

ANÁLISIS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA

Camargo González, Luis Daniel (1), Fuentes-Galván, María Lina (2)

1 Ingeniería Hidráulica, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: danyto_22@hotmail.com

2 Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: ml.fuentes@ugto.mx

Resumen

Debido a la problemática existente en lo que compete al abastecimiento de agua para los diferentes servicios de los cuales hace uso la población en general, es necesario el innovar en diversas alternativas para lograr este suministro de forma sustentable. Es por ello, que en el presente documento se presenta el diseño puntual de un sistema de captación del agua de lluvia para abastecer de servicios sanitarios a un edificio localizado en el Departamento de Educación de la Universidad de Guanajuato (DEUG). Dicho diseño se realizó utilizando la mayoría de las instalaciones hidráulicas existentes de manera que se logre una auto-sustentabilidad del mismo. Siendo dichas instalaciones: tuberías de alimentación, bombas, tubería de captación pluvial, válvulas, cisternas, tanques elevados, entre otros. En este trabajo se muestra que es posible obtener un nivel de auto-sustentabilidad en edificios considerando los usos sanitarios mediante el empleo del agua de lluvia como método de abastecimiento. Se encuentra que es posible cubrir parte de las demandas de agua para fines sanitarios en el edificio de estudio y que las instalaciones hidráulicas con las que se cuenta son propicias para tal fin.

Abstract

Because of the problems concerning with the water supply for the different services of the population, it is necessary to innovate in various ways to achieve this supply. That is why in the present document is shown a particular design of a rainwater harvesting system to supply sanitary services in a building located at the Department of Education of the University of Guanajuato (DEUG). This design was made considering most existing hydraulic systems so that a self-sustainability of it is achieved. The hydraulic installations taken into account were supply pipes, pumps, storm water collection piping, valves, tanks, elevated tanks, among others. With this work is shown the capability to obtain more self-sustaining buildings on sanitary issues using rainwater catchment as a method of supply. Concerning to the studied building was found that is possible to cover part of the sanitary water demands and that the current hydraulic infrastructure is able to be used for this purposes.

Palabras Clave

Aprovechamiento; Lluvia; Uso Sanitario; Sustentable.

INTRODUCCIÓN

Justificación

El estado de Guanajuato se abastece en un alto porcentaje (64%) de agua subterránea [1] siendo el principal uso consuntivo el agrícola. Sin embargo, el abastecimiento público y el industrial dependen en más del 80% de fuentes subterráneas [2]. De esta forma, la extracción de agua de los acuíferos del estado se ha llevado a cabo por más de 70 años, y en la actualidad de los 20 acuíferos en Guanajuato, 14 se encuentran sobreexplotados [3]. Así pues, la búsqueda de alternativas de abastecimiento que permitan dotar de agua de forma sustentable a la población es de relevancia considerando la situación del recurso hídrico y las prácticas de abastecimiento tradicionales. Para ello, se contempla el uso del agua de lluvia como alternativa de abastecimiento. Considerando lo anterior, se propone el análisis del diseño de un sistema de abastecimiento de agua para uno de los edificios del Departamento de Educación de la Universidad de Guanajuato que contemple la captación del agua de lluvia como fuente complementaria de abastecimiento de acuerdo a las características del edificio, sus demandas y la precipitación en el área.

Captación del agua de lluvia

La captación del agua de lluvia se ha practicado por diversas culturas desde tiempos ancestrales. Teniendo gran importancia para el abastecimiento en centro y sur de México, parte de Centroamérica, el Caribe, Asia, entre otros [4], [5], [6]. Los mecanismos que desarrollaron coincidían en dirigir las aguas de escorrentía de patios y techos mediante canales, zanjas y canaletas hacia almacenamientos subterráneos o superficiales para utilizar el agua en la agricultura o usos domésticos [4], [7]. En México el aprovechamiento del agua de lluvia fue práctica común durante el periodo colonial [7], y actualmente es un recurso utilizado en zonas rurales de estados como San Luis Potosí, Michoacán, Guanajuato, entre otros.

La captación del agua de lluvia se basa en la recolección y almacenamiento del escurrimiento producido por la lluvia en techos, vialidades y otras superficies. Cada sistema se conforma de una superficie de captación preferentemente

impermeable, sistemas de distribución para transportar el agua de la superficie de captación hacia tanques de almacenamiento y la estructura para almacenar [8].

Debido a los diversos beneficios que proporciona, la captación del agua de lluvia es una de las alternativas de abastecimiento con bajos impactos al medio y que implica un acercamiento y entendimiento de la comunidad hacia el recurso hídrico y su forma de ocurrencia tanto en zonas rurales como urbanas.

En México, la captación del agua de lluvia se promueve como una alternativa de abastecimiento y esta práctica es considerada como una estrategia dentro del Programa Nacional Hídrico [9] para incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios.

Zona de estudio

El Departamento de Educación de la Universidad de Guanajuato se localiza en la zona Sur del Municipio de Guanajuato puntualmente en las coordenadas 20°57'40.75" N y 101°16'31.36" O.



IMAGEN 1: Localización DEUG.

Esta a su vez ocupa una superficie de 7000 m² aproximadamente, distribuida en 5 edificios, áreas verdes y zonas recreativas (Imagen 2).



IMAGEN 2: Distribución de infraestructura dentro del DEUG.

Sin embargo la zona que nos ocupa para el presente estudio es el edificio correspondiente a la biblioteca (Imagen 3), este se localiza en la parte sur-este del DEUG, y cuenta con un área de 360 m². Así pues, con el propósito de obtener una fuente de abastecimiento independiente y utilizar la infraestructura que actualmente posee el edificio se analiza el potencial de captación del agua de lluvia para cubrir las necesidades hídricas del edificio con fines sanitarios, empleando para ello el techo de dicho edificio como superficie de captación.



IMAGEN 3: Edificio de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con la finalidad de estimar el abastecimiento que con el agua de lluvia se puede dar a los muebles sanitarios del edificio, se realizó un análisis hidrológico para conocer el caudal máximo que se presentará en la zona de estudio. Para ello, se empleó el método racional el cual toma en cuenta

el área del techo, la altura o intensidad de la precipitación [10] y el coeficiente de escurrimiento del material del techo. Para tales fines, se recurrió a la información de precipitación de la estación de la Comisión Nacional del Agua (Guanajuato, clave: 11094) más influyente de acuerdo a la localización del edificio de interés. Se emplearon los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas durante el periodo de 1981 a 2010. Las cuales se ajustaron a un periodo de retorno de 1.052 el cual ofrece un nivel de confianza alto al estimar la precipitación con un 95% de probabilidad de ocurrencia. En la Tabla 1 se presenta el gasto máximo que es posible obtener de acuerdo a las características del techo del edificio en estudio y la precipitación.

Tabla 1: Gasto máximo obtenido.

Área (m ²)	Qp (m ³ /s)	V(m ³)
360	0.069	39

Ahora bien, con el valor de la recarga que tendrá la cisterna obtenido, se procedió a realizar el cálculo del caudal de demanda utilizado para los diferentes muebles sanitarios presentes mediante el método probabilístico utilizando la ecuación de ajuste por mínimos cuadrados la cual hace énfasis en la determinación de las unidades muebles y el tipo de mueble.

Tabla 2: Unidad Mueble por tipo de mueble.

Método Probabilístico					
Mueble Sanitario	Tipo de Control	Demanda agua caliente y fría		Demanda total un solo servicio	
		Público	Privado	Público	Privado
WC	Fluxómetro	----	----	10	6
WC	Tanque	----	----	5	3
Fregadero	Llave	3	1.5	4	2
Lavabo	Llave	1.5	0.75	2	1
Mingitorio	Fluxómetro Pedestal	----	----	10	----
Mingitorio	Llave pared	----	----	5	----
Mingitorio	Fluxómetro pared	----	----	3	----
Regadera	Llave	3	1.5	4	2
Tina	Llave	3	1.5	4	2
Vertedero	Llave	----	----	3	----

Desarrollando la siguiente tabla en función de los muebles presentes se arrojan los siguientes resultados.

Tabla 3: Unidades Mueble (UM) presentes en el edificio.

Muebles Sanitarios por Planta	Número de muebles	UM	UM Total
Lavabo	4	1.5	6
Mingitorio (Llave Pared)	1	5	5
WC (Tanque)	5	5	25
	UM POR PLANTA		36
	UM TOTALES DEL EDIFICIO		108

Una vez obtenidas las unidades muebles se procede a calcular el gasto de demanda mediante la siguiente ecuación:

$$Q=0.11952855 (UM^{0.676173})$$

$$Q=2.834 \text{ l/s}$$

Una vez definido el valor del gasto demandado se continúa con el diseño de la línea de alimentación (Tabla 4).

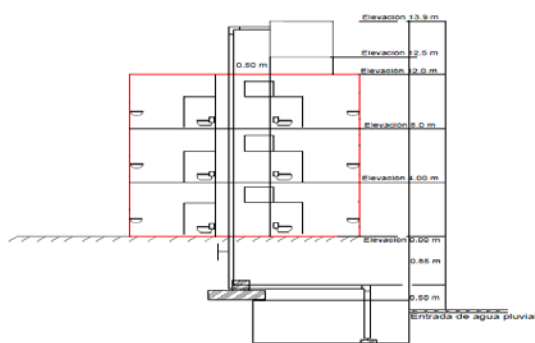


IMAGEN 3 : Línea de alimentación.

Tabla 4 : Dimensionamiento.

Gasto (m³/s)	Velocidad (m/s)	Diámetro Teórico (mm)	Diámetro Comercial (mm)
0.0028	2.5	37.99	50

De igual forma con el valor anterior es posible calcular la potencia necesaria de la bomba a emplear mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Potencia}=(Q*\gamma*HT)/(76*n)$$

Tabla 5 : Características de la tubería.

n (eficiencia)	ξ mm	Tiempo de remplazo 1 hr	Q (m³/s)	Diámetro (mm)
0.75	0.15	3600 seg.	0.002834	50

Realizando los cálculos correspondientes se obtiene una capacidad de bombeo necesaria de :

$$\text{Potencia en Hp} = 0.96$$

Con los datos anteriores en conjunto se desarrolla el análisis hidráulico de las líneas de distribución (Imagen 4).



IMAGEN 4: Representación isométrica por planta.

Imagen 5 : Ilustración de los cálculos de la línea de conducción realizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos arrojados con los cálculos referentes al dimensionamiento de la red son en gran medida ajustados al equipo con el que se cuenta en el edificio es decir, la tubería arrojada en el cálculo es igual a la instalada de 2" así como, el sistema de bombeo instalado presenta una potencia de 1.5 Hp cuando los cálculos estiman una potencia necesaria de 0.96 Hp lo cual hace que la bomba instalada pueda operar sin ningún problema. Así mismo, el caudal de recarga generado por el escurrimiento pluvial se presenta en mayor cantidad que el gasto correspondiente a la demanda sanitaria por lo cual no se presentarían problemas de abastecimiento durante por lo menos durante 5 meses en los que estaría en funcionamiento el sistema de captación de agua de lluvia, esto debido a que la precipitación presentada en la zona tiene este periodo de tiempo de 6 meses de duración por lo que el abastecimiento para el edificio que nos ocupa debe complementarse con el servicio de abastecimiento de agua municipal.

CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de captación del agua de lluvia en edificios del Departamento de Educación de la Universidad de Guanajuato es viable debido a que las instalaciones presentes indican un alto grado de congruencia con el diseño hidráulico calculado es por ello que para la implementación del mismo solo hace falta solo una conexión del dren de descarga pluvial hacia la cisterna, ya que como se demostró su recarga es mucho mayor que la demanda sanitaria por lo cual no se generarían problemas de abastecimiento y el edificio lograría una auto sustentabilidad en cuanto a los insumos de agua necesarios para fines sanitarios utilizando una fuente de abastecimiento descentralizada. Con el uso de este recurso es posible tener acceso a otros beneficios, como la extensión dentro de la comunidad universitaria del uso de fuentes alternativas dentro de un esquema de la educación ambiental y sustentabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Maestro Luis Jesús Ibarra Manrique por su apoyo en el desarrollo de este proyecto, así como al personal del Departamento de Educación y de la División de Ingenierías Campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato. Se agradece a la Universidad de Guanajuato por la subvención otorgada al primer autor.

REFERENCIAS

- [1] Scott, C. A. & Shah, T. (2004). Groundwater Overdraft Reduction through Agricultural Energy Policy: Insights from India and Mexico. *Water Resources Development*, 20(2), 149-164.
- [2] Comisión Nacional del Agua, (2014). Estadísticas del Agua en México Edición 2014. D.F., México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [3] Comisión Nacional del Agua, (2014). Atlas del Agua en México 2014. D.F., México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [4] Suárez, J., García, M., & Mosquera, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. VI SEREA-Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil).
- [5] Anaya Garduño, M. & Martínez, J.J. (2007). Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano. Texcoco, Estado de México. Colegio de Posgraduados.
- [6] Al-Aldamat, R., Diabat, A. & Shatnawi, G. (2010). Combining GIS with multicriteria decision making for siting water harvesting ponds in Northern Jordan, *Journal of Arid Environments* 74, p.p.1471-1477.
- [7] Comisión Nacional del Agua, (2009). Semblanza Histórica del Agua en México. D.F., México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [8] Sturm, M., Zimmermann, M., Schütz, K., Urbana, W. & Hartung, H. (2009). Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34(13-19), 776-785. doi:10.1016/j.pce.2009.07.004.
- [9] Comisión Nacional del Agua, (2014). Programa Nacional Hídrico 2014-2018. D.F., México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [10] Aparicio Mijares, F. J., (1993). Fundamentos de Hidrología de Superficie (1 ed.) México. Editorial Limusa.