

Número máximo de visitantes en un centro de educación ambiental que depende de la captación de agua de lluvia

Alfonso Rivas-Cruces ¹, Rojacques Mompremier ², Magdalena García-Martínez ³, Jorge Ramírez-Muñoz ² y Jersain Gómez-Núñez ^{2,*}

¹ Departamento de Medio Ambiente, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CDMX, México.

² Departamento de Energía, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CDMX, México.

³ Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Zacantenco, Instituto Politécnico Nacional, CDMX, México.

* Autor de correspondencia: jgn@azc.uam.mx; Tel.: +52 5551028591

Artículo de divulgación científica

Recibido: 19 de septiembre de 2024

Aceptado: 24 de octubre de 2024

Publicado: 19 de noviembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.223>

Resumen: En el proyecto del Centro de Educación Ambiental y Cultural Xantonalli, en el estado de Puebla en México, se pretende que se consuma únicamente la cantidad de agua que se capte de la lluvia. Esta cantidad de agua debe lograr atender las necesidades del personal local que maneje el centro y la posibilidad de recibir visitantes los fines de semana. En este trabajo se muestra de manera general, la metodología para determinar el número máximo de visitantes en función de la disponibilidad de agua y de la capacidad máxima del centro. Para esto, se utilizan datos históricos de la lluvia en el sitio, así como información de las superficies de los edificios que servirán para captar el agua. Por otro lado, se determina el consumo total, que considera diferentes rubros, que van desde uso en sanitarios y hasta su uso en el temazcal. La variabilidad de la cantidad de lluvia a lo largo de los meses del año genera que el número de visitantes sea variable y alcance su máximo a lo largo de los meses de la temporada de lluvias.

Palabras clave: Sistema de Captación de Agua Lluvia; Autonomía de agua; Xantonalli.

Introducción

El agua es un recurso fuertemente relacionado con la salud, la educación y el bienestar económico (Amarocho-Daza *et al.*, 2023). Sin embargo, en los últimos años el desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua dulce en el mundo ha llevado a buscar otras alternativas para disponer de agua. Una opción, son los sistemas de recolección de agua de lluvia (SCALL). Estos sistemas tienen una larga historia de aplicación desde la antigüedad, cuando la recolección y almacenamiento del agua se hacía en depósitos de tierra para uso doméstico y agrícola (Ballen *et al.*, 2006). El volumen de agua que estos sistemas pueden captar depende en gran medida de la precipitación de cada sitio y del tamaño de la superficie de captación.

El sitio de estudio es el Centro de Educación Ambiental y Cultural Xantonalli (CEACX), donde en la elaboración de su proyecto se pretende lograr la sustentabilidad de sus recursos y esto motiva a estudiar la capacidad que ofrece el aprovechamiento del agua de lluvia para consumo en sus instalaciones. Para esto, se propone implementar un SCALL, que debe recolectar el agua de lluvia desde sus techumbres, azoteas y terrazas para almacenarla. Aunque esta agua no cumple con los parámetros para ser usada directamente como potable, se pueden instalar filtros para lograr llevar su calidad a potable; sin embargo, también será aprovechada en usos no potables, como en inodoros, lavado de ropa, limpieza y riego de jardines. La implementación de un SCALL resolverá la imposibilidad de tener una conexión con la red pública de agua potable, la cual se ubica a varios kilómetros. En el presente trabajo se describe de forma simplificada cómo se determina la capacidad máxima de visitantes que puede recibir el CEACX mes a mes a lo largo del año, en función del consumo de agua que esto implica.

Desarrollo

El CEACX tendrá una superficie total de 38,280 m² y se ubicará sobre el libramiento 140D Puebla-Xalapa-Veracruz, en el estado de Puebla en México, ver Figura 1. El centro tendrá el objetivo de brindar una educación ambiental como un campo multidisciplinario para promover una comprensión del medio ambiente y fomentar prácticas sostenibles con interés especial en las ancestrales, como el baño en temazcal, la producción y consumo de pulque, entre otras.

De acuerdo con el proyecto arquitectónico, los edificios se van a concentrar en tres sectores, ver Figura 2. En la parte poniente se ubica el sector 1, con la mayor superficie de captación, e incluye un museo, un salón multiusos y la oficina de administración. En la parte central se ubica el sector 2, que incluye cuatro temazcales, un restaurante, dos baños, nueve albergues y un campo de cultivo. El sector 3 se ubica al oriente e incluye una magueyera, por lo que no ofrece una superficie de captación. En la Tabla 1 se describen las características de los edificios en los diferentes sectores, mismos que serán empleados como superficies de captación.



Figura 1. Ubicación del Centro de Educación Ambiental y Cultural Xantonalli.

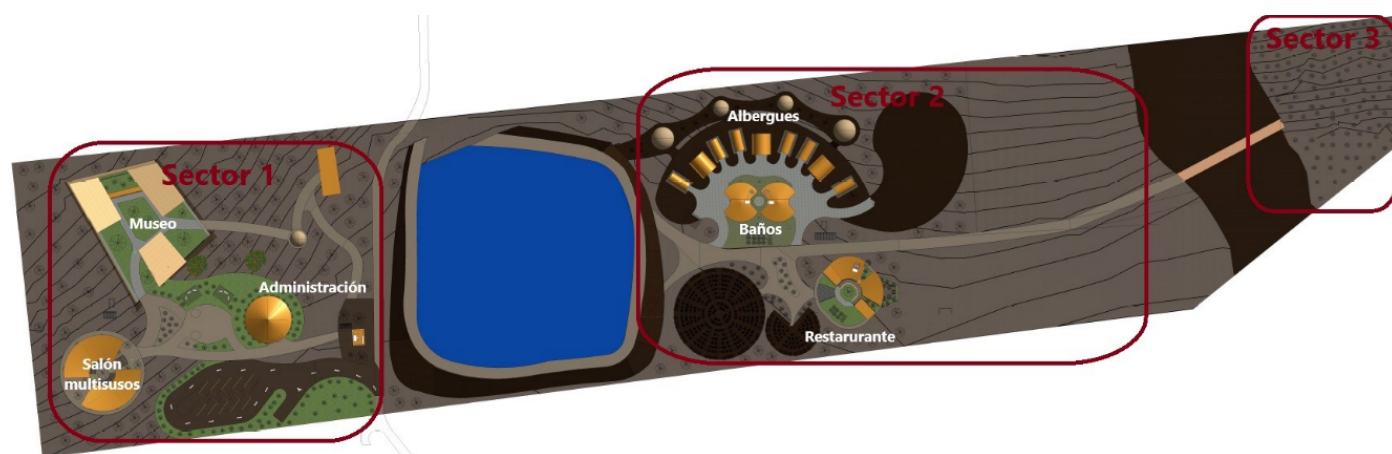


Figura 2. Edificios y sectores en el Centro de Educación Ambiental y Cultural Xantonalli.

Tabla 1. Características de los edificios del Centro de Educación Ambiental y Cultural Xantonalli.

Sector	Edificio	Área (m ²)	Superficie	Uso
1	Museo	405	Techumbre	Exposición
	Salón multiusos	288	Techumbre	Clases
	Administración	32.6	Techumbre	Oficinas
Total:		725.6	---	---
2	Restaurante	147	Techumbre	Cocina, restaurante y sanitarios
	Baños	156	Techumbre	Regaderas y sanitarios
	Albergues	50	Techumbre	Dormitorios
Total:		353	---	---
Total:		1078.6	---	---

La metodología empleada en este estudio es la descrita con detalle por Solórzano *et al.* (2019), donde se calcula el volumen de agua que se puede captar a lo largo de los meses del año. Para esto, se usan los registros de lluvia tomados

de la estación climatológica Capulac (CONAGUA, 2023), que es la más cercana (a 4.8 km). Estos registros corresponden a la lluvia acumulada de cada 24 horas a lo largo de 18 años, del 1 de enero de 1997 al 30 de marzo de 2015. La precipitación media anual acumulada es de 1,051.5 mm y se muestra desglosada por mes en la Figura 3. La temporada de lluvias se considera entre los meses de junio y septiembre, siendo el más lluvioso este último.

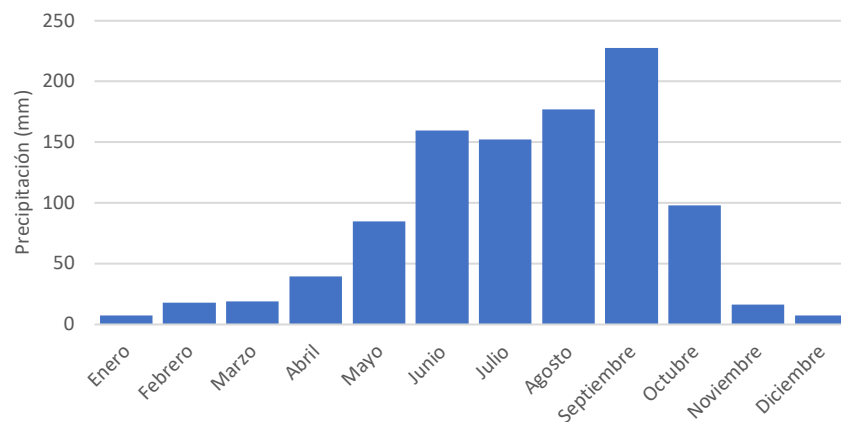


Figura 3. Precipitación media acumulada por mes.

Del volumen de agua que precipita, una fracción puede ser captada en las superficies de los edificios, dado que la otra fracción se considera como pérdidas. De acuerdo con el tipo de superficies que predomina, la techumbre, se considera que el 60% del agua puede ser captada (es decir, de cada litro de lluvia, serán captados 0.6 litros), de acuerdo con Sing *et al* (2013). Además, el volumen de agua a captar está en función del área de la superficie de captación de los edificios. Se propone la implementación de dos SCALL, uno en el sector 1 y el otro en el sector 2. Los volúmenes de captación de agua por grupo, por edificio y por mes se muestra en la Figura 4. El sector 1 capta un volumen de agua de 457.8 m³ por año como consecuencia de tener una mayor superficie de captación, que es superior al sector 2 (222.7 m³ por año).

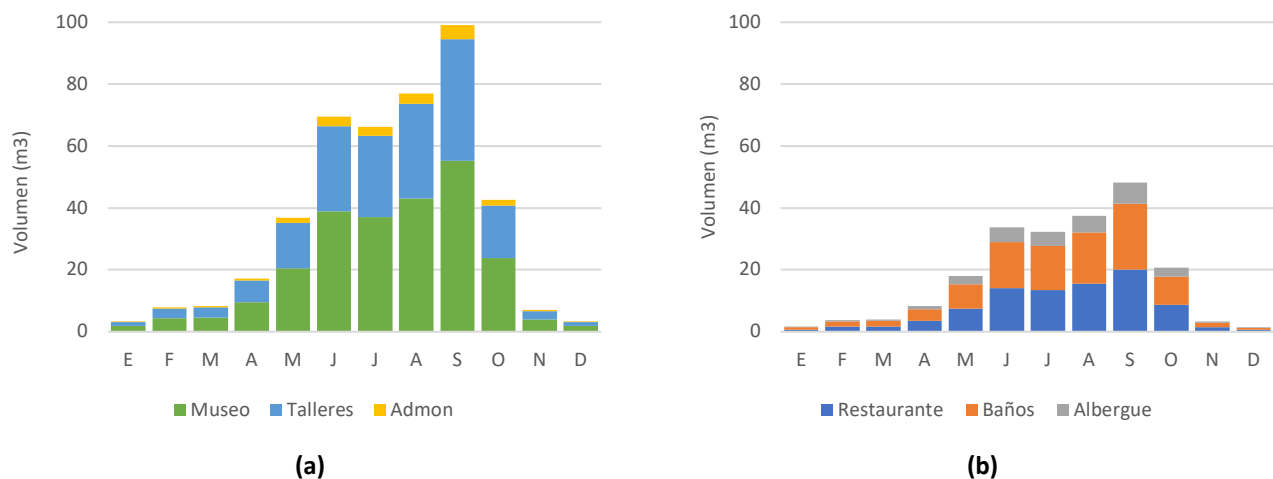


Figura 4. Volumen de captación de agua por sector y por mes. a) Sector 1. b) Sector 2.

El consumo de agua se calcula por sector de edificios tras asignar una cantidad de litros por cada servicio. Estos valores se muestran en la Tabla 2, donde, por ejemplo, en el temazcal usado por el personal del CEACX se tiene un consumo de 20 litros por dos sesiones por persona por semana, dado que es una costumbre de los lugareños. Se consideró también que los visitantes realizarán su estancia los fines de semana, de viernes por la tarde y hasta el domingo al mediodía. Otro ejemplo: en el restaurante se consumirá un litro en cada sesión y se estima que se usará durante cinco sesiones por cada visitante por fin de semana. El consumo total de agua se determina con el número de visitantes por semana; además, se consideran de una y hasta cinco personas anfitrionas que operan el CEACX cuando hay visitantes y una cuando no los hay.

Tabla 2. Consumo, sesiones y personas por semana.

Sector	Sitio	Consumo (L/sesión)	Uso (sesiones/persona/semana)
1	Temazcal local	20	2
	Temazcal visitante	40	1
	Sanitario local	0.5	7
	Sanitario visitante	0.5	2
	Ducha visitante	20	2
	Restaurante	1	5
	Limpieza	1	353
2	Taller Ocoxal	20	1
	Taller Pulque	20	1
	Taller Plantas Medicinales	30	1
	Sanitario local	0.5	7
	Sanitario visitante	0.5	2
	Limpieza	1	726
	Temazcal local	20	2

Los resultados son el número máximo de visitantes para los cuales se dispone de agua durante su estancia. Por otra parte, ese número máximo de visitantes se ve limitado por la capacidad máxima de 20 visitantes que se pueden alojar por fin de semana, además del número de personas locales operadores del CEACX. Estos resultados se muestran en la Figura 5.

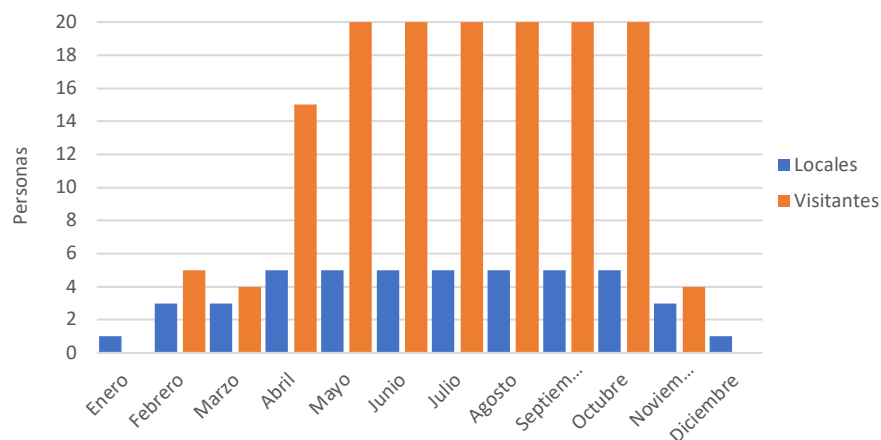


Figura 5. Número máximo de personas locales y visitantes que puede recibir el CEACX por semana en cada mes.

Conclusiones

De acuerdo con la disponibilidad de agua de lluvia, no es posible recibir visitantes durante enero y diciembre. En febrero, marzo, abril y noviembre es posible recibir un número reducido de visitantes por fin de semana (5, 4, 15 y 4, respectivamente). Durante la temporada de lluvias, de marzo a octubre se alcanza la capacidad máxima del CEACX, de 20 visitantes por fin de semana. Los resultados muestran que el CEACX puede ser autónomo en el recurso agua y recibir aproximadamente a 644 visitantes por año. Cabe mencionar que estos números son para años medios de lluvia, por lo que para años lluviosos el número de visitantes puede ser mayor.

Bibliografía

- Amorocho-Daza, H., van der Zaag, P., & Sušnik, J. (2023). Access to Water-Related Services Strongly Modulates Human Development. *Earth's Future*, 11(4), e2022EF003364. <https://doi.org/10.1029/2022EF003364>.
- Ballén-Suárez, J., Galarza-García, M., & Ortiz-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.
- CONAGUA (2023). Información estadística climatológica. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>.
- Singh, P. K., Yaduvanshi, B. K., Patel, S., & Ray, S. (2013). SCS-CN based quantification of potential of rooftop catchments and computation of ASRC for rainwater harvesting. *Water resources management*, 27, 2001-2012. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0267-6>.
- Solórzano-Villarreal, J. O., Gómez-Núñez, J., & Peñaranda-Osorio, C. V. (2019). Metodología para estimar la relación de consumo y captación de agua lluvia en un edificio en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(6), 178-196. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-06-07>.