

Análisis comparativo de áreas de captación de agua de lluvia en la infraestructura educativa del estado de Colima caso: TECNM, campus Colima



Colaboración

Saúl Ceballos Acosta; José Ricardo Moreno Peña; Santiago Arceo Díaz; Luis Aarón García Solórzano; J. Jesús Solís Enríquez, Tecnológico Nacional de México, campus Colima

Fecha de recepción: 11 de marzo 2024

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2024

RESUMEN: Se analizan y comparan las áreas de captación de agua de lluvia dentro de la infraestructura educativa del Tecnológico Nacional de México, campus Colima. La información básica se obtuvo de fuentes estadísticas, bibliográficas, así como revistas científicas, normas y reglamentos oficiales. En ellas se obtuvieron métodos de cálculo y las consideraciones que se deben de implementar en los sistemas de captación de agua. Posteriormente se caracterizaron las áreas de captación más utilizadas, para realizar la comparativa entre las áreas de captación convencionales (azoteas o techumbres) y las no convencionales (patios cívicos y canchas deportivas). Para obtener el área efectiva de captación, se utilizaron las ecuaciones de Anaya y como resultado se logró determinar las diferencias de áreas efectivas de captación de los elementos comparados. Logrando determinar la factibilidad del diseño y aplicación de sistemas de captación de agua de lluvia en áreas “no convencionales”. Se logra ampliar el panorama y la perspectiva de la aplicación de estos sistemas para aprovechar al máximo la captación de agua de lluvia en la infraestructura Educativa del Estado de Colima.

PALABRAS CLAVE: SCALL, Infraestructura Educativa, Captación de lluvia, TecNM, Comparación.

ABSTRACT: The rainwater harvesting areas within the educational infrastructure of the Tecnológico Nacional de México, Colima campus are analyzed and compared. The basic information was obtained from statistical and bibliographic sources, as well as scientific journals, official standards and regulations. Calculation methods and the considerations to be implemented in the water harvesting systems were obtained from these sources. Subsequently, the most commonly used catchment areas were characterized in order to make a comparison between conventional catchment areas (roofs) and non-conventional ones (civic patios and sports fields). To obtain the effective catchment area, Anaya's equations were used and as a result the differences in the effective catchment areas of the compared elements were determined. The feasibility of the design and application of rainwater harvesting systems in “non-conventional” areas was determined. The panorama and the perspective of the application of these systems to make the most of rainwater harvesting in the educational infrastructure of the State of Colima is broadened.

KEYWORDS: Scall, Educational Infrastructure, Rainwater Harvesting, TecNM, Comparison.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen diversos sistemas de captación de agua de lluvia, algunos son utilizados en la infraestructura educativa, comúnmente en las techumbres de los edificios, siendo almacenada en tanques para su posterior utilización, sin embargo, existen áreas suficientemente grandes y no aprovechadas por estos sistemas, lo que abre la posibilidad de innovar aprovechando áreas como: patios cívicos, canchas deportivas, plazoletas, áreas verdes, etcétera, definiéndose como áreas de captación no convencionales.

Según datos del Servicio Meteorológico Nacional y CONAGUA, en 2023 el Estado de Colima reporta una precipitación anual de 1,371.4 mm/m² [1], presentándose el temporal de lluvia en el periodo que comprende los meses de junio a octubre, propiciando la captación de agua de lluvia en la entidad.

En este artículo se desarrolló un análisis comparativo entre las áreas de captación convencionales y las mencionadas en el párrafo anterior. Con esto se pretende demostrar que las áreas de captación propuestas tienen características similares a las convencionales.

El objetivo general es demostrar la viabilidad de las áreas de captación propuestas como alternativas a las áreas de captación convencionales, calculando el área efectiva de captación.

Los objetivos específicos de esta investigación son:

- Identificar las áreas de estudio.
- Definir las características de las áreas de estudio.
- Estimar la demanda de agua requerida.
- Realizar el cálculo del área efectiva de captación de las áreas de estudio.
- Realizar el análisis comparativo de las áreas efectivas.

Para el cálculo del área efectiva de captación, utilizaremos la fórmula propuesta por Anaya [2], donde se dividirá la Demanda de consumo anual (Danual) entre la sumatoria de la precipitación anual (PN). De donde obtendremos el área efectiva de captación para determinar la factibilidad de captación agua en áreas alternativas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación es de enfoque mixto, ya que partimos de evaluar cualitativamente los elementos que intervienen para obtener datos cuantitativos, además de documental pues se aplican las normas y estadísticas de la disciplina. Fue realizada tomando en cuenta las características similares de las superficies a estudiar, contrastando la superficie no convencional contra la convencional. Para este caso las áreas seleccionadas por su similitud morfológica y su ubicación fueron las que se describen a continuación: como sistema convencional, la azotea del edificio "R" y como no convencional la plazoleta colindante al edificio "R" que se encuentran localizadas en el interior del plantel (figura 01) y ubicadas en la parte Sur-Este; El área convencional correspondiente a la azotea será denominada como "A" y la explanada de acceso al mismo edificio como no convencional, se denominará área "B". Figura 1.

Las características estudiadas según los "Lineamientos Técnicos de la CONAGUA en su Versión 3.3" [3] son: el tipo de material, la pendiente y el mantenimiento de las superficies, además para poder determinar "El área efectiva de captación" (Aec) es necesario esti-

mar la dotación de agua requerida según Anaya [1] y Bernal [4].



Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio en el Tecnológico Nacional de México, Campus Colima.

Fuente: Google Earth 2023

Los materiales y acabados de las superficies aceptables según los lineamientos son: laminas metálicas, plásticas, cubiertas de fibra-cemento, concreto hidráulico y asfalto. El área "A" cumple con la característica estipulada al ser de concreto armado con impermeabilizante prefabricado que impide la filtración por lo que evita una pérdida mayor de agua, como se puede observar en la Figura 2. De igual manera la superficie "B" cumple con esta característica, pues está construido con concreto, debemos recordar que una de sus propiedades del concreto es ser permeable, por lo que parte de la captación se absorberá por el mismo.



Figura 2. Azotea del edificio "R" en el Tecnológico Nacional de México, Campus Colima.

Fuente: Elaboración propia

En relación a la pendiente de las superficies; el área "A" tiene una pendiente del 1%, lo que permite el flujo adecuado del líquido hacia los bajantes pluviales. Por otro lado, en el caso del área "B" teóricamente cumple con la pendiente mínima del 1%, sin embargo, existe un problema parcial de desniveles en algunas de las losas que forman parte de la plazoleta, debido a la afectación provocada por las raíces de los árboles que se encuentran colindantes a la misma, sin embargo, esta situación no afecta el escurrimiento esperado (Figura 3).



Figura 3. Plazoleta de acceso al edificio "R" en el Tecnológico Nacional de México, Campus Colima.

Fuente: Los autores

En el apartado del mantenimiento de la superficie, la principal intención es conocer y analizar en qué condiciones se encuentran y mantienen las superficies en cuanto al existencia de residuos sólidos que impidan que se pueda garantizar un óptimo funcionamiento.

En el caso del área "A" se considera un mantenimiento preventivo cada 6 meses, intensificándose durante el temporal de lluvias, debido a que en este periodo tiende a generar mayor presencia de basura. Además de que esta superficie requiere mantenimiento del impermeabilizante para evitar filtraciones a la losa, este procedimiento generalmente es en los meses de abril o mayo previos a las primeras lluvias. Por el contrario, en el caso del área "B", debido a que es un área común, donde existen arboles alrededor y por consecuencia se genera basura constante por lo que se da limpieza a diario.

Bernal [4] en su tesis "Aprovechamiento de agua de lluvia en el Instituto Tecnológico de Toluca" utiliza una serie de ecuaciones para obtener la dotación o demanda de agua, con base en las fórmulas propuestas por Anaya [2] en su libro "Aprovechamiento del agua de lluvia. calidad, cantidad y abastecimiento continuo para diversos usos", se muestran a continuación las fórmulas que fueron presentadas en el trabajo de Bernal y que inicia con el cálculo de la demanda de agua mensual misma que será la base para el cálculo completo del Aec y se presenta a continuación en la Ecuación No.1:

$$D_j = \frac{(Nu)(Dot)(Ndj)}{1,000} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

D_j = Demanda de agua en el mes (m^3 mes⁻¹ población⁻¹)

Nu = Número de beneficiarios del sistema 300

Dot = Dotación (L persona⁻¹ día⁻¹) 20

Ndj = Número de días del mes j 30

j = Número del mes (1,2,3...12) 12

Para el cálculo de la demanda mensual (D_j) requerida para satisfacer las necesidades del alumnado del edificio "R", será necesario calcular el gasto por alumno, considerando los servicios sanitarios que comprenden descargas de sanitarios y lavamanos, que brindan servicios a las Ingenierías en Sistemas Computacionales e Informática del Tecnológico Nacional de México, Campus Colima. Según datos obtenidos de la administración escolar respecto al alumnado vigente en las carreras mencionadas, se calculó un promedio de 300 alumnos y un número máximo de 3 eventos diarios por alumno, datos que serán utilizados para los cálculos subsecuentes de la demanda de agua en el edificio. Según, el periódico La Jornada [5]. De acuerdo con un análisis elaborado por el Programa Universitario de Manejo, Uso y Reúso del Agua (Pumagua) y ratificado en el Manual del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) llamado "¿Cómo hacer un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en mi escuela? [6], donde se propone la fórmula para definir los litros de agua para cubrir las necesidades de los alumnos que a continuación se presenta:

$$Ddt = \frac{(Cd)(Fu)(1 + \frac{\% \text{perdidas}}{100})(Np)}{1,000} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

Ddt = Demanda diaria total (m^3)

Cd = Consumo de descarga (L/uso)

Fu = cantidad de veces que un usurario usa el baño por día

$\% \text{perdidas}$ = porcentaje de pérdidas de agua en las tuberías (%)

Np = Cantidad de personas que usan el baño por día

1000 = factor de conversión de litros por m^3

Descargas de sanitarios:

$$Ddt(\text{sanitarios}) = \frac{(4.8L)(3)(1.05)(300)}{1,000} \quad Ddt = 4.536m^3$$

Descargas de lavamanos:

$$Ddt(\text{lavamanos}) = \frac{(1.54L)(3)(1.05)(300)}{1,000} \quad Ddt = 1.46m^3$$

$$Ddt = \sum Ddt_s + Ddt_l$$

$$Ddt = 4.54 + 1.46$$

$$Ddt = 6.00m^3$$

Ec. (3)

Donde:

Ddt = Demanda diaria total (m^3)

Ddt_s = Demanda diaria total de sanitarios (L/uso)

Ddt_l = Demanda diaria total de lavamanos (L/uso)

$$Dta = \frac{(Ddt)(1,000)}{Nu}$$

$$Dta = \frac{(6.00)(1,000)}{300}$$

$$Dta = 20L$$

Ec. (4)

Donde:

Dda = Demanda diaria por alumno (L)
 1,000 = Factor de conversión m³ a litros
 Nu = Número de beneficiados del sistema

De la sustitución en la fórmula del IMTA se obtiene un consumo promedio por universitario de 20 litros al día. Por lo que se tomó este dato para el estudio y 30 días por mes. Realizando la sustitución quedaría de la ecuación No.1 quedaría de la siguiente manera:

$$Dta = \frac{(Ddt)(1,000)}{Nu}$$

$$Dj = 180m^3 / mes * Nu$$

Como resultado de la operación obtenemos que la demanda de agua para la población usuaria (Nu) dentro del Edificio "R" es de 180m³/ mes*Nu.

Posteriormente se procede a calcular el área efectiva de captación con las siguientes formulas:

$$Aec = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^n PN} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

Aec = Area efectiva de captacion (m²)

D_{anual} = Demanda anual (m³)

PN = Precipitacion neta (m)

j..n = Meses cuya precipitacion media es .25mm.

Por lo que será necesario antes de resolver la ecuación 05 obtener los valores de la Demanda mensual (Dj) para posteriormente obtener la Demanda anual (D_{anual}). La demanda anual, se obtiene de la multiplicación de la demanda mensual (Dj) por los meses de uso (12 meses), dando como resultado:

$$\begin{aligned} D_{anual} &= (Dj)(12) \\ D_{anual} &= (180)(12) \\ D_{anual} &= 2,160m^3 \end{aligned} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

D_{anual} = Demanda anual (m³)

Dj = Demanda mensual (m³)

12 = Meses de servicio del sistema

A continuación, obtendremos el valor de la precipitación neta anual (PN) a partir de la multiplicación de la Precipitación pluvial promedio por mes histórica (P) por la Eficiencia de la captación de agua de lluvia (Ncaptación).

El valor de P se obtuvo de las normales climatológicas (1991-2010) del Servicio Meteorológico Nacional [7], ubicada en las coordenadas LATITUD 19°13'00" N. LONGITUD: 103°42'47" W. ALTURA: 500.0 se muestra a continuación en la Tabla 1, los valores de las precipitaciones que se tomarán corresponden a la precipitación histórica por mes considerando solo los meses con precipitación mayor a 25mm. Entonces la precipitación neta (PNmensual) se muestra en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Normales de precipitación pluvial del Estado de Colima.

Máxima precipitación en 20 años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación mensual (mm)	438	197	136	0	139	274	343	304	457	0	91	59

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (2023)

En la Tabla 2. se muestran los valores del factor de escurrimiento de los materiales, de donde se tomarán los correspondientes a las áreas de estudio.

Tabla 2. Coeficientes de escurrimientos (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación.

Área de captación	Ce
Cubiertas superficiales, concreto	.06 - 0.8
Pavimento	0.5 - 0.6
Geo membrana de PVC	0.85 - 0.9
Azotea	0.8 - 0.9
Azulejos, teja	
Hojas de metal acanaladas	0.7 - 0.9
Captación en tierra	0.0 - 0.3
Suelo con pendientes menores al 10%	

Fuente: Lineamientos técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia CONAGUA 2023.

El Ncaptación se obtiene de multiplicar el coeficiente de escurrimiento (Ce) por el factor de perdidas (0.85) que consideran variables como salpicado, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño de la gota.

$$Ncaptación = (Ce)*0.85$$

Considerando los valores bajos de la tabla del coeficiente de escurrimiento de los materiales Anaya [2], se obtiene lo siguiente:

$$Ncaptación(A) = 0.80*0.85=0.68$$

$$Ncaptación(B) = 0.60*0.85=0.51$$

Con estos valores que serán considerados en la Tabla 2 se, podrá calcular el PN_{anual} que corresponde a $\sum_{j=1}^n PN$ considerando la sumatoria de los valores de precipitación de los meses mayos a 25mm, como ya fue expresado anteriormente y se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Precipitación anual neta con valores bajos del Coeficiente de escurrimiento (Ce)

Mes	Ncaptación (A)												0.68	
	Ncaptación (B)												0.51	
P.M.	438	197	136	0	139	274	343	304	457	397	91	59	$\sum_{j=1}^n PN$	
Pmes (A)	0.3	0.13	0.09	0	0.09	0.19	0.23	0.21	0.31	0.27	0.06	0.04	1.93	$\sum_{j=1}^n PN (A)$
Pmes (B)	0.15	0.07	0.05	0	0.05	0.1	0.12	0.11	0.16	0.14	0.03	0.02	0.98	$\sum_{j=1}^n PN (B)$

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la sustitución en la ecuación 5, quedando de la siguiente manera:

Para el caso "A"
$$Aec(A) = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^n PN(A)}$$

Donde:

$$Aec(A) = \frac{2,160m^3}{1.93m} 1,119.17m^2$$

La anterior operación da como resultado que el Área efectiva de captación para poder abastecer la necesidad Anual es de 1,120m².

Para el caso "B"
$$Aec(B) = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^n PN(B)}$$

Donde:

$$Aec(B) = \frac{2,160m^3}{1.98m} 2,204.08m^2$$

La anterior operación da como resultado que el Área efectiva de captación para poder abastecer la necesidad Anual es de 2,204m².

$$N_{captación(A)} = 0.77$$

$$N_{captación(B)} = 0.68$$

Por otro lado, considerando los valores altos de la Tabla del coeficiente de escurrimiento de los materiales obtenemos:

$$N_{captación(A)} = 0.90 * 0.85 = 0.765$$

$$N_{captación(B)} = 0.80 * 0.85 = 0.68$$

Seguiremos el mismo procedimiento anteriormente descrito para generar la Tabla 4.

Tabla 4. Precipitación anual neta con valores altos del Coeficiente de escurrimiento (Ce)

N _{captación A}												0.77		
N _{captación B}												0.68		
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Σ _{j=1} ¹² PN	
PNmes(A)	0.34	0.15	0.1	0	0.11	0.21	0.26	0.23	0.35	0.3	0.07	0.05	2.17	Σ _{j=1} ¹² PN (A)
PNmes(B)	0.23	0.1	0.07	0	0.07	0.14	0.18	0.16	0.24	0.21	0.05	0.03	1.47	Σ _{j=1} ¹² PN (B)

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la sustitución en la ecuación 2 para el caso "A", quedando de la siguiente manera:

Para el caso "A"
$$Aec(A) = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^n PN(A)}$$

Donde:

$$Aec(A) = \frac{2,160m^3}{2.17m} 995.39m^2$$

La anterior operación da como resultado que el Área efectiva de captación para poder abastecer la necesidad Anual que es de 995m².

Para el caso "B"
$$Aec(B) = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^n PN(B)}$$

Donde:

$$Aec(B) = \frac{2,160m^3}{1.47m} 1,469m^2$$

La anterior operación da como resultado que el Área efectiva de captación para poder abastecer la necesidad Anual es de 1,469m².

En el caso del área "A" la superficie de la azotea es de 600m², mientras que el área "B" cuenta con una superficie de 450 m².

RESULTADOS

Se determinaron las áreas que se iban a intervenir como objetos de estudios, siendo la azotea del edificio "R" y la explanada de acceso al mismo edificio, posteriormente se analizaron y se obtuvieron las características, considerando que ambas fueran lo más parecidas en cuestiones morfológicas y ambientales. Sin embargo, existen condiciones significativas que afectan directamente la eficiencia de estas áreas, además, que no se contó con índices que mostraran la posible afectación en los escurrimientos debido al mantenimiento de las áreas involucradas.

Derivado de la recopilación de información, se realizó una matriz de diagnóstico que se muestra en la Tabla 5; en ella se enuncian en la primera columna las características físicas de las superficies involucradas.

En la segunda columna los valores cualitativos y cuantitativos como son: la pendiente, el tipo de material de la superficie de captación, área de captación y el mantenimiento recibido, correspondientes al área "A" y en la tercera a los del área "B", donde se puede ver las similitudes, así como sus diferencias.

Existe una pequeña diferencia entre el área de captación de 150m².

Los resultados obtenidos de la demanda de agua requerida en el área de estudio, que será insumo en los cálculos posteriores fue de:

$$D_j = 180m^3/mes * Nu$$

Que corresponde al gasto mensual de los usuarios del edificio "R", posteriormente se calculó la demanda anual, quedando:

$$D_{anual} = 2160m^3 / Un$$

Del cálculo de la eficiencia de la captación del agua se obtuvo a partir los factores de escurrimiento y pérdida, dependiendo del tipo de material y la pendiente se obtuvieron los valores de N_{captación} para coeficientes menores:

$$N_{captación(A)} = 0.68$$

$$N_{captación(B)} = 0.51$$

Y los valores para coeficientes mayores fueron:

$$N_{\text{captación}}(A) = 0.76$$

$$N_{\text{captación}}(B) = 0.68$$

Así mismo, se tomaron los valores de la precipitación mensual a partir de las normales climatológicas que se presentaron en la Tabla 1 que fueron afectados por los factores de $N_{\text{captación}}$, obteniendo con ellos los valores de PN_{mensual} mostrado en la Tabla 2 para el caso de los valores bajos y en la Tabla 3, para los valores altos. Realizando la sumatoria de los anteriores valores, obtuvimos el PN_{anual} para el caso de los valores bajos quedó:

$$\sum_{j=1}^n PN(A) = 1.93$$

$$\sum_{j=1}^n PN(B) = 0.98$$

En el caso de los valores altos se obtuvo:

$$\sum_{j=1}^n PN(A) = 2.17$$

$$\sum_{j=1}^n PN(B) = 1.47$$

Finalmente fue posible el cálculo de las áreas efectivas de captación para cada caso, dando como resultado con los valores bajos:

$$A_{\text{ec}}(A) = 1,120\text{m}^2$$

$$A_{\text{ec}}(B) = 2,204\text{m}^2$$

En el caso de los valores altos resultó:

$$A_{\text{ec}}(A) = 995\text{m}^2$$

$$A_{\text{ec}}(B) = 1,469\text{m}^2$$

Para el análisis de las áreas reales donde tenemos una demanda anual de 2160m^3 en el edificio "R" se considera que:

En el caso del área real "A" que es de 600m^2 , se necesita aumentar un 87% la superficie de captación considerando el rango de valor de C_e en su límite inferior. Mientras que para su rango superior solo deberá incrementar un 66%.

En el caso del área real "B" de 450m^2 requiere un incremento del 490% tomando el rango de valor de C_e en su límite inferior y un incremento del 326% en el límite superior.

CONCLUSIONES

Al finalizar de este trabajo de investigación podemos concluir que:

Las áreas de captación no convencionales cuentan con características similares a las áreas convencionales, siendo la diferencia más significativa el acabado que puede tener la superficie de las mismas, representa-

do como la variable C_e , esta influye en la eficiencia de captación del agua y por consecuencia afecta directamente al realizar los cálculos del área efectiva de captación (A_{ec}).

Definiendo como patrón el área "A", la eficiencia del área "B" es de un 50.8%, considerando el rango de valores de C_e en su límite inferior y para su límite superior se incrementa la eficiencia a un 68%.

Para igualar la eficiencia de captación del área "A" (patrón) necesitaríamos aumentar el tamaño en un 93% la superficie de "B" para el valor inferior de C_e y para el superior solo tendría que ser del 47%.

Las áreas reales de manera individual y en conjunto son insuficientes para cumplir con la demanda de agua anual de edificio "R", sin embargo, con los resultados analizados podemos considerar que, al tomar los valores tanto altos como bajos de los factores de escurrimiento, la eficiencia en el área "A" se incrementa en relación con el área "B". Lo anterior da la pauta al aprovechamiento de estas áreas no convencionales como complemento en la captación de agua de lluvia de las áreas convencionales, ya que, al integrar las áreas eficientes de captación del área "A" como patrón y ajustar la superficie del área "B" que satisfaga el diferencial de volumen requerido, lograría de manera óptima la dotación requerida.

Al modificar las condiciones de la superficie "B", mejorando el coeficiente de escurrimiento, pudiéramos igualar o incrementar la eficiencia de captación de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

[1] SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (CONAGUA). (2023). *Resúmenes mensuales de lluvia y temperatura, Periodo enero a diciembre 2023*. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/ES/CLIMATOLOGIA/TEMPERATURAS-Y-LLUVIAS/RESUMENES-MENSUALES-DE-TEMPERATURAS-Y-LLUVIAS>.

[2] Anaya, M. 2017. *Aprovechamiento del agua de lluvia* (E. d. C. d. Postgraduados Ed. 1 ed.).

[3] SEMARNAT Y CONAGUA. (2023). *Lineamientos Técnicos: Sistema de Captación de Agua de Lluvia a Nivel Vivienda*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/791594/LINEAMIENTOS_TECNICOS_SISTEMA_DE_CAPTACION_DE_AGUA_DE_LLUVIA.pdf.

[4] Bernal, E 202. *Aprovechamiento del agua de lluvia en el instituto tecnológico de Toluca*. 2020. Recuperado el 07 de diciembre de 2023 de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2650>.

[5] Periódico La jornada. (2010). Muy elevado, consumo promedio de agua por universitario; 20 litros al día: UNAM. Última consulta el 06 de diciembre de 2023 en: <https://www.jornada.com.mx/2012/02/29/sociedad/051n1soc#:~:text=La%20participaci%C3%B3n%20de%20los%20universitarios,de%2020%20litros%20al%20d%C3%ADa.>

[6] Téllez Quintanar. 2022. Cecilia ¿Cómo hacer un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) en mi escuela? Cecilia Téllez Quintanar, Roberta Karinne Mocva Kurek, Cecilia González Correa y Juan Carlos Centeno Álvarez. -- Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2022. 46 p. Recuperado el 28 de febrero 2024 en: <https://www.gob.mx/imta/es/articulos/como-hacer-un-sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-scalle-en-mi-escuela.>

[7] Normales climatológicas (1991-2010). Servicio Meteorológico Natural. Última consulta el 07 de diciembre de 2023 en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=col.> [https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Normales6190/col/nor6190_06040.TXT.](https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Normales6190/col/nor6190_06040.TXT)

[8] Nmx-aa-164-scfi-2013. (2013). Edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos. Recuperado el 14 de febrero de 2024, de [https://www.sinec.gob.mx/sinec/vista/normalizacion/detallenmx.xhtml?pidn=t0hfzejk-duiwadfyotrnbxnvdkvjzz09.](https://www.sinec.gob.mx/sinec/vista/normalizacion/detallenmx.xhtml?pidn=t0hfzejk-duiwadfyotrnbxnvdkvjzz09)

