



PROYECTO FINAL DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

**REUTILIZACIÓN DE DESAGÜES
SECUNDARIOS EN DOMICILIOS**

Autor: Patricio Figueroa Rossi

Director de Tesis: Ing. Félix Jonas

2012

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	9
Parte I.....	10
Introducción.....	10
1.1 IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA VIDA Y EL PROBLEMA DE LA FALTA DE ELLA.....	11
1.2 PRESTACIÓN DEL SERVICIO	12
Parte II.....	14
Método Actual.....	14
2.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	15
2.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MÉTODO ACTUAL.....	18
2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN SANITARIA.....	20
2.3.1 <i>Inodoro</i>	20
2.3.2 <i>Cierre Hidráulico o Sifón</i>	22
2.3.3 <i>Mingitorios</i>	23
2.3.4 <i>Cámara de Inspección</i>	23
2.3.5 <i>Bocas de Acceso</i>	24
2.3.6 <i>Bocas de Inspección</i>	25
2.3.7 <i>Piletas de Patio</i>	26
2.3.8 <i>Artefactos Secundarios</i>	28
2.4 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO	30
2.7 MÉTODOS ACTUALES DE AHORRO DE AGUA	32
2.6 GASTO DE AGUA POTABLE.....	33
2.7 CONSIDERACIONES LEGALES Y NORMATIVAS	34
Parte III.....	35
Método Propuesto.....	35
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL NUEVO MÉTODO.....	36
3.1.1 <i>PPR (Pileta de patio receptora de desagües secundarios)</i>	36
3.1.2 <i>TPM (Tanque Pre Mochila)</i>	36
3.1.3 <i>Dimensionamiento de la Bomba de Aspiración</i>	37
3.1.4 <i>Inodoro</i>	39
3.1.5 <i>Filtro de Sólidos</i>	39
3.1.6 <i>Dosificador</i>	39
3.2 PLANOS DE LA INSTALACIÓN.....	42
3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	46
3.4 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO.....	47
3.4.1 <i>Funcionamiento de un relé</i>	47
3.4.2 <i>Funcionamiento del sistema de automatización</i>	47
3.5 CONSIDERACIONES BIOLÓGICAS.....	51
3.5.1 <i>Características del Agua</i>	51
3.5.2 <i>Microorganismos</i>	52
3.6 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO	55
3.7 AHORRO DE AGUA POTABLE	56

3.8 IMPACTO AMBIENTAL	57
3.9 IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA.....	58
3.10 SOLUCIÓN A PROBLEMAS COMUNES Y PREGUNTAS FRECUENTES.....	60
Parte IV	61
Conclusiones	61
4.1 CONTRASTE MÉTODO ACTUAL VS. PROPUESTO.....	62
4.1.1 Aspectos Sociales	62
4.1.2 Aspectos Económicos.....	62
4.1.3 Aspectos Medioambientales	62
4.2 POSIBLES ADICIONES AL PROYECTO	64
4.2.1 Desinfección por Uso de Rayos UV	64
4.2.2 Filtro de Carbón Activado.....	64
4.2.3 Recolección de Agua de Lluvia	64
4.2.4 Panel Fotovoltaico para el Funcionamiento de la Bomba	64
4.2.5 Sistema de Ahorro de Agua Existentes	65
4.3 OTRAS APLICACIONES	66
4.3.1 Utilización del Sistema en Departamentos	66
4.3.2 Otros Usos.....	66
BIBLIOGRAFÍA	67

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente en la Argentina y en el mundo estamos ante la presencia de un problema que no parece que se detendrá en poco tiempo, la falta de agua. Este será el problema a encarar. La idea básica de la tesis es la de dejar de utilizar agua potable en las descargas de inodoro y suplantarla por agua ya utilizada de elementos secundarios de la casa como son el lavatorio, la pileta de lavar, la ducha, etcétera. Este nuevo método generará un gran ahorro de agua potable, se estima que una vez instalado en Argentina, en el hipotético caso de que el 100% de las instalaciones sean así, se tendría un ahorro de aproximadamente 930 millones de litros de agua potable por día.

Se plantea entonces un nuevo método que se acopla al ya utilizado actualmente y que permitirá una eficiente reutilización de estos desagües secundarios generando su consiguiente ahorro de agua potable.

Parte I

Introducción

1.1 IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA VIDA Y EL PROBLEMA DE LA FALTA DE ELLA

El agua potable es uno de los recursos más importantes para la existencia del ser humano. Es un recurso renovable pero que, dado su mal uso, la contaminación y diversos factores, está disminuyendo a cantidades peligrosas. Varios problemas pueden desencadenarse debido a esto como la desertización de tierras cultivables, la disminución en el caudal de los ríos, la creciente salinidad de los estuarios, la pérdida de recursos pesqueros y especies acuáticas y la reducción de sedimentos en las costas, entre otros.

El cuerpo humano requiere del agua para muchas funciones. Más allá del hecho de ser parte de todos nuestros tejidos, el agua también es necesaria principalmente para:

- **Realizar la digestión y expulsión de los alimentos:** El agua favorece la digestión y el movimiento de los alimentos a través de nuestro sistema digestivo. Sin ella y la cantidad de fibra necesaria, se pueden incurrir en enfermedades como el estreñimiento, diverticulitis o inflamación del colon.
- **Expulsión de los residuos metabólicos a través de la orina:** El metabolismo corporal produce sustancias tóxicas que deben ser expulsadas del organismo para evitar su posible envenenamiento. Esto se hace a través de la orina. El agua se hace necesaria para poder ayudar al riñón a expulsar sustancias como la urea o el calcio. Ésta última, cuando en exceso, si no se expulsa correctamente puede derivar en lo que conocemos como cálculos renales o piedras en el riñón.
- **Regulación de temperatura corporal:** El cuerpo humano cuando está sometido al calor, secreta agua a través de los poros dando lugar a lo que conocemos como transpiración. Al evaporarse el agua, arrastra el calor sobre el cuerpo regulando así su temperatura. Esta pérdida de agua se encuentra entre medio litro y tres cuartos de litro por día, agravándose en días de mucho calor o actividad física.
- **Distribución de oxígeno y nutrientes a las células:** Debemos recordar que nuestra sangre, distribuidora de todos los nutrientes y el oxígeno, está compuesta en un 90% por agua.
- **Lubricación:** El agua también es utilizada en nuestro cuerpo para reducir la fricción entre dos partes que se rozan. Ejemplo de esto puede ser los párpados de los ojos, la lengua, las mucosas, etcétera.
- **Mantenimiento de las células en correcto estado:** Las células necesitan de este recurso para tener su estructura determinada, básicamente, el agua define la forma de nuestro cuerpo, manteniéndolo en correcto equilibrio. A medida que envejecemos, el cuerpo empieza a perder gran parte de su

capacidad de retención del agua. Uno de los órganos donde este efecto es más notorio es la piel, generando arrugas o flacidez.

La importancia que el agua tiene para la vida no es comparable con ningún otro recurso, aún así al día de hoy más de 1.200 millones de seres humanos no disponen de suficiente agua, 2.700 millones no tienen acceso al saneamiento y más de 3 millones fallecen anualmente por consumir agua en mal estado, el 90% de los cuales son niños. La falta crónica de agua y de instalaciones sanitarias en los países empobrecidos supone un impedimento para el desarrollo de estas poblaciones y grandes pérdidas en vidas humanas. Actualmente, según un informe presentado en el Consejo de Derechos Humanos de la ONU, 1,6 millones de personas mueren por año debido a la falta de acceso a agua potable y de saneamiento adecuado. Con el suministro adecuado, la incidencia de contraer algunas enfermedades y consiguiente muerte podrían reducirse hasta en un 75%.

Si bien el 70% de nuestro planeta está compuesto por agua, sólo el 2,75% es agua dulce, y de este último porcentaje, sólo el 1% es consumible, dado que gran parte está congelada en los glaciares y otro tanto se presenta como humedad en el suelo y capas subterráneas inaccesibles. Si a esto le restamos un porcentaje por contaminación y mal uso podemos ver que nos quedaremos con un porcentaje mínimo. Una de cada seis personas en el mundo no tiene acceso a este recurso.

Está claro que es un recurso que hay que cuidar, dado que es vital para nuestra vida y la de todos los seres en este planeta. La finalidad de este trabajo es la de poner su grano de arena, concientizando y haciendo que el gasto de agua en el que incurrimos en nuestro día a día disminuya considerablemente, haciendo posible una mejor utilización del agua, generando ahorros e ingresos que contribuirán a la perdurabilidad del recurso y su uso conciente.

1.2 PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Obras Sanitarias de la Nación (OSN) fue la responsable de la prestación de los servicios de agua potable y cloacas en las principales ciudades del país desde 1880 hasta 1980, mientras que poblaciones más pequeñas estaban a cargo de los estados provinciales, municipales o de cooperativas locales.

En 1980 se dio inicio a un proceso de descentralización, delegándose esta responsabilidad a los estados provinciales, exceptuando la Ciudad de Buenos Aires y todo el conurbano bonaerense que quedó a cargo de OSN. De esta manera, cada provincia fue capaz de elegir la modalidad de prestación que mejor se ajustaba a sus medidas, ya sea la transferencia de la responsabilidad a sus municipios, recurrir a cooperativas e incluso la creación de algunas empresas locales públicas.

En la década del 90 se inició un proceso de privatización o concesionamiento del servicio que mantuvo las características de la descentralización iniciada en los '80, por lo que no hay una única autoridad rectora en lo que a la calidad de servicio se refiere. Actualmente, algunas concesiones se están renegociando, mientras que en otros casos la situación se ha revertido retornando así la prestación del servicio a manos del estado.

Según el último censo, en nuestro país 7.760.803 habitantes (21,6% de la población total) no tienen acceso a este recurso y además, 20.654.920 personas (57,50% de la población) no tienen servicio de cloacas. Un absurdo considerando los recursos hídricos de la Argentina. Sin ir más lejos, en la provincia de Corrientes, localizada sobre una de las más grandes reservas de agua del mundo, el Acuífero Guaraní, el 30% de los habitantes no tiene acceso a agua potable.

Dada la total descentralización de la prestación del servicio, es difícil estimar cómo se podría realizar un plan para aumentar la cantidad de habitantes con acceso a agua potable y desagües cloacales. Ya veremos más adelante que el número de hogares con acceso a cloacas es vital para el proyecto, ya que es una de las variables más importantes de las que depende la cantidad de agua que bien administrada se convertirá en ahorro.

Este proyecto expondrá un método que permitirá la reutilización del agua usada en los hogares, exceptuando la de la pileta de la cocina, para efectuar con esta la descarga del inodoro en vez de utilizar agua potable. Esto generará un ahorro considerable de agua potable al día, ahorro de la energía utilizada en la potabilización y un gran ahorro de capital que podría ser reinvertido en mejoras en la calidad del agua, otorgar acceso a más usuarios e incluso apertura de nuevas plantas potabilizadoras.

Parte II

Método Actual

2.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS¹

Hace más de 4.000 años los cretenses ya aplicaban en el palacio real de Cnosos una especie de inodoro. Constaba de una cisterna, tazal y canal de desagüe, pero el progreso de la red fue lento. Solo hace dos siglos que las cloacas sirven a domicilios privados. Durante cuatro milenios los orinales eran volcados a la calle, mayormente sin previo aviso.

La historia del cuarto de baño tiene su comienzo en Escocia hace diez mil años. Aunque el hombre primitivo, consciente de la toxicidad de sus desechos, se instalaba cerca de alguna fuente natural de agua corriente, fueron los habitantes de las islas Oreadas, frente a la costa de Escocia, quienes construyeron los primeros sistemas tipo letrina para alejar de sus hogares los desechos. Una serie de toscas conducciones iban desde las viviendas de piedra hasta los torrentes, lo que permitía satisfacer las necesidades en el interior y así evitar tener que salir al exterior.

En Oriente, la higiene era un imperativo religioso para los antiguos hindúes y, en una época tan lejana como 3000 A.c., muchas casas poseían ya instalaciones sanitarias privadas. En el valle del Indo, en Pakistán, los arqueólogos descubrieron baños públicos y privados provistos de cañerías de barro cocido incrustadas en obra de ladrillo, con grifos para controlar el agua.

Los baños primitivos más perfeccionados de la antigüedad fueron los de las familias reales minoicas en el palacio de Cnosos, en Creta. En el año 2000 A.c., la nobleza minoica disponía de bañeras que se llenaban y vaciaban mediante tuberías verticales de piedra con juntas cementadas. Con el tiempo, fueron sustituidas por tuberías de cerámica esmaltada que se unían entre sí de modo muy parecido a las actuales. Por estas tuberías circulaba agua caliente y fría, y sus conexiones arrastraban los desechos lejos del palacio real, el cual disponía también de un retrete con un depósito encima, lo que permite clasificarlo como el primer water con cisterna en la historia. El depósito estaba destinado a recoger agua de lluvia o, en ausencia de ésta, a ser llenado manualmente con cubos de agua sacada de una cisterna cercana.

La tecnología del cuarto de baño evolucionó entre los antiguos egipcios. Hacia el año 1500 A.c., las casas de los aristócratas egipcios contaban con tuberías de cobre por las que fluía agua fría y caliente, y el baño corporal completo formaba parte de las ceremonias religiosas. A los sacerdotes se les exigía tomar cuatro baños fríos completos al día.

Los judíos otorgaron aún mayor importancia a los aspectos rituales del baño, pues según la ley mosaica, la limpieza corporal equivalía a la pureza moral. Siguiendo las

¹ Fuente: <http://www.wikipedia.com>

normas dictadas por David y Salomón, aproximadamente desde el año 1000 A.c. hasta el 930 A.c., se construyeron en toda Palestina complejas obras públicas para el suministro de agua.

En Europa a principios del segundo milenio, la gente satisfacía sus necesidades públicamente, lo que contribuía a generar un ambiente poco higiénico que no tardó mucho en convertirse en un problema muy grave, generando enfermedades que a veces se convertían en epidemias.

En Francia, durante el reinado de Carlos V, se intentó remediar la situación instando a todos los propietarios que poseían inmuebles en la villa y los suburbios de París a instalar en sus casas letrinas y privados suficientes. El decreto, de 1375, era tan solo un tímido primer paso hacia los cuartos de baño actuales. De hecho, cuando en el siglo XVIII los magistrados parisinos intentaron prohibir la práctica de las calles-letrina, una delegación de burgueses se presentó en la casa de la Villa para protestar contra la medida. No se encontró otra solución para la evacuación de los excrementos que la creación de unos canales especiales, los "mierderos". En los castillos los desechos se depositaban en los fosos y en ciertos casos, como en Coucy, un saledizo en el muro permitía despacharse directamente al aire libre, con destino a los fosos. Durante el siglo XVIII, la única innovación en este campo, técnicamente secundaria, fue la instalación en algunas casa de pozos negros que iban a dar a unas tinajas especiales (conos truncados de 86 cm de alto, 40 de base y 26 de boca), sistema inventado en 1786 por P. Giraud; las tinajas eran transportadas periódicamente a las afueras de las ciudades para vaciarlas. La solución era bastante discutible, ya que los conductos solían obstruirse creando una atmósfera pestilente en las casas. Algunos, gente acomodada, preferían servirse en la silla excretora, que podían colocar en cualquier parte, y llamar acto seguido a algún lacayo diligente para que vaciase en la calle la cubeta. La urbanización progresiva de las ciudades y el crecimiento demográfico hicieron la situación cada vez más insoportable.

Los servicios sanitarios y las prefecturas de policía protestaban contra los peligros que esta situación entrañaba para la población, y la degradación que infringía a los monumentos públicos e incluso a los lugares de culto. Pero la ley era impotente al no existir una solución técnica. En 1837, las catorce empresas de privados que se encargaban de vaciar las tinajas de los inmuebles burgueses de París, que eran transportadas en carretas, ya no daban abasto. Cada carreta podía transportar un máximo de treinta y dos tinajas por viaje. En 1865, surgió la primera iniciativa oficial destinada a velar por el pudor público con la instalación de quioscos de necesidad y cabinas inodoras a cinco céntimos. Los médicos tuvieron su parte en el asunto, pues sospechaban que el mefitismo intervenía en la propagación de las epidemias. Entre 1865 y 1885 el vertido de materias fecales a los ríos, que era la solución adoptada en todas las ciudades europeas situadas en las proximidades de alguna corriente

fluvial, creó un problema suplementario. Los cursos de los ríos se convirtieron en auténticas cloacas a cielo abierto.

Mientras tanto, se habían producido dos inventos sucesivos, que muy pronto se complementarían. El primero es un invento colectivo, anónimo, surgido de una institución conocida entonces como escuela monje, que luego se la conocería como el instituto Carnot de París, la taza de retrete, muy parecida a la que conocemos actualmente, provista de una tapa horadada de manera que puede subirse y bajarse; la tapa en cuestión era entonces de chapa. Este modesto invento, pues de hecho no es más que una adaptación de la silla excretora, despertó sin embargo polémicas interminables. Los médicos discutieron largo y tendido, acaloradamente, sobre los peligros de este invento, que según alguno "contrariaba las leyes naturales" y favorecía los contagios debido a la tapa.

Este retrete moderno se impuso finalmente al asociarse con otro invento, el del inglés Thomas Crapper, que data de 1886, la cisterna de agua. Crapper tuvo la idea de instalar encima de la taza, a cierta altura, un depósito con capacidad para diez litros de agua que por medio de un sistema de palanca liberase su contenido al tirar de la cadena. La función de la cisterna era por tanto expulsora y limpiadora, pero además favorecía una valiosa ventaja complementaria, y es que al diluir las materias fecales contribuía a que los vertidos finales sobre los ríos fueran mucho menos densos. Crapper, por otra parte, modificó también el diseño de la taza incorporando el sifón, que garantizaba que siempre hubiese en el fondo de esta una pequeña cantidad de agua relativamente limpia que aislaba el bombillo del conducto de bajada. Su water-closet, el famoso inodoro, protegía por fin a la vivienda de emanaciones perniciosas. Sin embargo, su invento sólo pudo triunfar una vez que se impusieron sistemas de alcantarillado público y se garantizó el suministro de agua corriente a todas las viviendas, algo que no se ha conseguido hasta muy entrado el siglo XX.

La utilización de agua potable para el llenado de la cisterna no es más que la solución que se mostraba más fácil y accesible al momento de su instalación. Aprovechando que las casas ya poseían instalaciones que suministraban agua potable, no resultaba más difícil que simplemente instalar la cañería necesaria y así contar con una cisterna siempre llena para la evacuación de los excrementos. Desde ese momento, no hubo en este ámbito ningún avance respecto a eso, ningún cambio sustancial. Al día de hoy, se continúa utilizando el mismo método, con algunos cambios mínimos y que solo hacen al confort, como sería un calentador de la taza del inodoro y diferentes diseños de las instalaciones para hacerlas más compactas y ornamentales.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MÉTODO ACTUAL

Así como es indudablemente necesario el sistema de agua domiciliaria también lo son las instalaciones sanitarias. Toda agua que ingresa y es utilizada en el domicilio debe encontrar una manera de ser evacuada.

El funcionamiento es muy simple y generalmente aprovechando al máximo la gravedad. Hay que tener en cuenta igual que el exceso de gravedad no es bueno ya que genera un buen escurrimiento de los líquidos pero no de los sólidos que estos acarrean y generando taponamientos. Para que esto sea posible, las cañerías deben estar ventiladas. Cada domicilio posee su propia instalación sanitaria que es volcada a red general. Se usan las bocas de registro de las esquinas como un extremo de la ventilación estando el otro generalmente en la parte máxima superior de la casa o edificio. El escurrimiento de los líquidos es a través de la diferencia de niveles.

Existen dos tipos de cañerías y de artefactos, clasificados de acuerdo a la peligrosidad de los elementos a evacuar. Si se deben evacuar residuos peligrosos, la red se llama primaria, sino, secundaria. Dentro de los artefactos con desagües primarios, el más peligroso es el inodoro, con el cual se debe tener mucho cuidado en su evacuación, seguido por la pileta de la cocina, ya que en ella se pueden evacuar elementos orgánicos susceptibles a putrefacción. Dentro de los artefactos secundarios se encuentra el resto, como la pileta de lavar, la pileta del baño, etcétera.

Comenzaremos por ver la evacuación de los residuos peligrosos a través de la red primaria. El inodoro no sale directamente a la colectora, sino que primero pasa por lo que llamamos “Cámara de inspección”, para de ahí recién ir hacia la colectora. Esto se hace para poder evitar posibles bloqueos en las cañerías, y para que en el caso que efectivamente sucedan, ser capaz de desbloquearlas; y a la vez funciona como una colectora de los desagües. La pileta también desagua a la cámara de inspección, pero pasando antes por lo que llamamos una “Boca de acceso”, que debe ser colocada a no más de 0,5 m de esta. La boca de acceso también está para el potencial desbloqueo de la cañería, pero se coloca más cerca dada la susceptibilidad de la pileta de la cocina a un bloqueo.

Para que la red primaria no esté en contacto con el ambiente debemos interponer en algún lugar algún medio capaz de mantener bloqueada la salida de los gases al entorno. Por esta razón es que en todos los casos se utiliza un sifón hidráulico. Consiste básicamente en un acodamiento de la cañería que, al estar constantemente lleno de agua, cierra una zona de la otra, impidiendo la emanación de gases al ambiente. Los inodoros ya traen el sifón incorporado, la pileta de la cocina no y por lo tanto debe de ser colocado.

Los artefactos secundarios, como la bañera, la pileta de lavar, el lavatorio y el bidet, no necesitan imperativamente de un sifón a la salida. Pero sí es necesario que en algún momento antes de la conexión con la red primaria para su desagüe, pasen por uno. Aquí es donde se ve la necesidad de lo que llamamos “Pileta de patio”. Esta puede ser abierta o cerrada, y cumple varias funciones. Se la utiliza como receptáculo de los desagües secundarios y, si es abierta, también sirve para el desagüe del lavado de pisos. Al tener un sifón, sirve para desconectar, en lo que respecta a gases, la red secundaria de la primaria. Recién luego de pasar por una pileta de patio es cuando es posible conectar a la red primaria.

Con respecto a las cañerías, antes eran hechas de cemento y llamadas “Caños de cemento aprobado” (CCA), y antes de estas de hierro fundido, a los que todavía al día de hoy podemos encontrar en construcciones antiguas. Actualmente, sin embargo, se ha decidido la utilización de caños de PVC dada su gran cantidad de ventajas. Son más seguros, livianos y durables; no requieren pintura ni mantenimiento, no propagan llama y además, tienen una alta resistencia al envejecimiento protegidos de la intemperie, siendo aptos para ser usados en cualquier clase de clima. Las uniones de cañerías se pueden hacer con cementos especiales o, mejor aún, a través de uniones espiga enchufe con aros de goma. Los caños usualmente vienen de fábrica en longitudes estándar (4 m). Cuando se necesitan longitudes menores, no es difícil si corte y conformado. El diámetro mínimo que se requiere para desaguar inodoros es de 10 cm, mientras que para otros artefactos los diámetros rondan entre los 4 y los 6 cm y para poder ser utilizados deben estar previamente aprobados por OSN (Obras Sanitarias de la Nación), aunque actualmente vienen certificados por la norma ISO 9002. En el caso de una unión entre dos cañerías se utilizan los llamados “Ramales”, artefactos del mismo material que los caños que permite una unión entre los dos. Están estandarizados para uniones a 45° y 90°.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN SANITARIA

2.3.1 Inodoro

El inodoro debe estar compuesto por un material muy resistente a la corrosión y de fácil limpieza, por estos motivos, la mayoría están hechos de porcelana, aunque también se pueden encontrar algunos contruidos en loza, gres vidriado o fundición esmaltada a fuego.

Al accionar el pulsador que contiene, se accionan una serie de palancas que generan que un sifón absorba agua de la cisterna y lo vierta por una cañería al inodoro rápidamente, llevándose los desechos consigo. Mientras el líquido sale, el flotador ubicado dentro de la cisterna empieza a desplazarse hacia abajo, haciendo que el cierre de la cañería de entrada de agua vaya abriéndose de a poco. Una vez que la cisterna se vacía, al estar el flotador en su punto más bajo, queda completamente abierta la cañería de llenado, generando así que la cisterna vuelva a cargar totalmente. A la vez que pasa esto, al haber soltado el pulsador, se cierra la salida del líquido hacia el inodoro.

Existen tres tipos distintos de inodoro, a saber:

- **Inodoro Pedestal:** La mayoría de los inodoros son de este tipo. Consta de un asiento fijado al piso mediante bulones u otra pieza removible.
- **Inodoro Ménsula:** La taza está fija a la pared mediante una armadura angular metálica empotrada en la pared y el suelo. Tiene la gran ventaja de dejar el suelo completamente libre, lo que facilita la limpieza.
- **Inodoro Turco:** se trata de un inodoro sin taza: un agujero en el piso, con dos sitios adyacentes para apoyar los pies. A veces se lo llama “letrina” por carecer de asiento, pero, a diferencia de ésta, sí posee cierre hidráulico. Aunque no tiene buena fama, sería el inodoro más adecuado puesto que facilita tomar la postura más natural para defecar.



Figura 2.3.1 Inodoros Pedestal y Ménsula.

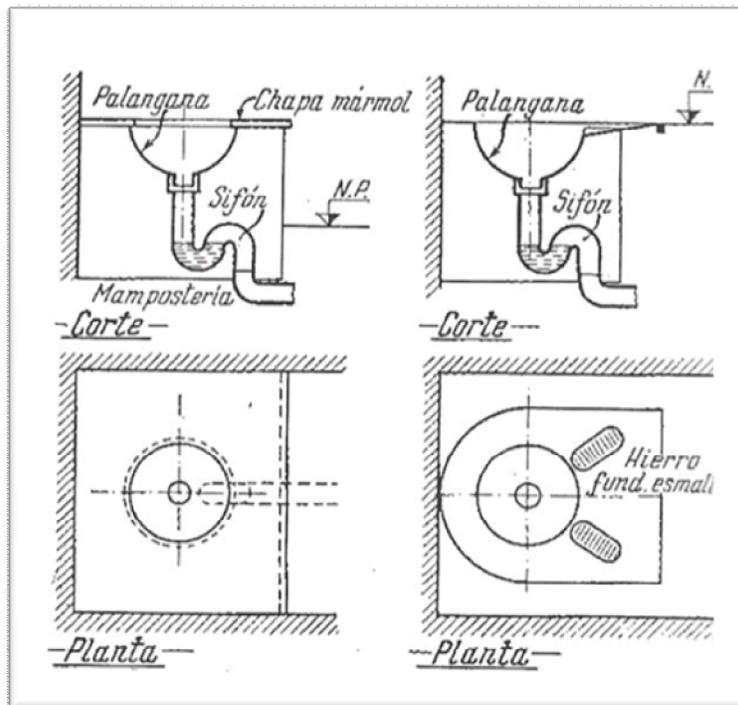


Figura 2.3.2 Inodoro Turco.

2.3.2 Cierre Hidráulico o Sifón

En el sistema primario, los artefactos descargan en forma directa a la cañería principal. El cierre hidráulico en forma de sifón, evita el pasaje de los gases de la cañería a los locales. Los sifones son generalmente de hierro fundido, material vítreo, latón o plomo, según su destino. Es muy importante el mantenimiento de la carga del sifón, por el grave peligro que puede significar la entrada de gases de la cañería dentro de los ambientes. El efecto llamado “Desifonaje” puede ser ocasionado por evaporación debida al poco uso de los artefactos, o por capilaridad, cuando entre la rama ascendente y descendente se introduce un trapo o papel; todas razones debidas a la mala atención del artefacto.

También puede ocurrir que la instalación sea defectuosa, entonces puede producirse arrastre, cuando el diámetro del sifón es igual al de la salida del artefacto o menor, el agua adquiere fuerte velocidad y al final de la descarga el contenido del sifón escapa por inercia. Puede haber compresión del aire contenido en la rama de salida del sifón. Y absorción del aire contenido en la rama de salida del sifón. Que generalmente estos dos últimos ocurren en instalaciones de pisos altos.

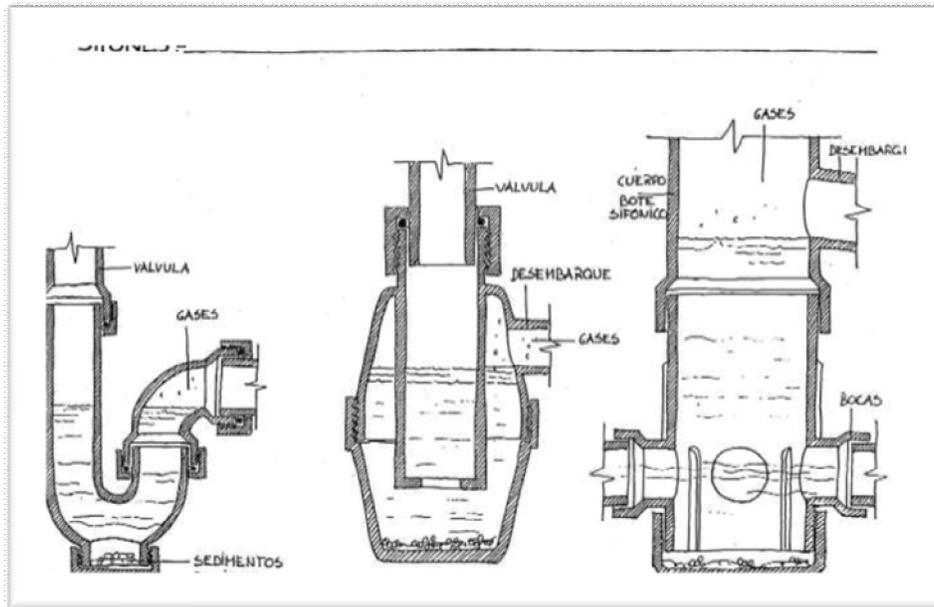


Figura 2.3.3 Distintos tipos de Sifones.

2.3.3 Mingitorios

Los mingitorios o urinales son artefactos que se usan exclusivamente para orinar, son mayormente utilizados en baños públicos. Están contruidos en porcelana, loza, gres vidriado o fundición esmaltada a fuego. Se distinguen varios tipos:

- **Mingitorio Pedestal:** Está formado por una palangana con pedestal análogo al inodoro, es de uso poco común.
- **Mingitorio Ménsula:** Está formado por una palangana empotrada a la pared provista de un borde acanalado que recibe y dispersa el agua de limpieza.
- **Mingitorio Frontal:** Tiene un parámetro frontal y borde al ras del suelo.
- **Mingitorio Canaleta:** Está constituido por un parámetro impermeable y una canaleta inferior que podría ser de gres vidriado de 0,10 m de diámetro. Para su limpieza tiene un caño perforado en la parte superior que proyecta agua de limpieza sobre el parámetro.

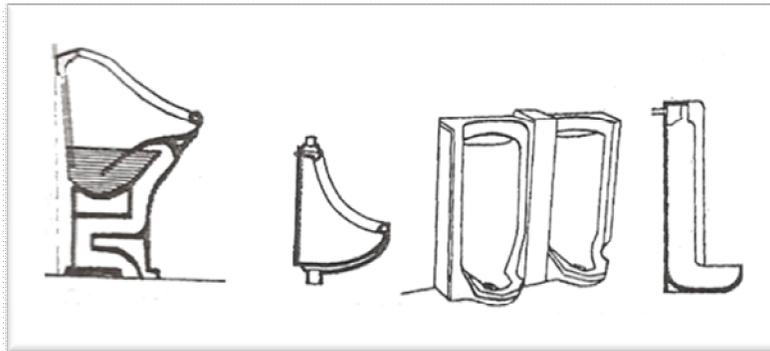


Figura 2.3.4 Distintos tipos de Mingitorios.

2.3.4 Cámara de Inspección

Se fabrican de mampostería u hormigón y se revocan interiormente con mortero de cemento con hidrófugo. La base es de hormigón de cascote de 0,10 m. de espesor mínimo, llevan tapa al nivel del piso y contratapa, que es una losa de hormigón ubicada a 0,30 m. debajo de la otra, y está sellada para evitar el paso de los gases. Llevan canaletas en forma de media caña, de igual diámetro al de los caños, formando curvas suaves; tienen desnivel mínimo de 0,05 m entre entrada y salida.

Deben ubicarse siempre fuera de los locales habitables, preferentemente en patios abiertos; en lugares accesibles. Si se necesita ubicarlas en un lugar cerrado (negocios, vestíbulos, etcétera), llevarán cierre hermético formado por junta de goma, masilla y un ajuste que mantenga la contratapa asentada. La entrada de las cañerías siempre es a 0°, 45° o 90°; tiene un máximo de 5 entradas y una salida. Se utilizan como accesos a la cañería y para unificar los desagües en su salida hacia la colectora municipal.

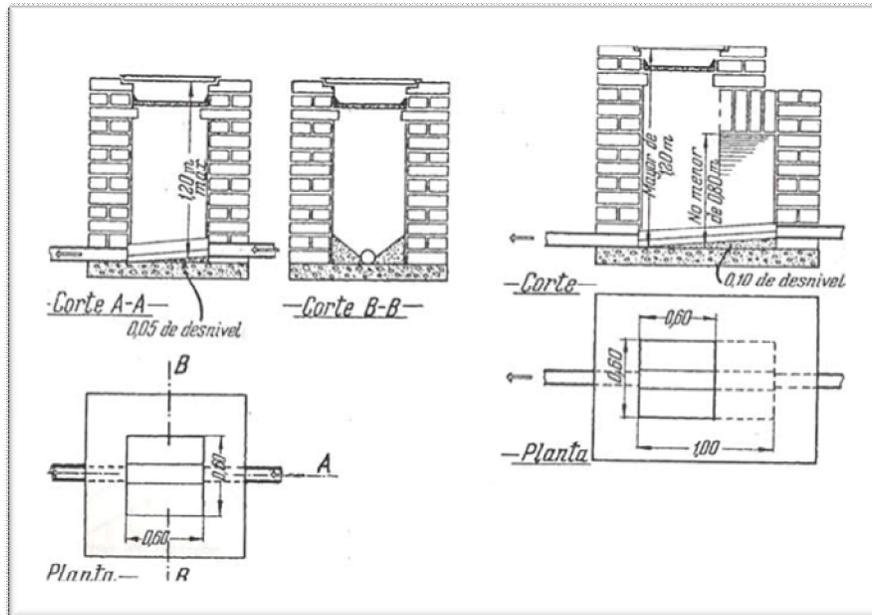


Figura 2.3.5 Cámaras de Inspección.

2.3.5 Bocas de Acceso

Son como pequeñas cámaras de inspección, pero no reciben descargas de inodoros, llevan siempre cierre hermético y su profundidad es menor que 0,45 m. No pueden recibir cañerías de desagüe de diámetro mayor de 0,060 m. Se fabrican con los mismos materiales de las cañerías o de albañilería. También hay piezas especiales de hierro fundido y plomo. Su función es la de brindar acceso a la cañería para inspección y posibles destapes.

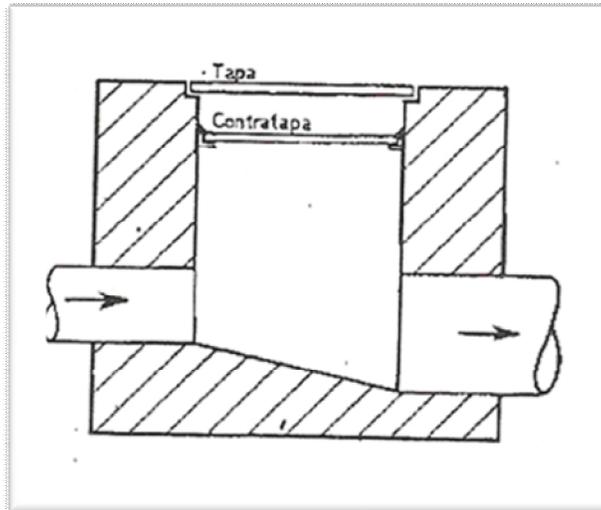


Figura 2.3.6 Boca de Acceso.

2.3.6 Bocas de Inspección

Son accesos por medio de ramales a 45° prolongados con cañería que termina en una cámara de mampostería de 0.20 x 0.20 m llamada boca de inspección.

La cañería lleva un último tramo de espiga y brida, con tapa de brida abulonada. Su función es básicamente la misma que la de la Boca de Acceso pero el acceso es en una sola dirección.

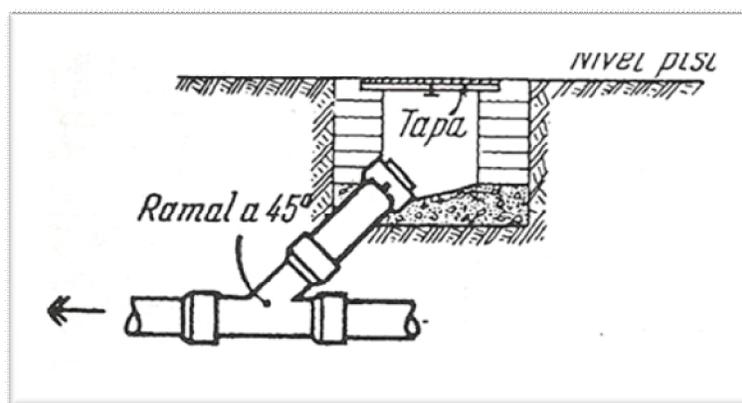


Figura 2.3.7 Boca de Inspección.

2.3.7 Piletas de Patio

Están destinadas a vincular la canalización primaria y las cañerías secundarias y proveer un cierre hidráulico entre ambas. Consisten en un receptáculo provisto de sifón.

Se distinguen según el diámetro del caño de salida: 0,050 m, 0,060 m, 0,150 m, etcétera. La boca de entrada (reja) es de 0.06 m para 50, 0.10 m para 60 y 0.15 para mayores a 60.

Pueden ser abiertas o tapadas, según que lleven reja o tapa y contratapa sellada. Las piletas de piso tapadas son de 0,100 m como mínimo.

Existen tres tipos: enterrada, embutida y suspendida:

- **Pileta de Patio Enterrada:** Se instala en una cámara de albañilería revocada con mortero impermeable, la contratapa es una baldosa o loseta. Puede ser de material vítreo, hormigón o fundición. El ingreso del desagüe se produce por la sobrepileta.
- **Pileta de Patio Embutida:** Debido a que su altura es de 0.17 m, es la indicada para colocar en contrapiso de poco espesor. Se forma con una caja de plomo que lleva cierre hidráulico a un costado, formando sifón, con diafragma de bronce. Se utiliza en pisos altos.
- **Pileta de Patio Suspendida:** Es una caja de plomo conectada a un sifón de fundición por medio de un tubo de bronce forrado con plomo, y normalmente queda a la vista de forma total o parcial.

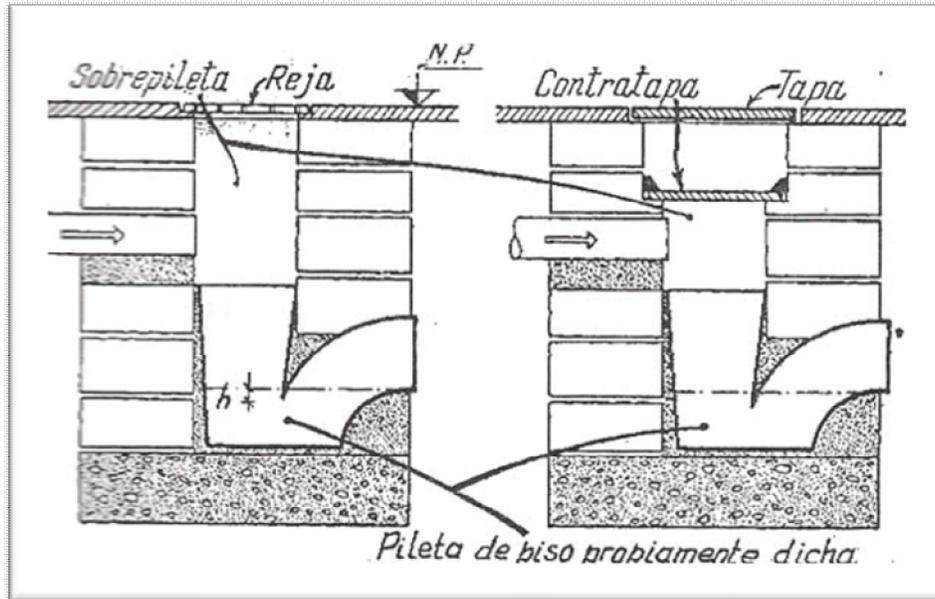


Figura 2.3.8 Pileta de Patio Enterrada.

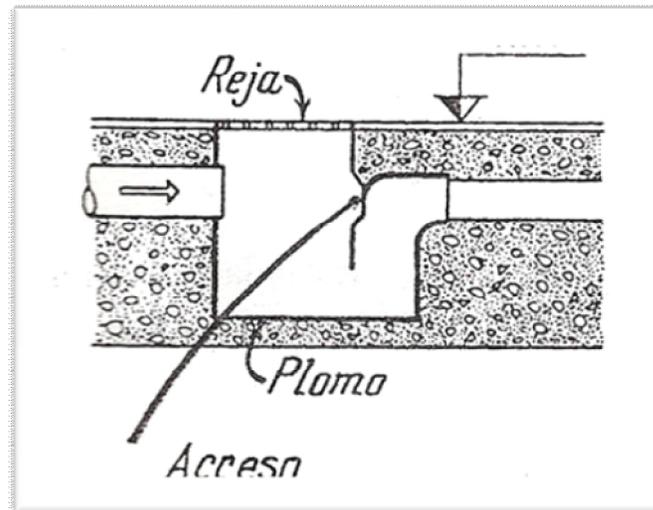


Figura 2.3.9 Pileta de Patio Embutida.

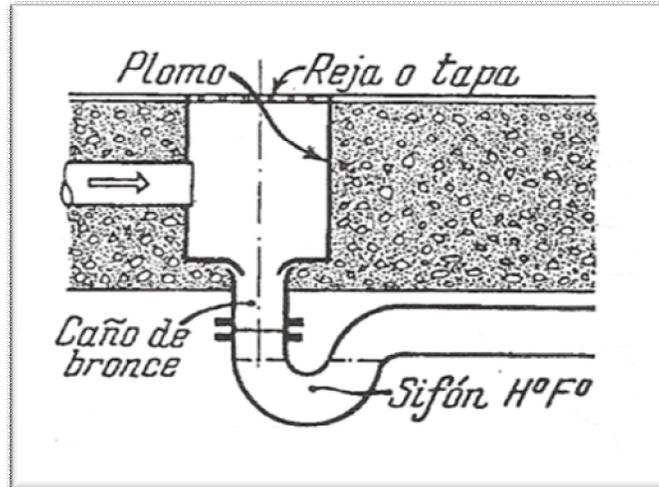


Figura 2.3.10 Pileta de Patio Suspendida.

2.3.8 Artefactos Secundarios

Dentro de esta categoría se encuentran el bidet, la pileta de lavar, la bañera, el lavatorio y demás artefactos cuyo desagüe no posea materiales orgánicos sujetos a putrefacción.

Con respecto a la pileta de lavar, a su salida es optativo poner sifón, siempre y cuando desagüe a una pileta de patio, que puede ser cerrada o abierta. Usualmente es abierta, para poder desaguar los patios cuando llueve o se limpia. Normalmente tienen una salida de 0,060 m, pero si la superficie es lo suficientemente grande, pasan a tener un diámetro de salida de 0,100 m. El desagüe de esta pileta de patio a cámara de inspección puede hacerse a contracorriente ya que no arrastra sólidos en suspensión. En el caso de que sí sea susceptible a esto, jamás debe ser conectada a contracorriente, así como tampoco debe serlo si descarga a cañería.

Los lavatorios por lo general son de loza o hierro enlozado. Las formas son muchas, pero se mantiene una línea básica de un recipiente de formas curvas sin ángulos vivos. Normalmente tiene perforaciones para picos vertedores o canillas, y algunos poseen un reborde entrante para que no salpiquen al interior. El desagüe es exactamente igual al visto para la pileta de lavar con sifón optativo. En la parte posterior, debajo de las canillas, tiene un rebalse que se comunica con el desagüe para evitar el desborde en caso de lavatorio tapado y canilla abierta. El diámetro mínimo de desagüe recomendado es de 0,040 m.

Los bidets están hechos de loza. Tienen un desagote igual a los lavatorios. Tienen usualmente dos canillas, una para agua caliente y otra para agua fría. Algunos vienen con una tercera canilla que libera agua por los rebordes para su limpieza. Puede ocurrir que el bidet quede lleno de agua y simultáneamente se quede sin agua la cañería de bajada de agua, por reparación del tanque por ejemplo; como el duchador del bidet se encuentra sumergido, al quitar el tapón de desagüe, parte de esa agua, en el caso de que la conexión esté hecha por debajo del nivel del bidet, puede escaparse por ahí y contaminar toda la instalación. Es por esta razón que la acometida de la cañería surtidora de agua debe estar siempre por encima del nivel del bidet.

2.4 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación se adjunta la tabla 2.4.1 en la cual se especifican los costos de una instalación. La columna en amarillo, que indica la cantidad, es variable y depende de la construcción a hacer. Se tomaron valores estándar para poder establecer un valor fijo. Cabe destacar que los costos ahí tabulados son exclusivamente de mano de obra, no incluye el costo de materiales. Esto se debe a que ese costo varía en un rango muy amplio dependiendo la calidad y el uso de la instalación, y también de las condiciones del ambiente en el cual serán instalados.

Los costos están separados en tres: Instalación cloacal, instalación pluvial e instalación agua caliente-fría. Y están expresados en pesos argentinos (ARS).

Nº	ITEM	Unid.	variable	precio unitario	sub-total
			cantidad		
Instalación Cloacal					
1	Acometida a cañería de red cloacal (incluye conexión)	gl	1	\$ 480,00	\$ 480,00
2	Excavación de zanjas para cañería de desagües hasta 1 mts. De prof.	ml	20	\$ 32,00	\$ 640,00
3	Tendido de cañería 0 0,063 - 0,110 - PVC. Terreno natural	ml	20	\$ 25,00	\$ 500,00
4	Tendido de cañería 0 0,063 - 0,110 - PVC. Suspendido bajo losa	ml	12	\$ 23,00	\$ 276,00
5	Colocación de Camara de inspección 60x60cm con cojinetes	Unid.	2	\$ 265,00	\$ 530,00
6	Armado de araña de PVC en baño: Descarga de Iº , Bidet, Lavatorio y Ducha, hasta 2 piletas de patio.	gl	2	\$ 650,00	\$ 1.300,00
7	Armado de araña de PVC en toilette: Descarga de Iº , Bidet, Lavatorio y 1 piletas de patio.	gl	1	\$ 550,00	\$ 550,00
8	Armado de araña de PVC en cocina Descarga de bacha, lavavajillas y boca de acceso	gl	1	\$ 320,00	\$ 320,00
9	Armado de araña de PVC en lavadero Descarga de pileta de lavar, lavarropas y una pileta de patio	gl	1	\$ 320,00	\$ 320,00
10	Adicional por cada conexión de descarga extra	Unid.		\$ 120,00	\$ 0,00
11	Colocación de bajada de descarga y ventilación hasta 6 mts. De altura	ml	15	\$ 38,00	\$ 570,00
12	Colocación de Inodoro con mochila	Unid.	3	\$ 85,00	\$ 255,00
13	Colocación de Inodoro con deposito de embutir	Unid.		\$ 165,00	\$ 0,00
14	Colocación de bidet	Unid.	2	\$ 85,00	\$ 170,00
15	Colocación de lavatorio	Unid.	3	\$ 65,00	\$ 195,00
16	Conexión de bacha de cocina con sifon	Unid.	1	\$ 65,00	\$ 65,00
17	Conexión de pileta de lavar y lavarropas	Unid.	1	\$ 70,00	\$ 70,00

Instalación pluvial

1	Excavación de zanjas para cañería de desagües hasta 0,50 mts. De prof.	ml	30	\$ 28,00	\$ 840,00
2	Tendido de cañería 0 0,100 - 0,110 - PVC. Terreno natural	ml	30	\$ 25,00	\$ 750,00
3	Confección de boca de acceso en material 0,20 - 0,30 - 0,40 cm	Unid.	4	\$ 162,00	\$ 648,00

Instalación de agua fría - caliente

1	Acceso con llp. Y canilla de servicio	Unid.	1	\$ 220,00	\$ 220,00
2	Instalación de tanque sistema hasta 1000 lts. Y conexión a bomba	Unid.	1	\$ 750,00	\$ 750,00
3	Instalación de tanque de reserva hasta 1000 lts. Completo	Unid.	1	\$ 600,00	\$ 600,00
4	Instalación de conector hasta 3 bajadas, ruptores y llp.	Unid.	1	\$ 320,00	
5	Adicional por bajada extra	Unid.	2	\$ 120,00	
6	Cañería plástica rosca o termofusión, embutida en mampostería hasta 1"	ml	80	\$ 33,00	\$ 2.640,00
7	Cañería plástica rosca o termofusión, embutida en mampostería mas de 1"	ml		\$ 36,00	
8	Cañería de distribución en baño agua fría y caliente Incluye Iº, Bº, Lº, Dº hasta 2 llaves de paso	gl	2	\$ 1.350,00	\$ 2.700,00
9	Cañería de distribución en toilette agua fría y caliente Incluye Iº, Bº, Lº 1 llave de paso	gl	1	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00
10	Cañería de distribución en cocina agua fría y caliente Incluye bacha y lavavajillas hasta 2 llaves de paso	gl	1	\$ 450,00	\$ 450,00
11	Cañería de distribución en lavadero agua fría y caliente Incluye PLº y Lavarropas. Hasta 2 llaves de paso	gl	1	\$ 450,00	\$ 450,00
12	adicional por cada conexión en artefacto extra	Unid.		\$ 165,00	\$ 0,00
13	Instalación de acceso a termotanque o calefón	Unid.	2	\$ 420,00	\$ 840,00

TOTAL DE INSTALACION
\$ 18.229,00
Tabla 2.4.1 Costos de una Instalación

2.7 MÉTODOS ACTUALES DE AHORRO DE AGUA

El mundo ya está empezando a tomar conciencia sobre la importancia de este recurso. Se está avanzando hacia un consumo más razonable y conciente del agua. Para esto, muchos métodos fueron desarrollados para poder realizar las mismas acciones, con los mismos resultados, pero disminuyendo el uso del agua. A continuación se citarán algunos ejemplos de lo que hasta hoy está desarrollado:

- **Perlizadores o Atomizadores:** Este es uno de los mecanismos más utilizados a lo largo del mundo para el ahorro de agua potable. Se estima que cuando una persona abre un grifo, sobretodo para higiene y limpieza, el 60% del agua es desperdiciada, por lo que este método fue desarrollado bajo esa premisa. Este método consiste en agregar un dispositivo al grifo que permite “aírear” el agua, manteniendo la presión y así generando un menor caudal por minuto. Se estima que ahorra entre 4 y 6 litros de cada 10 de agua. La instalación es muy sencilla y se puede conseguir en cualquier ferretería.
- **Sistemas de Doble Descarga:** Este método consiste en una mochila de inodoro especial, separada en dos partes. Una para disposición de sólidos y otra para líquidos. El sistema permite elegir al usuario si utilizar 5 o 16 litros de agua mediante dos botones diferenciados. Esto generaría un ahorro de agua al no utilizar más de lo estrictamente necesario para la descarga.
- **Sistema de Flujo Interrumpido:** Este método es muy similar al sistema de doble descarga. El método permite al usuario frenar la descarga con sólo soltar el botón. Esto permite que se utilice sólo el agua necesaria frenando la descarga cuando la disposición fue realizada con éxito.

2.6 GASTO DE AGUA POTABLE

Según el Gobierno Nacional, el gasto de agua de artefactos de la instalación es de:

- **Lavarropas:** 100 litros por ciclo.
- **Descarga de Inodoro:** 20 litros por descarga.
- **Baño de Inmersión:** 200 litros.
- **Ducha Breve:** 80 litros.
- **Lavado de autos:** 500 litros.
- **Lavado de Vajilla:** 30 litros.
- **Riego con Manguera:** 500 litros.

En promedio, una persona va al baño tres veces por día, lo que nos indica un total de 60 litros por día de agua potable gastada en el uso del inodoro.

Si ponemos como ejemplo una familia promedio argentina, dos padres, dos hijos, podemos calcular un aproximado del gasto de agua potable diario en el cual incurrir. Asumamos que lavan la ropa una vez por semana, lavan la vajilla dos veces por día, toman una ducha por día, lavan el auto una vez a la semana y riegan las plantas una vez por semana. Estaríamos hablando de aproximadamente 780 litros por día. Esto sin mencionar la posibilidad de un lavado diario de la vereda con manguera.

2.7 CONSIDERACIONES LEGALES Y NORMATIVAS

Las instalaciones sanitarias se rigen por el artículo 8.14 del código de edificación. En este se prevé que todo proyecto, calculo, dirección, construcción, reparación, conservación, uso y mantenimiento de las instalaciones sanitarias internas nuevas de los edificios y casas, sus ampliaciones y modificaciones, se realizarán en un todo de acuerdo con las prescripciones de las “NORMAS Y GRAFICOS DE INSTALACIONES SANITARIAS DOMICILIARIAS E INDUSTRIALES” de Obras Sanitarias de la Nación, y sus modificaciones y agregados aprobados por Resolución O.S.N. No 67.017 del 16/1/81. También deberán considerarse de aplicación, tanto para el diseño y ejecución de las instalaciones cuanto para su documentación, las prescripciones al respecto contenidas en el “REGLAMENTO PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS INTERNAS Y PERFORACIONES” de Obras Sanitarias de la Nación aprobado por Resolución O.S.N. No 75.185 del 12/8/86.

En estas normas se especifican diámetros mínimos, desniveles, salidas a red municipal, materiales aprobados, modos de unión, largos máximos y mínimos de las cañerías, utilización óptima de los artefactos, etcétera.

Si bien estas normas rigen para todo el territorio nacional, son más bien generales, en cada provincia recae la obligación de hacerlos valer a través de leyes, aparte de agregar normas más específicas.

En la Ciudad de Buenos Aires por ejemplo, se sancionó la ley 160 en el cual le da poder de ley al código de edificación. La construcción, alteración, demolición, remoción e inspección de edificios, estructuras e instalaciones mecánicas, eléctricas, electromecánicas, térmicas, de inflamables y sanitarias, o parte de ellas, está regido por el código de edificación conjuntamente con la ley 160, el decreto 718/2001 – GCABA, la disposición 1205/2001 – DGFOC, la disposición 1306/2002 – DGFOC y la disposición 1362/2001 – DGFOC.

Parte III

Método Propuesto

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL NUEVO MÉTODO

3.1.1 PPR (*Pileta de patio receptora de desagües secundarios*)

Esta nueva pileta de patio será la encargada de funcionar como colectora de los desagües de los elementos secundarios, siendo la etapa previa al ingreso del agua al tanque de recolección y filtrado. La PPR contará con un filtro de sólidos para asegurar que todo lo que entre al tanque sea puramente líquido.

El filtro de sólidos estará compuesto con dos partes de acero inoxidable con una tela metálica y vegetal en el medio. Será removible para su limpieza, que deberá ser efectuada cuando se considere apropiado de acuerdo a la cantidad de sólidos atrapados en el mismo.

Tanto la pileta de lavar como el bidet, el lavatorio y la ducha desaguarán en este elemento directamente. En cambio, el desagüe de pileta de cocina deberá pasar primero por un interceptor de grasa. Algunas piletas de cocina ya lo traen incorporado, las que no, deberán de agregarlo en el tramo previo al ingreso a la PPR.

En la parte superior de la PPR, a menos de 0,03 m del nivel de piso, estará localizado un caño de desagüe de PVC de ½" pulgada para impedir el rebalse de la misma. El mismo estará conectado a la PPA del baño, para permitir así su conexión con el desagüe primario.

En la parte inferior de la PPR estará la toma de la bomba, a través de un caño de PVC de ½" pulgada.

La PPR tendrá como medidas 0,3 m de largo, 0,3 m de ancho y 0,7 m de profundidad y será tapada.

3.1.2 TPM (*Tanque Pre Mochila*)

El tanque estará localizado en la parte de atrás de la mochila del inodoro común. Su función será la de contener el dosificador, la bomba y el agua desinfectada a ser usada por el inodoro.

Las medidas del TPM serán de 0,2 m de ancho, 0,8 m de largo y 2,1 m de alto. Esto dará un volumen de 0,34 m³. Se calcula que restando el espacio que ocupan el flotador desinfectante y la bomba, y el espacio no utilizado debajo de la línea de mochila, queda un volumen de 0,21 m³ a ser utilizado por el agua. Lo que totaliza unos 210 litros, o sea, aproximadamente 11 descargas del inodoro (ver sección 2.5).

El TPM también contará en su parte superior con una válvula conectada al tanque principal que se abrirá en caso de que este se encuentre vacío, permitiendo así la

entrada de agua potable en caso de que se quiera utilizar el inodoro y no se cuente con la suficiente cantidad de agua recuperada de desagües secundarios. Más adelante se explicará funcionamiento de esta válvula en más detalle.

El TPM tendrá en su parte inferior una canilla para purgas en caso de ser necesarias. Algunos componentes del agua a utilizar, pueden eventualmente, estando esta estancada el tiempo necesario, decantar, con lo cual habría que removerlos utilizando esta canilla.

La conexión entre el TPM y la mochila estará dada por una cañería de PVC de ½" de pulgada. Esta conexión funcionará por gravedad y de la misma forma que funciona actualmente pero utilizando el agua reciclada en vez de agua potable del tanque principal.

La bomba estará colocada en la parte superior del tanque en la entrada de la cañería proveniente de la PPR.

La interconexión entre la PPR y el TPM estará dada por una cañería de PVC de ½" pulgada

3.1.3 Dimensionamiento de la Bomba de Aspiración

Para la determinación de la potencia de la bomba que será empleada para la aspiración del agua desde la PPR al TPM se utilizará la siguiente fórmula:

$$Ne = \frac{\gamma Q H_M}{75 \eta} [HP] \quad (3.3.1)$$

Donde:

Ne: Potencia efectiva

γ : Peso específico del agua (líquido a transportar)

Q: Caudal de agua a transportar

Hm: Altura manométrica

η : Rendimiento

Para el cálculo del caudal se tomó como base el desagote de una bañera durante una ducha rápida a través de una cañería de ¾". Esto supone un desagote de 80 litros de acuerdo a lo expresado en la sección 2.5, el cual demora aproximadamente 5 minutos. Entonces tenemos que:

$$Q = \frac{80l}{5 \text{ min}} \times \frac{\text{min}}{60s} \times \frac{m^3}{1000l} = 2,66 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

De acuerdo a los planos de la instalación vistos en la sección 3.2, tenemos que la diferencia de nivel real entre la PPR y el TPM es de 3 m. A esta altura debemos sumarle las pérdidas de carga en los componentes de la instalación dado que sabemos que:

$$H_M = H_T + \sum p_i$$

Donde p representa las pérdidas en el sistema.

Las pérdidas de carga se manifiestan en los dos codos de 90° y en la longitud del caño. Entonces, tomando que:

$$p_{\text{caño}} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$p_{\text{codo}} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción

L: Longitud del caño

D: Diámetro de la cañería

v: Velocidad del fluido

g: Aceleración de la gravedad

K: Coeficiente empírico adimensional

Cuando se reemplazan las variables y se realizan los cálculos se ve que el resultado es despreciable respecto de H_T . Por lo que para el cálculo de potencia de la bomba vamos a tomar a $H_M = H_T$.

Reemplazando los valores en la ecuación 3.3.1 tenemos que:

$$N_e = \frac{\gamma QH_M}{75\eta} = \frac{1000 \times 2,66 \times 10^{-4} \times 3}{75 \times 0,85} = 0,012HP$$

3.1.4 Inodoro

El inodoro y su mochila mantendrán el mismo funcionamiento, forma y tamaño. En el caso de que el usuario lo prefiera, puede este método combinarse con algún sistema de doble descarga o de flujo interrumpido, según considere viable (ver sección 2.5).

3.1.5 Filtro de Sólidos

El filtro de sólidos estará ubicado en el interior de la PPR y se encargará de remover elementos que puedan encontrarse flotando en el agua, principalmente pelos, para evitar que afecten el correcto funcionamiento de la bomba.

Este objeto contará con dos filtros de malla metálica con un filtro de papel vegetal en el medio de ambos. Estos a su vez estarán unidos a cuatro vigas metálicas que los conectarán con la parte superior de la PPR para poder así mantenerse siempre a 20 cm del nivel de fondo. De esta manera no se impide el funcionamiento del sensor de nivel ubicado dentro de la PPR y se evita el contacto de la bomba con los sólidos que pueden encontrarse en suspensión.

3.1.6 Dosificador

Tomando en cuenta que el agua a ser utilizada y reservada en el TPM es reciclada de desagües secundarios del domicilio, tendremos que tomar medidas para que la misma se mantenga inodora e incolora durante el tiempo que esté en el sistema y hasta que sea descargada al desagüe primario.

El tratamiento del agua se hará con cloro y el uso de un coagulante/floculante similar mantenimiento de piletas. El cloro eliminará virus y bacterias desinfectando el agua y creando un ambiente hostil para el crecimiento de plantas. El coagulante/floculante generará que todo los sólidos en solución que no hayan sido retenidos por el filtro de sólidos y no sean lo suficientemente grandes o densos como para decantar por gravedad en el TPM, puedan decantar dejando el agua libre de los mismos.

El cloro es la sustancia química que con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua de manera económica para obtener su desinfección. Puede ser utilizado en diferentes formatos, ya sea en estado gaseoso, sólido (en pastillas) o como parte de alguna sal. De estas las más usadas son el hipoclorito de sodio (Lavandina) o el hipoclorito de calcio.

Cuando se agrega en pequeñas cantidades al agua, los átomos de cloro son hidrolizados del resto de la molécula, formando ácido hipocloroso (HClO), que actúa como un biocida general, matando gérmenes, microorganismos y algas entre otros. Al entrar en contacto con las bacterias, el cloro causa alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de la célula bacteriana. De esta forma se destruye la barrera protectora de la misma dejándola indefensa y disminuyendo sus funciones vitales hasta llevarla a la muerte.

La cloración permite el control de gusto y olores reduciéndolos, esto se debe que el cloro oxida las sustancias que se presentan naturalmente como las secreciones de algas malolientes y diversos olores de vegetación que se encuentra en proceso de descomposición.

Además del cloro, se usarán también dentro del clorador, tabletas de sulfato de aluminio y poliacrilamida que, al ser dosificadas lentamente por el clorador, cumplirán la función de generar que decanten las partículas coloidales, los sólidos en suspensión y las partículas disueltas para poder ser removidos por la canilla ubicada debajo del TPM.

El proceso de floculación es precedido por el proceso de coagulación. Este genera la desestabilización de las partículas coloidales, neutralizando sus cargas electrostáticas haciendo que tiendan a unirse entre sí. Una vez efectuado ese proceso, el floculante genera la aglomeración de estas partículas desestabilizadas en microfloculos y después en floculos más grandes que tienden a decantar.

Para la dosificación, en nuestro caso utilizaremos un clorador de tabletas en forma de boya (figura 3.1.1) dentro del TPM que funciona con pastillas de cloro y pastillas coagulantes/floculantes, liberando gradualmente estos elementos.

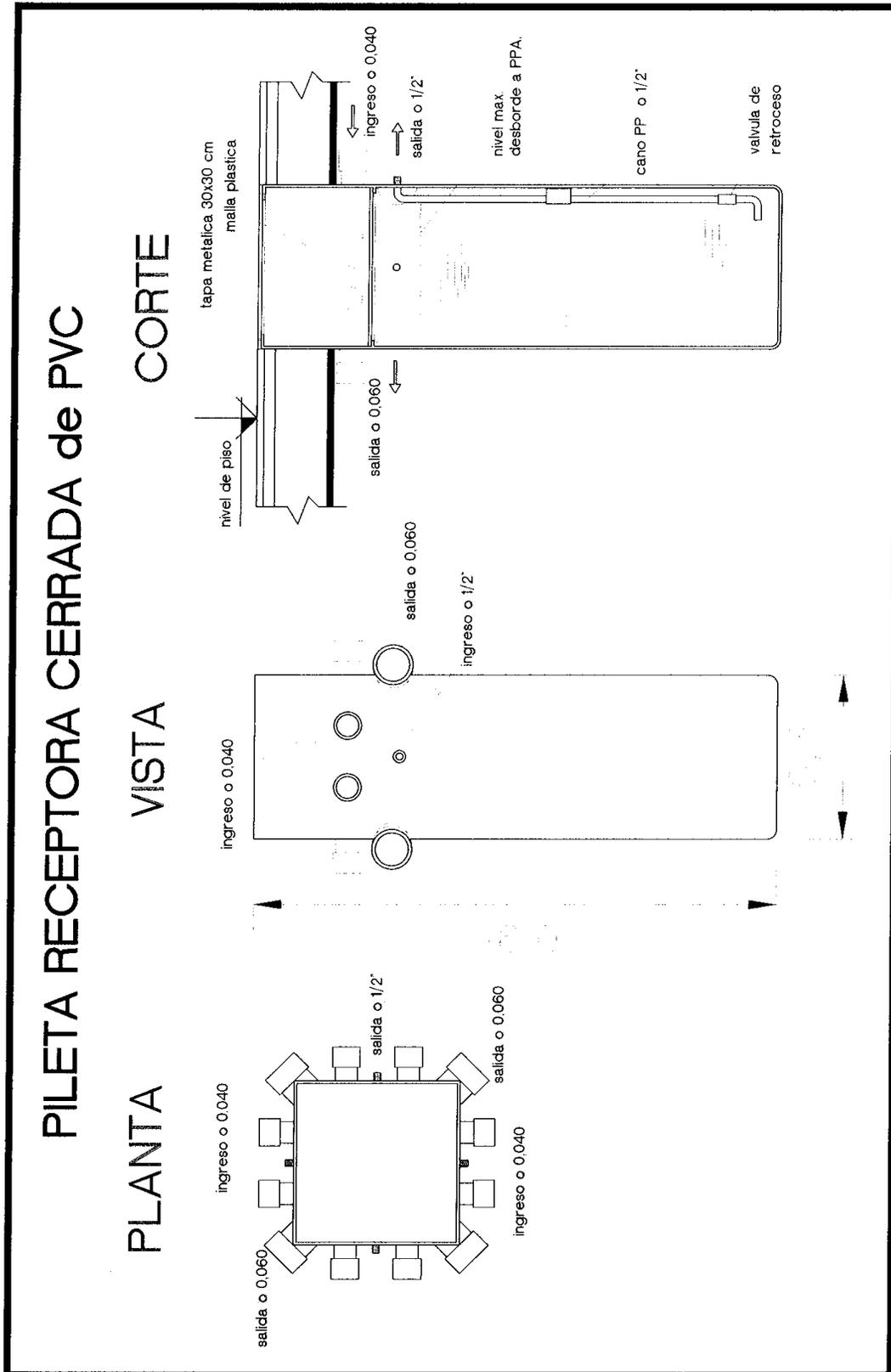


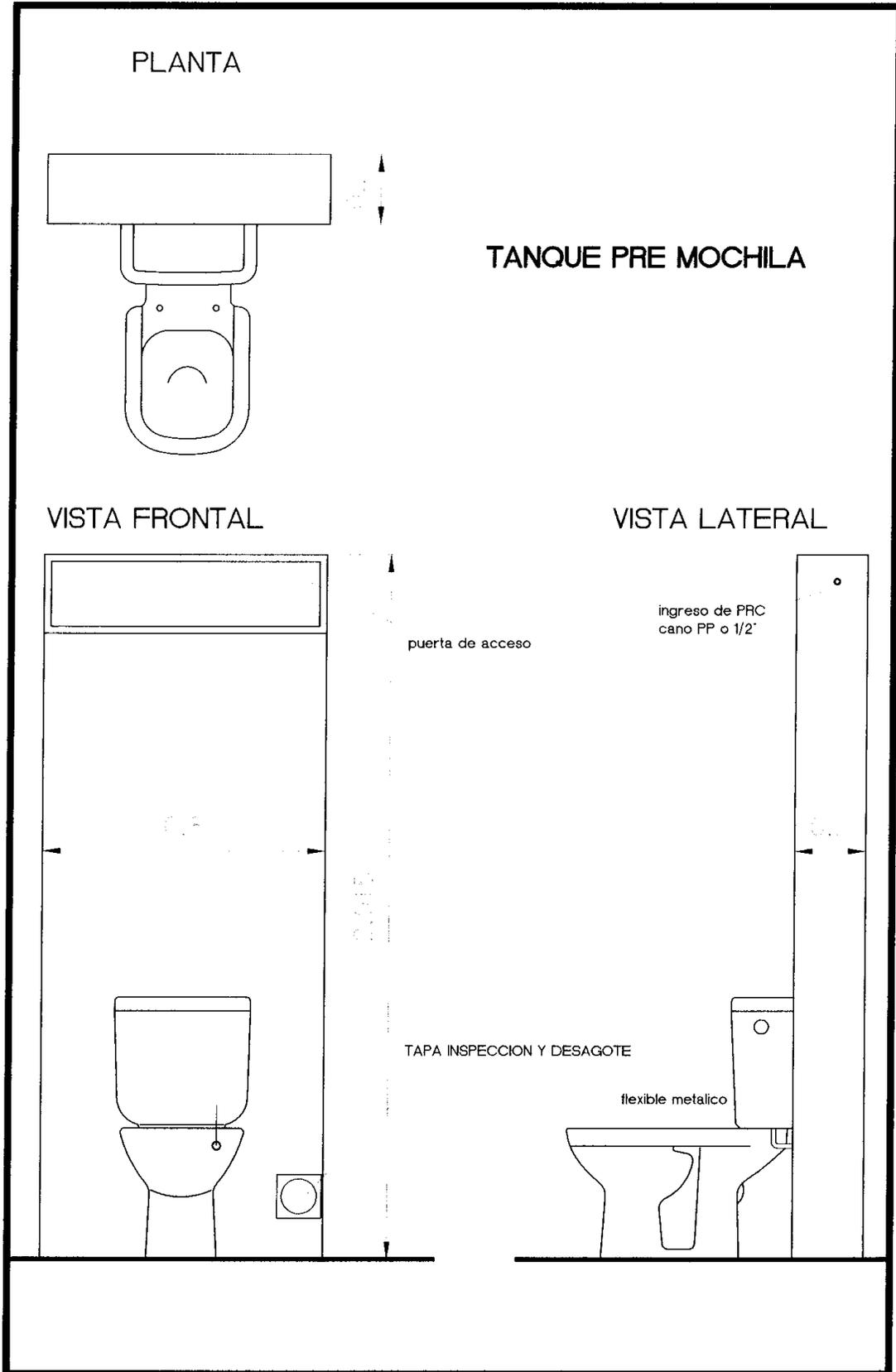
Figura 3.1.1 Clorador de tabletas en forma de boya

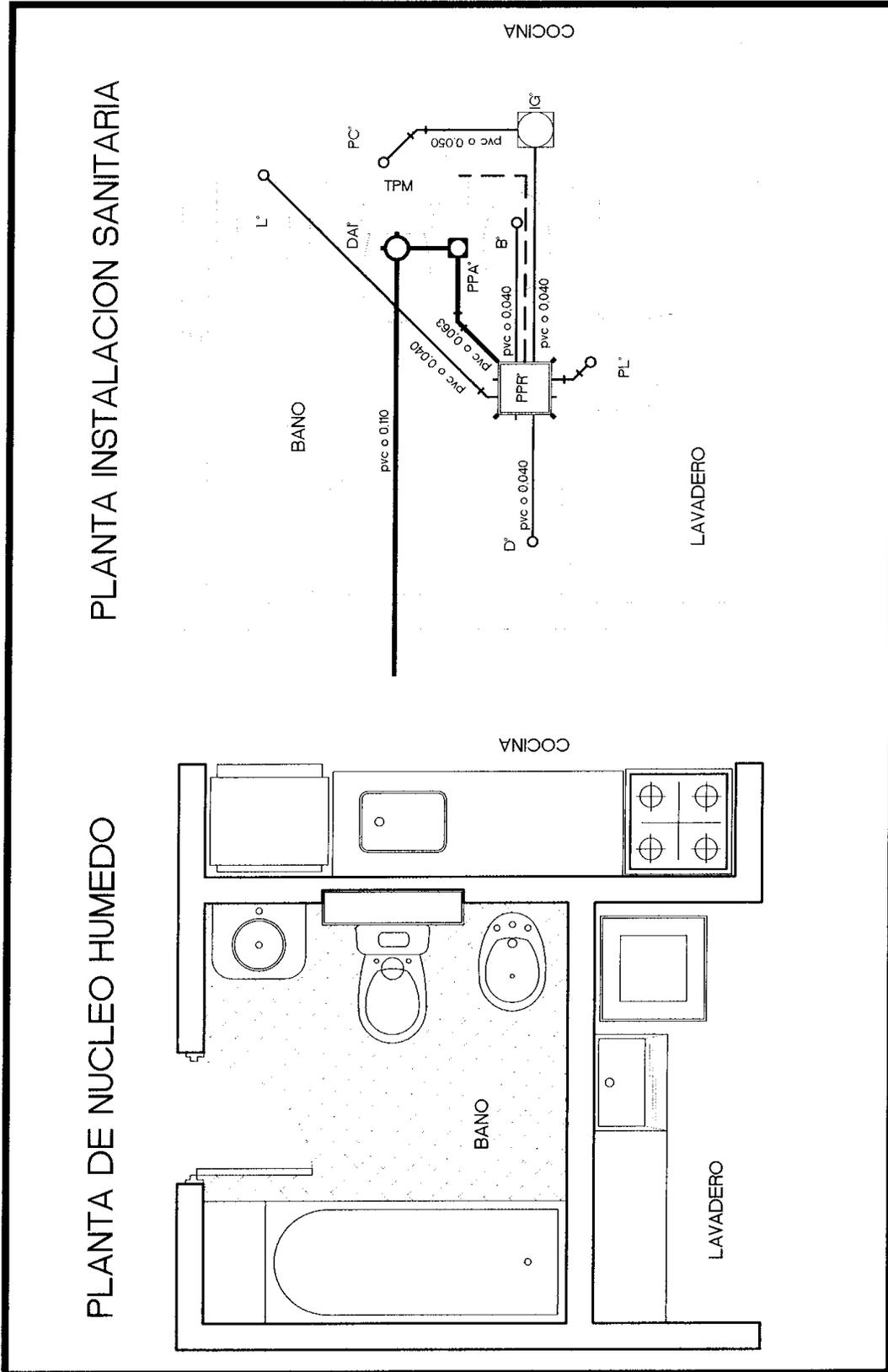
Este dosificador se mantendrá flotando dentro del TPM haciendo que las pastillas entren en contacto con el agua. Cuando esto pasa, las pastillas tienden a hincharse

y a formar una masa gelatinosa que va disolviéndose lentamente dosificando el cloro y el coagulante/floculante.

3.2 PLANOS DE LA INSTALACIÓN



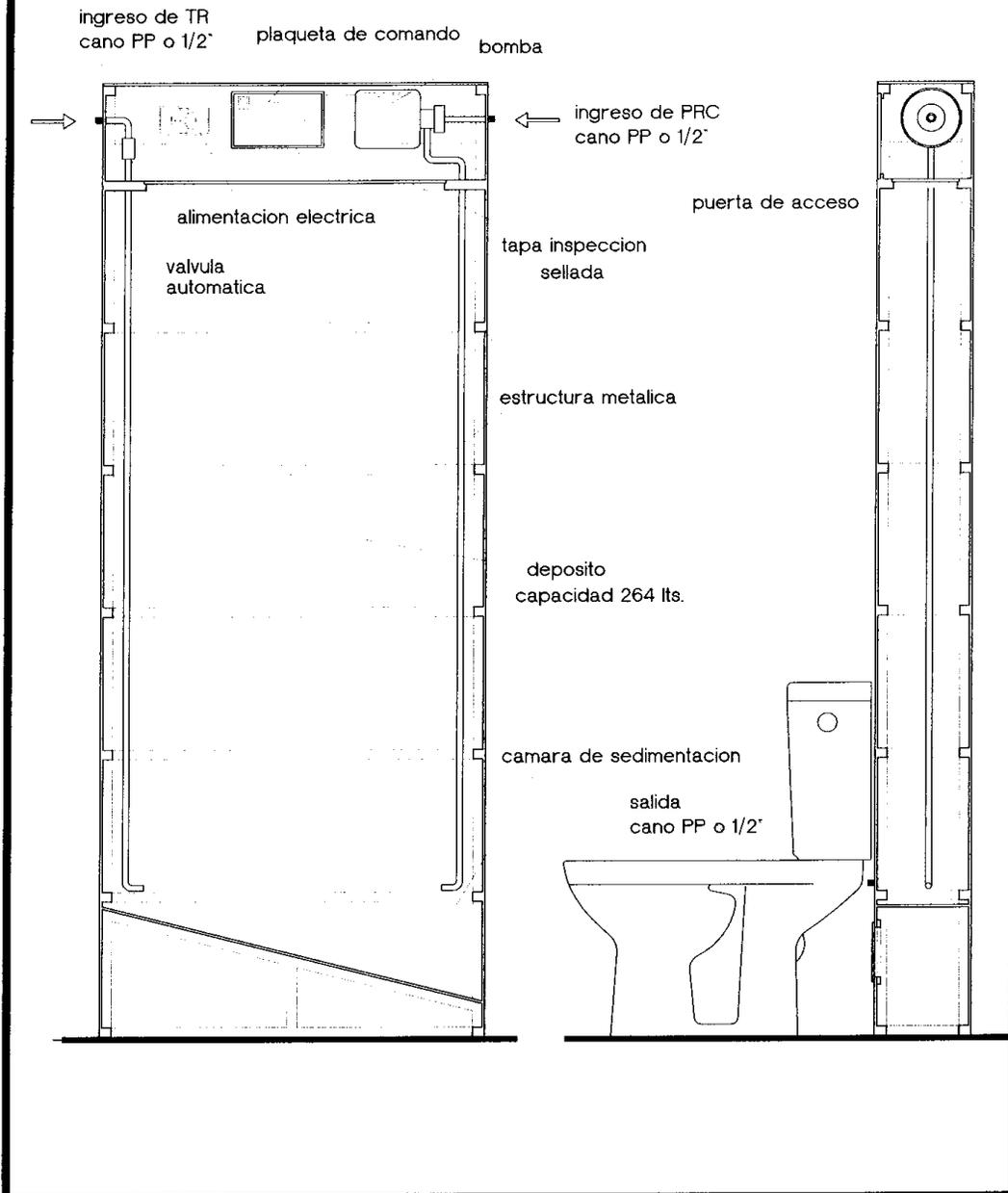




TANQUE PRE MOCHILA

CORTE frontal

CORTE lateral



3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El sistema funcionará de acuerdo a la siguiente enumeración de pasos:

1. Los desagües secundarios (bidet, bañera, pileta de lavar, pileta del baño, etc.) y la pileta de cocina, previo paso por un interceptor de grasa, irán a la PPR.
2. El agua pasará por el filtro de sólidos lo cual será el primer paso en la repurificación.
3. Al llenarse la PPR lo suficiente, se desactivará el interruptor flotador dentro de ella y hará que la bomba arranque (siempre que el TPM no esté lleno) llevando el agua al TPM.
4. En el TPM, el agua tomará contacto con el dosificador que será el encargado de insertar en el agua el cloro para desinfectar y el coagulante/floculante que hará que decanten las partículas coloidales.
5. Del TPM el agua llenará la mochila del inodoro, lista para ser usada para las descargas del inodoro.
6. En el caso de que el TPM se vacíe y no se cuente con agua proveniente de desagües secundarios, se procederá al llenado del TPM con agua potable proveniente del tanque principal por medio de la apertura de la válvula en su parte superior.

3.4 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

Todo el proceso de recolección y filtración del agua será automático. Para esto, se tendrán sensores de nivel tanto en el TPM como en la PPR, en base a los cuales será accionada o no la bomba o, en caso de ser necesario, la válvula que conecta al tanque de alimentación principal.

3.4.1 Funcionamiento de un relé

El relé o relevador, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

En esta instalación se utilizarán relés electromecánicos que, pese a ser los más antiguos, siguen siendo confiables y tienen una variedad muy amplia de usos. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, abriendo o cerrando un circuito de acuerdo a si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

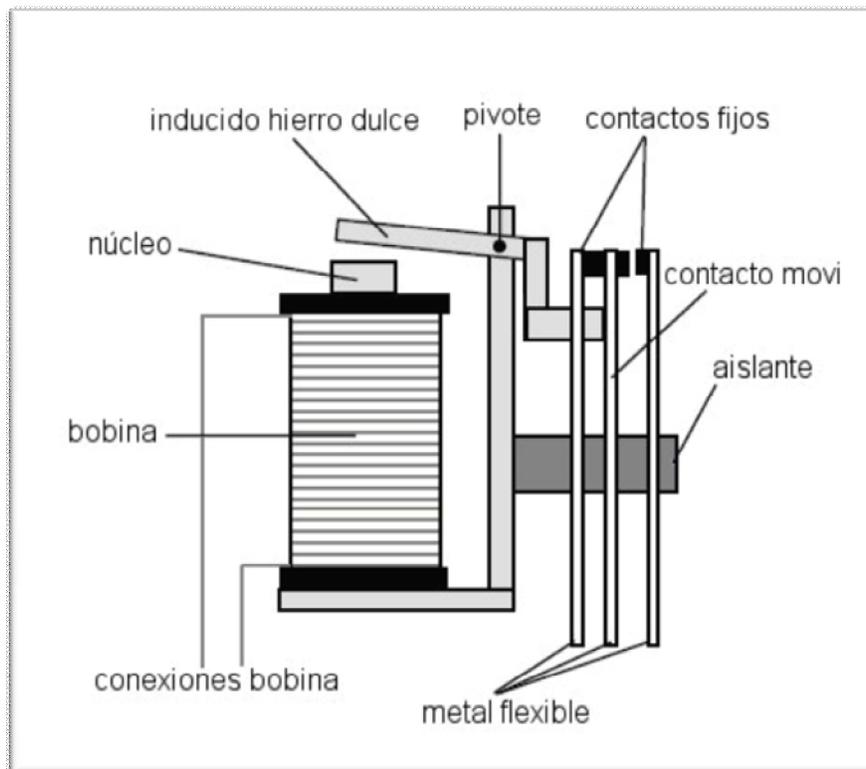


Figura 3.4.1 Partes de un relé electromecánico

3.4.2 Funcionamiento del sistema de automatización

Como se ve en las figuras 3.1.1/2/3, la PPR tendrá un sensor de nivel accionado por un flotador que al hacer contacto con la lámina de cobre ubicada a 5 cm sobre el nivel de fondo de la PPR accionará el relé R_1 normalmente abierto. La decisión de ubicar el sensor 5 cm sobre el nivel de fondo se debe a una medida de seguridad para impedir que la bomba se ponga en funcionamiento en seco.

El TPM dispondrá de dos sensores también activados por un flotador, uno superior R_{2s} (normalmente cerrado) y otro inferior R_{2i} (normalmente abierto) que indicarán cuando el tanque está lleno o vacío respectivamente.

También se contará con un relé normalmente cerrado auxiliar para el circuito que llamaremos A_1 , cuya función será opuesta al relé R_1 .

La lógica de funcionamiento será la siguiente:

- La bomba se mantendrá en funcionamiento a menos que R_{2s} o R_1 estén activados.
- La válvula que conecta con el tanque principal se abrirá sólo si tanto R_{2i} como R_1 están activados.

Esto se podrá ver mejor en la figura 3.4.3 a continuación, también haciéndose clara la función del relé auxiliar.

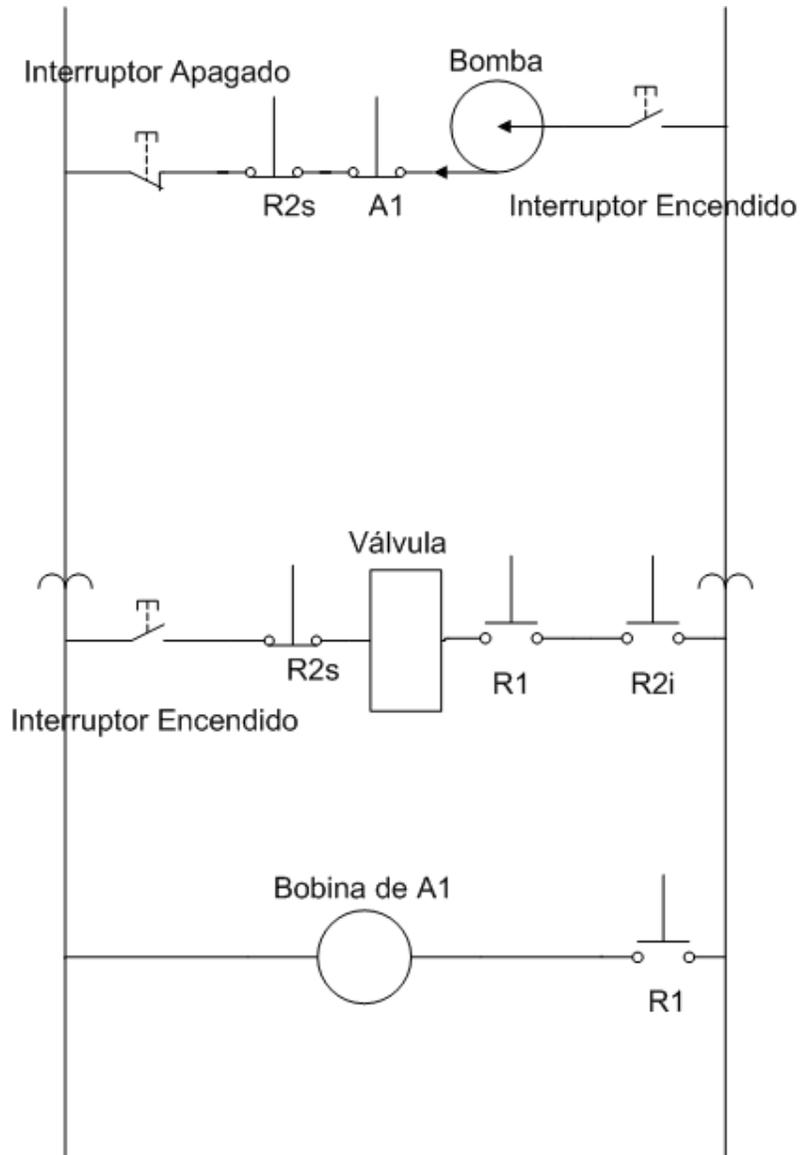


Figura 3.4.3 Esquema unifilar de la instalación

Bomba

Primeramente, para funcionar, necesita que esté activado el interruptor de encendido. Este será activado por el usuario una vez finalizada la instalación del sistema.

Cuando la PPR se encuentra vacía, el relé R_1 se encuentra activado, lo que hace que se cargue la bobina de A_1 y, por consiguiente, la apertura del relé A_1 generando que se corte el circuito de alimentación de la bomba y su apagado.

Al comenzar a llenarse la PPR, cuando el nivel supere los 5 cm, el relé R_1 deja de hacer contacto y por ende se mantiene abierto. Esto genera que el relé A_1 se mantenga cerrado, permitiendo el funcionamiento de la bomba. En este caso entra en juego el relé R_{2s} .

Si el TPM se encuentra lleno, el relé R_{2s} se encuentra activado y por consiguiente abierto, impidiendo la entrada en funcionamiento de la bomba. El agua que ingrese a la PPR desaguará por el rebalse.

Con el relé R_1 abierto (PPR superando los 5 cm de nivel de agua) y el relé R_{2s} cerrado (TPM no lleno) la bomba se podrá en funcionamiento hasta el llenado del TPM, la falta de agua en la PPR o, en su defecto, el accionamiento del interruptor de apagado.

Válvula

La válvula cumple la función de agregar agua al TPM cuando este se encuentra vacío y en la PPR no se acumuló suficiente líquido como para hacer funcionar la bomba.

Para que la válvula se accione, es necesario que se cumplan determinadas condiciones. Primeramente debe estar accionado su interruptor. Luego, el nivel de agua en la PPR no debe superar los 5 cm haciendo que el relé R_1 se encuentre activado y cerrado. Segundo, el TPM debe estar vacío para que el relé R_{2i} se encuentre activado y por consiguiente cerrado. Esto generará que la válvula se abra y agua potable, proveniente del tanque de alimentación, comience a fluir al TPM hasta que este se encuentre lleno y esto genere que se active el relé R_{2s} cortando la alimentación en la válvula y causando su cierre.

3.5 CONSIDERACIONES BIOLÓGICAS

Para poder reutilizar el agua de los desagües secundarios, esta debe de ser sanitizada. Si bien no se va a potabilizar, por lo tanto no será apta para consumo humano, se le debe hacer un tratamiento mínimo para evitar olores, distintos colores y proliferación de bacterias y otros microorganismos que puedan afectar a los usuarios.

3.5.1 Características del Agua

En lo que respecta al olor, este puede ser utilizado de manera subjetiva para determinar la calidad del agua. Es causado mayormente por la actividad bacteriana y la acumulación de materia orgánica. No se puede permitir un mal olor del agua en el inodoro.

El color en el agua puede estar asociado a sustancias en solución o a sustancias en suspensión. Estas sustancias pueden ser iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica, contaminantes domésticos, entre otros. Hay que tomar en cuenta que el agua doméstica tiene la característica de ser incolora, si bien esto no garantiza su potabilidad, un color distinto generaría un malestar ya sea para consumir o para ser usada en el inodoro.

La turbidez del agua, es una medida de la pérdida de su transparencia ocasionada por material particulado o en suspensión que contiene. A medida que aumenta el nivel de turbidez, automáticamente se aumenta la percepción de mala calidad del agua.

Cabe destacar la diferenciación de los diferentes sólidos que pueden estar presentes en el agua, estos pueden ser Volátiles, Sedimentables, En Suspensión, Disueltos y Totales. A los efectos de este proyecto, se describirán únicamente los Sedimentables y Suspendidos:

- **Sólidos Sedimentables:** Están formados por partículas más densas que el agua. Sedimentan rápidamente por acción de la gravedad cuando la masa de agua se encuentra en reposo.
- **Sólidos Suspendidos:** Están formados por partículas que se mantienen dispersas en el agua en virtud de su naturaleza coloidal. Estos sólidos no sedimentan por gravedad cuando el agua está en reposo debido a que poseen carga eléctrica semejante, propiedad que los mantiene en suspensión por repulsión electrocinética. Estas partículas están estrechamente relacionadas con el color aparente y la turbidez del agua.

3.5.2 Microorganismos

Clasificaremos los microorganismos presentes en el agua de uso domiciliario en dos categorías, microorganismos que afectan al ser humano, y microorganismos que afectan el estado del agua (color, olor, etc.). Empezaremos con la primera categoría.

Los microorganismos presentes en el agua en general atacan al ser humano por ingesta de la misma. Entre ellos podemos encontrar a:

- **Cryptosporidium:** Es un género de protistas parásitos del filo *Apicomplexa* al que se asocia con una enfermedad llamada criptosporidiosis diarreaica en seres humanos. La criptosporidiosis es típicamente una enfermedad aguda de corta duración, pero la infección puede ser grave y continuada en niños y en pacientes inmuno comprometidos. Puede eliminarse con un tratamiento con Cloro. Imagen en figura 3.5.1.



Figura 3.5.1 Quiste de *Cryptosporidium*

- **Rotavirus:** Es un género de virus perteneciente a la familia *Reoviridae*. Propician gastroenteritis aguda y fuerte dolor abdominal. El período de incubación de la enfermedad por rotavirus es de aproximadamente 2 días. La enfermedad está caracterizada por vómito y diarrea acuosa de 3 a 8 días, y fiebre con dolor abdominal ocurre con frecuencia. Se elimina con desinfectantes que contengan cloro.

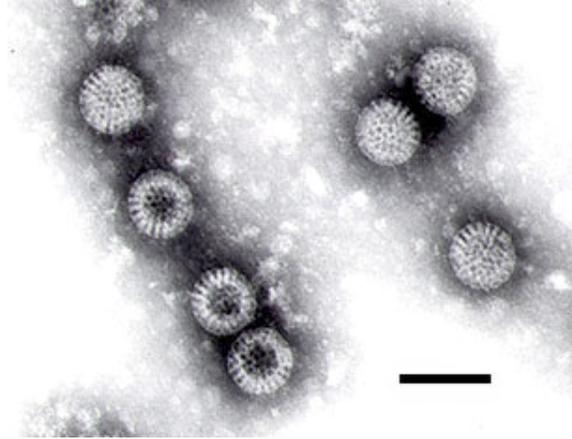


Figura 3.5.2 Micrografía Electrónica del Rotavirus

- **Norovirus:** Es un género de virus ARN de la familia *Caliciviridae*, causante de aproximadamente el 90% de los brotes de gastroenteritis no bacteriana en todo el mundo. Es fácilmente eliminado por desinfectantes a base de cloro, pero debido a que las partículas de virus no tienen envoltura de lípidos, es menos susceptible a alcoholes y detergentes. Ver figura 3.5.3 para imagen.

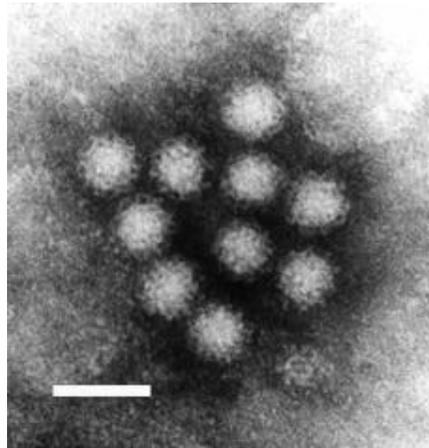


Figura 3.5.3 Micrografía Electrónica del Norovirus

- **Escherichia Coli 0157:H7:** Es una cepa enterohemorrágica de la bacteria *E. coli* y una causa de intoxicación alimentaria debido a la producción de verotoxina. La infección conduce frecuentemente a una diarrea hemorrágica y ocasionalmente a una falla renal (Síndrome urémico hemolítico), esto especialmente en infantes y ancianos. La transmisión se da través de la vía fecal oral, asociada a comer alimentos crudos, carne contaminada y a nadar o beber en aguas contaminadas. Se elimina utilizando desinfectantes con cloro. Imagen en figura 3.5.4.

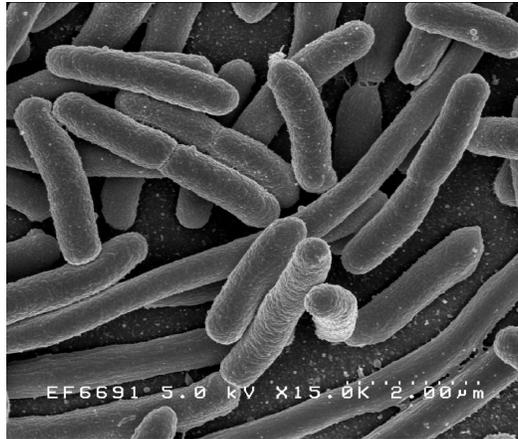


Figura 3.5.4 Escherichia Coli

Siendo estos microorganismos los más comunes y dañinos para el ser humano.

Habiendo visto los microorganismos que pueden afectar al ser humano, procederemos ahora a los que pueden alterar el estado del agua ya sea en su coloración o en el olor.

- **Ferrobacterias:** Las bacterias del hierro son bacterias comunes en todo el mundo que obtienen la energía que necesitan para vivir y multiplicarse por oxidación del óxido ferroso (o los menos frecuentemente disponibles manganeso y aluminio) disuelto. El óxido férrico resultante es insoluble, apareciendo como un lodo marrón gelatinoso que mancha al contacto y que puede contribuir a la corrosión interna de de las tuberías cuando el agua fluye a través de ellas. Causa un color pardo bermellón en el agua. Las bacterias del hierro no dan problemas de salud cuando son ingeridas. Algunas bacterias, como la *Sphaerotilus*, no es una ferrobacteria obligada; también puede oxidar el manganeso disuelto en el agua causando un color marrón. Pueden ser controladas desinfectando con cloro periódicamente.
- **Algas y otras plantas:** El crecimiento de este tipo de organismos genera un color verdoso en el agua. Una vez muertas, su descomposición genera la proliferación de diferentes bacterias y libera olor. Para evitar su crecimiento debe de generarse un ambiente hostil, desinfectando con cloro.

3.6 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

El costo de la instalación se mantendría igual. Lo único que variaría serían los costos de adquirir los accesorios del nuevo sistema que se agregan a la instalación sanitaria actual, o sea la PPR y el TPM.

Hay que tomar en cuenta también que, en el caso de que la pileta de cocina no posea un interceptor de grasa, también habría que adquirirlo.

Esto representaría aproximadamente un 10% extra sobre el costo total de la instalación.

Con respecto al mantenimiento, los costos se reducirían mayormente a la adquisición de las pastillas tanto de cloro como del floculante.

Las pastillas de floculante pueden conseguirse a AR\$ 75 el balde de 10 unidades, lo que representa un costo de AR\$ 7,50 por pastilla.

Las pastillas de cloro pueden conseguirse a AR\$ 38 el pack de 5 unidades, o lo que es equivalente, AR\$ 7,60 por pastilla.

Tomando en cuenta que las pastillas de cloro y floculante deben ser cambiadas una vez cada 4 meses máximo, esto representaría un costo menor a 13 centavos por día en caso de máxima utilización.

3.7 AHORRO DE AGUA POTABLE

Si se implementa este sistema, toda el agua potable utilizada para las descargas del inodoro no será necesaria y por lo tanto se le podrán dar otros usos.

Acorde a lo visto en la sección 2.5 podemos ver que una persona va, en promedio, unas tres veces por día al baño. Esto representa 60 litros de agua potable por persona por día que podría ser ahorrado utilizando este método. Si esto a su vez lo extrapolamos a la cantidad de personas que tienen acceso a una instalación sanitaria solo en Argentina, el ahorro es de millones de litros.

Si tomamos la población argentina estimada a Julio 2011 de 41.769.726 habitantes, con el 83,67% de habitantes mayores a 5 años de edad y el factor de acceso a alcantarillado en la Argentina (según informe de la OMS) de 44%, tenemos que:

$$41.769.726hab \times 0,8367 \times 0,44 = 15.377.441hab$$

Tendríamos entonces 15.377.441 personas que, en promedio, utilizan tres veces por día el baño. Dicho de otra manera, estas personas están consumiendo diariamente un total de **922.646.460 litros (922.646 m³) de agua potable que podría ser ahorrada por día**. Y esto solo en Argentina.

Este ahorro es significativo para las compañías potabilizadoras de agua. Actualmente el costo de potabilización se sitúa en aproximadamente AR\$ 0,45 por cada metro cúbico de agua. Esto nos generaría un ahorro diario de:

$$922.646m^3 \times 0,46 \frac{AR\$}{m^3} = 424.418AR\$ / día$$

Este dinero ahorrado en la potabilización de agua podría ser invertido en un incremento en la infraestructura sanitaria y una mayor red cloacal. Para brindar acceso a mayores personas a la red.

En otras palabras, esto implica 155 millones de pesos anuales que podrían ser ahorrados. En la Argentina hoy en día el servicio de agua está subsidiado, se estima que el gobierno va a entregar en el año 2011, en concepto de subsidios, 3000 millones de pesos de los cuales 745 millones serían para cubrir el déficit operativo y el resto para el plan de inversiones.

El uso del método sugerido cubriría el 20% del déficit operativo, liberando así este dinero para su mejor uso en otras actividades y un mejor uso del capital del estado.

3.8 IMPACTO AMBIENTAL

El ahorro de 922.646 m³ de agua potable por día en Argentina significa no sólo un menor consumo de este recurso. Significa menos agua para potabilizar, menos agua tomada de ríos y otras fuentes, menos necesidad de inversión en infraestructura de potabilización y menos utilización de elementos necesarios para este tratamiento, entre otras cosas. Todo esto manteniendo la cantidad de aguas servidas a ser tratadas.

3.9 IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA

En esta sección veremos los cambios que la instalación del nuevo sistema generará en la vida de los usuarios.

Primeramente cabe aclarar que la rutina de ir al baño no tendrá ningún cambio, pero sí se tendrá que tomar en cuenta el mantenimiento de la instalación.

Las principales actividades de mantenimiento serán:

- **Limpieza del Filtro de Sólidos:** El filtro de sólidos necesitará ser limpiado cada 15 días o un mes dependiendo de su uso. Esto se debe a que la cantidad de sólidos acumulados en el mismo pueden llegar a impedir el paso del agua y por ende poca o nula reutilización de la misma. Para ejecutar la limpieza basta con retirar la tapa de la PPR y sacar el filtro tomándolo por sus soportes. Retirar todos los sólidos contenidos por el filtro (mayormente pelos), sacudirlo para permitir que se separe la suciedad y luego volver a ubicarlo en su posición. Es muy importante que ningún artefacto con desagüe secundario esté en funcionamiento durante la limpieza dado que el filtro no se encontrará en posición.
- **Cambio del Papel Vegetal del Filtro de Sólidos:** El papel vegetal tendrá una vida útil de 6 meses a un año de acuerdo al uso de la instalación. Una vez finalizado este tiempo, debe de ser cambiado. Para hacerlo, se debe retirar el filtro de sólidos de la PPR, separar las mallas metálicas para tener acceso al papel vegetal y ahí proceder al cambio. Nuevamente, recordar que es muy importante que ningún artefacto con desagüe secundario esté en funcionamiento durante la limpieza dado que el filtro no se encontrará en posición.
- **Cambio de las Pastillas de Cloro y Coagulante/Floculante:** Una vez cada 4 o 6 meses dependiendo del uso deberán de ser cambiadas estas pastillas en el clorador para poder así asegurar el correcto tratamiento del agua en el TPM. Si se notan cambios de color u olor en el agua, estas pastillas deberán ser cambiadas.
- **Purgas a través de la Canilla en el TPM:** Una vez cada tres meses debe de realizarse una purga total del agua en el TPM que servirá para retirar todos los sólidos en suspensión en el agua que decantaron a la parte inferior del tanque por acción del coagulante/floculante.
- **Limpieza del TPM:** Cada año o año y medio, sería conveniente mas no obligatoria la necesidad de una limpieza total del TPM. Retirando su tapa superior para obtener acceso y efectuando una desinfección y limpieza total

para asegurar su correcto funcionamiento como lugar de desinfección del agua. Esta limpieza será similar a un tanque de agua.

Realizando todas estas tareas de mantenimiento, el sistema funcionará siempre en óptimas condiciones brindando agua saneada, no potable, para su utilización para descargas en el inodoro.

3.10 SOLUCIÓN A PROBLEMAS COMUNES Y PREGUNTAS FRECUENTES

En esta sección intentaremos brindarle al usuario del sistema la respuesta a todas las posibles preguntas o dudas que puedan surgirle con respecto a la instalación y utilización de la misma.

3.10.1 ¿Qué pasa si quiero utilizar el inodoro y no se juntó suficiente agua por descargas secundarias?

Cabe aclarar que el TPM nunca se encontrará vacío. Se encontrará lleno ya sea por agua de desagües secundarios o agua potable directo del tanque en el caso de no tener disponible la primera. Esa es la principal función de la válvula que está ubicada en la parte superior del TPM. Si el sensor dentro del TPM detecta que este está vacío y la bomba no puede funcionar dado que a la PPM no llegó agua, entonces se abre la válvula permitiendo el ingreso de agua potable directo del tanque principal. Por lo que la mochila del inodoro siempre estará llena de agua y lista para ser usada.

3.10.2 ¿Qué pasa si voy a estar ausente del domicilio y el agua del sistema no será utilizada por un largo tiempo?

No debería de ocurrir nada, dado que la desinfección que tiene lugar dentro del TPM elimina las bacterias y virus que puedan estar presentes en la misma generando también un ambiente hostil para el crecimiento de algas. De todas maneras, para una mayor seguridad, se podría desactivar el sistema apagando el interruptor de la bomba y el de la válvula y vaciar el TPM a través de la canilla de purgas ubicada en su lateral.

3.10.3 ¿Qué pasa si se orina en el bidet o la ducha?

En ese caso, esos elementos funcionarían como lo hace un mingitorio. La orina se encontraría tan diluida en agua que sus efectos nocivos desaparecerían y no se generarían problemas. De todas maneras, en base a la desinfección que tiene lugar en el TPM, el agua a ser utilizada en el inodoro no debería de verse afectada.

Parte IV

Conclusiones

4.1 CONTRASTE MÉTODO ACTUAL VS. PROPUESTO

4.1.1 Aspectos Sociales

La principal diferencia que se puede ver en este sentido entre la propuesta y el método actual es la cantidad de tiempo que el usuario debe de invertir en el mantenimiento del nuevo sistema.

Si bien el tiempo que el mantenimiento insume es mínimo, puede ser visto como una desventaja porque suma una preocupación extra y nuevas actividades que antes no necesitaban ser hechas. Lo principal es hacer de esto una costumbre, una vez que se tome como normal, como algo común, esta desventaja desaparecería. Como todo lo nuevo, esto tiende a generar un cierto rechazo dado que, por naturaleza humana, siempre se tiene un cierto miedo al cambio.

La ventaja, sin embargo, es que las intervenciones en el sistema deben ser mínimas y por ende no representarían un cambio tan significativo para el usuario. La transición podría ser mucho más fácil y luego de un cierto tiempo las actividades de mantenimiento (como el cambio de pastillas y limpieza del filtro de sólidos) serán tratadas como tareas normales de acondicionamiento de una casa, tanto como la limpieza de los pisos o el lavado de la vajilla.

4.1.2 Aspectos Económicos

La instalación del método propuesto representa aproximadamente un agregado de 10% por sobre la instalación del sistema actual.

En la Argentina, el sistema de facturación no es realizado contra lo que el usuario consumió sino contra una tarifa predeterminada de acuerdo a la superficie del domicilio. Si se facturara contra consumo, no sería difícil ver que el extra costo del 10% sería fácilmente amortizable y luego generaría un ahorro constante, dada la larga vida del sistema y la instalación.

Este ahorro constante, tomando en cuenta la tarifa que se cobrara por metro cúbico ahorrado, podría pagar la módica suma que representa el mantenimiento del sistema.

4.1.3 Aspectos Medioambientales

En este sentido la diferencia es muy amplia. Se está generando un gran ahorro de agua potable sin modificar la eficiencia del inodoro como artefacto de remoción de desechos humanos.

El agua dulce es un recurso cada vez más escaso y por lo tanto, la posible reutilización de la misma constituye un avance hacia un uso más razonable

generando conciencia para prevenir su escasez, situación que se está dando en varios lugares del mundo.

El ahorro en agua potable no solo implica un ahorro en el recurso, también induce a un menor uso de energía para su potabilización, menos necesidad de infraestructura y así la lista puede continuar, generando un menor impacto ambiental.

4.2 POSIBLES ADICIONES AL PROYECTO

Debido al alcance definido, una serie de posibles agregados y adiciones al proyecto quedaron fuera de análisis. De todas maneras, se listarán en esta parte sin ahondar en detalles para futura referencia:

4.2.1 Desinfección por Uso de Rayos UV

Es posible agregar, para una mayor calidad del agua, un dispositivo de desinfección con luz ultravioleta al sistema. Cuando el flujo del agua pasa a través del estuche especialmente preparado, este empieza a emitir rayos UV que son absorbidos por el mecanismo reproductor de todo virus o bacteria que se encuentre en el agua, inhibiendo así su crecimiento. Después de esto, el microorganismo se considera esencialmente muerto.

Es una manera muy efectiva de desinfectar el agua, pero a los efectos del uso que se le va a dar, significa mucho gasto para una desinfección exagerada. Este sistema valdría su costo si el agua fuera destinada al consumo humano, como este no es el caso, se decidió no agregarla.

4.2.2 Filtro de Carbón Activado

El filtro de carbón activado es muy eficiente en cuanto al filtrado de hidrocarburos y aceites. Tiene el problema que es muy difícil de identificar cuándo se acaban sus capacidades de filtrado y si el agua sigue fluyendo sale incluso más contaminada. Requiere un mayor mantenimiento.

En el sistema propuesto podría reemplazar al filtro de sólidos, pero tomando en cuenta que el agua que va a llegar a este filtro no contendrá ni hidrocarburos ni aceites, y requerirá de una mayor preocupación por parte del usuario, se decidió no incluirlo.

4.2.3 Recolección de Agua de Lluvia

Esto podría sumar a la cantidad de agua que podría ser reciclada. Al agregar un recolector en el techo del domicilio conectado a través una cañería al TPM. Resta para futuro estudio la necesidad de un filtro de sólidos en caso de suciedad en el recolector. Una posible solución sería un recolector con forma de embudo con la boca tapada con un símil mosquitero que frene hojas, ramas y posibles sólidos que afecten el funcionamiento del sistema.

4.2.4 Panel Fotovoltaico para el Funcionamiento de la Bomba

Tomando en cuenta que la bomba no necesita de mucha potencia, se podría utilizar un panel solar para su funcionamiento sin necesidad de que el gasto en el sistema

aumente de manera muy significativa. Esto ayudaría a generar un sistema con un mayor ahorro de energía.

El panel solar podría ser ubicado en el techo del domicilio y estar conectado a unas baterías que, a su vez, alimentarían la bomba.

Se calcula que la potencia que puede entregar un panel solar ronda los $90 \frac{W}{m^2}$. La bomba necesita 0,012 HP para poder funcionar, lo que equivale a:

$$0,012HP \times 746 \frac{W}{HP} \approx 9W$$

Tomando esto en cuenta se podría decir que se necesitaría un panel de aproximadamente $0,1 m^2$ para el correcto funcionamiento de la bomba.

Se calcula que el costo de un panel solar es de aproximadamente de 12 a $15 \frac{US\$}{W}$.

El costo del panel para la alimentación de la bomba estaría entonces alrededor de los 125 US\$, a esto se le deberían sumar los costos de instalación y también tomar en cuenta el mantenimiento de este sistema.

4.2.5 Sistema de Ahorro de Agua Existentes

Se podría sumar a este método, otros sistemas ya existentes para que el ahorro de agua sea superior. Se podría por ejemplo completar con un sistema de doble descarga o un sistema de flujo interrumpido para que el agua reciclada tampoco sea utilizada más de lo necesario (*Ver capítulo 2.7*),

4.3 OTRAS APLICACIONES

En este proyecto se trató el caso particular del reciclaje de desagües secundarios en casas para su uso en inodoros, pero esto también se podría hacer extensivo a departamentos. También podría utilizarse el mismo sistema, con algunas modificaciones, no sólo para el inodoro sino también para otras actividades como el riego o el lavado de vereda.

4.3.1 Utilización del Sistema en Departamentos

Para que este sistema pueda funcionar en departamentos, es cuestión primordial a tratar la ubicación de la PPM. Podrían incluso llegar a modificarse sus medidas tomando en cuenta que el espacio en la losa con el que cuentan los baños en los departamentos no suele ser mucho y cuenta con todas las cañerías que restan volumen.

Tendría que tomarse en consideración también la conexión del TPM con el tanque de agua potable. En ese caso, directamente la conexión que solía entrar en la mochila podría ser utilizada para esto.

Con estas modificaciones, el sistema puede ser fácilmente adaptado para su uso en edificios. Incluso en instalaciones públicas este método puede ser útil.

4.3.2 Otros Usos

El sistema puede reciclar agua no sólo para su uso en inodoros sino también para varios usos que no requieran de agua potable, como es el caso del riego, lavado de veredas o autos.

Se calcula que lavando la vereda durante 10 minutos, se gastan aproximadamente 40 litros de agua potable.

Se calcula que lavando el auto durante 25 minutos, se gastan 100 litros de agua potable.

Un riego durante 30 minutos, consume 120 litros de agua potable.

Todas estas cantidades de agua potable podrían ser ahorradas. Utilizando la recolección de agua de lluvia aumentaría incluso más la cantidad de agua disponible para estos usos.

BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de la cátedra “Construcciones Industriales” del ITBA
- Apuntes de la cátedra “Mecánica de Fluidos” del ITBA
- Potter, Merle C. 1996. Mecánica de Fluidos. 816 páginas. Editorial Ciencias Ingeniería. ISBN 9706862056.
- Apuntes de la cátedra “Máquinas e Instalaciones Térmicas” del ITBA
- Apuntes de la cátedra “Electrónica e Instrumentación” del ITBA
- <http://www.argentina.gov.ar/argentina/portal/paginas.dhtml?pagina=377>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable_y_saneamiento_en_Argentina
- <http://www.excelwater.com/spa/b2c/uvprocess.php>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Carb%C3%B3n_activado#Filtros_para_aire.2C_gases_comprimido_y_purificar_el_agua
- http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar
- http://cesopoloncatico.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=3