



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLANTA EXPERIMENTAL
DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

**INFORME SOBRE LA EVALUACIÓN DEL
GENERADOR DE HIPOCLORITO DE SODIO
AQUACHLOR AC 50**

Caracas, Marzo 2004

1.- INTRODUCCIÓN:

El generador de hipoclorito de sodio Aquachlor AC 50, se propone como sistema alternativo de desinfección, recomendado específicamente a pequeñas comunidades o comunidades rurales.

La producción electrolítica de cloro es un proceso bien conocido y actualmente se disponen de pequeñas celdas que han demostrado ser confiables, simples y de bajo costo de operación y mantenimiento.

La solución de hipoclorito se obtiene mediante la electrólisis de una solución de salmuera preparada a partir de cloruro de sodio. El proceso de descomposición de la solución de cloruro de sodio se efectúa en una celda electrolítica, cuyo cátodo y ánodo son de titanio, además el ánodo está recubierto por óxidos de metales; como platino, iridio y rutenio, denominándose DSA (dimensional stable anode)

II.- OBJETIVO:

Evaluar la capacidad y eficiencia del generador de hipoclorito de sodio Aquachlor AC 50.

III.- ETAPAS DEL ESTUDIO:

Para cumplir el objetivo propuesto se ejecutarán las siguientes etapas:

- III.1.-** Puesta en funcionamiento del generador de hipoclorito de sodio, marca Aquachlor modelo AC50.
- III.2.-** Comparación del cloro producido por el equipo evaluado con lo reportado por el fabricante.
- III.3.-** Comparación del cloro producido con el cloro comercial en la desinfección de una muestra afluyente a una Planta de Tratamiento.
- III.4.-** Determinación de la tasa de degradación de la solución de cloro producida en función del tiempo.

IV.- METODOLOGÍA:

- IV.1.-** Para la puesta en funcionamiento del equipo y la comparación del cloro producido con el reportado por el fabricante, se seleccionaron el volumen de agua, la cantidad asociada de sal común y el tiempo de operación, siguiendo las recomendaciones del fabricante (Tabla N° 1).

Tabla N° 1
Información del Fabricante

Cloro Producido (gramos)	Volumen de Agua (Litros)	Sal (Kilogramos)	Tiempo de operación (Horas)
50	8,33	0,25	1
100	16,67	0,50	2
150	25,00	0,75	3
200	33,33	1,0	4
250	41,67	1,25	5
300	50,00	1,5	6
400	66,67	2,0	8
500	83,33	2,5	10
600	100,00	3,0	12
800	133,33	4,0	16
1000	166,67	5,0	20
1200	200,00	6,0	24

- a) Para evaluar el funcionamiento del generador, se utilizó un envase de polipropileno de 50 litros de capacidad (Foto 1), adecuado para soportar la alta concentración de cloro esperada.



Foto 1

- b) El recipiente debe tener una abertura suficiente para que se pueda introducir el electrodo pero se debe evitar la intrusión de basura, además debe permitir la precipitación del rocío generado durante el proceso. (Fotos 2 y 3).



Foto 2



Foto 3

- c) Se utilizó un volumen de agua de 33 litros y 1.000 g de sal común, siguiendo las especificaciones del fabricante, tal que la solución resultante fuera de 3% de cloruro de sodio. Con este volumen de agua se garantiza que el nivel de la solución esté por encima del límite inferior del escape del electrodo (Figura 1 y Foto 4)

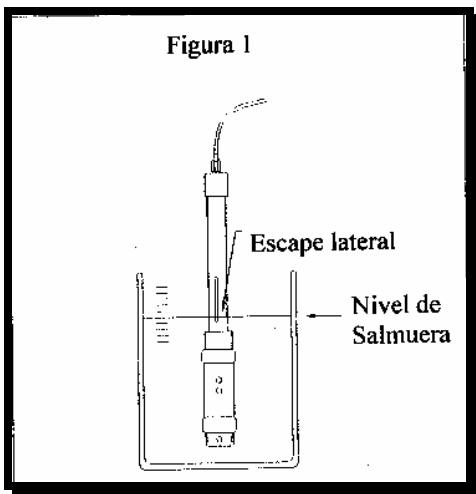


Foto 4

- d) El proceso de generación de cloro produce pequeñas cantidades de hidrógeno y un rocío que contiene cloro, por esta razón se debe seleccionar un sitio de instalación que permita la circulación del aire. Así mismo se debe proteger el transformador (Foto 5) de la humedad y mantenerlo alejado de la zona de generación de cloro para evitar riesgos de corrosión.



Foto 5

e) Se seleccionó un ciclo de operación de 4 horas, y se llevaron registros de los siguientes parámetros cada 15 minutos: Temperatura, Conductividad Específica, Amperaje, Voltaje y Cloro producido.

IV.2.- Para comparar la efectividad de desinfección del cloro generado, se realizó un ensayo con esta solución y una solución de cloro comercial.

La muestra se sometió a un proceso de desinfección utilizando tres tiempos de contacto (30 segundos, 1 y 5 minutos) con unas dosis de cloro de 2 y 5 mg/l.

IV.3.- Para evaluar la degradación de la solución de cloro generada, se determinó la concentración de cloro durante varios días después de generada. La solución de cloro permaneció en el envase donde fue generado, a la sombra y con la tapa colocada.

V.- RESULTADOS:

V.1.- En la Tabla N° 2 se presentan los resultados obtenidos en la generación de la solución de cloro, se reporta la concentración de cloro para los intervalos de tiempo seleccionados; también se registraron los valores de Temperatura, Conductividad Específica, Amperaje y Voltaje.

Tabla N° 2
Resultados Obtenidos en la Evaluación del Electrodo Generador de Cloro

Tiempo	Temp. (° C)	Conductividad Específica (μS/cm)	Amperaje (Amperios)	Voltaje (Voltios)	Cloro Residual (mg/l)
0	27,3	43800	28,8	12,31	0
15´	28,0	42500	29,0	12,14	709
30´	28,3	42200	29,0	12,02	1198
45´	29,2	42000	29,0	11,92	1571
60´	30,5	41800	29,0	11,80	2245
1 hora : 15´	31,5	41600	29,0	11,13	2765
1 hora : 30´	32,5	41300	29,0	11,63	3297
1 hora : 45´	33,2	41100	29,0	11,53	3793
2 horas : 00´	34,4	41000	29,0	11,44	4183
2 horas : 15´	35,3	40800	29,0	11,37	4609
2 horas : 30´	36,5	40700	29,0	11,24	5069
2 horas : 45´	37,0	40600	29,0	11,24	5318
3 horas : 00´	38,1	40300	29,0	11,18	5707
3 horas : 15´	38,3	40300	29,0	11,14	5778
3 horas : 30´	39,1	40300	29,0	11,09	6275
3 horas : 45´	40,3	40200	29,0	11,04	6310
4 horas : 00´	40,8	40100	29,0	11,03	6345

Volumen de Agua: 33,3 litros

Cantidad de sal añadida: 1.000 gramos

Como se aprecia en la Tabla 2, la concentración final de cloro producida de 6.345 mg/l, y que está asociada al volumen de agua utilizado (33,3 litros) permite calcular la masa de cloro producida que en este caso fue de 211 gramos. Según las especificaciones del fabricante, para estas condiciones de operación dicha masa está alrededor de los 200 gramos de cloro.

Es importante destacar, que de acuerdo a la literatura, entre los factores que influyen en la capacidad de producción de cloro de la celda electrolítica se encuentran: la temperatura del agua, la inmersión de la celda en la salmuera, el tipo de sal y la estabilidad de la corriente eléctrica.

Según la literatura, la producción de hipoclorito manteniendo una temperatura controlada de 25 °C durante el ciclo de operación alcanza valores de hasta 10 g Cl₂/l; mientras que la producción sin control de temperatura que es la situación evaluada, se alcanzan valores de temperatura máxima de 41,5 °C y la concentración está en el rango de 6,0 a 8,5 g Cl₂/l.

La temperatura en esta experiencia varió desde 27,3° C hasta 40,8 °C, lo cual permite pensar que en este caso no es necesario el control de temperatura pues se alcanzan los valores deseados operando sin temperatura controlada, lo cual significa una operación mas sencilla del equipo.

La sal utilizada en esta experiencia fue sal de cocina, que es una de las recomendadas para mayor eficiencia en el proceso. La menos recomendada es la sal industrial, pues además de generar una producción de hipoclorito menor, presenta problemas de incrustaciones en la celda por las impurezas presentes en la misma.

V.2.- La muestra evaluada fue el afluente a la Planta de Tratamiento La Mariposa. Para el momento de la captación los organismos coliformes totales fueron $1,5 \times 10^4$ ufc/100 ml y los organismos coliformes fecales 100 ufc/100 ml.

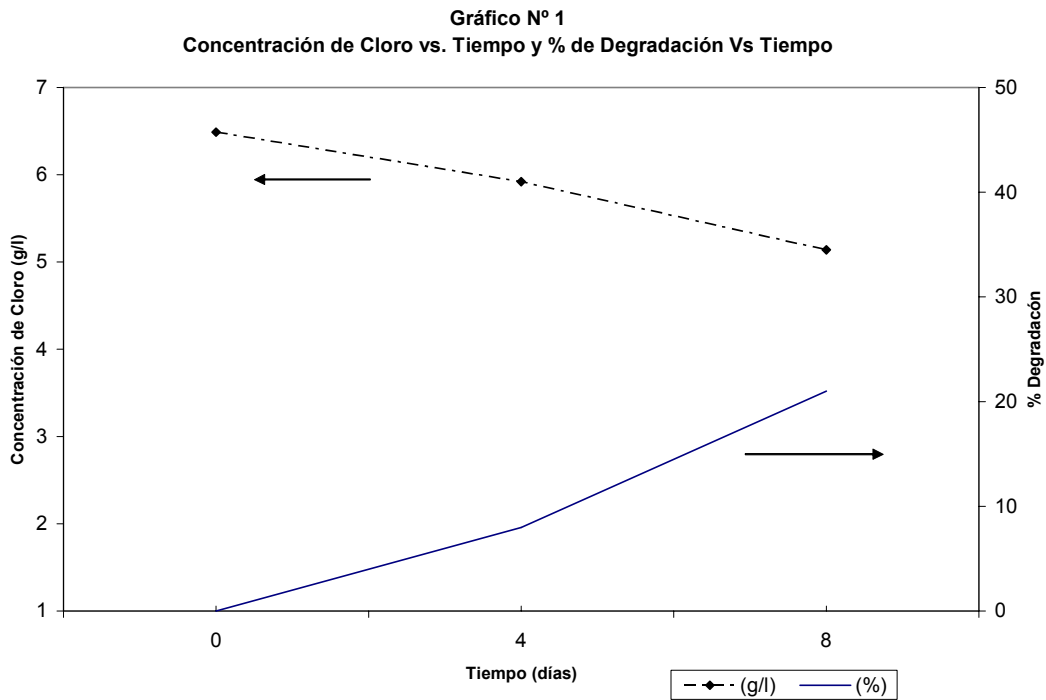
Aún cuando los resultados obtenidos utilizando las soluciones de cloro generada y la comercial, son similares mostrando remoción de organismos coliformes totales y fecales, la abundante presencia de colonias atípicas obliga a determinar en cada caso particular tanto la dosis adecuada como el tiempo de contacto necesario para garantizar la desinfección del agua a suministrar a la población.

Los resultados de esta determinación se muestran en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3
Resultados Obtenidos en el Ensayo de Desinfección

Tiempo de Contacto	Dosis (mg/l)	Solución a Dosificar	Organismos Coliformes Totales (ufc/100 ml)	Organismos Coliformes Fecales (ufc/100 ml)
30 segundos	2	Solución Generada	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
		Solución Comercial	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
	5	Solución Generada	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
		Solución Comercial	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
1 minuto	2	Solución Generada	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
		Solución Comercial	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
	5	Solución Generada	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
		Solución Comercial	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
5 minutos	2	Solución Generada	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
		Solución Comercial	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
	5	Solución Generada	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)
		Solución Comercial	0 (Presencia de Colonias Atípicas)	0 (Presencia de Colonias Atípicas)

V.3.- En el Gráfico N° 1 se aprecia que la degradación de la solución de cloro generada es lenta, a los ocho días de generada y almacenada, esta solución sólo se ha degradado en un 20 %.



VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- a. La masa de cloro producida por el generador de hipoclorito de sodio, marca Aquachlor modelo AC50, para las condiciones evaluadas (4 horas de tiempo de operación, 1 Kg de sal y 33,33 litros de agua), se corresponde con lo que indica el fabricante (211 gramos de cloro).
- b. Tanto la solución de cloro generada como la solución de cloro comercial, presentaron comportamientos similares en la desinfección de la muestra cruda evaluada.
- c. La degradación de la solución de cloro generada cuya concentración era 6.345 mg/l como cloro, fue del 20 % a los ocho días de generada. Esta información es de utilidad si se piensa en su almacenamiento para dosificar en días posteriores a su producción.

- d. Se recomienda el uso de sal de cocina para la generación de la solución de cloro. Esta es la sal que se utilizó en esta experiencia y además de producir la cantidad de cloro esperada, la celda permaneció libre de incrustaciones, de esta forma se facilita el mantenimiento de la misma.
- e. Se recomienda determinar la demanda de cloro en el agua a desinfectar a fin de ajustar la dosis de cloro a aplicar y el tiempo de contacto, para garantizar la calidad bacteriológica de dicha agua.

MARÍA E. RINCONES C.
Jefe Planta Experimental
de Tratamiento de Aguas