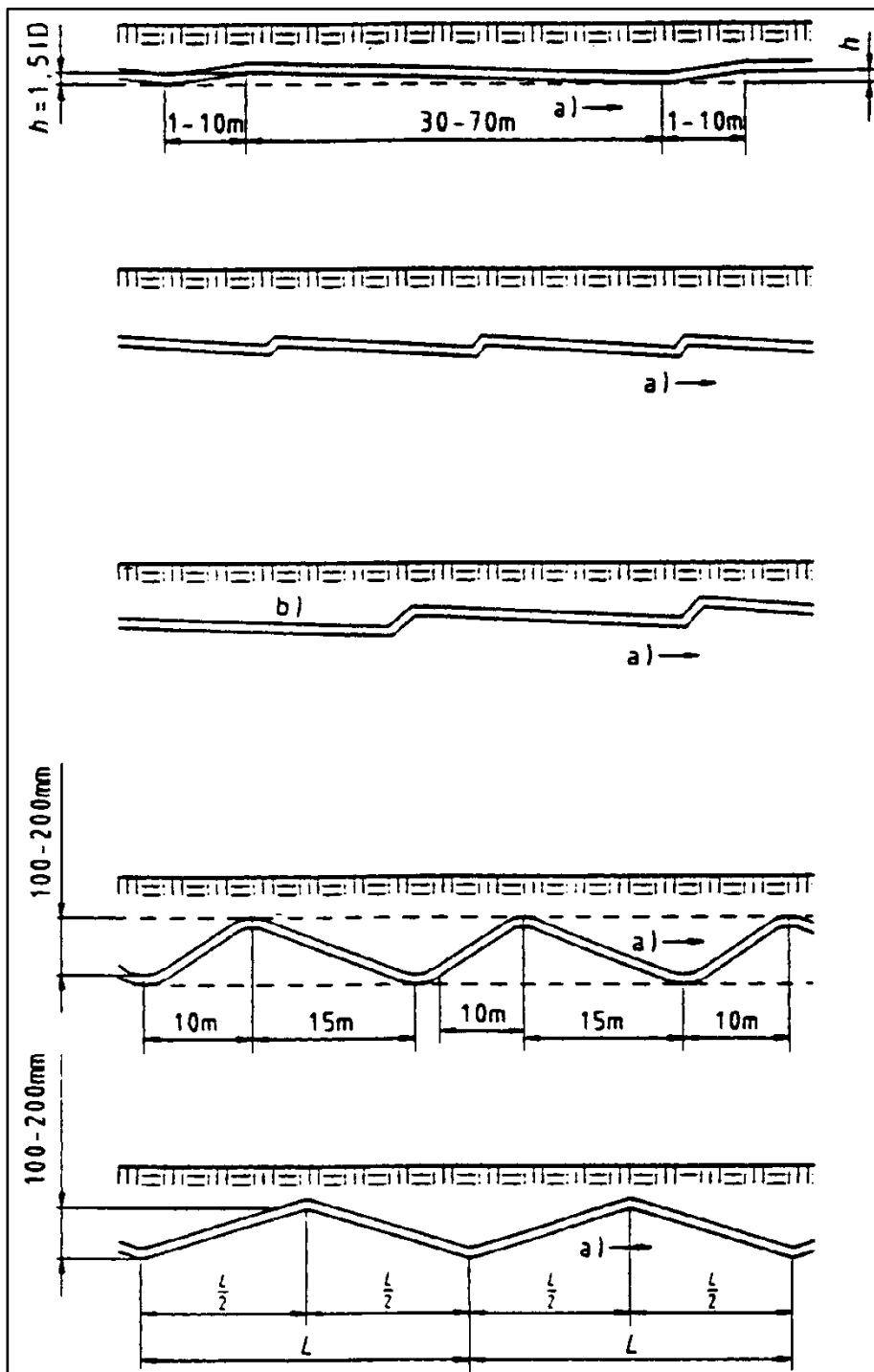
Figura Nº 7 - Perfil de red de alcantarillado por vacío con puntos de inspección

1 Punto de inspección



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

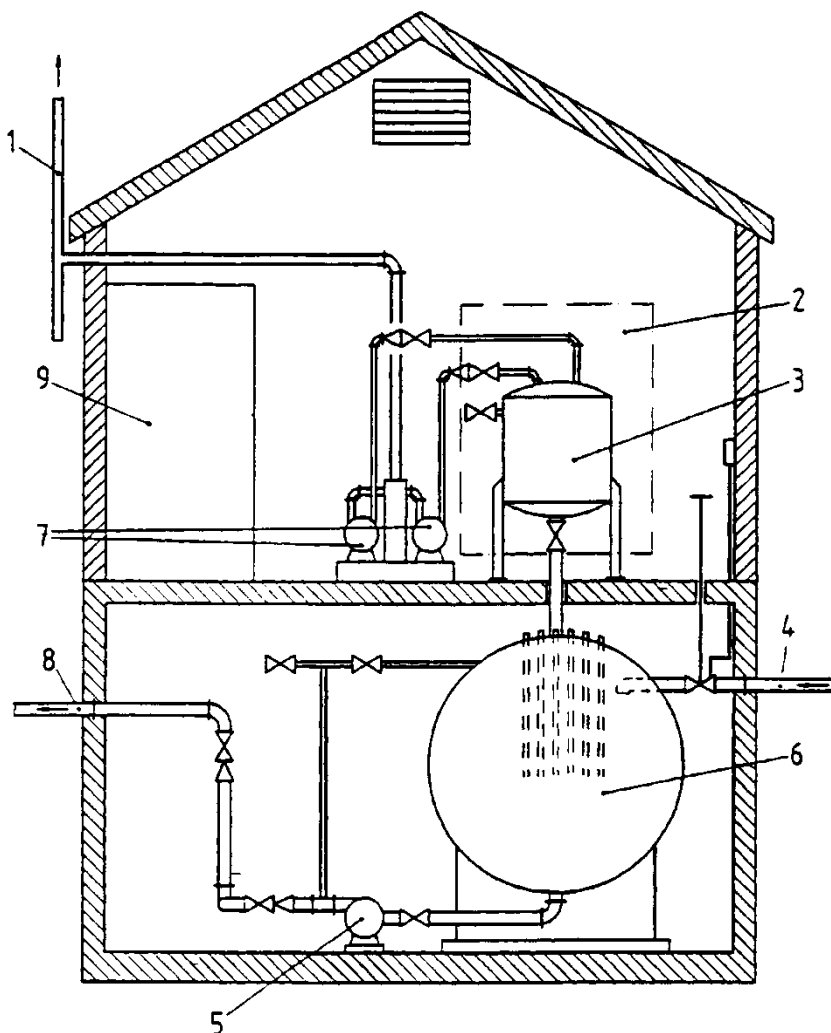
Figura Nº 8 - Perfiles de redes de alcantarillado por vacío (no a escala)



- a) Dirección del caudal
- b) Pendiente mínima de 0,2%

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 3: CONFIGURACIONES TÍPICAS DE PERFILES DE ESTACIONES DE VACÍO**

Se han tomado ejemplos de sólo algunos de los Sistemas de alcantarillado sanitario al vacío disponibles. Los ejemplos no deben interpretarse como típicos o como definidores de la variedad del sistema.

Figura Nº 9(a) - Ejemplo de estación de vacío con tanque contenido en una edificación

- 1 Tubo de ventilación
- 2 Donde sea necesario
- 3 Reserva de vacío/tanque eliminador de humedad
- 4 Red de alcantarillado por vacío
- 5 Bombas de impulsión
- 6 Tanque de vacío
- 7 Bombas de vacío
- 8 Salida
- 9 Panel de control

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 4: ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS
DE LA ESTACIÓN DE VACÍO**

La estación de vacío contará con el siguiente equipo:

- a. Bombas de vacío, cada una con un desplazamiento de (según diseño) CFM (Pies cúbicos por minuto) y un vacío de 24" Hg.
- b. Bombas de descarga de drenaje, cada una con un gasto de (según diseño) lps.
- c. Tanque de reserva de vacío con una capacidad total de (según diseño) litros.
- d. Tanque recolector con una capacidad de (según diseño) litros.

Su operación será totalmente automática contando para su funcionamiento con tableros y controles eléctricos y electrónicos; también tendrá un programa de alarma telefónica automatizada por fallas o desperfectos ocasionados por falta de vacío o alto nivel de líquido en los tanques colectores.

La planta tendrá para su funcionamiento una subestación eléctrica tipo compacta, integral para voltaje de operación de (según diseño) KV, tres fases, 60 C.P.S., transformador de distribución de 112.5 KVA, tres fases, 60 C.P.S., conexión delta-estrella para trabajar hasta a 65°C y voltaje secundario de 440/254 volts.

También contará con una planta de emergencia automática con una capacidad continua durante el tiempo de falla en el suministro de energía eléctrica con una capacidad de (según diseño) Kw, 100 KVA y con tanque de combustible para 250 litros. Para 16 horas de trabajo.

TANQUE RECOLECTOR

Tanque Recolector de (según diseño) litros construido con placa de 1/4" de acero inoxidable 304 con tapas laterales toriesféricas con un diámetro de que permitan la operación y mantenimiento, con un par de bases soportes para elevar el tanque a 0.60 m del nivel del piso y accesorios fabricados en placa de acero al carbón de 3/8" de espesor, para soportar una presión de 24" Hg con una prueba hidrostática de fábrica de 5.25 Kg/cm² durante un período de 60 minutos.

Accesorios y otros

- Dos codos con brida para recolección de drenaje.
- Un niple con brida para interconexión.
- Dos niples con brida para salida de drenaje.
- Siete conexiones para controles de nivel.
- Dos salidas para línea equalizadora.
- Una salida para válvula relevadora de presión.
- Una salida para banco de pruebas.
- Una salida para válvula de vacío.
- Una salida para vacuómetro.
- Dos salidas para nivel de vidrio.
- Dos orejas para carga y maniobras.
- Un registro pasa-hombre con tornillos y empaque.
- Dos mirillas para observación interna.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

TANQUE DE RESERVA DE VACÍO

Tanque de reserva de vacío de (según diseño) litros construido con placa de acero al carbón de 3/8" de espesor rolando en frío con tapas laterales toriesféricas con un diámetro adecuado para operación y mantenimiento, suministrado con tres patas angulares, para soportar una presión de 24" Hg. con una prueba hidrostática de fábrica de 5.25 Kg/cm² durante un período de 60 minutos.

Accesorios y otros

- Un niple con brida para interconexión.
- Dos niples con brida para bombas de vacío.
- Tres salidas para interruptores de vacío.
- Una salida para vacuómetro.
- Dos orejas para carga y maniobras.
- Un registro pasa-hombre con tornillos y empaque.

RECUBRIMIENTOS INTERIOR Y EXTERIOR DEL TANQUE DE RESERVA DE VACÍO

Este se aplicará después de la limpieza del tanque y preparación de la superficie con chorro de arena con perfil de anclaje de 0.003". Se aplicará recubrimiento anticorrosivo a base de epoxy catalizado de altos sólidos Napóxico en el interior a 0.010" y exterior a 0.005".

BOMBAS DE VACÍO

Las bombas de vacío de las plantas y sus componentes son tipo rotatorio, con sello de aceite y aspas deslizantes, enfriada por aire con válvula de antiretorno, malla filtrante con filtro de entrada de 5 micras y filtros de escape de alta eficiencia de 0.3 micras. Las bombas irán montadas y ensambladas sobre patines de acero para su anclaje horizontal, con aisladores de vibración, válvulas de mariposa y válvulas check silenciosas de 3" para el aislamiento de cada bomba.

DATOS TÉCNICOS

Deslizamiento de aire de 300 C.F.M. (Pies cúbicos por minuto), máximo nivel de ruido de 85 dBA (Decibeles), acoplada a motor eléctrico de 25 H.P. 440/220 Volts, 60 ciclos y factor de servicio 1.15 para operación en clima tropical.

EQUIPO DE CONTROL

- a) Los interruptores de vacío deben tener un rango de operación de hasta 24" Hg.
- b) Los electrodos serán de varilla roscada de acero inoxidable de 1/4" y cuerpo de porcelana con rosca de 1/2" para su colocación en la parte superior del tanque.
- c) Los vacuómetros serán con carátula de 4 1/2" y con un rango de operación de 0 a 30" Hg.
- d) La alarma telefónica debe ser de cuatro (4) canales para informar el servicio de emergencia que se requiera en la planta.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- e) Graficador de vacío y presión constante de 12" de carátula con rango de operación de 0 a 30" Hg., 24 horas de rotación, de una plumilla.

Accesorios y otros

- Los codos, tees, reducciones Bushing y bridas que se emplean en las conexiones deberán de ser de acero al carbón.
- Los codos, tees y nipples para el banco de pruebas deberán ser galvanizados, cédula 40 con rosca.
- Los codos y conectores para las líneas ecualizadoras y de recolección del cárcamo deberán ser de PVC hidráulico RD26.
- Las conexiones que se realizan por medio de bridas deben llevar en su interior una junta de neopreno con perforaciones para el paso de tornillos.
- Para observar el nivel de llenado de los tanques colectores se usarán dos válvulas con entrada roscada de 3/4" y nivel de tubo de vidrio de 5/8" y dos mirillas de 1" para observar el interior de los tanques.

TUBERÍA Y CONEXIONES PARA INSTALACIONES HIDRÁULICAS

Los tubos y las conexiones, así como los accesorios que se utilizan en las instalaciones de cada uno de los equipos que forman parte de la planta, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

TUBOS

- A. Para la línea de interconexión de los tanques de vacío a los tanques colectores, debe ser de acero al carbón cédula 40 con costura de 8" de diámetro.
- B. Para la línea de interconexión del tanque de reserva de vacío al módulo formado por tres bombas de vacío, debe ser de acero al carbón cédula 40 con costura de 6" y 3" de diámetro
- C. Para la línea de interconexión del tanque recolector a cada una de las bombas de descarga, debe ser de acero al carbón cédula 40 con costura de 6" de diámetro.
- D. Para la línea de succión del cárcamo al tanque recolector, debe ser de PVC con válvula de vacío de 2" y válvula de paso de 2".
- E. Para la línea del banco de pruebas al tanque recolector, debe ser tubería galvanizada de 3/4" de diámetro, cédula 40.
- F. Para la línea ecualizadora del tanque recolector a la descarga de la bomba, debe ser de PVC hidráulico RD26 de 1" de diámetro.
- G. Para el cabezal de las bombas de descarga debe ser de acero al carbón cédula 40 con costura de 6" de diámetro con aumento a 10" en su parte final.

MECANISMOS PARA ABRIR Y CERRAR VALVULAS

Válvula de 8 a 10"



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Serán operadas con palanca tipo “Standard” con entrada cuadrada de 2” y brazo movable de una pulgada por 70 y 80 cm de largo según el diámetro de la válvula.

Válvula Check de 6”

- Cuerpo de acero ASTM A-126, clase B.
- Asiento y sello de bronce ASTM B-584.
- Resorte de acero inoxidable ASTM A-313.
- Bushing de bronce ASTM B-584.
- Presión máxima de trabajo 200 P.S.I.
- Clase ANSI 125 Lbs.

Válvula Check de 3”

- Cuerpo de acero clase ANSI 125 Lbs.
- Asiento y sello de bronce ASTM B-584.
- Resorte de acero inoxidable ASTM A-313.
- Tipo silencioso.

VÁLVULAS DE CIERRE

Las válvulas que se utilizan en sus diferentes medidas (1/2 a 10” de diámetro), las cuales están fabricadas con las siguientes características:

Válvulas de 8”

- Preferiblemente bridada.
- Cuerpo y tapa de acero ASTM A-126, clase B.
- Esfera y vástago de acero inoxidable ASTM A-276.
- Asientos y sello de Buna-N.
- Presión máxima de trabajo 175 P.S.I.
- Clase ANSI 125 Lbs.
- Operación con cadena.

Válvulas de 6” a 4”

- Preferiblemente bridada.
- Cuerpo y tapa de acero ASTM A-126, clase B.
- Esfera y vástago de acero inoxidable ASTM A-276.
- Asientos y sello de Buna-N.
- Presión máxima de trabajo 175 P.S.I.
- Clase ANSI 125 Lbs.
- Operación tipo palanca.

Válvulas de 1/2, 1” y 2”

- Cuerpo y tapa de acero cromado.
- Esfera y vástago de acero.
- Presión máxima de trabajo 125 P.S.I.



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción y
Saneamiento

Viceministerio
de Construcción y
Saneamiento

Dirección
Nacional de Saneamiento

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- Clase 400.
- Operación manual.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

ANEXO Nº 5: RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS GENERALES DEL DISEÑO

1. PENDIENTES:

- a) Utilizar la pendiente del terreno natural si esta es mayor del 0.2%
- b) Utilizar la pendiente mínima del 0.2% en terreno plano.
- c) Usar el perfil en diente de sierra para el transporte a contrapendiente.
- d) Tender 15 m de tubería con una pendiente del 0.2% antes de una serie de cambios de nivel.

2. PENDIENTES ENTRE CAMBIOS DE NIVEL

- A. Para 3" y 4", el mayor valor que resulte de:
 - 0.2%
 - La pendiente natural del terreno
 - 80% del diámetro interior de la tubería
- B. Para 6", 8" y 10", el mayor valor que resulte de:
 - 0.2%
 - La pendiente natural del terreno.
 - 40% del diámetro interior de la tubería.

3. CAMBIOS DE NIVEL

- a. Utilizar preferentemente cambios de nivel de 1 pie para tubería de 3" o 4"
- b. Utilizar preferentemente cambios de nivel de 1.5 pies para tuberías de 6" y mayores
- c. Pérdida estática = Altura de cambio de nivel – Diámetro interior de la tubería
- d. Suma mínima de pérdidas desde cualquier válvula hasta la estación de vacío = 13 pies de pérdidas estáticas + 5 pies de pérdidas por fricción.
- e. Serie máxima de cambios de nivel: 5 cambios de nivel separados 6 m antes de la conexión del ramal a la línea principal.

4. FLUJOS MÁXIMOS RECOMENDADOS

Diámetro de la Tubería	GPM	LPS
3"	19.52	1.23
4"	37.84	2.39
6"	104.57	6.60
8"	209.37	13.21
10"	373.72	23.58

5. LONGITUD MÁXIMA DE LAS LINEAS

- a. Hasta 300 pies de tubería de 3" en líneas de servicio
- b. Hasta 2,000 pies de tubería de 4" en líneas principales

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 6: ENSAYO DE LA VALVULA DE VACIO****1. Comprobaciones preliminares**

- 1.1** Una válvula de vacío se seleccionará al azar de al menos cada diez (10) unidades listas para enviar.
- 1.2** La válvula de vacío debe conectarse a una fuente de vacío y ser ensayada para determinar que la válvula no funcionará a menos que el vacío parcial exceda 15 kPa por debajo de la presión atmosférica. Para ello se reducirá el vacío hasta ese nivel y se comprobará que la válvula no opera. Se debe comprobar también que la válvula se cierra cuando las condiciones de vacío desaparecen.

2. Ensayo de resistencia**2.1 Descripción de los dispositivos de ensayo**

La válvula de vacío instalada en una cámara colectora se conectará a una fuente de vacío capaz de mantener éste dentro del rango de operación normal de la válvula y con un tiempo de recuperación en la válvula de menos del 50% del ciclo de ésta. Se deben disponer medios que permitan la descarga y recirculación del agua sin que se interrumpa el ensayo.

2.2 Procedimiento de ensayo

Debe determinarse el volumen de activación de la cámara colectora. El ensayo se realizará usando agua limpia. Se ajustará a la válvula al menos un contador que debe ser puesto a cero. La válvula y el contador deben estar sellados para evitar su manipulación. Se ajustará el caudal de agua que llega a la cámara colectora de modo que el ensayo se complete en el transcurso de un (1) año. El sensor se ajustará de manera que en cada ciclo la válvula evacue al menos el volumen de activación. La proporción aire/agua no debe ser menor de 1,5. El ensayo se dará por terminado después del número de ciclos especificado en el apartado 8.1. Si no se alcanzase el número especificado de ciclos se registrará que la válvula de vacío no superó el ensayo. En el transcurso del ensayo la válvula no debe recibir más asistencia que el mantenimiento especificado por el fabricante.

3. Ensayo de resistencia a la obstrucción

- 3.1** El ensayo requiere que ciertos materiales extraños pasen a través de la válvula de vacío.
- 3.2** Los siguientes materiales extraños se colocarán en el cámara colectora elemento a elemento a lo largo de diez (10) ciclos en un orden cualquiera al azar:

pañuelos de algodón:	(400 ± 35)mm x (400 ± 35)mm; (15 ± 5) g	2 unidades
bolsa de plástico:	(300 ± 30) mm x (270 ± 20) mm	1 unidad
bolsa de plástico:	(200 ± 20) mm x (150 ± 15) mm	1 unidad
cierre metálico de botella:	diámetro nominal 25 mm	2 unidades
condones masculinos:		2 unidades
toallas sanitarias:	peso en seco (4 ± 10) g;	(número a escoger)



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

Todo material absorbente se sumergirá en agua durante más de un (1) minuto y menos de tres (3) antes de colocarse en la cámara colectora.

- 3.3** El ensayo continuará por otros diez (10) ciclos tras el vertido del último elemento extraño.
- 3.4** El ensayo se realizará cinco (5) veces.
- 3.5** Se registrarán los resultados de los ensayos y se determinará qué materia extraña permaneció en el sumidero tras cada ensayo, si la válvula falló en cerrarse o si la tubería contenía materia extraña al final del ensayo. Un fallo en el cierre de la válvula o la presencia de materiales sólidos en la tubería de succión al final del ensayo se considerará como un fracaso en la superación de éste. La retención de material sólido en el acceso a la tubería de succión no se considerará como un fracaso en el ensayo.

4. Ensayo de sumergimiento

- 4.1** Se eliminará el vacío y la cámara colectora se llenará de agua hasta cubrir la parte superior de la válvula de vacío en 300 mm. El tubo de ventilación no debe sumergirse. Tras permanecer sumergida durante 24 horas se restablecerán las condiciones de vacío y se operará el mecanismo de la válvula de vacío veinte (20) veces. El ensayo se realizará tres (3) veces.
- 4.2** La válvula de vacío no superará el ensayo de sumergimiento si no opera las veinte (20) veces correctamente en los tres (3) ensayos.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 7: ENSAYO DE TUBERÍAS****1. Calibración del equipo de ensayo**

- 1.1 Antes de realizar un ensayo de vacío se comprobará que el equipo de ensayo funciona correctamente y que está adecuadamente instalado a la red de alcantarillado por vacío o acometida.
- 1.2 La pérdida de vacío permitida se ajustará para tener en cuenta cambios de temperatura y de presión barométrica durante el ensayo. Las temperaturas de la tubería y la presión barométrica se registrarán al comienzo y final del ensayo así como a intervalos horarios entre medias.

2. General

Los ensayos de vacío, la limpieza de las acometidas, red general y tanques deben completarse antes de la instalación de las válvulas de interconexión, excepto cuando el sistema se vaya a completar por fases. En caso de que el sistema se vaya a completar por fases, tan sólo en la primera de ellas se ensayará de esta manera. En las fases sucesivas tan sólo se ensayarán los nuevos tramos de la red y sus acometidas. Estos ensayos y la limpieza de los nuevos tramos se realizarán antes de la instalación de las válvulas de interconexión.

3. Ensayos intermedios**3.1 Sistemas sin tuberías de inspección**

Como máximo por cada 450 m de tubería que se coloque se realizará un ensayo que consistirá en someterla a vacío parcial de (70 ± 5) kPa por debajo de la presión atmosférica. Se le permitirá estabilizarse durante un tiempo no inferior a treinta (30) minutos y a partir de entonces no debe perder más de un uno por ciento (1%) de la presión de ensayo cada hora, por espacio de dos. La estación de vacío podrá aislarse de la tubería para realizar este ensayo.

3.2 Sistemas con tuberías de inspección

Como máximo por cada 450 m de tubería que se coloque se realizará un ensayo que consistirá en someterla a un vacío parcial de (70 ± 5) kPa por debajo de la presión atmosférica. Se le permitirá estabilizarse durante un tiempo no inferior a treinta (30) minutos y a partir de entonces no debe perder más de un cinco por ciento (5%) de la presión de ensayo en el transcurso de una hora. La estación de vacío podrá aislarse de la tubería para realizar este ensayo.

Si alguna sección de tubería no supera este ensayo deben realizarse las modificaciones necesarias hasta que el ensayo sea superado.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***4. Ensayos finales****4.1 Sistemas sin tuberías de inspección**

Cuando todas las tuberías de la red y de las acometidas hayan sido colocadas se someterá al conjunto del sistema incluyendo la estación de vacío a un vacío parcial de (70 ± 5) kPa por debajo de la presión atmosférica. Se permitirá que se establezca a esa presión durante por lo menos treinta (30) minutos y a partir de entonces no debe perder más de un uno por ciento (1%) de la presión de ensayo por hora durante un periodo de cuatro (4) horas.

4.2 Sistemas con tuberías de inspección

Cuando todas las tuberías de la red y de las acometidas hayan sido colocadas se someterá al conjunto del sistema incluyendo la estación de vacío a un vacío parcial de (70 ± 5) kPa por debajo de la presión atmosférica. Se permitirá que se establezca a esa presión durante al menos treinta (30) minutos y a partir de entonces no debe perder más de un cinco (5%) de la presión de vacío de ensayo en una hora.



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción y
Saneamiento

Viceministerio
de Construcción y
Saneamiento

Dirección
Nacional de Saneamiento

Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

ANEXO Nº 8: ENSAYO DE PRESIÓN INTERNA EN LAS CÁMARAS COLECTORAS

1. Tras sellar todas las tuberías de entrada y salida de la cámara colectora se llenará ésta con agua hasta un nivel 500 mm por debajo de la cara superior de la tapa. El volumen de agua contenido en la cámara colectora llena hasta ese nivel debe ser determinado por cálculo y/o medición. Se permitirá un periodo de estabilización y absorción de al menos dos (2) horas tras el cual se añadirá agua de un recipiente graduado a intervalos de cinco (5) minutos en la cantidad necesaria para alcanzar el nivel original del agua.
2. Se considerará que la cámara colectora ha superado el ensayo si la cantidad de agua añadida en un periodo de tres (3) horas es menor de un 0,2% del volumen inicial de agua.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 9: ENSAYOS DE PUESTA EN FUNCIONAMIENTO****1. General**

Los ensayos de puesta en funcionamiento se realizarán a cada sistema después de que hayan empezado a operar y funcionen satisfactoriamente en opinión del contratista.

2. Ruido

El ruido debe ser medido de acuerdo con la normativa vigente. Si el nivel de ruido excede lo permitido por la normativa se considerará que el sistema no ha superado el ensayo.

3. Vacío mínimo y tiempo de recuperación de vacío

En la acometida más lejana del sistema se instalará un medidor de vacío con registro. El ensayo se llevará a cabo durante al menos veinticuatro (24) horas. Se considerará que el sistema no ha superado el ensayo si el vacío parcial es menor del mínimo especificado. Se registrarán los tiempos de recuperación de vacío y se considerará que el ensayo no ha sido superado si el tiempo supera el máximo especificado. Se considerará que el mecanismo de la válvula de vacío no ha superado el ensayo si opera a un vacío parcial inferior a 15 kPa bajo presión atmosférica.

4. Proporción aire/aguas residuales

4.1 La proporción aire/aguas residuales se determinará durante un periodo de al menos veintiocho (28) días.

4.2 Si se han instalado dispositivos medidores de caudal, se medirán directamente los caudales de aire y agua. En ausencia de tales dispositivos se calcularán los caudales respectivos a través del número de horas de operación de los generadores de vacío y bombas de impulsión, siendo conocido su rendimiento.

5. Reencendido automático

Durante dos (2) horas la estación de vacío se apagará en un periodo de caudal punta seleccionado por el cliente. Se debe llenar la cámara colectora en el extremo del sistema. Se registrará el tiempo que transcurra entre el reencendido de la estación de vacío y el vaciado del colector. Si este periodo excede de dos (2) horas se considerará que el sistema no ha superado el ensayo.

6. Funcionamiento de las alarmas de control de la estación de vacío

6.1 El funcionamiento de los controles de nivel de puesta en marcha y parada será controlado en alguno de los ensayos precedentes.



Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío

- 6.2** Las bombas de impulsión se cambiarán a control manual y se apagarán. Se comprobará si el nivel de parada de emergencia del tanque de vacío o cámara colectora detiene el generador de vacío cuando se active la alarma de exceso de aguas residuales. Entonces se conectarán y cambiarán a control automático las bombas de impulsión.
- 6.3** Deben vaciar el tanque de vacío hasta el nivel de arranque antes de que la bomba de vacío entre a funcionar.
- 6.4** Se desconectará el generador de vacío y se comprobará que la alarma de nivel bajo indique que el vacío ha descendido por debajo del nivel prefijado.
- 6.5** La alarma de emergencia se ensayará sometiéndola a las siguientes comprobaciones:
- a)** Desconectando el generador de vacío;
 - b)** Desconectando las bombas de impulsión;
 - c)** Desconectando la fuente de energía; y,
 - d)** Cambiando el generador de vacío a control manual y midiendo el tiempo que transcurre hasta que se conecte la alarma; no debe exceder el tiempo máximo de operación continuada del generador.

La alarma debe activarse después de cada una de estas comprobaciones.

7. Tiempos de reemplazamiento

- 7.1** Para este ensayo se utilizará una cámara colectora cuya tapa haya sido abierta. Se dispondrá de un reemplazo de la válvula de vacío y de su sistema de control. Se registrará el tiempo para desmontar la válvula de vacío y el sistema de control e instalar los de reemplazo. Este tiempo no debe exceder de treinta (30) minutos.
- 7.2** El tiempo necesario para reemplazar las bombas de impulsión sólo será medido si las bombas están instaladas en el interior del tanque de vacío. El registro de este tiempo debe realizarse cuando el caudal de aguas residuales sea bajo. Se registrará el tiempo necesario para detener el sistema, desinstalar una bomba de impulsión, instalar una de repuesto y arrancar el sistema. Este tiempo no debe exceder de cuatro (4) horas.

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***ANEXO Nº 10: INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO****1. Mantenimiento**

Las necesidades de mantenimiento variarán dependiendo del sistema utilizado. Un ejemplo de un programa de mantenimiento se propone a continuación:

Cámara Colectora

- Semestralmente: inspección visual de la cámara y su contenido;
- Anualmente: limpieza del colector y depuración del respiradero;
- 5 o 6 años: desmontar la válvula de vacío y reemplazar lo necesario.

Estación de Vacío

- 40 veces al año: inspecciones visuales; registro de las horas de funcionamiento de las bombas de vacío y de impulsión así como su consumo de energía;
- 12 veces al año: inspección visual y registro; mantenimiento de rutina;
- Anualmente: mantenimiento mecánico y eléctrico.

La frecuencia de las inspecciones se podrá reducir si se emplean medios de control a distancia.

2. Manual de funcionamiento

Los contenidos del manual de funcionamiento podrán variar dependiendo del sistema utilizado pero se sugiere que incluya los siguientes aspectos:

- a) La válvula de vacío y su ajuste
 - Ajustes concretos/funcionamiento del controlador
 - Unidad sensora del controlador
- b) La estación de vacío
 - Los generadores de vacío
 - Las bombas de impulsión
 - Instrumentación
- c) Fallos del sistema y alarmas
 - Fallo en el suministro de energía
 - Sistema de alcantarillado
 - Válvula de vacío- error al abrir - error al cerrar
- d) Estación de vacío
 - Pérdida de vacío
 - Problemas de las bombas de impulsión
 - Registro
 - Suministradores y fabricantes del sistema

*Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío***3. Consumo de energía**

Los factores principales que afectan al consumo de energía son:

- a) Caudal de aguas residuales;
- b) La topografía de la zona y la extensión del sistema;
- c) La relación aire/aguas residuales;
- d) El tipo de generador de vacío;
- e) El tipo de bomba de impulsión; y,
- f) El estado de conservación de la red de alcantarillado y las válvulas de interconexión.

El consumo de energía típico varía de 0,2 a 1 kWh/m³ de agua residual, que asumiendo un vertido típico diario por persona de 150 litros, es equivalente a entre 10 y 50 kWh/persona/año.