

Estimación de la Pérdida de Agua por Fugas Visibles en Edificios Académicos y Administrativos de un Centro de Educación Superior

Castañeda Álvarez, Carmen¹; Chocoteco Campos, Jose Abel¹; González Vázquez, Luis Gabriel¹; García Cortes, Jesús¹; Cortes Solares, Guy Yaoyotzin¹; Najjar Villalvazo, Andrea Margarita¹; Boites Romero, María Fernanda¹

Resumen - A pesar de los continuos e incontables esfuerzos por concientizar a la sociedad de consumir el agua de forma eficiente y sostenible, el desperdicio de agua sigue siendo un problema difícil de controlar en México. El desperdicio de agua por fugas es el principal problema en el sector público, ya que estas no solo están presentes en los hogares, sino también en edificios públicos como hospitales, dependencias de gobierno, escuelas, entre otros, donde con frecuencia se ven goteras procedentes de los sistemas de grifería y ductos en inodoros, mingitorios, lavabos, fregaderos, etc., y a las que a menudo no se les da la debida atención. En este artículo se presenta una estimación de la pérdida de agua por fugas visibles en edificios académicos y administrativos de una escuela de educación superior con la finalidad de conocer el grado de desperdicio de agua. Al inspeccionar los edificios, en 10 de ellos se encontraron 18 fugas, las cuales representaron un desperdicio de 1,080.53 litros por semana (4,631.04 litros al mes), suponiendo que las fugas pasaran desapercibidas y no fueran reparadas en esos periodos, como a veces ocurre.

Índice de Términos - Desperdicio de agua, Fugas de agua, Fugas visibles, Goteos de llaves, Pérdida de agua.

I. INTRODUCCIÓN

Las Naciones Unidas estiman que la población mundial en 2050 alcanzará los 9,800 millones de personas [1]. Este crecimiento supondrá un aumento de la demanda mundial de agua disponible para el consumo humano². Además, el avance del calentamiento global está provocando sequías cada vez más frecuentes, especialmente en regiones áridas y semiáridas [3]. Esto también supondrá un aumento de los costes asociados a la extracción y transporte del agua, debido a que tendrá que extraerse de fuentes cada vez más profundas y lejos de los puntos de consumo [4].

En México, el agua está mal distribuida: escasea en el norte, es insuficiente en el centro y abunda en el sureste. En el norte, la escasez se debe principalmente a las sequías, y en el centro es insuficiente por la alta concentración urbana, por el mal uso y por el desperdicio. En este sentido, según un estudio de la OCDE [5], la Ciudad de México fue la ciudad del país y del mundo donde más agua se desperdició en el 2015, con 44%, principalmente por fugas en las redes hidráulicas. Aunque de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), ahora se pierde solo el 38% [6].

La agricultura y la ganadería son los sectores que más agua utilizan y también los que más desperdician. Según Conagua, utilizan alrededor del 75.7% del consumo total, del cual 57% se desperdicia principalmente por

Documento recibido el 30 de abril de 2023. Este trabajo fue apoyado por el Proyecto M00-PR-03-R01 No. 18668 dentro de los Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2023 del TecNM.

¹Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán.

*Autor de correspondencia: Jose Abel Chocoteco Campos, Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, Av. Tecnológico #100, Ciudad Guzmán, Mpio. de Zapotlán el Grande, Jalisco, México. C. P. 49100, E-mail: jose.cc1@cdguzman.tecnm.mx.

² El agua disponible en el planeta para el consumo humano es muy poca; solo el 1% es dulce y se encuentra en ríos, lagos y mantos subterráneos [2].

infraestructuras de riego ineficientes, que se encuentran en mal estado, son obsoletas y/o tienen fugas. Después, los sectores que más la utilizan son el público con el 14.7% e industrial con el 9.6%.

Las fugas de agua en los hogares son la principal causa de desperdicio de agua en el sector público, siendo los goteos de llaves, los flotadores descompuestos y las fugas en tanques inodoros las principales causas, lo que ocasiona un mayor consumo en los recibos y costos. Tan solo una llave goteando puede perder hasta 30 litros de agua al día. Estas son las razones por las cuales las dependencias que se ocupan del agua recomiendan a la ciudadanía revisar los sistemas de grifería y tuberías de agua en las viviendas para detectar fugas. También recomiendan, en lo posible, instalar sistemas para monitorear el consumo de agua en el hogar [7-8].

La Secretaría del Medio Ambiente (Sedema) de la Ciudad de México, señala que hay tres causas por las cuales se desperdicia el agua [9]: (1) deficiencias en la operación e infraestructura para la captación y distribución del agua; (2) malos hábitos de consumo en los usuarios; y (3) falta de la cultura de reúso, separación y aprovechamiento de agua de lluvia. Además, señala que las necesidades de consumo de agua por persona por día pueden variar enormemente en función de si cuentan con accesorios ahorradores o no. El consumo de agua de un servicio "normal", con accesorios ahorradores y un cuidado del agua, es de 96.5 litros/habitante, sin accesorios ahorradores, es de 307.3 litros/habitante y cuando se abusa del agua y del consumo es de 573.5 litros/habitante.

A pesar de los continuos e incontables esfuerzos de las instituciones responsables por concientizar a los usuarios de no desperdiciar el agua y consumirla de manera eficiente y sostenible, el desperdicio de agua sigue siendo un problema en todo el territorio nacional [9]. Diferentes gobiernos en México están realizando algunos esfuerzos aislados para afrontar el problema del desperdicio del agua. Un ejemplo es el programa "La Cosecha de Lluvia" puesto en marcha por el del gobierno de la Ciudad de México. Este programa consiste en colocar alrededor de 10 mil sistemas de captación pluvial y con ello beneficiar a 33 mil personas que viven en colonias de bajos ingresos [10]. Otro ejemplo es el programa "Plomero en tu casa" del ayuntamiento de La Paz, Baja California Sur, el cual consiste en convocar a plomeros de la comunidad para iniciar una campaña de eliminación de fugas en los 104 mil hogares [11].

El problema del desperdicio de agua no es ajeno a los centros educativos del país, y en particular a las escuelas federales de todos los niveles educativos, que siempre han carecido de recursos suficientes para mantener sus instalaciones en adecuadas condiciones [12-13]. Tal es el caso del Tecnológico Nacional de México³ (TecNM), debido a que muchos edificios académicos y administrativos de sus campus tienen décadas de haberse construido. Los primeros Institutos Tecnológicos que se fundaron fueron los de Durango y Chihuahua en 1948, poco después los de Saltillo (1951) y Ciudad Madero (1954) [14]. El Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán⁴ (ITCG) se fundó en 1972, y, por lo tanto, algunas de sus instalaciones tienen alrededor de 50 años construidas. Desde entonces a los sistemas de grifería y tuberías de los edificios se les da mantenimiento, principalmente de tipo correctivo. Por tal razón, es normal asumir que éstas no siempre se encuentran en buen estado debido a desgaste u obsolescencia, siendo muchas veces estas anomalías las causantes de las fugas de agua, tanto visibles como invisibles. En ambos casos, cuando las fugas de agua son "pequeñas" a menudo pasan desapercibidas por el común de los usuarios.

Las fugas visibles pueden ser detectadas de forma rápida y a simple vista, puesto que se manifiestan en la superficie. Es relativamente sencillo reconocerlas y establecer pautas de actuación para solucionarlas, sin embargo, el otro tipo de fugas son mucho más difíciles de detectar, debido a que estas se encuentran debajo de la superficie, por lo que pueden permanecer durante mucho tiempo sin saber con precisión en donde se encuentra la fuga.

Para realizar un trabajo de reparación de una fuga en el ITCG se debe seguir un proceso "burocrático" que ralentiza la reparación de la fuga. La solicitud de una reparación se hace mediante un formato denominado "solicitud de mantenimiento correctivo", por medio del (la) Jefe (a) de Departamento. En ocasiones, realizar la reparación es tardado debido a que el departamento que administra el mantenimiento prioriza otros trabajos, no dispone de los componentes, demora en adquirirlos, entre otras razones.

En la literatura, pocos trabajos de investigación se han publicado sobre estimaciones de pérdidas de agua por fugas visibles en centros educativos. Uno de estos pocos estudios es el realizado por Netshitanini [16], donde se evaluó la calidad y la cantidad de agua perdida en una institución académica sudafricana debido a fugas

³ El TecNM está conformado de 254 planteles educativos y es la institución de educación superior tecnológica más grande de México y Latinoamérica.

⁴ El Tecnológico de Ciudad Guzmán está ubicado en el sur de Jalisco, una región que en las últimas décadas se ha visto afectada por la explotación de los recursos naturales, como es el caso del agua [15].

originadas por corrosión, presión y envejecimiento de la infraestructura y por la actitud de los estudiantes. Se utilizó un enfoque observacional para el análisis de pérdida de agua. Se recogieron muestras de cada punto donde se pierde agua para analizar la calidad y la cantidad. Los resultados mostraron una pérdida total de agua de 9,013.56 litros/día en tres edificios de alojamiento de estudiantes de la institución.

En este trabajo se propone determinar la cantidad de agua desperdiciada a causa de fugas visibles en las instalaciones académicas y administrativas del TecNM campus Ciudad Guzmán. Para esto se realizó una inspección en los edificios académicos y administrativos de la institución, con el fin de encontrar fugas y medir el volumen desperdiciado de forma directa. Los datos cuantitativos recabados en esta investigación podrían usarse para concientizar a las instituciones educativas sobre la importancia de gestionar el agua y tener educación al usarla.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de datos se realizó a partir de la observación directa y consistió en buscar fugas de agua visibles al interior de los edificios académicos y administrativos del ITCG. Se inspeccionaron los 29 edificios que conforman la institución, identificados con las letras de la A a la Z, como se muestran en la Figura 1.



Fig. 1. Mapa de localización de los edificios académicos y administrativos del TecNM campus Ciudad Guzmán.

La inspección de todos los edificios se realizó en una semana. Se inspeccionaron los sistemas de grifería, tuberías y válvulas de inodoros, mingitorios, lavabos, fregaderos, etc. en cada edificio. En todos los casos, el agua procedente de las fugas fue acaparada en recipientes graduados durante 10 minutos. Se registró la cantidad del líquido acaparado en cada una de las fugas y se midió el volumen total de agua desperdiciada de forma directa. En la Figura 2 se muestran imágenes del acaparamiento del agua en dos goteras encontradas.



Fig. 2. Acaparamiento del agua de dos fugas encontradas.

En la Figura 3 se muestra la medición del volumen del agua acaparada. Por practicidad, los volúmenes más pequeños fueron medidos con una jeringa.



Fig. 3. Medición del volumen del agua acaparada.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron un total de 18 fugas de agua en 10 de los 29 edificios de la institución en estudio. La Tabla 1 muestra el edificio y la ubicación de las fugas encontradas, así como el volumen de agua desperdiciada en cada una de ellas si transcurren 10 minutos, una semana y un mes.

TABLA I
CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIADA EN LAS FUGAS ENCONTRADAS.

Fuga	Edificio	Ubicación	Volumen de agua desperdiciada		
			ml/10 min	l/semana	l/mes
1	B	Lavamanos	23.00	23.18	99.36
2-4	C	Lavamanos	10.00	10.08	43.20
		Inodoro	50.00	50.40	216.00
		Inodoro	3.00	23.18	12.96
5	I	Toma de agua	2.00	2.02	8.64
6	L	Fregadero	32.00	32.26	138.24
7	N	Lavamanos	195.00	196.50	842.40
8	P	Toma de agua	102.00	102.82	440.64
9	R	Toma de agua	600.00	604.80	2,592.00
10-12	T	Lavamanos	7.50	7.56	32.40
		Lavamanos	3.00	3.02	12.96

		Lavamanos	17.00	17.14	73.44
13	Y	Lavamanos	10.00	10.08	43.20
14-18	Z	Lavamanos	5.00	5.04	21.60
		Lavamanos	10.00	10.08	43.20
		Lavamanos	4.00	4.03	17.28
		Lavamanos	5.00	5.04	21.60
		Inodoro	2.00	2.02	8.64
Total			1,071.50	1,080.58	4,631.04

En los cálculos se consideró un mes = 30 días.

Once de las fugas de agua se presentan en las llaves de los lavamanos. Nótese que la Fuga 9 es la fuga por donde más agua se desperdicia. Se trata de una fuga en una toma de agua en el edificio R, debido a la cual se desperdiciarían 2,592 litros de agua por mes (si la fuga se mantuviera durante ese tiempo). Por el contrario, las fugas más pequeñas que se encontraron representan un desperdicio de agua de 8.64 litros por mes.

Las 18 fugas representan un total de 4,631.04 litros de agua desperdiciada si estas pasarán desapercibidas durante un mes. De acuerdo con [9], esta cantidad corresponde al consumo semanal de una familia de siete integrantes, con un servicio “normal”, con accesorios ahorradores y cuidando el agua.

IV. CONCLUSIÓN

En este trabajo se estimó la cantidad de agua que se puede desperdiciar a causa de fugas visibles dentro de edificios académicos y administrativos de un centro educativo de nivel superior. Se encontraron 18 fugas de agua en 10 de los 29 edificios que conforman la institución y se estimó que, si las fugas pasaran desapercibidas y no fueran reparadas, el desperdicio de agua sería de 1,080.53 litros por semana (4,631.04 litros por mes).

Con este estudio se busca concientizar sobre la importancia de no subestimar ninguna fuga de agua por muy pequeña que sea y de repararla pronto. Esto último podría lograrse con el apoyo de todos los que utilizan las instalaciones, reportando cualquier fuga de agua dentro de los planteles y darles seguimiento riguroso hasta que sean reparadas. Una solución podría ser colocar en los edificios un código QR que conduzca a un cuestionario donde los usuarios proporcionen el nombre del edificio, el lugar

donde se encuentra la fuga, alguna fotografía, entre otros datos.

Además, los autores de este trabajo recomiendan realizar estudios en otras instituciones de diferentes niveles educativos para conocer cuál es la situación actual del desperdicio de agua en las escuelas. Estos estudios podrían tomar en cuenta también las fugas invisibles y las fugas fuera de los edificios.

V. RECONOCIMIENTOS

Reconocer a las autoridades del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, la facilidad brindada para realizar este artículo con coautoría de estudiantes. Esto como parte de los esfuerzos que están realizando para formar en investigación a los docentes y coadyuvar al proceso de formación de los estudiantes. Este trabajo es parte de los resultados del proyecto de investigación titulado “Diseño de un diplomado para la formación en investigación científica y tecnológica para docentes del TecNM” con clave M00-PR-03-R01 No. 18668.

REFERENCIAS

- [1] United Nations. (2017). World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100. Department of Economic and Social Affairs Available at: <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>
- [2] Solomon, S. (2010). *Water: The epic struggle for wealth, power, and civilization* (p. 624). New York: Harper. Available at: <https://media-1.carnegiecouncil.org/import/studio/solomon.pdf>
- [3] [Naumann] Naumann, G., Alfieri, L., Wyser, K., Mentaschi, L., Betts, R. A., Carrao, H., ... & Feyen, L. (2018). Global changes in drought conditions under different levels of warming. *Geophysical Research Letters*, 45(7), 3285-3296. <https://doi.org/10.1002/2017GL076521>
- [4] Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2022). Blog: Día mundial del agua 2022. Aguas subterráneas, hacer visible lo invisible. Disponible en: <https://www.gob.mx/imta/articulos/dia-mundial-del-agua-2022?idiom=es>
- [5] OCDE. (2016). Gobernabilidad del agua en las ciudades. Perspectivas globales sobre el agua. En *Agua y empleo*. Vol. 1, 15-27. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.

- [6] Conagua (2018). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf
- [7] Gutierrez, J. L. T., Osuna, H. A. G., Sanchez, L. O. S., Miranda, C. L. C., & De Santiago, A. D. R. (2021). Un diseño de un sistema ciber-físico para el monitoreo del agua en el hogar. *Investigación y Ciencia Aplicada a la Ingeniería*, 4(28), 56-61. Available at: <http://ojs.incaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/91>
- [8] Fadhil, J. A., Omar, O. A., & Sarhan, Q. I. (2020, April). A survey on the applications of smart home systems. In 2020 International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSASE) (pp. 168-173). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9142103>
- [9] Sedema. (2016). Cuidar el agua es cosa de tod@s. Desperdicio de agua. El agua en la ciudad. Recuperado el 30 de abril de 2023, de: <http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/desperdicio.html>
- [10] Gobierno de la Ciudad de México. (2023). Cosecha de lluvia. Secretaría del Medio Ambiente. Consultado el 30 de abril de 2023 de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/cosecha-de-lluvia>
- [11] Diario el Independiente, por Iván Gaxiola Beltrán (2019). Implementarán programa “Plomero en tu casa” para reducir fugas de agua en hogares. Consultado el 30 de abril de 2023 en: <https://www.diarioelindependiente.mx/2019/09/implimentaran-programa-plomero-en-tu-casa-para-reducir-fugas-de-agua-en-hogares>
- [12] Márquez Jiménez, A. (2012). El financiamiento de la educación en México: Problemas y alternativas. *Perfiles educativos*, 34(SPE), 107-117.
- [13] Dominguez-Vergara, N., Pantoja-Gallegos, J. L., & Dominguez-Perez, D. N. (2018). Some proposals for higher education in Mexico to the year 2030. In *EDULEARN18 Proceedings* (pp. 9388-9397). IATED. Doi: 10.21125/edulearn.2018.2219
- [14] TecNM. (2023). Breve historia de los institutos tecnológicos. Tecnológico Nacional de México. Recuperado de: <https://www.tecnm.mx/?vista=Historia>
- [15] Macías Macías, A. y Sevilla García, Y. L. (Coords.) (2022). *El fracaso del desarrollo y la opción por el buen vivir. Comunicación Científica*. México. <https://doi.org/10.52501/cc.034>
- [16] Netshitanini, M., Adeeyo, A. O., & Edokpayi, J. N. (2023). Determinants and Evaluation of Onsite

Water Loss Due to Leakages in a Selected Institution in South Africa. *Water*, 15(2), 217. <https://doi.org/10.3390/w15020217>