

Comparación de los Sistemas Sanitarios por Gravedad y por Presión

*Daniel Cruz Rodríguez
Maestría en Ingeniería en Ingeniería Civil
Carlos González, Ph.D.
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen — *El siguiente artículo estará basado en la comparación entre un sistema sanitario convencional como lo es el de gravedad contra un sistema sanitario por presión. Se utilizará un mismo lugar para evaluar ambos sistemas bajo condiciones iguales. Ambos sistemas se diferencian entre sí y por lo cual requieren de diseños y métodos de construcción diferentes. Estas diferencias entre ambos sistemas serán tomadas en consideración en el análisis de costo de construcción para cada sistema. Una vez completado la comparación de costos de ambos sistemas pudimos observar que bajo condiciones ideales de la topografía y del suelo donde se pretenda implementar un sistema sanitario, el sistema por gravedad es la alternativa más costo eficiente y por ende la más recomendable. Por el contrario cuando las condiciones topográficas, y el nivel freático y roca se encuentren cerca de la superficie, un sistema sanitario por presión resultaría ser la alternativa más conveniente.*

Términos Claves — *Sistema de Alcantarillado Sanitario, Sistema Sanitario por Gravedad, Sistema Sanitario por Presión y Sistemas Alternos.*

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del crecimiento poblacional y la modernización de los pueblos, ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer de agua a las poblaciones que día a día la solicitan en mayor cantidad y de mejor calidad, para abastecer sus necesidades. Pero, el abastecer de agua a los conglomerados humanos, tiene como consecuencia el retiro de la mayor parte de ella, una vez que ha sido utilizada y por ende contaminada. El manejo adecuado de las aguas residuales es uno de los

factores más importantes para asegurar la salud general de una comunidad y su calidad del agua superficial.

En Puerto Rico es común que se utilicen sistemas sanitarios para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se tratan. Tradicionalmente 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. Los sistemas sanitarios normalmente están constituidos por conductos de sección circular, y la mayoría de las veces enterrados bajo las vías públicas.

En un sistema sanitario por gravedad las tuberías son instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la instalación donde serán tratadas. Las tuberías se dimensionan y diseñan con una configuración lineal y gradientes uniformes para mantener una velocidad que dé como resultado un auto limpieza. Los registros se instalan entre dos tramos rectos de tubería para asegurar que se tenga un fácil acceso a cualquier obstrucción, como se muestra en la Figura 1.

Este sistema se utilizan generalmente donde las casas o negocios son relativamente próximos entre sí, tales como en las áreas metropolitanas, pueblos y pequeñas comunidades.

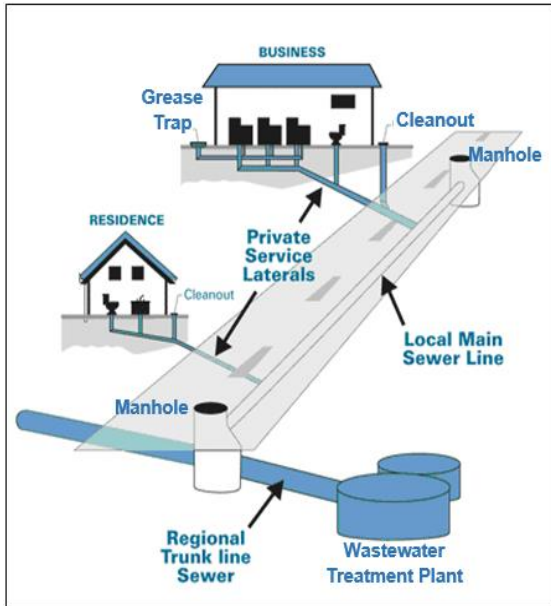


Figura 1
Sistema Sanitario por Gravedad

Los sistemas por gravedad funcionan como conductos libres y requieren tener cierta pendiente para funcionar adecuadamente, es por esto que este sistema presenta ciertas limitaciones en su uso y no puede ser aplicado en todas las localidades de nuestro país. Además debido a lo accidentado de algunas zonas geográficas del país, o en áreas donde el nivel freático está muy cercano a la superficie, y donde se encuentra presencia de roca, las excavaciones a ser realizadas para la instalación del sistema podrían resultar ser unas profundas lo cual provocaría un aumento en el costo de construcción. También, la implementación de los sistemas de gravedad en lugares bajos o planos presentan gran complejidad durante el proceso de construcción, debido a que requieren de excavaciones profundas donde el nivel freático puede estar presente y retrasar y complicar el proceso de construcción y hacer que este sea uno económicamente no viable. Como se observa en la Figura 2, otra condición que podría ocasionar excavaciones excesivas es cuando la pendiente del terreno no es favorable para la recolección de las aguas usadas mediante un sistema por gravedad.

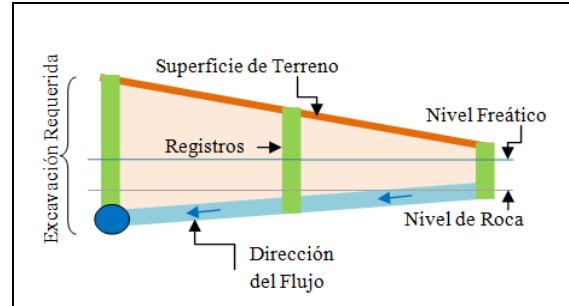


Figura 2
Pendiente no Favorable para Sistema Sanitario por Gravedad

Comúnmente se han utilizado sólo dos opciones para la disposición de los sistemas de aguas residuales domésticas, y estos son, mediante pozos sépticos o mediante sistemas de gravedad que descargan en las plantas de tratamiento. Pero en los casos donde encontramos que estos sistemas no son costo efectivo o las condiciones del área dificultan el proceso de construcción, un sistema de recolección de presión puede ser utilizado para reducir los costos relativos al costo de un sistema de gravedad convencional. Usualmente los sistemas de presión son utilizados o aplicables para alcantarillados en áreas menos pobladas, o en comunidades ubicadas en las zonas montañosas o terrenos rocosos. Estos sistemas de presión pueden utilizar las mismas tuberías que se encuentran normalmente en las residencias o industrias por lo cual el consumidor no resultará afectado por la implementación de esta tecnología. La función principal de una estación de bombeo es transportar las aguas usadas desde el nivel de succión a un nivel superior o de salida como se muestra en la Figura 3.

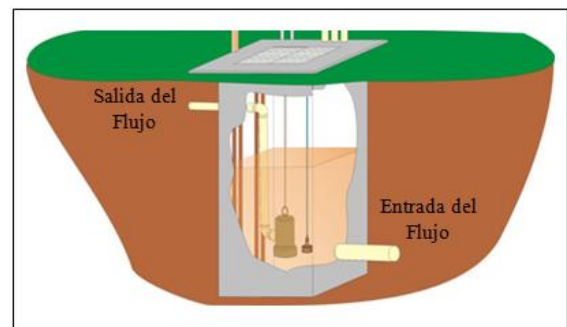


Figura 3
Función de la Estación de Bombeo

Las estaciones de bombeo de mayor tamaño y capacidad son utilizadas en combinación con sistemas sanitarios por gravedad. Las de menor tamaño y capacidad son utilizadas en residencias, negocios o simplemente en una escuela para transportar las aguas usadas hasta el sistema sanitario principal. La Figura 4 nos muestra estaciones de bombeo de menor capacidad o de red, los dos sistemas principales son, el sistema de bombas grinder o como se le conoce en inglés “Grinder Pump System” (GP) y el sistema de bombeo del efluente del tanque séptico, que en inglés se le conocen como “Septic Tank Effluent Pump” (STEP).

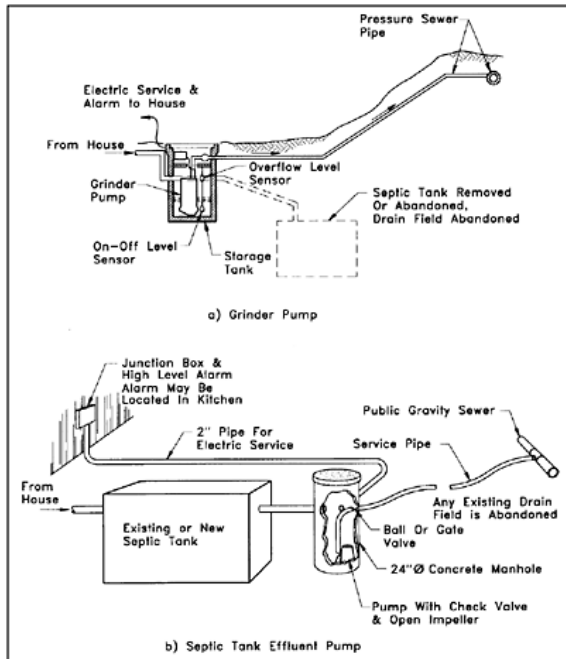


Figura 4

Sistemas Sanitarios por Presión Alternos

Descripción

En este artículo estaremos evaluando los costos, ventajas y desventajas de un sistema sanitario por gravedad en comparación con un sistema sanitario por presión mediante bombas grinder. Se tomarán en consideración las condiciones del área donde se llevará a cabo el proyecto y se presentará el costo de implementar cada sistema bajo condiciones iguales. Una vez completado el análisis se presentaran las recomendaciones sobre los parámetros que deben

ser tomados en consideración al momento de planificar y diseñar un sistema sanitario.

Objetivos

Este artículo pretende brindarles a los diseñadores elementos necesarios a ser tomados en consideración al momento de completar el diseño de un sistema sanitario.

Contribución

Una vez completado el artículo, el mismo podrá ser utilizado como punto de partida cuando se evalué que sistema sanitario es más conveniente entre uno convencional o uno de presión mediante bombas grinder. Esto dependerá de las condiciones del lugar donde se pretenda implementar el sistema.

REVISIÓN DE LITERATURA

Los siguientes conceptos y definiciones están relacionados al Sistema de Alcantarillado Sanitario utilizado en nuestro país y administrado por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados.

- Sistema de Alcantarillado Sanitario** - Los sistemas de alcantarillado, tienen como función el retiro de las aguas que ya han sido utilizadas en una población y por ende contaminadas, estas aguas reciben el nombre de “aguas residuales”; también sirven para retirar las aguas pluviales. El alcantarillado consiste en un sistema de conductos enterrados llamados alcantarillas, que generalmente se instalan en el centro de las calles. El sistema se compone de redes de atarjeas, colectores, estaciones de bombeo y demás equipos y accesorios necesarios para el funcionamiento del equipo.
- Sistema de Alcantarillado Sanitario por Gravedad** – Es el sistema que comúnmente se utiliza para recolectar las aguas residuales y transportarlas hasta donde serán tratadas o dispuestas. En este sistema utiliza tubería instaladas con pendiente o caída entre registros permitiendo que las aguas residuales viajen libremente a través del sistema.

- Sistema de Alcantarillado Sanitario por Presión** – Este sistema consta de una red de recolección de aguas residuales por gravedad conectada a una estación de bombeo. La función de las estaciones de bombeo es transportar el agua residual desde el nivel de succión o de llegada al nivel superior o de salida de la estación, conducir las aguas a lugares distantes o para iniciar un nuevo tramo de acarreo por gravedad. Las estaciones de bombeo surgen como instalaciones obligatorias donde los Sistemas de Alcantarillado por Gravedad presenta sus limitaciones ya sea debido a la geografía del lugar o a las condiciones de suelo encontradas. En comunidades o áreas con pequeña pendiente superficial un sistema por gravedad podría resultar no viable y es entonces cuando los sistemas por presión representan una alternativa para la recolección de las aguas residuales.
- Sistema de Bombeo Tipo Grinder (GP) [1]** - Es un sistema por presión alterno que recibe las aguas residuales de las residencias, negocios u otros y las transporta al sistema sanitario principal de la ciudad mediante bombas, como se muestra en la Figura 5. Este sistema puede ser instalados en los lugares donde no se pueda instalar un sistema de gravedad convencional y además el mismo puede sustituir la necesidad de utilizar pozos sépticos.

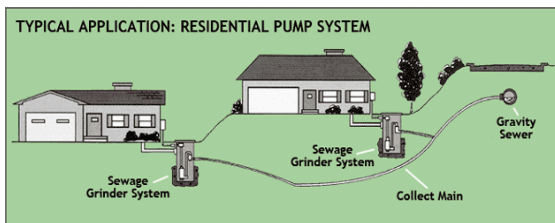


Figura 5

Sistema Sanitario de Bombeo Tipo Grinder (GP)

- Sistema de Bombeo de Efluente (STEP) [1]** – Es un sistema sanitario por presión alterno que recoge las aguas residuales de los pozos sépticos y las deposita en el sistema sanitario de la ciudad. Es una solución sostenible para

las zonas descentralizadas y rurales. Este sistema eliminaría que sea el suelo el que absorba las aguas residuales. Los sistemas de STEP son utilizados como un medio de proporcionar servicios de alcantarillado sanitario tanto para las comunidades existentes como para los nuevos desarrollos. El tanque séptico ubicado antes del sistema de bombeo elimina la mayor parte de la grasa y de sólidos en el flujo a ser bombeado. Este sistema es similar al sistema GP, excepto por el tipo de bomba que se utiliza. Este sistema requiere que el tanque séptico permanezca como parte del diseño.

En un sistema de alcantarillado sanitario de efluente de cada sitio individual tiene un tanque pequeño, subterráneo (tanque interceptor) que recibe todos los residuos de la vivienda. El agua residual cruda se separa en los lodos, escoria y efluentes líquidos con tratamiento primario que tiene lugar dentro del tanque interceptor. Los sólidos permanecen en el depósito durante años, con el proceso biológico anaeróbico consumiendo los sólidos a través del tiempo. La mayoría de los tanques sólo tendrán que ser bombeados cada 7 a 10 años. El efluente líquido permanece en el tanque sólo por un día o dos, y luego se bombea (STEP) al siguiente punto de tratamiento, como se muestra en la Figura 6.

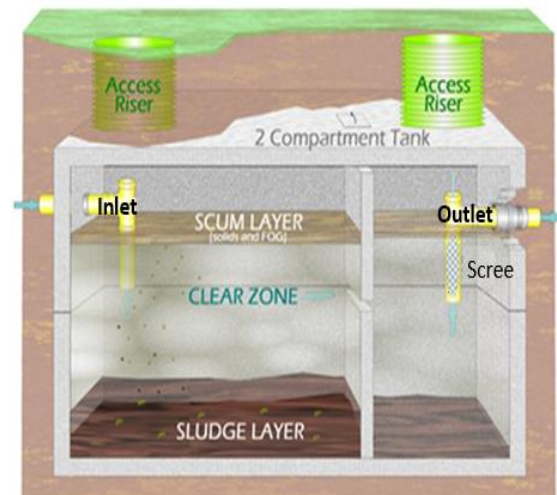


Figura 6

Sistema Sanitario de Efluente (STEP)

Este sistema no solo es una solución sostenible para las zonas rurales, sino también una opción rentable para servir a los nuevos desarrollos, en las afueras de las ciudades que no quieren ampliar su red de alcantarillado actual.

Los sistemas sanitarios alternos pueden ser implementados en los lugares donde el sistema sanitario es descentralizado y donde las condiciones del terreno no favorezcan el uso de un sistema tradicional de recolección de aguas residuales por gravedad o en donde las condiciones encontradas en el suelo no permitan que la construcción de un sistema sanitario por gravedad sea costo factible debido a excavaciones profundas para la instalación de las tuberías, excavaciones en roca, o un nivel freático cercano a la superficie. Estos sistemas alternos presentan una alternativa a las residencias u otras instituciones que antes no podían ser conectadas a los sistemas sanitarios y dependían exclusivamente de pozos sépticos.

METODOLOGÍA

Como punto de partida seleccionaremos un proyecto con el cual podamos realizar una comparación de costos de construcción entre el sistema sanitario por gravedad y el sistema sanitario por presión. Ambos sistemas son diferentes y tienen sus particularidades en diseño y construcción, por lo cual se utilizará un mismo lugar para evaluar ambos sistemas bajo condiciones iguales.

Descripción del Proyecto Seleccionado

El proyecto seleccionado consiste en la instalación de un sistema sanitario para la recolección de las aguas residuales de una comunidad compuesta por cien (100) solares de tamaño similar, como se muestra en la Figura 7. El proyecto está localizado en la cercanía de un río por lo cual debemos presumir que el nivel freático podría afectar el proceso para realizar las excavaciones.

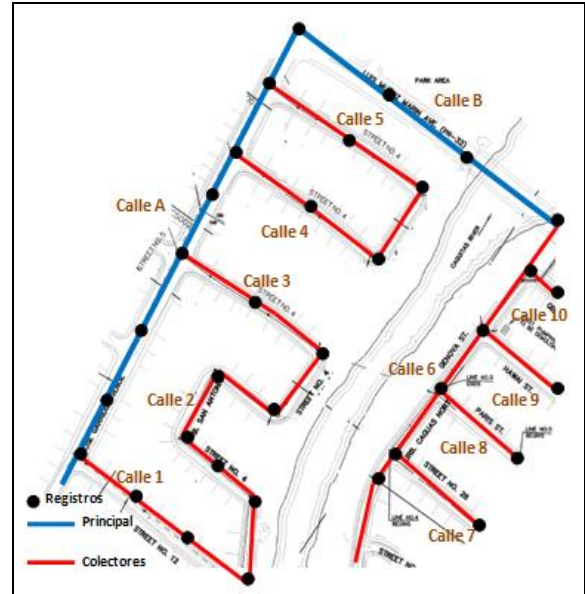


Figura 7
Proyecto a ser Analizado

Se analizará el proyecto con la implementación del sistema sanitario por gravedad y por presión.

Para el Sistema Sanitario por Gravedad utilizaremos los siguientes datos [2]:

- Pendiente Mínima de la Tubería (S) es de 0.003 o 0.30%.
- El Diámetro de la Tubería es de 10" y 12".
- El ancho mínimo de excavación es de 1.0 M para la tubería de 10" y de 1.22 M para la tubería de 12".
- Profundidad mínima de excavación es de 1.3 M.
- Se utilizarán un total de 30 registros, uno en cada cambio de dirección, o en cada punto de conexión o a una distancia máxima de 85 metros lineales.

Para la implementación del Sistema Sanitario por Presión utilizaremos los siguientes datos [3]:

- No se requiere un mínimo de pendiente.
- El Diámetro de la Tubería es de 6".
- El ancho mínimo de excavación es de 0.75 M.
- Profundidad mínima de excavación es de 0.45 M.
- Se utilizará 1 registro y 1 bomba grinder por cada unidad de vivienda.

La comparable de costos estará basada en la presunción de que las residencias se encuentran a la misma elevación que la rasante de la carretera, como se muestra en la Figura 8.

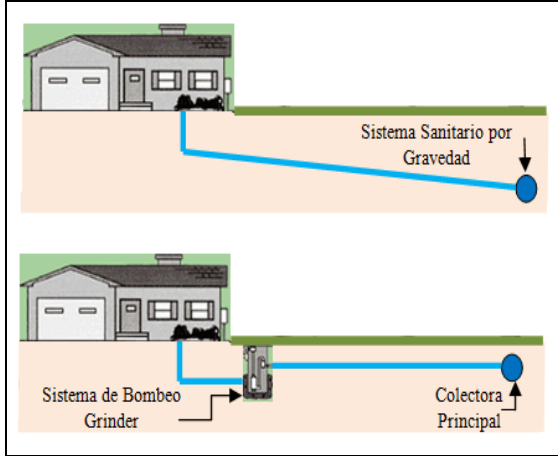


Figura 8
Escenario No. 1

La comunidad consta de nueve (9) calles y dos (2) avenidas principales donde se encuentran los puntos de conexión. La Figura 9, nos muestra los perfiles correspondientes al sistema sanitario propuesto para la comunidad.

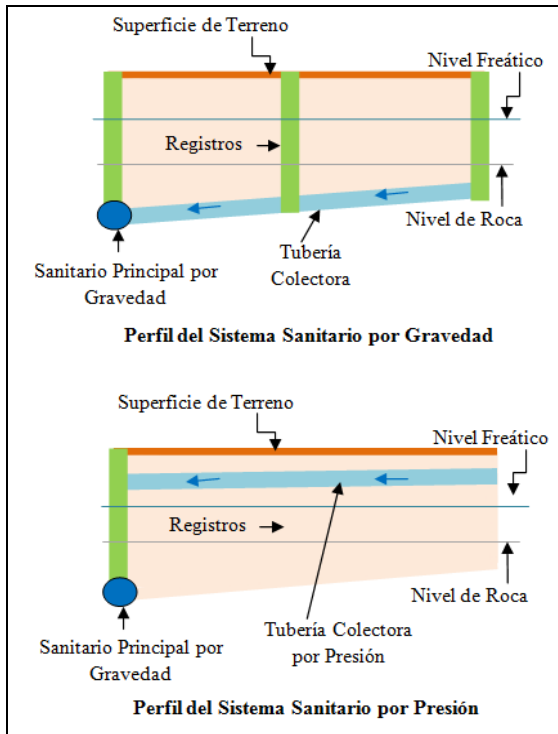


Figura 9
Perfiles del Sistema Sanitario Propuesto

Presunciones as ser tomadas en consideración para ambos sistemas:

- El Largo de tubería para ambos sistemas es el mismo.
- La ubicación para las estaciones de bomba del sistema de presión es la misma.
- El nivel freático se encuentra a 2' de profundidad.
- El nivel de roca se encuentra en excavaciones mayores a 0.75 M de profundidad.
- El punto de conexión es el mismo para ambos sistemas y está ubicado en las calles principales A y B.
- La producción para el sistema sanitario por gravedad es de 18.3 M por día y para el sistema por presión es de 24.4 M por día.

Los datos del diseño a ser utilizado para cada unos de los dos sistemas sanitarios a ser analizados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1
Datos del Sistema Sanitario por Gravedad

Calle	Diámetro de la Tubería [pulgadas]	Largo de Tubería [Metros]	Cantidad de Registros
1	10	180	3
2	10	310	5
3	10	130	2
4	10	130	2
5	10	130	2
6	10	240	5
7	10	55	1
8	10	55	1
9	10	35	1
10	10	20	1
A	12	430	8
B	12	210	3
Totales		1925	34

Tabla 2
Datos del Sistema Sanitario por Presión

Calle	Diámetro de la Tubería [pulgadas]	Largo de Tubería [Metros]	Cantidad de Registros Sanitarios	Cantidad de Registros y Bombas Grinder
1	10	180	0	10
2	10	310	0	20
3	10	130	0	14
4	10	130	0	14
5	10	130	0	14
6	10	240	0	0
7	10	55	0	12
8	10	55	0	6
9	10	35	0	6
10	10	20	0	4
A	12	430	8	0
B	12	210	3	0
Totales		1925	11	100

Con los datos antes mostrados, se realizaron los desgloses de partidas y sus respectivas cantidades y se muestran en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3
Desglose de Partidas para el Sistema Sanitario por Gravedad

Descripción	Unidad	Cantidad
Tiempo de Construcción	Dias	150
Excavación Regular	Cu.Mt.	3565
Excavación en Roca	Cu.Mt.	425
Bedding	Cu.Mt.	310
Relleno de Trinchera	Cu.Mt.	3950

Tabla 4
Desglose de Partidas para el Sistema Sanitario por Presión

Descripción	Unidad	Cantidad
Tiempo de Construcción	Dias	100
Excavación Regular	Cu.Mt.	1935
Excavación en Roca	Cu.Mt.	175
Bedding	Cu.Mt.	265
Relleno de Trinchera	Cu.Mt.	2150

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de haber establecido las presunciones a ser consideradas en el análisis y de haber realizado un desglose detallado de partidas y sus respectivas cantidades, se obtuvieron los costos para la construcción del sistema sanitario por gravedad y por vacío, los cuales se presentan en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5
Estimado de Costo para la Construcción del Sistema Sanitario por Gravedad

Descripción	Costo
Tubería 10" y 12"	\$ 57,750.00
Registros Sanitarios	\$ 153,000.00
Excavación Regular	\$ 142,600.00
Excavación en Roca	\$ 34,000.00
Bedding	\$ 9,300.00
Relleno de Trinchera	\$ 79,000.00
Drenaje de la Excavación	\$ 10,000.00
Atrasos (45 días)	\$ 22,500.00
Total	\$ 508,150.00

Tabla 6
Estimado de Costo para la Construcción del Sistema Sanitario por Presión

Descripción	Costo
Tubería 6" y 12"	\$ 38,500.00
Registros Sanitarios	\$ 49,500.00
Registro y Bomba Grinder	\$ 300,000.00
Excavación Regular	\$ 77,400.00
Excavación en Roca	\$ 14,000.00
Bedding	\$ 7,950.00
Relleno de Trinchera	\$ 43,000.00
Drenaje de la Excavación	\$ 6,700.00
Atrasos (20 días)	\$ 10,000.00
Total	\$ 547,050.00

Las comparaciones de costo entre un sistema y el otro están basadas en los costos de construcción considerando las condiciones topográficas existentes en lugar. Las condiciones topográficas del lugar a ser desarrollado están directamente asociadas a los costos de construcción. Estas pueden beneficiar la construcción de un sistema sobre otro sistema. Esto se debe a que un sistema en particular requiere de un diseño en particular el cual podría verse afectado por la particularidad o condiciones del lugar, estos factores son por ejemplo el ancho y profundidad de la excavación y el número de registros a ser instalados. Podemos observar que el costo de excavación va a depender directamente de su profundidad ya que se debe de tomar en consideración el nivel freático y la presencia de roca.

Un costo considerable que debemos observar es el costo de los registros, para el sistema sanitario por gravedad el costo de registros es considerablemente menor que para el sistema sanitario por presión. Esto se debe a que el sistema sanitario por presión (Grinder) requiere de la instalación de una mayor cantidad de registros y bombas grinder. El costo individual de un registro y una bomba grinder es menor que el de un registro sanitario común, pero al sistema requerir que se instale un registro y una bomba por residencia por lo cual el costo de construcción aumenta considerablemente.

Otro aspecto que demos analizar es el costo a consecuencia de los atrasos obtenidos durante el proceso de construcción. Los atrasos en la construcciones pueden ser debido a un sin número de factores, en nuestro análisis consideraremos los costos de los atrasos debido a dificultad en realizar las excavaciones a consecuencia del nivel freático y la presencia de roca. En el sistema sanitario por gravedad los costos son mayores ya que el costo está relacionado directamente a la profundidad de las excavaciones, a mayor profundidad tenemos mayor presencia del nivel freático y de roca. Para poder mantener una excavación seca en la cual se pueda trabajar es requerido establecer un sistema de bombas que mantengan seca excavaciones. Además la presencia de roca contribuye a tener mayores atrasos ya que requiere de un equipo de mayor potencia para poder completar las excavaciones a la elevación requerida para que el diseño funcione adecuadamente.

El costo de excavación en el sistema sanitario por gravedad es mayor debido a que este sistema requiere que se mantenga una pendiente mínima para que el sistema pueda operar correctamente. Por otro lado en el sistema de presión grinder, las tuberías colectoras pueden ser instaladas con una elevación constante de la invertida.

Ventajas y Desventajas

Al momento de seleccionar el sistema de recolección de aguas residuales adecuado para proyecto a ser diseñado, debemos tomar en consideración las siguientes ventajas y desventajas que nos presentan cada sistema.

Sistema Sanitario por Gravedad [4]:

Ventajas

- La operación y mantenimiento del sistema es comúnmente conocido por el personal que lo opera.
- El costo de operación y mantenimiento es menor que en un sistema sanitario por presión.
- Es un sistema de fácil diseño.
- Las tuberías están menos susceptibles a daños debido a su profundidad.

- Reparaciones simples pero el costo depende de la profundidad de la excavación.
- Bajo condiciones ideales la inversión capital es menos que otros sistemas.

Desventajas

- Requiere que las tuberías sean instaladas con una pendiente mínima lo cual podría aumentar el costo de construcción en lugares donde el nivel freático y la presencia de roca se encuentren cercano a la superficie.
- El costo de construcción aumenta considerablemente en lugares donde la elevación de las residencias están por debajo de la elevación de la rasante de la carretera, como se muestra en la Figura 10.
- La cantidad de registros aumentaría si hubiesen muchos cambios de dirección en lugar.
- La ubicación de los registro depende de la ubicación de la tubería.
- Requiere de mayor tiempo de construcción y mayor interrupción en la comunidad.

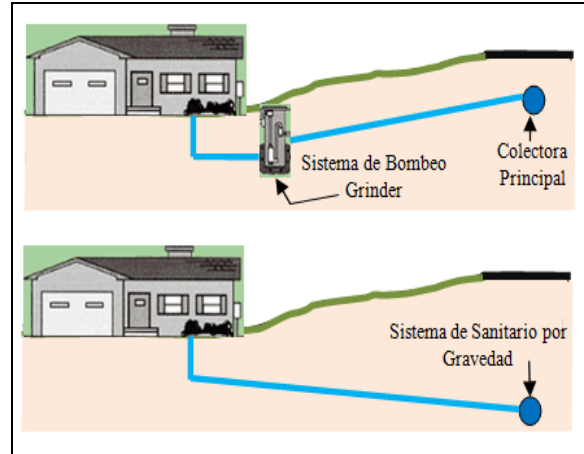


Figura 10

Elevación de las Residencias Respecto a la Rasante de la Carretera

Sistema Sanitario por Presión:

Ventajas

- Las tuberías pueden ser instaladas más cerca de la superficie ya que no requieren de una pendiente mínima, esto podría resultar en

ahorros significativos en el costo de construcción.

- Las tuberías pueden ser de un largo mayor, al ser de largos mayores vamos a tener menos uniones y por lo tanto se puede reducir la probabilidad de tener infiltraciones al sistema.
- No requiere de la instalación de registros sanitarios en las tuberías colectoras.
- Dependiendo de las condiciones topográficas del área, la inversión capital podría ser menor que la de un sistema convencional por gravedad.
- Posee la misma capacidad de recolección de aguas usadas que el sistema convencional de gravedad.
- Puede ser ajustado para funcionar en conjunto con sistemas convencionales para servir a lugares donde es difícil y costoso instalar un sistema convencional para manejar las aguas residuales.
- Capacidad para reducir las interrupciones en la comunidad durante el proceso de construcción.
- El sistema no se ve afectado por la elevación de las residencias con respecto a la rasante de la carretera.
- Los registros pueden ser localizados por conveniencia.
- En caso de ocurrir un mal funcionamiento el equipo consta con un sistema de aviso.

Desventajas

- El Ingeniero debe tener el entrenamiento adecuado y estar familiarizado con la utilidad que va a poseer y a operar.
- Mayor instalación de registros y bombas.
- Por lo general el personal de mantenimiento prefieren equipos con los cuales ellos estén familiarizados y acostumbrados a trabajar. Esto podría provocar que del personal no comprender las funciones del equipo no se le brinde el mantenimiento adecuado al equipo.
- El costo de operación y mantenimiento es mayor que en un sistema convencional por

gravedad ya que se tiene una bomba en cada residencia.

- No es costo efectivo en lugares densamente poblados.
- Al ser un sistema relativamente nuevo puede sufrir de malos diseños, malas instalaciones y mantenimientos no adecuados.
- Dependiendo del enfoque del diseño y de las condiciones locales, los costos asociados a esas necesidades pueden ser mayores o menores que para los sistemas convencionales.
- Debido a que las tuberías están instaladas más cerca de la superficie las mismas están expuestas a sufrir daños.
- El sistema es sensible a conexiones ilegales, ya que este no está diseñado para llevar flujo adicional.
- Las reparaciones son más complicadas y parte de la comunidad podría quedarse sin el servicio durante el proceso de reparación

RECOMENDACIONES

Una vez completado el análisis de costo y de haber establecido las ventajas y desventajas de cada sistema. Lo primero que se debe de tomar en consideración en el momento de decidir cual sistema implementar, son las condiciones del lugar donde se llevará a cabo el desarrollo. Los costos de operación y mantenimiento al igual que la inversión capital, los efectos y fiabilidad de todo el sistema deben ser evaluados en la planificación de los sistemas de manejo de aguas residuales para asegurar que se eligen las soluciones más adecuadas. Las condiciones topográficas van a determinar el diseño y el método de construcción y por consiguiente el costo de construcción va a depender de estos parámetros.

En lugares en donde la instalación de un sistema sanitario convencional es sumamente costoso o no viable, se debe tener en consideración que un sistema sanitario de presión como lo es el sistema de bombas grinder puede ser la solución. Existen comunidades donde no cuentan con un sistema sanitario y utilizan posos sépticos o otros

medios no aprobados. En estas comunidades un sistema de presión con bombas grinder o un sistema de bombeo del efluente pueden ser instalados. Esto evitaría la dependencia de un poso séptico y ayudaría a evitar la contaminación de los suelos y de las aguas subterráneas.

Se deben de analizar todas las comunidades que no cuentan con un sistema sanitario adecuado y proponer la instalación de un sistema sanitario conveniente. Esto ayuda a reducir la contaminación y tener una población más saludable.

CONCLUSIÓN

Durante este estudio analizamos los costos y ventajas y desventajas de un sistema sanitario por gravedad y un sistema sanitario por presión mediante bombas grinder. Podemos observar que un sistema sanitario convencional como lo es el de gravedad continua siendo una alternativa costo eficiente en lugares con condiciones ideales. Este sistema es comúnmente utilizado en Puerto Rico por lo que su diseño, construcción y operación y mantenimiento no presentan un reto mayor.

Además se pudo demostrar que existen otros sistemas alternos que pueden resultar favorables cuando las condiciones existentes del lugar no resulten ser las más favorables para un sistema sanitario convencional.

Cuando se planifica instalar un sistema sanitario en una comunidad existente es importante que se evalúe el tiempo de construcción y el impacto en la comunidad previó a seleccionar el sistema más adecuado.

REFERENCIAS

- [1] Thomas H. Russ. (2002). *Development Handbook: Planning, Engineering and Surveying*, Third Edition. McGraw-Hill Professional.
- [2] Autoridad de Acueductos y Alcantarillado de Puerto Rico, 1984, *Reglamento de Normas de Diseño*.
- [3] Jonathan T. Ricketts; M. Kent Loftin; Frederick S. Merritt (1996). *Standard Handbook for Civil Engineers. Environmental Engineering*, McGraw-Hill professional.

- [4] Mohinder L. Nayyar. (2000), *Water Environment Federation: Alternative Sewer Systems FD-12*, Second Edition. McGraw-Hill Professional.