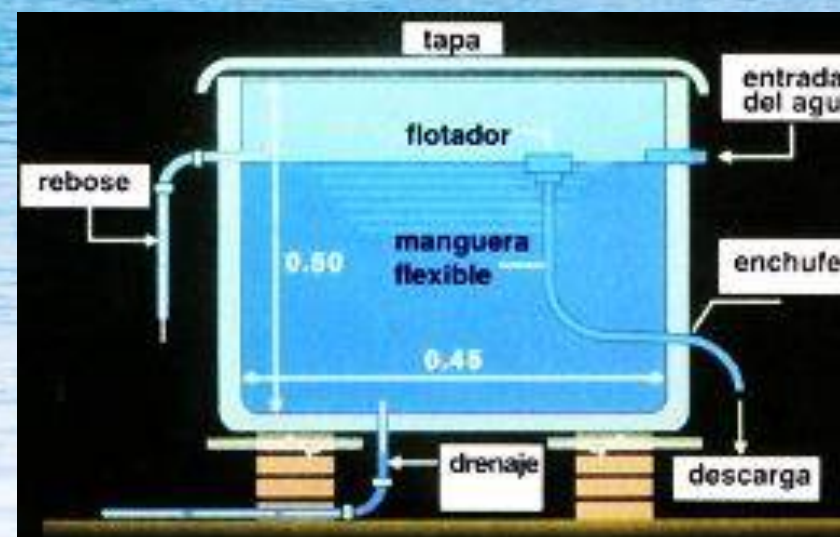
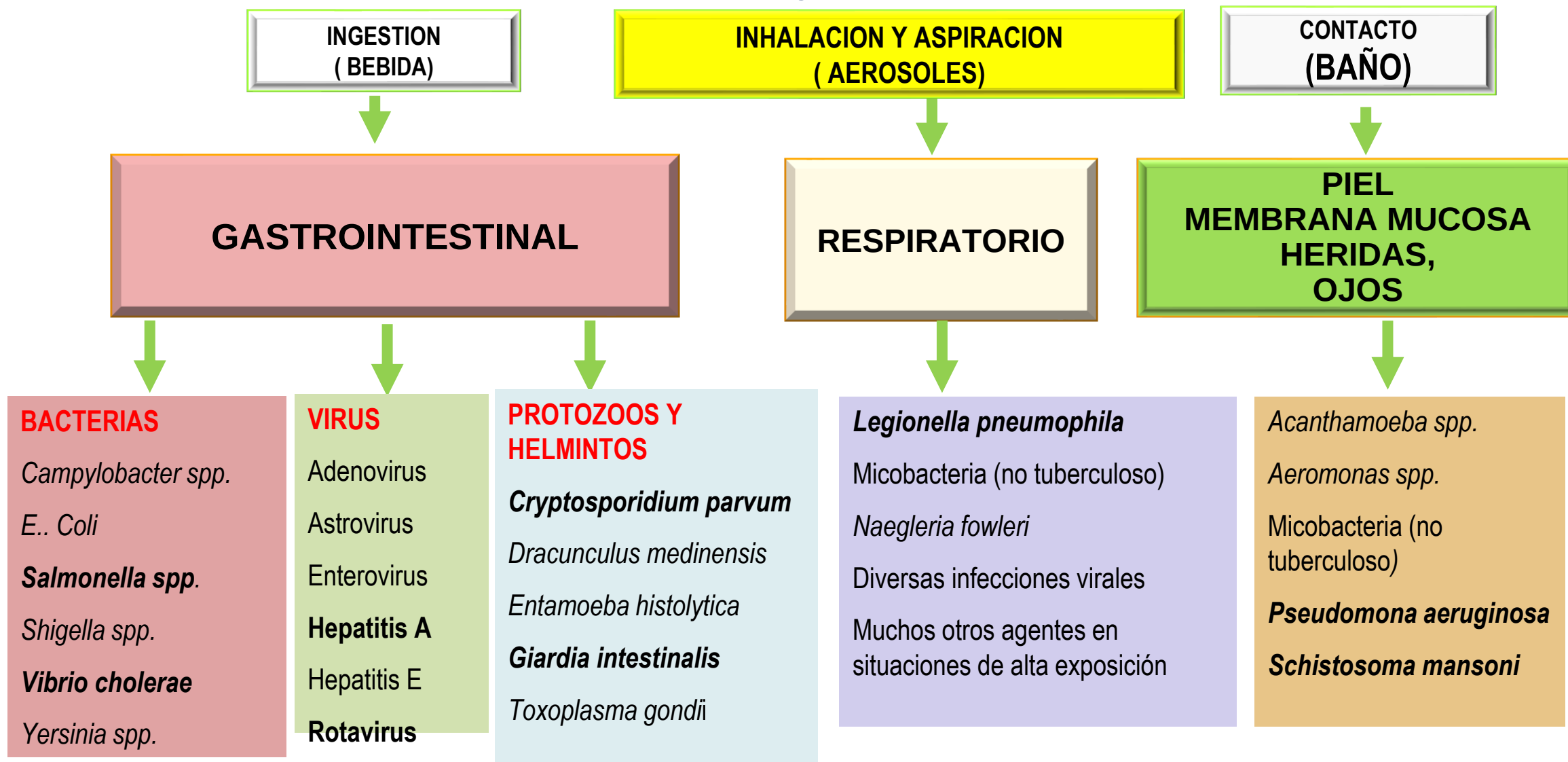


Desinfección del Agua para consumo humano



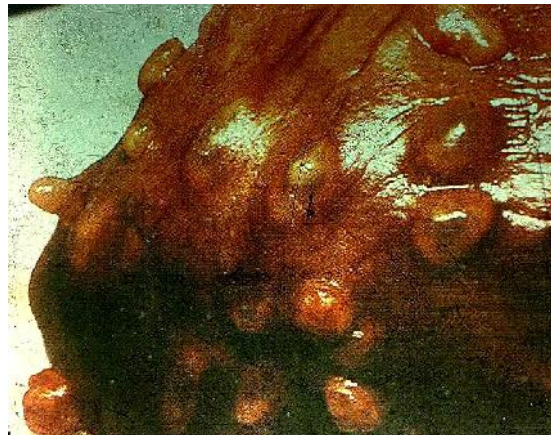
Vías de transmisión y patógenos relacionados con el agua



Ejemplo de enfermedades de origen hídrico



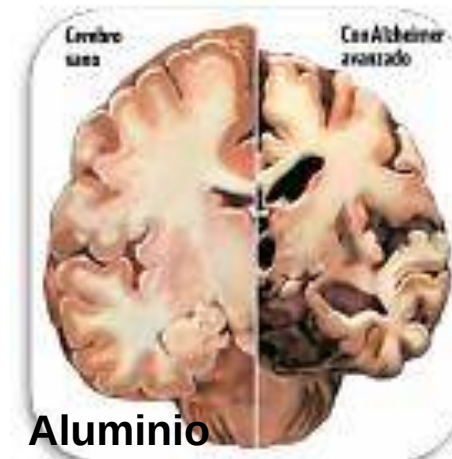
EL COLERA



**CISTICERCUS EN
CORAZON**



**CISTICERCUS. EN EL
CEREBRO**



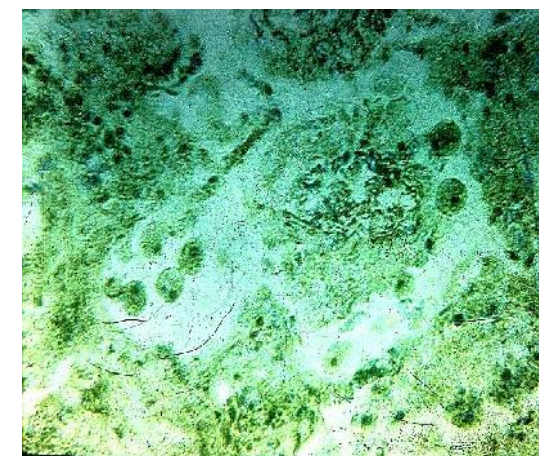
Aluminio



**INTESTINO INFECTADOS
CON. TRICHURIS**



**INTESTINO CON ASCARIS
LUMBRICOIDES**



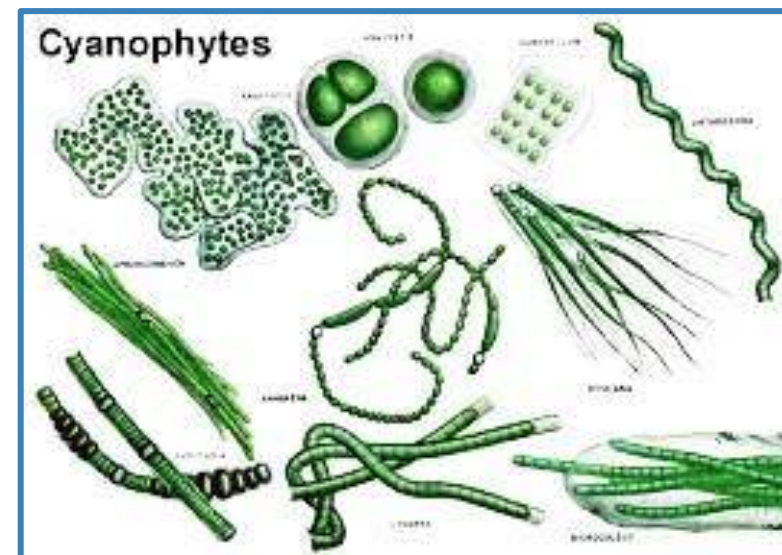
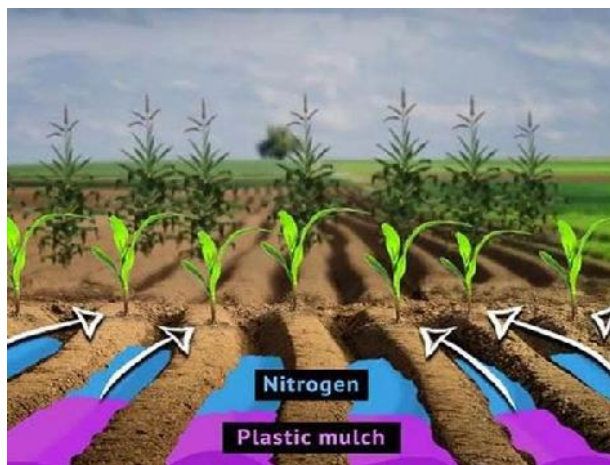
QUISTES DE BALANTIDIUM

Otros microorganismos

Algas verde – azuladas

- ✓ Productoras de toxinas: hepatotoxinas, neurotoxinas, lipopolisacáridos.

Cuidado de la fuente – nutrientes.



Otros microorganismos (cont.)

Organismos molestos

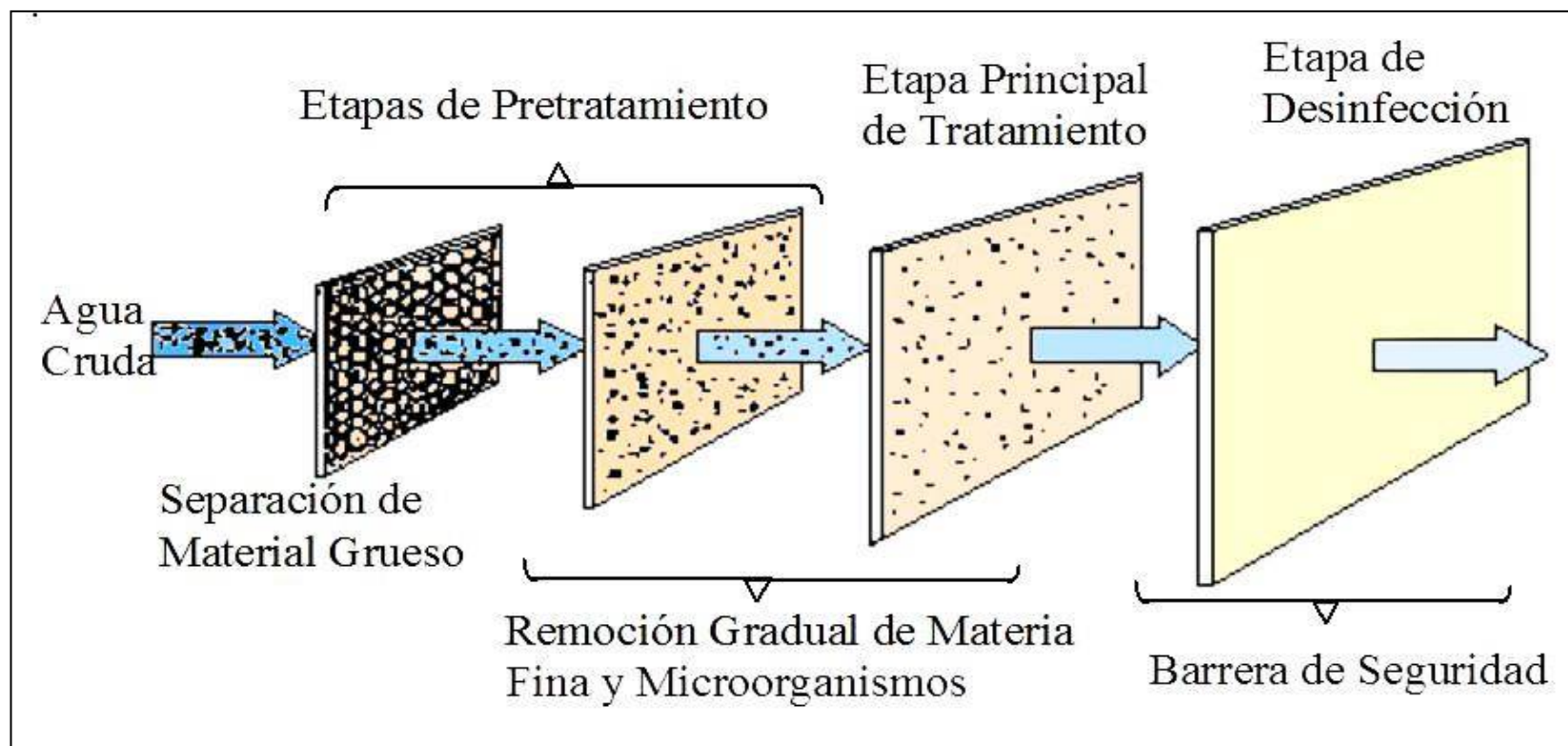
- ✓ Actinomicetes, cianobacterias, crustáceos

Causan turbiedad, olor, gusto, son visibles



Estrategia de las barreras múltiples para reducir riesgos microbiológicos

Consiste en tener más de una etapa de tratamiento. Juntas, estas etapas remueven progresivamente los contaminantes para producir agua de buena calidad. **Idealmente, se debe tener agua de bajo nivel de contaminación fecal**, antes de la etapa final de tratamiento (Desinfección).



Regla primordial de la OMS

Las posibles consecuencias para la salud de la contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe comprometerse.

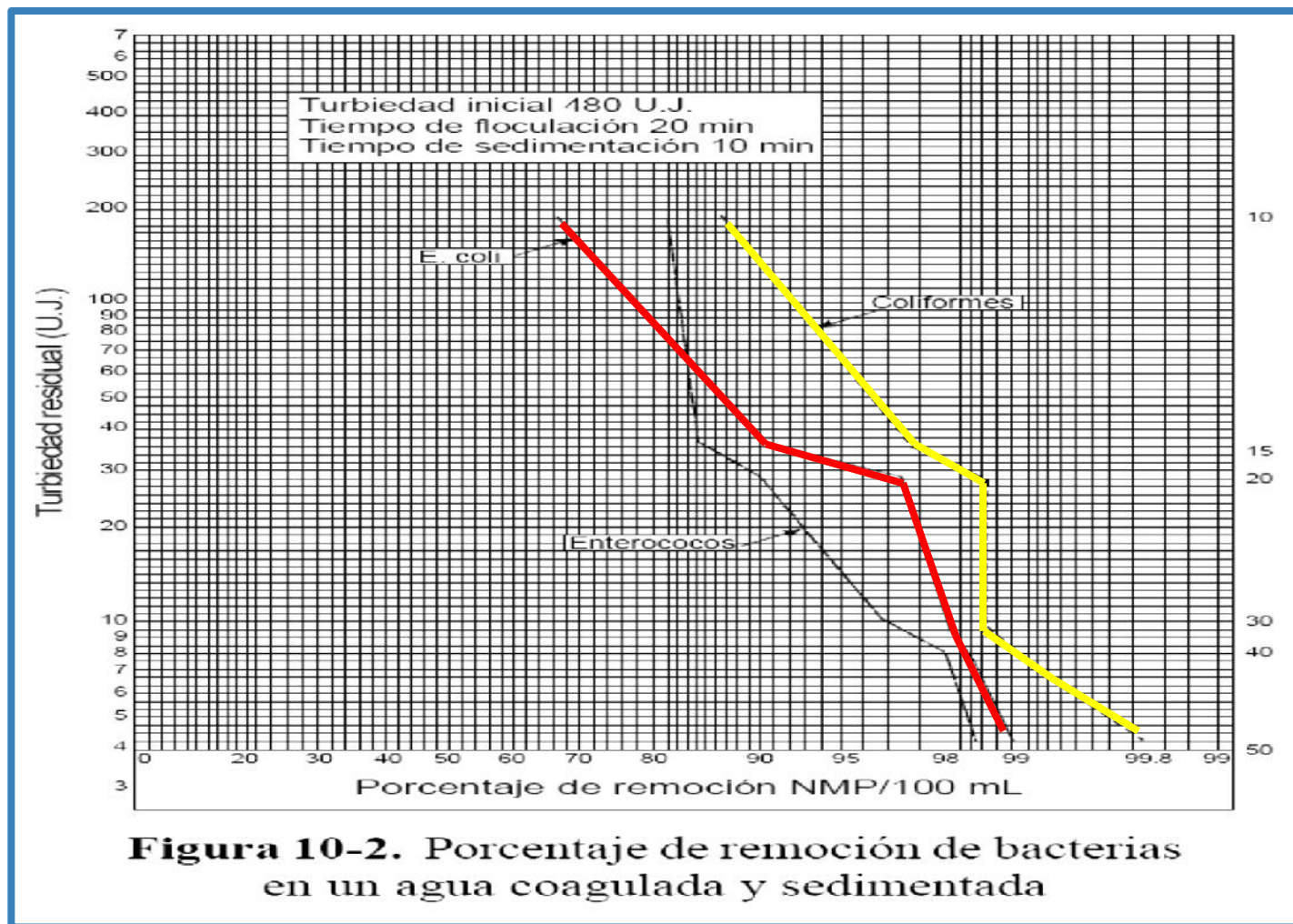
No debe ponerse en peligro la desinfección para intentar controlar los subproductos de la desinfección (SPD).

La conclusión generales que ***si no hay patógenos derivados de contaminación fecal, no se producen endemias o epidemias*** transmitidas por el agua

Formas de Desinfección

AGENTES FÍSICOS

- **Sedimentación natural:** decantación de partículas en suspensión, por acción de la gravedad. Esporulados y huevos de helmintos.
- **Coagulación – Floculación – Sedimentación:** comportamiento igual que los coloides. Incorporación a flóculos

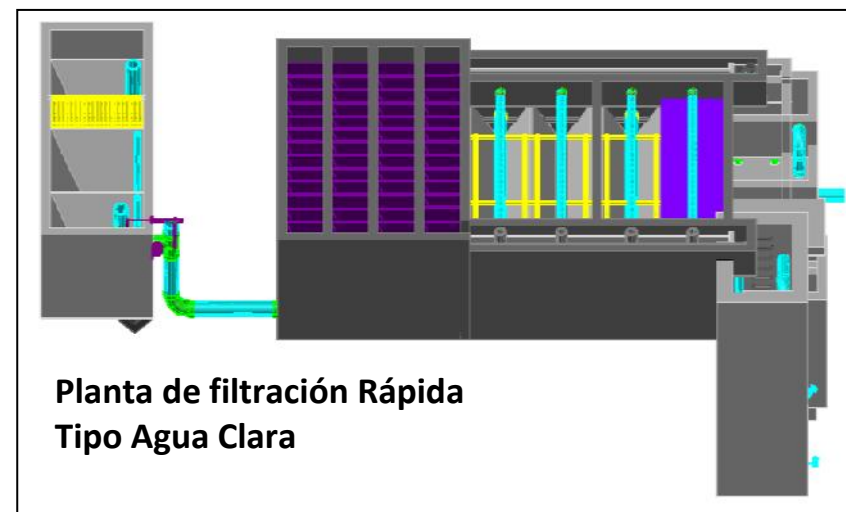


Formas de Desinfección (cont)

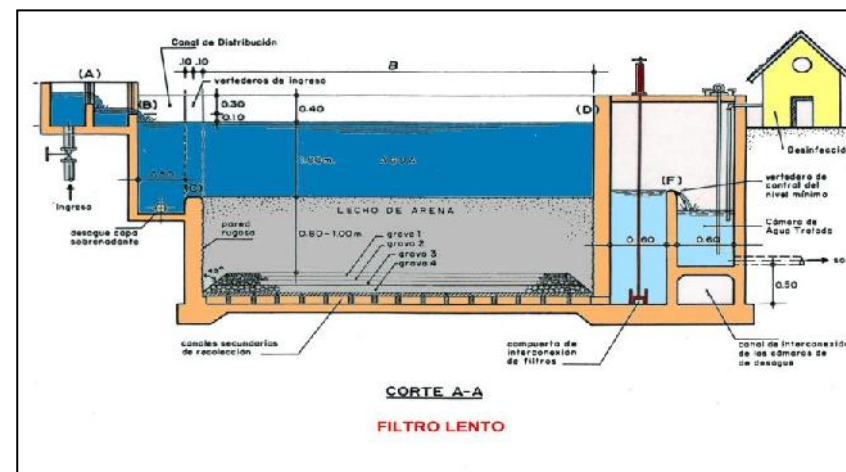
AGENTES FÍSICOS

Filtración:

➤ Filtros rápidos: 98% de remoción.
Retención en intersticios.



➤ Filtros Lentos: 96% de remoción.
Formación de una capa orgánica.
Biodegradación.

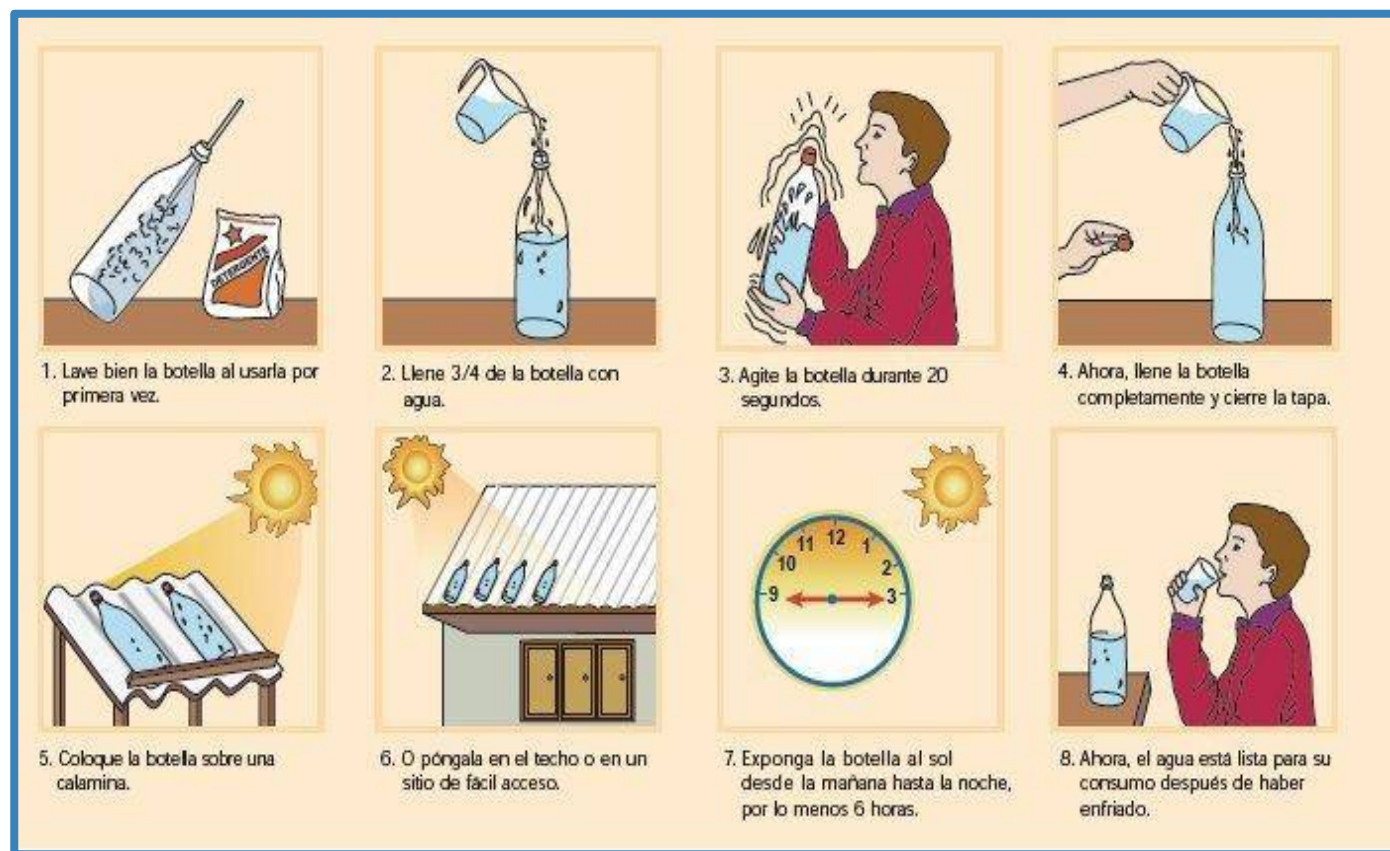


Formas de Desinfección

AGENTES FÍSICOS

➤ Radiación UV

Longitud de onda: 254 nm



Formas de Desinfección (cont.)

AGENTES QUÍMICOS (Actúan por su poder oxidante)

- Cloro y derivados
- Cloraminas
- Bromo
- Yodo
- Dióxido de cloro
- Ozono
- Permanganato de potasio
- Peróxido de hidrógeno
- Iones metálicos (no oxidante)

Selección de la alternativa de desinfección

Función de las condiciones locales y de tres objetivos principales:

- Entregar agua libre de patógenos
- Control en la producción de SPD
- Presencia de desinfectante en la red de distribución.

Características de los desinfectantes

- Destruir en corto tiempo los patógenos
- No ser tóxicos en las dosis usuales
- No dar olor ni sabor
- Bajo costo.
- Manejo fácil y dosificación segura
- Fácilmente determinables
- Mantener residual

Otras propiedades de los oxidantes

- Minimizar la formación de Sub Productos de la Desinfección (SPD)
- Oxidación de hierro y manganeso
- Remoción de colores
- Prevención del recremento en redes
- Remoción de sabores y olores
- Prevención del crecimiento de algas en sedimentadores y filtros
- Mejorar la eficiencia de la coagulación y filtración
- Prevención del crecimiento de algas en sedimentadores y filtros
- Remoción de colores



Cloración

Es un proceso selectivo para la destrucción de los microorganismos Patógenos(capaces de producir enfermedades). Involucra un **tratamiento especializado** mediante el empleo de un agente químico.

Entre los agentes de la desinfección (desinfectantes), el más empleado en la potabilización de agua es el cloro, por las razones siguientes:

- ✓ **Se encuentra fácilmente** disponible en forma de: gas, líquido y sólido;
- ✓ **Es Barato**
- ✓ **Es fácil de aplicar** debido a su alta solubilidad,
- ✓ **Deja un residual** en solución, fácil de determinar;
- ✓ **Destruye la mayoría de gérmenes patógenos**

Ventajas del cloro, Cl_2

- La cloración es una **tecnología bien establecida**.
- En la actualidad la cloración es más eficiente en términos de costo que la radiación UV o la desinfección con ozono (excepto cuando la descloración y el cumplimiento con requisitos de prevención de incendios son requeridos).
- **El cloro residual** que permanece en el efluente del agua residual puede prolongar el efecto de desinfección, y puede ser medido para evaluar su efectividad.
- La desinfección con cloro **es confiable y efectiva para un amplio espectro de organismos patógenos**.
- El cloro es **efectivo en la oxidación** de ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos.
- La cloración **permite un control flexible de la dosificación**.
- El cloro **puede eliminar ciertos olores molestos** durante la desinfección.

Desventajas del cloro

El cloro a pesar que tiene un largo historial como un desinfectante efectivo, tiene ciertos limitantes en términos de salubridad y seguridad, que es necesario conocer antes de decidir sobre su utilización.

- Todas las formas de cloro son muy **corrosivas y tóxicas**. Como consecuencia, el almacenamiento, el transporte y el manejo presentan riesgos cuya prevención requiere normas más exigentes de seguridad.
- El cloro **oxida ciertos tipos de materiales orgánicos contenidos en el agua** generando compuestos más peligrosos (tales como los metanos trihalogenados [MTH]).
- El cloro residual **es inestable en presencia de altas concentraciones de materiales con demanda de cloro**, por lo cual pueden requerirse mayores dosis para lograr una desinfección adecuada.
- **Algunas especies parásitas han mostrado resistencia a dosis bajas de cloro**, incluyendo los oocistos de *Cryptosporidium parvum*, los quistes de *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*, y los huevos de gusanos parásitos.

Recomendaciones para obtener mayor provecho del cloro

■ **Perfeccione sus tratamientos**

El cloro sirve mejor cuando el efluente a tratar es de buena calidad (**baja en materia orgánica y sólidos suspendidos**). A peor calidad, más cloro requerido, mayor gasto y se pierde la garantía de tener agua sin patógenos.

■ **Considere el pH del agua y el tiempo de contacto estimado**

Si su agua tiene un pH alto, deberá prolongar el tiempo de contacto del agua con el cloro o añadir una dosis mayor. Si su pH es significativamente alto, le convendrá algún proceso de neutralización previo o algún método de desinfección alternativo.

■ **Maneje una dosificación constante y uniforme**

Mantener una concentración constante de cloro **puede ser un reto si el caudal es variable**. Un sistema de cloración controlado por el medidor de flujo es ideal.

Una bomba de cloro pulsante que opera a muy poco porcentaje de su capacidad ocasionará una mala dosificación, en este caso es más **recomendable diluir la concentración de cloro** para que la bomba pueda operar a pulsos más frecuentes.

Métodos alternativos de desinfección

El cloro a pesar de ser el desinfectante más utilizado tiene algunas desventajas, por estos motivos, se han desarrollado una serie de alternativas entre las que podemos mencionar las siguientes:

Ozono. El gas ozono tiene mayor efecto germicida, sus subproductos son menos dañinos en virtud de no ser halogenados y desaparece mucho más rápido.

Radiación UV. De acción local e instantánea, tampoco deja residuos o subproductos así que es ideal para agua en contacto con personas, flora o fauna; sin embargo, exige que el agua a desinfectar tenga una turbiedad y contenido de sólidos bajos y requiere mantenimiento frecuente de las lámparas.

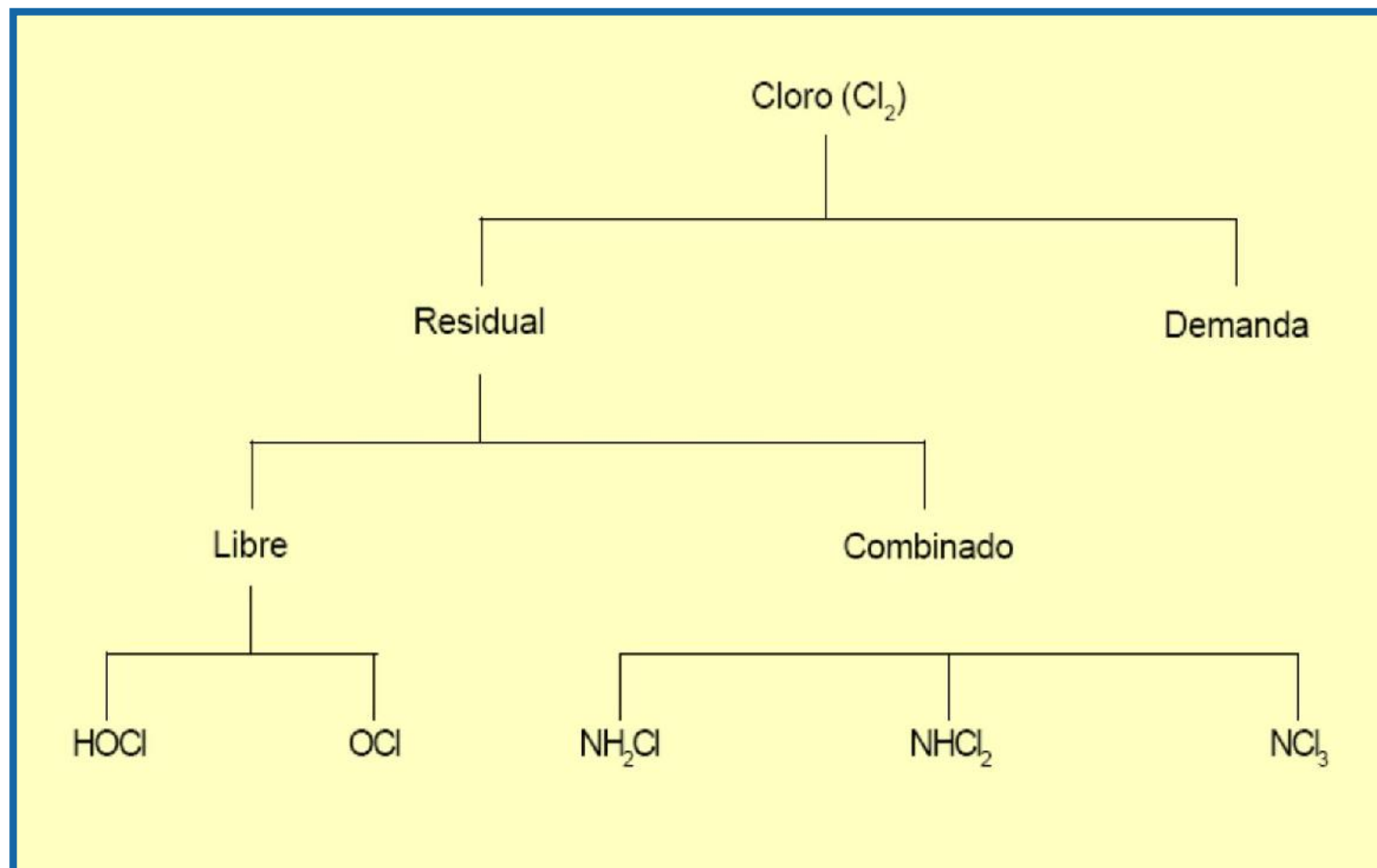
Dióxido de cloro. es un gas generado in situ, que destruye a los microorganismos como tal sin convertirse en ácido hipocloroso e hipoclorito. Ataca de preferencia a los patógenos en vez de la materia orgánica. tiene mayor capacidad para difundirse en sólidos suspendidos y filmes y genera menos subproductos tóxicos que el cloro. Su precio es más elevado y su preparación requiere mayor cuidado.

Eficiencia de la desinfección

- ✓ Sigue una cinética de 1º orden en t
- ✓ $\ln (N/N_0) = - kCT$
- ✓ k : constante de reducción del microorganismo
- ✓ % inactivación : $(1 - N/N_0) \times 100$

Log Inactivación	Porcentaje de Inactivación
0.0	0.00
0.5	68.38
1.0	90.00
2.0	99.00
3.0	99.90
4.0	99.99
5.0	99.999
6.0	99.9999
7.0	99.99999

Formas importantes del cloro



Reacciones de

“demanda de cloro”

- NO_2
- Fe
- Mn
- H_2S
- Colores
- Compuestos orgánicos

Parámetros Operacionales de la desinfección

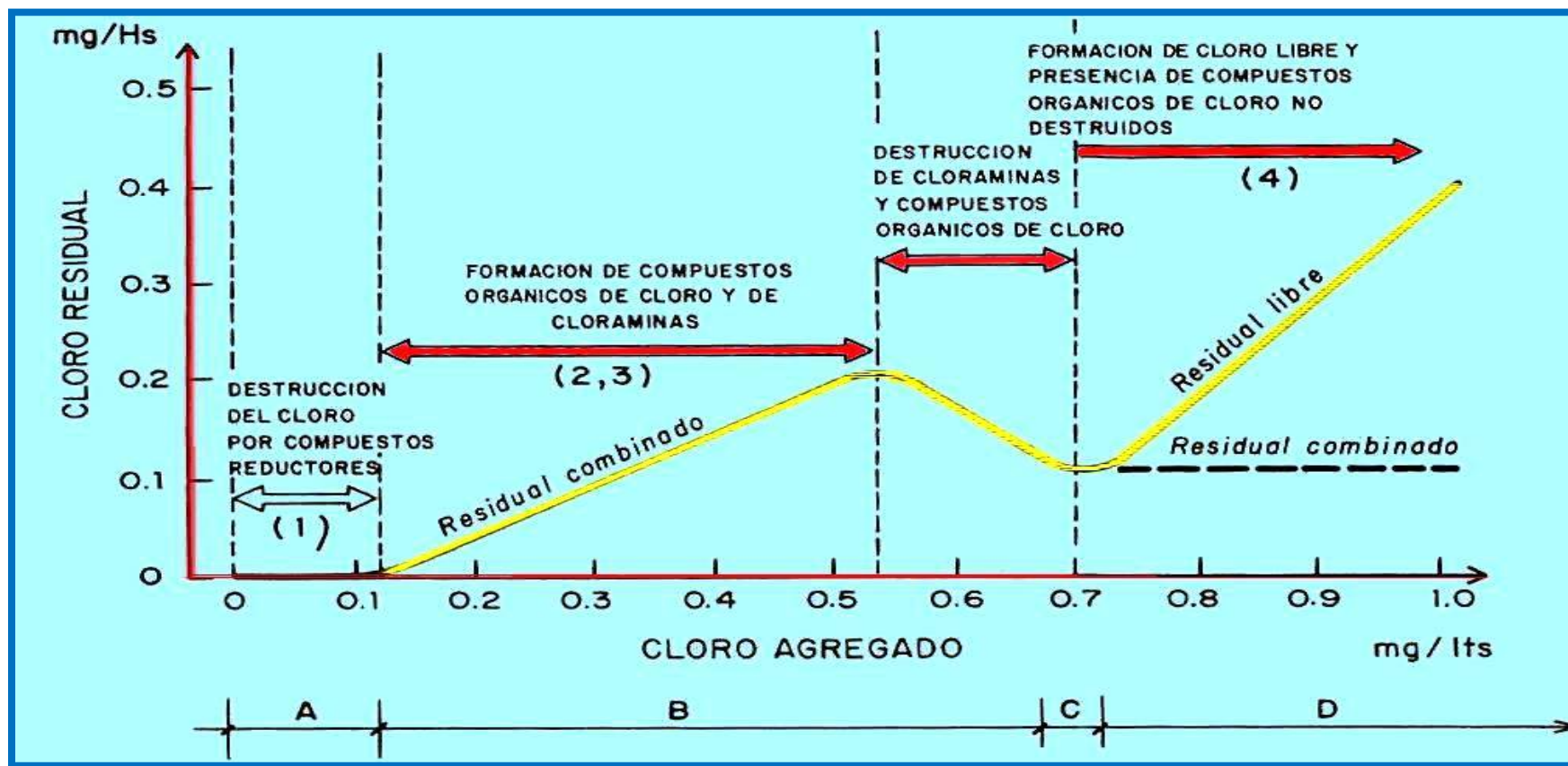
La eficiencia de la Desinfección **depende de varios factores** entre los que podemos mencionar:

- ❖ **Naturaleza del desinfectante**
- ❖ **Concentración del desinfectante**
- ❖ **Tiempo de contacto**
- ❖ **pH**
- ❖ **Agitación**
- ❖ **Temperatura del agua**
- ❖ **Naturaleza de los organismos a ser destruidos**
- ❖ **Concentración de los organismos**
- ❖ **Características físico químicas del agua (turbiedad, color, hierro,)**



Demanda de cloro

Es la Cantidad de cloro que se debe agregar a un caudal de agua, **para garantizar la destrucción de microorganismos** que pueden estar presentes, para la adopción de la dosis de cloro debemos determinar la Curva de Demanda de Cloro y determinar su punto de quiebre, y en base a ésta **fijar la dosis y la zona en que queremos desinfectar.**



Determinación demanda de cloro, método rural

- ✓ Prepare un poco de solución que 1gr/L(1mg/ml) de cloro.
- ✓ Coloque en una hielera 10 botellas iguales, de capacidad conocida y transparentes,
- ✓ llénelas con al agua a analizar, filtrándola previamente su esta turbia
- ✓ Déjele un pequeño espacio para la solución clorada que se le adicionará a cada una, en la forma siguiente:
- ✓ 10 gotas a la primera, 20 gotas a la segunda, 30 a la tercera y así sucesivamente hasta llegar a la ultima (Los goteros dan 1ml por cada 20 gotas).
- ✓ Agite las botellas suavemente y déjelas reposar de 1 a 2 horas
- ✓ Pasado ese tiempo, a cada botella se le agregan de 2 a 3 cristales de yoduro de potasio y se agita hasta disolverlo.
- ✓ Ponga 4 gotas de vinagre y un poco de solución de almidón (como el empleado para la ropa) y agítelas suavemente
- ✓ Se notara que el agua toma un color azul, cuya intensidad esta en relación directa al cloro que contiene.
- ✓ La botella con el color azul más tenue nos indica la demanda de cloro. Esta se calcula de la siguiente manera.

Ejemplo

- Botellas de 200 ml
- La segunda la mas tenue
- Cantidad aplicada 20 gotas (20 ml/ml)
- Cantidad a adicionar por litro de agua (1000ml)

X = 1000 ml (litro)

1mg cloro = 200 ml agua

X = $(1 \times 1000) / 200 = 5$ mg/L

Cuadro D-5. Valores CT para la inactivación de quistes de Giardia con cloro libre a 20 °C

Concentración del cloro (mg/L)	pH < 6.0 Log de inactivación						pH = 6.5 Log de inactivación						pH = 7.0 Log de inactivación						pH = 7.5 Log de inactivación					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
< = 0.4	6	12	18	24	30	36	7	15	22	29	37	44	9	17	26	35	43	52	10	21	31	41	52	62
0.6	6	13	19	25	32	38	8	16	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54	11	21	32	43	53	64
0.8	7	13	20	26	33	39	8	16	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55	11	22	33	44	55	66
1	7	13	20	26	33	39	8	16	24	31	39	47	9	19	28	37	47	56	11	22	34	45	56	67
1.2	7	13	20	27	33	40	8	16	24	32	40	48	10	19	29	38	48	57	12	23	35	46	58	69
1.4	7	14	21	27	34	41	8	16	25	33	41	49	10	19	29	39	48	58	12	23	35	47	58	70
1.6	7	14	21	28	35	42	8	17	25	33	42	50	10	20	30	39	49	59	12	24	36	48	60	72
1.8	7	14	22	29	36	43	9	17	26	34	43	51	10	20	31	41	51	61	12	25	37	49	62	74
2	7	15	22	29	37	44	9	17	26	35	43	52	10	21	31	41	52	62	13	25	38	50	63	75
2.2	7	15	22	29	37	44	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	26	39	51	64	77
2.4	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78
2.6	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55	11	22	33	44	55	66	13	27	40	53	67	80
2.8	8	16	24	31	39	47	9	19	28	37	47	56	11	22	34	45	56	67	14	27	41	54	68	81
3	8	16	24	31	39	47	10	19	29	38	48	57	11	23	34	45	57	68	14	28	42	55	69	83
Concentración del cloro (mg/L)	pH = 8.0 Log de inactivación						pH = 8.5 Log de inactivación						pH < = 9.0 Log de inactivación											
	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0						
< = 0.4	12	25	37	49	62	74	15	30	45	59	74	89	18	35	53	70	88	105						
0.6	13	26	39	51	64	77	15	31	46	61	77	92	18	36	55	73	91	109						
0.8	13	26	40	53	66	79	16	32	48	63	79	95	19	38	57	75	94	113						
1	14	27	41	54	68	81	16	33	49	65	82	98	20	39	59	78	98	117						
1.2	14	28	42	55	69	83	17	33	50	67	83	100	20	40	60	80	100	120						
1.4	14	28	43	57	71	85	17	34	52	69	86	103	21	41	62	82	103	123						
1.6	15	29	44	58	73	87	18	35	53	70	88	105	21	42	63	84	105	126						
1.8	15	30	45	59	74	89	18	36	54	72	90	108	22	43	65	86	108	129						
2	15	30	46	61	76	91	18	37	55	73	92	110	22	44	66	88	110	132						
2.2	16	31	47	62	78	93	19	38	57	75	94	113	23	45	68	90	113	135						
2.4	16	32	48	63	79	95	19	38	58	77	96	115	23	46	69	92	115	138						
2.6	16	32	49	65	81	97	20	39	59	78	98	117	24	47	71	94	118	141						
2.8	17	33	50	66	83	99	20	40	60	79	99	119	24	48	72	95	119	143						
3	17	34	51	67	84	101	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146						

NOTA: CT 99.9 = CT para 3-log de inactivación.

$$T = \frac{CT}{C}$$

Tiempo de Contacto

Cuadro A-4. Valores CT para la inactivación de quistes de *Giardia* con cloro libre a 15 °C

Concentración del cloro (mg/L)	pH ≤ 6,0 Log de inactivación						pH = 6,5 Log de inactivación						pH = 7,0 Log de inactivación						pH = 7,5 Log de inactivación					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
≤0,4		16	25	33	41	49	1	20	30	39	49	59	12	23	35	47	58	70	14	28	42	55	69	83
0,6	8	17	25	33	42	50	1	20	30	40	50	60	12	24	36	48	60	72	14	29	43	57	72	86
0,8	9	17	26	35	43	52	1	20	31	41	51	61	12	24	37	49	61	73	15	29	44	59	73	88
1	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	25	38	50	63	75	15	30	45	60	75	90
1,2	9	18	27	36	45	54	11	21	32	43	53	64	13	25	38	51	63	76	15	31	46	61	77	92
1,4	9	18	28	37	46	55	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78	16	31	47	63	78	94
1,6	9	19	28	37	47	56	11	22	33	44	55	66	13	26	40	53	66	79	16	32	48	64	80	96
1,8	10	19	29	38	48	57	11	23	34	45	57	68	14	27	41	54	68	81	16	33	49	65	82	98
2	10	19	29	39	48	58	12	23	35	46	58	69	14	28	42	55	69	83	17	33	50	67	83	100
2,2	10	20	30	39	49	59	12	23	35	47	58	70	14	28	43	57	71	85	17	34	51	68	85	102
2,4	10	20	30	40	50	60	12	24	36	48	60	72	14	29	43	57	72	86	18	35	53	70	88	105
2,6	10	20	31	41	51	61	12	24	37	49	61	73	15	29	44	59	73	88	18	36	54	71	89	107
2,8	10	21	31	41	52	62	12	25	37	49	62	74	15	30	45	59	74	89	18	36	55	73	91	109
3	11	21	32	42	53	63	13	25	38	51	63	76	15	30	46	61	76	91	19	37	56	74	93	111
Concentración del cloro (mg/L)	pH ≤ 6,0 Log de inactivación						pH = 6,5 Log de inactivación						pH = 7,0 Log de inactivación											
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0						
≤0,4	17	33	50	66	83	99	20	39	59	79	98	118	23	47	70	93	117	140						
0,6	17	34	51	68	85	102	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146						
0,8	18	35	53	70	88	105	21	42	63	84	105	126	25	50	76	101	126	151						
1	18	36	54	72	90	108	22	43	65	87	108	130	26	52	78	104	130	156						
1,2	19	37	56	74	93	111	22	45	67	89	112	134	27	53	80	107	133	160						
1,4	19	38	57	76	95	114	23	46	69	91	114	137	28	55	83	110	138	165						
1,6	19	39	58	77	97	116	24	47	71	94	118	141	28	56	85	113	141	169						
1,8	20	40	60	79	99	119	24	48	72	96	120	144	29	58	87	115	144	173						
2	20	41	61	81	102	122	25	49	74	98	123	147	30	59	89	118	148	177						
2,2	21	41	62	83	103	124	25	50	75	100	125	150	30	60	91	121	151	181						
2,4	21	42	64	85	106	127	26	51	77	102	128	153	31	61	92	123	153	184						
2,6	22	43	65	86	108	129	26	52	78	104	130	156	31	63	94	125	157	188						
2,8	22	44	66	88	110	132	27	53	80	106	133	159	32	64	96	127	159	191						
3	22	45	67	89	112	134	27	54	81	108	135	162	33	65	98	130	163	195						

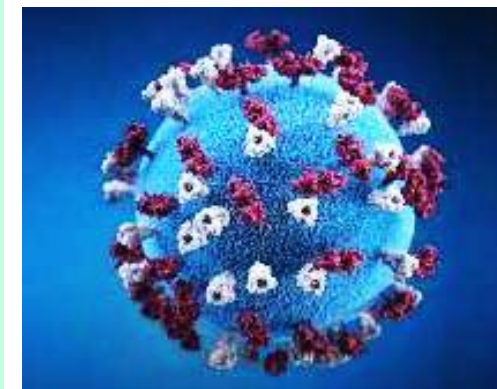
NOTA: CT 99,9 = CT para 3-log de inactivación.

Valores de C*T
para la inactivación
de quistes de
Giardia con cloro
libre a 15 C

*Valor C^*T , para inactivar virus*

Valores TC para la Inactivación de virus mediante cloro libre

Inactivación Logarítmica						
	2.0		3.0		4.0	
pH	6-9	10	6-9	10	6-9	10
Temperatura(°C)						
0.5	6	45	9	66	12	90
5	4	30	6	44	8	60
10	3	22	4	33	6	45
15	2	15	3	22	4	30
20	1	11	2	16	3	22
25	1	7	1	11	2	15



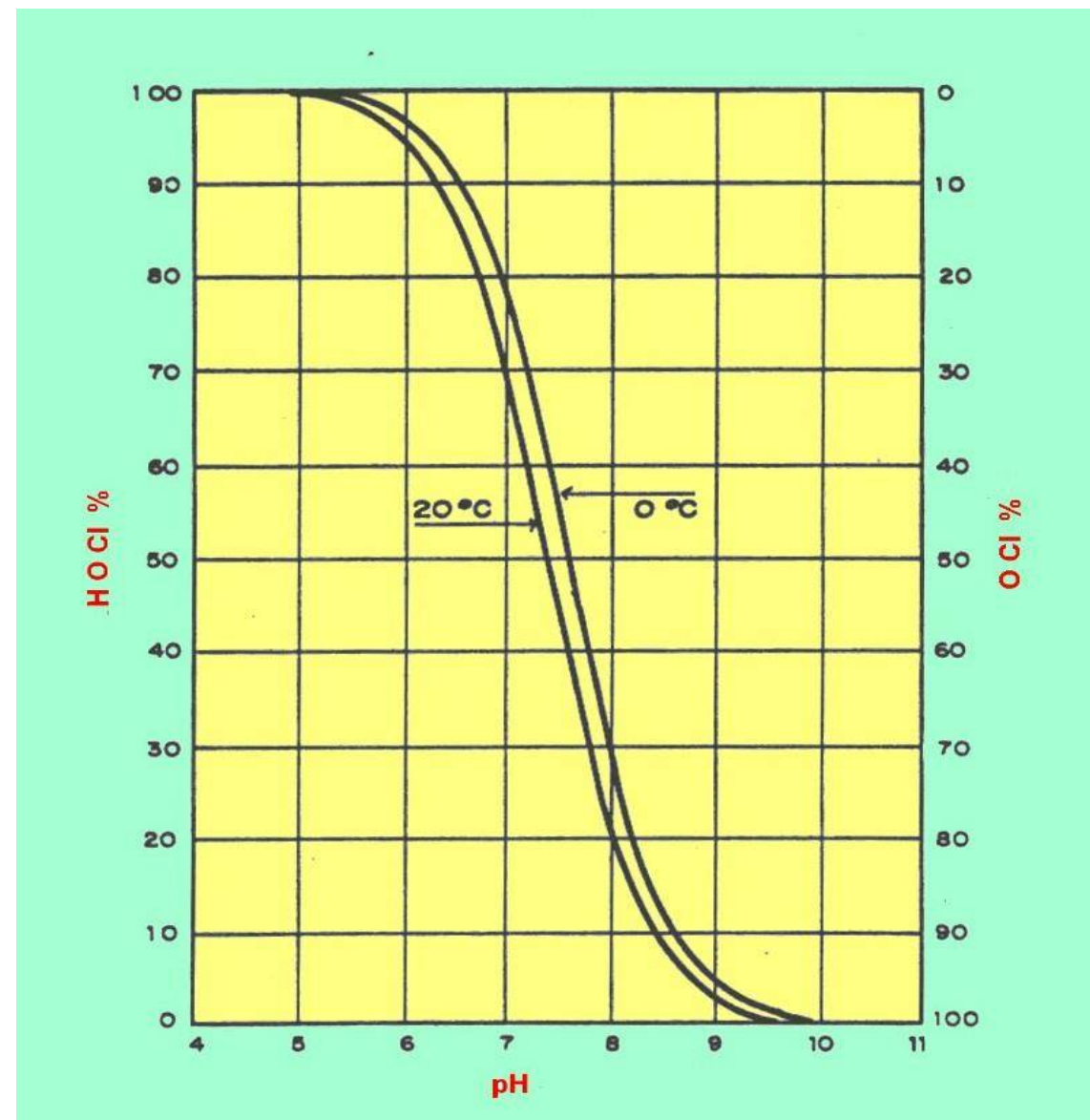
Factores para determinar el tiempo de contacto efectivo



Condición de compartimentalización	Factor	Descripción de la compartimentalización
Sin Compartimientos	0.1	Ninguna unidad con agitación, velocidad alta en la entrada y salida, nivel variable del agua
Deficiente	0.3	Entrada y salida simple o múltiple, directa y sin pantallas. Sin compartimientos internos
Promedio	0.5	Entrada y salida no directas, interrumpidas por algunos compartimientos internos
Superior	0.7	Compartimientos perforados en la entrada, compartimientos perforados en forma de serpentín en el interior de la unidad, vertedero en la salida o vertedero perforado.
Excelente	0.9	Compartimientos en forma de serpentín a lo largo de toda la unidad
Perfecta (Flujo Pistón)	1.0	Flujo de tubería

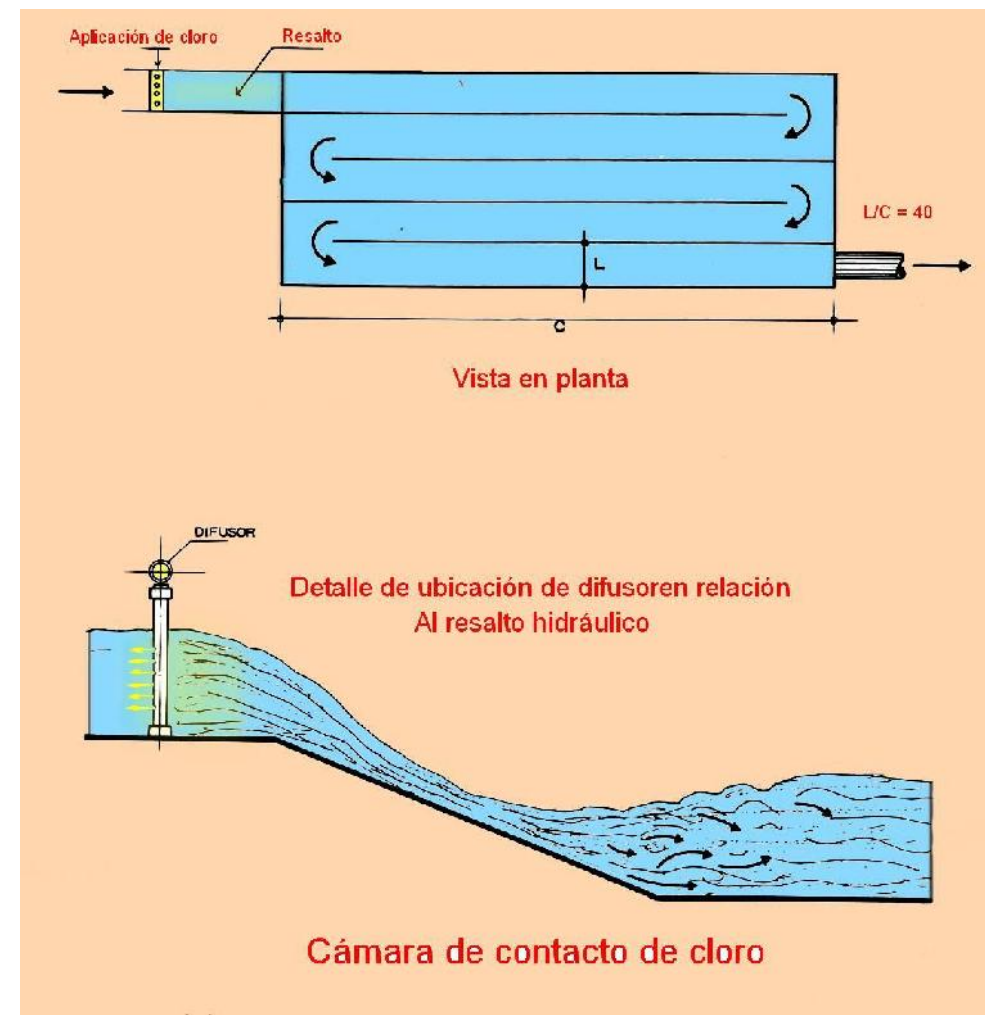
Influencia del pH en la cloración

La desinfección es **más eficiente a un pH bajo**, en la práctica entre 6 y 7 . El cloro gaseoso disuelto en Agua reacciona en forma compleja para formar acido hipocloroso(**HOCL**) y este a su vez se disocia formando cationes de hidrogeno(H^+) y Aniones de hipoclorito (**OCL⁻**), ambos compuestos son desinfectantes pero **el HOCL es mucho más eficiente que el OCL⁻**, que en determinadas condiciones tiene apenas un 2% de la capacidad bactericida del HOCL.



Como optimizar la cloración

- ✓ **Aplicación:** en donde hay buena turbulencia
- ✓ **Solución de cloro:** $\leq 3,500$ mg/l (**3.5**g/l)
- ✓ **Sistema de aplicación:** difusores
- ✓ **En canales abiertos:** sumergencia ≥ 1.5 m
- ✓ **Tanque de contacto:** mínimo **3** cámaras
- ✓ **Tiempo de contacto:** según lo requerido



Resistencia de microorganismos al Cloro

Organismo	Temp. °C	pH	Concentración, (mg/L)	Valor de C*T
Escherichia coli	5	6.5	0.02 – 0.10	0.02
	23	7.0	0.1	0.014
Polio virus	20	6.0	0.3 – 0.70	0.5 – 0.7
Giardia lamblia	5	7.0	2.0 – 8.0	25.5 – 44.8
	25	7.0	1.5	< 15
Cryptosporidium parvum	25	7.0	80	7,200

***CT** = Concentración de cloro (mg/L) multiplicado por el Tiempo de Contacto (minutos)

$$T \text{ (Tiempo de contacto)} = C*T/C$$

Ejemplo

$$C*T = 7,200$$

$$C = 80 \text{ mg/l}$$

$$T = 7,200/80 = 90 \text{ minutos}$$

Resistencia al cloro por los Enteroparásitos



Enteroparásito	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Dosis infectiva
Protozoarios:			
Giardia Cryptosporidium E. Histolytica	Larga	Alta	Baja
Acantamoeba	Puede multiplicarse	Alta	Baja
Helmintos:			
Ascaris Trichuris Taenia	Larga	Alta	Baja
Uncinarias Schistosoma Strongyloides	Corta –moderada Puede multiplicarse en lodos	-	Baja

Contenido de cloro de los desinfectantes

El cloro se encuentra en cinco diferentes formas

Compuesto	Presentación	Aplicación	% de cloro activo
Cloro gas	Gas	Gas-Líquido	100
Hipoclorito de calcio	Sólido	Solución	65 – 70
Hipoclorito de calcio pastillas	Sólido	Solución	65 – 70
Hipoclorito de sodio comercial	Líquido	Solución	5 -15
Hipoclorito de sodio (electrólisis)	Líquido	Solución	0.5 -1.0

El Cloro que se añade al agua en cualquiera de sus formas formará,
HOCl (ácido hipocloroso) y OCl⁻ (hipoclorito)

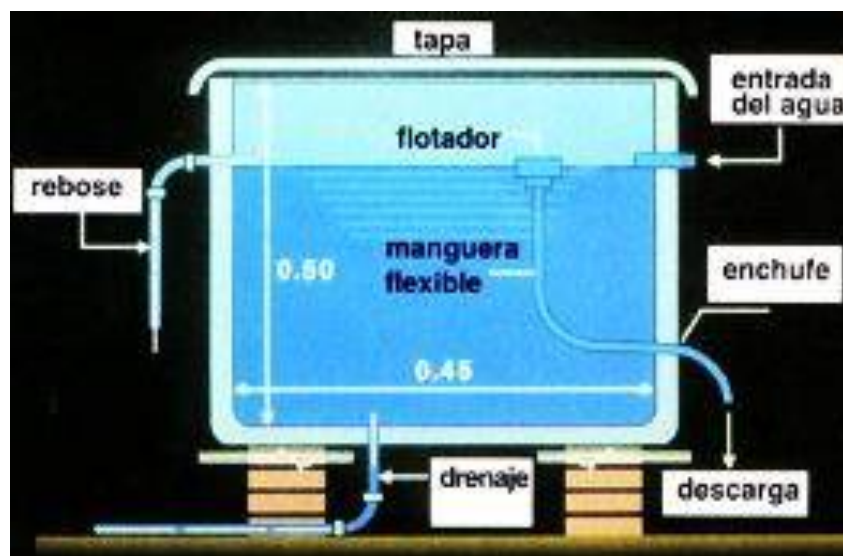


Receso 1, para Preguntas

Hipocloradores

El hipoclorador por goteo, es un equipo sencillo para la desinfección del agua, aplicado en sistema de agua potable y pequeñas plantas depuradoras, es **utilizado para aplicar por gravedad soluciones** de hipoclorito de calcio o sodio.

Requiere un estricto control para asegurar que las soluciones de cloro se preparen y apliquen adecuadamente, no se agoten o se dejen reposar durante períodos prolongados de tiempo, pues pierden su potencia.



Hipocloritos

✓ Se dosifican en solución

✓ Forma de reacción



✓ Medición: rotámetros, escala equipo dosificador, aforos volumétricos

✓ Control dosis: comparador colorimétrico

Hipoclorito de calcio, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

- ❖ Forma: Granular y en pastillas
- ❖ Concentración comercial: cercana al **70%**
- ❖ Capacidad: tambores de **45 y 50 Kg**
- ❖ Almacenamiento: más simple que el cloro líquido
- ❖ Mantenimiento: cerrado
- ❖ Costo: más caro que el cloro gas
- ❖ Utilización: Plantas pequeñas(**10 l/s**) y situaciones de emergencia
- ❖ Se produce mezclando $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} + \text{CaO}$



Hipoclorito de Sodio

- Forma líquida, es muy soluble e inestable
- Lo afecta la temperatura, la luz, el tiempo y las impurezas
- Concentración comercial: varía entre **2.5** a **15** (común **10%**)
- **Más caro que el cloro líquido**
- Se utiliza en sistemas pequeños y en situaciones de emergencia
- Tiempo de almacenamiento: < 1 mes
- Concentración de la solución: **1 - 5%.**
- Se produce haciendo reaccionar $\text{Cl}_2 + \text{NaOH}$



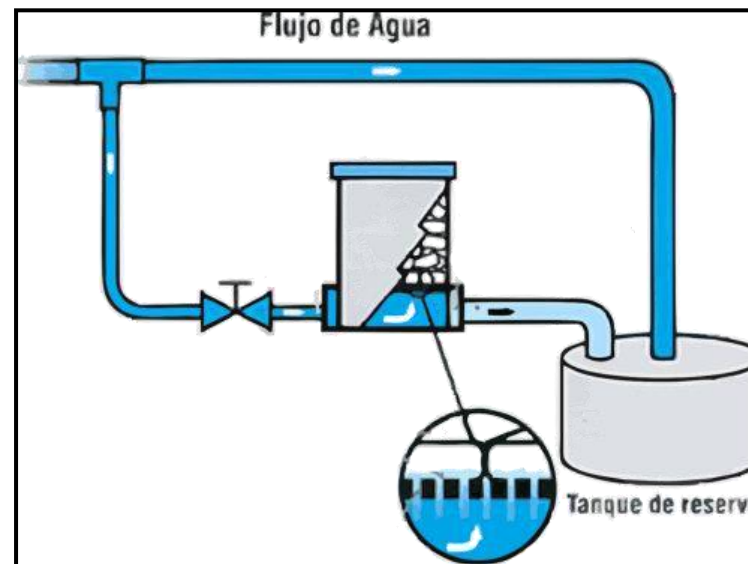
Hipoclorador de pastillas

Este hipoclorador está diseñado para trabajar recibiendo una parte del agua a tratar a través de una derivación o un “by” pass de la línea principal.

El agua que recibe el clorador entra en contacto con las tabletas que se encuentran en la parte inferior del equipo clorador, **erosionándose por la velocidad liberando el cloro de forma proporcional al flujo de agua** que recibe el equipo.

El agua que sale del clorador se reintegra al caudal de la línea o se capta en un tanque de distribución, brindando el nivel de cloro residual deseado.

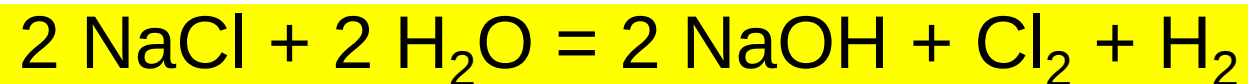
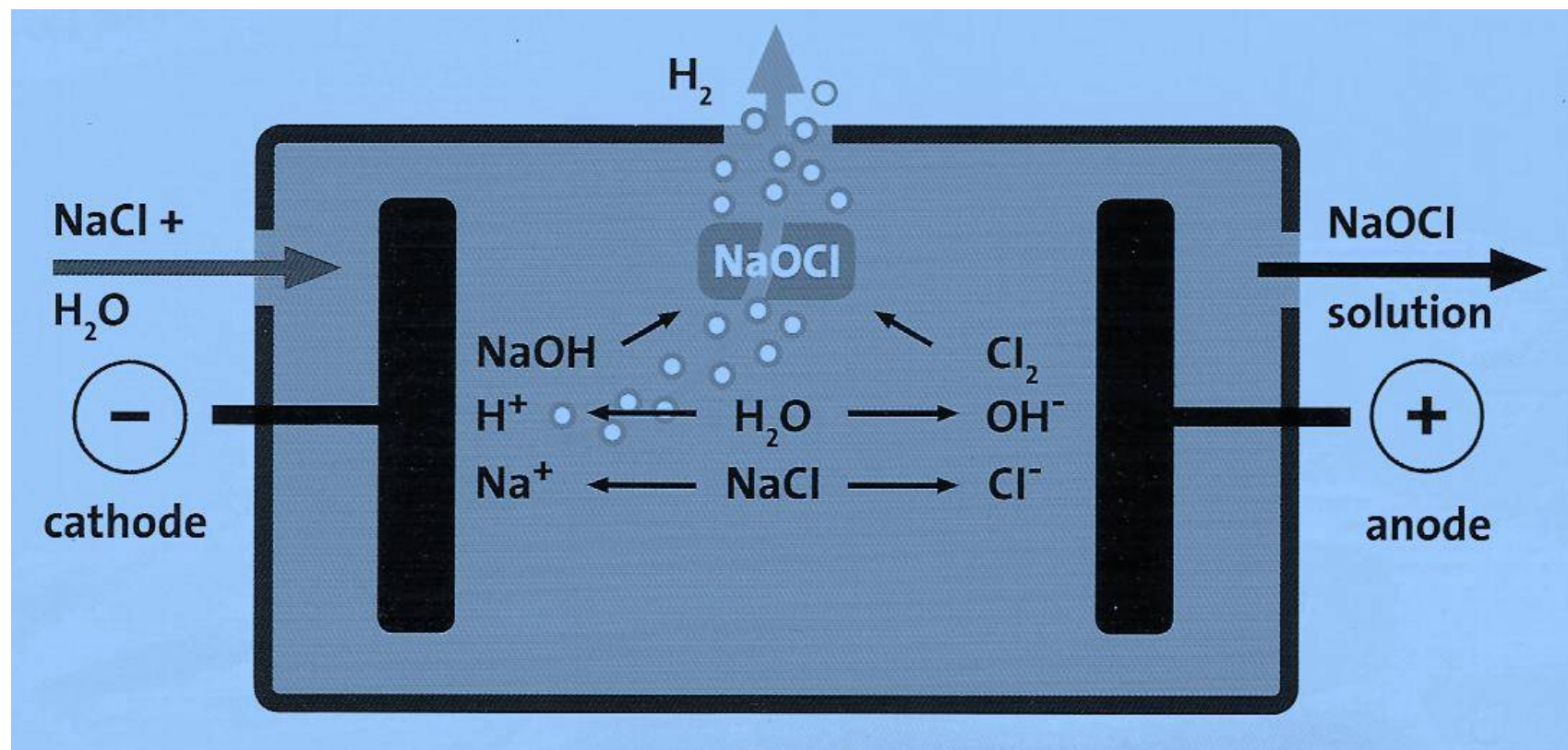
Sistema a Gravedad



Ventajas de un hipoclorador de tabletas

Factores	Hipoclorador de tabletas	Gas	Hipoclorito de sodio
Seguridad	Fácil de manipular sin derrames	Graves riesgos con fugas de gas	Problemas de derrames y fugas
Manipulación de sustancias químicas	Las tabletas se añaden en forma sencilla, se requiere una sola persona	Se necesitan dos personas bien entrenadas, se requiere protección respiratoria	Difícil de maniobrar, tambores muy pesados o muchos garrafones pequeños
Compatibilidad de materiales	pH más neutro, menos corrosivo	pH bajo sumamente corrosivo	pH alto corrosivo
Comodidad	La cubeta de tabletas de 25kg, es fácil de manipular	Cilindros muy difíciles de manipular, se requiere entrenamiento especial para su manejo	Los tambos o garrafones son muy difíciles de manejar
Se mantiene la concentración de cloro	Cambio pequeño en la concentración de tabletas	El color se mantiene al 100% consistentemente	Pérdida significativa en una semana
Control de suministro de cloro	La concentración constante permite un control confiable y sencillo	Se requieren reguladores difíciles de automatizar	Su concentración es tan variable que su control se hace difícil
Comodidad de almacenamiento	Tres cubetas de 25 kg apiladas a lo alto ocupan el mismo espacio que un cilindro de 68 kg	Necesita de una área confinada con acceso especial, además ventiladores y purificadores	Tambores o tanques a granel necesitan de espacio y quizás de una área de contención
Equipo auxiliar	El clorador no tiene piezas móviles	Los reductores y reguladores tiene pequeños orificios que tienden a obstruirse	Necesita bomba dosificadora o un hipoclorador a gravedad que debe regularse constantemente

Hipocloradores in situ



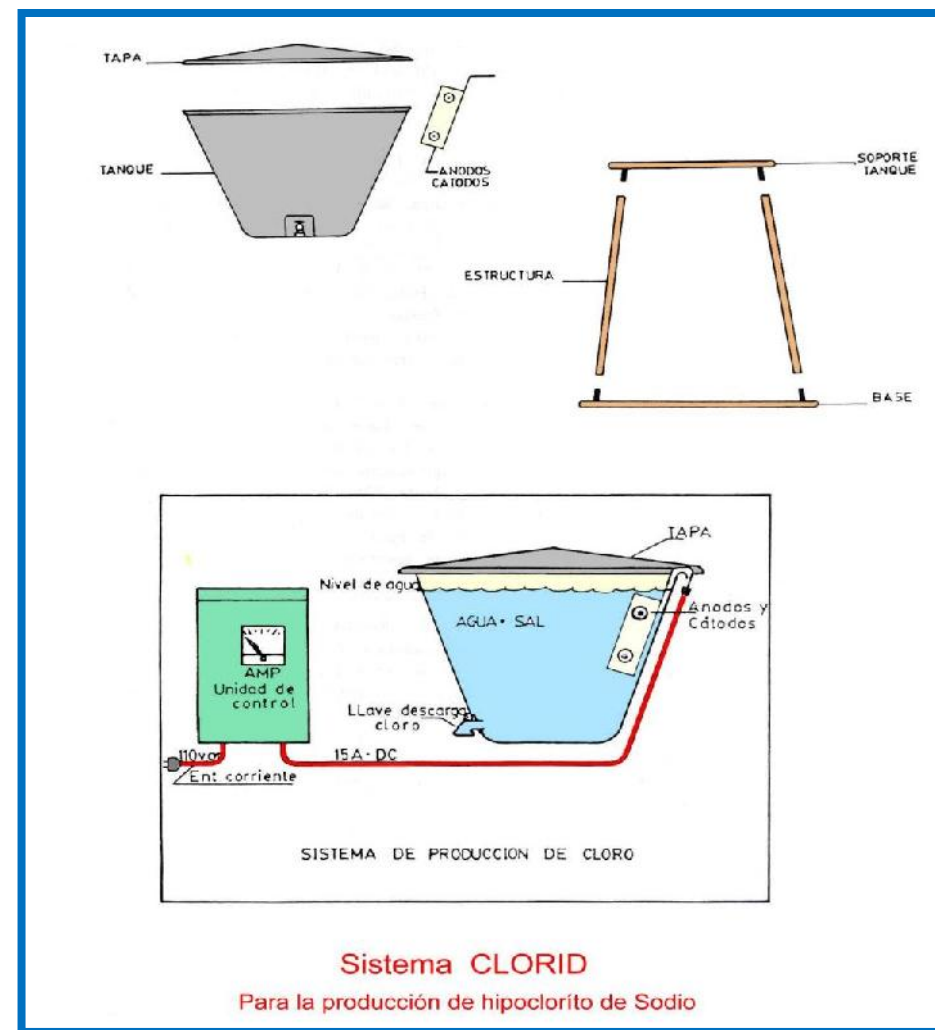
Hipocloradores in situ

- Pequeñas localidades
- Áreas rurales
- A partir de sol cloruro de sodio (NaCl) al **3%** por electrólisis
- Producen **400** L/d de sol **0.6%** de hipoclorito
- Ánodos dimensionalmente estables de titanio
- Necesitan electricidad
- Cuidar las incrustaciones
- Costos bajos. Transporte y almacenamiento

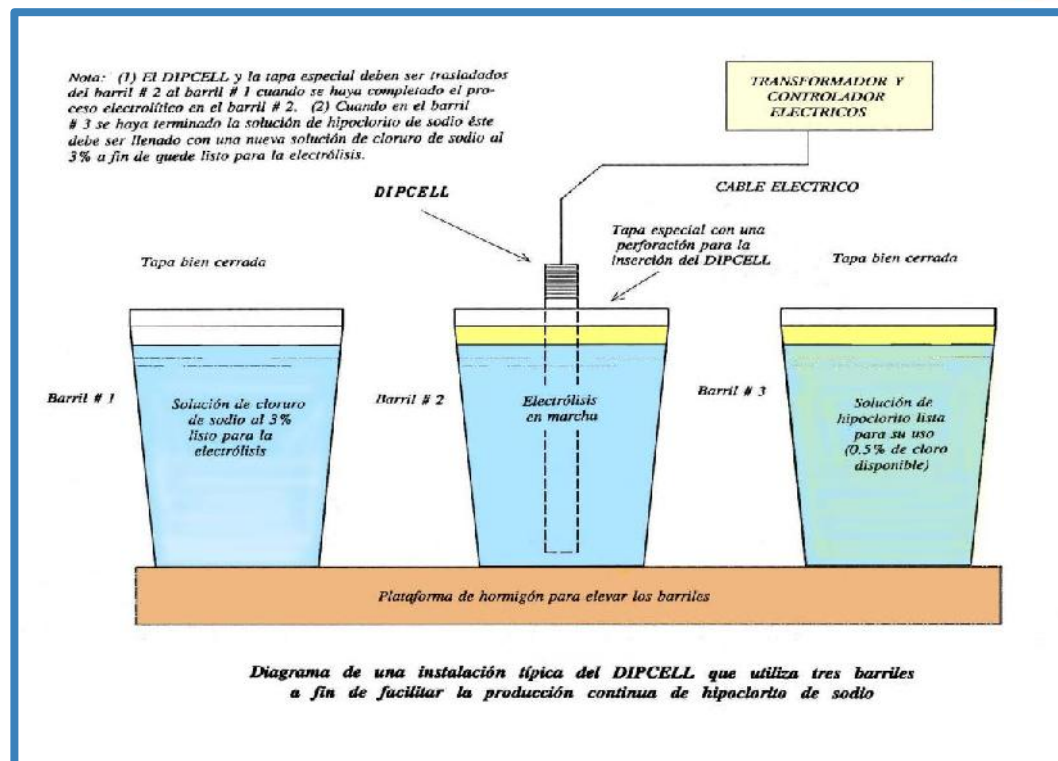
Sistema de CLORIT de producción de Hipoclorito en el sitio

Funcionamiento

- Coloque en el tanque **30** litros de agua
- Disuelva **1** kg de sal común
- Conecta la unidad a un tomacorriente de **110** v
- Calibre el reloj para **24** horas de funcionamiento
- Después de este tiempo, el equipo se apaga automáticamente y usted dispone de **30** litros de hipoclorito de sodio listo para usar.



Sistema DIP-CELL de Producción de Hipoclorito en solución



Un recipiente plástico, de **40** litros de capacidad, sirve tanto para la preparación de la solución de **NaCl** (**30 g/l**), como para la electrolisis.

Ciclo recomendado por el fabricante: **9** horas(**240- 280 g Cl**)

Se obtiene una solución de **(ClO)Na**, con una concentración entre **0.6 - 0.7%** como cloro

Ventajas del DIP CELL

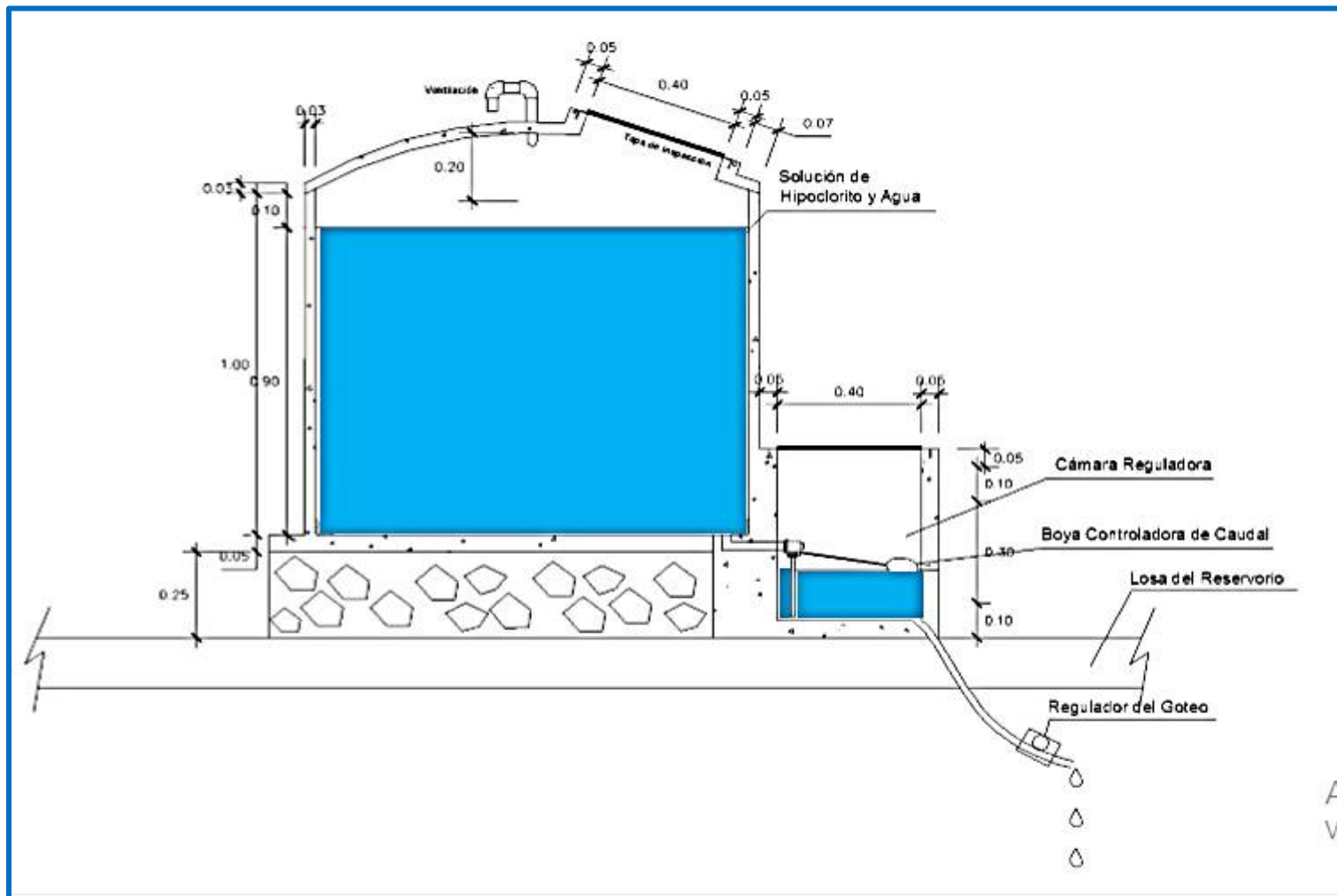
Ventajas

- ❖ Producto base(sal) fácil de adquirir y almacenar.
- ❖ Poco susceptible a las variaciones de voltaje.
- ❖ Incluye electrodos protegidos
- ❖ Los electrodos están conectados a la fuente de poder con un cable flexible(permite efectuar el proceso en diferentes tanques)
- ❖ La limpieza de los electrodos es fácil y rápida(ácido clorhídrico al **5%**)
- ❖ Entrenamiento simple para los operadores.

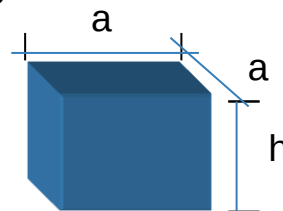
Desventajas

- ❖ Los equipos no incluyen el dosificador

Dosificador por goteo con Tanque con válvula de flotador



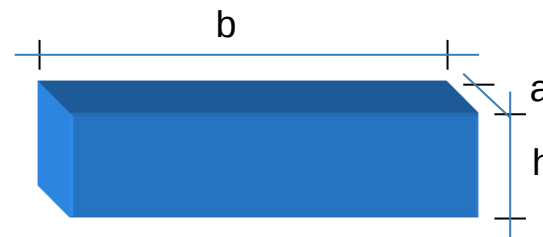
CUADRADO



$$AT = a^2$$

$$V = AT \cdot h$$

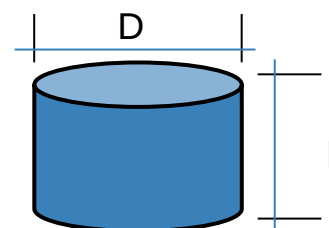
RECTANGULO



$$AT = a \cdot b$$

$$V = AT \cdot h$$

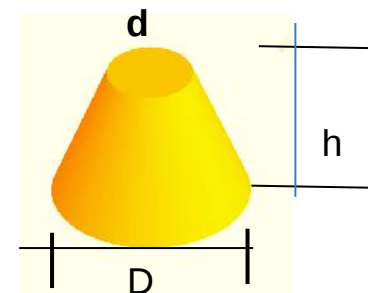
Cilindro



$$AT = (\pi \cdot D^2) / 4$$

$$V = AT \cdot h$$

**Cono
Truncado**



$$V = \frac{\pi h}{12} (D^2 + D \cdot d + d^2)$$

$$\pi = 3.1416$$

Cantidad de hipoclorito de calcio para preparar solución

$$P = \frac{10 * C * V}{I}$$

P = Cantidad de hipoclorito, en gr

C = Concentración de la solución, en %

V = Volumen útil del hipoclorador, en litros

I = Grado de pureza del hipoclorito, en porcentaje

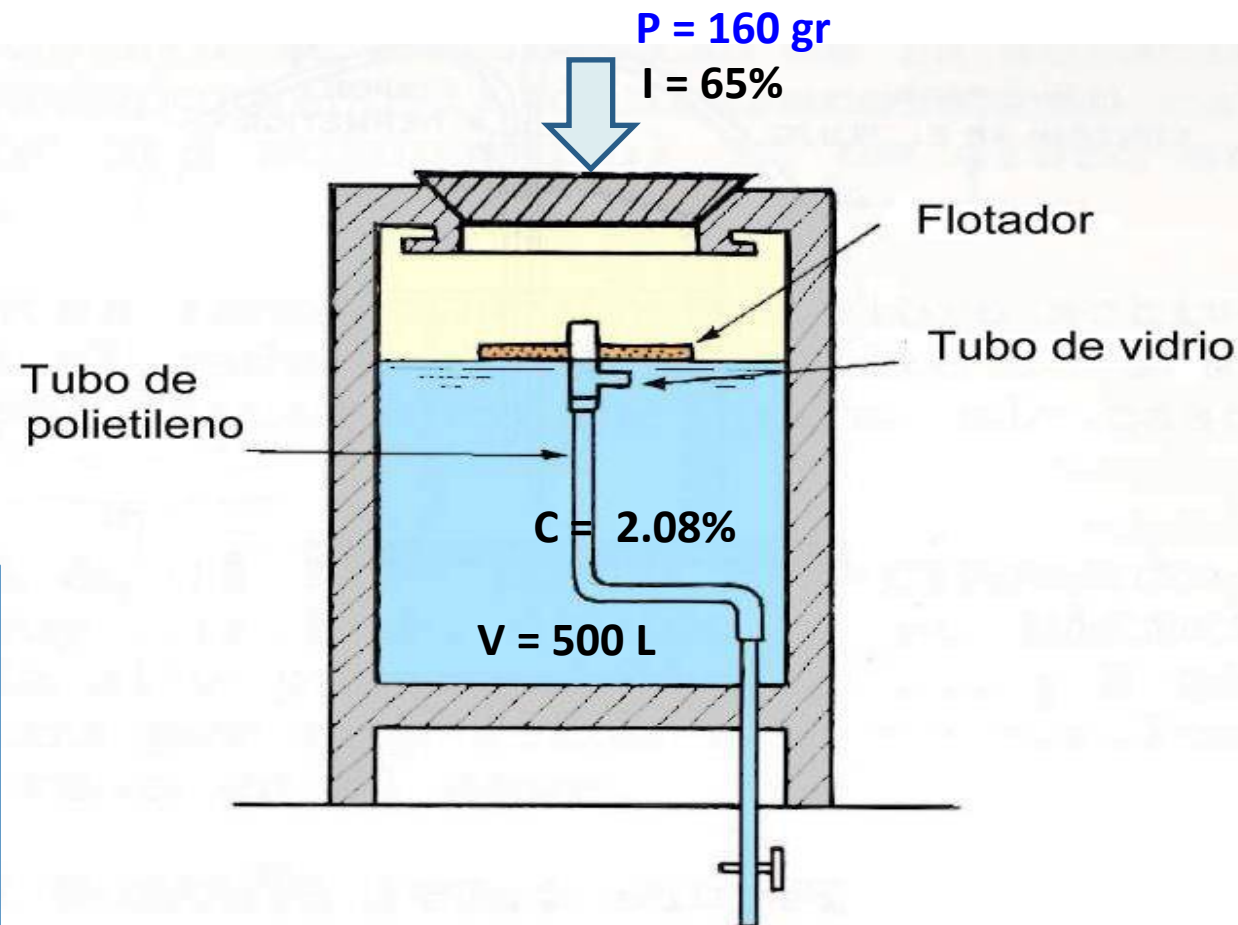
Ejemplo

Volumen del hipoclorador, V = 500 Litros

Grado de pureza, I = 65%

Concentración de la solución, C = 2.08 mg/l

$$P = 10 * 2.08 * 500 / 65 = \mathbf{160 \text{ gr}}$$



Concentración de la Solución de hipoclorito de calcio (Sólido)

$$C = \frac{P * I}{10 * V}$$

C = concentración, en %

P = Cantidad de hipoclorito en, gr.

V = Volumen útil del hipoclorador, en litros

I = Grado de pureza del hipoclorito, en %

Ejemplo

Peso de cloro, $P = 160 \text{ g}$

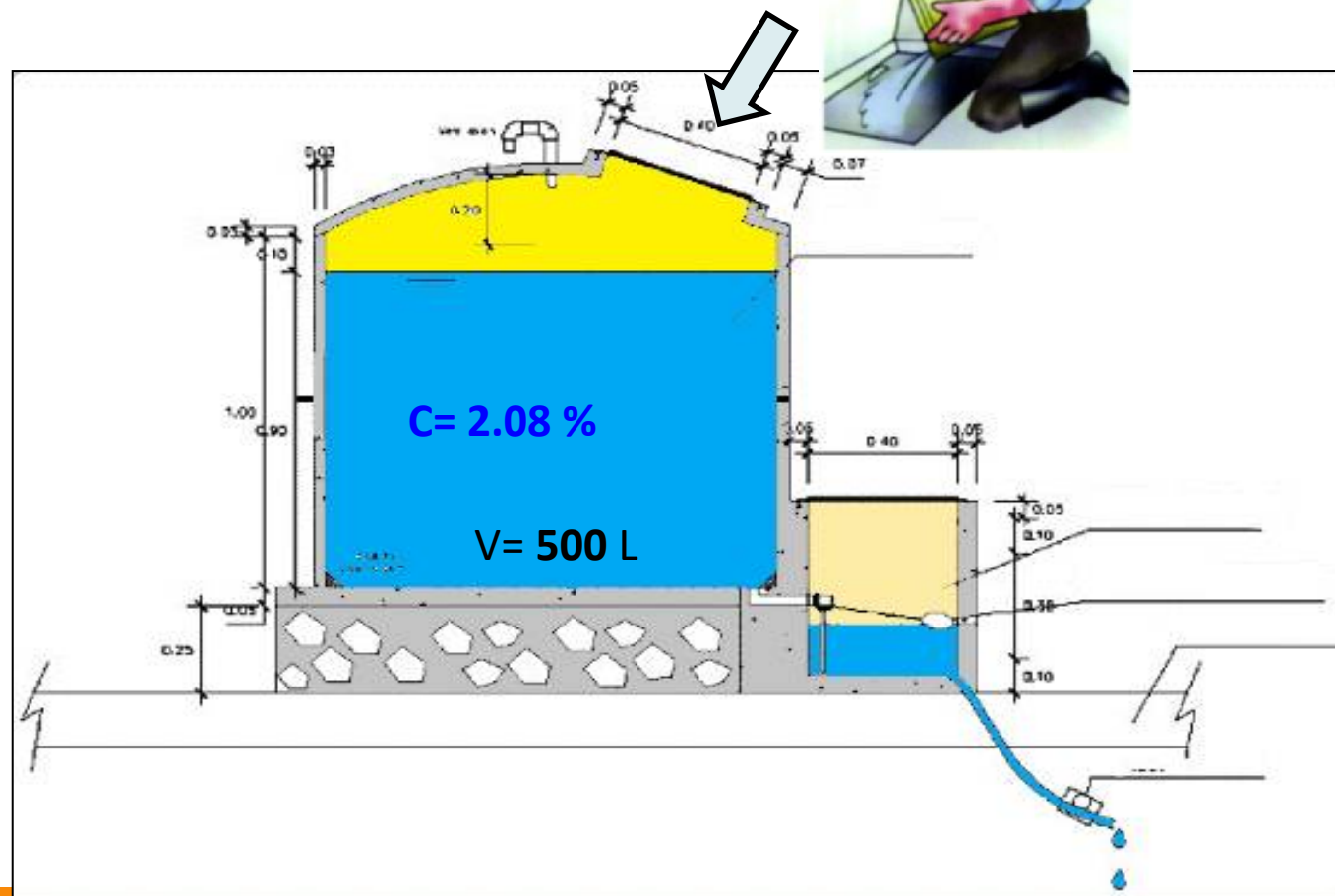
Volumen del hipoclorador, $V = 500 \text{ Litros}$

Grado de pureza, $I = 65\%$

$$C = 160 * 65 / (10 * 500) = \mathbf{2.08 \%}$$

P = 160gr

I = 65%



Cálculo de Caudal de solución a dosificar

$$q = \frac{600 * D * Q}{C}$$

q = caudal de solución a dosificar, en ml/min

D = dosis de hipoclorito en, mg/l

Q = caudal a tratar en, l/s

C = concentración de la solución, en %

Ejemplo

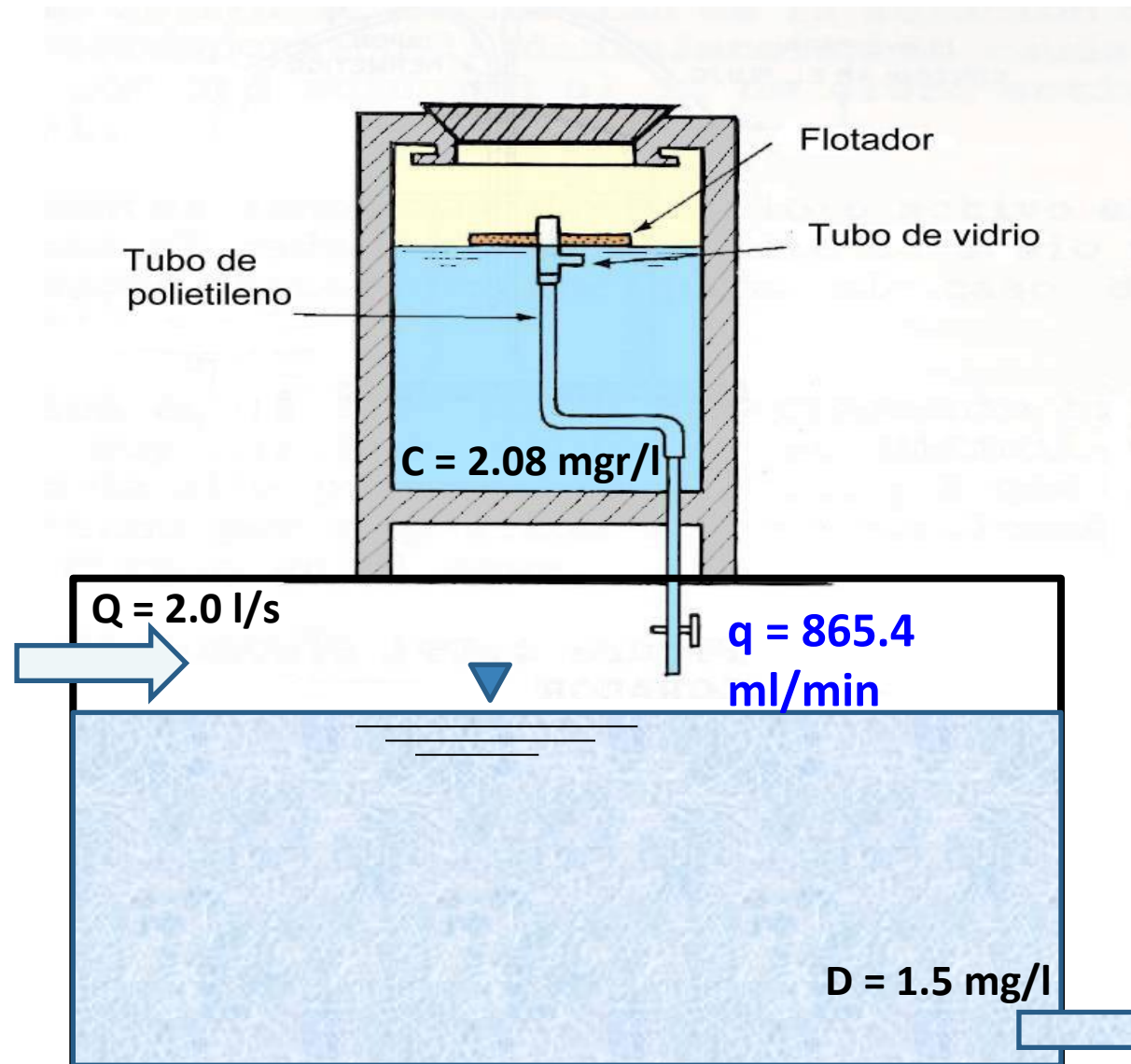
q = caudal de solución a dosificar, q = ?

Dosis de cloro, D = 1.5 mg/l

Caudal a tratar, Q = 5.0 l/s

Concentración de la solución, C = 2.08 %

q = 600*1.5*2.0 / (2.08) = 865.4 ml/min



Cálculo Concentración de la solución, usando cloro líquido (Hipoclorito de Sodio)

$$C_s = \frac{C_o * V_o}{(V + V_o)}$$

C_s = concentración de la solución, en %

C_o = concentración del hipoclorito de sodio, en %

V_o = volumen del recipiente de hipoclorito, en litros

V = volumen del hipoclorador

Ejemplo

Concentración del hipoclorito de sodio, $C_o = 10\%$

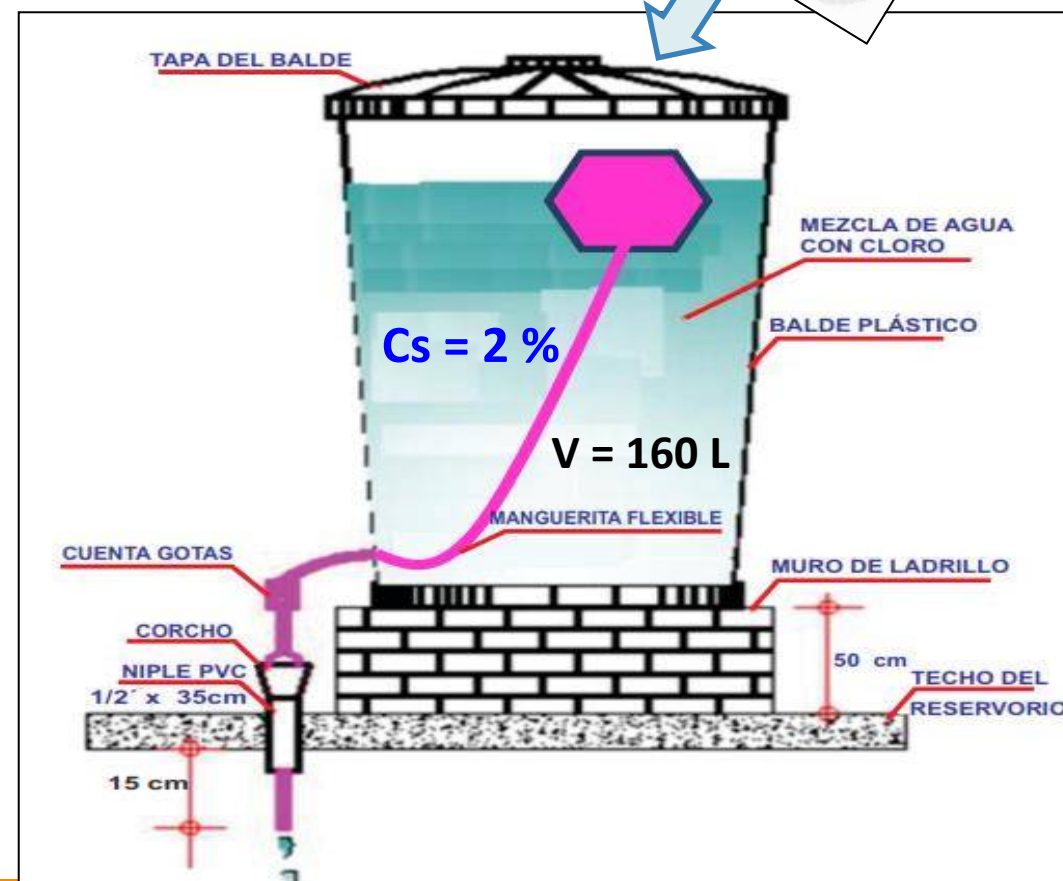
Volumen del recipiente de hipoclorito, $V_o = 40$ litros

Volumen del hipoclorador, $V = 160$ litros

$$C_s = 10 * 40 / (160 + 40) = 2\%$$

$C_o = 10\%$

$V_o = 40$ litros



Volumen útil del hipoclorador

$$V = \frac{Co * Vo}{Cs} - Vo$$

V = volumen útil del hipoclorador, en litros

Co = concentración del hipoclorito de sodio, en %

Vo = volumen del recipiente de hipoclorito, en litros

Cs = concentración deseada de la solución, en %

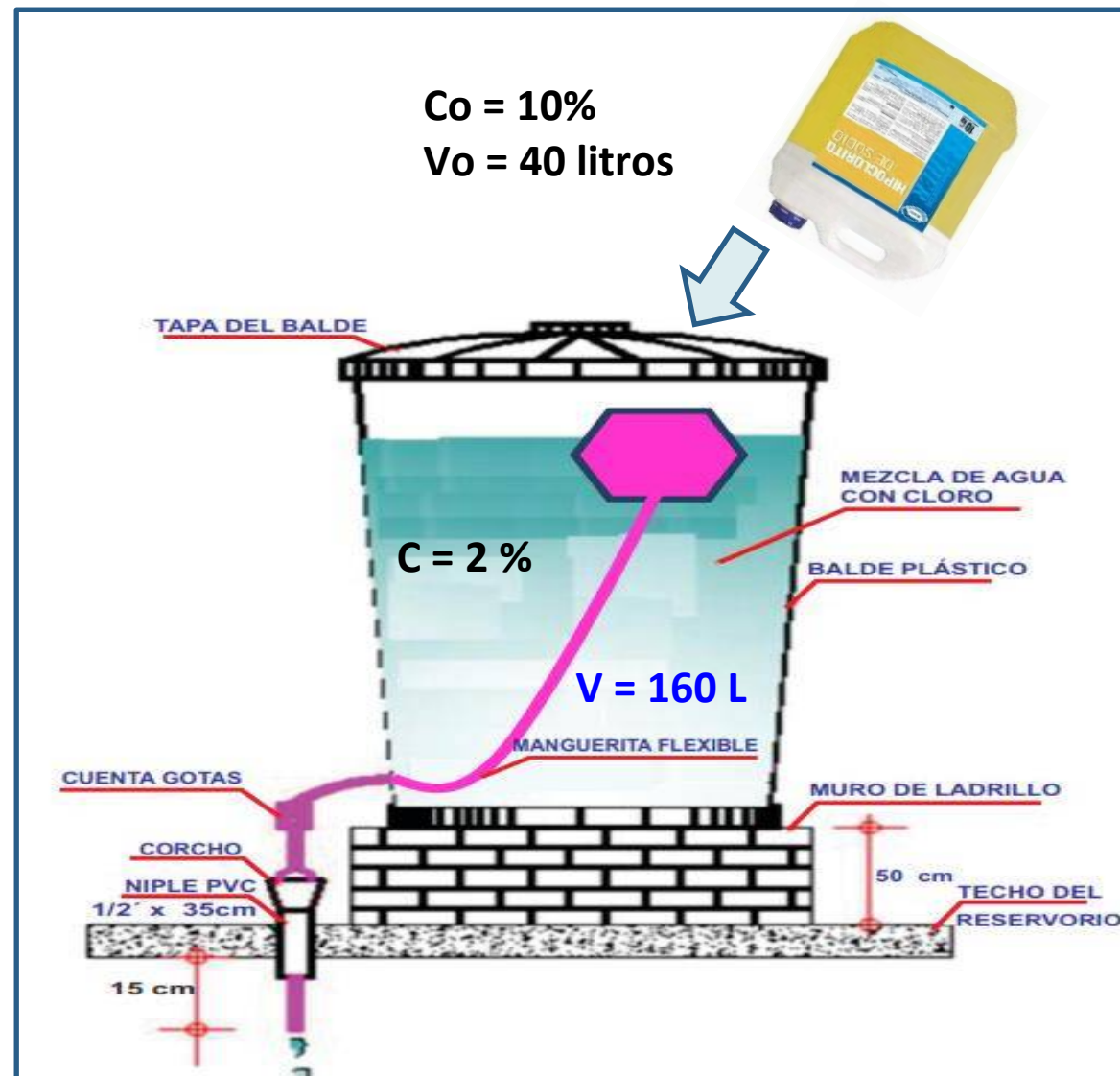
Ejemplo

Concentración del hipoclorito de sodio, $Co = 10\%$

Volumen del recipiente de hipoclorito, $Vo = 40$ litros

Concentración de la solución, $Cs = 2\%$

$V = 10 * 40 / 2.0 - 40 = 160$ litros



Volumen de solución a aplicar a un recipiente de volumen conocido

$$V_s = \frac{D * \forall}{10,000 * C}$$

V_s = Volumen de solución, en litros

D = dosis de cloro aplicada, mg/L

$\forall$ = volumen del tanque a clorar o desinfectar en litros

C = concentración de la solución en %

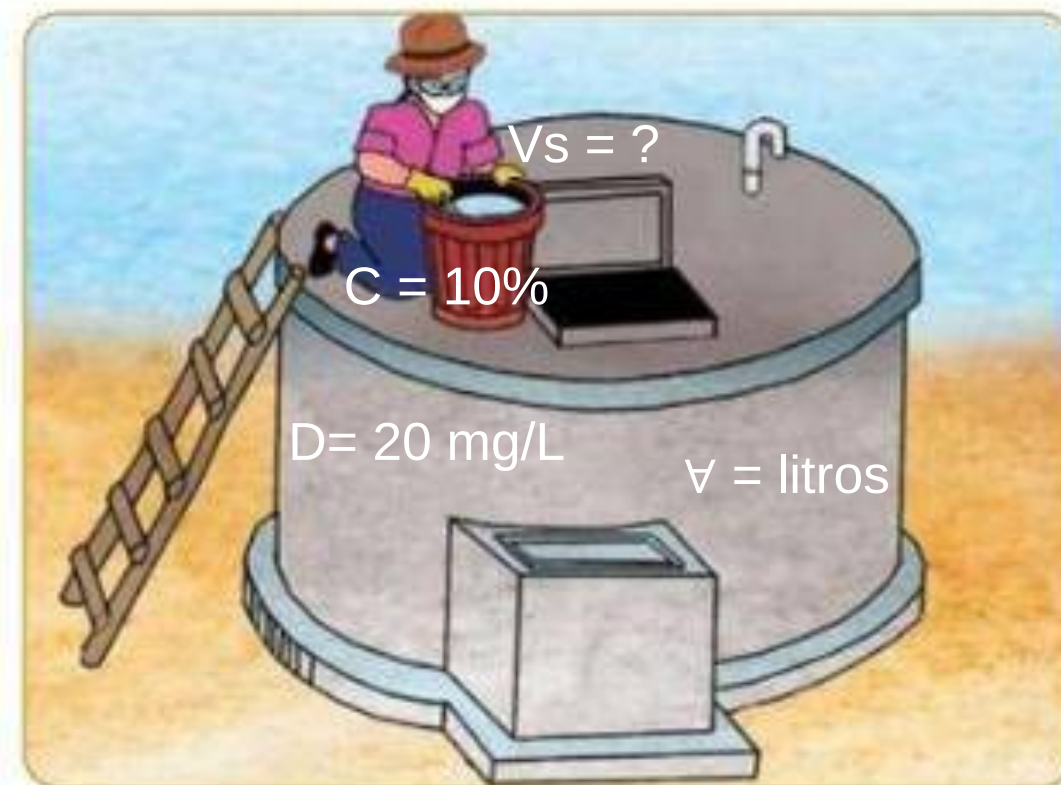
Ejemplo

Concentración del hipoclorito de sodio, $C = 10\%$

Dosis aplicada de cloro, $D = 20 \text{ mg/L}$

Volumen del a desinfectar, $\forall = 5,000$ litros

$V_s = 20 * 5,000 / (10,000 * 10) = 1$ litro



Cloro Líquido

Se suministra en cilindros especiales, bajo presión, con una pureza de hasta **99,99%**, con pesos de:

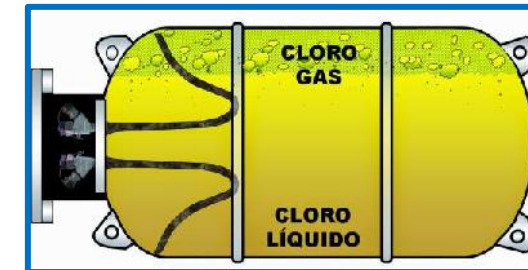
- 40,
- 68 y
- 900 kilogramos.

Cuando se retira el gas del recipiente, la presión interior disminuye y se pierde calor. Para conservar el calor y la presión, se necesita una fuente de calor externa que puede ser agua o un irradiador en el caso de temperaturas bajas (frío).

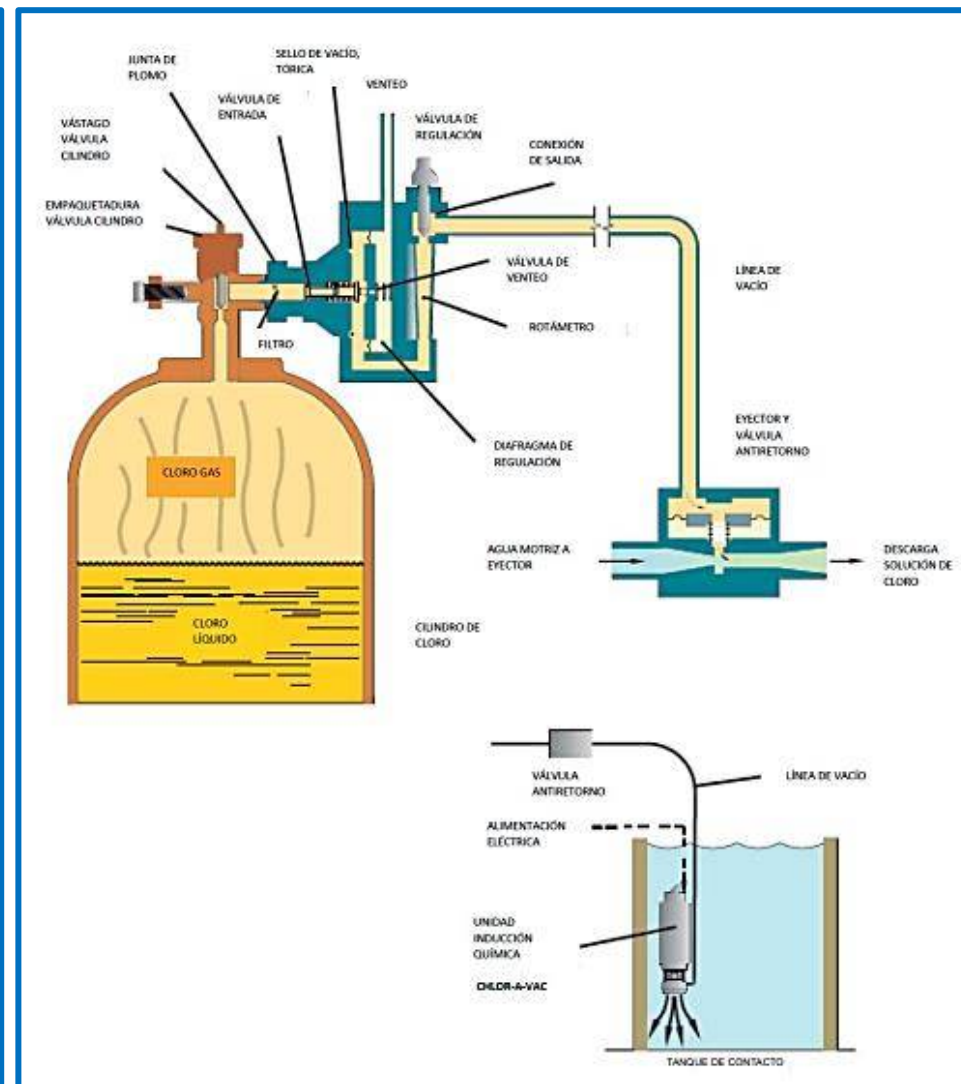
La cantidad de cloro que se puede retirar de los cilindros a una temperatura de **25 °C** sin congelación será:

- **8** kg/día por cilindro de **40** kg;
- **16** kg/día por cilindro de **68** kg;
- **180** kg/día por cilindro de **900** kg.

En caso de que se necesiten cantidades mayores, se utilizan baterías de cilindros.



Instalación de cloración, Cloro Líquido

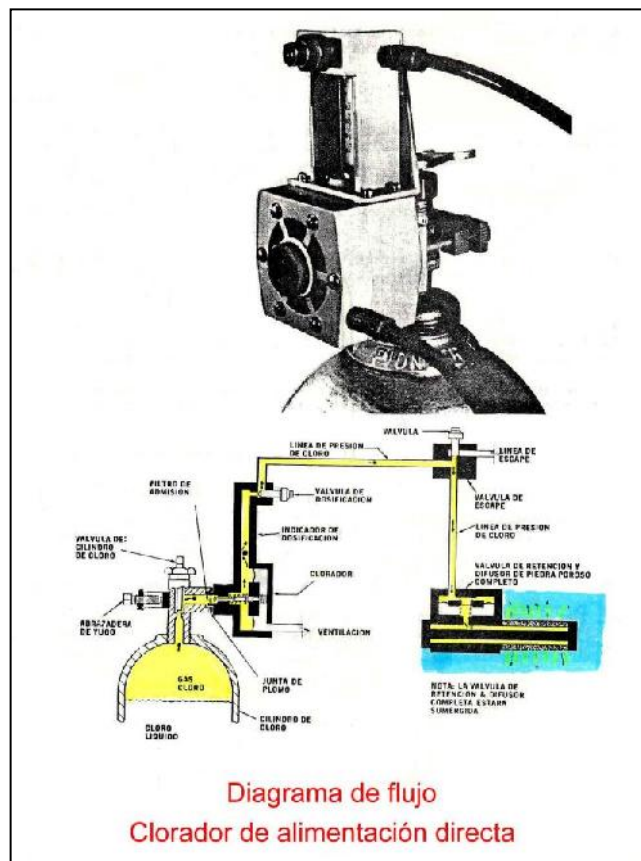


Dosificadores para cloro líquido

Existen dos tipos:

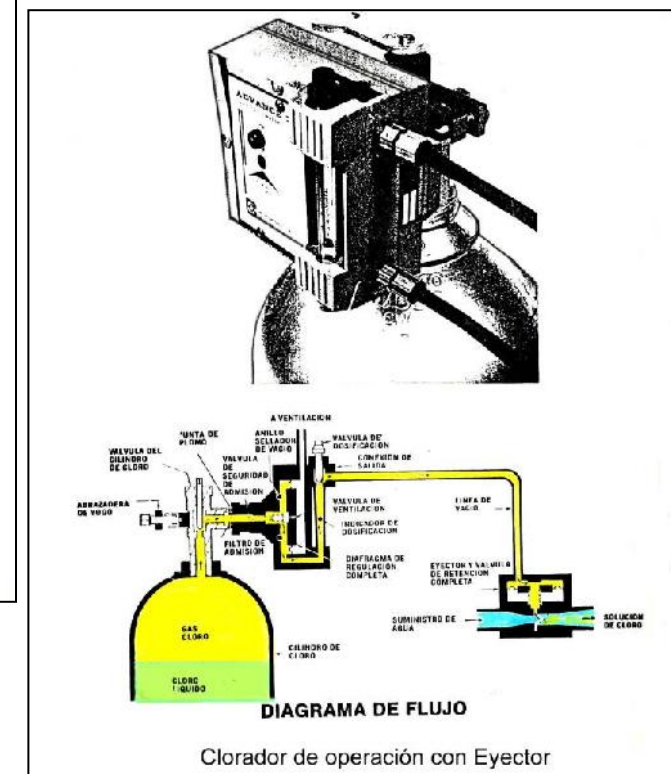
a) Alimentación directa:

El gas se disuelve directamente en el punto de tratamiento.

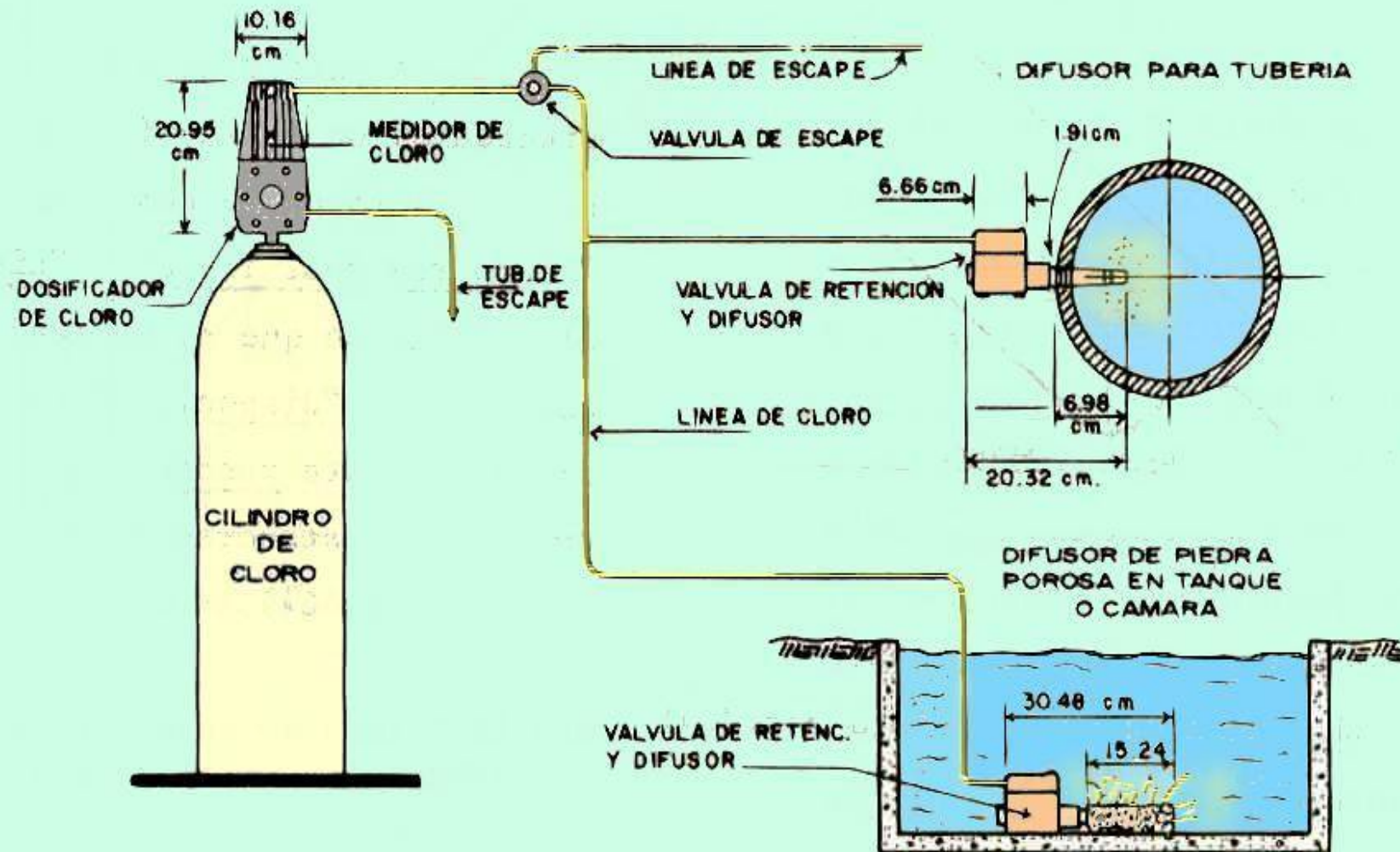


b) Alimentación de vacío (por solución):

El gas se disuelve en una corriente de agua menor y la solución resultante se aplica en el punto de tratamiento.

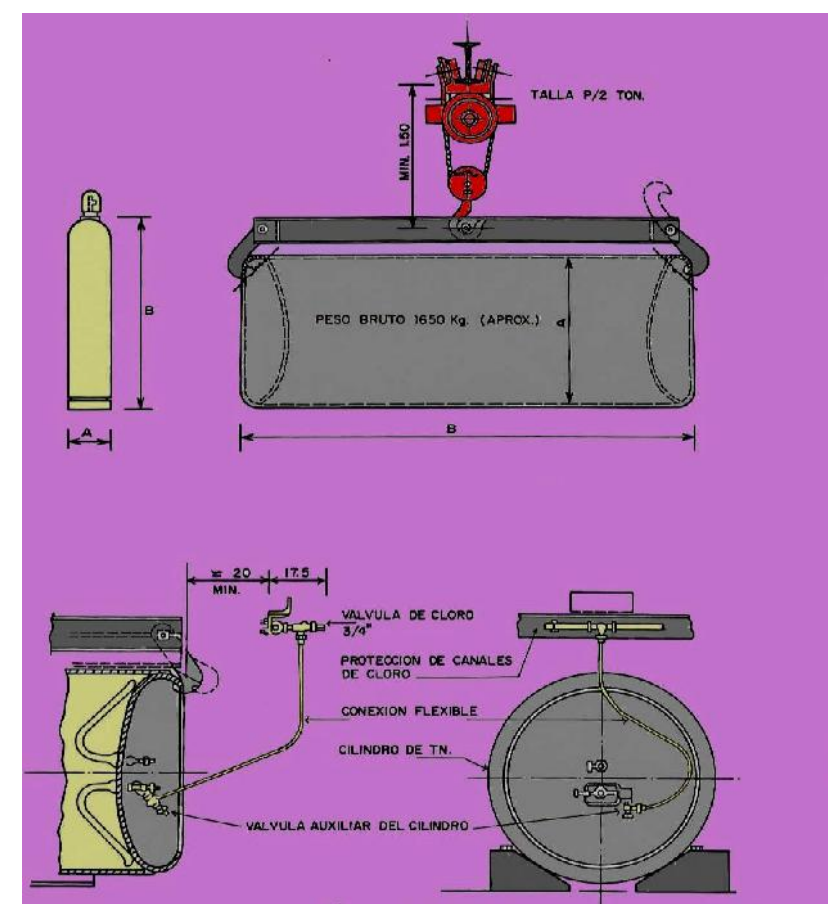
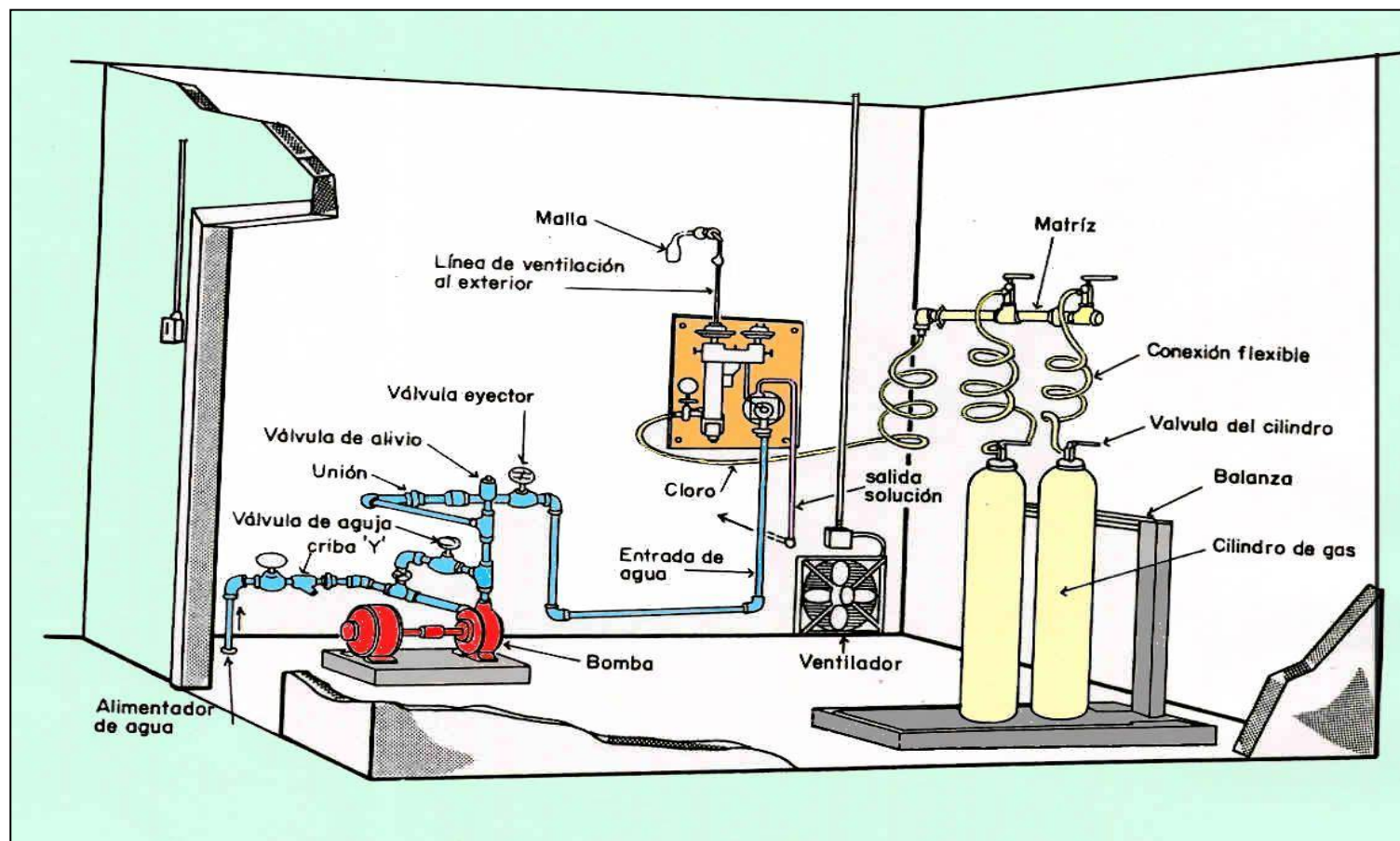


Cloradores tipo directo



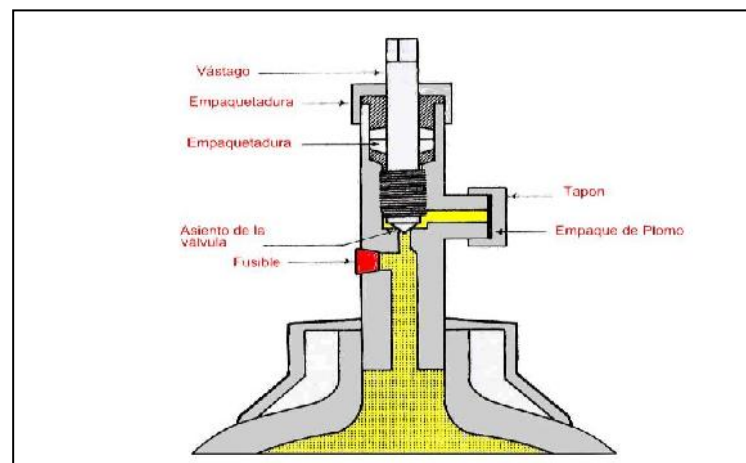
Cloradores de vacío

Son los que succionan el gas por medio de un vacío producido en un inyector, que lo mezcla con agua para formar una solución, que luego es conducida al punto de aplicación.



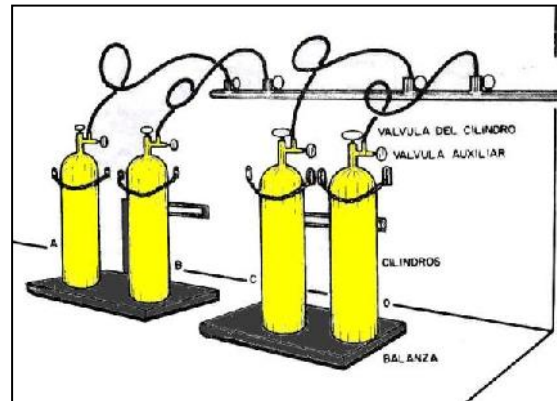
Puesta en marcha de un clorador de vacío

- ❖ Colocar el cilindro en la balanza y determinar el peso bruto.
- ❖ Restar del peso bruto el peso del cilindro vacío que aparece registrado en el mismo(tara), para determinar el peso neto del gas cloro licuado que contiene el cilindro.
- ❖ Anotar en el formato de control de cloración, el peso neto obtenido.
- ❖ Quitar la tapa de protección del cilindro, usando herramientas adecuadas.
- ❖ Colocar un empaque nuevo de plomo en la válvula auxiliar.



Puesta en marcha de un clorador de vacío, Cont.

- ❖ Hacer coincidir la tuerca de la válvula auxiliar con la rosca ubicada en la válvula del cilindro y ajustar la unión por medio de una llave ajustable.
- ❖ Abrir lentamente la válvula del cilindro accionándola según el giro de las manecillas del reloj.
- ❖ Verificar si existen fugas de cloro, utilizando una solución de amoníaco; se deben revisar todas las unidades.
- ❖ Abrir la válvula de conexión con el manifold, usando la llave adecuada para hacer pasar al cloro gas al dosificador
- ❖ Regular la dosis requerida en el rotámetro.



Regulación del rotámetro

Para su cálculo utilizamos la ecuación de balance de masas:

$$Q * D = q * C = P$$

Q = caudal a tratar en L/s

D = dosis aplicada de desinfectante, mg/L

q = Caudal de la solución de cloro, L/s

C = concentración de la solución, mg/L

P = peso requerido de desinfectante, g/h, kg/d.

$$P = 3.6 * Q * D$$

Ejemplo

Caudal a desinfectar: **Q** = 20L/s

Dosis a aplicar de desinfectante, **D** = 3.0 mg/L

$$\begin{aligned} P &= 3.6 * Q * D \\ &= 3.6 * 20 * 3 = 216 \text{ gr/h} \end{aligned}$$

Caudal a dosificar por el inyector

debe ser calculado con la ecuación siguiente

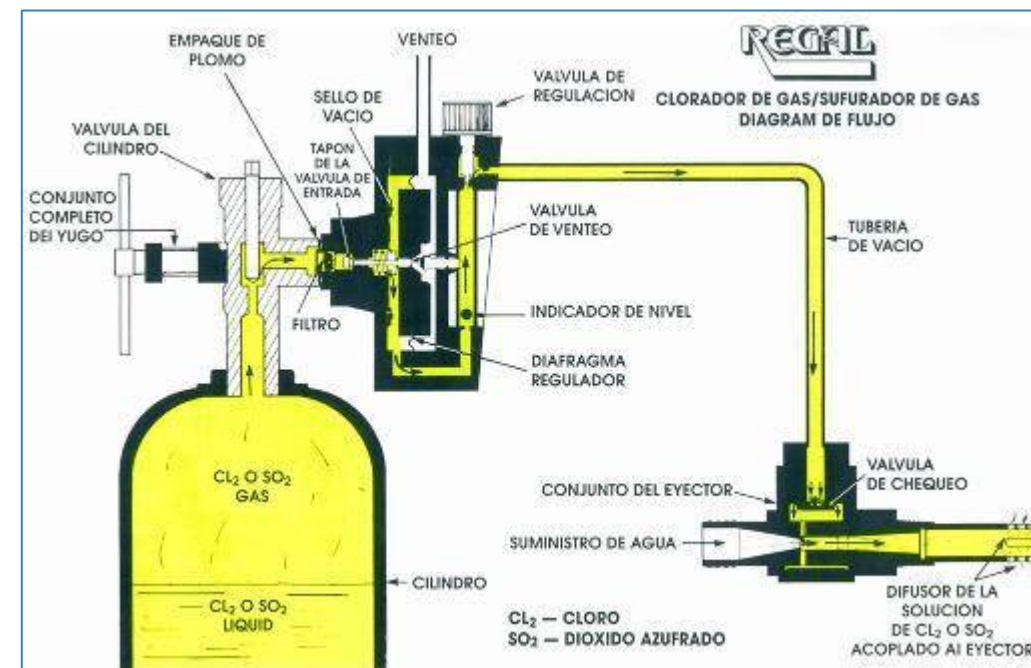
$$q = Q * D / C$$

q = caudal a dosificar, L/s

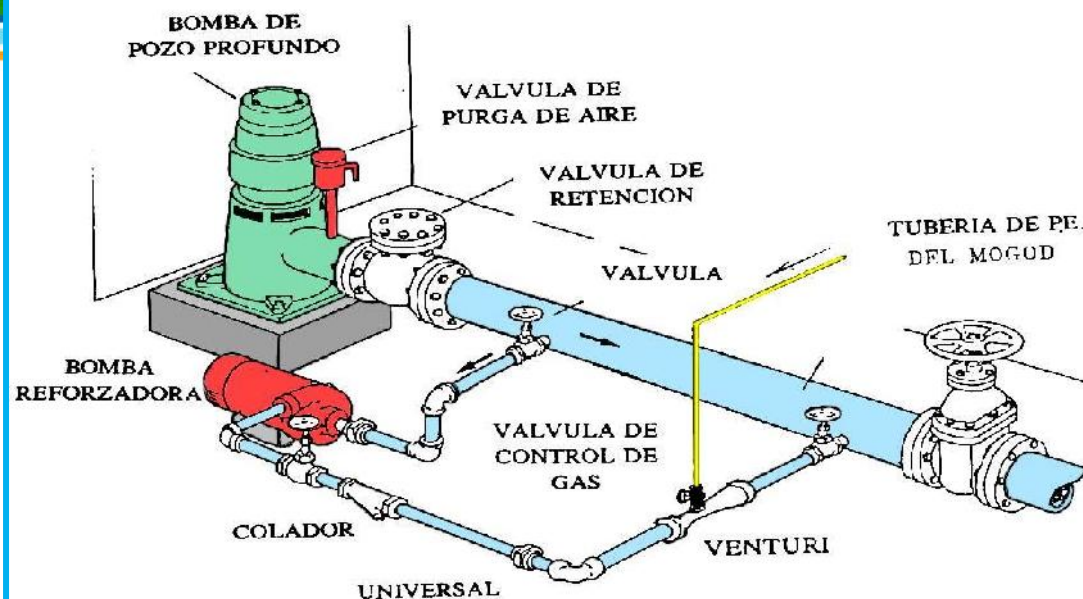
Q = Caudal de diseño de la planta, L/s

D = dosis de cloro, mg/L

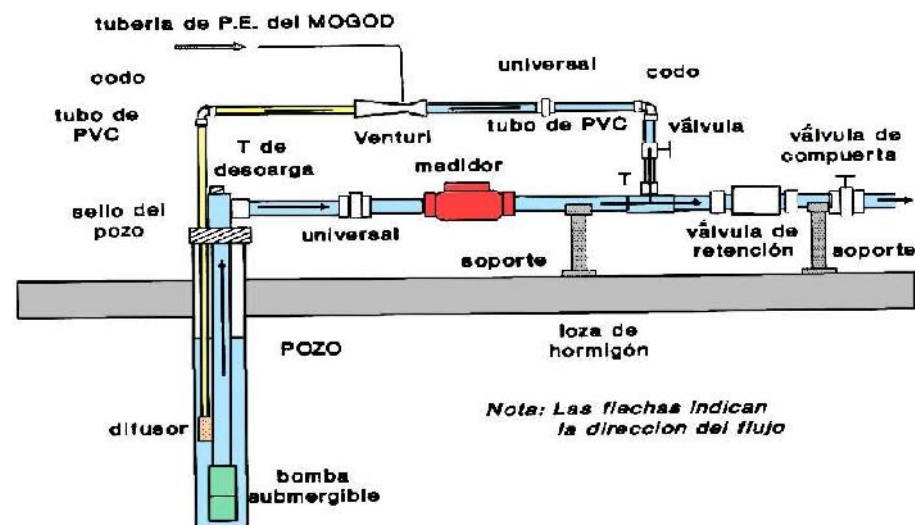
C = Concentración de la solución, mg/L (3,500)



Sistema de Cloración en pozos



Instalación típica de un Venturi con bomba reforzadora



Nota: Las flechas indican la dirección del flujo

Instalación típica de un venturi de MOGGOD que descarga directamente en un pozo

Cloración Simple (marginal)

Consiste en la aplicación de la cantidad mínima de cloro para obtener un residual pequeño.

Se aplica una determinada dosis de cloro (según el pH) y, después del intervalo recomendado, se verifica el residual; si es necesario, se gradúa la dosis de cloro.

- **Quando se trata de aguas filtradas:**
 - ✓ cloro aplicado: **0,20** a **0,60** mg/L.
- **Quando se trata de aguas no filtradas:**
 - ✓ cloro aplicado: **1** mg/L o más, según el pH del agua.

El examen bacteriológico frecuente demuestra la eficacia de la desinfección.



Sub productos de la desinfección con cloro (SPD)

- Residuales de desinfectantes
- Sub-productos inorgánicos
- Sub-productos orgánicos
- Sub-productos orgánicos halogenados

Regulación SPD del cloro, EPA estado 1

Regulated Contaminants/Disinfectants					
Regulated Contaminants	MCL (mg/L)	MCLG (mg/L)	Regulated Disinfectants	MRDL* (mg/L)	MRDLG* (mg/L)
Total Trihalomethanes (TTHM)	0.080		Chlorine	4.0 as Cl ₂	4
Chloroform		-			
Bromodichloromethane		zero			
Dibromochloromethane		0.06			
Bromoform		zero			
Five Haloacetic Acids (HAA5)	0.060		Chloramines	4.0 as Cl ₂	4
Monochloroacetic acid		-	Chlorine dioxide	0.8	0.8
Dichloroacetic acid		zero			
Trichloroacetic acid		0.3			
Bromoacetic acid		-			
Dibromoacetic acid		-			
Bromate (plants that use ozone)	0.010	zero	*Stage 1 DBPR includes maximum residual disinfectant levels (MRDLs) and maximum residual disinfectant level goals (MRDLGs) which are similar to MCLs and MCLGs, but for disinfectants.		
Chlorite (plants that use chlorine dioxide)	1.0	0.8			

Regulaciones EPA, estado 2

Stage 2 DBPR Regulated Contaminants			
Regulated Contaminants		MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)
Total Trihalomethanes (TTHM)			0.080 LRAA
	Chloroform	0.07	
	Bromodichloromethane	zero	
	Dibromochloromethane	0.06	
	Bromoform	zero	
Five Haloacetic Acids (HAA5)			0.060 LRAA
	Monochloroacetic acid	0.07	
	Dichloroacetic acid	zero	
	Trichloroacetic acid	0.02	
	Bromoacetic acid	-	
	Dibromoacetic acid	-	

Precauciones sobre el uso del cloro líquido

- ✓ **El cloro es peligroso** para las personas que lo manejan sin cuidado y puede destruir materiales. Por ello, se necesita tomar precauciones en su manipulación, así como un mantenimiento eficaz del sistema de cloración:
- ✓ Los cloradores se deben mantener en temperatura ambiente entre **10** y **30** °C. En ningún caso se deben mantener sobre **65** °C.
- ✓ Cuando el cloro **es altamente tóxico**, es indispensable usar una máscara.
- ✓ **El gas seco no es corrosivo**; para conectar las tuberías con los cilindros a los aparatos dosificadores pueden ser de cobre, pero **la solución concentrada de cloro es altamente corrosiva**, por lo cual sus tuberías deben ser de material adecuado (caucho, tuberías de plástico PVC, etcétera).
- ✓ Para verificar y localizar pequeñas **fugas de cloro**, **se utiliza amoníaco** en los cilindros o en los dosificadores. La combinación de **amonio con cloro produce un humo blanco visible**.
- ✓ **Nunca se debe aplicar agua en la fuga de cloro**, porque se formará ácido clorhídrico (cloro húmedo), que es muy corrosivo y con lo cual aumentará la fuga. La soda caustica absorbe rápidamente el cloro gaseoso.



Propiedades del cloro y su manejo

Propiedades tóxicas del cloro

Es **un gas sumamente tóxico**, en pequeñas dosis irrita las mucosas y en especial la del aparato respiratorio y las de los ojos, produciendo tos y en fuertes cantidades **puede producir la muerte**.

En estado líquido causa quemaduras en la piel.

Manejo

- ✓ Los cilindros de cloro **no deben manejarse bruscamente**, no se puede permitir que se tiren caigan o choquen entre sí. Los cilindros de 68 y 75 Kg. Se deben mover en plataformas manuales equipadas con cadenas de seguridad, los de 908 Kg. Deben moverse con montacargas eléctricas, especialmente diseñadas y provistas de una barra de suspensión.
- ✓ Las válvulas de descarga y los tapones fusibles no están diseñados para soportar choques, por lo tanto **los casquetes protectores de los cilindros se deben conservar en su lugar**, estén en uso o no los cilindros.
- ✓ **No deben usarse llaves de más de 15 cm de longitud**, pues el empleo de llaves más grandes o de llaves de fontanería daña las válvulas del cilindro.

Operación de los cilindros de cloro

- a) Cerrar todos los extremos de las tuberías que estén desconectados con la tapa de jebe o plástico para impedir que entre la humedad.
- b) **Mantener siempre ventilado** el compartimiento de los cloradores o el del depósito de los cilindros.
- c) Manejar las válvulas lentamente y sin forzarlas.
- d) **Controlar el flujo de cloro y la dosificación** de la respectiva aplicación permanentemente en función de los análisis de cloro residual.
- e) Prever la reparación o sustitución de todas las piezas gastadas o dañadas.
- f) Conservar el equipo limpio, bien preparado y seco.
- g) Prever la **sustitución inmediata** de los cilindros a medida que se vacían y tener siempre un almacén adecuado para ellos.



Almacenamiento del cloro

- Los recipientes o cilindros **deben colocarse en orden de llegada**, de tal forma que se usen en primer lugar los más antiguos.
- **No se deben almacenar los cilindros cerca de materiales inflamables** ni donde se encuentren expuestos continuamente a la humedad.
- **La zona de almacenamiento debe ser bien ventilada**, los recipientes deben estar colocados de tal forma que permita en caso de fugas retirarlos con el menor manejo posible. La bodega debe ser a prueba de incendios y estar equipada con un **sistema de ventilación por extracción**
- Los cilindros de cloro deben almacenarse en lugares frescos y estar protegidos contra las exposiciones a fuentes externas de calor, se deben conservar los **cilindros protegidos de la exposición directa al sol y a la intemperie y jamás permitir que la temperatura de los recipientes se acerque a los 60°C.**
- **Los cilindros hasta 75Kg. Deben almacenarse en posición vertical**, donde materiales pesados no puedan golpearlos o hacerlos caer. No se deben almacenar recipientes abajo del nivel del suelo o en el sala de dosificación del cloro, Los cilindros de **908 Kg.** se deben almacenar acostados sobre soportes o plataformas adecuadas y bloqueadas para evitar su rodamiento. Si se quiere obtener cloro gaseoso, **las válvulas del cilindro se deben colocar verticalmente una arriba de la otra, y conectarse en la válvula superior. La válvula inferior suministrará cloro líquido.**
- **No se debe permitir la mezcla de cloro con parafina u otros hidrocarburos** porque puede causar una explosión.



Receso 2, para preguntas

Hervir del Agua

Este es el mejor método para eliminar las bacterias del agua y poder beberla. Es efectivo para desinfectar pequeñas cantidades de agua, **aun si presenta contenido de materia orgánica**. Al hervir el agua se logra la destrucción de los agentes patógenos presentes en ella. Para ello se debe garantizar la ebullición vigorosa de todo el líquido durante, **al menos, uno o tres minutos**. Es una buena practica almacenar el agua en el mismo recipiente en el que se hirvió.

Si es necesario el almacenamiento del agua hervida en otro recipiente casero, es importante que éste sea desinfectado antes de transferir el agua. **Los quistes de amebas se destruyen en dos minutos en el agua a 50° C, mientras los de Giardia se inactivan de inmediato** cuando son sometidos al agua hirviendo.

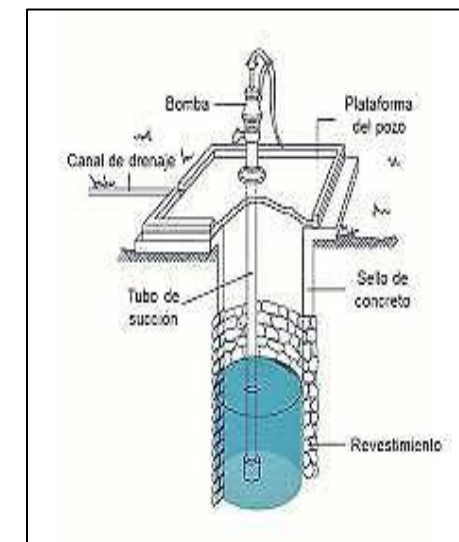
Los virus también son inactivados luego de aproximadamente 1 o 3 minutos de exposición al agua en ebullición. Sin embargo, hervir el agua tiene varias desventajas, siendo la más importante el hecho de que **no proporciona protección contra la recontaminación**, por lo que debe tenerse especial cuidado en su conservación y posterior manipulación.

Además, **el sabor del agua hervida suele ser desagradable** y, aunque la aireación puede mejorarlo, no se recomienda por la posibilidad de recontaminación que esto representa. Otro aspecto a considerar es el **costo del proceso y lo difícil y poco practico** que resulta manejar grandes cantidades de agua hirviendo o hervida.

Desinfección de pozos y fuentes

a) La desinfección es necesaria:

- después de la construcción y antes de usar el agua;
- después de efectuar cualquier reparación en las instalaciones, y
- siempre que haya sospechas de contaminación.



b) Acción:

- la desinfección no previene la contaminación; solamente elimina la que existe cuando se utilizan los agentes desinfectantes, y
- la desinfección es puramente local y no tendrá ningún efecto sobre la contaminación de la napa.

Agentes desinfectantes

Los más utilizados son los compuestos de cloro:

- ✓ hipoclorito de calcio con **70%** de cloro;
- ✓ hipoclorito de sodio con **10%** de cloro,
- ✓ lejía con **2%** de cloro disponible

Cantidad de desinfectante que se debe usar:

- ✓ **50** mg/L de Cl_2 (libre) durante **12** horas;
- ✓ **100** mg/L de Cl_2 (libre) durante **4** horas, y
- ✓ **200** mg/L de Cl_2 (libre) durante **2** horas.

Método de desinfección

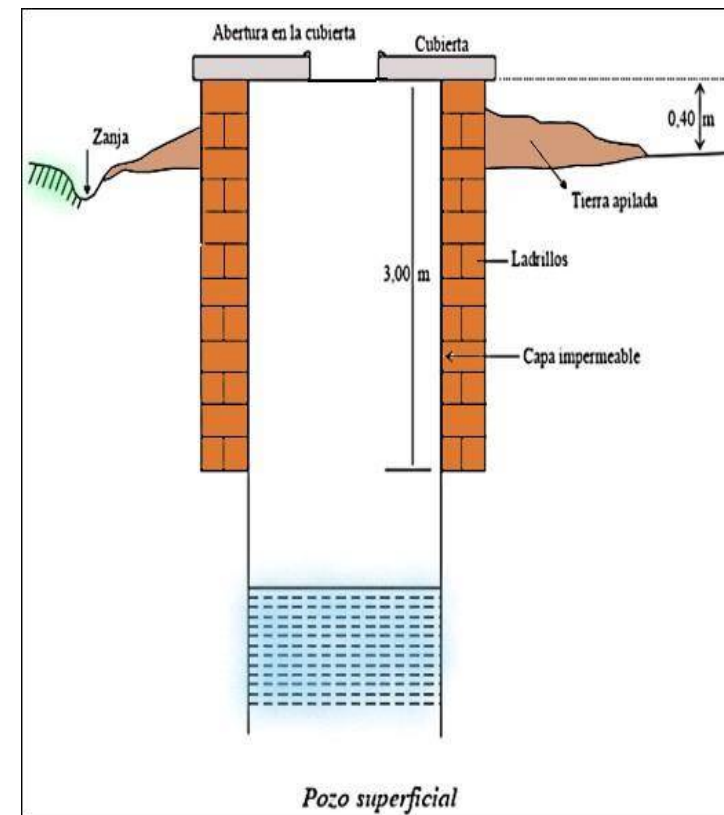
Con los productos sólidos, mezclándolos con agua se prepara una solución y los líquidos se utilizan en el mismo estado en el que se compraron.

La operación de desinfección propiamente dicha comienza con el escobillado de las superficies con una solución concentrada de **100 a 200** mg/L de Cl_2 y se deja la solución en la concentración señalada durante el plazo que sea necesario.

Terminado este plazo, se extrae toda la solución desinfectante del recipiente y se reemplaza por agua una y otra vez hasta que el olor y el sabor a cloro desaparezcan del agua.

Antes de utilizar el agua para beber, es necesario verificar el resultado de la desinfección mediante un examen bacteriológico.

Se debe calcular la cantidad de cloro a aplicar, en base a la dosis adoptada y el volumen del pozo.

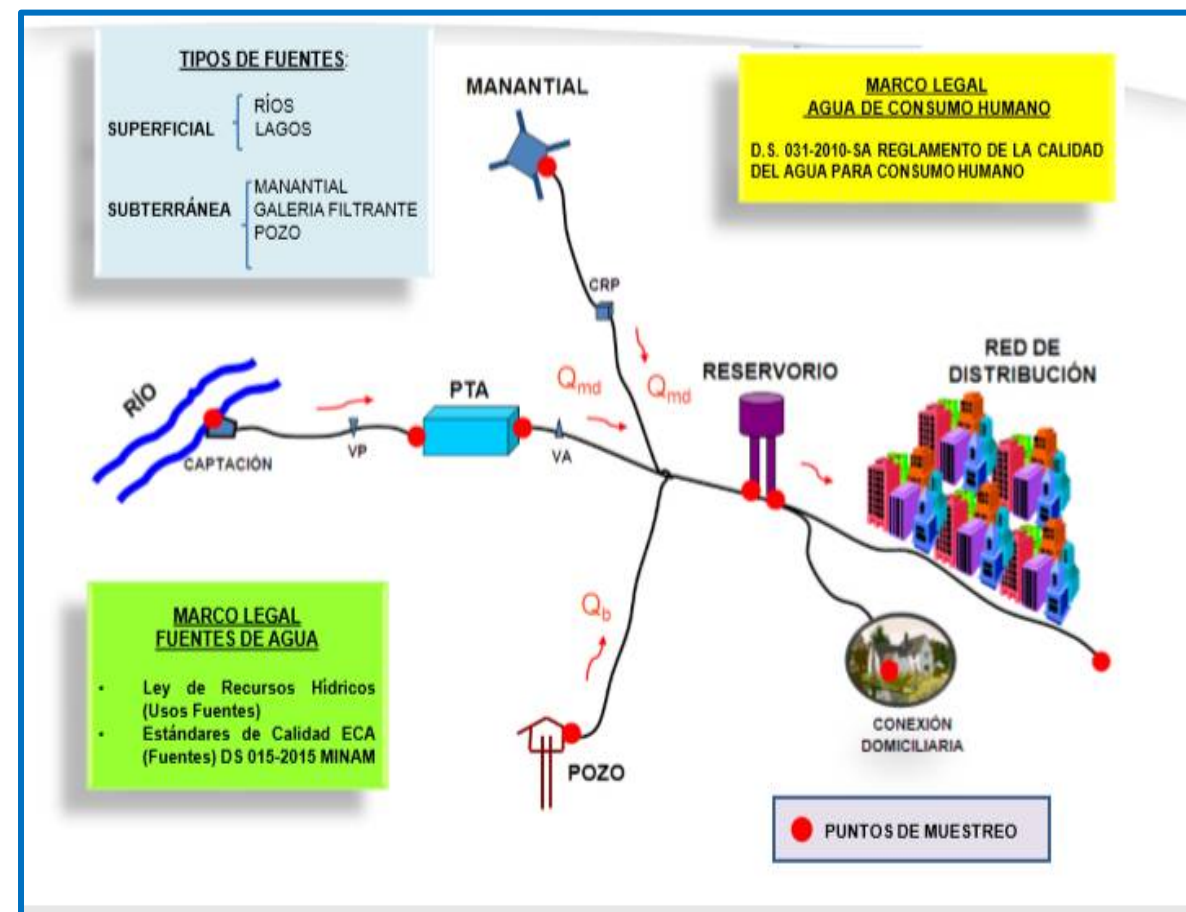


Desinfección de Sistemas de Abastecimiento de Agua

Coordinaciones

Coordinar la ejecución del trabajo de desinfección y cloración con la JAA estableciéndose fecha, hora y responsables, para la ejecución de las actividades.

- Comunicar a los usuarios(as) un día antes de la desinfección para que prevean el abastecimiento de agua.
- Organizar el trabajo a realizar, asignando 3 a 4 responsables miembros de la JAA y usuarios/as por cada uno de los componentes del sistema.



Desinfección de la obra de toma

- Revisar si cuenta con tapa sanitaria, cono de rebose, canastilla, válvula de distribución y cerco perimétrico.
- Quitar piedras y maleza.
- Limpiar canal de escurrimiento y salida de tubería de desagüe.
- Aforar (método volumétrico)
- Medir las dimensiones de la cámara para calcular la capacidad de recolección de la captación, verificar accesorios.
- Limpiar y lavar el interior de la captación, frotar paredes y piso, esquinas, cono de rebose, remover la tierra y el sarro.
- Los operadores/as deben de colocarse los equipos de protección personal
- Prepara una solución de cloro en función de la concentración C (rangos entre **150** ppm – **100** ppm) y de acuerdo al volumen de la captación, aplicar la fórmula 1.
- Con una parte de la solución restregar paredes y fondo de la instalación
- Llenar con agua la instalación y añadir la solución restante, dejar que la solución permanezca **2** horas
- Desaguar y lavar las paredes con bastante agua.



Desinfección de tanques de almacenamiento

- Previa a la desinfección se realiza las siguientes actividades: Cerrar la válvula de ingreso, cerrar la válvula de salida, abrir la válvula de desagüe o limpia.
- Abrir la tapa sanitaria o de inspección, verificar si está vacío, para luego realizar la limpieza.
- Con una escobilla de alambre limpiar las paredes, el fondo del reservorio, accesorios y el interior de la tapa de inspección.
- Los operadores/as deben de colocarse los equipos de protección personal.
- Calcular el volumen del reservorio.
- Calcular la cantidad de cloro y litros de agua para diluir, según el volumen del reservorio y en función de la concentración $C=50$ mg/L.
- Cerrar la válvula de salida y de desagüe, abrir la válvula de ingreso y dejar que el reservorio se llene. Una vez lleno agregar la solución clorada, dejar reposar **4** hora, luego de ese tiempo vaciar el reservorio.





Concentraciones de cloro para desinfección de componentes del sistema de agua potable

Componentes	Concentración C= mg/l	Tiempo de retención (horas)	Peso del hipoclorito de calcio 65% (kg)	Cantidad mínima de agua para diluir el hipoclorito de calcio (l)
Captación	150-200	2 - 4	0.23 x m3	65
Buzón de reunión	150-200	2 - 4	0.23 x m3	65
Reservorios				
5m3	50	4	0.4	65
10m3	50	4	0.8	135
15m3	50	4	1.15	200
20m3	50	4	1.54	264
25m3	50	4	1.92	336
30m3	50	4	2.31	400
40m3	50	4	3.08	520
50m3	50	4	3.85	664
Más de 50 m3	50	4	a	
Tuberías				
1 " de 1000 mt	50	4	39 grs	
1 1/2" de 1000mt	50	4	88 grs	
Pozos	50	4	a	

a = Para mayores volúmenes y, en general, cuando se dese conocer el peso requerido para cualquier instalación deberá aplicarse la fórmula 1

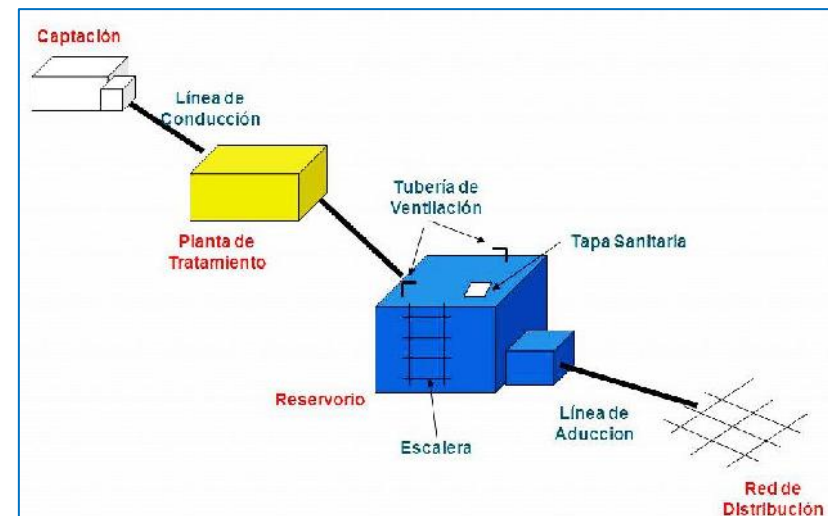
Fuente: Guía para Juntas Administradoras de Agua y Saneamiento (JASS) de la Organización Panamericana de la Salud

Activar
Ve a Conf

Desinfección de líneas de conducción

Definir los tramos en la línea de conducción, válvulas de aire, purga, cámaras rompe presiones, distribuidor de caudal, que se van a desinfectar.

- Identificar el **diámetro de la tubería y la longitud total** de la línea de conducción a fin **de calcular el volumen de agua**.
- Los operadores/as deben de colocarse los equipos de protección personal.
- Calcular la cantidad de cloro y litros de agua para diluirlo, según el volumen del tramo a desinfectar y en función de la concentración **C=50 mg/L**.
- Vaciar las tuberías abriendo la válvula de purga.
- Echar uniformemente la solución preparada a la captación, para llenar a toda la tubería de la línea de conducción.
- De preferencia realizar la desinfección de la línea de conducción y la captación en forma conjunta; es decir, en un mismo momento.
- Una vez llenada la tubería con la solución mantenerla reposando **durante 4 horas**.
- Si en el recorrido de la línea de conducción existen obras complementarias como: cámara rompe presión, cámara distribuidora de caudales, la desinfección se debe realizar por tramos, de acuerdo al volumen.



Desinfección de líneas de distribución y red

- Notificar a la población que se va a realizar la limpieza y desinfección de la red y que no dispondrá del servicio mientras dure esta labor; cerrar las válvulas de paso por precaución.
- Desarrollar estas tareas en la tarde para no causar incomodidad al usuario.
- Cerrar la válvula de salida del reservorio y abrir las válvulas de purga hasta que se vacíe el agua contenida en las tuberías.
- Prepare una solución de hipoclorito de calcio según el volumen a desinfectar con una concentración de **50** mg/L.
- Vaciar la solución al tanque de almacenamiento y dejar que todo el volumen se mezcle uniformemente.
- Abrir la válvula de salida del tanque y las válvulas de purga de la red.
- En cuanto salga el agua por la válvula de purga cerrarla con el objeto que la tubería se llenen con agua clorada.
- Dejar la solución durante **4** horas retenida en la tubería.
- Vaciar totalmente la red abriendo las válvulas.
- Poner en servicio la red cuando no se perciba olor a cloro



Equipo de protección personal

- Verificar si el personal que desarrollará la desinfección y cloración cuenta con vestuario de protección:
 - Mascarillas (respirador de media cara con filtros para gases químicos).
 - Lentes protectores, casco, guantes, botas,
 - Mamelucos, ropa apropiada gruesa, etc.
- Verificar la caja de herramientas
- Verificar si cuentan con baldes, escobillas, escobas, sogas, wincha.
- Verificar el Comparador, DPD 1.
- Verificar el insumo para la desinfección y cloración (HTH al **65%** y **70%**, Hipoclorito de sodio)



Equipos de Medición de cloro residual



Determinación del cloro residual

- Antes de proceder a la toma de muestra en el punto, se deberá dejar correr el agua por aproximadamente 1 min.
- Llene el agua en el tubo del equipo (vidrio o plástico policarbonato).
- Agregue el reactivo **DPD 1** en pastilla o sachet dentro del tubo y tápelo con su tapón.
- Agite la muestra hasta mezclar completamente o lograr la disolución total del reactivo DPD 1.
- Espere un minuto para que se complete el desarrollo del color y luego compara contra la luz con los estándares e identifique a cuál se parece más.
- Comparar los niveles de cloro residual encontrados:
 - Reservorio = **1.0** mg/l o mayor;
 - Redes = **0.2 – 0.5** mg/l



Yodo

El yodo ha sido reconocido como un desinfectante del agua potable desde principios del pasado siglo y se ha **utilizado ampliamente para volúmenes pequeños de agua**. Sin embargo su utilización no se ha generalizado, debido principalmente al estrecho margen de seguridad entre las concentraciones necesarias para lograr una desinfección adecuada y el **umbral** para evitar que las personas sensibles al yodo (un porcentaje pequeño de la población general) sufran efectos adversos sobre la salud, y en parte debido al **alto costo unitario, que es cerca de 10 veces superior al del cloro**.

La **eficacia del yodo contra las bacterias, los virus, quistes de amebas y otros microorganismos** de enfermedades transmitidas por el agua es bien conocida, si bien esta acción, al igual que en el caso del cloro se reduce cuando el pH es alto aunque, a diferencia de este, **su eficacia contra los virus aumenta al incrementarse el pH** (4)

La combinación del yodo con el cloro posee, aparentemente, un efecto sinérgico y juntos, aún a bajas dosis, manifiestan **una acción desinfectante superior** a la de cada uno por separado, siendo especialmente eficaz esta asociación sobre microorganismos resistentes al cloro.

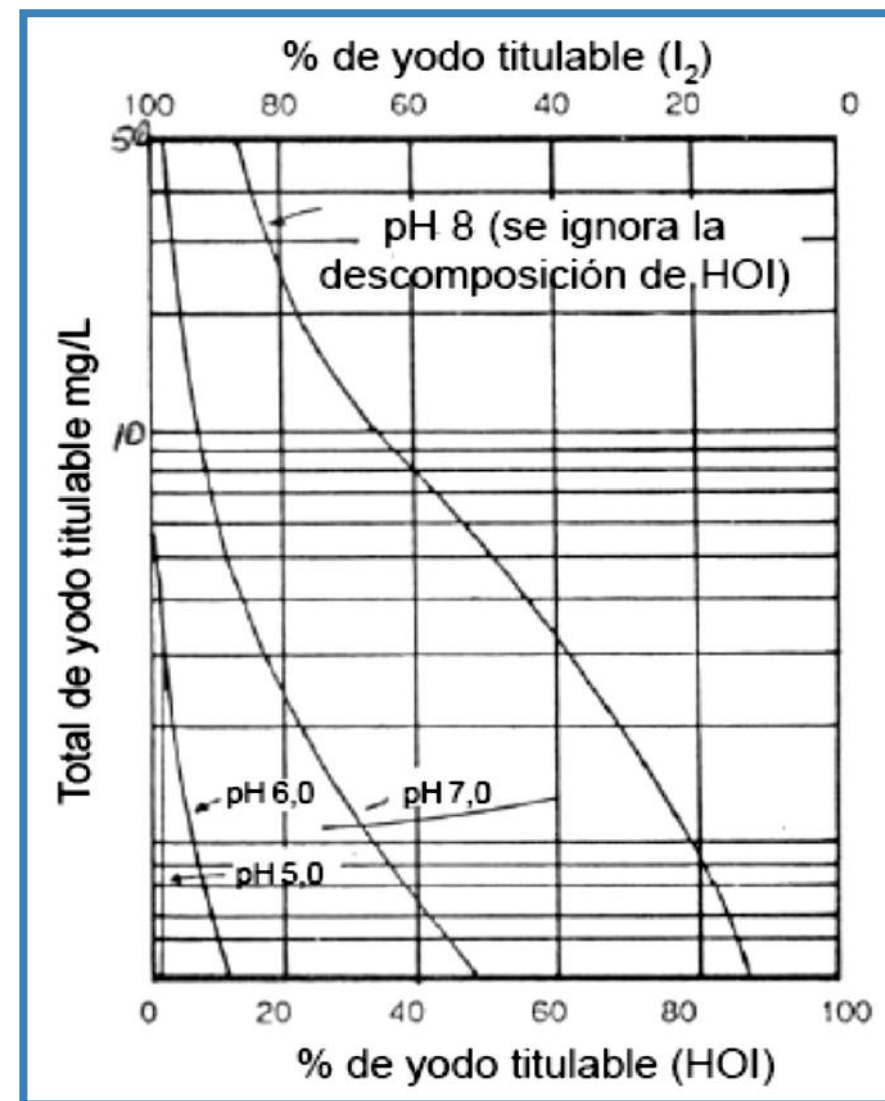
Yodo

- Sólido a Temperatura ambiente
- Fácil de manejar
- Baja solubilidad
- Menos agresivo
- Más efectivo si está unido a una molécula orgánica
- Mas estable que el cloro

Química del Yodo



pH	I ₂	HOI	OI-
5	99	1	0
6	90	10	0
7	52	48	0
8	12	88	0.005



Acción desinfectante del Yodo

- ❖ Más efectivo como HOI
- ❖ Menos activo que el cloro
- ❖ Efectivo con bacterias
- ❖ Destruye esporas, quistes y virus
- ❖ 1 a 8 mg / L , 30 min – períodos cortos
- ❖ Tintura de yodo: 2 a 6 %

Yodo y Subproductos de la desinfección

- ✓ I_2
 - REACCIÓN ALÉRGICA
 - TIROIDES
- ✓ Fenol > 1 mg / L
- ✓ No produce iodaminas
- ✓ Bajo nivel de THM's

Dosificación de Yodo

Equipos

- Bomba dosificadora: solución saturada x lecho
- Vapor sobre I_2 sólido

Monitoreo

- Titulación amperométrica
- Colorimétrico: método LCV

Plata Ag

- Uso antiguo
- Efecto oligodinámico
- Uso de **25 a 75** μg /L
- No oxidante
- Interfieren: materia coloidal, cloruros y amoníaco

Acción desinfectante de la Plata

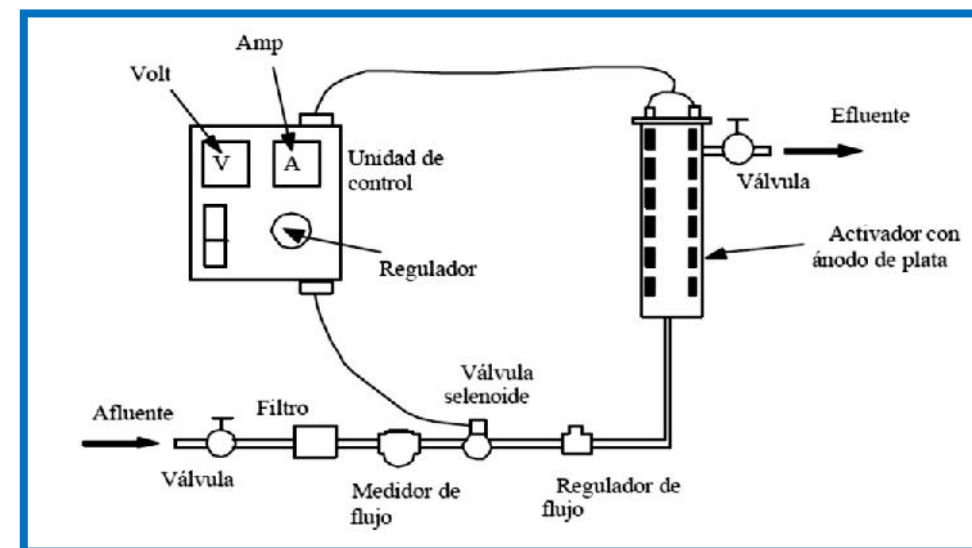
- ✓ Actúa en estado coloidal
- ✓ Buen bactericida
- ✓ Hongos consumidores de O_2
- ✓ Acción enzimática
- ✓ Largo tiempo
- ✓ Bajo residual

Subproductos de la desinfección con plata

- ✓ Ag
 - Argiriosis
- ✓ No produce otro SPD
- ✓ No agrega
 - sabor
 - olor, ni
 - color

Dosificación de la plata

1. Equipo de contacto: paredes o pantallas con pinturas de plata
2. Filtros domésticos: porcelana o carbón activado revestido con AgCl
3. Dosificador solución diluida
4. Electrolítico: más práctico
 - Ánodo libera Ag^+
 - Cátodo libera H_2



Plata Coloidal

- ✓ Es un desinfectante
- ✓ No es Tóxica
- ✓ No deja ni olor ni sabor pero deja un residual que puede evitar una recontaminación
- ✓ Las concentraciones van de **0.32 a 0.35%** de principio activo
- ✓ Para desinfección de agua para consumo humano se recomienda **1** gota por cada **2** litros y dejar reposar durante **30** minutos
- ✓ Para agua de dudosa calidad, agregar **3** gotas.



Monitoreo de la Plata

➤ Electrodo selectivo



➤ Absorción atómica



➤ Amperaje



Ventajas y desventajas de la plata

Ventajas

- No deja Sub productos de la desinfección (SPD)
- No imparte características organolépticas

Desventajas

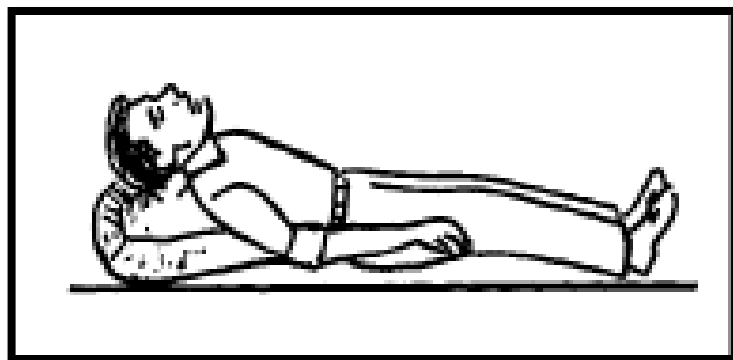
- Mayor costo
- Difícil de controlar
- Bajo residual
- Poco efectivo con virus

Primeros auxilios intoxicación con cloro

- ❖ **Para auxiliar a la piel afectada por el cloro líquido, se debe neutralizar su acción con una solución diluida de bicarbonato de sodio** y aplique en la zona afectada un vendaje flojo con un ungüento común para quemaduras o una loción de aceite de linaza y agua de cal.
- ❖ **Si el paciente está consiente, debe dársele café negro caliente** o media cucharadita de esencia de menta en medio vaso de agua caliente. **En los casos benignos se puede administrar leche**, como ayuda para la irritación en la garganta.
- ❖ **El paciente no debe ingerir bebidas alcohólicas**, pues tienen efectos dañinos.
- ❖ **Si los ojos se encuentran ligeramente irritados, lávelos con una solución de ácido boricado.**
- ❖ **Para disminuir las molestias de la nariz y de la garganta** y para reducir la tos y la dificultad en la respiración, **el paciente debe inhalar vapor de agua hirviendo a la que se haya agregado** una cucharadita de tintura de benzina, **media cucharadita de bicarbonato de sodio**, o media cucharadita de espíritus aromáticos de amoníaco y cuatro gotas de cloroformo. Si es necesario se puede repetir la dosis una hora después. **Se debe recomendar al paciente que resista hasta donde sea posible el impulso de toser.**

Primeros auxilios intoxicación con cloro

- ❖ Se debe **conducir inmediatamente al empleado intoxicado al aire libre**, lejos de los gases de cloro.
- ❖ **Colocar al paciente acostado boca arriba**, con su espalda ligeramente elevada, si es necesario se debe abrigarlo con mantas y mantenerlo caliente y quieto; **el reposo es esencial**.
- ❖ **Llamar inmediatamente al médico**.
- ❖ **Si el paciente se encuentra inconsciente** y aparentemente ha cesado la respiración , se debe **iniciar inmediatamente la respiración artificial**. Si se llama a la Cruz Roja, **se les debe advertir no utilizar el pulmón o cualquier medio mecánico de resucitación**, por el peligro de causar ruptura de los pulmones.
- ❖ **Si hay salpicaduras de cloro líquido** o de agua de cloro, **desvista al paciente o corte las telas afectadas** porque estas destruyen las telas y pueden producir irritaciones y quemaduras de ácido.





¡Gracias por su Atención!



Ing. Pedro E. Ortiz B.

www.conasa.hn