

FABRICACION Y TESTEO DE UN SISTEMA DE DESINFECCION DE AGUA CON LAMPARAS UV EMPLEANDO PANELES FOTOVOLTAICOS COMO FUENTE DE ENERGIA*

Cadena, Carlos[†]; Franco, Judith[§]; Bárcena, Humberto; Saravia, Luis**

INENCO[#]

Blesa, Osvaldo[†]; Courtade, Teresa Lagarde de
Fac. de Ingeniería

Universidad Nacional de Salta

Av. Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina

Fax: 54-87-255489, E-mail: cadena@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

Las zonas rurales del noroeste argentino, que no poseen redes de agua potable, tienen serios problemas de contaminación bacteriológica en sus fuentes naturales, dichas zonas en general no poseen suministro de energía eléctrica. Se describe a continuación un equipo portátil de desinfección de agua, que se alimenta de un panel fotovoltaico. Se emplea, para provocar el efecto, una lámpara con emisión ultravioleta de bajo consumo. No está previsto, dentro de los alcances del trabajo, el control de la calidad del agua por parte de usuarios remotos, ya que dichos análisis son hechos en un laboratorio especializado que no se encuentra en zonas aisladas. El equipo consta básicamente de: a) una unidad de purificación de agua de acero inoxidable; b) un generador de energía, con su sistema de almacenamiento; c) una pequeña bomba de agua; d) un depósito, filtros y mangueras. La producción de agua del equipo ensayado, puede llegar dependiendo de las condiciones locales, hasta seiscientos litros por día. El testeo microbiológico se realiza determinando la letalidad en función del recuento en placas de cultivo de TGE (gérmenes mesófilos totales) y ENDO (coliformes totales), tal como lo describe O. D. Blesa et al. (1995). No se considera en este equipo la eliminación de sales debido a que es necesario otro tipo de tecnología.

INTRODUCCION

La desinfección de agua con lámparas de radiación ultravioleta es un método relativamente nuevo en las aplicaciones para el consumo humano. Tiene la ventaja de no ser un procedimiento que agregue sustancias químicas al agua, pero además no le da olor o sabor distinto. La luz ultravioleta es producida en este caso por lámparas de vapor de mercurio de baja presión con longitud de onda máxima en 254 nm, la dosis media necesaria para la aniquilación de bacterias es del orden de los 20.000 $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$, existiendo una dosis mínima para cada especie de bacterias.

Un dispositivo para tratamiento de agua consiste en una cámara cilíndrica de acero inoxidable y ubicada en posición vertical, dentro de la cual se coloca la lámpara de UV. El agua entra por el extremo inferior de la cámara, circula a través de la misma y alrededor de la lámpara y sale por el otro extremo en pocos segundos.

Para que el tratamiento sea efectivo, la radiación ultravioleta debe atravesar toda la porción de agua, requiriendo como parámetros de diseño un compromiso entre el caudal, la geometría del dispositivo empleado y la cantidad de radiación recibida. Se requiere además un prefiltrado para eliminar la turbidez.

El objetivo de este trabajo es diseñar un equipo de purificación de agua alimentado con paneles fotovoltaicos que permita a pequeñas poblaciones aisladas contar con un suministro de agua purificada. Se propone como sistema que un minibombeador flotante tome el agua no potable superficial, la eleve dos o tres metros a un depósito general, pasando por un filtro de sólidos, hasta completar el nivel del mismo.

En una segunda etapa, el vaciado del depósito se realiza por gravedad a través de la unidad de purificación, hasta casi el nivel del suelo, sin el empleo de un segundo depósito. Esto significará que los recipientes en los que se recoge el agua potable, deberán tener una higiene adecuada. El esquema general se describe en la figura 1.

El sistema planteado emplea un módulo fotovoltaico de 53 vatios pico del tipo autoregulado y está acoplado a la carga a través de una batería solar. Esta carga es básicamente un bombeador de 18 W que permite elevar el agua hasta el depósito con un caudal de hasta 4 l/min a 2 m de altura, una lámpara de mercurio de baja presión de 15 W y un sencillo dispositivo electrónico, que actúa como inversor-balasto, del tipo monotransistor, de muy bajo costo y eficiencia razonablemente buena.

El circuito de agua tiene un par de filtros para retener los sólidos en suspensión, ya que el agua contaminada proviene muchas veces de arroyos o madrejones con alguna turbidez y la transparencia del agua a purificar es un requisito indispensable del método.

* Parcialmente financiado por CIUNSA, Proyecto N°481/95

† Profesional Adjunto CONICET

§ Becaria Posdoctoral CONICET

** Investigador CONICET

Instituto UNSa-CONICET

† Fallecido el 8 de Junio de 1996

Si bien se puede acoplar el panel a la carga sin el empleo de un acumulador, se prefirió incluirlo debido a que de esta manera se puede disponer de agua potable en cualquier momento del día, y dentro de ciertos límites en forma independiente de las condiciones de radiación.

El procedimiento, denominado de flujo continuo (aunque en el sentido estricto de la palabra no lo es), permite obtener caudales de 1L/min, cuando la carga microbiana no supera 500.000 col/100ml. En algunas ocasiones se puede llegar hasta 3L/min.

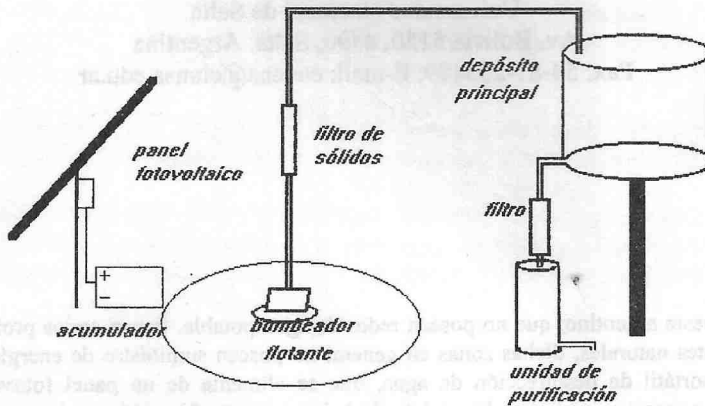


figura 1: sistema de purificación

En todos los casos se realizaron los ensayos a temperatura de laboratorio (20°C aprox.), pese a que la letalidad aumenta con la temperatura, Blesa et al.(1995), pero esto implicaría un sistema de calefacción auxiliar para el equipo, que podría influir negativamente en la vida útil de las lámparas.

Existen actualmente en el mercado (1) equipos de desinfección, que dado que fueron diseñados para funcionar con la tensión de red, no tienen minimizado el consumo de potencia y emplean lámparas de mayor potencia. Otra cuestión significativa es la disposición relativa de la lámpara, ya que en este caso se eligió “sumergida vertical”, para aprovechar mejor el flujo de energía, dado que paralelamente no se observaron depósitos de algas.

ACTIVIDADES PREVIAS

Antes de ensayar el sistema de “flujo continuo”, se realizaron ensayos de “tipo estático” (en este caso el agua no circula sino que está estanca en el depósito) con recipientes y lámparas especiales. El esquema del equipo utilizado se muestra en la figura 2.

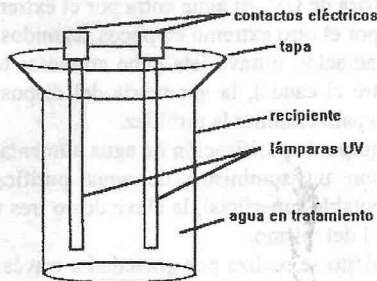


figura 2: tratamiento estático

El procedimiento en este caso particular, consiste en purificar el agua de un recipiente, con volumen y fluencia conocidas, y la variable es el tiempo de exposición. Se emplearon dos lámparas del tipo TUV de nueve vatios actuando simultáneamente y colocadas de manera tal que la distribución espacial de radiación resultara simétrica.

Las principales características de las lámparas son las siguientes

TIPO: TUV 9W (compacta), Potencia: 9 W, Potencia UV-C 254 nm: 2,4 W, Longitud: 129 mm, Ancho máximo: 28 mm, vida útil promedio: 8000hs.

El volumen de agua tratada es de un litro y la potencia sobre las paredes del recipiente (puntos más alejados) 100 W/m² aproximadamente.

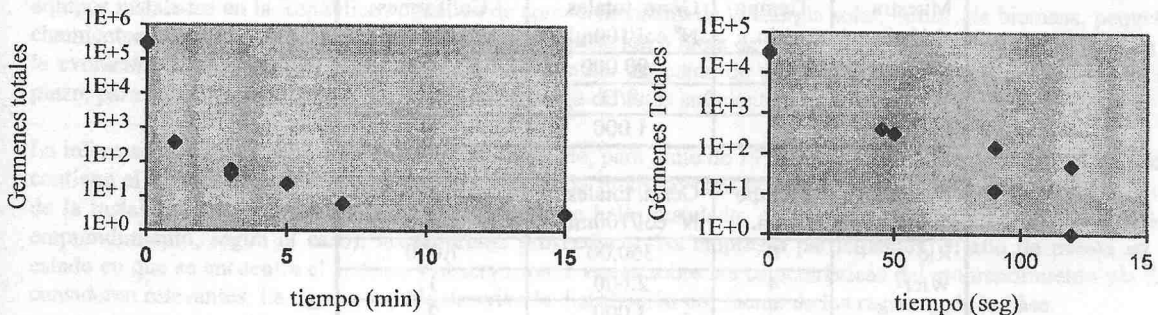
Los ensayos se realizaron para determinar los tiempos requeridos para el “saneamiento bacteriológico”, bajo distintas cargas bacterianas.

Se llegó a la conclusión que con cargas bacterianas de hasta 100.000 col/100 ml los tiempos de exposición (intervalo de tiempo en el que se expone el agua a la radiación UV) pueden ser menores que un minuto, para lograr un saneamiento bacteriológico acorde con las normas. Como muestra la Tabla 1.

Muestra	Tiempo exp.min.	Gérmenes totales N° col/100ml	Muestra	Tiempo de exp segundos	Gérmenes totales N° col/100ml
Río Vaqueros	0	300.000	Río Vaqueros	0	30.000
	3	60		45	400
	7	6		90	140
	15	3		120	50
Río Vaqueros	0	280.000	Río Vaqueros	0	34.000
	1	360		50	300
	3	45		90	12
	5	23		120	1

Cuadro Comparativo Para Exposición Estática

Letalidad vs tiempo de exposición



LA UNIDAD DE PURIFICACIÓN

Se emplea, para los ensayos de flujo continuo, un depósito cilíndrico de acero inoxidable delgado, soldado y pegado, tal como se describe en la figura 3. Una variante podría ser el empleo de acrílico, debido a su relativamente sencilla manufactura, y además porque su envejecimiento por la acción ultravioleta, probablemente no se note demasiado en la vida útil de una lámpara. En el interior del mismo se encuentra alojada una lámpara de mercurio de baja presión para emisión de UV de 15 W, con 4 W de emisión de UV-C, 2,6cm de diámetro y 45 cm de longitud.

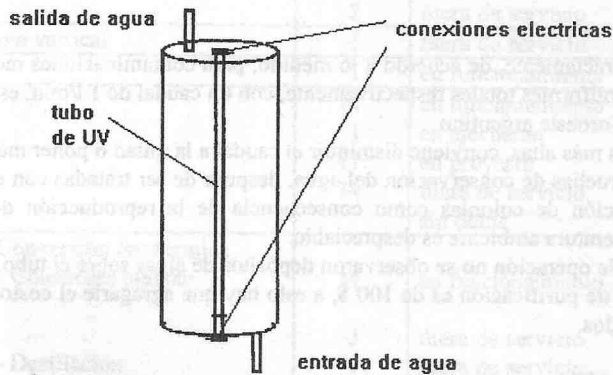


figura 3. unidad de purificación

Otras características de las lámparas son: baja temperatura del vidrio (especial TUV), eléctricamente similares a las fluorescentes, bajo consumo. Las conexiones eléctricas de la misma (100VAC), que provienen de un pequeño inversor-balasto, se realizan desde el exterior de la manera convencional (zócalos plásticos).

En los extremos del cilindro se ubican las conexiones para el agua, que van soldadas a las tapas del conjunto. En los mismos planos, se encuentran las boquillas a las que van pegados los extremos de la lámpara, de manera tal que el contacto se realice en la zona del casquillo metálico y no deje escapar radiación ultravioleta hacia el exterior.

La inspección visual del funcionamiento de la lámpara se realiza a través de una ventanilla que el propio tubo posee en los extremos.

ENSAYOS REALIZADOS.

Se realizaron ensayos con agua de río utilizando un tanque elevado. Las experiencias se efectuaron midiendo el caudal y tomando muestras después de un cierto intervalo de tiempo, para determinar el transitorio (a caudal constante) y la letalidad para distintos caudales. La potencia sobre las paredes es 35 W/m^2 de la línea de UV-C, dependiendo la fluencia (energía total recibida por unidad de área) del caudal en el cual se está trabajando.

Los valores obtenidos se detallan en las tablas 2

Muestra	Caudal l/min	Gérm. totales N° col/100ml	Coliformes N° col/100ml
Río	0	550.00	20.000
Wier-na	3	3.400	500
	2	800	190
	1	1	0

ensayos a caudal variable

Muestra 1 l/min	Tiempo min.	Gérm. totales N° col/100ml	Coliformes N° col/100ml
Río	0	190.000	10.000
Wier-na	4	S/D	30
	7	1.000	1

Muestra 1 l/min	Tiempo min.	Gérm. totales N° col/100ml	Coliformes N° col/100ml
Río	0	350.00	1.000
Wier-na	4	2.000	1
	7	3.000	2

Muestra 1,2 l/min	Tiempo min.	Gérm. totales N° col/100ml	Coliformes N° col/100ml
Río	0	500.000	2000
Wier-na	4	700	15
	8	600	4
	12	600	2

medición de transitorios a caudal constante

CONCLUSIONES

El sistema funciona correctamente, de acuerdo a lo medido, para contaminaciones medias de 500.000 y 10.000 col/100 ml de mesófilos totales y coliformes totales respectivamente, con un caudal de 1 l/min, esto permitiría sanear 400 litros de agua por día, en la zona del noroeste argentino.

Para cargas microbianas más altas, conviene disminuir el caudal a la mitad o poner más unidades de desinfección.

Se realizaron además pruebas de conservación del agua, después de ser tratadas con este método. Se puede concluir que la recontaminación (aparición de colonias como consecuencia de la reproducción de las mismas) después de 24 hs de almacenamiento a temperatura ambiente es despreciable.

Después de tres meses de operación no se observaron depósitos de algas sobre el tubo.

El costo de esta unidad de purificación es de 100 \$, a esto hay que agregarle el costo del panel, de la batería, de la bomba, depósito y filtro de sólidos.

(1)Hidraulica Miletto SACI.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Blesa, O. et al, "Evaluacion De Parámetros Asociados Al Proceso De Desinfección Solar De Agua", ASADES, 1995.
- 2.- Manual de lámparas Philips, 1993.
- 3.- Wolfe, R. , "Ultraviolet Disinfection of Potable Water", Environ. Sci. Technol., Vol. 24, No. 6, 1990.
- 4.- Wegelin, M; "Solar water disinfection: scope of the process and analisis of radiation experiments", EAWAG, 1993
- 5.- Hariston, J; "Water quality managing drinking water quality", Auburn University, 1995.
- 6.- Gadgil, A; "To drink without risk: the use of uv light to disinfect drinking water in developing countries", Berkeley Lab. 1995.
- 7.- Gadgil, A; "UV Waterworks 2.0", Berkeley Lab, 1995.