

## DISEÑO HIDRÁULICO DE UN CALLD FLEXIBLES PARA CASAS HABITACIÓN DE COMUNIDADES MARGINADAS Y ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE COLECCIÓN CON UN FACTOR DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Martín D. Mundo M.<sup>1</sup>

### RESUMEN

*Se presenta una tecnología denominada Colector de Agua de Lluvia Domiciliario (CALLD) flexible para suministrar agua potable a comunidades marginadas, que puede ser muy útil en sitios en donde los sistemas convencionales no son aptos, ya sea por las dificultades técnicas, por su elevado costo o por la falta de fuentes de aguas superficiales o subterráneas. La tecnología de colección de agua de lluvia domiciliaria consiste en un depósito cilíndrico flexible, capaz de almacenar hasta 10,000 litros. En este trabajo se presenta el diseño hidráulico del CALLD flexible y una ecuación para estimar la superficie de colección con un factor de variabilidad climática (Fc).*

**Palabras clave:** Colector de agua de lluvia, Tecnologías Apropiadas, Agua Potable para Comunidades marginadas.

### ABSTRACT

In this paper is presented a technology in order to drinking water supply to indigenous and poor communities in areas where the conventional technologies are not suitable. The domiciliary rainwater collector

is named flexible water tank (CALLD by the acronym in Spanish). The CALLD volume is 10 000 liters. In this paper is presented the hydraulics design of the CALLD technology and the equation for estimating the collection surface (roof collector) with a climatic variability factor (Fc).

**Keywords:** Rainwater collector, Appropriate Technologies, Drinking water for marginalized communities.

### INTRODUCCIÓN

México tiene una población indígena ligeramente superior a los diez millones de personas distribuidas por todo el territorio nacional (INEGI, 2000), quienes viven desde hace cientos de años en condiciones insalubres, con falta de infraestructura básica para vivir con dignidad (INI 1993, INI 1999). De acuerdo a datos de FONHAPO (2010) el 76% de esos más de 10 M de indígenas se encuentran en pobreza patrimonial y la proporción de población indígena que necesita vivienda es de 80.91%. Miles de ellos viven en pobreza extrema con problemas de comunicación hacia el exterior de sus comunidades, ya que en éstas se hablan más de 72 lenguas autóctonas distintas al español, esta circunstancia representa una dificultad para comunicarse (especialmente para los adultos) y reivindicar sus derechos ciudadanos. Las comunidades indígenas de México (CIM) se concentran principalmente en las entidades del centro y sur del país. Los estados de la república mexicana con mayor población indígena son Oaxaca, con más de un millón y medio de personas; Chiapas con más de un millón y medio de habitantes; Veracruz, Yucatán, Estado de México y Puebla, con alrededor de 900 mil indígenas cada uno. Los estados de Hidalgo, Guerrero, Quintana Roo, San Luis Potosí y Tabasco, también cuentan con una numerosa población indígena. En

<sup>1</sup>Docente-investigador de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas.

la ciudad de México (CDMX) habitan 333 mil indígenas (Peña 2005) que viven durante el día pidiendo limosna o realizando trabajos indignos y durante la noche duermen hacinados en pequeños cuartos, lejos de su tierra, costumbre y familia, perdiendo su identidad cultural. El 27% de los 2443 municipios de México concentran el 40% de indígenas, la inmensa mayoría viviendo en condiciones muy precarias y con insalubridad, entre otras razones por la falta de agua y vivienda digna.

Miles de ciudadanos de los pueblos originarios (CPO) viven en condiciones de pobreza extrema. En relación con el nivel de pobreza, un estudio realizado en 1994 en cuatro países latinoamericanos (Bolivia, Guatemala, México y Perú) mostró que en México el 81% de los CPO vivía por abajo de la línea de pobreza (ingresos menores a dos dólares al día).

Por otra parte, el suministro de agua a cientos de CIM es un problema que aún no se ha resuelto (CONAGUA, 2009). El abasto de agua para uso doméstico y consumo humano con calidad (derecho básico de cualquier individuo) es aún una utopía en miles de CIM. Por esa razón en los siguientes apartados se presenta el diseño hidráulico de una alternativa económica para coadyuvar a resolver una parte de esta problemática y una ecuación para estimar la superficie de colección de agua de lluvia, considerando el cambio climático o variabilidad climática local o regional.

### EL COLECTOR DE AGUA DE LLUVIA DOMICILIARIO (CALLD FLEXIBLE)

El CALLD flexible es una alternativa para solucionar la problemática de suministro de agua potable a través de la colección de agua de lluvia (Mundo et al, 1998; Mundo et al, 2015). Así, en el siguiente apartado se enuncia el diseño hidráulico de un CALLD flexible.

*Descripción técnica.* El CALLD flexible es un depósito cilíndrico que se puede construir de malla electro-soldada, recubierta de plástico flexible (PVC) grueso (foto 1) que puede almacenar hasta 10, 000 litros de agua (se están realizando pruebas experimentales para almacenar volúmenes mayores). La tapa del CALLD flexible es circular, hecha de lámina galvanizada calibre 12. El CALLD flexible cuenta con una bajada hidráulica que recibe el agua de la canaleta que pende

del techo de la casa con un sifón antes de la descarga para atrapar basura y solidos suspendidos. El agua se descarga del CALLD a recipientes de dos maneras: Utilizando una manguera, también flexible, que opera como sifón, o a través de una descarga de fondo por medio de un tubo con una válvula de control, colocada en el fondo del colector.



Foto 1. Colector de agua de lluvia domiciliario flexible

*Diseño hidráulico del CALLD.* Para el diseño hidráulico del CALLD se utiliza la ecuación [1], denominada "conservación de masa" en su versión volumétrica. La notación diferencial de esta ecuación expresa que la tasa de cambio del volumen (V) del CALLD respecto al tiempo es igual a la tasa de cambio del caudal que ingresa en el tiempo t:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt} Qt \quad [1]$$

Donde:

V= Volumen (m<sup>3</sup>)

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/s)

t= Tiempo (s)

La ecuación 1 también se puede escribir como:

$$dV = Q dt \quad [2]$$

Por lo tanto el volumen total del CALLD se obtiene integrando la ecuación 2:

$$\int dV = \int Q dt \quad [3]$$

Es decir:

$$V = Qt \quad [4]$$

Sin embargo el volumen (V) de la ecuación [4] depende de la dotación diaria per cápita (D), del número de personas que forman la familia (H) y del tiempo de almacenamiento máximo ( $t_a$ ), es decir:

$$V = DHt_a \quad [5]$$

Sustituyendo la ecuación [5] en [4]:

$$DHt_a = Qt \quad [6]$$

Si el caudal Q que escurre por el techo de una casa en su versión cinética es:

$$Q = PA_c \quad [7]$$

Donde:

P= Tasa de precipitación media anual normalizada (mm/a)

$A_c$ = Área de colección en el techo de la casa ( $m^2$ )

Sustituyendo [7] en [6] y despejando  $A_c$ , se tiene el área necesaria del techo colector (casa habitación) para un tiempo ( $t_a$ ) determinado:

$$A_c = \frac{DHt_a}{P} \quad [8]$$

La ecuación [8] es conocida en la literatura del tema con un factor arbitrario de 0.80 que considera una posibilidad del 20% de reducción de la precipi-

tación (P) como se muestra a continuación:

$$A_c = \frac{DHt_a}{(P)(0.80)} \quad [9]$$

Sin embargo, este factor es distinto en cada sitio de estudio y depende de la variabilidad climática o cambio climático de la zona, en este caso de la precipitación. Aquí es oportuno enunciar que el término "cambio climático" es usado actualmente de forma excesiva e irresponsable. No se puede hablar de efectos de cambio climático o variabilidad climática de una zona (como muchos estudios e investigaciones lo hacen) sin antes comprobar que dicho cambio o variabilidad existe. Esta comprobación se debe realizar con datos de las estaciones meteorológicas de la zona o región de estudio (no basta con una o dos) y debe ejecutarse los métodos que para el caso existen.

Por lo tanto, la variabilidad climática o cambio climático expuesto como "factor climático" en la ecuación [10] debe comprobarse mediante el análisis detallado de las series temporales de las estaciones meteorológicas insitu o cercanas a la zona de estudio. De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para zonas montañosas deben tenerse registros diarios mínimos de 50 años de P y para valles 30 años. De igual modo deben rellenarse los datos faltantes de acuerdo a los lineamientos planteados en la OMM (2011). También es indispensable verificar la homogeneidad de las estaciones meteorológicas utilizadas con el Standar Normal Homogeneity Test (SNHT), método de Von Neumann o método de Buishand. Posteriormente será necesario realizar el análisis de las anomalías de P y las tendencias de incremento o decremento de P en las series temporales, antes de afirmar que existe cambio climático en la zona bajo estudio, y finalmente estimar el valor de  $F_c$  de la ecuación 10.

$$A_c = \frac{DHt_a}{P F_c} \quad [10]$$

Antes de usar la ecuación [10] deben tomarse en cuenta además las siguientes consideraciones: De acuerdo a las encuestas realizadas la dotación (D) promedio para la comunidades indígenas es de 30 l/

persona/d, sin embargo la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere una dotación entre 50 y 100 litros de agua por persona al día con el fin de garantizar que se cubran las necesidades básicas y que no surjan amenazas para la salud. Tomando en cuenta esta sugerencia se recomienda una dotación entre 30 y 50 l/persona/d para dicha comunidad. Respecto al valor de H conviene decir que las familias indígenas son numerosas están formadas entre 5 y 10 personas por familia. El tiempo de almacenamiento (ta) puede ser variable en cada región, se sugiere se tome como valor máximo de ta lo que dura el estiaje. Respecto al valor de P se recomienda usar datos de precipitación media anual normalizada en mm/a.

### CONCLUSIONES

Se presentó el diseño hidráulico de colector de agua de lluvia flexible para suministrar agua potable a comunidades marginadas de México, a través de la colección de agua de lluvia a nivel domiciliario y una ecuación para estimar la superficie de colección con un factor de cambio climático o variabilidad climática (Fc). El Colector de Agua de Lluvia Domiciliario flexible se puede construir de forma cilíndrica utilizando malla electro-soldada, cuyo interior es forrado con plástico grueso de PVC flexible y puede almacenar hasta 10, 000 litros. Para el diseño hidráulico se utilizó el principio de conservación de masa en su versión volumétrica. El objetivo de esta tecnología es proporcionar agua potable a comunidades marginadas del país con el fin de elevar su nivel de vida.

### REFERENCIAS

- CONAGUA. (2009). "Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento 2009. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento". Coordinación General de Atención Institucional. Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- FONHAPO (2010). "Diagnóstico de las necesidades y rezago en materia de vivienda de la población en pobreza patrimonial". Fondo Nacional de Habitaciones Populares. SEDESOL. México.
- INEGI. (2000). "Censo general de población y vivienda 2000". Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). <http://inegi.com.mx>.
- INI. (1993). "Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 1990". Subdirección de Investigación, Instituto Nacional Indigenista.
- INI. (1999). "Información básica sobre los pueblos indígenas de México". Instituto Nacional Indigenista.
- Mundo Molina, M., Ballinas, A.R., Martínez, A.P., Hernández, B.L., Ponce, M.M., Ferrer, P.R. (1998). "Colección de agua de lluvia: una alternativa para la dotación de pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes". Quinta Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Oaxaca, Oaxaca, México.
- Mundo, M.M., Oseguera, L. (2015). "Casa sustentable y tecnologías apropiadas asociadas, para minimizar la pobreza elevar el nivel de vida de las comunidades indígenas y conservar el medio ambiente en México". Espacio I+D Innovación y Desarrollo. Vol. IV, Núm. 7.
- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. OMM No. 100. Organización Meteorológica Mundial (OMM). Ginebra, Suiza.
- Peña, F. (2005). "La lucha por el agua. Reflexiones para México y América Latina". En P. Dávalos (Comp.), Pueblos indígenas, estado y democracia (pp. 217-238). Buenos Aires: CLACSO.