

Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación para el uso de agua residual

Design of a hydraulic system for reutilization water in a house

Ing. Tatiana Ruiz-Cuello, Dr. Juan C. Pescador-Piedra, Ing. Leticia M. Raymundo-Núñez, MSc. Gabriela Pineda-Camacho

florcita2604@gmail.com, thomeap@hotmail.com, lraymunn@yahoo.com.mx, gabypinedacamacho@hotmail.com

Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Politécnico Nacional, México, DF México

Recibido: 8 de septiembre de 2014

Aprobado: 14 de enero de 2015

Resumen

Fue diseñado un sistema hidráulico de una casa-habitación para la reutilización de agua de uso doméstico por medio de la selección de las corrientes a tratar y ocupando diferentes medios filtrantes para cumplir con las normas oficiales, con base en los fundamentos de la ingeniería, y de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas. Se empleó el programa computacional Autodesk Homestyler®. Se encontró que las corrientes para reuso seleccionadas en debido a su facilidad de tratamiento por su composición, fueron el agua del ciclo de lavado y el agua pluvial, las cuales permitieron un ahorro del 40 % del agua consumida. Se utilizaron como medios filtrantes: carbón activado, cascarón de huevo, tezontle, zeolita, bagazo de café, cáscara de naranja, viruta de madera y hojas de maíz. Se realizó el dimensionamiento del sistema hidráulico por medio de una bomba centrífuga de ½ Hp.

Palabras clave: sistema hidráulico, dimensionamiento, agua residual.

Abstract

The objective of this study was to design a hydraulic system of a house-room for domestic water reuse using selection of streams to treat and different filters materials in accordance with the official rules. We designed the hydraulic system, on the basis of engineering and in accordance with the complementary standards for hydraulic installations and facilities for design and execution of works. Autodesk Homestyler® computer program was used to simulate the design of the hydraulic system. It was found that the streams for reuse selected based on ease of treatment composition were water wash cycle and rainwater, which allowed savings of 40% of the water consumed. We used different filters materials, such as: activated carbon, shell egg, tezontle, zeolite, coffee pulp, orange peel, wood, corn husks. Hydraulic sizing was performed by a centrifugal pump ½ Hp.

Keywords: hydraulic system, dimensioning, residual water.

Introducción

En la actualidad, el problema de la escasez de agua a nivel mundial se ha convertido en parte primordial de las preocupaciones de gobiernos y organizaciones mundiales, ya que para la humanidad es imprescindible conservar este vital líquido para preservar la vida en la tierra. Casi $\frac{3}{4}$ partes de la superficie del planeta está conformada por agua, y de esta menos del 1 % es agua potable, dirigida al consumo humano. Debido a los malos hábitos de parte de la humanidad, se hace muy difícil concientizar a todas las personas de la necesidad de su uso racional.

El aumento de la población mundial y de sus actividades productivas ha incrementado considerablemente el consumo de agua. Los procesos industriales que descargan aguas residuales, así como la eliminación de agua de origen doméstico traen consigo una alta contaminación ambiental. El consumo humano de agua con contaminantes químicos y/o biológicos genera un amplio espectro de enfermedades que afectan sensiblemente la calidad de vida de millones de seres humanos y sus perspectivas futuras [1].

La renovación natural del recurso se realiza a través del ciclo hidrológico. Por precipitación cae 28 % de agua en la tierra y el 72 % restante en el mar. Del porcentaje de agua que cae en la tierra el 7 % se filtra a los acuíferos, otro 8 % va al mar por escurrimientos y el 13 % restante regresa a la atmósfera por evaporación de los cuerpos de agua superficiales y evapotranspiración de la cubierta vegetal [2].

La composición de las aguas residuales es muy variable en razón de diversos factores, entre los que se encuentran: el consumo promedio de agua por habitante y por día, que afecta su concentración y los hábitos alimentarios de la población, que caracteriza su composición química [3].

El crecimiento poblacional y los avances tecnológicos han traído consigo grandes ventajas, pero a su vez han dado origen al problema de la contaminación, generado por las aguas residuales domésticas o industriales que son vertidas a las fuentes de agua de manera inapropiada y sin ningún tipo de tratamiento, provocando impactos negativos sobre la salud pública y el ambiente [3].

El ser humano consume agua para cubrir necesidades primordiales, aunque solo el 10 % del agua dulce es destinada para uso doméstico; la industria utiliza un 20 % en sus procesos y el 70 % restante se utiliza como agua de riego.

La calidad del agua es asignada de acuerdo con la concentración de sus contaminantes teniendo en cuenta los criterios de Benefield y Randall (tabla 1) [4].

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SU COMPOSICIÓN TENIENDO EN CUENTA LOS CRITERIOS DE BENEFIELD Y RANDALL [4]

Criterio (mg/L)	Clasificación		
	Excelente	Aceptable	Fuertemente contaminado
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)	3	6 DBO ₅ 30	120
Demanda química de oxígeno (DQO)	10	20 DQO 40	200
Sólidos suspendidos totales (SST)	25	75 SST 150	400

Las aguas residuales se recolectan en el sistema de alcantarillado y posteriormente son sometidas a un tratamiento. Cuando un sistema de alcantarillado es diseñado para recolectar conjuntamente aguas residuales y aguas de lluvia se le conoce como combinado.

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos (figura 1). Los residuos sólidos están conformados por materia mineral y materia orgánica. La materia mineral proviene de los subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento. La materia orgánica proviene exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por carbohidratos, proteínas y grasas [5]. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición.

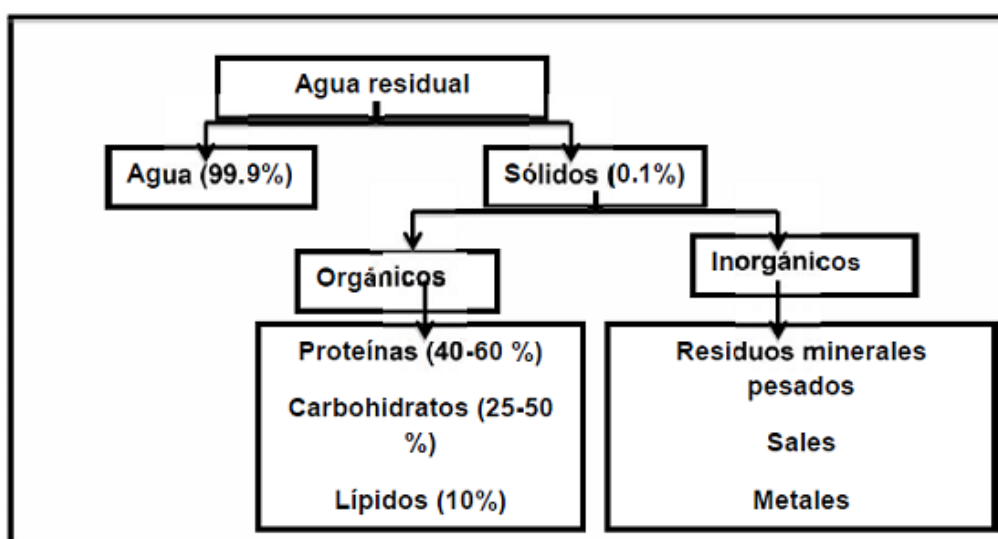


Figura 1. Composición en porcentajes del agua residual doméstica [5]

En la tabla 2 se muestran los principales componentes del agua residual y su concentración en partes por millón, según Rojas [6].

**TABLA 2. COMPOSICIÓN TÍPICA DEL
AGUA RESIDUAL [6]**

Componente	Concentración (ppm)		
	Alto	Medio	Bajo
Sólidos totales	1 200	700	350
Disueltos	850	500	250
Suspendidos	350	200	100
Sólidos sedimentables	20	10	5
DBO 20 C	300	200	100
Carbón orgánico	200	135	65
DQO	1 000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amonio	50	25	12
Nitratos, Nitritos	0	0	0
Fósforo total	20	10	6
Orgánico	5	3	2
Inorgánico	15	7	4
Cloruro	100	50	30
Alcalinidad (CaCO₃)	200	100	50
Grasas	160	100	50

Los métodos intradomiciliarios o domésticos para purificar el agua de consumo humano consisten en la aplicación de equipos de tratamiento y sustancias germicidas, orientadas fundamentalmente al aspecto bacteriológico, considerado como de riesgo inmediato a la salud y, en casos específicos, a la depuración de características físicas y/o químicas [7].

El uso del agua pluvial tiene una larga historia alrededor del mundo y es empleada en las sociedades modernas como una fuente valiosa de agua para riego, para consumo y, recientemente, como agua para el sanitario y lavanderías [8].

Aunque se han desarrollado numerosas alternativas de tratamiento de aguas residuales, la mala adaptación, la baja capacidad local para su sostenimiento y manejo conducen a la implementación y el abandono de las existentes [3].

La ingeniería sanitaria se encuentra en un proceso de desarrollo en el que antiguas ideas vuelven a valorarse y se formulan nuevos conceptos. La implementación de sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento constituye un factor importante en la conservación del bienestar de los pueblos, que en mayor grado disfrutaban los países desarrollados.

Como una alternativa viable a la solución de la escasez de agua, el presente estudio pretende contribuir a su ahorro mediante la implementación de un sistema hidráulico en una casa-habitación, que permita reutilizar el agua sin ocasionar daños a la salud. De esta forma será fácil para las personas contribuir al ahorro de este vital líquido de una manera sustentable.

Materiales y métodos

Material propio de laboratorio

Filtro

Medios filtrantes: carbón activado, cascarón de huevo, tezontle, zeolita, bagazo de café, cáscara de naranja, viruta de madera y hojas de maíz.

Determinación de pH (NMX-AA-008-SCFI-2000)

Determinación DQO (NMX-AA-030-SCFI-2001)

Determinación SST (NMX-AA-034-SCFI-2001)

Determinación SAAM (NMX-AA-039-SCFI-2001)

Determinación de iones sulfatos (NMX-AA-074-1981)

Determinación de iones fosfato (NMX-AA-029-SCFI-2001)

Programa computacional Autodesk Homestyler®

Computadora

Sobre la base de un diseño actual de casa-habitación se identificaron los diferentes efluentes de acuerdo con la literatura [9]; la selección del efluente a tratar no presentó contaminantes que pudieran ocasionar daños a la salud. Posteriormente, se realizaron pruebas de filtración para su evaluación con los diferentes medios filtrantes mediante determinaciones necesarias para que se cumplieran los requerimientos de acuerdo con las Normas Mexicanas [7].

Se diseñó el sistema hidráulico tomando como punto de partida los fundamentos de la ingeniería, y de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Instalaciones para Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas [10, 11].

Resultados y discusión

Se analizaron los diferentes efluentes de una casa-habitación para seleccionar aquellos que fuera posible su re-uso mediante la evaluación de los residuos que contaminan el agua durante su uso y la facilidad de su remoción. Debido a los contaminantes (residuos de jabón, materia fecal, grasas y materia orgánica) que presentan las diferentes fuentes,

se seleccionaron los efluentes provenientes del agua pluvial y del agua del ciclo de lavado, los cuales presentan una baja cantidad de materia orgánica (agua del ciclo de lavado) y la Demanda Química de Oxígeno es menor en comparación con otros efluentes, además de que el agua pluvial presenta ventajas tales como: es extremadamente limpia en comparación con los otros efluentes disponibles, es un recurso esencialmente gratuito e independiente totalmente de las compañías suministradoras habituales, y precisa de una infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento y distribución.

Para la remoción de los contaminantes del agua residual se empleó un tratamiento primario con filtros de residuos orgánicos como cáscara de naranja, cáscara de plátano, cascarón de huevo, tezontle y zeolita.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de las muestras recolectadas de cada medio filtrante así como del agua de abastecimiento y del efluente del ciclo de lavado, con el objetivo de evaluar la calidad final del agua.

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL USO DE LOS DIFERENTES MEDIOS FILTRANTES

Muestra	Parámetro					
	pH	Fosfatos	Sulfatos	SST	SAAM	DQO
Valores según la NOM-127	6,5-8,5	0,1	250	200	0,50	40
Agua de abastecimiento	8,2	NS	0	206	0,405	66,45
Efluente de la lavadora	8,09	NS	400	318	0,791	231,09
Medio filtrante de carbón activado	8,13	NS	200	416	0,579	183,48
Medio filtrante de cascarón de huevo	8,15	NS	100	372	0,532	213,23
Medio filtrante de tezontle	8,21	NS	300	330	0,814	207,28
Medio filtrante de zeolita	8,18	NS	200	474	0,279	211,25
Medio filtrante de bagazo de café	-	-	-	-	-	-
Medio filtrante de cáscara de naranja	6,76	NS	150	3024	0,545	2 270,18
Medio filtrante de viruta de madera	8,10	NS	300	466	0,502	254,89
Medio filtrante de hojas de maíz	7,45	NS	400	906	0,507	820,2

Expresados en ppm (mg/L), NS = No existe diferencia significativa.

La figura 2 muestra la propuesta del arreglo del sistema hidráulico; se observan las conexiones entre los suministros de agua y las descargas de agua, así como los tinacos y las bombas necesarias para recircular el agua. Mediante este arreglo se emplea el agua potable en las zonas donde se requiere una mayor calidad del agua como son la regadera, el lavabo y el fregadero, aunque también puede abastecer a la lavadora. El agua de re-uso que se compone del agua pluvial y del agua residual del ciclo de lavado, abastece a los sanitarios y a la lavadora. Se instala una válvula entre el tinaco del agua de re-uso y el suministro de agua a la lavadora, para permitir manipular esta recirculación, así en temporada de lluvia el agua de re-uso se puede emplear también para la lavadora.

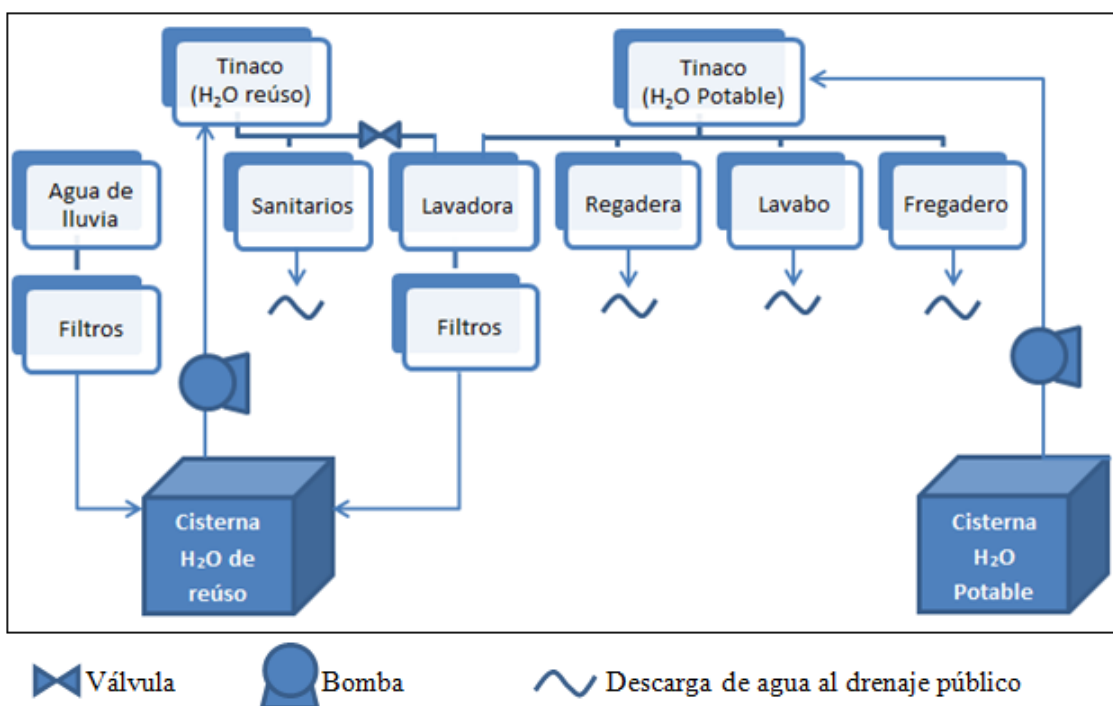


Figura 2. Esquema de la configuración del sistema hidráulico con recirculación

El modelo de la casa-habitación fue seleccionado sobre la base de un diseño que permite mantener los efluentes de agua cercanos para disminuir la cantidad de tubería empleada en el dimensionamiento, y a su vez disminuir la pérdida de energía por fricción debida a longitud de tubería. Las figuras 3 y 4 muestran este modelo, que consta de dos recámaras con opción a tres en la parte alta, medio baño en la planta baja y dos baños completos en la planta alta.

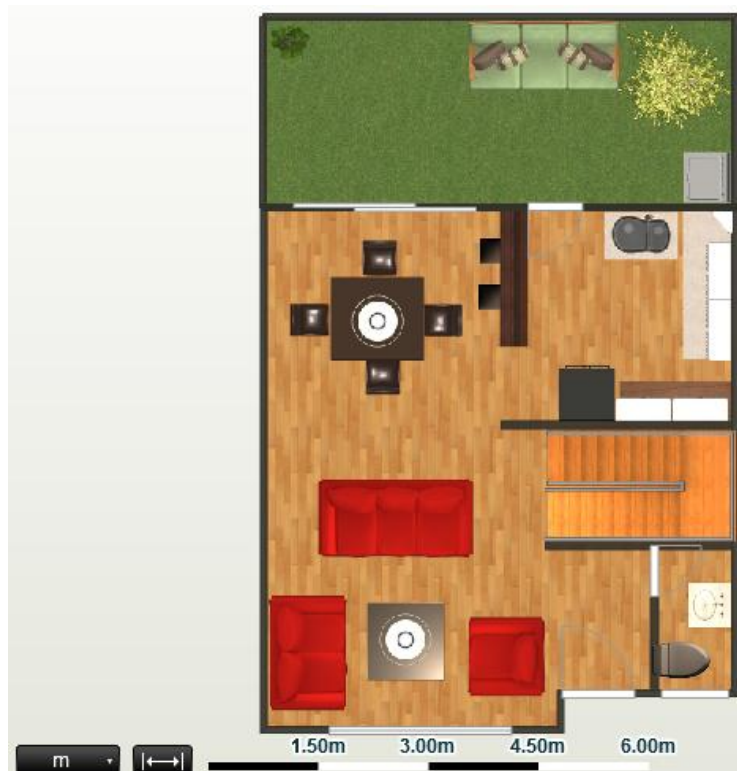


Figura 3. Diseño de casa-habitación mediante el Programa Autodesk Homestyler®. Planta baja



Figura 4. Diseño de casa-habitación mediante el Programa Autodesk Homestyler®. Planta alta

Para el diseño del sistema hidráulico se determinó el caudal para establecer los diámetros de la tubería de diseño, aplicando el balance de energía mecánica mediante la Ecuación de Bernoulli, realizando las consideraciones adecuadas y los cálculos necesarios se debe utilizar una bomba centrífuga de 0,5 Hp.

Si el consumo promedio es de 150 L/hab/día, en una casa con 4 habitantes, el gasto anual es de 21 900 0 L; si se colecta el agua pluvial que en promedio es de 600 00 L/100 m² [12] y el modelo de casa-habitación propuesto tiene 50 m² de superficie de captación, se obtiene un ahorro de 300 00 L/año. Considerando reutilizar el agua del ciclo de lavado, mediante el diseño propuesto, se ahorra el 40 % en el consumo de agua.

Conclusiones

Las descargas de agua reutilizables en una casa-habitación más fáciles de tratar por su composición son el agua pluvial y el agua del ciclo de lavado.

Los medios filtrantes más adecuados para tratar el agua de re-uso son cascarón de huevo y zeolita.

La implementación de un sistema hidráulico mediante el re-uso del agua pluvial y del agua del ciclo de lavado permite un ahorro del 40 % del agua consumida.

La potencia de la bomba utilizada en el sistema es de 1/2 Hp.

Referencias bibliográficas

1. MELENDI, D. L., *Breve enciclopedia del ambiente* [consulta: 16 de marzo 2014]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia>
2. JIMÉNEZ, B. E., *La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología*, México, Limusa, 2005.
3. CARDONA, D. A.; BERNAL, D. P.; PENA VARON, M. R.; GALVIS, A., "Technology selection guide for natural systems for domestic wastewater treatment", en *Water And Environmental Management Series*, Inglaterra, Ed. Feriva, 2005, 63-68.
4. BENEFIELD, L. D; RANDALL, C. W., *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, Prentice-Hall, 1980.
5. GRUPO DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, *Agua Residuales y Tratamiento de Efluentes cloacales* [consulta: 18 de enero de 2014]. Disponible en: http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf

6. ROJAS, R., “Gestión integral de tratamiento de aguas residuales”, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: Organización Mundial de la Salud. 2002. 1-35 p.
7. COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE REGULACIÓN Y FOMENTO SANITARIO, *Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano, Equipos de tratamiento de tipo doméstico, Requisitos sanitarios*, Norma Oficial Mexicana NOM-180-SSA1-1998, México D. F., Secretaría de Salud, 2000.
8. DIXON, A. *et al.*, “Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination”, *Water Science and Technology*, 1999, 39(5), 25-32.
9. MOLINA, R., “Evaluación Sustentable ‘Casa-Habitación’ en el municipio de Tlaxcala, TLAX, México”, *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 2012, 6(1), 37-43.
10. INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL, *Criterios normativos de ingeniería: Normas de Instalaciones sanitarias, hidráulicas y especiales*, ND 01- IMSS-HSE-1997, México, Instituto Mexicano del Seguro Social, 1997.
11. SECRETARÍA DE SALUD, *Norma para la elaboración de los proyectos de instalaciones hidráulicas y sanitarias*, México, Secretaría de Salud, 2000.
12. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Estadísticas del agua en México 2014* [consulta: 12 de marzo de 2014]. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf>