

MINISTERIO DE LA GOBERNACION

COMISION CENTRAL DE SANEAMIENTO

**DESINFECCION
DEL
AGUA**

SAN

24

MADRID

1 9 7 3

DESINFECCION DEL AGUA

Depósito Legal: M. 22.298 - 1973

Talleres Gráficos Esc. Prof. de Sordomudos - Alejandro Rodríguez, 5 - Madrid

DESINFECCION DEL AGUA

La desinfección tiene por objeto destruir los organismos existentes en el agua y, de esta manera, prevenir las enfermedades transmisibles por ella.

1. CLORACION

El empleo del cloro como desinfectante del agua es el procedimiento más generalizado, tanto por su acción germicida como por los efectos secundarios de la cloración, es decir, la oxidación del hierro, del manganeso y del sulfuro de hidrógeno, la destrucción de algunos compuestos que producen olor y sabor; la eliminación de las instalaciones para el tratamiento de las algas y microorganismos y su acción coadyuvante en la coagulación.

La cloración eficaz requiere:

- Homogeneización de la concentración en el agua tratada.
- Aplicación continua de cloro.
- Determinación de las dosis adecuadas a cada tipo particular de agua.
- Regulación del tratamiento para conseguir que el agua tratada sea simultáneamente inocua y agradable.

1.1. Cualidades del agua que inciden en el tratamiento con cloro

Los contaminantes en el agua natural, su temperatura y el tiempo de contacto con el cloro influyen en la cloración en la siguiente forma:

Sólidos en suspensión. Pueden proteger las bacterias contra la acción del cloro.

Compuestos orgánicos. Reaccionan con el cloro y debilitan o suprimen su acción desinfectante.

Amoniaco. Igualmente reacciona con el cloro para formar cloraminas, cuya acción desinfectante es mucho menor que la del cloro libre residual.

Alcalinidad. Las aguas alcalinas ($\text{pH} > 7,6$) se desinfectan con menos facilidad que las ácidas ($\text{pH} < 7,2$).

Nitritos. Reaccionan con el cloro libre que eliminan y pueden dar un color engañoso en la prueba de la ortotolidina, cuando no se practica en presencia de arsenito.

Manganeso. También enmascara la coloración en la prueba con ortotolidina. Se evita en presencia de arsenito.

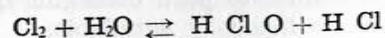
Hierro. Falsa igualmente los resultados, para concentraciones superiores a 1 ppm, de la prueba con ortotolidina, lo que se consigue evitar con arsenito. El hierro reductor y el manganeso, al reaccionar con el cloro, obligan a aumentar la dosis necesaria para la desinfección.

Temperatura. En igualdad de condiciones, la eficacia de la cloración aumenta con la temperatura. Este efecto se compensa con respecto a la acción desinfectante del cloro en agua fría, pues en ella el cloro es más estable y permanece durante más tiempo.

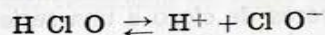
Período de contacto. El tiempo disponible para las acciones mutuas entre el cloro y los compuestos del agua es factor fundamental. La duración del contacto no ha de ser inferior a 30 minutos, aunque es preferible prolongarla durante varias horas.

1.2. Reacciones del cloro en el agua

Cuando el gas cloro se disuelve en agua, reacciona para formar ácido hipocloroso y clorhídrico. El tiempo de reacción a 0°C es inferior a un segundo.



Como el ácido hipocloroso es débil, se disocia:



Estas ecuaciones son reversibles, dependiendo del pH del agua. La acción desinfectante corresponde al HClO y al ClO^- , siendo mucho más activo el primero. Las proporciones relativas en el equilibrio dependen del PH, según el gráfico de la figura 1.

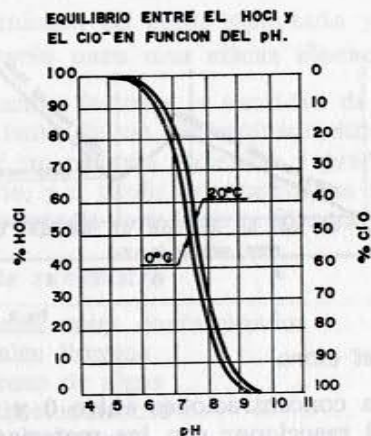
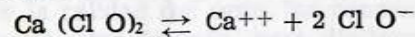


Fig. 1

Puede observarse que para valores del pH inferiores a 5, el cloro permanece en forma molecular. Entre 5 y 6 prácticamente todo el cloro está combinado en forma de HClO . Para valores superiores, aumenta el contenido de ClO^- , de forma que cuando el pH vale aproximadamente 10, todo el cloro está en forma de ClO^- .

Consecuentemente, las alcalinas precisarán mayores dosis para compensar la menor incidencia del ión hipocloroso. No obstante, como en la generalidad de las aguas de bebida el pH está comprendido entre 6 y 7,5, la proporción del HClO oscila entre 95 y el 50 por 100.

En caso de emplear compuestos de cloro, tales como hipocloritos, la sal se disocia previamente en sus iones, y a continuación se obtienen los agentes desinfectantes.



En la aplicación práctica de la cloración de aguas naturales, hay que tener en cuenta la presencia de contaminantes orgánicos, ya que parte del cloro empleado se gastará en destruirla.

Las pruebas realizadas en laboratorio mediante la adición de dosis progresivamente mayores de cloro a una serie de determinadas muestras de agua con amoníaco y compuestos orgánicos, se pone de manifiesto en el ejemplo gráfico de la figura 2, en el que se distinguen cuatro zonas:

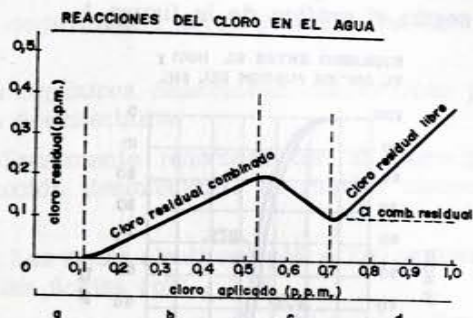


Fig. 2

a) *Eliminación del cloro.*

En la figura, para concentraciones entre 0 y 0,12 ppm. en cloro, todo él desaparece al reaccionar con las materias orgánicas. No hay cloro residual ni, por tanto, desinfección.

b) *Formación de compuestos orgánicos clorados y cloramias.*

Para dosis comprendidas entre 0,12 y 0,53 ppm. se forman cloramias y diversos compuestos orgánicos, que reaccionan con la ortotolidina como "cloro combinado residual". Su acción desinfectante es escasa y lenta.

c) *Eliminación de los compuestos orgánicos y cloramias.*

Aumentando la dosis entre 0,53 y 0,70 ppm. la actividad química del cloro oxida o altera la cloramina y los compuestos orgánicos, con lo que se presenta la aparente paradoja de que aumentando la concentración de cloro disminuye la correspondiente a la de cloro combinado residual.

d) *Formación de cloro residual libre.*

Acabada la fase anterior, el incremento de concentración aumenta la dosis de cloro residual libre, en concurrencia con el residual combinado proveniente de los compuestos no destruidos por el cloro libre.

Se define "demanda de cloro" como la diferencia entre la dosis aplicada y la concentración resultante de cloro residual libre.

Obsérvese que en este supuesto, para obtener, por ejemplo, 0,2 ppm. de cloro residual libre hace falta una dosis de 0,8 ppm. de cloro, mientras que para 0,2 ppm. de cloro residual combinado harían falta solamente 0,53 ppm.

1.3. **Cantidades mínimas de cloro aportado y cloro residual necesario para una eficaz cloración**

Dependiendo de tantos factores la cantidad de cloro aplicado necesaria para el tratamiento de un determinado suministro de agua, no es posible establecer un criterio concreto y prefijado sobre la dosis aplicable. No obstante, y a título orientativo, se indican unos valores aproximados en consonancia con la procedencia del agua.

Tipo de suministro	Concentración
Cursos superficiales muy contaminados ...	2,5 a 3 ppm.
Cursos superficiales limpios ...	1,2 a 2 ppm.
Embalses sin exceso de algas ...	1 a 1,5 ppm.
Depósitos para abastecimiento ...	1 a 1,5 ppm.
Aguas filtradas previamente ...	0,5 a 1 ppm.
Pozos profundos ...	0,8 a 1,5 ppm.
Pozos someros ...	2 a 3 ppm.

Se insiste en que para cada agua la demanda de cloro es distinta, y que, por tanto, solamente tiene garantía el control de la concentración de cloro residual, libre y combinado, con cuya actuación rápida y lenta, respectivamente, se obtiene la necesaria desinfección.

Como valor promedio, después del tratamiento de cloro, la concentración de cloro residual libre debe encontrarse en un entorno de las 0,5 ppm.

Precisando más, y tomando un margen de seguridad para compensar los factores desfavorables, como pueden ser cambios bruscos de temperatura o de la calidad del agua, las concentraciones mínimas de cloro residual en el agua tratada, para distintos valores del pH, se indican en la figura 3. Se hace la salvedad de que estos valores son apropiados para regímenes permanentes de desinfección. En los transitorios, por ejemplo, al iniciar la profilaxis de una red de suministro, o después de su reparación, etc., las dosis deberán aumentarse

para compensar la oxidación de la materia orgánica introducida en los conductos, así como para eliminar la presencia de los posibles agentes reductores. En cualquier caso las redes de distribución no deben poseer menos de 0,1 ppm. en el lugar más desfavorable. Como las propiedades organolépticas del agua varían muy poco para concentraciones comprendidas entre 0 y 0,5 ppm., siempre es recomendable, como se ha dicho más arriba, mantener una concentración aproximadamente constante de 0,5 ppm. de cloro residual libre.

CONCENTRACIONES MINIMAS DE CLORO RESIDUAL
EN AGUAS TRATADAS EN RELACION CON SU pH

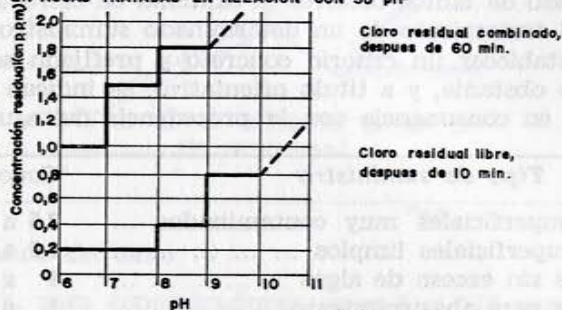


Fig. 3

1.4. Prevenciones en el tratamiento con cloro de aguas biológicamente contaminadas

La acción exclusiva del cloro en el tratamiento de desinfección, solamente es eficaz en los supuestos que a continuación se exponen. En otro caso, se precisa un tratamiento previo de precipitación, filtración o reposo.

- El grado de contaminación biológico será moderado y relativamente uniforme. Algunas bacterias pueden estar protegidas por una envoltura de un sólido en suspensión o en el interior del cuerpo de un gusano, por lo que no serían atacadas por la acción del cloro.
- El color del agua y su turbidez no será superior a 10 unidades de platino.
- La demanda de cloro tendrá una fluctuación lenta, con el fin de posibilitar la regulación de la dosis.

— No existirán materias productoras de olor o sabor que impidan fijar la dosis adecuada sin que se produzca un gusto excesivo a cloro.

— El período de contacto mínimo ha de ser de 30 minutos.

2. CONTROL DE LA CLORACION

Como queda dicho, al objeto de lograr la seguridad de que el agua resulte desinfectada y protegida de posteriores contaminaciones, es preciso agregar una cantidad de cloro tal que satisfaga la demanda de cloro y garantice las tasas de cloro libre residual. Para ello se hace necesario contar con equipos de medida y practicar mediciones periódicamente.

Los métodos a emplear serán de uno de los dos siguientes, a tenor de la importancia del suministro.

2.1. Determinación de cloro residual en agua, por el método de la ortotolidina-arsénito sódico

2.1.1. Fundamento

La adición de una solución ácida de ortotolidina a un agua que contenga cloro residual produce una coloración proporcional a la concentración de aquél y, por lo tanto, susceptible de una comparación colorimétrica. El desarrollo del color se produce casi instantáneamente cuando existe cloro libre, siendo más lento en el caso del cloro combinado (cloramina), no lográndose la máxima intensidad de color hasta después de unos 15 minutos.

El arsenito de sodio inhibe la acción de la ortotolidina sobre el cloro, tanto libre como combinada, pero no sobre las sustancias interferentes comunes en el agua: hierro y manganeso. Por lo tanto, combinando este efecto con la distinta velocidad en el desarrollo del color producido con la ortotolidina, se puede medir indistintamente el efecto de las interferencias, del cloro libre y del cloro combinado.

2.1.2. Reactivos

1. Solución ácida de ortotolidina al 0,1 por 100.
2. Solución "buffer" de fosfatos 0,1 M.
3. Solución de cromato-dicromato.
4. Solución de arsenito sódico al 0,5 por 100.

La preparación de estos cuatro reactivos puede hacerse de la forma siguiente:

Solución ácida de ortotolidina al 0,1 por 100. Disolver 135 mg. de clorhidrato de ortotolidina en 50 ml. de agua destilada. Agregar, con agitación constante esta solución a una mezcla de 35 ml. de agua destilada y 15 ml. de ácido clorhídrico concentrado preparado previamente.

Solución "buffer" de fosfatos 0,1 M. Disolver en unos 80 ml. de agua destilada, 28,66 g. de $\text{PO}_4\text{HNa}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y 46,14 g. de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ completando el volumen a 1 litro. Esta solución concentrada se diluye con agua, cinco veces para obtener la modalidad indicada, siendo su pH final de 6,45.

Solución de cromato-dicromato. Pesar 0,155 g. de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ y 0,465 g. de CrO_4K , llevando el volumen a 1 litro con solución "buffer" 0,1 M.

Solución de arsenito sódico al 0,5 por 100. Disolver 0,5 g. de AsO_2Na en unos 80 ml. de agua y completar el volumen hasta 100 ml.

2.1.3. Preparación de la serie de patrones

Los patrones preparados partiendo de agua con distintas concentraciones de cloro, además de ser muy difíciles de preparar presentan el grave inconveniente de su inestabilidad, de ahí que se utilicen patrones preparados a partir de soluciones coloreadas estables, siendo la de una mezcla de cromato-dicromato la más generalmente usada. Las distintas intensidades de color se expresan directamente en mg. de cloro por litro de agua (p.p.m. de cloro) entre los límites de 0,01 mg/l a 1,00 mg/l.

En los casos de que el agua analizada tuviera una concentración de cloro superior a 1,00 mg. por litro, habrá que hacer las correspondientes diluciones con agua destilada antes de efectuar el análisis definitivo.

En el siguiente cuadro se indican las cantidades de solución de

cromato-dicromato que deben utilizarse para obtener los patrones correspondientes:

Solución de cromato-dicromato en ml.	Solución "Buffer" 0,1 M en ml.	Concentración de cloro en mg/l
1	99	0,01
2	98	0,02
5	95	0,05
10	90	0,10
15	85	0,15
20	80	0,20
30	70	0,30
40	60	0,40
50	50	0,50
60	40	0,60
70	30	0,70
80	20	0,80
90	10	0,90
100	0	1,00

Estas soluciones pueden conservarse por mucho tiempo en tubos perfectamente cerrados, que deberán ser de las mismas dimensiones y características que los utilizados en los análisis de cloro residual de agua. Si se usa un fotocolorímetro se construye con estas soluciones la correspondiente curva, operando con una longitud de onda de 440 milimicras, que tendrá validez usando el mismo aparato, manteniendo constantes las variables utilizadas en todas las determinaciones.

2.1.4. Método operativo

I) *Determinación del cloro residual libre con interferencias.* En un tubo de ensayo o cubeta calibrada se vierten 0,5 ml. (diez gotas) de ortotolidina al 0,1 por 100, a continuación 10 ml. del agua muestra, y a continuación, lo más rápidamente posible, 10 gotas más de arsenito sódico al 0,5 por 100. Inmediatamente se compara la coloración obtenida con la serie de patrones. El resultado corresponde sensiblemente al cloro residual libre más interferencias (A).

II) *Determinación instantánea de las interferencias.* En un tubo de ensayo se colocan 10 gotas de arsenito sódico al 0,5 por 100, después 10 ml. del agua y se agita. A continuación se añaden 10 gotas

de ortotolidina al 0,1 por 100 y rápidamente se compara el color de la solución con las muestras patrón. El resultado indica la coloración debida a la turbidez del agua incrementada con las interferencias instantáneas (B).

III) *Determinación del cloro residual total con interferencias.* Sobre 10 gotas de ortotolidina se vierten 10 ml. de agua en el tubo de ensayo. Se agita, y después de 5 minutos de reposo (exactamente), se contrasta la coloración obtenida con los patrones. El valor resultante corresponde al cloro residual total y a las interferencias (C).

IV) *Determinación de las interferencias diferidas.* En el tubo de ensayo se colocan 10 gotas de arsenito sódico al 0,5 por 100, después 10 ml. de agua y se agita. A continuación se añaden 10 gotas de ortotolidina al 0,1 por 100, y después de un reposo de 5 minutos (exactamente), se compara el color de la solución con la muestra patrón. El resultado indica la coloración debida a la turbidez del agua incrementada con las interferencias diferidas (D).

V) *Determinación del cloro residual libre.* Por diferencia de lecturas entre las operaciones I) y II) ($L = A - B$).

VI) *Determinación del cloro residual total.* Mediante la diferencia entre las operaciones III) y IV) ($T = C - D$).

VII) *Determinación del cloro residual combinado.* Resulta de la diferencia entre los valores V) y VI) ($Cb = T - L$).

SECUENCIA

Determinación	Operación	Comparación	Símbolo
I Cloro residual libre más interferencias.	Ortotolidina + agua + arsenito.	Inmediata.	A
II Interferencias instantáneas.	Arsenito + agua + ortotolidina.	Inmediata.	B
III Cloro residual total.	Ortotolidina + agua.	A los 5 minutos.	C
IV Interferencias diferidas.	Arsenito + agua + ortotolidina.	A los 5 minutos.	D
V Cloro residual libre.	Diferencia entre I) y II).		$L = A - B$
VI Cloro residual total.	Diferencia entre III) y IV).		$T = C - D$
VII Cloro residual combinado.	Diferencia entre V) y VI).		$Cb = T - L$

NOTAS

1.º Si la cantidad de agua problema señalado no es adecuado para los tubos o cubetas de que se dispone, se puede variar siempre que se mantenga la misma proporción de reactivos; por cada 10 ml. de agua: 0,50 ml. de reactivo.

2.º Con aguas de alta alcalinidad puede no ser suficiente la acidez del reactivo para acidificarlas, en cuyo caso se observará una coloración azul-verdosa en lugar del amarillo esperado. En este caso es necesario neutralizar previamente el agua con unas gotas de ácido clorhídrico diluido.

3.º La baja temperatura retarda el desarrollo del color y la luz solar acelera su extinción, por lo tanto, debe operarse a una temperatura próxima a los 20º C y fuera de la acción directa del sol.

2.2. Determinación de cloro en agua. Método orientativo

Teniendo en cuenta la necesidad imperiosa de conocer, aunque sólo sea de modo aproximado, la concentración de cloro residual en el agua, la Escuela Nacional de Sanidad ha establecido un método orientativo, muy sencillo de realizar, al tiempo que suministra el equipo necesario. Consiste en un pequeño frasco aforado, dos frascos cuentagotas con ortotolidina al 0,1 por 100 y una serie de patrones coloreados y graduados en concentraciones equivalentes. La técnica a seguir con este equipo es la siguiente:

I) Se llena el envase para ensayos con el agua de que se trate, hasta la parte inferior del cuello (unos 10 ml). Tratándose de agua conducida por tuberías deberá dejarse correr un poco antes de tomar la muestra.

II) Se añaden 10 gotas del reactivo contenido en el frasco cuentagotas, se tapa la probeta y se agita. Todo ello en el menor tiempo posible.

III) *Inmediatamente* después de agitar, se compara el color de la muestra con el de los patrones, y la concentración de *cloro residual libre* en ella es, aproximadamente, el valor que figura en el patrón cuyo color sea más parecido al de aquella.

IV) Después de esta primera lectura, y pasados cinco minutos, se repite la operación de comparar el color con los patrones. El nuevo resultado corresponde a la concentración residual total de la muestra, como siempre, de forma aproximada.

Este procedimiento, además de su sencillez, presenta las ventajas de ser muy rápido, y poderse realizar "in situ" por personas poco expertas. Insistimos en que los resultados no son exactos, ya que no se corrige el efecto de interferencia de color que puede ocasionar la turbidez y la coloración propia del agua, ni la reacción de la ortotolidina con el hierro, manganeso, etc. No obstante, los resultados son suficientemente indicativos en la práctica.

SECUENCIA

Determinación		Operación	Comparación	Símbolo
a	Cloro residual libre + interferencias.	Agua hasta envasar el cuello del frasco, + 10 gotas de ortotolidina. Agitación rápida.	Inmediata.	A
b	Cloro residual total + interferencias.	Reposo durante 5 minutos de la solución anterior.	A los 5 minutos.	B
c	Cloro residual combinado.	Diferencia entre a) y b)		B-A

3. RESPUESTA DE LA POBLACION ANTE LAS AGUAS CLORADAS

No puede dejarse de tener presente que los factores físicos del agua, tales como el color, olor, turbidez, sabor y temperatura, son los que más impresionan al consumidor, y aunque no constituyen en muchos casos, de forma directa, un problema sanitario, debe tratarse de reducir su concentración, a fin de que no sean rechazadas por la población, y busque otras fuentes sin garantía higiénica.

Concretamente en el caso de la cloración, las aguas pueden presentar sabor y olor peculiares.

Las personas, dependiendo del sentido del gusto, "detectan" el cloro y la aceptación o no de este sabor es individualizada dentro de algunos límites. En general, hasta 0,2 ppm no suele haber observaciones; con 0,5 ppm. el sabor puede ser bastante detectable; con 1 ppm todas las personas consideran que el agua sabe y huele a cloro.

El sabor a cloro, cuando es ligero, deja de observarse por acostumbramiento.

Cuando un agua que nunca ha sido tratada se clora, aun con mínimas cantidades, su sabor se transforma; no obstante, transcurridos pocos días, será aceptada por todos. Si por cualquier circunstancia deja de realizarse la operación durante algún tiempo, los habitantes de aquella población volverán a quejarse cuando nuevamente se vuelva a potabilizar.

Por eso, es necesario que la cloración no se haga intermitente, sino continua y regular para evitar esta readaptación. En ocasiones circunstanciales es necesario forzar la cloración más allá de 0,5 ppm según la OMS, "aunque ello suscite protestas por parte del vecindario" al que hay que hacer comprender en esas ocasiones la necesidad. Por ello es conveniente realizar el control del contenido del cloro en el agua, tanto por conocer que se está efectivamente desinfectando o protegiendo el agua y porque un exceso del mismo llevaría a la paradoja real de que la población *rechace este agua tratada y beba en fuentes sin clorar muy peligrosas*.

Otras veces el cloro al reaccionar con algunos compuestos orgánicos del agua, forma compuestos de sabor desagradable, por ejemplo, con muy ligeras concentraciones de fenoles, que a veces desaparecen forzando la cloración, pero que generalmente precisan de tratamiento corrector complicado. En todo caso, el sabor de estos compuestos hace rechazar el agua a los consumidores.

Se suscita a veces la pregunta de si el agua clorada produce efectos nocivos. Basta recordar que millones y millones de personas, incluidos niños, han bebido durante muchos años agua con cloro en todos los países y no ha habido ningún estudio que demuestre una incidencia negativa en la salud. Por el contrario, en las localidades donde aún las diarreas estivales hacen su aparición, a pesar de los antibióticos y la

rehidratación, con la cloración del agua ha disminuido la mortalidad infantil.

4. TECNICAS PARA LA APLICACION DEL CLORO

Según las condiciones de aplicación, la cloración recibe las siguientes denominaciones:

- *Cloración simple.* Se emplea en los suministros de agua que solamente reciben el tratamiento de desinfección. Se aplica fundamentalmente en los conductos.
- *Precloración.* Consiste en un tratamiento primario del agua que posteriormente se someterá a un proceso físico o químico. Actúa muy favorablemente por eliminación de ciertos olores y sabores; oxida la materia orgánica evitando o retardando su descomposición; controla las algas y otros microorganismos; mejora la coagulación y reduce el crecimiento biológico en los filtros.
- *Poscloración.* Cuando se añade a un agua previamente tratada. Normalmente se realiza después del filtrado, aunque pudiera efectuarse inmediatamente antes.
- *Recloración.* Es aplicada para asegurar la dosis de cloro residual en depósitos de reserva o regulación, conducciones muy largas, etcétera.

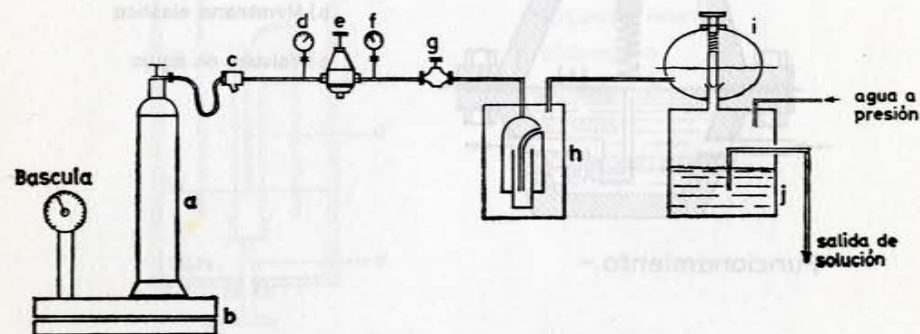
En todas estas operaciones, el cloro se puede emplear bajo dos formas, la gaseosa o en compuestos solubles.

4.1. Cloradores de gas

Hay gran variedad de modelos para la cloración. Por su funcionamiento se clasifican de presión y de vacío. También, según la forma de manejarlos, los hay de dosificación manual, semiautomática y automática. Por último, los hay que pueden suministrar el cloro directamente al cauce, o pasar a formar una solución madre, que es la que se aplica al agua.

A continuación se indican, esquemáticamente, algunos de los más típicos.

Clorador manual de gas a presión



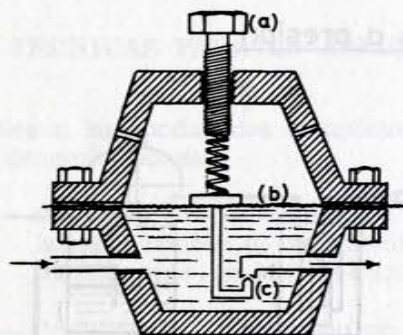
- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| a) Botella de gas | f) Manómetro de baja |
| b) Báscula | g) Válvula de regulación |
| c) Filtro de lana de vidrio | h) Dosificador |
| d) Manómetro de alta | i) Válvula antirretorno |
| e) Reductor de presión | j) Depósito de solución |

Funcionamiento

La botella de cloro descansa en una báscula en la que se hacen medidas regulares. Por diferencia se conoce el peso de cloro suministrado.

El gas a alta presión, pasa por el filtro, reduciéndose después su presión al valor necesario para el consumo. Una válvula de precisión limita el caudal que pasa al dosificador de impulsos. Para evitar los retornos y, por tanto, la destrucción del equipo, en caso de disminuir excesivamente la presión del gas, se coloca la válvula antirretorno («CHECK»). Por último, el gas se diluye en el depósito de salida, desde el cual se pasa la solución al cauce.

Reductor de presión

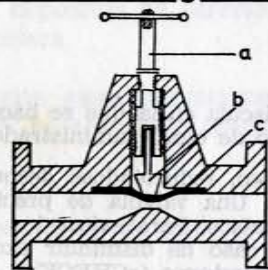


- a) Regulador de esfuerzo
- b) Membrana elastica
- c) Valvula de aguja

Funcionamiento.-

Al presurizar el gas de la cámara se desplaza la membrana, la cual arrastra a la aguja de cierre de la salida. La presión de salida puede regularse mediante la variación en la tensión del muelle del regulador.

Valvula de regulación

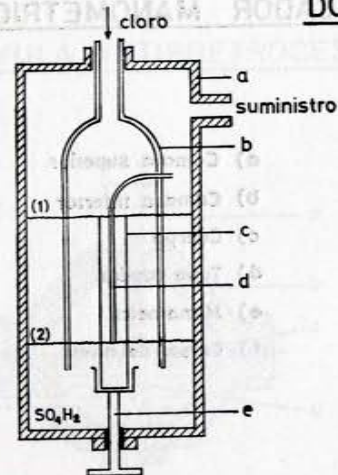


- a) Tornillo diferencial
- b) Piston
- c) Diafragma flexible

Funcionamiento.-

El caudal que fluye por el circuito puede regularse por el estrangulamiento del manguito elástico, en régimen laminar, ajustándose finalmente mediante el avance micrométrico del tornillo diferencial.

DOSIFICADOR VOLUMETRICO



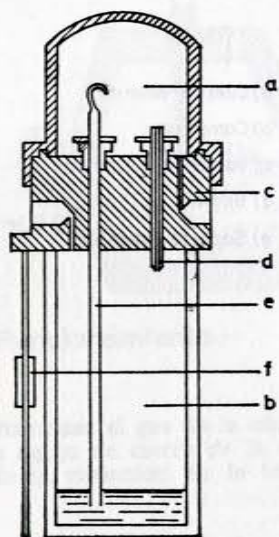
- a) Cuerpo exterior
- b) Campana
- c) Vaso
- d) Sifon
- e) Soporte regulable

Funcionamiento.-

Estando el aparato en reposo, el cuerpo exterior y la campana se encuentran llenos de ácido sulfúrico hasta el nivel 1. Al pasar el gas, se desplaza el ácido de la campana y del vaso. Cuando el nivel llega a 2 empieza a salir el gas hacia el suministro, pero simultáneamente descende su presión, por lo que el ácido asciende hacia su posición inicial.

Por tanto, de forma pulsante se suministra en cada ciclo el volumen de gas comprendido entre los niveles 1 y 2 de la campana. Variando la presión del cloro en su regulador y el nivel 1, mediante el desplazamiento del soporte del vaso, puede ajustarse el caudal al valor deseado.

DOSIFICADOR MANOMETRICO

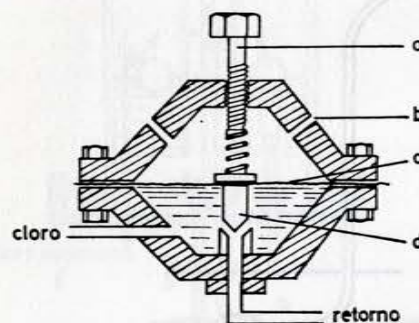


- a) Cámara superior
- b) Cámara inferior
- c) Cuerpo
- d) Tubo capilar
- e) Manómetro
- f) Cursor del nivel

Funcionamiento.-

El gas pasa a la cámara inferior, y a través del tubo capilar a la superior. En el paso sufre una pérdida de presión que es función del gasto y del tamaño del tubo, que se mide con el manómetro de ácido sulfúrico, el cual puede graduarse en caudales. Variando la presión del cloro, o empleando un tubo capilar adecuado, puede ajustarse el caudal de suministro, en régimen continuo.

VALVULA ANTIRRETROCESO MOVIL



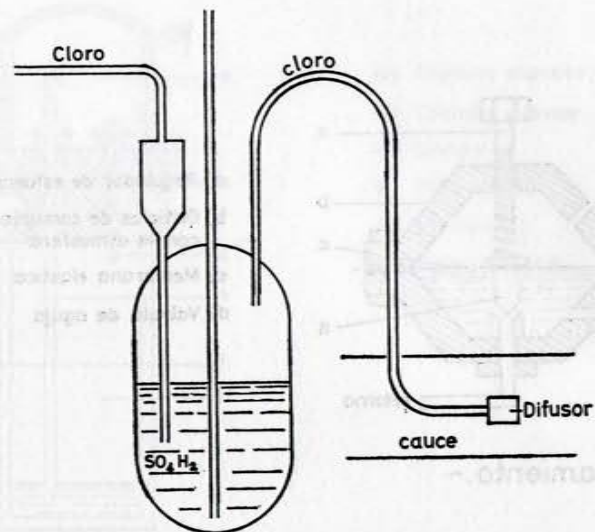
- a) Regulador de esfuerzo
- b) Orificios de comunicación con la atmósfera
- c) Membrana elástica
- d) Válvula de aguja

Funcionamiento.-

Cuando el gas tiene una presión superior que el circuito al cual suministra levanta la membrana y puede fluir hacia la salida. Para producirse un retorno, la presión del cloro debe ser inferior a la del circuito, pero entonces la membrana baja y obtura la salida. Mediante el regulador puede ajustarse el funcionamiento del aparato a la presión adecuada.

Su presencia es imprescindible a fin de evitar la corrosión del equipo por el cloro húmedo.

VALVULA ANTIRRETROCESO ESTATICA

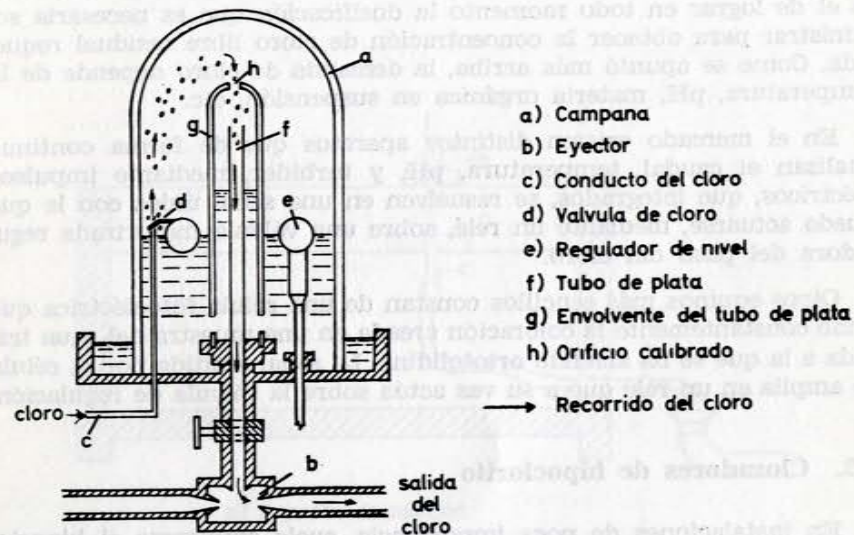


Funcionamiento

En condiciones normales, el gas pasa al cauce a través de una columna de ácido sulfúrico.

Cuando se invierten las presiones, el vapor de agua es absorbido por el ácido, que tiene gran avidez hacia ella.

CLORADOR DE GAS A VACIO



Funcionamiento.-

En la campana de vidrio se produce depresión por medio del eyector, formándose un sello hidráulico entre la campana y la bandeja. El conducto del cloro desemboca en el interior de la campana y queda obturado por su válvula de flotador, hasta que el agua interior alcanza determinado nivel, es decir, hasta que existe depresión en la campana. El citado nivel se controla con la válvula de escape para que no suba excesivamente, mediante la comunicación con el exterior.

El gasto se regula mediante el orificio calibrado de la envolvente del tubo de plata que se encuentra en comunicación con el eyector, y cuya altura es regulable.

Al circular el caudal por el eyector, se produce una succión en la campana, saliendo en primer lugar el aire que la ocupaba y después el cloro que fluye por el conducto liberado por su válvula. Como el orificio de salida está calibrado, el gasto de cloro es proporcional a la diferencia de niveles existente entre el líquido interior de la campana y el interior a la envolvente. Esta altura puede modificarse desplazando el tubo de plata, con lo que se regula también el gasto, y mediante una escala a él adosada se conoce su cuantía.

Como puede observarse, solamente puede salir gas cuando hay depresión, con lo cual se palia el peligro de fugas.

Uno de los problemas más importantes de la técnica de cloración, es el de lograr en todo momento la dosificación que es necesaria suministrar para obtener la concentración de cloro libre residual requerida. Como se apuntó más arriba, la demanda de cloro depende de la temperatura, pH, materia orgánica en suspensión, etc.

En el mercado existen distintos aparatos que de forma continua analizan el caudal, temperatura, pH, y turbidez, mediante impulsos eléctricos, que integrados, se resuelven en una señal única con la que puede actuarse, mediante un relé, sobre una válvula motorizada reguladora del paso del cloro.

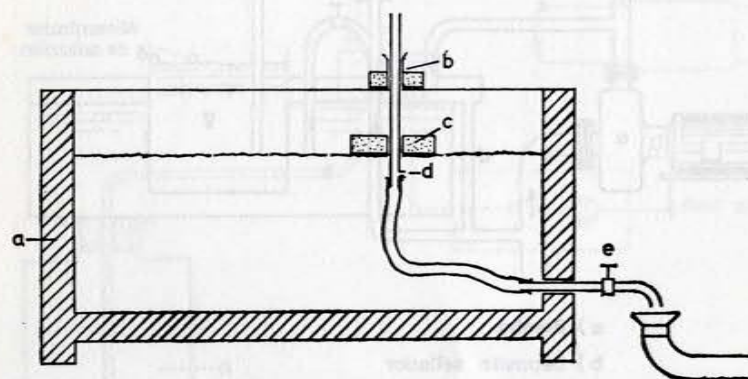
Otros equipos más sencillos constan de una célula fotoeléctrica que mide constantemente la coloración creada en una muestra del agua tratada a la que se ha añadido ortotolidina. La señal emitida por la célula se amplía en un relé que a su vez actúa sobre la válvula de regulación.

4.2. Cloradores de hipoclorito

En instalaciones de poca importancia, suele emplearse el hipoclorito, que si bien es más caro de adquisición que el gas cloro, su instalación puede ser muy sencilla de construir y mantener.

Los sistemas más generalizados son los que se presentan en las páginas siguientes:

COLORADOR GRAVIMETRICO DE CAUDAL CONSTANTE

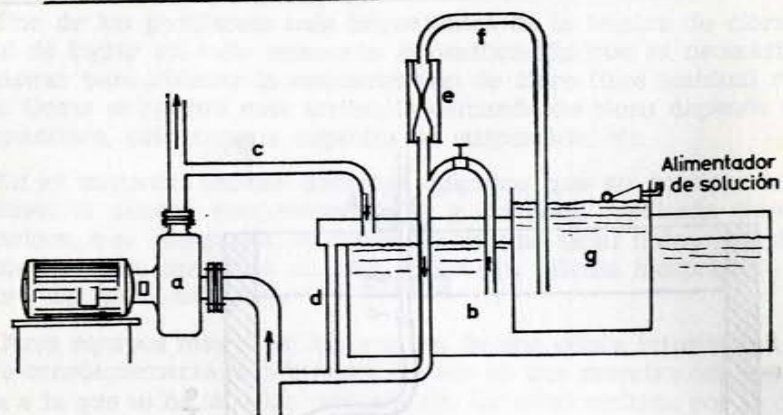


- a) Deposito de solución
- b) Guia
- c) Flotador
- d) Orificio calibrado
- e) Valvula de regulaci3n

Funcionamiento

El orificio calibrado se mantiene a altura constante, respecto a la superficie libre del líquido, mediante un flotador. Por tanto, a través de él puede pasar un caudal constante de solución, que se puede regular por variación de aquella altura o manipulando en la válvula de regulación. Sólo es apto para cauces abiertos con flujo y condiciones del agua prácticamente constantes.

COLORADOR SIFONICO

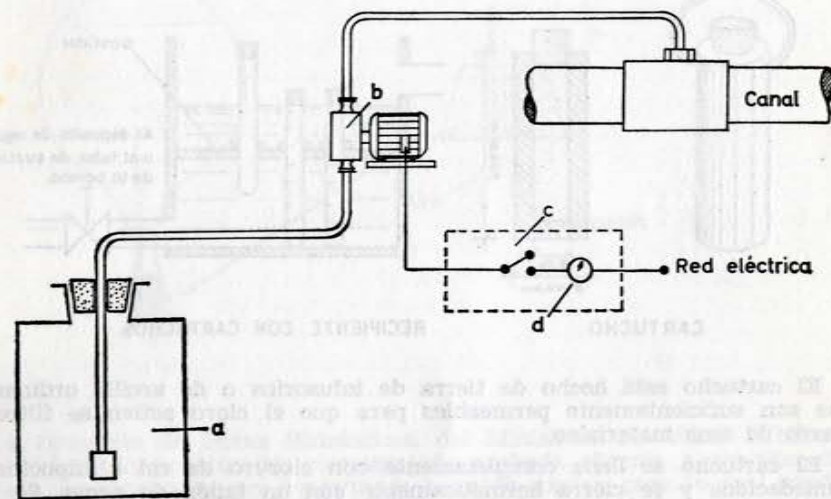


- a) Bomba
- b) Deposito sellador
- c) Suministro de agua
- d) Rebosadero
- e) Ejector
- f) Sifon
- g) Deposito de solución a nivel constante

Funcionamiento

Al ponerse la bomba en marcha, circula agua por el eyector, produciéndose una depresión en la rama corta del sifón, con lo que fluye solución madre hacia la aspiración de la bomba. Al pararse ésta, se desceba el sifón. La cantidad de solución suministrada puede regularse variando el nivel libre del depósito correspondiente.

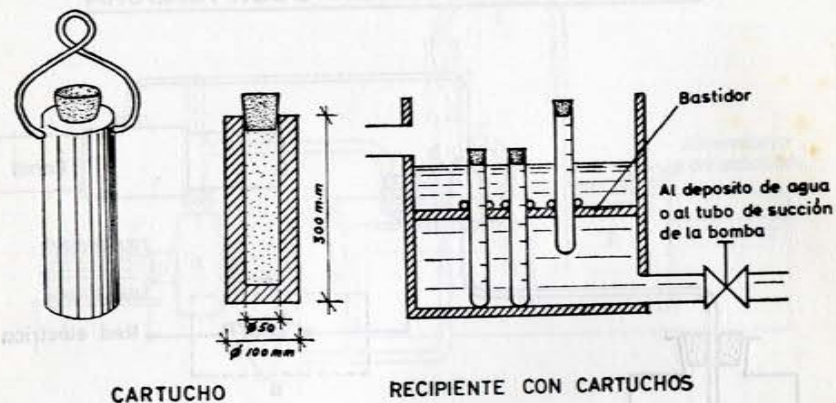
COLORADOR DE BOMBA DOSIFICADORA



Funcionamiento

La solución de hipoclorito es aspirada por la bomba dosificadora (generalmente de membrana), cuyo caudal es regulable por el desplazamiento de la parte móvil, y que se conduce al agua a tratar. La bomba se pone en marcha eléctricamente mediante la acción manual o a través de un interruptor temporizador, en el que previamente se ha establecido un programa. Existen diversas variantes, tales como accionamiento combinado con la bomba de elevación, por regulador de nivel, etc.

CLORADOR CON CARTUCHOS DE CLORURO DE CAL



El cartucho está hecho de tierra de infusorios o de arcilla ordinaria, que son suficientemente permeables para que el cloro activo se filtre a través de esos materiales.

El cartucho se llena completamente con cloruro de cal o hipoclorito humedecidos y se cierra herméticamente con un tapón de goma. Se sumerge en el agua hasta que el cloro activo comienza a rezumar, lo que ocurre después de 12 a 24 horas.

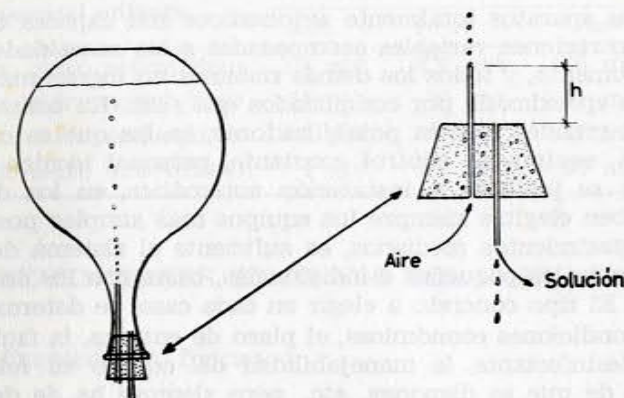
La cantidad de cloro activo que pasa a través del cartucho depende de la concentración del compuesto, la porosidad de las paredes y la superficie del cartucho que se encuentra en contacto con el agua.

El tamaño y el número de cartuchos utilizados deben seleccionarse según las necesidades; para verificar si son adecuados puede determinarse la cantidad de cloro residual. Como la filtración depende de la superficie del cartucho sumergida en el agua, es posible regular la cantidad de cloro emitida, subiendo o bajando el cartucho.

Al emplear cartuchos dosificadores deben adoptarse las precauciones siguientes:

1. Antes de cargarlo debe revisarse el estado del cartucho para cerciorarse de que no tiene grietas, el tapón de goma ajusta firmemente, etc.
2. El cartucho debe cargarse con un compuesto de contenido conocido de cloro activo.
3. El agua de un pozo no debe utilizarse durante 24 horas después de la inmersión de un cartucho recientemente cargado.
4. Deben practicarse con regularidad pruebas de cloro residual y complementarse con exámenes bacteriológicos, de ser posible.
5. Deben reemplazarse los cartuchos antes de que se vacíen por completo.
6. Deben tenerse a mano cartuchos de repuesto.

CLORADOR DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS



La Dirección de Obras Hidráulicas, del Ministerio de Obras Públicas, ha desarrollado un clorador elemental de probada eficacia y sencillez de manejo, consistente en un depósito de solución madre, para lo cual puede utilizarse una garrafa de vidrio de 16 litros de capacidad, que se cierra con un tapón de goma al que atraviesan dos tubos de vidrio calibrado, según la figura. La solución de hipoclorito sódico fluye por el tubo que sobresale exteriormente, con un caudal que viene determinado por la sección de los tubos y la diferencia de alturas entre sus extremos sumergidos. Ha sido previsto para vaciar su contenido en 24 horas.

4.3. Criterio de selección de los aparatos

Solamente los aparatos totalmente automáticos son capaces de suministrar concentraciones variables acompasadas a las necesidades del agua en cada momento, y todos los demás sistemas no logran más que una dosificación aproximada por complicados que sean. En consecuencia, salvo en las grandes plantas potabilizadoras, en las que se cuenta con laboratorios, equipos de control constante, personal técnico especializado, etc., y se justifica la instalación automática, en los demás tratamientos deben elegirse siempre los equipos más simples posibles. Así, en los abastecimientos medianos, es suficiente el sistema de cloración por gas, y en los pequeños e individuales, basta con los de soluciones cloradas. El tipo concreto a elegir en cada caso, se determina a la vista de las condiciones económicas, el plazo de entrega, la facilidad de obtener el desinfectante, la manejabilidad del equipo en relación con el personal de que se disponga, etc., pero siempre ha de descartarse la idea de que los aparatos más caros y complicados, necesariamente darán mejor servicio.

Desgraciadamente, el inconveniente principal de la técnica de cloración, común a todos los procedimientos, es que precisa de una atención constante y continuada, que no se evita ni con instalaciones complejas.

5. CLORACION DOMESTICA

La cloración de pequeñas cantidades de agua, como puede ser para el consumo de una casa o un pequeño núcleo de población, puede realizarse con la lejía comercial (hipoclorito sódico).

Las lejías comerciales, por orden de la Presidencia de Gobierno, obligatoriamente llevan impresas las cantidades de cloro activo de las mismas. Existen en el comercio lejías con concentraciones de 20, 40, 80 y 100 gramos de cloro activo por litro.

Para potabilizar un agua, es necesario añadir a la misma la cantidad de lejía que cubra, primero, la demanda de cloro, para que dé después el cloro residual actuante.

En el siguiente cuadro indicamos la cantidad de lejía necesaria calculada sobre la base de clorar con 2 ppm., teniendo en cuenta que después esta concentración va a disminuir.

Concentración de la lejía comercial utilizada	Cantidad de lejía necesaria según el volumen del agua			Concentración inicial resultante en el agua
	2 lit.	10 lit.	1 m ³	
20 gr. cloro activo/litro	IV got.	XX got.	100 ml.	2 ppm.
40 gr. cloro activo/litro	II got.	X got.	50 ml.	2 ppm.
80 gr. cloro activo/litro	I got.	V got.	25 ml.	2 ppm.
100 gr. cloro activo/litro	I got.	IV got.	20 ml.	2 ppm.

6. PREVENCIONES EN EL USO DEL CLORO GASEOSO

6.1. Propiedades físicas

Densidad del gas respecto al aire: 2,49

Un litro de cloro gaseoso (0° C y 1 Atm) pesa: 3,214 gr.

Un kilogramo de cloro gaseoso (0° C y 1 Atm) ocupa: 311 litros.

Un volumen de cloro líquido, al vaporizarse (0° C y 1 Atm): 457,6 vol. de gas.

Temperatura en ebullición (1 Atm): 34,1° C.

Temperatura de congelación (1 Atm): 101° C.

Calor específico del gas a 1 Atm y 0-100° C.

Cv 0,092 Kcal/Kg° C

Cp 0,124 Kcal/Kg° C

Calor específico del líquido (0-24° C): 226 Kcal/Kg° C.

Temperatura °C	-20	0	20	40	60	80
Presión de vapor (en Kg/cm ²) ...	1,85	3,75	6,84	11,51	18,15	27,25
Densidad líquido ...	1,524	1,468	1,409	1,345	1,276	1,199
Calor de vaporización (cal. gr/gr.) ...	63,0	59,6	56,0	52,2	48,2	43,7
Solubilidad en agua P = 1 Atm (en gr. de Cl ₂ por Kg. sol.)	—	—	7,2	4,5	3,26	2,18

6.2. Propiedades químicas

A continuación se indica el comportamiento del cloro frente a otros productos, en condiciones normales de trabajo.

Amoniaco. Reacciona con fuerte desprendimiento de calor, formando cloruro amónico. En solución acuosa puede formar, según las condiciones de reacción, cloraminas o tricloruro de nitrógeno (explosivo).

Hidrógeno. Reacciona lentamente en la oscuridad y con explosión en presencia de luz o calor. Las mezclas explosivas se forman a partir de un 5 por 100, aproximadamente, de hidrógeno en cloro. Los límites de las mismas se modifican por la presencia de otros gases.

Sulfuro de carbono. Reacciona formando tetracloruro de carbono, cloruros de azufre, etc., según las condiciones de reacción.

Metales. Reacciona con casi todos los metales, formando cloruros, en la mayoría de los casos solubles en agua. Son poco solubles los de cobre, plata, plomo, mercurio, platino y talio.

El cloro seco (entendiendo por tal el que contiene menos de 100 miligramos de agua por m³) es relativamente estable. A temperatura inferior a 100° C no ataca al cobre, hierro, plomo, níquel, platino, plata, acero y tántalo. Tampoco reacciona con algunas aleaciones de cobre y hierro, como "Hastelloy", "Monel" y numerosos tipos de aceros inoxidables.

El cloro seco reacciona, sin embargo, con el aluminio, arsénico, oro, mercurio, selenio, telurio, estaño y titanio. A determinadas temperaturas el sodio y potasio arden en atmósferas de cloro. A 250° C también arde el acero en atmósfera de cloro. Hay metales que, en forma finamente dividida y en presencia de cloro, arden espontáneamente; así ocurre con el antimonio, arsénico, bismuto, boro, cobre, hierro, fósforo y algunas de sus aleaciones.

El cloro húmedo, por el contrario, es muy reactivo. Prácticamente ataca a todos los metales usuales. No así al oro, platino, plata y titanio. A temperaturas inferiores a 149° C el tántalo es inerte al cloro, bien sea seco o húmedo. Lo resisten bien algunas aleaciones de ferrosilicio.

El mercurio es atacado por el cloro seco y húmedo.

Los materiales que pueden utilizarse para manejar el cloro húmedo son: vidrio, porcelana, gres, caucho y ebonitas, plástico (PVC, teflon...),

titanio y tántalo. Sin embargo, en cada caso hay que tener en cuenta las condiciones de presión y temperatura.

Compuestos orgánicos. Hay cientos de compuestos orgánicos que se preparan por cloración de hidrocarburos. La mayoría se forman por reacciones de adición o sustitución. En general las reacciones son rápidas y con fuerte desprendimiento de calor. Muchas de ellas pueden tener lugar con explosión, como ocurre con los alcoholes, éteres e hidrocarburos no saturados.

El cloro es bien absorbido por el carbón. En esta propiedad se basa la construcción de máscaras protectoras.

6.3. Riesgos

El cloro puede ocasionar graves lesiones al organismo humano, incluso la muerte.

<i>Acción sobre el hombre</i>	<i>ppm. en volumen</i>
Máximo autorizado para trabajar en forma continua durante ocho horas	1
Límite de percepción	3,5
Concentración máxima respirable durante una hora sin lesiones serias	4
Concentración máxima respirable durante varios minutos	5
Irritación de garganta a partir de	15
Tos quintosa irritativa a partir de	30
Peligrosa para exposición de media a una hora ...	40-50
Concentración rápidamente mortal	1.000

1 ppm. en volumen es aproximadamente igual a 3 mg/m³.

La elevación de temperatura por fuego u otras causas origina un aumento peligroso en la presión interior de los envases.

En contacto con agua se hace fuertemente corrosivo, y con materias orgánicas puede originar fuertes explosiones.

6.4. Precauciones

Las tuberías por las que circula el cloro deberán tener el menor número posible de bridas. Estas tuberías estarán siempre bien señaladas, visibles y de fácil acceso.

Sobre todos los aparatos que trabajan con cloro-gas hay que mantener el control suficiente de presión y temperatura para evitar pueda licuarse.

En previsión de un posible gran escape de cloro que pudiera afectar bien a personal no especializado de otras instalaciones, bien a personal ajeno a la empresa (que viva en las proximidades de la planta), es importante tener un buen sistema general de alarma. Aunque este peligro es muy remoto, conviene que las autoridades lo conozcan y exista un estudio y planificación de medidas de emergencia para la zona de posible contaminación.

Antes de utilizar cualquier aparato o material deberá exigirse del suministrador que lo garantice para trabajar con cloro (seco o húmedo) en las condiciones más desfavorables de presión y temperatura.

Todos los materiales de metal de uso discontinuo y que es preciso montar y desmontar con frecuencia deben guardarse bien limpios en una habitación o estufa a unos 35/40° C, así estarán en condiciones de ser empleados en todo momento (tubos de empalme, válvulas, etc.).

La carga máxima de cloro que puede contener un envase o depósito estático es de 1,25 Kg. por cada litro de capacidad.

Las marcas obligatorias en España para los envases de transporte son:

- Nombre del gas: CLORO.
- Fabricante o propietario y número de fabricación.
- Tara del envase sin capuchón.
- Presión de prueba y fecha de la última.
- Sello de la Delegación de Industria.
- Carga máxima que puede transportar el envase.
- Volumen o cabida del envase.

Dichas marcas tienen que ir troqueladas sobre el cuerpo del envase. El nombre del gas puede ir pintado.

Para los envases de cloro la pintura reglamentaria es el cuerpo de color negro y la ojiva de color verde claro.

La presión de prueba es de 22 Kg/cm².

Toda válvula, sin excepción, para cualquier tipo de envase —lleno o vacío—, deberá tener colocada siempre la pletina o tapón ciego de protección contra fugas.

Antes de colocar el capuchón o pieza protectora de las válvulas debe comprobarse que no hay la menor fuga de cloro, y esto tanto para el envase lleno como vacío. Téngase presente que el poco cloro que pudiera salir quedaría estacionado alrededor de las mismas (retenido por la pieza protectora) y así ocasionar fuerte corrosión.

En el caso de una válvula dura no deberá emplearse para su maniobra calentamiento con fuego, soplete, añadir grasa o aceites ni mucho menos utilizar llaves grandes. Puede permitirse, con precaución, y asegurándose que no hay fugas de cloro, añadir agua caliente sobre la empaquetadura e ir tanteando poco a poco hasta que se inicie el giro.

Si una válvula presenta fuga de cloro por un poro del material, deberá vaciarse cuanto antes el envase. Si no es posible, se intentará reducir con masilla, mastic o cemento de fraguado rápido y remitirlo seguidamente al suministrador.

Cuando de tal manera no se soluciona la fuga, puede optarse, en caso de envases pequeños, por llevarlos a lugar deshabitado y dejar que se vacíen, manteniendo vigilancia sobre el mismo; para envases grandes o fugas que no permitan otra solución se acoplará un tubo con record a la válvula y se dejará salir el cloro sobre una solución de sosa cáustica que contenga por cada kilo de cloro 1,5 Kg. de sosa 100 por 100.

6.5. Normas de uso de las botellas

Una vez retirada la pieza protectora de las válvulas se conecta la que interese a la tubería por donde irá el cloro al sistema de consumo. Luego se abre ligeramente la válvula del cilindro; una vez comprobado que no hay fugas se continúan abriendo gradualmente las demás válvulas hasta el aparato consumidor.

Los cilindros se sitúan de forma que las dos válvulas queden sobre un eje vertical. Se conecta y abre la válvula superior. El flujo de cloro gas es proporcional a la presión en el interior del envase, la

cual, a su vez, es función únicamente de la temperatura a que está el cloro líquido. A medida que se consume gas se va evaporando líquido, el cual se enfría. Si el consumo es de cierta cuantía se forma hielo en el exterior del envase y el enfriamiento origina una reducción en la presión interior y el consiguiente descenso en el flujo de cloro gas. Cuando se precise un caudal de gas superior es necesario aporte de calor mediante corriente de aire o ducha de agua templada a 30/40° C.

Hay normas de seguridad que no autorizan el riego de cilindros con agua; puede permitirse si hay precaución de secar el envase y, sobre todo, las válvulas, una vez finalizada la descarga. En este caso hay que ser exigentes con el estado de la pintura exterior de los envases.

Cuando es preciso un caudal de gas superior al que da un envase no hay inconveniente en conectar varios en paralelo.

En las instalaciones de vaciado y consumo de cloro hay que tener especial cuidado en el trazado de tuberías. Debe estar previsto todo lo necesario para evitar retrocesos de líquidos hacia los envases o depósitos de cloro.

Durante la descarga los envases deberán ser inmovilizados.

6.6. Condiciones de almacenamiento

Los frascos y cilindros estarán situados en un área amplia, limpia y bien ventilada. Nunca en sótano o lugares de acceso difícil debido a escaleras, pasillos, rampas, etc. Es importante tenga un piso liso y bien nivelado.

Es muy conveniente tener bien separados y diferenciados los envases vacíos de los llenos. Entre los llenos habrá una colocación ordenada, de modo que los primeros a enviar a clientes o bien a consumir por él sean los más antiguos respecto a la fecha de llenado o recepción.

Se evitará que el almacén esté próximo a zonas de tránsito asiduo, salidas de emergencia, etc., pues un pequeño escape de cloro las bloquearía.

El hombre a cuyo cargo está el almacén de envases será práctico en cloro, sabrá cómo actuar en caso de un pequeño escape y deberá tener autoridad para dar órdenes a las brigadas de carga y descarga, o a transportistas, caso de que se hiciera alguna maniobra incorrecta, según las normas de seguridad. que se vienen indicando.

Si el local-almacén es cerrado, tendrá dos puertas de acceso al exterior, las cuales abrirán precisamente hacia afuera.

Si el depósito de envases no tiene en sus inmediaciones consumidores de cloro, debe disponerse de una disolución de sosa cáustica para neutralizar el cloro de un envase si éste fuese causa de una fuga.

6.7. Medidas correctoras y material de protección

Además de las indicaciones ya hechas, reunimos a continuación las precauciones y medidas a tomar cuando haya un escape de cloro.

a) Independiente de la intensidad de las mismas, las fugas de cloro deben detenerse a la mayor brevedad posible.

b) Hay que tener muy presente la dirección del viento; cuando alguien se aproxime al lugar de la fuga, el viento le dará en la espalda. De esta forma no tendrá prácticamente contacto con el gas hasta muy pocos metros de la avería. Si el viento es de discreta intensidad incluso puede trabajar en el mismo lugar de la fuga.

c) La urgencia en reparar las fugas se debe a la corrosión que el cloro, en contacto con la humedad del aire, produce sobre el material.

d) Las fugas por pletinas o racores pueden tener mayor trascendencia, porque posiblemente signifique la rotura de un tornillo, escape de una junta o mal estado de una rosca de acoplamiento, y en ese caso la fuga podría hacerse repentinamente grande.

e) No se tomará ninguna medida sin conocer exactamente el lugar por donde fuga.

f) Si un envase pequeño presenta fuga, debe separarse en seguida de los demás y ponerlo de pie o girarlo de forma que la fuga sea por la parte superior, y así saldrá únicamente gas. Luego se conectará el envase a la tubería de consumo, a una de cloro de baja presión o a una solución alcalina que absorba el gas.

g) Nunca debe aproximarse ningún hombre a las proximidades de un escape sin máscara protectora. El tiempo que se pierde buscándola y poniéndola se ganará en tener un hombre más, útil.

Contra las fugas de cloro, que son las más frecuentes, puede emplearse eficazmente el cartucho filtrante con pieza supletoria de goma, que permite ajuste a la boca y que se sujeta mediante presión de los dientes. Para su empleo hay que habituarse a respirar por la boca en

forma rítmica y lenta. Es de acoplamiento instantáneo, tiene peso y tamaño pequeños y deja al que lo utiliza libertad total de movimientos.

Para concentraciones más altas es conveniente utilizar las máscaras antigás con cartucho filtrante especial para cloro. Puede sustituirse por el cartucho filtrante que hemos indicado anteriormente, complementado con gafas herméticas (tipo pesca submarina); este último sistema suele preferirse al de máscara completa.

Cuando la concentración de cloro es aún más alta, y especialmente en lugares cerrados, es preciso emplear ya máscaras con equipo de respiración autónomo alimentadas con aire comprimido.

6.8. Primeros auxilios

- El intoxicado debe retirarse lo antes posible de la zona gaseada; por supuesto, los hombres que presten ayuda irán siempre convenientemente equipados.
- Si las circunstancias son apremiantes y no se dispone de máscaras, se puede actuar así: hacer una inspiración profunda de aire puro, entrar sin correr en la zona tóxica con un paño húmedo que proteja boca y nariz, retirar el intoxicado dejándolo en manos de los compañeros; ya en atmósfera normal, primero aspirar profundamente todo el aire de los pulmones y luego, lentamente, ir normalizando la respiración.
- Cuando la contaminación es fuerte y la zona afectada con visibilidad imperfecta, el personal de socorro irá sujeto a una cuerda por debajo de los brazos, y así los compañeros podrán rescatarlos de la zona peligrosa si advierten síntomas de desfallecimiento o cualquier otra situación de emergencia.
- Una vez el intoxicado fuera de la atmósfera contaminada, debe tenderse en lugar bien ventilado, en reposo absoluto y se le evitará todo esfuerzo, aun el de hablar.
- Se mantendrá abrigado con mantas, procurando haga respiraciones rítmicas y beba café templado o agua; no dar alcohol.
- En casos muy graves, si se detiene la respiración, hacer la respiración artificial boca a boca. Dicha respiración artificial no se hará mientras el intoxicado respire por sí mismo. Tampoco se hará empleando medios externos, pues en casos agudos podrían lesionarse los tejidos pulmonares fuertemente afectados por el cloro.
- En cualquier caso se solicitará el servicio de un médico.

7. OTROS PROCEDIMIENTOS DE DESINFECCION

7.1. Ebullición

Este método es válido para destruir los microorganismos patógenos del agua, tanto si es turbia como clara, relativamente pura, o muy contaminada orgánicamente, eliminándose las bacterias, esporas, cercarias, quistes y huevos.

Presenta el inconveniente de su precio, que está en relación directa con el del combustible y la cantidad necesaria de éste, la cual depende del tipo de hogar y recipiente empleados. Por ello sólo tiene aplicación para usos domésticos.

La eficiencia del sistema se alcanza cuando la ebullición es turbulenta. Puede confundir la aparición de burbujas y el desprendimiento de vapores, los cuales no son señal inequívoca de haber alcanzado la temperatura de ebullición. La duración del proceso de ebullición no ha de ser inferior a 10 minutos.

Se precisa emplear el mismo recipiente para hervir el agua y almacenarla, y se reservará exclusivamente para este uso.

Con la ebullición se altera el sabor del agua por haberse desprendido los gases disueltos, particularmente el anhídrido carbónico. Puede mejorarse el sabor dejando el recipiente durante varias horas tapado, aunque con una buena superficie de contacto en el agua. Es contraproducente la práctica de agitación y trasvase, por el riesgo que presenta esta manipulación.

7.2. Ozonización

El ozono presenta buenas propiedades desinfectantes y además es eficiente para eliminar los olores y sabores del agua. Tiene el inconveniente que su precio es considerablemente más alto que el del cloro, y la instalación necesaria más complicada. Precisa de cuidados especiales para su conservación.

La producción de ozono se realiza *in situ*, haciendo pasar aire desecado y filtrado por entre unas placas ionizadoras de alta tensión, con lo cual parte del oxígeno pasa a ozono. El ozono así producido se diluye en aire hasta una proporción del 1 por 100, que a su vez se pone en contacto con el agua por pulverización de esta en el medio aire-ozono; la introducción del gas en difusores situados en el fondo de

BIBLIOGRAFIA

- Práctica y vigilancia de las operaciones de tratamiento del agua.* Organización Mundial de la Salud. Monografía número 49, 1966.
- Principios y práctica de la lucha contra el cólera.* O.M.S. Cuadernos de Salud Pública, número 40.
- Fiebre tifoidea y saneamiento.* Publicaciones de la Dirección General de Sanidad, 1972.
- Cooperación activa de las personas y familias en la lucha contra toda clase de procesos diarreicos de naturaleza infecciosa* (folleto de divulgación sanitaria). Dirección General de Sanidad, 1971.
- Cloro.* Comisión de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Sindicato Nacional de Industrias Químicas, 1970.

depósitos profundos de agua, o por lavado a contracorriente del gas con el agua a tratar. Ordinariamente la dosis es de unas 40 ppm. de ozono, que puede regularse variando la tensión de los generadores.

El exceso de dosificación elimina los olores y sabores, no presentando inconvenientes, ya que a los treinta minutos de su aplicación se ha transformado, otra vez, en oxígeno.

La comprobación de la concentración existente en ozono, se determina con un aparato especial, o con la prueba de la ortotolidina, que indica la presencia de 0,1 ppm. de O_3 cuando la coloración del reactivo es equivalente a la ocasionada por 0,15 ppm. de cloro residual.

7.3. Luz ultravioleta

Este sistema es válido para instalaciones pequeñas, pero el agua a desinfectar ha de ser clara. Una escasa concentración de hierro soluble es suficiente para absorber la luz ultravioleta, anulando la acción esterilizante. Por otra parte la instalación es costosa.

7.4. Yodación

El yodo es un desinfectante de primera calidad. La tintura del yodo puede emplearse para desinfectar el agua, bastando de ordinario dos gotas de tintura al 2 por 100 para tratar un litro de agua. Si el agua está muy contaminada hay que duplicar la dosis. No hay inconveniente en emplear dosis más elevadas aún, si bien puede comunicarse un fuerte sabor a medicina al agua.

El procedimiento no es válido para aguas muy turbias o coloreadas, las cuales precisarán un filtrado previo.

Comercialmente pueden encontrarse preparados en forma de tabletas de uso individual para la purificación del agua, que contienen yodo o alguno de sus compuestos.

INDICE

	Págs.
1. <i>Cloración</i>	3
1.1. Cualidades del agua que inciden en el tratamiento con cloro.	4
1.2. Reacciones del cloro en el agua	4
1.3. Cantidades mínimas de cloro aportado y cloro residual necesario para una eficaz cloración	7
1.4. Previsiones en el tratamiento con cloro de aguas biológicamente contaminadas.	8
2. <i>Control de la cloración</i>	9
2.1. Determinación de cloro residual en agua, por el método de la ortotolidina-arsenito sódico	9
2.1.1. Fundamento	9
2.1.2. Reactivos	10
2.1.3. Preparación de la serie de patrones	10
2.1.4. Método operativo	11
2.2. Determinación de cloro en agua. Método orientativo	13
3. <i>Respuesta de la población ante las aguas cloradas</i>	14
4. <i>Técnicas para la aplicación del cloro</i>	16
4.1. Cloradores de gas	16
4.2. Cloradores de hipoclorito	24
4.3. Criterio de selección de los aparatos	30
5. <i>Cloración doméstica</i>	30
6. <i>Previsiones en el uso del cloro gaseoso</i>	31
6.1. Propiedades físicas	31
6.2. Propiedades químicas	32
6.3. Riesgos	33
6.4. Precauciones	34
6.5. Normas de uso de las botellas	35
6.6. Condiciones de almacenamiento	36
6.7. Medidas correctoras y material de protección	37
6.8. Primeros auxilios	38
7. <i>Otros procedimientos de desinfección</i>	39
7.1. Ebullición	39
7.2. Ozonización	39
7.3. Luz ultravioleta	40
7.4. Yodación	40
<i>Bibliografía</i>	41

ÍNDICE

Página

1. Introducción 1

2. El agua y el medio ambiente 2

3. El agua y el desarrollo 3

4. El agua y la salud 4

5. El agua y la agricultura 5

6. El agua y la industria 6

7. El agua y el transporte 7

8. El agua y el turismo 8

9. El agua y el deporte 9

10. El agua y el ocio 10

11. El agua y el arte 11

12. El agua y la literatura 12

13. El agua y la música 13

14. El agua y el cine 14

15. El agua y el teatro 15

16. El agua y el teatro 16

17. El agua y el teatro 17

18. El agua y el teatro 18

19. El agua y el teatro 19

20. El agua y el teatro 20

21. El agua y el teatro 21

22. El agua y el teatro 22

23. El agua y el teatro 23

24. El agua y el teatro 24

25. El agua y el teatro 25

26. El agua y el teatro 26

27. El agua y el teatro 27

28. El agua y el teatro 28

29. El agua y el teatro 29

30. El agua y el teatro 30

31. El agua y el teatro 31

32. El agua y el teatro 32

33. El agua y el teatro 33

34. El agua y el teatro 34

35. El agua y el teatro 35

36. El agua y el teatro 36

37. El agua y el teatro 37

38. El agua y el teatro 38

39. El agua y el teatro 39

40. El agua y el teatro 40

41. El agua y el teatro 41