

APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA COMO AGUA POTABLE

Clave de registro de proyecto: CIN2014A10025

Escuela de procedencia: Centro Educativo Cruz Azul Campus Cruz Azul Hidalgo

Autores: Adrian Bustamante Falcón
Carlos Bárcenas Arzate

Asesor: Juan José Ángeles Hernández

Área de conocimiento: Ciencias Biológicas Químicas y de la Salud

Disciplina: Medio Ambiente

Tipo de investigación: Documental

Lugar: Cd.Coop.Cruz Azul, Hgo

Fecha: 19/01/14

RESUMEN

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas. Por una parte es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles. Ahora se está viendo como un recurso que se puede aprovechar y reutilizar para bajar el consumo de agua en algunos procesos industriales o incluso para su potabilización y reúso en todos los servicios.

El agua de lluvia suele captarse en determinados meses y debe conservarse para ser utilizada durante el periodo posterior hasta la nueva época de lluvias. Por ese motivo, el empleo del agua de lluvia se combina con otra fuente de suministro de agua como puede ser la de red en muchos casos. Las obras de captación de lluvia es lo más apropiado para los habitantes de las comunidades donde el preciado líquido es escaso, debido a su fácil proceso constructivo, lo que permite tener una fuente de agua de buena calidad y cercana a sus viviendas, eliminando el grande esfuerzo que representa tener que acarrear agua de fuente de abastecimientos alejadas, aspectos que en su conjunto mejorar la calidad de vida de los pobladores.

Como resultado diremos que los techos son una opción para mejorar el suministro de agua a las comunidades de difícil acceso ó marginadas y que se han practicado desde la antigüedad y han resurgido en las últimas décadas como una nueva opción tecnológica para disponer de agua todo el año.

Esta visión también se está presentando en otros sectores productivos como pueden ser los centros comerciales, los grandes desarrollos habitacionales o incluso está generando mucho interés en el sector municipal.

SUMMARY

Rainwater has a number of advantageous features. On the one hand it is an extremely clean water compared to other sources of fresh water available. Now he is seeing as a resource that can be leveraged and reused to lower water consumption in some industrial processes or even for purification and reuse in all services.

Rainwater is usually captured in certain months and should be stored for use during the subsequent period until the new rainy season. For this reason, the use of rainwater is combined with other sources of water such as the network in many cases.

The works of rainwater harvesting is most appropriate for people in the communities where the precious liquid is low, because of its easy construction process, which allows a source of good quality water and close to their homes , eliminating the large effort of having to fetch water from distant source of supplies , aspects which together improve the quality of life for residents.

As a result we can say that the ceilings are an option for improving water supply to remote communities or marginalized and that have been practiced since ancient times and have emerged in recent decades as a new technological option to have water all year.

Vision is also being presented in other productive sectors such as malls; rooms are large developments or even generating much interest in the municipal sector.

APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA COMO AGUA POTABLE INTRODUCCIÓN.

El aprovechamiento del agua de la lluvia ha sido desde tiempos inmemoriales una práctica muy utilizada. El agua de lluvia se ha empleado históricamente para lavarse, beber y cocinar directamente con ella. En la actualidad, el incremento de la demanda de agua está creciendo de forma exponencial pudiéndose volver a recuperar la costumbre de aprovechar las aguas pluviales para muchos usos domésticos, tales como la lavadora, el lavavajillas, la limpieza de la casa, la cisterna del inodoro, e incluso para el consumo humano y el riego en general.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua del mundo existe de manera natural bajo distintas formas y en distintos lugares: en el aire, en la superficie, bajo el suelo y en los océanos, pero sólo el 2.5% del agua total es agua dulce, aunque de éste valor no todo está disponible, pues únicamente el 0.4% del agua dulce está en condiciones aptas para ser utilizadas por los seres vivos. Éste pequeño valor, equivalente a 35" 029.210Km³ de agua, que se ve claramente afectado por diversos factores que ponen en riesgo la sostenibilidad del recurso para garantizar el abastecimiento de las poblaciones. Algunas de los principales factores que afectan al recurso hídrico son:

- El crecimiento de la población, en especial en regiones con escasez de agua.
- Grandes cambios demográficos a medida que la población se desplaza de entornos rurales a urbanos.
- Contaminación de origen industrial, municipal y agrícola.

El desequilibrio existente entre el volumen de agua dulce disponible y la demanda de la misma no sólo ha llevado a escasez de agua sino también a otros serios problemas como por ejemplo las enfermedades asociadas con la calidad del recurso. De tres a cuatro millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades ocasionadas por la falta de agua potable; cada ocho segundos muere un niño por alguna enfermedad relacionada con el agua no apta para el consumo debido a las malas condiciones de saneamiento e higiene.

HIPÓTESIS O CONJETURAS

El agua de lluvia puede reemplazar perfectamente al agua potable, las características del agua de lluvia la hacen perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial.

La importancia de captar, almacenar, y utilizar el agua de lluvia para uso doméstico e industrial es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todas aquellas que no tienen acceso a ese vital líquido.

Hoy día los criterios son más restrictivos y no suele aconsejarse el empleo directo del agua de lluvia para estos usos puesto que la humanidad enfrenta serios problemas de deterioro ambiental, debido al intenso desarrollo urbano e industrial, los cuales han influido en las características químicas de la atmósfera.

La lluvia es un mecanismo natural de limpieza, sin embargo, existen multitud de aplicaciones diarias que no requieren una calidad de potable y para las cuales el agua de lluvia es una alternativa eficaz

y adecuada: cisternas de inodoros, lavado de ropa, riego, limpieza. Aplicando estas medidas se puede reducir un 40% el consumo de agua de nuestros hogares.

JUSTIFICACIÓN

Entre las muchas razones que se han expresado anteriormente, los principales beneficios que se obtienen de almacenar y utilizar el agua lluvia, son los siguientes:

- Algunos sistemas no requieren de energía para operar.
- El agua lluvia es gratis, los únicos costos son los de recolección, almacenamiento y distribución.
- Alta calidad físico-química del agua lluvia
- Facilidad en la construcción pues se pueden utilizar materiales de la zona, además implica bajas frecuencias de mantenimiento. .
- El agua lluvia no entra en contacto con el suelo y las rocas donde se disuelven las sales y minerales, por lo tanto es suave y puede reducir significativamente la cantidad de jabones y detergentes para la limpieza.
- Se reduce en cierta medida las inundaciones y la erosión.
- El agua lluvia es ideal para la irrigación de los jardines y cultivos.
- Al recolectarse el agua lluvia, se reduce el caudal del alcantarillado pluvial, evitando así el ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de agua.
- La recolección y utilización del agua lluvia reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable.
- Es una tecnología que se está utilizando por ser económica, social y ambientalmente aceptable.

OBJETIVO GENERAL

Hacer conciencia de la alternativa que representa la captación de agua pluvial a nivel doméstico y comunitario para la satisfacción de las necesidades de aseo, servicios sanitarios e incluso de ingesta, usando como instrumento de confianza la caracterización de algunos parámetros físicos, químicos y microbiológicos y que comparados con la NOM-127-SSA1-1994, permitirán observar si el agua pluvial cumple con algunas de las características solicitadas para el agua potable.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Plantear la captación de agua pluvial como una alternativa de abastecimiento de agua potable para solucionar el problema de escasez de la misma en las comunidades, considerar los posibles contaminantes ambientales que pueden influenciar los parámetros antes mencionados y demostrar que puede ser empleada para el uso doméstico.

Reconocer las etapas del proceso de purificación del agua de lluvia a fin de verificar que su funcionamiento cumpla lo establecido en las normas vigentes y tener una buena calidad de agua.

Identificar los elementos de diseño acondicionamiento, instalación y el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El agua pluvial no presenta en su origen sustancias contaminantes, pero a lo largo de su descenso hasta el suelo adquiere sustancias y organismos presentes en la atmósfera, por tal motivo es de importancia caracterizarla a fin de establecer su factibilidad para el uso doméstico y el probable consumo humano.

Calidad del agua. La calidad del agua es un concepto que permite describir las características, físicas, químicas y biológicas de la misma, su conocimiento es de suma importancia para garantizar su inocuidad y no ocasionar ningún riesgo significativo a la salud de la población que la use.

Parámetros físicos

a) Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismo. La medida de la turbiedad permite saber de una manera rápida hasta qué punto se debe tratar el agua para que cumpla con las especificaciones requeridas. Es importante su consideración en las aguas de abastecimiento público por tres razones: Estética, Filtrabilidad y desinfección.

El límite máximo permisible en el agua potable es de 5 NTU (unidades de turbidez nefelométrías) según la NOM-127-SSA1-1994.

b) Color

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle un color rojizo y la del manganeso, un color negro.

Para la determinación de color en el agua existen dos métodos: el visual y el espectrofotométrico. Por comparación visual de la muestra con soluciones coloridas de concentraciones conocidas o discos de cristal de color calibrados previamente con las soluciones anteriores. La unidad para la medición del color que se usa como estándar, es el color que produce 1 mg/l de platino en la forma de cloroplatinato.

c) Olor y sabor

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl^- y un sabor salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4^- . El CO_2 libre en el agua le da un sabor —picante—. Trazas de fenoles u otros compuestos le confiere un olor y sabor desagradable.

d) Conductividad

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. Es indicativo de la materia ionizable total presente en el agua. Las sales disueltas son las que permiten al agua conducir electricidad, el agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica, los iones cargados positiva y

negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida serán proporcional al número de iones presentes y de su movilidad.

Parámetros químicos

a) Potencial de Hidrógeno (pH)

Es una medida cuantitativa de la acidez o basicidad de una sustancia líquida. La acidez se refiere a la presencia de sustancias disociables en agua y que como producto de disociación generan el ión hidronio (H_3O^+), como son los ácidos fuertes, ácidos débiles y de fuerza media; también la presencia de ciertos cationes metálicos como el Fe (III) y el Al (III) contribuyen a la acidez del medio (NMX-AA-036-SCFI-2001).

La alcalinidad se refiere a la presencia de sustancias hidrolizables en agua y que como producto de hidrólisis generan el ión hidroxilo (OH^-), como son las bases fuertes, y los hidróxidos de los metales alcalinotérreos; contribuyen también en forma importante a la alcalinidad los carbonatos y fosfatos. La presencia de boratos y 15 silicatos en concentraciones altas también contribuyen a la alcalinidad del medio. (NMX-AA-036-SCFI-2001).

b) Cloruros

Los cloruros son las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua. El sabor salado del agua, es producido por la presencia de éstos, en concentraciones variables y dependiendo de la composición química del agua. Cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl. Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm.

La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm, este valor se estableció más por razones de sabor, que por razones sanitarias.

c) Sulfatos

El ión sulfato (SO_4^{2-}), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3000 ppm. El agua pura se satura de $CaSO_4$ a unas 1500 ppm. Éstos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones, los estándares para agua potable del servicio de salud pública tienen un límite máximo de 250 ppm de sulfatos, ya que a valores superiores tiene una acción "purgante".

Los límites de concentración, arriba de los cuales se percibe un sabor amargo en el agua son: para el sulfato de magnesio 400 a 600 ppm y para el sulfato de calcio son de 250 a 400 ppm.

Parámetros bacteriológicos

La bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Éstos últimos son anaerobios, formadores de esporas; éstas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo. El análisis del agua se realiza con el método de los tubos múltiples y se expresa en términos del —número más probable— (NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1, son potables.

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, luz ultravioleta, cloración, cloraminas y ozonización.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación documental: Investigación por internet, revistas, folletos, periódicos

- Características químicas del agua de lluvia
- Precipitación pluvial en la república mexicana
- Normatividad
- Métodos de captación de agua de lluvia
- Equipos de purificación de agua
- Diseño de sistema de purificación
- Los beneficios del agua de lluvia

Características químicas del agua de lluvia.

El agua de lluvia a menudo es considerada una fuente segura de agua limpia. Si bien es una fuente de agua blanda comparada con el agua de las casas de campo y no presenta metales pesados del suelo, el agua de lluvia no es completamente libre de químicos. Cuando las sustancias químicas y los contaminantes se elevan en el aire, la lluvia los vuelve a bajar a la tierra. Cuando aumenta la cantidad de químicos en el agua de lluvia, se convierte en lluvia ácida. El agua de lluvia del mundo contiene químicos provenientes de la contaminación del aire, independientemente de que la acidez sea alta o baja.

Algunas lluvias tienen bajo pH debido a los contaminantes industriales. Este fenómeno se conoce como lluvia ácida. Los contaminantes que predominan son el ácido sulfúrico y el óxido de nitrógeno.

Monóxido de carbono El agua de lluvia, especialmente en el caso de las zonas urbanas, tiene monóxido de carbono. Este gas llega al aire proveniente de la quema de combustibles, madera y materiales similares. El humo se eleva y el monóxido de carbono aumenta. Cuando cae la lluvia, el monóxido de carbono del aire se mezcla con el agua.

Plomo. El agua de lluvia a veces contiene plomo. Si bien el plomo ya no se usa en las casas modernas, existen algunas casas más antiguas que están pintadas con pinturas con plomo o poseen otros elementos a base de plomo. Cuando estos objetos se descascaran, algo del plomo va hacia el aire. El agua de lluvia baja nuevamente ese plomo al suelo y este se mezcla con el agua.

Ozono. El ozono se forma mediante la quema de combustibles fósiles y gas. En los humanos, el ozono puede producir problemas respiratorios y asma. Normalmente este gas sube en el aire, pero durante una lluvia intensa puede terminar cerca del suelo y mezclarse con el agua.

Ácido carbónico Mientras que el agua destilada tiene un pH de 7,0, el agua de lluvia registra un pH de alrededor de 5,6 debido al ácido carbónico, un resultado de dióxido de carbono disuelto en agua. En este bajo nivel de acidez, el agua de lluvia es inofensiva. Algunas moléculas de ácido carbónico también ionizan, expulsando un ion hidrógeno para convertirse en bicarbonato.

Amonio. El amoníaco es un gas invisible que resulta de la descomposición de la urea descargada por los animales de granja. Las aves también excretan ácido úrico que desprende amoníaco. Altamente soluble en agua, el amoníaco en la atmósfera reacciona con otros elementos y se transforma en compuestos de amonio, incluyendo nitrato de amonio y sulfato de amonio.

Ácido sulfúrico. Antes de la Revolución Industrial, la formación de la lluvia ácida se debió principalmente a causas naturales, como las erupciones volcánicas y la vegetación podrida. Sin

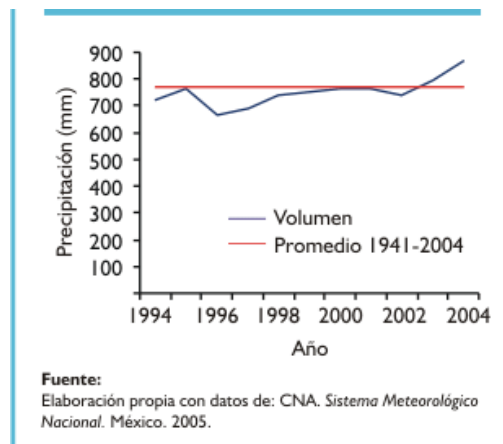
embargo, la combustión de los combustibles fósiles se intensificó con el crecimiento de la industria, el aumento de las emisiones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno. El dióxido de azufre reacciona con el agua y otros productos químicos en la atmósfera para formar ácido sulfúrico.

Ácido nítrico. Además de las plantas de carbón, los vehículos contribuyen con una cantidad sustancial de óxido de nitrógeno a la atmósfera. El óxido de nitrógeno reacciona con el agua a través de la disolución y la oxidación en la atmósfera para formar ácido nítrico.

Precipitación pluvial en la republica mexicana

La lluvia anual promedio total de México es de 766 mm, (600 litros por m², por lo que suponiendo un aprovechamiento del 80%, se podrían obtener 48.000 litros de agua gratuitos cada año en superficies de 100 m².)

Tabla 1 Precipitación pluvial periodo 1994-2004



Normatividad

El agua para uso y consumo humano debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, ésta establece los parámetros permisibles del agua para el consumo humano.

Para aquella agua que es purificada se debe cumplir la NOM-041-SSA1-1993 que establece las especificaciones sanitarias del agua purificada envasada.

Otra norma aplicable al agua para consumo es la del International Bottled Water Association (IBWA). Ésta es empleada en la industria del agua purificada y considera parámetros de aceptación de la misma para el consumo.

Otro punto de comparación son los parámetros marcados por la FDA (Food and Drug Administration) los cuales son requisitos indispensables para que el agua sea consumida. Algunas de las especificaciones establecidas se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Límites permisibles de algunas características físicas y químicas del agua

Parámetro	NOM-127	IBWA	FDA
Turbiedad	5 UTN	5 UTN	5 UTN
Color	20 UCV	5 UCV	15 UCV
Olor	No presenta		
Sabor	Agradable		
Conductividad			
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8,5	NA
Cloruros	250 ppm	250 ppm	250 ppm
Sulfatos	400 ppm	250 ppm	250 ppm
Coliformes totales	2 UFC/100 ml		
Coliformes fecales	0 UFC/100 ml		

Métodos de captación de agua de lluvia

Un sistema de captación de agua de lluvia consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua precipitada, para ser utilizada posteriormente para cualquier uso. Es la práctica de recolectar y utilizar el agua de lluvia que se descarga de las superficies duras, como los techos o el escurrimiento de suelos. Es una técnica ancestral que está recuperando su popularidad ahora que cada vez más gente, está buscando maneras de usar las fuentes de agua de forma más inteligente.

Para poder captar agua de lluvia es necesario que las superficies expuestas a la precipitación pluvial permitan su escurrimiento, ya sea porque la superficie es impermeable o porque su capacidad de absorción es inferior a la de infiltración en terrenos con pendiente.

En los centros urbanos, las áreas expuestas a la lluvia son mayoritariamente impermeables (techos, calles y estacionamientos), por lo que la captación se puede realizar con inversiones relativamente pequeñas. La conducción de los escurrimientos a los cuerpos de almacenaje se efectúa por medio de canalones en techos (liga a drenajes sifónicos), tuberías de lámina y/o PVC y canaletas con o sin rejillas en los pisos.

Área de captación: Lugar donde se almacenan los escurrimientos de agua de lluvia, antes de realizar su disposición final. Por lo general se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, etc., que deben estar impermeabilizados. También se puede captar el agua que escurre de calles o estacionamientos por medio de canales.

Estructura de captación: Recolectan las aguas en los sistemas de alcantarillado pluvial, se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir descargas domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios.

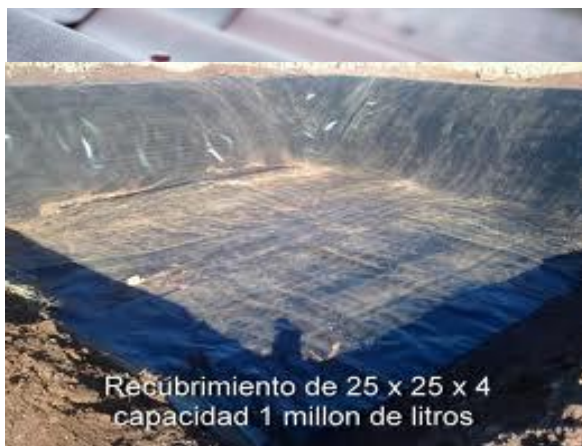
Sistema de conducción: El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento. El material utilizado debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí y que no permita la contaminación con compuestos orgánicos o inorgánicos.

Dispositivo de retiro de contaminantes y filtración: Antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento se recomienda colocar un dispositivo que retire y filtre los contaminantes que puede arrastrar el agua a su paso por las superficies, como pueden ser sedimentos, metales, grasas y basuras.

Tanques de almacenamiento: Se trata de tinacos o sistemas modulares en donde se conserva el agua de lluvia captada. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posible contaminantes.

Tanques tormenta: Un tanque de tormentas es una infraestructura de alcantarillado consistente en un depósito dedicado a capturar y retener el agua de lluvia, sobre todo cuando hay precipitaciones muy intensas, para disminuir la posibilidad de inundaciones en los casos en que la capacidad de escurrido del agua es menor que el volumen de lluvia. Tiene además la función de hacer una pre depuración al evitar que las primeras lluvias, que son las más contaminadas, se viertan directamente a sistemas naturales acuáticos

Vertedor: Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento.



Equipos de purificación de agua

Se presenta información del sistema de purificación del agua de lluvia, describiendo los elementos a considerar para el diseño de una planta de purificación del agua de lluvia y el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema.

Además, se especifican las actividades que se realizan en cada una de las etapas del proceso de producción, haciendo énfasis en las buenas prácticas de manufactura, las especificaciones técnicas del agua purificada y los parámetros que establecen las normas de calidad nacional. De igual manera se presentan los parámetros de calidad para el agua purificada establecidos en la normatividad, así como los requisitos para las buenas prácticas de operación de las plantas purificadoras de agua.

Estudio previo

Demanda: Permite conocer la demanda durante un mes, así como la demanda durante un año que necesita la familia y/o comunidad.

Disponibilidad de agua: Este dato permite obtener el coeficiente de captación, para proyectar la obra con menores costos y garantizar el abastecimiento de la demanda de agua a los habitantes de una vivienda o comunidad.

Con este método se obtiene la disponibilidad de agua o la precipitación mínima esperada, que en este caso es de 747 mm en la región en los meses más lluviosos de mayo a octubre.

Recolección

Área efectiva de captación de precipitación. Si la captación de agua es en techo de la vivienda es indispensable que los techos se encuentren en buen estado de conservación para captar el agua de lluvia, con inclinación de aproximadamente 3 a 5% para que el agua escurra libremente, desde el área de captación hasta la línea de canaletas. En el medio rural pueden usarse los materiales que estén al alcance económico de la familia, excepto láminas de asbesto ya que provocan daños a la salud.

Línea de conducción del agua captada.

De preferencia un sistema prefabricado de canaletas de PVC, diseñadas para la conducción del agua de lluvia. Es un material seguro ya que no es contaminante y resiste la intemperie.

La línea de conducción debe tener una inclinación del 1% para llevar el agua a los desagües inferiores de conducción pluvial hasta el sedimentador, donde se lleva a cabo la primera filtración. El sistema de canaletas debe contar con una cubierta de rejilla, también de PVC, prefabricada, sobre el canalón para impedir la entrada de hojarasca y basura al sistema.

Sedimentador o trampa de sólidos. Su ubicación debe ser en la parte superior de la cisterna, cementada a la red principal justo antes de la descarga del agua pluvial. Se integra al sedimentador un filtro de gravas y arenas para la depuración de agua, con el objeto de reducir sólidos, turbiedad y materia orgánica en el agua cosechada.

Para el diseño del lecho de gravas y arenas se debe considerar un área de 0.02 y 0.08 m² por persona. Permite el primer filtrado físico del agua y se ubica al final de la bajada pluvial.

Cálculo del volumen de almacenamiento de agua captada. El volumen de la cisterna se calcula por la demanda por persona por los meses de sequía+2. (De los meses más secos de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, más dos).

En cuanto a los materiales empleados para la construcción de las cisternas, pueden ser los que más convengan a cada región y familia considerando tanto costos de material en cada sitio y también que exista la mano de obra capacitada para hacer una obra segura y funcional para los usuarios. Independientemente del material elegido, los sistemas de almacenamiento deben contar con los siguientes elementos:

- 1) cubierta sólida y segura, con tapa,
- 2) lecho filtrante de grava y arena anterior a la cisterna.
- 3) llave de paso, que permita la extracción de agua sin que la contamine.

4) rebosadero.

5) desagüe para mantenimiento de la cisterna.

El mantenimiento de la cisterna consiste en un lavado interior cada dos años.

Sistema de purificación.

El diseño del equipo adecuado para purificación del agua se determina en función de los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de las muestras del agua de lluvia colectada en los techos. Por los resultados obtenidos, se puede seleccionar e instalar por ejemplo un equipo germicida con rayos Ultravioleta 1-UV-EM que cumple con la NOM-181-SSA1-1998.

- Filtración física de sólidos mediante un filtro lento de arena (sedimentador).
- Desinfección por cloración en la cisterna. Antes de iniciar el proceso de purificación el agua es almacenada y clorada con hipoclorito de calcio o sodio al 0.5%. El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, y virus presentes en el agua. Se añade una concentración de 0.5 ppm y se deja un tiempo de reacción mínimo de 30 minutos.
- El equipo de purificación se alimenta con agua de la cisterna mediante tubería cobre, empotrado en el muro permitiendo que se mantenga protegido y a su vez cerca de la corriente eléctrica de 120 voltios y de la cisterna.

El equipo purificador se integra de la siguiente manera:

- El primer cartucho filtrante, de carbón activado y plata coloidal retira del agua partículas suspendidas mayores a 5 micras que producen turbiedad. Excluye amibas y sedimentos, además retira cloro libre y materia orgánica. El agua libre de esos contaminantes, pasa al siguiente cartucho de luz ultravioleta.
- El germicida ultravioleta inactiva por esterilización: bacterias, virus, vibrión de cólera, algas y hongos. El proceso de desinfección lo efectúa al pasar el agua a través de una cámara de desinfección de acero inoxidable con una lámpara que irradia de rayos ultravioleta al agua, y altera el ADN de los microorganismos que puedan existir
- Ozonificación. El equipo se utiliza para oxidar cualquier microorganismo que pudiera existir, el procedimiento es mediante un sistema de saturación, con la ayuda de un tubo venturi hasta alcanzar 2 gr de ozono al envasar.

Después de estos procesos el agua se considera purificada y cumple con las características estipuladas en la NOM041 y NOM127 y se encuentra lista para envasar y para el consumo.

RESULTADOS Y/O AVANCES

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas. Por una parte es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles y por otra es un recurso esencialmente gratuito e independiente totalmente de las compañías suministradoras habituales. Precisa de una infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento y distribución.

Para muchos usos domésticos, tales como el empleo en la lavadora, el lavavajillas, la limpieza de la casa, la cisterna del inodoro y el riego en general, la calidad del agua no precisa ser la de apta para el consumo humano. En estos casos el agua de lluvia puede reemplazar perfectamente al agua potable. Además al ser un agua muy blanda proporciona un ahorro considerable de detergentes y jabones.

Es relativamente fácil adaptarla para poder disponer de ella como única fuente de agua si así se desea, con todas las garantías sanitarias que se requieran. En este caso, sí se deben tomar una serie de precauciones e instalar unos sistemas complementarios de depuración del agua sencillos, pero con controles absolutamente estrictos.

El agua de lluvia suele captarse en determinados meses y debe conservarse para ser utilizada durante el periodo posterior hasta la nueva época de lluvias. Por ese motivo, el empleo del agua de lluvia se combina con otra fuente de suministro de agua como puede ser la de red en muchos casos. Las obras de captación de lluvia es lo más apropiado para los habitantes de las comunidades donde el preciado líquido es escaso, debido a su fácil proceso constructivo, lo que permite tener una fuente de agua de buena calidad y cercana a sus viviendas, eliminando el grande esfuerzo que representa tener que acarrear agua de fuente de abastecimientos alejadas, aspectos que en su conjunto mejorar la calidad de vida de los pobladores.

Como resultado diremos que los techos son una opción para mejorar el suministro de agua a las comunidades de difícil acceso ó marginadas y que se han practicado desde la antigüedad y han resurgido en las últimas décadas como una nueva opción tecnológica para disponer de agua todo el año.

Con esto en mucha comunidades se compensansaria la falta de agua potable con refrescos y agua superficial aumentando los riesgos de diabetes e infecciones gastrointestinales. El implemento de un proyecto como este se incrementa la dotación de agua por persona. Esto significa cubrir aproximadamente el 60% de la cantidad mínima requerida de agua por persona al día. Con esta mejora en las estrategias de uso del agua se lograría satisfacer el 100% de la dotación diaria de agua para consumo humano recomendada por la Organización Mundial de la Salud para todas las familias de una casa o comunidad, equivalentes a 3 litros de agua por persona al día durante todo el año. Además, hay 24 litros más de agua por persona al día para el uso doméstico, para los cinco meses de sequía (noviembre a marzo). Durante la época de lluvia la familia podrá prescindir del suministro de la pipa. Se genera un ahorro familiar por este concepto, desde mayo a octubre equivalente a \$816 pesos. Por otro lado, al satisfacer la dotación de agua para consumo humano durante todo el año, la familia estará en posibilidad de prescindir del consumo de refrescos. Esto mejora en primera instancia, las condiciones de salud de la familia y un ahorro en lo económico de por lo menos \$1,600 pesos mensuales que por lo regular se destina a la compra de refrescos. Es decir que en el transcurso de un año la familia puede ahorrar \$20,857 pesos por este concepto. Además de este análisis simplista de costos, es importante resaltar el impacto en la calidad de vida de la familia al disponer de agua, recursos económicos adicionales y mejores condiciones de salud.

CONCLUSIONES

En el sector industrial se está generando un cambio de enfoque hacia la gestión del agua de lluvia. Si antes los escurrimientos pluviales eran vistos como un problema que afectaba la producción en la planta, debido a las infiltraciones en techos y los encharcamientos en vialidades; ahora se está viendo como un recurso que se puede aprovechar y reutilizar para bajar el consumo de agua en algunos procesos industriales o incluso para su potabilización y reúso en todos los servicios.

Se busca hacer uso de la infraestructura existente para requerir el mínimo de inversión. Muchas empresas ya cuentan con drenajes separados que conducen el agua de techos y calles hacia el punto más bajo de la planta para descargarlos hacia el sistema municipal. También en muchos casos poseen tanques tormentas para regular el volumen de agua que escurre antes de descarga al

drenaje, estas cisternas pueden ser utilizadas para almacenar el agua de lluvia. Readecuando lo que ya se tiene y agregando un proceso de limpieza, los escurrimientos pluviales, pueden quedar con muy buena calidad para su reutilización en proceso como: torres de enfriamiento o calderas; también puede ser aprovechada para la limpieza de superficies, maquinaria o vehículos; si le agrega un proceso más de desinfección se puede aprovechar en sanitarios, también se puede potabilizar para todos los usos.

Esta visión también se está presentando en otros sectores productivos como pueden ser los centros comerciales, los grandes desarrollos habitacionales o incluso está generando mucho interés en el sector municipal.

Además generará beneficios de ahorro de agua que implicaran disminuir el consumo municipal, ante unas tarifas que continuarán aumentando debido al estrés hídrico cada vez más evidente en México. Incluso evitar en algunos casos sobre pasar la cuota de extracción de pozo concesionada o la compra de pipas.

Por último a partir de octubre de 2012 se aprobó en México la Ley General de Cambio Climático, que exige medidas de Adaptación y Mitigación ante este reto que es cada vez más evidente. Aprovechar el agua de lluvia demuestra que se está tomando una doble medida de Adaptación ante los efectos que la modificaciones de los patrones climáticos, al aprovechar un recurso escaso y evitar los efectos generados por inundaciones. También se demuestra mitigación de gases de efecto de invernadero al comprobar reducción en las emisiones de CO₂, aprovechando el agua en el sitio y evitando su traslado que suele implicar un proceso costo y contaminante.

FUENTES BIBLIOHEMEROGRAFICAS Y/O DE INTERNET

- www.uv.mx. Caracterización de agua pluvial.
- www.biotu.org manual de captación de agua de lluvia
- www.padrecielomadretierra purificación de agua
- NOM-201-SSA1-2002. Establece cumplir con la NOM -127-SSA1-1994
- NOM-042-SSA1-1993
- Anaya, M., J. J. Martínez. 2006. Sistemas de captación, conducción, almacenamiento y tratamientos de agua de lluvia. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia (CIDECALLI), UNCCD, PNUMA, IRHA. México. p. 18
- 10 soluciones para el manejo sustentable del agua, Diseño y diagramación, Patricia de la Torre Brito, Mónica Guerrero Ledesma, Impreso en México, Primera Edición: Fundación ICA
- Agua, medio ambiente y sociedad, autores Julia Carabias y Rosalba Landa, editorial, UNAM-COLMEX, y fundación Gonzalo Rios.