

HOJA TÉCNICA

“Generación de agua a partir de humedad atmosférica”



Área Funcional Investigación Aplicada

UEN Investigación y Desarrollo

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____



1. Estado de la situación

Tradicionalmente, el ser humano ha utilizado diversas fuentes de agua para abastecer sus necesidades. No obstante, durante los últimos años se ha empezado a encontrar gran variabilidad en la disponibilidad del recurso hídrico. Esta situación llega a afectar tanto pequeñas poblaciones como grandes ciudades. Es por ello que se hace necesario hacer un recuento básico de las diversas fuentes de agua dulce con que se cuenta en la actualidad:

1. Agua subterránea.
2. Agua superficial.
3. Agua a partir de procesos de desalinización.
4. Reúso de aguas residuales tratadas.
5. Humedad atmosférica.

Cada una de las opciones mencionadas anteriormente tiene particularidades respecto a la conservación del recurso hídrico, y sus potenciales afectaciones. Asimismo, los ámbitos en que se pueden llegar a aplicar pueden variar de acuerdo con múltiples condiciones del entorno inmediato. Es decir, existen numerosas consideraciones que se deben valorar para definir la estrategia idónea de abastecimiento para las diferentes necesidades de agua del ser humano.

En esta Hoja Técnica Conceptual se presentan algunos aspectos preliminares que se deben valorar al considerar la tecnología de generación de agua a partir de humedad atmosférica. Esta es una de las opciones de producción de agua más innovadoras que existen en el mercado. Es por ello que se dedica un espacio para ofrecer elementos técnicos que se pueden incorporar en otros análisis más complejos.

2. Principio de funcionamiento

Existen procesos ampliamente utilizados en las actividades cotidianas del ser humano o bien en procesos de tratamiento de agua, que están relacionados con transferencia de materia. Tal y como indica McCabe (1991), las operaciones de humidificación y deshumidificación implican transferencia de materia entre una fase líquida pura y un gas permanente que es insoluble en el líquido. Bajo este concepto, para que el fenómeno ocurra se requiere tanto la transmisión de calor como la transferencia de materia; de hecho, se condicionan mutuamente.

McCabe (1991) también establece que, en operaciones de humidificación, especialmente cuando se hace referencia al sistema aire-agua, es frecuente el uso de ciertas definiciones especiales. La base habitual para los cálculos es una unidad de masa de gas exenta de vapor, donde la palabra “vapor” se refiere a la forma gaseosa del componente que también está presente como líquido, mientras que el



“gas” es el componente que solamente está presente en forma gaseosa. Además, siempre que no se especifique otra cosa, se supone que la presión total para la mezcla gas-vapor es de 1 atm. En el presente documento se hace referencia al vapor (en fase gaseosa) como componente “A”, mientras que se denomina componente “B” al gas permanente.

Para la aplicación en cuestión, es importante diferenciar algunos conceptos que podrían causar confusión al momento de interpretar información técnica. Específicamente, se trata de:

1. **Humedad:** es la masa de vapor que acompaña a una unidad de masa de gas libre de vapor (McCabe, 1991). Por lo tanto, si se considera P_A como la presión parcial del vapor, la humedad se establece como:

$$H = \frac{M_A \cdot P_A}{M_B \cdot (1 - P_A)}$$

Donde M_i es el peso molecular de cada componente.

2. **Gas saturado:** es un gas en el que el vapor está en equilibrio con el líquido a la temperatura del gas. Es decir, la presión parcial del vapor en un gas saturado es igual a la presión de vapor del líquido a la temperatura del gas. (McCabe, 1991). Por lo tanto, si se considera P'_A como la presión parcial del líquido, la humedad de saturación se establece como:

$$H_S = \frac{M_A \cdot P'_A}{M_B \cdot (1 - P'_A)}$$

3. **Humedad relativa:** es la relación entre la presión parcial del vapor y la presión del vapor del líquido a la temperatura del gas. Generalmente se expresa sobre una base porcentual, donde 100 por 100 de humedad corresponde a gas saturado y 0 por 100 de humedad corresponde a gas exento de vapor (McCabe, 1991). Es decir:

$$H_R = 100 \cdot \frac{P_A}{P'_A}$$

Por otra parte, ya existe un diagrama que muestra las propiedades de las mezclas de un gas permanente y un vapor condensable. Ésta representación corresponde a la carta de humedad (ver figura 1). En el eje horizontal se representa la temperatura y en el eje vertical se muestra la humedad. Cualquier punto de la carta representa una mezcla definida de aire y agua. La línea curva situada sobre el 90% corresponde a la humedad de aire saturado en función de la temperatura del aire (McCabe, 1991).

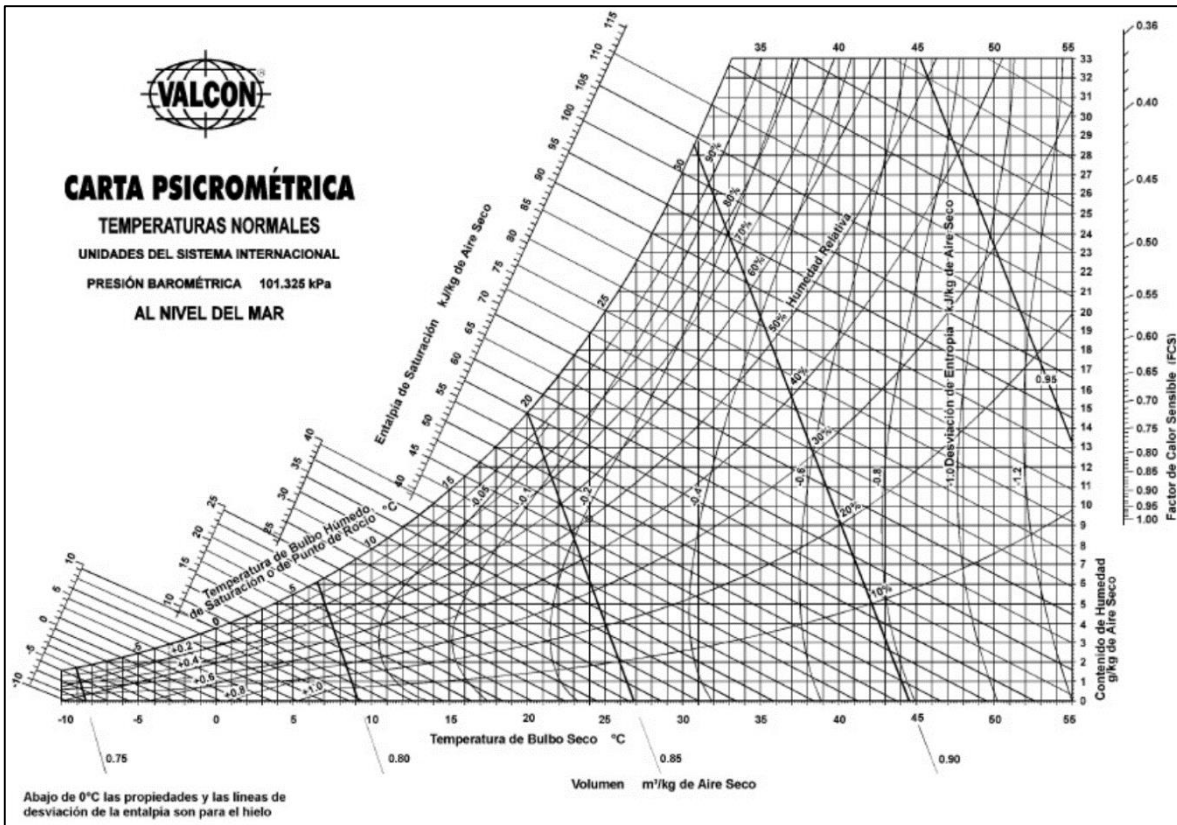


Figura 1 Carta psicrométrica a temperaturas normales y presión barométrica de 1 atm (McCabe, 1991).

Tanto la carta psicrométrica como las ecuaciones que dan origen a ella, permiten determinar de manera muy certera el contenido de agua en una determinada masa de aire. Asimismo, tal y como indica McCabe (1991), un gas saturado se puede deshumidificar poniéndolo en contacto con líquido frío. La temperatura del gas desciende por debajo de su temperatura de rocío, condensa el líquido, y la humedad del gas se reduce. Precisamente, este es parte de las operaciones fundamentales que siguen los equipos para generación de agua a partir de humedad atmosférica.

Como parte del trabajo documental que se realizó, se enviaron consultas a cinco empresas fabricantes de este tipo de equipos de producción de aguas. Por lo tanto, las características técnicas y de funcionamiento están referenciadas a los criterios aportados por cada una de las entidades que ofrecieron información detallada.

Según Tripathi et al (2016), la mayoría de estos equipos funcionan de manera similar a un equipo de aire acondicionado. Es decir, un compresor permite circular un refrigerante dentro de un condensador y luego un equipo de intercambio de calor permite enfriar la corriente de aire introducida. Esto permite una disminución de la temperatura hasta su punto de rocío, lo cual causa que el agua condense.

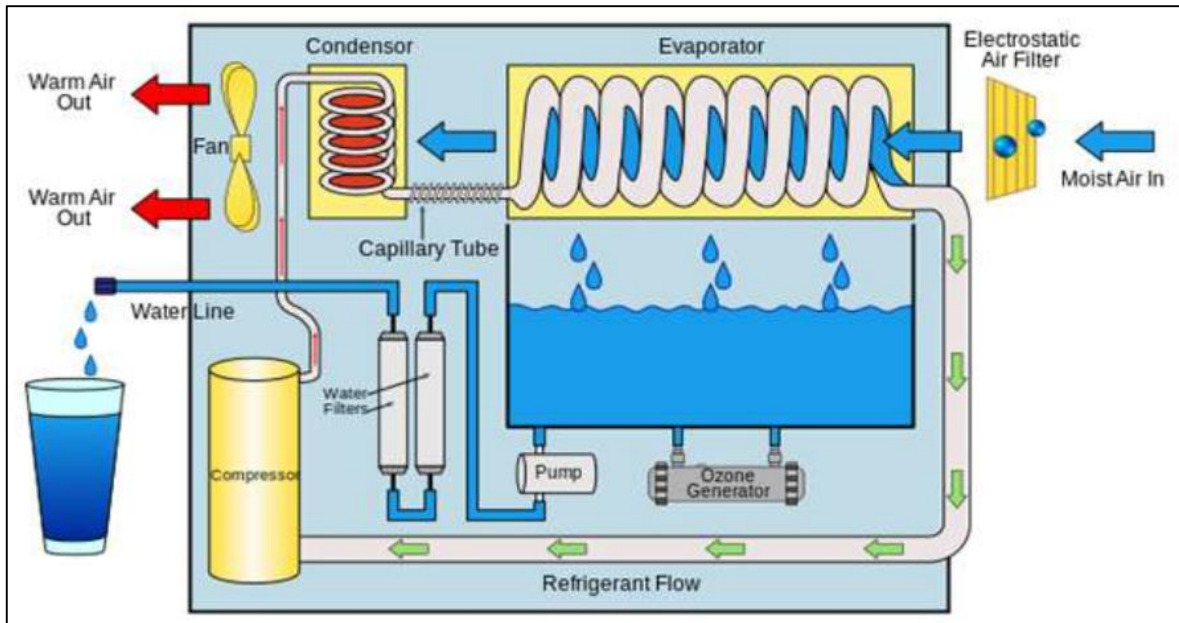


Figura 2 Esquema genérico de funcionamiento de un equipo para generación de agua a partir de humedad atmosférica (Tripathi et al, 2016).

Típicamente, el agua resultante pasa por un sistema de purificación interno, y se almacena en un recipiente ubicado en el interior del equipo. Según Tripathi et al (2016), la tasa a la cual se puede producir agua depender de: la humedad relativa, la temperatura ambiental, y el tamaño del compresor. Además, se podría considerar la variable de la capacidad de intercambio calórico en general como un factor de peso. A modo de “regla de dedo” los equipos para generación de agua a partir de humedad atmosférica no trabajan de manera eficiente cuando la temperatura cae bajo los 18 °C o cuando la humedad relativa desciende a menos de 30%. Esto significa, por ejemplo, que son menos eficientes cuando se ubican en sitios cerrados con aire acondicionado.

3. Caso de estudio

En el mercado existe una gran variedad de equipos para producción de agua a partir de humedad atmosférica. Se considera que un buen equipo para este propósito es aquel que permite contar con información suficiente para que el cliente tome decisiones acertadas antes de adquirir una unidad de trabajo. Para este caso de estudio preliminar se toma en cuenta un equipo, disponible en el mercado, que cuenta con las características indicadas en el cuadro 1.

De acuerdo con la información tabulada en el cuadro 1, se trata de un equipo que, presuntamente, permite obtener agua de calidad potable. Permite incluso el acople de soluciones de desinfección según los requerimientos establecidos por el país de uso. Por otra parte, requiere el funcionamiento continuo de varios elementos, dedicados a: compresor, ventilador, bomba de agua, lámpara UV.



Cuadro 1 Características generales del equipo para generación de agua a partir de humedad atmosférica (Gómez, 2019).

#	Característica	Valor especificado
1	Temperatura ambiente de funcionamiento (°C)	10 a 55
2	Humedad relativa de funcionamiento (%)	10 a 100
3	Condiciones de almacenamiento (°C)	-15 a 70
4	Suministro de energía eléctrica estándar	Servicio trifásico
5	Potencia nominal absorbida (kW)	4.1
6	Potencia máxima absorbida (kW)	5
7	Corriente máxima en funcionamiento continuo (A)	15
8	Corriente máxima de arranque (A)	46.4
9	Gas refrigerante	R-134 ^a
10	Interruptor de alta presión (bar)	23
11	Flujo de aire nominal del ventilador (m ³ /h)	2000
12	Potencia máxima absorbida del ventilador (W)	500
13	Filtro de aire de partículas finas F7 registrable y prefiltro de partículas G3 lavables	-
14	Flujo nominal en la bomba de agua (l/min)	11
15	Potencia máxima absorbida en la bomba de agua (W)	10
16	Filtros de agua: <ul style="list-style-type: none">- Filtración + Ultrafiltración.- Carbón activo de 2 fases.- Remineralización	-
17	Preservación: <ul style="list-style-type: none">- Lámpara UV en línea	-
18	Volumen del depósito de agua (L)	50
19	Peso del equipo (kg)	380
20	Dimensiones del equipo (m) <ul style="list-style-type: none">- Largo.- Alto.- Ancho.	1.175 1.920 0.785

Según se puede observar en el mismo cuadro 1, el equipo cuenta con un mecanismo de acondicionamiento del agua condensada. Esto por cuanto la humedad contenida en la masa de aire típicamente no cuenta con las mismas condiciones de mineralización que se pueden encontrar para el caso de agua superficial o subterránea. Adicionalmente, se atiende el componente microbiológico por medio de luz ultravioleta; esto debe ser valorado según los requerimientos de cada sitio.

Debido a que se cuenta con equipos de filtración, ultrafiltración, carbón activo y remineralización, es normal que sea necesario un cambio periódico de estas



unidades. Para el establecimiento de esta frecuencia de cambio de elementos internos, se recomienda apelar a la experiencia desarrollada por el fabricante, pues deben ser aspectos a considerar en los costos de mantenimiento. Lo mismo aplica para la aplicación de luz ultravioleta.

Según Gómez (2019), el equipo se puede configurar con tres modos de funcionamiento, según las necesidades del usuario final:

1. **Suministro manual directo:** permite obtener agua por medio de la salida principal de agua del equipo, incluyendo el tratamiento completo del agua.
2. **Suministro directo automático:** permite llenar un tanque externo. El nivel de agua en este tanque será controlado para evitar el desbordamiento. El agua suministrada es potable, pero debe mantenerse segura por medio de algún sistema externo de desinfección.
3. **Tanque externo y suministro:** permite almacenar agua en un tanque externo y la unidad la extrae para suministrar el líquido a la línea de distribución o simplemente para su recirculación a través del tratamiento del agua. También se mantiene disponible el modo que permite extraer agua por medio de la salida principal de agua del equipo.

Como herramienta de análisis adicional, el fabricante ofrece una tabla de valores de producción probable de agua según las condiciones ambientales del sitio donde se ubique la unidad. Es posible observar que conforme aumenta la temperatura y la humedad relativa, es posible contar con un potencial mayor de generación de agua. Además, es importante que el fabricante indica que los datos mostrados en la figura 3 son medidos con sensores calibrados en una cámara climática a nivel del mar, con temperatura y humedad relativa debidamente controlados. Por lo tanto, se trata de una serie de valores guía para la correcta selección del equipo que se desee instalar. Asimismo, el fabricante señala que la producción se ve afectada por diversos factores, tales como:

- Altura sobre el nivel del mar (-5.5% aproximadamente por cada 500 m)
- Limpieza de filtros.
- Viento.
- Otros.

Para efectos de valorar una eventual instalación en un sitio como Puntarenas centro, se solicitó colaboración de la UEN Gestión Ambiental para obtener los datos climáticos de la estación meteorológica ubicada en El Roble de Puntarenas. A partir de esta información es posible obtener datos base para una valoración preliminar de la producción potencial de agua:



- Condiciones medias del mes con la humedad relativa mensual más baja:
 - o Humedad relativa: 61.96%
 - o Temperatura: 27.78 °C.

- Condiciones medias del mes con la humedad relativa mensual más alta:
 - o Humedad relativa: 89.72%
 - o Temperatura: 26.10 °C.

		Temperatura °C									
		55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
Humedad Relativa (%)	100	-	-	736	702	636	531	380	237	124	67
	90	-	-	735	701	632	526	375	233	122	66
	80	-	754	733	695	617	504	356	219	114	63
	70	758	746	720	673	576	452	313	188	95	51
	60	744	725	687	610	501	380	243	133	72	36
	50	702	675	605	510	398	279	181	95	48	20
	40	590	548	466	374	269	191	106	57	25	6.8
	30	401	367	290	223	144	96	54	25	7.3	4.0
	20	214	195	138	99	64	37	17	4.7	-	-
	10	89	79	56	33	16	6.3	-	-	-	-

Figura 3 Producción diaria, en unidades de litros por día, para el equipo de 500 L/d (Gómez, 2019).

A partir de la información documentada por Trabado (2019), es posible presumir que el potencial de generación de agua para un equipo de 500 L/d es de:

- Producción potencial para las condiciones medias del mes con la humedad relativa mensual más baja: 380 L/d.

- Producción potencial para las condiciones medias del mes con la humedad relativa mensual más alta: 375 L/d.

Resulta interesante que la producción para los dos casos valorados de manera preliminar es muy similar. En ambos escenarios se trata de poco más de un 75% de la producción nominal indicada para el equipo; esto se da, considerando que el sitio de aplicación en Puntarenas está a 0 msnm, y que no hay afectación por limpieza de filtros, vientos u otros factores adicionales que podrían afectar la generación de agua.

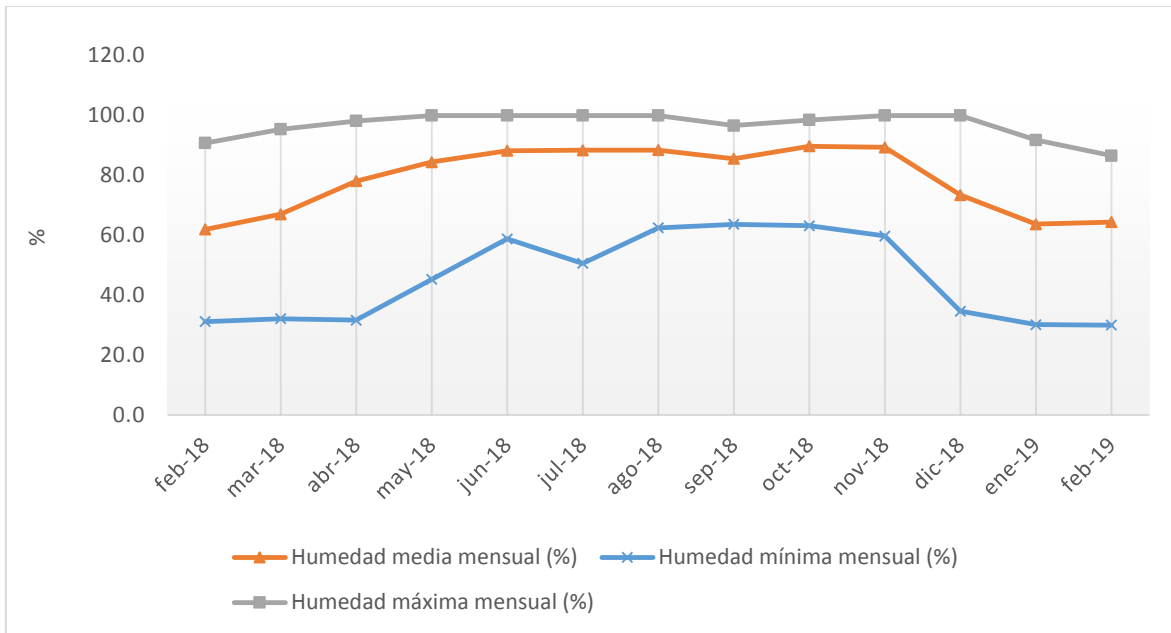


Figura 4 Humedad relativa mensual en Puntarenas (Trabado, 2019).

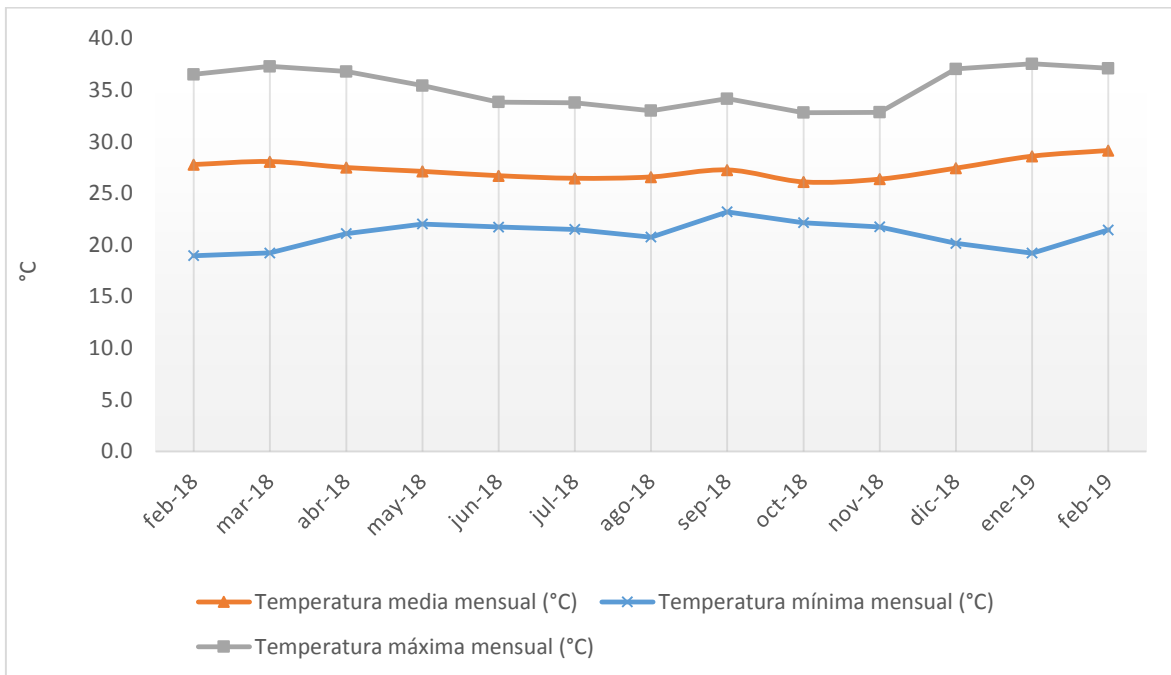


Figura 5 Temperatura mensual en Puntarenas (Trabado, 2019).

Adicionalmente, es importante que para cada caso se valore el uso del agua generada en este tipo de equipos. Típicamente, el diseño de un proyecto de abastecimiento requiere de volúmenes de producción altos, y en este caso se está indicando una producción en términos de litros por día (L/d). Si se traducen estos valores a otras unidades más utilizadas se obtendría:



$$380 \frac{L}{d} = 0.004 \frac{L}{s} = 0.38 \frac{m^3}{d}$$

En adición a lo anterior, el fabricante de este tipo de equipos también ofrece un estimado del consumo eléctrico potencial de la unidad de generación de agua, según las condiciones de trabajo a las que se podría someter. A partir de la información proporcionada por Gómez (2019), es posible presumir que el potencial de consumo energético para un equipo de 500 L/d es de:

- Producción potencial para las condiciones medias del mes con la humedad relativa mensual más baja: 0.28 kWh/L.
- Producción potencial para las condiciones medias del mes con la humedad relativa mensual más alta: 0.28 kWh/L.

		Temperatura °C									
		55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
Humedad Relativa (%)	100	-	-	0.16	0.17	0.19	0.23	0.28	0.39	0.64	0.88
	90	-	-	0.16	0.17	0.19	0.23	0.28	0.39	0.65	0.89
	80	-	0.16	0.16	0.17	0.19	0.24	0.29	0.41	0.67	0.91
	70	0.16	0.16	0.17	0.18	0.21	0.26	0.31	0.44	0.73	1.01
	60	0.16	0.17	0.17	0.20	0.24	0.28	0.38	0.62	0.85	1.22
	50	0.17	0.18	0.20	0.24	0.28	0.36	0.45	0.74	1.05	1.63
	40	0.20	0.22	0.25	0.29	0.36	0.44	0.70	0.96	1.47	2.88
	30	0.28	0.29	0.35	0.40	0.59	0.73	0.98	1.46	2.78	3.80
	20	0.41	0.43	0.61	0.72	0.90	1.19	1.78	3.48	-	-
	10	0.76	0.81	0.97	1.26	1.82	2.98	-	-	-	-

Figura 6 Consumo eléctrico probable, en unidades de kWh/litro, para el equipo de 500 L/d (Gómez, 2019).

A partir de los datos obtenidos, y suponiendo la aplicación de la tarifa vigente para la categoría “T-CO Comercio y Servicios”, se obtiene el siguiente costo de energía (no corresponde a la totalidad del costo de producción):

Consumo mensual promedio:

$$30d \cdot 380 \frac{L}{d} \cdot 0.28 \frac{kWh}{L} = 3192 kWh$$

Costo mensual por energía:

$$3000 kWh \cdot 127.14 \frac{colones}{kWh} + 192 kWh \cdot 76.08 \frac{colones}{kWh} = 396\,027.36 colones$$



Costo mensual unitario por energía:

$$\frac{396\,027.36 \text{ colones}}{30d \cdot 380 \frac{L}{d}} = 34.7 \frac{\text{colones}}{L} = 0.057 \frac{\$}{L} = 57 \frac{\$}{m^3}$$

Si se compara este valor con la tarifa de agua establecida para AyA por cada metro cúbico de agua, para el bloque de 1 a menos de 16 m³, se tiene que sólo el costo unitario de generación de agua a partir de humedad relativa (considerando sólo energía) es 95 veces mayor a la tarifa de agua.

4. Aspectos complementarios

Con el fin de poder ofrecer al lector algunos elementos técnicos adicionales para eventuales valoraciones de esta tecnología en proyectos de abastecimiento de agua, en el cuadro 2 se tabularon algunos aspectos importantes que pudieron ser documentados con base en las respuestas de dos casas fabricantes.

Cuadro 2 Aspectos complementarios a considerar para el uso de equipos para generación de agua a partir de humedad atmosférica (Gómez, 2019).

Aspecto	Gómez (2019)	Zloczower (2019)
¿El agua producida es desmineralizada?	<p>En los equipos para 50 y 200 L/d, se trata de dispensadores de agua en los que el sistema de potabilización [filtros de sedimentos, carbón activo y remineralización, así como el sistema de preservación (standard UV, opcional Cloración) y el depósito se integran dentro de la unidad.</p> <p>Los equipos para 500 L/d integran el sistema de potabilización, pero el almacenaje del agua se realiza en un depósito externo.</p> <p>Los equipos para 4500 L/d y 5000 L/d permiten acoplar una unidad de tratamiento de agua. Normalmente trabajan contra un depósito desde el que se realiza la distribución de agua, con lo que el standard de potabilización es una bomba dosificadora de cloro.</p>	<p>El agua se puede considerar como agua destilada. Ésta se somete posteriormente a tratamiento físico, químico y biológico: filtros para sedimentos, filtros de carbón activo, filtros de nanocerámica, unidad para remineralización, y desinfección ultravioleta).</p>



Aspecto	Gómez (2019)	Zloczower (2019)
	<p>El agua producida tras la condensación es básicamente agua destilada con algo de polvo y algunos olores. Tras el paso por los filtros es agua destilada y usamos un filtro remineralizador para añadirle minerales.</p>	
<p>¿Se pueden fabricar los equipos bajo estándares americanos de características eléctricas?</p>	<p>Sí se puede.</p>	<p>Sí se puede.</p>
<p>¿El motor usualmente sólo se ofrece en modalidad trifásica?</p>	<p>Se puede fabricar a conveniencia según la potencial del equipo deseado.</p>	<p>Así es.</p>
<p>¿Qué información requiere para estimar la potencial generación de agua por medio de su equipo?</p>	<p>Normalmente pedimos la localización y tomamos los datos climáticos del aeropuerto más cercano. Trabajamos con humedades relativas y temperaturas medias diarias a nivel mensual, para así ver la evolución de la producción a lo largo del año. Nos basamos en los datos de generación y consumo obtenidos de test en nuestra cámara climática, los cuales han sido certificados por TÜV Rheinland.</p>	<p>Solamente temperatura y humedad relativa del sitio donde se instalará el equipo. Se garantiza producción desde los 15 o 20 °C y 20% HR.</p>
<p>¿Qué elementos de mantenimiento se deben considerar como parte de los costos de producción?</p>	<p>Mantenimiento:</p> <p>Consideramos dos tipos de niveles de mantenimiento:</p> <p>- Para el primero no se requiere ninguna calificación especial, solo un poco de entrenamiento. Esto normalmente lo realiza el propietario o se subcontrata a una empresa de mantenimiento.</p> <p>Consiste en limpiar los filtros de aire lavables o cambiarlos cuando sea necesario y limpiar</p>	<p>El sistema interno de filtros se debe cambiar cada 6 meses. El precio incluye el primer año de cambio de filtros. Desde el segundo año en adelante se puede comprar un paquete de garantía extendida (atención a cualquier defecto y dos cambios de filtro al año). Este paquete cuesta \$5500 pro año.</p>



Aspecto	Gómez (2019)	Zloczower (2019)
	<p>la bandeja de condensados y el depósito interno.</p> <p>- El segundo nivel de mantenimiento es más técnico y normalmente requiere un técnico en refrigeración. Normalmente formamos al técnico a distancia para realizarla.</p> <p>Una vez al año, esta persona tiene que ocuparse de los componentes del ciclo de refrigeración, cambiar los filtros en el sistema de agua y realizar una limpieza general del interior del sistema, normalmente mediante hipercloración.</p> <p>Con respecto a la frecuencia de mantenimiento: esto depende principalmente de la calidad del aire, en términos de partículas en suspensión, pero como promedio consideramos estos períodos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Limpieza del filtro de aire y la bandeja de agua: cada dos semanas.- Cambio del filtro de aire y limpie la bandeja de agua: cada seis meses.- Mantenimiento profesional: una vez al año. <p>Los filtros de agua de las unidades grandes son rellenables y normalmente el carbón activo se compran localmente pues son estándares. En las unidades medianas los filtros de agua</p>	

Aspecto	Gómez (2019)	Zloczower (2019)
	los suministramos y en precio está por debajo de 200 € al año.	
¿Puede el equipo operar en forma continua?	Sí se puede. El equipo sólo para si está lleno.	Sí se puede.
¿Qué condiciones particulares se recomiendan para instalar el equipo?	Las dimensiones del equipo, así como datos de producción, tensiones y demás datos técnicos los puede ver en el catálogo técnico adjuntado. El equipo necesita que el aire tenga renovación y no se produzcan recirculaciones del aire seco tratado, pues esto disminuiría el rendimiento.	Se puede aportar el componente de traslado del equipo. Se recomienda poner en un espacio abierto, separado 1 m de cualquier pared y preferiblemente con protección del sol y sobre una superficie nivelada en concreto. Aunque hay equipos instalados totalmente a la intemperie. Se indica que el equipo no requiere una instalación de tierra.
¿Es posible adaptar equipos de bombeo, sistemas de control de nivel y equipos de desinfección al generador de agua?	Sí se puede.	Sí se puede.
¿Cuál es la vida útil estimada del equipo en su totalidad?	-	Hasta 15 años.
¿Cuál es el costo aproximado del equipo?	El precio de la unidad para 500 L/d es de 25 500 euros en España. El precio de la unidad para 4500 L/d en España está en torno a los 125 000 euros. Todo según las opciones seleccionadas.	Hay un equipo para 900 L/d en \$55 000 + IV. El equipo para 5000 L/d cuesta cerca de \$120 000 + IV.

5. Referencias

- Gómez, M. 2019. *Generadores atmosféricos de agua*. [Correo electrónico] (Comunicación personal, 3 Abril 2019)
- Grupo ICE. *Tarifas eléctricas Instituto Costarricense de Electricidad*. [En línea] (Actualizado 29 Marzo 2019). Disponible en: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES> [Accesado 15 Abril 2019]



- McCabe, W. et al. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. Cuarta edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S.A.U. 1991.
- Trabado, A. *Información meteorológica de la estación El Roble*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: Área Funcional Estudios Básicos, UEN Gestión Ambiental. 2019.
- Tripathi, A. et al. *Atmospheric water generator*. International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering. Vol. 5 Issue 4. (2016).
- Zloczower, D. 2019. *Generadores atmosféricos de agua*. [Correo electrónico] (Comunicación personal, 2 Abril 2019)

Colaboradores:

Ing. Alina Trabado Sagot
-UEN Gestión Ambiental-

Ing. Jorge Hidalgo Madriz
-UEN Gestión Ambiental-

6. Información adicional

Ing. Andrés Lazo Páez
alazo@aya.go.cr
Director Investigación Aplicada
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados