

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



**“MANUAL PARA SELECCION, OPERACION,
MANTENIMIENTO Y EVALUACION
ECONOMICA DE SISTEMAS DE
CLORACION”**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

Francisco José Chacón Rosales

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

JUNIO DE 1991



SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTRO AMERICA

T

546.732

Ch 431m



Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. JOSE BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO:

DRA. GLORIA ESTELA GOMEZ DE PEREZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO:

ING. MARIO ARNOLDO MOLINA ARGUETA

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR:

ING. ROBERTO ARISTIDES CASTELLON MURCIA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION

"MANUAL PARA SELECCION, OPERACION, MANTENIMIENTO
Y EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS DE CLORACION"

COORDINADOR:



ING. CARLOS ROBERTO OCHOA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "C. R. Ochoa".

ASESOR:

LIC. VICTOR MANUEL SEGURA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "V. M. Segura".

AGRADECIMIENTOS

A JESUCRISTO, quien es el Creador de toda ciencia y sabiduría en este universo, por haberme brindado un poco de ese conocimiento para poder concluir satisfactoriamente este trabajo de graduación.

A MIS PADRES, Hector y Olga, por sus oraciones y apoyo incondicional en todo momento difícil.

AL COORDINADOR Y ASESOR, ya que sin su respaldo no hubiera sido posible la elaboración de este trabajo.

A MIS HERMANOS EN CRISTO y pastores de la Iglesia Cristiana - Josué, por todo el apoyo espiritual recibido.

A LA EMPRESA AQUA SYSTEMS INC., por haber facilitado la investigación del presente trabajo con todo su respaldo técnico.

A TODOS AQUELLOS, que directa o indirectamente colaboraron desinteresadamente en la elaboración de este trabajo.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es elaborar un manual que incluye aspectos de selección, mantenimiento y evaluación económica de sistemas de aplicación de cloro, profundizar en el conocimiento de los sistemas de desinfección de agua por medio de cloro, brindando así parámetros para diseñar y operar eficientemente dichos sistemas.

El trabajo está orientado a diseñadores y operadores de los sistemas de aplicación de cloro, estructurado en una sección para el diseñador y una sección para el operador.

La metodología de investigación del trabajo se basa en - consultas bibliográficas que incluye la revisión de libros relacionados con el tratamiento de aguas y catálogos comercia - les de equipos dosificadores, además de visitas técnicas a - instalaciones de la Administración Nacional de Acueductos y - Alcantarillados (ANDA). La secuencia del trabajo permite llegar a conocer los sistemas de aplicación de cloro en sus diferentes formas.

Se inicia con conceptos básicos de cloración, luego con cálculos fundamentales, aplicaciones municipales e industriales, esquemas de instalaciones típicas, parámetros de diseño y selección, aspectos de operación y mantenimiento y finalmente equipos en el mercado y evaluación económica de los dife -

rentes sistemas.

Se pretende lograr que se le facilite al lector diseñar u operar (según el caso) un sistema de cloración. En el caso del diseñador se pretende lograr que la selección de equipos dosificadores se base en un análisis técnico y económico que conduzcan a la solución más rentable.

En el caso del operador se pretende lograr que los fundamentos del sistema y las técnicas de operación conduzcan a un proceso eficiente y seguro de la aplicación del cloro. Que - el mantenimiento sea de fácil comprensión de forma que el sistema opere correctamente y sin problemas.

INDICE

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	i
CAPITULO I	
"METODOS PARA LA DESINFECCION DEL AGUA"	
1.1 DESCRIPCION DE LA CLORACION	1
1.2 EL CLORO Y SUS PROPIEDADES	14
1.3 FACILIDADES DE LA CLORACION	18
1.4 PRUEBAS DE CONTROL DE LA CLORACION	21
1.5 TECNICAS DE CLORACION	33
CAPITULO II	
"MEDICION DEL FLUJO DE AGUA"	
2.1 MEDICION DEL FLUJO DE AGUA	41
2.2. CALCULOS DE DOSIFICACION DE CLORO	48
CONVERSION DE UNIDADES UTILIZADAS	
2.3 CONVERSIONES PPM-Lb/DIA	49
2.4 CONVERISIONES PPM-PORCENTAJE	52
2.5 CALCULOS DE DEMANDA DE CLORO	54
CAPITULO III	
APLICACIONES MUNICIPALES DE CLORACION"	
3.1 CLORACION DE AGUA DE POZO	61
3.2 CLORACION DE AGUA POR GRAVEDAD EN COMUNIDAD REMOTAS	64

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
3.3 SISTEMAS MULTIPLES DE CLORACION	67
3.4 CLORACION DE AGUAS NEGRAS	70
3.5 CONTROL DE CLORO RESIDUAL	75
3.6 CLORACION EN TANQUES	81
CAPITULO IV	
"APLICACIONES INDUSTRIALES Y AGROINDUSTRIALES"	
4.1 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO	85
4.2 CLORACION EN PROCESOS DE BEBIDAS Y ALIMENTOS	89
4.3 CLORACION DE AGUA EN AGRICULTURA	93
4.4 CLORACION DE AGUAS PARA PROCESOS DE CARNES	99
4.5 ELIMINACION DE COMPUESTOS DE CIANURO POR CLORACION	101
4.6 CLORACION PARA ELIMINACION DE HIERRO Y MANGANESO	105
4.7 CLORACION PARA PISCINAS	107
CAPITULO V	
"ASPECTOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE CLORACION"	
5.1 SUMINISTRO DE CLORO	109
5.2 CONSIDERACIONES HIDRAULICAS	114
5.3 SEGURIDAD Y CLORACION	147
5.4 PROBLEMAS COMUNES. PRACTICAS DE MANTENIMIENTO	153

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
5.5 DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE CLORACION PRACTICAS OPERACIONALES	157
CAPITULO VI	
"ANALISIS ECONOMICO DE SISTEMAS DE CLORACION"	164
CONCLUSIONES	179
RECOMENDACIONES	182
ANEXOS	
ANEXO A	
'GLOSARIO'	184
ANEXO B	
PROPIEDADES FISICAS DEL CLORO	186
ANEXO C	
ASPECTOS GENERALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE CLORACION	193
ANEXO D	
CURVAS PARA LA SELECCION DE EYECTORES	196
ANEXO E	
PERDIDAS POR FRICCION EN LINEAS DE SOLUCION DE CLORO	202

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
ANEXO F	
TABLAS DE SELECCION DE BOMBAS REFORZADORAS	205
ANEXO G	
PRIMEROS AUXILIOS EN EMERGENCIA	207
ANEXO H	
EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO	210
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	211
ANEXO I	
MANUAL PARA OPERADORES	213

INDICE DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PAGINA</u>
1. PODER DESINFECTANTE DE COMPUESTOS CLORADOS	4
2. RESIDUALES MINIMOS DE CLORO LIBRE QUE ANIQUILAN EL 100% DE E. Coli	9
3. CONTENIDO DE CLORO EN LOS DIFERENTES COMPUESTOS	20
4. RESULTADOS DE CLORO RESIDUAL EN PRUEBA DE DEMANDA DE CLORO	29
5. TIPO DE CLORO A USAR EN BASE AL CAUDAL DE AGUAS A TRATAR	33
6. TAMAÑOS DE EYECTORES EN BASE A CAPACIDADES MAXIMAS DE DOSIFICACION DE CLORO	127
7. DIAMETROS DE LINEAS DE VACIO	134

INDICE DE TABLAS EN ANEXOS

<u>TABLAS</u>	<u>PAGINA</u>
B1 PRESION DE VAPOR DEL CLORO	186
B2 DENSIDAD DEL CLORO LIQUIDO	188
B3 SOLUBILIDAD DEL CLORO EN AGUA	190
B4 VISCOSIDAD DEL CLORO	192
E1 PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIAS PVC CEDULA 80"	203
E2 PERDIDAS POR FRICCION EN MANGUERAS	204
E3 PERDIDAS POR FRICCION EN ACCESORIOS	204
F1 TABLA DE SELECCION DE BOMBAS REFORZADORAS	206

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
1.1 REACCION DEL CLORO CON AGUA DESTILADA	2
1.2 REACCION DEL CLORO EN AGUA NATURAL CON IMPUREZAS	5
1.3 DISMINUCION DEL CLORO RESIDUAL	6
1.4 PUNTO DE QUIEBRE DEL CLORO	8
1.5 DISTRIBUCION DE HOCl y OCl ⁻ EN AGUAS SEGUN pH	11
1.6 EFECTO DEL pH EN RESIDUALES LIBRES Y COMBINADOS	12
1.7 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CORROSION DEL ACERO POR ACCION DEL CLORO	16
1.8 EFECTO DE LA HUMEDAD ASOCIADA AL CLORO	17
1.9 ESTUCHES DE PRUEBA DPD	22
1.10 PROCEDIMIENTO DE DETERMINACION DE CLORO	26
1.11 RESIDUAL POR COMPARADOR COLORIMETRICO	26
1.12 " " "	26
1.13 " " "	26
1.14 CURVA DE DEMANDA DE CLORO, METODO DPD	30
1.15 CURVA DE DEMANDA DE CLORO, METODO ORTOTOLIDINA	31
1.16 ESQUEMA DE UN CLORADOR DE GAS	34
1.17 INSTALACION DE UN CLORADOR DE GAS EN UNA ESTACION DE BOMBEO	35

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
1.18 CLORADOR DE GAS MONTADO SOBRE CILINDRO DE 150 Lb.	36
1.19 DIFUSOR INSTALADO EN TUBERIA	37
1.20 DIFUSOR INSTALADO EN TUBERIA, VISTA FRONTAL	37
1.21 DIFUSOR INSTALADO EN CANAL ABIERTO	37
1.22 HIPOCLORADOR	39
3.1 CLORACION CON GAS DE AGUA DE POZO	61
3.2 HIPOCLORACION DE AGUA DE POZO	63
3.3 CLORACION DE AGUA POR GRAVEDAD	65
3.4 SISTEMA MULTIPLE CON UN SOLO EYECTOR	68
3.5 SISTEMA MULTIPLE CON VARIOS EYECTORES	69
3.6 PUNTOS DE CLORACION EN UNA PLANTA DE AGUAS NEGRAS	71
3.7 CLORACION PRE ALCANTARILLA EN UN PUNTO DE CONVERGENCIA	72
3.8 CLORACION PRE ALCANTARILLA EN VARIOS PUNTOS	72
3.9 SISTEMA DE DE-CLORACION DE AGUAS NEGRAS	75
3.10 CONTROL AUTOMATICO DE CLORO RESIDUAL CON TANQUE DE MEZCLA	77

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
3.11 CONTROL AUTOMATICO DE CLORO RESIDUAL EN TUBERIAS	80
3.12 CLORACION CON GAS EN TANQUE	82
3.12 HIPOCLORACION EN TANQUES	83
4.1 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO SIN RECIRCULACION	87
4.2 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO CON RECIRCULACION	89
4.3 CLORACION EN PROCESOS DE BEBIDAS	91
4.4 CLORACION EN PROCESOS DE ALIMENTOS	93
4.5 CLORACION EN SISTEMAS DE RIEGO	95
4.6 LAVADO A PRESION CON MANGUERAS	97
4.7 LAVADO EN PILAS	98
4.8 DIAGRAMA DEL PROCESO DE CARNES	101
4.9 SISTEMA DE ELIMINACION DE CIANUROS	103
4.10 SISTEMA DE ELIMINACION DE HIERRO Y MANGANESO	106
4.11 CLORACION CON GAS EN PISCINAS	107
4.12 HIPOCLORACION EN PISCINAS	108
5.1 CILINDRO DE GAS PARA 150 Lb.	109
5.2 ARREGLO DE VARIOS CILINDROS	110
5.3 CONTENEDOR DE TONELADA	111
5.4 BASCULA PARA CONTENEDOR DE CLORO DE 150 Lb.	113

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
5.5 BASCULA PARA CONTENEDOR DE CLORO DE 2000 Lb.	113
5.6 DIAGRAMA HIDRAULICO DE UN SISTEMA DE CLORACION DE GAS	115
5.7 SISTEMA DE CONTRA PRESION NEGATIVA	117
5.8 SISTEMA DE CONTRA PRESION BAJA	118
5.9 MONTAJE DIRECTO, CILINDRO 150 Lb.	121
5.10 MONTAJE DIRECTO, CILINDRO 2000	121
5.11 MONTAJE CON MULTIPLE	122
5.12 MONTAJE EN PARED	123
5.13 MONTAJE EN GABINETE	123
5.14 PARTES DEL EYECTOR	126
5.15 EYECTOR CONVENCIONAL	127
5.16 EYECTOR BRIDADO	128
5.17 APLICACION DE EYECTOR ANTI SIFON	128
5.18 EYECTOR SIN DIAFRAGMA	130
5.19 EYECTOR DE ORIFICIO VARIABLE EN TUBERIA	131
5.20 EYECTOR DE ORIFICIO VARIABLE EN CANAL	131
5.21 INSTALACION EN PUNTO DE APLICACION	133
5.22 INSTALACION LEJOS DEL PUNTO DE APLICACION	133
5.23 LINEAS DE PRESION DE GAS EN CILINDROS DE 150 lb.	135
5.24 LINEAS DE PRESION DE GAS EN CILINDROS DE 2000 Lb.	135

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
5.25 LINEA DE SOLUCION DE CLORO	136
5.26 DIFUSOR INCORPORADO AL EYECTOR	137
5.27 DIFUSOR CON GRIFO TIPO MUELLER	137
5.28 DIFUSOR DE PVC PARA CANAL	138
5.29 OPERADOR CON MASCARILLA ANTI CLORO GAS	149
5.30 ESTUCHE DE REPARACIONES DE EMERGENCIA PARA CILINDROS DE 150 lb.	150
5.31 ESTUCHE DE REPARACIONES DE EMERGENCIA PARA CILINDROS DE 2000 lb.	151
5.32 CASETA CON VENTILACION	152
5.33 PARTES DEL CLORADOR DE GAS	159
5.34 PARTES DEL EYECTOR	160
5.35 BOMBA DE DIAFRAGMA	161
5.36 BOMBA DE PISTON-DIAFRAGMA	162
5.37 BOMBA ELECTRONICA DE PULSOS	163
6.1 COSTO DE CLORADORES DE GAS	165
6.2 COSTOS DE HIPOCLORADORES	166

INDICE DE FIGURAS EN ANEXOS

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
B1 PRESION DE VAPOR DEL CLORO	187
B2 DENSIDAD DEL CLORO LIQUIDO, Lb/pie cúbico	189
B2a. DENSIDAD DE CLORO, Lb/Galón	189
B3 SOLUBILIDAD DEL CLORO EN AGUA	191
B4 VISCOSIDAD DEL CLORO	192
D1 BOQUILLA PARA EYECTOR, 10 LIBRAS POR DIA	196
D2 BOQUILLA PAR EYECTOR, 25 LIBRAS POR DIA	196
D3 BOQUILLA PARA EYECTOR, 50 LIBRAS POR DIA	197
D4 BOQUILLA PARA EYECTOR, 100 LIBRAS POR DIA	197
D5 BOQUILLA PARA EYECTOR, 200 LIBRAS POR DIA	198
D6 BOQUILLA PARA EYECTOR, 500 LIBRAS POR DIA	198
D7 BOQUILLA PARA EYECTOR, 1000 LIBRAS POR DIA	199
D8 BOQUILLA PARA EYECTOR, 4000 LIBRAS POR DIA	199
D9 BOQUILLA PARA EYECTOR, 6000 LIBRAS POR DIA	200
D10 BOQUILLA PARA EYECTOR, 6000 LIBRAS POR DIA	200
D11 BOQUILLA PARA EYECTOR DE ORIFICIO VARIABLE	201

INTRODUCCION

Cloración es la acción de agregar cloro al agua con el objetivo de desinfectarla. El cloro tiene varias presentaciones:

- Cloro gaseoso, envasado en cilindros de acero y con contenido de cloro 100%.
- Hipoclorito de calcio, forma granular, contenido de cloro 65%.
- Hipoclorito de sodio, forma líquida, contenido de cloro 10-15%.

Para agregar cloro al agua se necesita usar dosificador. Los dosificadores de cloro dependen del tipo de cloro que se utiliza:

Para cloro gas se usan dosificadores o cloradores de gas.

Para hipocloritos se usan las bombas dosificadoras o hipocloradores.

Las cantidades de cloro que deben ser dosificadas dependen de la calidad del agua que se quiere desinfectar, para lo cual es necesario la prueba de "Demanda de cloro" realizada en laboratorio.

De acuerdo a las cantidades de agua a tratar y las dosificaciones establecidas por el laboratorio, se puede determinar cual es el tamaño y el tipo de dosificador que se puede -

emplear. Una vez determinado ésto deben ser tomados en cuenta ciertos factores hidráulicos para que funcione perfectamente el sistema. Uno de los factores hidráulicos más importantes es la presión en el punto de inyección de la solución lo cual incide, en algunos casos, en la utilización de bombas reforzadoras.

A nivel municipal se puede decir que una de las aplicaciones más importantes es la aplicación de cloro al agua en estaciones de bombeo que extraen agua de pozo para distribuirla en comunidades.

Otro factor importante en la cloración es el conocimiento de las técnicas de operación, instalación y mantenimiento de los dichos sistemas, los cuales tienen relación directa con la seguridad de los operadores. Una mala operación en la instalación puede producir fallas en el sistema de las cuales las más peligrosas son las fugas de cloro gas.

Una mala operación puede ocurrir también en una mala dosificación del cloro. El mantenimiento de los equipos podría ser más frecuente debido a desperfectos provocados por la operación incorrecta.

Finalmente, la selección de los equipos depende también de la evaluación económica que se realice en base a inversiones y costos de operación.

CAPITULO I

METODOS PARA LA DESINFECCION DEL AGUA

1.1 DESCRIPCION DE LA CLORACION

1.1.1 REACCIONES DEL CLORO CON EL AGUA

La cloración, que es la adición de cloro al agua, es la forma más común de desinfección de agua que se práctica actualmente en todo el mundo.

Cunado la cloración se entiende y se opera correctamente, ésta se vuelve segura, práctica y efectiva en lo que a la destrucción de microorganismos causantes de enfermedad se refiere.

Además de la desinfección de agua con fines potables, la cloración tiene otras aplicaciones en diferentes procesos de tratamiento como lo son la desinfección de tanques y tuberías, la oxidación del hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno presente en el agua, así como también para el control de sabor, olor, algas y limo.

En el apéndice A encontramos un glosario para familiarizarnos con la terminología especial utilizada en los procesos de cloración.

Para entender más a fondo la cloración y para saber como se determina la demanda del cloro debemos analizar la química de ésta, sus reacciones con el agua y demás sustancias

presentes en el agua, puesto que el agua que se potabiliza -
arrastra microorganismos y materia orgánica e inorgánica que
proviene de la misma fuente o del trayecto del agua hasta el
punto de consumo.

Para analizar las reacciones del cloro con el agua se -
ha de considerar inicialmente que el agua está libre de impu
rezas, razón por la cual las siguientes reacciones están ba
sadas en la adición de cloro al agua destilada como patrón -
de referencia.

En la figura 1.1 se muestra la relación entre cloro do
sificado y cloro residual libre en el agua destilada.

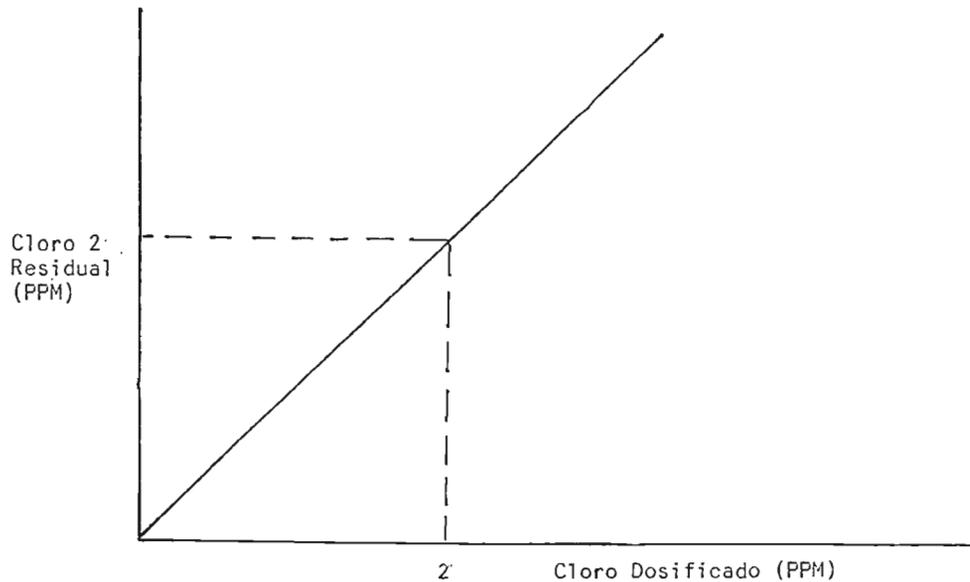
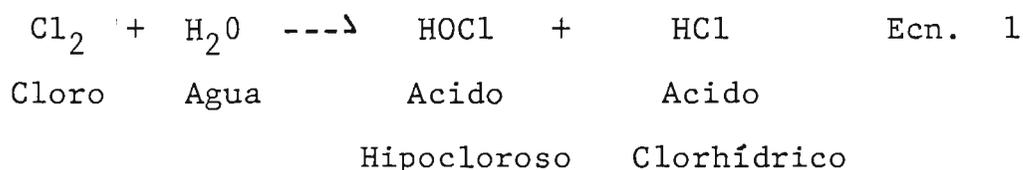


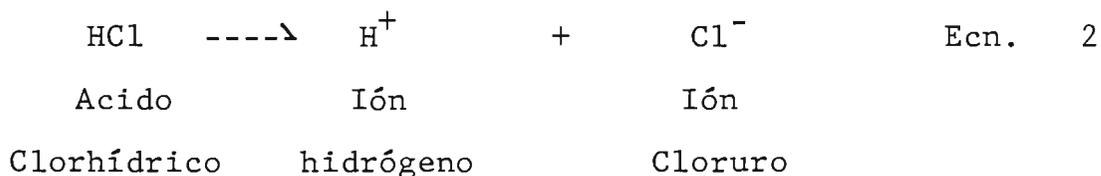
Fig. 1.1 "Reacción del cloro en agua destilada" (1)

Esto significa que todo el cloro que se agregó al agua está disponible y que no actuó sobre ningún elemento reactivo y extraño en el agua.

La reacción del cloro con el agua es de la siguiente forma (1):



En los productos de esta reacción, el ácido clorhídrico es un ácido fuerte y se ioniza. Por otro lado, el ácido hipocloroso es un ácido débil y se disocia. Las reacciones son (1)



el ácido hipocloroso (HOCl) es la primera forma de cloro residual libre y es el desinfectante más efectivo disponible.

cuando éste se disocia (Ecn. 3) se produce el ión hipoclorito el cual es la segunda forma de cloro residual libre.

El ión hipoclorito tiene una capacidad desinfectante de 1/100 comparado con la efectividad del ácido hipocloroso.

En la tabla 1 se muestra la efectividad desinfectante de diversos compuestos clorados en comparación al ácido hipocloroso (1)

Compuesto	Formula	Fuerza
Acido Hipocloroso	HOCl	1
Ión hipoclorito	OCl ⁻	1/100
Dicloramina	NHCl ₂	1/80
Monocloramina	NH ₂ Cl	1/150

Tabla 1 "Poder desinfectante de compuestos clorados" (1)

El agua natural no está pura y la reacción del cloro con las impurezas contenidas en el agua interfiere con la formación de cloro residual libre. Por ejemplo si el agua contiene materia orgánica, nitritos, hierro, manganeso, amoníaco, etc., entonces el cloro agregado reaccionará con éstas y la formación del cloro residual libre variará tal como se muestra la figura 1.2.

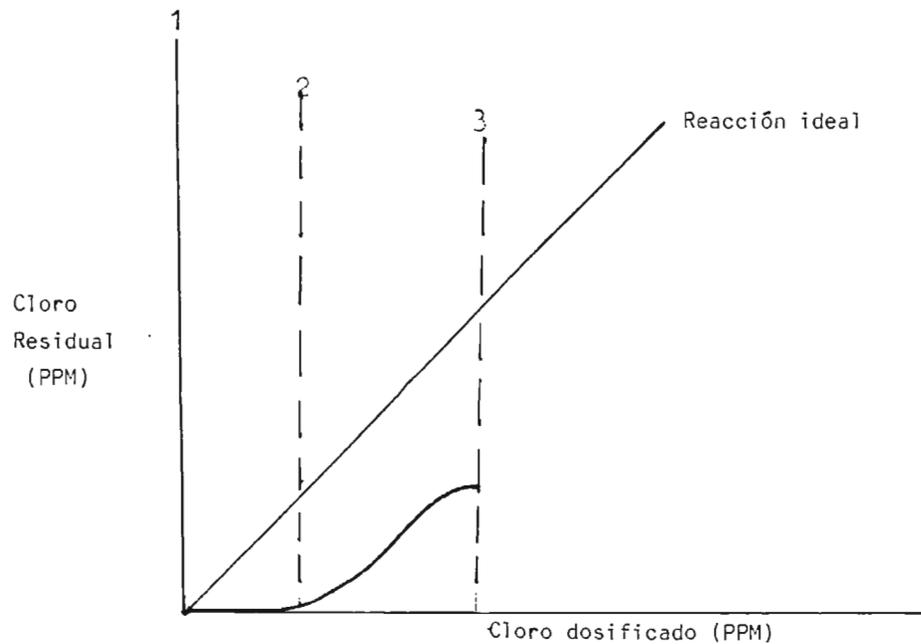
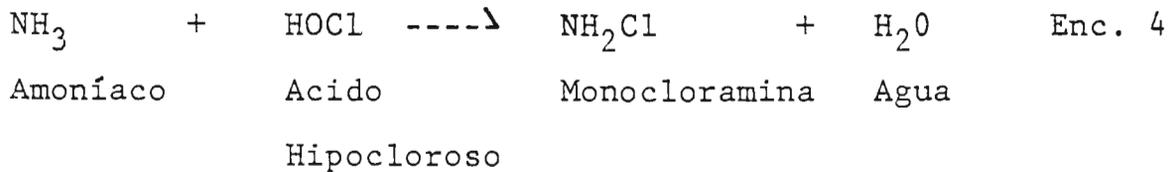


Fig. 1.2 "Reacción del cloro en agua natural con impurezas. (1)

La figura 1.2 indica que entre el punto 1 y 2 el cloro agregado reacciona inmediatamente con las impurezas. En este caso las impurezas son denominadas agentes reductores y no se puede formar un residual de cloro hasta que todos los agentes reductores hayan sido completamente eliminados por el cloro.

A medida que se agrega más cloro, entre los puntos 2 y 3, éste comienza a reaccionar con el amoníaco (Si existiera) y la materia orgánica para formar cloraminas y compuestos cloro-orgánicos. A estos últimos se les denomina residuales combinados de cloro o cloro residual combinado. Puesto que el cloro está combinado con otros compuestos, estos residuales no son tan efectivos como el cloro residual libre. (Ver Tabla 1).

Entre los puntos 2 y 3 el residual combinado se compone mayormente por monocloramina. Esta se forma por la siguiente reacción (1):



Si no hay amoníaco presente, el cloro resultante será libre. Agregando más cloro al agua se disminuye el residual. El comportamiento se ejemplifica en la figura 1.3

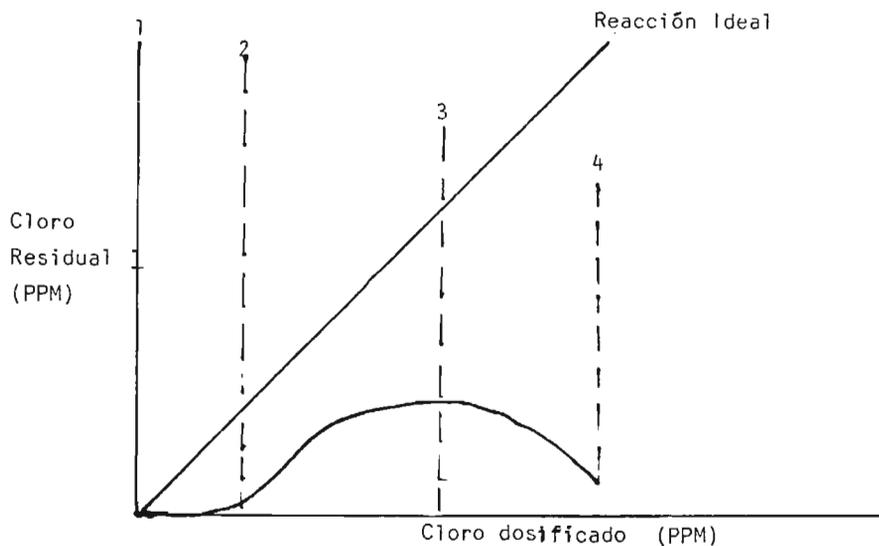
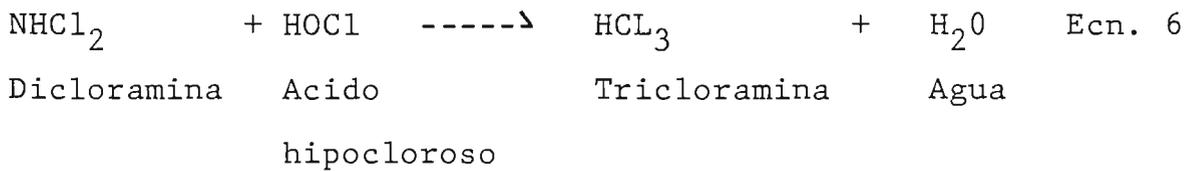
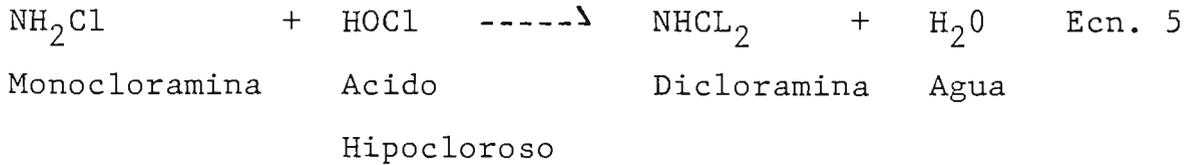


Fig. 1.3 "Disminución del cloro residual" (1)

La disminución del residual que se verifica entre los puntos 3 y 4 se debe a que el cloro adicional oxida algunos de los compuestos cloro-orgánicos y al amoníaco. El cloro -

adicional también cambia las monocloraminas a dicloraminas y tricloraminas de acuerdo a las siguientes reacciones (1):



A medida que se agrega más cloro, la cantidad de cloraminas alcanza un valor mínimo. Más allá de este punto alcanzamos una condición en la cual la mayor adición de cloro producirá cloro residual libre. El punto en el cual esto ocurre es conocido como punto de quiebre o "Brake point". A la derecha del punto de quiebre, un incremento en la dosificación de cloro producirá un aumento proporcional de cloro residual libre. Después del punto de quiebre el cloro residual libre alcanzará un 85%-90% del cloro residual total. (1)

El 10%-15% restante consistirá en dicloraminas, tricloraminas y compuestos cloro-orgánicos. La figura 1.4 muestra el punto de quiebre y la formación de cloro residual libre en la zona sombreada.

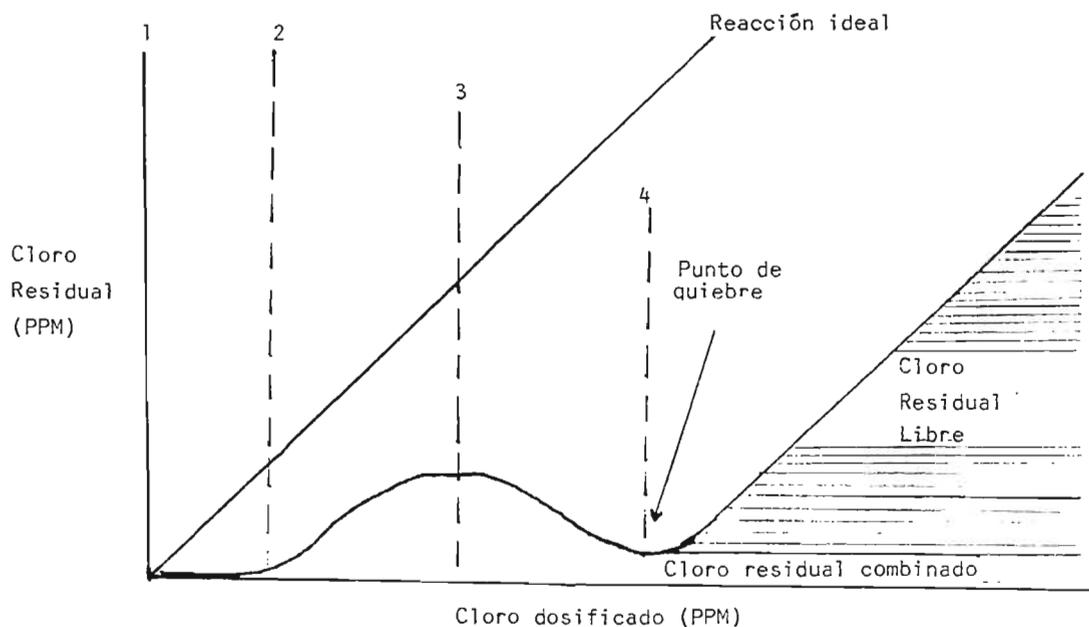


Fig. 1.4 "Punto de quiebre del cloro" (1)

1.1.2 PRINCIPIO DE LA DESINFECCION POR MEDIO DE LA CLORACION.FACTORES QUE AFECTAN LA CLORACION

Los 5 factores importantes para clorar eficazmente son: Concentración, tiempo de contacto, temperatura, pH y sustancias en el agua.

1.1.2.1 CONCENTRACION Y TIEMPO DE CONTACTO

La destrucción de organismos se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Destrucción de Organismos} = C \times t$$

donde "C" es la concentración de cloro y "t" es el tiempo de

contacto.

Esto significa que si la concentración de cloro se reduce, entonces el tiempo de contacto (tiempo en el cual el cloro y los microorganismos están en contacto físico) debe ser incrementado para asegurar que la destrucción de microorganismos sea igual. (1)

De igual forma si la concentración de cloro aumenta el tiempo de contacto necesario, para determinado caso disminuye.

El cloro residual combinado, el cual es un desinfectante muy débil, requiere mayores concentraciones trabajando en un período más largo de tiempo que el requerido para el cloro residual libre. Por lo tanto cuando el tiempo de contacto entre el punto de aplicación del cloro y el punto de consumo es corto, sólo el cloro residual libre producirá una desinfección efectiva. Es importante conocer el tiempo de contacto y el tipo de cloro residual disponible de manera que se provea una concentración apropiada.

La tabla 2 ilustra este punto (2).

pH	Temperatura (5°C) Tiempo (Minutos)			Temperatura (25°C) Tiempo (Minutos)		
	10	20	60	10	20	60
7.0	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
8.5	0.14	0.07	0.05	0.07	0.07	0.05
9.8	0.72	0.40	0.40	0.30	0.06	0.06
10.7	1	1	0.30	0.40	0.30	0.30

Tabla 2 "Residuales mínimos de cloro libre que aniquilan 100% la Escherichia coli a diferentes temperaturas, tiempos y pH.(2)

1.1.2.2 TEMPERATURA

La eficiencia de la cloración también se relaciona con la temperatura del agua. A bajas temperaturas la destrucción de las bacterias tiende a ser más lenta; sin embargo el cloro es más estable en agua fría y el residual permanecerá por un período de tiempo más largo, lo cual compensa la baja tasa de desinfección. (1)

Por otra lado, la cloración es más efectiva a bajas temperaturas. Es importante mantener un registro de la temperatura del agua. De acuerdo a como cambia la temperatura del agua con las estaciones del año es necesario cambiar también las dosis. La efectividad del cloro residual combinado es más afectada en baja temperatura comparado con el cloro residual libre. Ver tabla 2.

1.1.2.3 pH

el pH del agua afecta la acción desinfectante del cloro puesto que esto determina la relación de ácido hipocloroso (HOCl) y ión hipoclorito (OCl^-), es decir, dependiendo del pH habrá mayor o menor concentración de los compuestos antes mencionados. De acuerdo a la figura 1.5 la disociación puede ir en cualquier dirección y las relaciones de iones cambiarán a medida que el pH varía. (1)

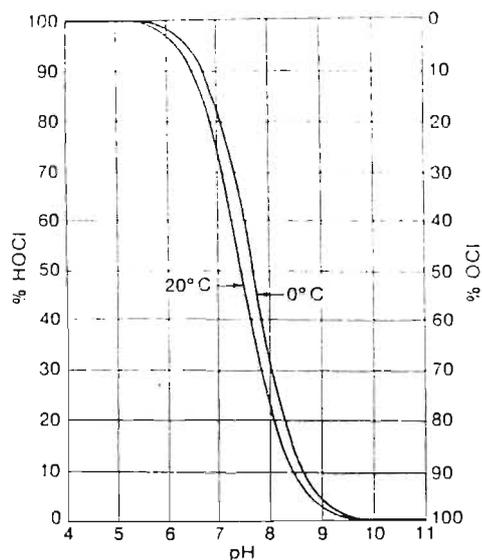


Fig. 1.5 "Distribución de HOCl y OCl⁻ en agua según pH"(1)

El ácido hipocloroso se disocia pobremente en pH bajos (menos de 6) y el residual dominante es el ácido hipocloroso. Por otro lado, el ácido hipocloroso (HOCl) se disocia casi completamente en pH altos (más de 8.5) dejando ión hipoclorito (OCl⁻) como residual dominante. La disociación más dramática ocurre entre los pH 6 y 8.5 según la figura 1.5.

Hay que observar la suave variación de la disociación con la temperatura.

La figura 1.6 resume el efecto del pH en los residuales libres y combinados.

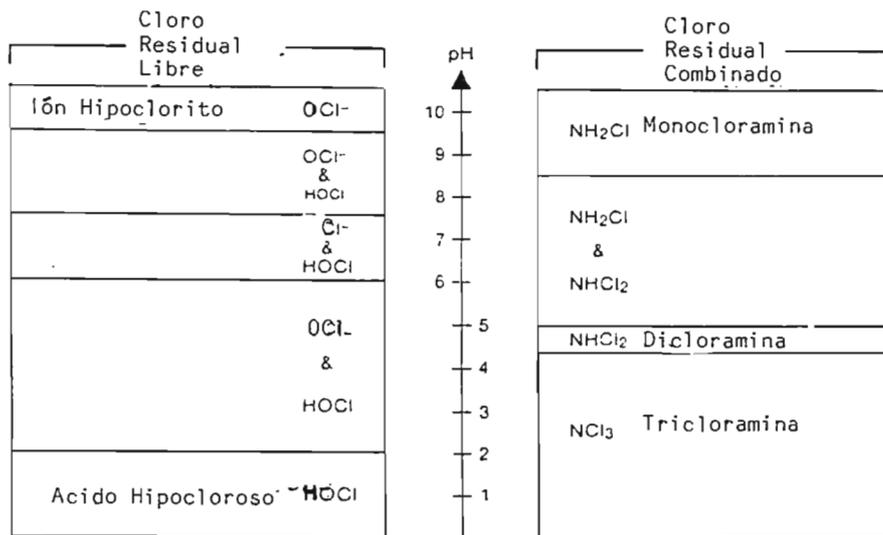
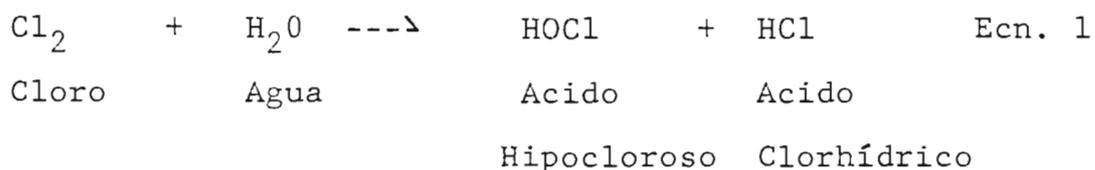


Fig. 1.6 "Efecto del pH en residuales libres y combinados" (1)

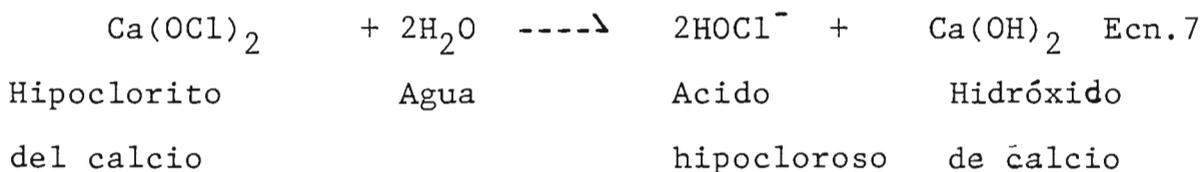
Es esencial que se entiendan y usen estas relaciones para obtener la desinfección más efectiva. Debe revisarse rutinariamente el pH.

En algunos casos se emplea la variación del pH para controlar efectos corrosivos del agua. Una elevación intencional del pH para prevenir corrosión en casos específicos afectaría la acción del cloro disociando éste hacia iones hipoclorito cuya efectividad es menor.

Cuando el agua y el cloro gaseoso reaccionan se obtienen como productos un ácido fuerte (HCl) y un ácido débil (HOCl). El ácido fuerte produce un descenso del pH.



Cuando el hipoclorito de calcio reacciona con el agua se forma como producto un ácido débil (HOCl-) y una base fuerte (CaOH)₂. La base fuerte produce un aumento en el pH.



1.1.2.4 SUSTANCIAS EN EL AGUA

El cloro actúa como desinfectante efectivo si éste entra en contacto con los microorganismos a ser destruidos. La turbidez causada por pequeñas partículas de suciedad y otras impurezas suspendidas en el agua pueden impedir un buen contacto y proteger a los patógenos. Por lo tanto, para que la cloración sea efectiva, la turbidez debe ser removida al máximo por métodos de tratamiento como coagulación, floculación y filtración. (1)

Como se dijo anteriormente el cloro reacciona con otras sustancias en el agua tales como la materia orgánica y el amoníaco. Dado que estos compuestos contribuyen a la formación de residuales combinados (menos efectivos) sus concentraciones son un factor importante en la determinación de la demanda de cloro.

El punto de quiebre de la cloración debe ser establecido prácticamente en el laboratorio para cada agua, con el

fin de asegurar la formación de cloro residual libre puesto que de otra forma no se garantiza la desinfección total y además se pueden ocasionar problemas de sabor y olor. (1)

Las pruebas para la determinación del cloro residual se encuentran en la sección 1.4.

1.2 EL CLORO Y SUS PROPIEDADES

El proyectista debe conocer ciertas propiedades del cloro para efectos de diseño de los sistemas de cloración. El cloro es un gas cuyo símbolo químico se representa por Cl; posee un peso atómico igual a 35.457 y como gas se encuentra en forma molecular, es decir 2 átomos de cloro Cl₂. El cloro gas en sí es tóxico, altamente irritante. En su estado líquido puede causar quemaduras en los ojos y en la piel por medio de un simple contacto.

Debido a sus extremas propiedades de reacción nunca se le encuentra libre en la naturaleza sino que combinado con otras sustancias. La forma más común en la que se encuentra el cloro es la popular sal de mesa o cloruro de sodio, a partir de la cual se fabrica el gas cloro actualmente por electrólisis de soluciones acuosas. (6).

El cloro (líquido) grado comercial es un fluido claro color ambar el cual es 1.5 veces más pesado que el agua. Es envasado como líquido sometiendo el gas bajo presión en contenedores de acero. La presión varía con la temperatura y -

por lo tanto un manómetro de presión no servirá para indicar la cantidad existente de cloro en un contenedor. La forma más conveniente para determinar la cantidad de cloro es un cilindro es pesándolo. (1)

El cloro (líquido) se evapora muy rápido cuando se derrama. Un volumen de líquido forma 460 volúmenes de gas. Por consiguiente una fuga de cloro líquido puede ser muy peligrosa puesto que la cantidad de cloro que se fuga es mucho mayor que si gas a presión estuviera en el contenedor.

El cloro como gas en alta concentración tiene un color amarillo verdoso. Es 2.5 veces más pesado que el aire y por lo tanto tiende a irse al suelo o a los lugares más bajos de la instalación. (6)

A temperaturas ordinarias el cloro seco, líquido o gaseoso, no corroe apreciablemente al acero. Ni el gas ni el líquido son inflamables ni explosivos en sí mismos, pero al igual que el oxígeno apoya la combustión. Esto significa que el cloro toma el lugar del oxígeno cuando un material combustible se quema. La reacción de explosión puede darse con hidrocarburos, grasas, amoníaco y demás materiales inflamables. Para remover grasas y aceites de las tuberías o cilindros de cloro debe emplearse un paño mojado con TRICLORO ETILENO. El cloro no conduce la corriente eléctrica. Por otra parte a elevadas temperaturas el cloro puede atacar rápidamente el equipo metálico como es el caso de Acero. (6). Ver figura 1.7.

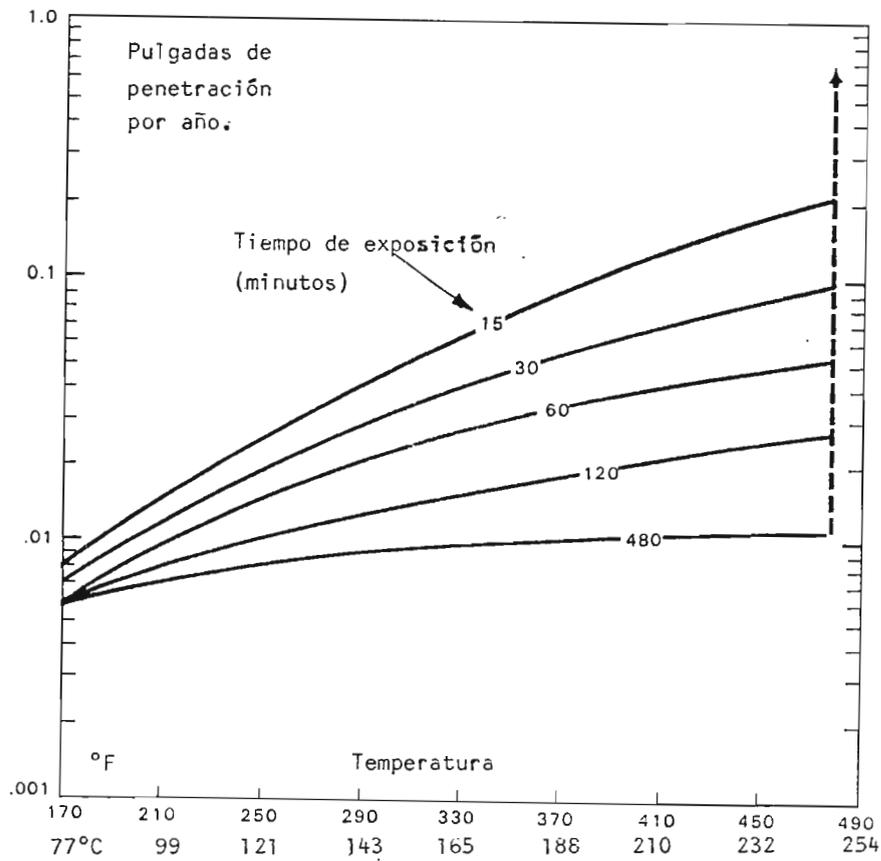


Fig. 1.7 Efecto de la temperatura en la corrosión del acero por acción del cloro. (6)

La humedad asociada al cloro (150 PPM) tiene también un efecto importante en la corrosión (6). La figura 1.8 muestra este fenómeno.

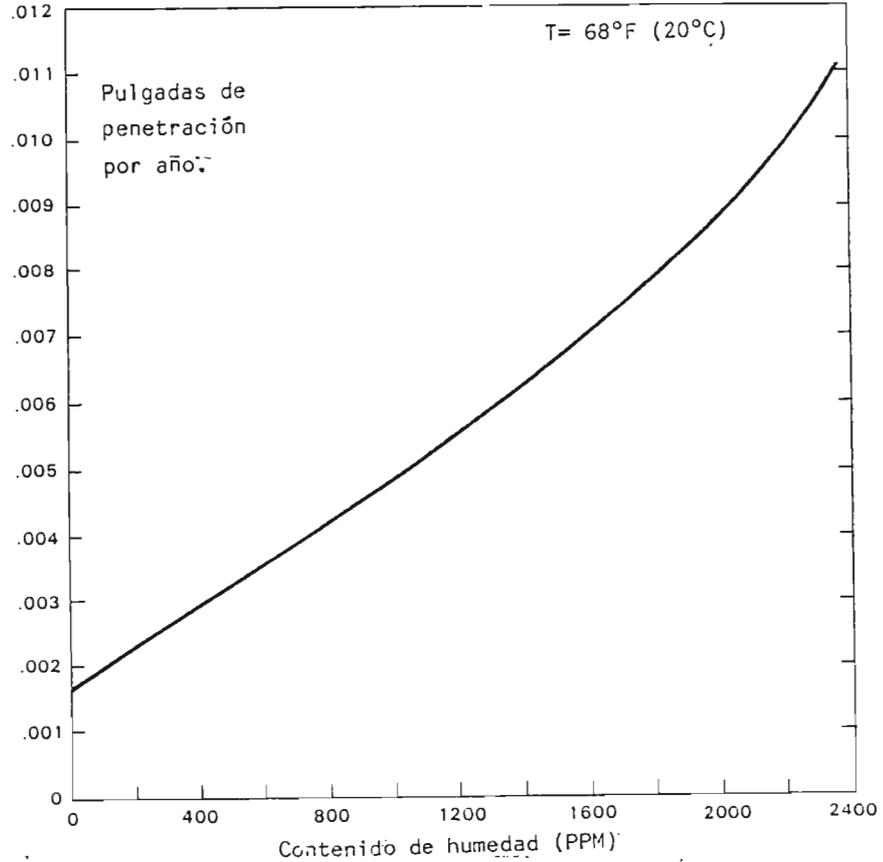


Fig. 1.8 Efecto de la humedad asociada al cloro (6)

Se observa que pequeños incrementos del contenido de humedad en el cloro pueden causar aumentos en la tasa de corrosión. Para esta prueba unas piezas de acero 16 Gage fueron expuestas a cloro conteniendo diferentes cantidades de humedad, a temperatura constante 68° F. durante 7 días. (6)

Los valores de humedad graficados están en exceso de la humedad que usualmente se halla en el cloro distribuido comercialmente (150 PPM).

Si hay humedad presente el cloro se vuelve muy corrosivo para la mayoría de metales y por lo tanto las tuberías, válvulas y contenedores cuando están vacíos se deben mantener cerrados siempre que no se usen. Debido a la acción corrosiva del cloro y la humedad en el aire una pequeña fuga de cloro puede aumentar progresivamente. (6)

1.3 FACILIDADES DE LA CLORACION

Para comprender las ventajas de la cloración es necesario mencionar otros tratamientos de desinfección con el objeto de comparar entre ellos.

De todos debe ser conocido que la cloración es el método de desinfección de agua más común que se emplea en todo el mundo. En algunas situaciones pueden ser útiles otros métodos de desinfección. Los tipos generales de desinfección son:

- Desinfección por calor (1)
- Desinfección por radiación (1)
- Desinfección por tratamiento químico (1)

1.3.1 DESINFECCION POR TRATAMIENTO QUIMICO

Los productos químicos usados como desinfectantes son:

- Bromo (1)
- Yodo (1)
- Ozono (1)

- Cloro y sus compuestos

1.3.1.1 CLORO Y SUS COMPUESTOS

El cloro (gas) y sus compuestos (Hipoclorito de calcio e Hipoclorito de sodio) son los desinfectantes más comunmente usados para la desinfección de aguas en casi todo el mundo.

La cloración con su bajo costo, gran flexibilidad y mayor familiaridad mantiene preferencia en la mayoría de em - presas dedicadas a la distribución del agua.

A diferencia de los otros métodos la cloración requiere bajos costos de energía eléctrica y bajos costos de inver - sión. (1)

La cloración es un método certero de desinfección de - agua y a pesar de los riesgos en su manejo es más seguro que los otros métodos químicos. A medida que se avance en este - tema se irá conociendo las ventajas y facilidades de la clo - ración como método de desinfección de aguas.

Hipoclorito de Calcio:

Este es un compuesto seco, granular, color blanco o amarillento. También se fabrica en tabletas.

Esta compuesto por 65% en peso de cloro disponible, es decir que de 1 libra de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ se tiene 0.65 libras de - cloro disponible. En la tabla 3 se muestran las cantidades

y porcentajes de cloro disponible.

Componente	Pureza
Cloro gas	100%
Hipoclorito Na	15%, 10%, 5%, 1%
Hipoclorito Ca	65%

Tabla 3. Contenido de cloro en los diferentes compuestos. (1)

Es necesario tener cuidado con el almacenaje de hipoclorito de calcio para evitar contacto de dicho reactivo con materia orgánica.

Las posibles reacciones entre el hipoclorito de calcio y los compuestos orgánicos pueden producir suficiente calor y oxígeno para generar y apoyar un incendio. (1)

Cuando el hipoclorito de calcio se mezcla con el agua se desprende calor. Para evitar un desprendimiento brusco de calor debe de agregarse el producto químico seco al agua y no agua al producto químico.

Hipoclorito de sodio:

El hipoclorito de sodio NaOCl es una solución clara amarillenta comunmente usada para planchar en los Estados Unidos. Este contiene 5% de cloro disponible. Los líquidos -

industriales contienen un 10%-15% de cloro disponible.

La solución de hipoclorito de sodio es alcalina, con un pH de 9-11 dependiendo del contenido de cloro disponible. En la tabla 3 se puede apreciar las diferentes concentraciones de cloro en el NaOCl.

No hay riesgos de fuego al almacenar NaOCl. Aunque esta solución es menos corrosiva que los demás compuestos de cloro, debe ser mantenida lejos de aquellos equipos susceptibles a la corrosión.

La solución de hipoclorito de sodio puede perder del 2% al 4% de su contenido disponible de cloro por cada mes a temperatura ambiente, razón por la cual los fabricantes de este producto ofrecen una vida activa de 60 a 90 días.

1.4 PRUEBAS DE CONTROL DE LA CLORACION

Para monitorear y controlar un proceso de desinfección existen dos tipos de control operacional. Primero, el nivel de cloro residual, el cual se chequea en varios puntos a través de la red de distribución o en la planta de tratamiento. Segundo, las pruebas bacteriológicas en diferentes puntos del sistema de distribución.

1.4.1 PRUEBA DEL CLORO RESIDUAL

La existencia del cloro residual en una muestra de agua es un parámetro indicador de la eficiencia del proceso

de cloración. algunos de los más importantes datos que podemos obtener de ésta prueba son:

- Si existe o no un residual
- El tipo de residual (libre o combinado)
- La cantidad de residual (Concentración)

La prueba debe llevarse a cabo (Idealmente) tomando en cuenta la temperatura y el pH de la muestra dado que estos factores afectan a los residuales. (1)

La prueba de control residual es una de las más rápidas de ejecutar en toda tarea de una planta de tratamiento de aguas. Las pruebas recomendadas son los métodos DPD (n-n DiEtil-Para-Fenileno-diamina), o la Orto- tolidina (OTA), las cuales se llévan a cabo usando un estuche de prueba de campo tal como los mostrados en la figura 1.9.

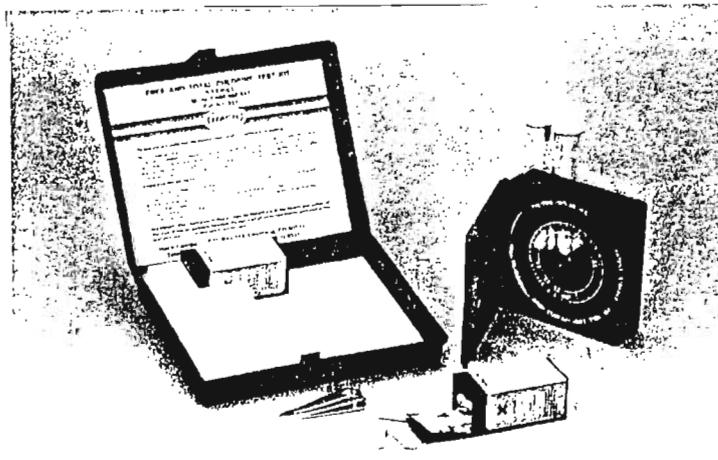


Fig. 1.9 Estuches de prueba DPD (1)

En el laboratorio un titulador amperométrico es el método más preciso para la determinación de todas las formas de residual, pero este método no es usado en el país.

Como regla general es mejor mantener un cloro residual libre disponible puesto que éste es el desinfectante más efectivo.

Generalmente un residual de 0.3 PPM es el nivel mínimo que debe mantenerse en los extremos de un sistema de distribución(1). La dosificación debe ser ajustada a manera de mantener y asegurar un nivel óptimo de cloro residual libre en todo tiempo y en todas partes del sistema.

De acuerdo a lo explicado en el numeral 1.1 el cloro libre residual es el que actuará en caso de que nuevas contaminaciones se den en la línea de distribución de agua.

Solamente un cloro residual libre puede asegurar la ausencia de bacterias dañinas a la salud.

Los resultados de una prueba de cloro residual libre pueden ser combinados con los datos de operación respecto a la cantidad de cloro agregada en la planta y obtener así datos de la demanda de cloro.

La demanda de cloro es la medida de cuanto cloro necesita ser agregado al agua para que la cloración alcance el punto de quiebre o la concentración de residual libre deseada.

(1)

Muestreo:

El muestreo de cloro residual libre se hace en los chorros del consumidor y en la planta. El muestreo en los domicilios de los usuarios se hace con el objeto de garantizar - que el agua recibida sea segura.

Una muestra de 100 ml es suficiente para la prueba, ya sea por el método DPD, OTA o por la titulación amperométrica.
(1)

Se puede usar un frasco de prueba de campo el cual requiere unos 10 ml de muestra. El análisis debe hacerse inmediatamente después de tomada la muestra. No es recomendable preservarla puesto que el cloro es inestable en el agua y - además el cloro residual disminuye con el tiempo.

Debe evitarse la agitación y la aireación de la muestra porque esto causa reducción en la concentración de cloro.

Las muestras expuestas a la luz del sol son afectadas - dando resultados erróneos de la concentración de cloro residual libre.

A menudo, las muestras que se toman cerca del punto de alimentación de cloro proporcionan datos irreales de altas concentraciones de cloro residual porque el tiempo de contacto ha sido insuficiente para que se dé la reacción. Para

obtener datos más confiables la muestra deberá ser analizada después de un tiempo de contacto del cloro con el agua aproximado de 10 minutos. (1)

Los análisis de estuche tardan aproximadamente 5 minutos en completarse (tiempo de análisis). En determinados casos el cloro residual combinado puede interferir o cambiar el color en la reacción del estuche de prueba, Por lo que para prevenir esta situación debe tomarse la lectura del cloro residual libre a los 60 segundos después de agregado el reactivo químico. Debe tenerse conocimiento de qué tipo de estuche de análisis se está empleando, si para cloro libre o para cloro total.

Una marcha para realizar la prueba DPD u OTA es como sigue:

1. Llene un tubo de muestra con agua y colóquelo en el espacio al lado del comparador de color. Ver Fig. 1.10.
2. Llene el segundo tubo hasta la marca de 5 ml. con agua a ser analizada.
3. Agregue el reactivo químico (DPD u OTA) al segundo tubo y agite suavemente o invierta el tubo completamente. - Ver Fig. 1.11.
4. Inserte el segundo tubo en el comparador. Ver Fig. 1.12.
5. Sostenga el comparador hacia la luz natural rotando el disco de comparación de colores hasta que el color del disco iguale el color de la muestra analizada. Ver Fig. 1.13.
6. Leer el residual en la escala mostrada



Fig.1.10 Paso 1 y 2 (1)

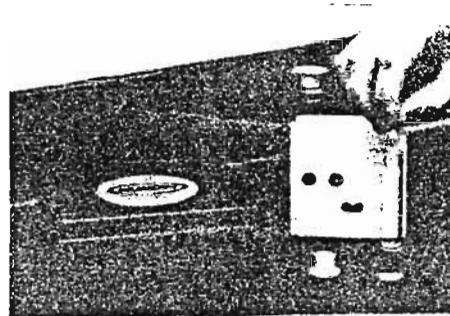


Fig.1.11 Paso 3(1)

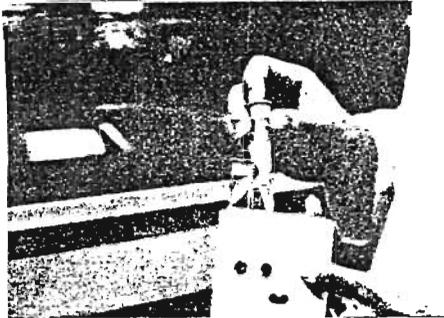


Fig. 1.12 Paso 4(1)



Fig. 1.13 Paso 5 y 6 (1)

NOTA: Existen varios tipos de estuches. Estuches para determinación de cloro residual libre (Ej: HACH CN-66F) y estuches para la determinación de cloro total, es decir libre + cloro combinado (Ej: HACH CN-66T). También hay estuches para la determinación de ambos tipos de cloro (Ej: HACH CN-66)

1.4.2 PRUEBA BACTERIOLOGICA

El objetivo de la prueba bacteriológica es medir la efectividad de la cloración. Pruebas bacteriológicas periódicas son recomendables para controlar la eficiencia de cloración. Todos los organismos patógenos tienen una fuente común: las heces de humanos y animales. Un método obvio de determinar el éxito de la desinfección sería analizar la pre-

sencia de patógenos en el agua tratada. (1)

Algún problema se podría presentar cuando los patógenos en el agua son pocos en número y por consiguiente difíciles de cuantificar aún con equipo sofisticado de laboratorio.

Existe un grupo de bacterias conocidas como coliformes, las cuales son relativamente fáciles de cuantificar y cuya presencia indica que los patógenos pueden también estar presentes. El coliforme característico para las pruebas microbiológicas es la *Escherichia coli*.

Debido a que los patógenos son menos resistentes al cloro que las bacterias coliformes se asume que si no se encuentran bacterias coliformes en el agua tratada tampoco existe presencia de patógenos. Por lo tanto se toman muestras rutinarias del agua cruda y del agua tratada, incluyendo la red de distribución, y se someten a la prueba de coliformes totales. (1)

Una explicación más detallada de este método puede ser estudiada en cualquier texto de microbiología.

1.4.3 CALCULOS DE CLORO RESIDUAL

Actualmente se están usando dos métodos para la determinación del cloro residual en forma rápida: La Ortotolidina y el DPD. El método más empleado es la Ortotolidina pero éste está siendo substituido en gran manera por el DPD dado que el primero presenta riesgos cancerígenos durante su fabrica -

cación.

Ambos métodos emplean la coloración como medio para la determinación de los residuales de cloro. La Ortotolidina reacciona dando coloraciones amarillas y la DPD reacciona dando coloraciones rosadas. (1)

Para ambos métodos se encuentran disponibles los comparadores colorimétricos en forma de estuche, el cual contiene 2 tubos de ensayo, uno para la muestra de referencia y otro para la muestra de prueba, reactivos, ya sea Ortotolidina o DPD y ciertos accesorios. Sin embargo se encuentran a veces valores no comparables con los dos métodos.

1.4.3.1 EXPERIENCIA REALIZADA EN EL LABORATORIO

Se procedió como una investigación adicional al cálculo de la demanda de cloro para un agua de pozo. La prueba se realizó en los Laboratorios de la Administración nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) de El Salvador.

Se emplearon ambos métodos colorimétricos para ver el comportamiento de las curvas de demanda de cloro. Los resultados que se obtuvieron fueron:

# Muestra	Concentración de cloro (PPM) PATRON	Concentración de Cloro residual (PPM)		% de Diferencia	
		DPD	Orto Tolidina		
1	0.2	0.15	0.10	33.33%	
2	0.4	0.30	0.30	0.00%	
3	0.6	0.35	0.50	30.00%	
4	0.8	0.60	0.70	14.29%	
5	1	0.65	0.82	20.73%	
6	1.2	0.85	0.90	5.56%	
7	1.4	1.00	1.00	0.00%	
8	1.6	1.30	1.50	13.33%	
9	1.8	1.40	1.60	12.50%	
10	2	1.60	1.70	5.88%	
11	2.2	1.80	1.80	0.00%	
12	2.4	2.10	1.90	9.52%	
13	2.6	2.20	2.30	4.35%	
14	2.8	2.70	1.80	33.33%	
15	3	2.50	2.20	12.00%	
Procentaje promedio de diferencia				=	12.99%

Tabla 4. Resultados de cloro residual en prueba de demanda de cloro.

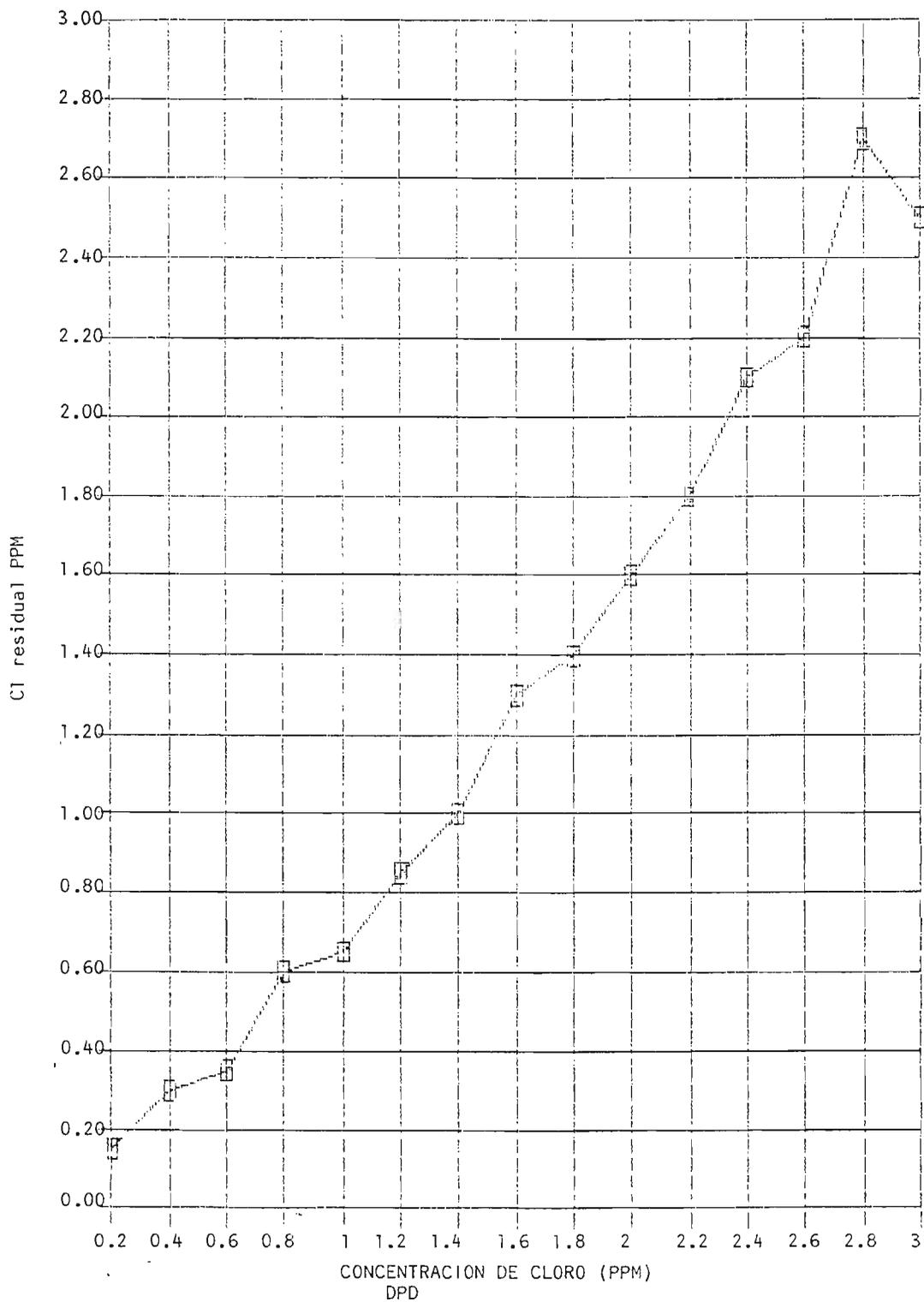
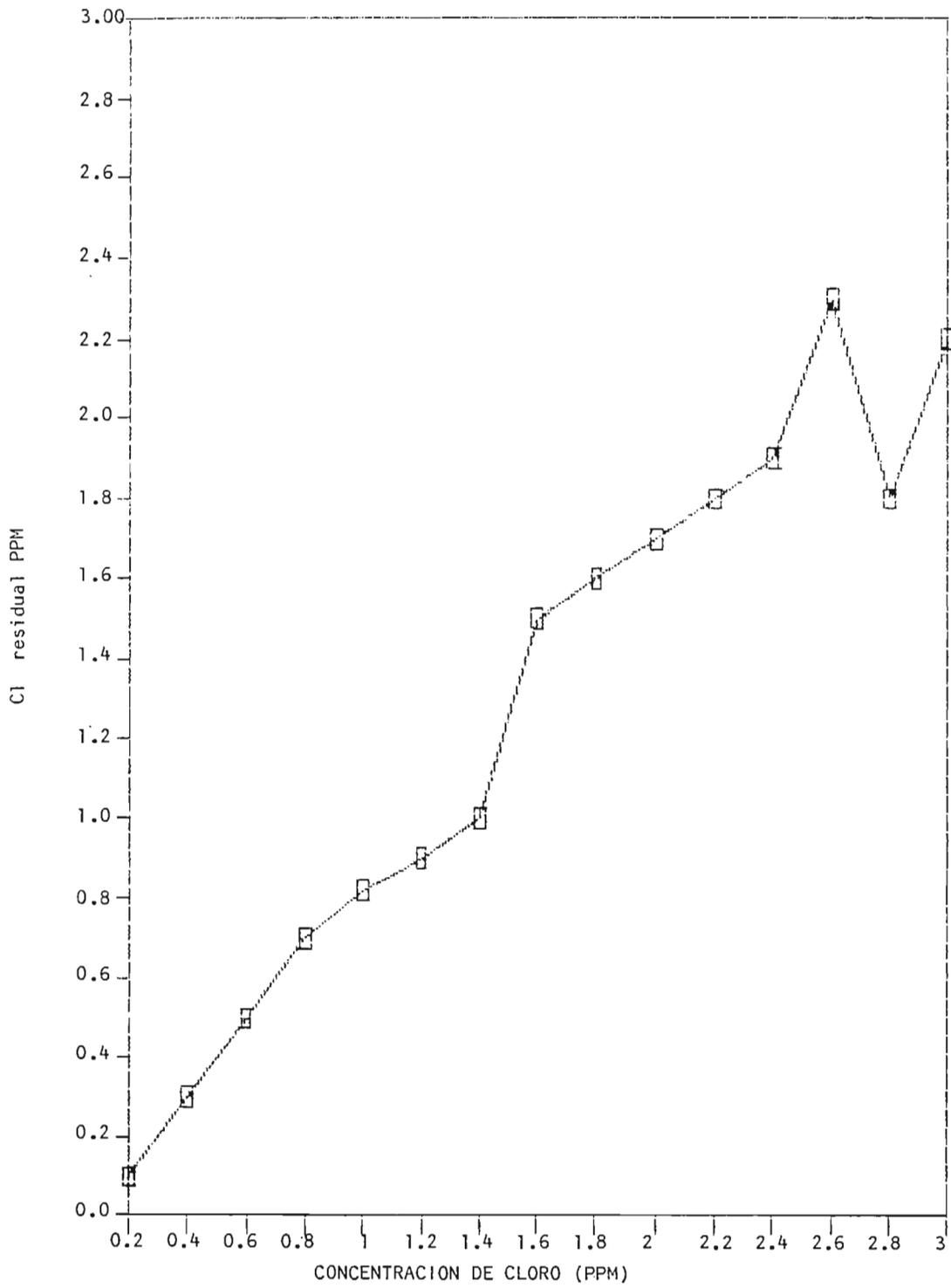


fig. 1.14 "curva de demanda de cloro, método DPD"



ORTO -TOLIDINA

Fig. 1.15 "Curva de demanda de cloro, método OTA"

OBSERVACIONES DE LA PRACTICA

1. En el procedimiento de cálculo de demanda de cloro se analizó una muestra de agua de pozo. El tipo de cloración fue por medio de hipoclorito de calcio 70%.
2. El tiempo de contacto practicado se pretendía establecer de tres (3) minutos, pero debido a que el cloro fue agregado a todas las muestras casi simultaneamente, después de que transcurrieron los tres minutos se inició la lectura de residual en los colorímetros para ambos métodos (DPD Y OTA) y se produjo un desfase de tiempos de contacto para las muestras que no alcanzaron a ser analizadas en los tres minutos estipulados. Por ejemplo cuando se midió el residual a la muestra # 10 habían transcurrido 20 minutos más, sin incluir los primeros tres minutos de tiempo de contacto. Por consiguiente el tiempo de contacto para cada muestra variaba conforme se iban analizando éstas. Sin duda alguna esto tiene incidencia en el comportamiento de la gráfica de demanda de cloro.
3. En la gráfica de demanda de cloro construida no se observa punto de quiebre debido talvez a que no hay materia orgánica presente que pudiera ser oxidada. También podría tener mucho que ver en este comportamiento de la gráfica de demanda de cloro la observación anterior # 2.
4. Ambos métodos DPD y Ortolidina presentan datos similares debido a que en ambos se empleó reactivo para determinación de cloro libre.
5. El promedio de porcentajes de diferencia entre ambos métodos no es lo suficientemente pequeño para poder decir que los valores son comparables. Los resultados son similares pero no puede decirse que los métodos arrojan valores comparables. Sería interesante poder establecer una correlación entre ambos métodos de forma que estableciendo lecturas por medio de un método se pueda predecir que resultados se tendrían por el otro método.

1.5 TECNICAS DE CLORACION

El cloro se encuentra disponible en forma gaseosa, líquida y sólida. Su forma de empleo y el equipo dependen básicamente de la aplicación y del estado.

como hemos mencionado antes, el ácido hipocloroso y el ión hipoclorito son los residuales más efectivos. Estos residuales pueden provenir de tres productos químicos:

- cloro gas (Cl_2)
- Hipoclorito de calcio $Ca(OCl)_2$
- Hipoclorito de sodio $NaOCl$

Para saber cuando se debe usar cada uno de estos compuestos se debe tomar en cuenta la cantidad de agua que se va a tratar. Ver tabla 5.

CAUDAL DE AGUA	TIPO DE CLORACION A USAR
Menos de 300 GPM	Hipocloritos, cloro gas
300 GPM o mas	Unicamente cloro gas

Tabla 5. Tipo de cloro a usar en base al caudal de agua a tratar. (1)

1.5.1 CLORO GAS

La técnica de empleo del cloro gas incluye el conocimiento de equipos especiales para este fin.

CLORADOR DE GAS

Para una breve descripción de éstos equipos se puede ver la figura 1.16.

Básicamente este equipo se compone de:

- Dosificador
- Inyector o eyector
- Difusores
- Equipos auxiliares

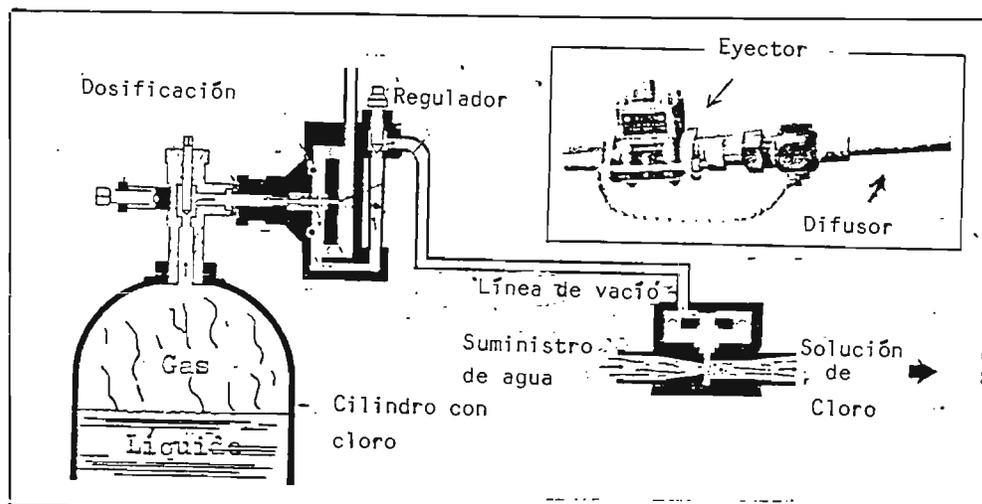


Fig. 1.16 Esquema de un clorador de gas (1)

El cloro gas es suministrado en cilindros de 150 libras o en cilindros de 2000 libras (1 tonelada). Estos pesos son de contenido de gas.

La forma de operación de este sistema se da por la creación de un vacío en el eyector cuando se hace pasar una corriente de agua a través de éste.

El eyector es como un dispositivo Venturi el cual suciona el cloro gas y lo mezcla con el agua que pasa a través de éste formando una solución concentrada de cloro.

El vacío es conducido por una manguera flexible hasta el clorador el cual dosifica de acuerdo a las necesidades del sistema. (1)

El agua que pasa a través del eyector es una corriente "By-Pass" o derivación de la línea principal diluyendo el cloro en ésta. Ver figura 1.17

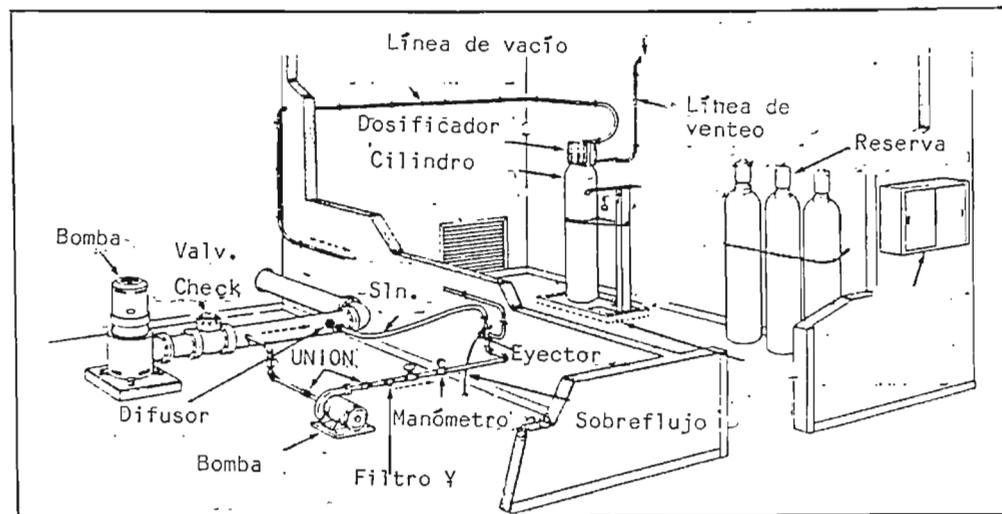


Fig. 1.17 Instalación de un clorador de gas en una estación de bombeo. (1)

En la mayoría de casos es necesario ocupar una bomba pequeña para activar el By-Pass dado que la presión de entrada en la derivación no es suficiente para accionar el eyector y crear así el vacío necesario. (1)

Esta bomba se conoce como bomba BOOSTER. Se recomienda

también instalar un filtro "Y" antes del eyector para evitar el taponamiento por causa de alguna partícula.

El clorador es un dosificador que puede ser montado directamente sobre el contenedor, puede ser montado en la pared o puede ser un gabinete de operación. Estos tipos se muestran en la figura 1.18.

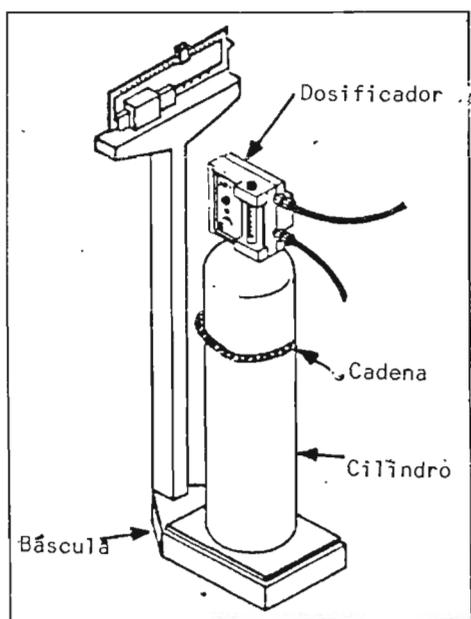


Fig. 1.18 Clorador de gas montado sobre cilindro de 150 Lbs. (1)

El objetivo del clorador es dosificar con seguridad y certeza la cantidad del cloro gas.

Para hacer esto el clorador está equipado con reguladores de presión y vacío actuados por diafragmas y orificios que reducen la presión del cloro gas. La cantidad de cloro gas que pasa es medida por un rotámetro. (1)

Los difusores son sencillamente tubos con orificios que dispersan la solución de cloro en el flujo de agua a tratar.

Hay 2 tipos de difusores: Los instalados en tuberías y los instalados en canales abiertos. Ver Figuras 1.19, 1.20 y 1.21.

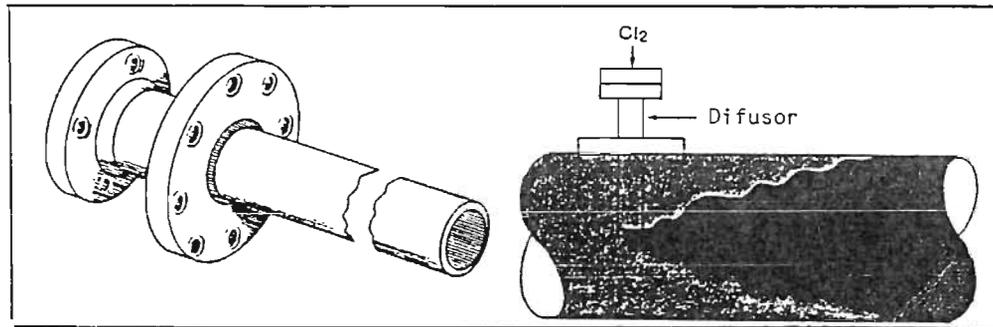


Fig. 1.19 difusor Instalado en tubería (1)

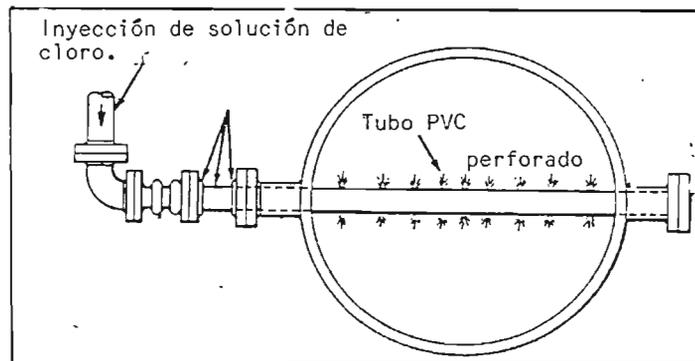


Fig. 1.20 Difusor Instalado en tubería vista frontal (1)

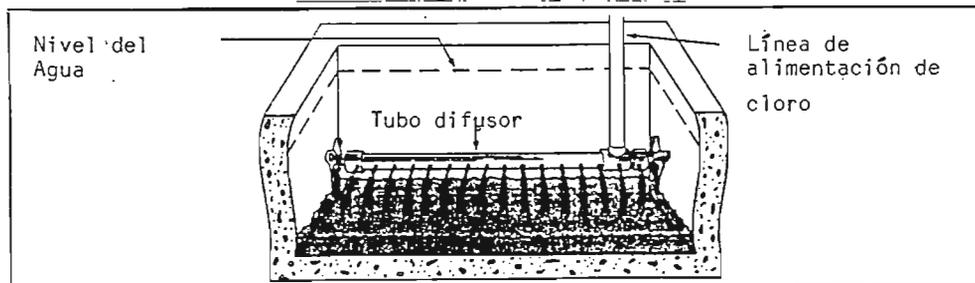


Fig. 1.21 Difusor instalado en Canal abierto (1)

1.5.2 HIPOCLORACION

Este es un método de cloración ampliamente usado en sistemas de desinfección de agua. como referencia (1) las plantas que usan menos de 3 libras por día de cloro disponible - deberán usar hipocloradores; sin embargo los hipocloradores pueden ser usados con sistemas que desinfecten no más de 300 galones por minuto a concentraciones de cloro no mayores que 0.83 PPM. (1)

El equipo usado en hipocloración generalmente consiste en:

- Bomba dosificadora
- Mezclador de Hélice
- Control de nivel
- Tanque de solución

La bomba dosificadora se encarga de extraer la solución de hipoclorito de calcio e inyectarla en la línea. Estas bombas son de velocidad variable y tiene un rango de operación.

En la figura 1.22 se muestra este dispositivo.

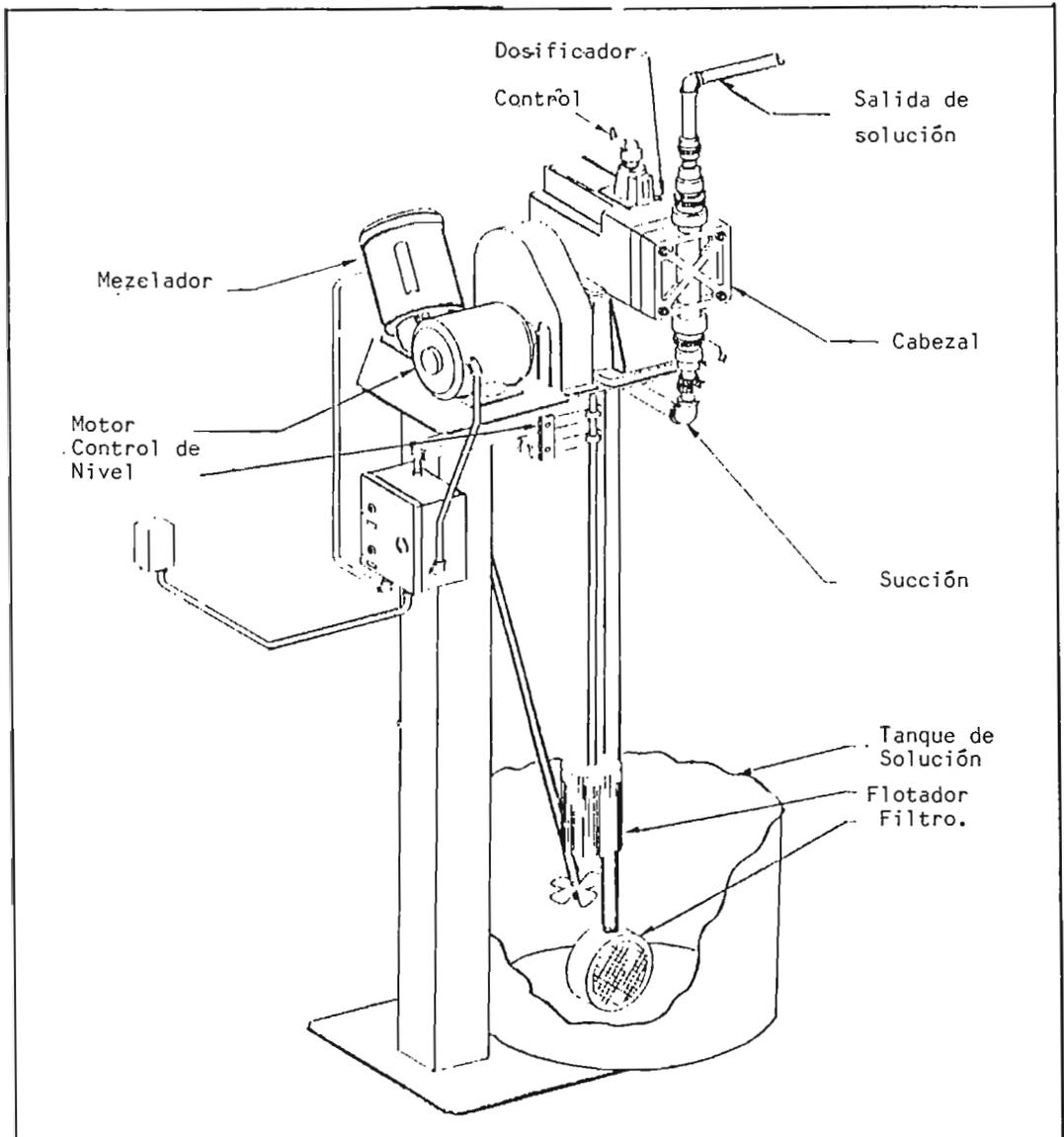


Fig. 1.22 Hipoclorador (9)

CAPITULO II
MEDICION DEL FLUJO DE AGUA

2.1 MEDICIONES DE FLUJO

La medición de flujo o cantidad de agua que se va a tratar es indispensable porque es en base a ésto que se hacen - los cálculos de dosificación de cloro para el tratamiento, - los costos de mantenimiento, la evaluación de la eficiencia de la planta, etc.

Se puede mencionar 2 tipos de flujos, que son los más importantes en las operaciones de tratamiento de agua:

- a) Flujo instantáneo
- b) Flujo promedio

El flujo instantáneo es aquel flujo en un momento particular y el flujo promedio es el promedio de flujos instantáneos medidos en un período de tiempo definido, por ejemplo, un día. (1)

Básicamente se puede calcular el flujo instantáneo en - un canal o en una tubería conociendo el área de sección - transversal y la velocidad del agua.

De la mecánica básica de fluidos se sabe que:

$$\text{CAUDA} = \text{AREA} \times \text{VELOCIDAD} \text{ o } Q = V \times A. \quad \text{Ecn. 8}$$

Sabiendo que se debe trabajar con unidades consistentes.

En caso de un canal abierto de forma rectangular el - área de sección transversal está dada por:

AREA = PROFUNDIDAD x ANCHO

En el caso de una tubería, el área de sección transversal se calcula en base al diámetro con la fórmula del área de un círculo. Así:

$$\text{Area del círculo: } \pi r^2$$

$$\text{Area del círculo: } \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde $\pi = 3.1416$

r = radio, D = diámetro

Puesto que π es una constante, se puede considerar como constante el término $\pi/4$.

$$\pi/4 = 0.785$$

Entonces

$$\text{Area} = 0.785 \times D^2$$

Por lo cual para calcular el caudal se tiene:

$$\text{Caudal} = \text{Area} \times \text{Velocidad}$$

$$\text{Caudal} = 0.785D^2 \times \text{velocidad}$$

$$\text{Caudal} = 0.785D^2 \times V$$

Para calcular el caudal debe ser conocida la velocidad la cual puede ser medida con dispositivos mecánicos o electrónicos. También se puede calcular con ecuaciones de mecánica de fluidos.

CAUDAL "Per Cápita"

La dotación mínima de agua que la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados de El Salvador (ANDA) proporciona a las comunidades es de 150 litros por persona por día. (14)

En base al número de viviendas y a un número estimado de habitantes por vivienda (6 personas) se puede calcular el caudal promedio de agua potable para la comunicación.

Con el caudal promedio se puede calcular el caudal pico de la siguiente forma. (14):

$$Q = \text{Caudal}$$

$$Q (\text{pico}) = Q (\text{promedio}) \times 2.4 \quad \text{Ecn. 9}$$

donde 2.4 es un factor empírico adoptado por ANDA.

METODO DE HAZEN-WILLIAMS

el caudal se calcula multiplicando la velocidad del agua por el área de sección transversal del tubo, según la ecuación 8:

$$Q = V \times A \quad \text{Ecn. 8}$$

donde A: área ($\pi \times r^2$)

r: radio de la tubería

π : 3.1416

V: Velocidad

La velocidad del agua se puede calcular por medio de la fórmula de Hazen-Williams (12):

$$V = 1.318C \times r^{0.63} \times S^{0.54} \quad \text{Ecn. 10}$$

donde

V: velocidad (pies/seg)

C: coeficiente de Hazen-Williams

r: Radio hidráulico (pies)

s: Gradiente hidráulico

COEFICIENTE "C"

el coeficiente C depende no sólo de la rugosidad de la superficie del tubo sino también del diámetro.

Una aproximación para la evaluación del coeficiente C en tubos nuevos es la siguiente (12);

$$C = 130 + 0.16d \quad \text{Ecn. 11}$$

donde:

d: Diámetro en pulgadas

RADIO HIDRAULICO (r)

Para tubo circular se puede asumir igual a la cuarta - parte del diámetro (11).

$$r = D/4 \quad \text{Ecn. 12}$$

donde:

D: diámetro del tubo

GRADIENTE HIDRAULICO (s)

Es la pendiente de la línea de cargas piezométricas.(11)

$$s = H/1000L \quad \text{Ecn. 13}$$

donde:

L: Longitud de la tubería
(pies)

H: Pérdida por fricción(pies)
por cada 1000 pies de tubería

Conociendo estos datos se evalúa la velocidad con la ecuación 10 y posteriormente el caudal con la ecuación 8.

METODO DEL GRAFICO DE MOODY (11)

para este método se asumen ciertos datos y se procede por prueba y error para la evaluación de la velocidad.

Las formulas necesarias para este método son:

PERDIDAS POR FRICCION

$$h_f = \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecn. 14}$$

donde:

hf: Pérdidas de fricción

f: Factor de fricción

L: Longitud de la tubería

D: Diámetro de la tubería

V: Velocidad del agua dentro del tubo

g: Aceleración 9.8 M/S²

NUMERO DE REYNOLDS

El número de Reynolds es un número adimensional que puede ser calculado de varias formas. Una de ellas es la siguiente (11):

$$NRe = \frac{V D}{\gamma} \quad \text{Enc. 15}$$

Donde:

V: Velocidad del agua

D: Diámetro del tubo

γ : viscosidad cinemática

PROCEDIMIENTOS DE CALCULO DEL CAUDAL, METODO MOODY (11)

1. Calcular el Q(pico) con la ecuación 9
2. conociendo el diámetro y longitud de la tubería y el Q(pico) calcular las pérdidas por fricción h_f en tablas (11).
3. En base al material del tubo determinar el coeficiente de rugosidad (e) (gráfica 5.32 de la referencia 11)
4. Determinar e/D dividiendo e(milímetros entre el diámetro del tubo (milímetros))
5. Asumir un valor tentativo para Darcy de $f = 0.04$ y sustituir valores en la ecuación 14 para despejar V, donde V será:

$$V = \sqrt{\frac{h_f D}{L} \frac{2g}{f}}$$

6. Con esta velocidad se evalúa el número de Reynolds con la ecuación 15. Para evaluar el número de Reynolds la viscosidad cinemática se encuentra en tablas con respecto a la temperatura (11).
7. Con éste número de Reynolds y el valor e/D se lee un Factor de fricción Darcy en la gráfica de Moody (11). Si el valor de f asumido es cercano en al menos 2 cifras significativas la velocidad evaluada es correcta y se procede al cálculo del caudal. Si no es así el f leído sustituyen al f asumido y se regresa al paso anterior número 5 haciendo una interacción para lograr la similaridad de los coeficientes de fricción (f).

OTROS CASOS

Para flujos pequeños el caudal puede ser medido por un simple aforo, el cual consiste en tomar una muestra de agua en un tiempo definido, medir el volumen y dividirlo entre el tiempo obteniendo volumen sobre tiempo. De forma inversa se puede medir el tiempo necesario para llenar un volumen conocido y proceder de igual forma para la obtención del caudal.

A nivel municipal e industrial se puede conocer el caudal por medio de la capacidad del equipo de bombeo utilizado dado que la selección de estos equipos de bombeo se basa en la demanda de agua.

Otra forma de medir el caudal es por medio de medidores de flujo o caudal, instalados en la descarga de los equipos de bombeo o en la toma de agua de la municipalidad o industria.

Estos medidores pueden ser de varios tipos (1):

- Medidores proporcionales
- Venturis
- Medidores de orificio
- Pitómetros
- Medidores magnéticos
- Medidores sónicos
- Medidores de velocidad
- Etc.

2.2 CALCULOS DE DOSIS DE CLORO (1)

Los requerimientos o la dosis de cloro es igual a - la suma de la demanda de cloro más el cloro residual que se desea mantener (1):

Dosis de cloro = demanda de cloro (PPM) + Cloro residual (PPM) libre.

Ejemplo 2.2.a

Una muestra de agua es analizada y se encuentra que su demanda de cloro es 6 PPM. Además se determina que es necesario mantener un residual de 0.2 PPM. Cual es la dosis de cloro necesaria?

Dosis de cloro = demanda de cloro (PPM) + cloro residual (PPM)

Dosis de cloro = 6 PPM + 0.2 PPM

Dosis de cloro = 6.2 PPM

2.3 CONVERSIONES PPM - lb/DIA (1)

Para dosificar cloro se usan comunmente las unidades de "Libras por día". Esto significa que la concentración de cloro está dada por el peso total dosificado en un período de - 24 horas. (1)

PPM significa "Partes por millón". PPM es una medida de concentración de una sustancia en otra.

PPM es matemáticamente igual a mg/lt. (miligramos por - litro) lo cual indica la cantidad de miligramos de una sustancia A presente en un litro de solución con sustancia B.

Para realizar la conversión PPM-Lb/Día es estrictamente necesario conocer un caudal diario de agua a tratar.

La deducción de la fórmula se presenta a continuación:

Se sabe que $PPM = mgr/Lt$, y si se considera $Q = Litros/día$
 $mgr/lt \times lts/día = mgr/Día$.

$1 mgr/Día \times Gr/1000 mgr \times 1 Lb/454 gr = 2.2026 E-6 lb/día$

Por lo tanto $1 PPM = 2.2026 E-6 Lb/Día$ cuando $Q = 1 lt/día$.

$1 mgr/Lt \times 3.785 Lt/Gal = 3.785 mgr/Gal$

Luego $3.785 mgr/gal \times Gal/día = 3.785 mgr/día$ para un caudal de $1 Gal/Día$.

Entonces

$1 mgr/Día \times 1 Gr/1000 mgr \times 1 lb/454 gr = 2.2026 E-6 Lb/Día$.

Considerando ahora una base de un millón de galones por día, $1,000,000 Gal/Día$ se hace la conversión:

$\text{mgr/Lt} \times 3.785 \text{ Lt/Gal} \times 1,000,000 \text{ Gal/Día} \times 1 \text{ gr}/1000 \text{ mgr} \times 1 \text{ Lb}/454 \text{ gr} = 8.34 \text{ lb/día}$

Es decir que 1 PPM es igual a 8.34 lb/día de cloro 100% cuando se tiene un caudal de 1 millón de galones por día, de lo que se deduce que:

$\text{Lb/día de cloro} = \text{mgr/Lt} \times 8.34 \times \text{MGD}$, donde MGD es millón de galones por día.

Ejemplo # 2.3.a

Un equipo de bombeo descarga 500 GPM (Galones por minuto). Si se requiere una dosificación de 3 mgr/lt o PPM, a cuántas Lb/día equivale esta concentración?

De acuerdo a la fórmula antes deducida, se necesita conocer el caudal en MGD, por lo cual se deberán transformar los 500 GPM en MGD:

$500 \text{ Gal/Min} \times 1440 \text{ Min/día} = 720,000 \text{ Gal/Día}$

$720,000 \text{ Gal/Día} \times 1 \text{ MG}/1,000,000 \text{ Gal} = 0.72 \text{ MGD}$

Entonces $\text{Lb/Día} = 3 \text{ PPM} \times 8.34 \times 0.72 \text{ MGD} = 18.01 \text{ Lb/día de cloro}$.

Ejemplo #2.3b.

La desinfección de agua en una planta de tratamiento requiere 300 Lb/Día de cloro. Si se utiliza hipoclorito de calcio, el cual contiene 65% de cloro disponible, cuántas Lb/Día deben ser usadas en el tratamiento?

las 300 lb/Día de cloro son al 100%, por lo tanto se necesitan más de 300 lb/día de hipoclorito de calcio el cual contiene menos del 100% de cloro disponible. Entonces: (Lb - Hipoclorito de calcio) x (0.65)=300 Lb de cloro 100%

$$(Lb \text{ Hipoclorito de calcio}) = (300 \text{ lb Cl } 100\%) / 0.65$$

$$(Lb \text{ Hipoclorito de calcio}) = 461.54 \text{ lb.}$$

Esto indica que para dosificar 300 lb/día de cloro 100% se debe suministrar 461.54 Lb/Día de Hipoclorito de Calcio 65%.

Ejemplo #2.3.c

Una fuente de agua requiere 30 Lb/Día de cloro 100% para desinfección. ¿Qué cantidad de Hipoclorito de sodio (10% de cloro disponible) debe ser dosificado?

$$(lb \text{ Hipoclorito de sodio}) \times (0.10) = lb \text{ de cloro } 100\%$$

$$(lb \text{ Hipoclorito de sodio}) = (Lb \text{ de cloro } 100\%) / (0.10)$$

$$(Lb \text{ Hipoclorito de sodio}) = (30 \text{ Lb}) / (0.10)$$

$$(Lb \text{ Hipoclorito de sodio}) = 300 \text{ lb/día de Hipoclorito de sodio } 10\%.$$

Por lo tanto 300 lb/día de hipoclorito de sodio 10% satisfacen la cantidad requerida de cloro 100%.

Ejemplo # 2.3.d

¿Cuántas Lb/día de hipoclorito de calcio (70% cloro disponible) se requieren para la desinfección en una planta donde el caudal es 2 MGD (Millones de Galones al día) y además se requiere una dosis de cloro de 2 PPM?

Primero se debe conocer la cantidad de cloro 100% requerida:

$\text{PPM} \times 8.34 \times \text{MGD} = \text{Lb/Día de cloro 100\%}$

$(2) \times 8.34 \times (2) = 33.36 \text{ lb/día cloro 100\%}$

Ahora partiendo del hipoclorito de calcio 70%

$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) \times (0.70) = 33.36 \text{ lb de cloro 100\%}$

$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) = (33.36 \text{ lb Cl 100\%}) / 0.70$

$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) = 47.66 \text{ lb.}$

Ejemplo #2,3.e

¿Cuántas Lb. de cloro 100% se requieren para desinfectar un tanque de 150,000 galones si éste ha de ser desinfectando - con una concentración de 50 PPM?

$\text{PPM} \times 8.34 \times \text{MG} = \text{Lb}$, La única diferencia es que no se trata un caudal sino un volumen estático de agua por lo cual las unidades de tiempo se descartan.

$(50 \text{ PPM}) \times (8.34) \times (150,000) / (1,000,000) \text{ mg} = 62.55 \text{ lb.}$
de cloro 100%.

2.4 CONVERSIONES PPM-PORCENTAJE (1)

Tal como se menciona en el numeral 2.3, las PPM son matemáticamente igual a mg/lt.

La conversión de partes por millón a porcentaje (%) P/V se - facilita si se recuerda que porcentaje es partes por cien.

Entonces:

% = Partes/100 y además se sabe que PPM=Partes / 1,000.000.

Por lo cual si dividimos PPM/10,000 se obtiene porcentaje; y de la otra forma si multiplicamos % por 10,000 se obtiene PPM.

Ejemplo 2.4.a

Se desea desinfectar agua con una dosis de 25 PPM. ¿Cómo se expresaría la dosis en porcentaje?

Se sabe que % = PPM/10,000, por lo tanto

$$\% = 25/10,000$$

$$\% = 0025 \text{ (P/V)}$$

Ejemplo 2.4.b

Se ha determinado que en una planta de bombeo la desinfección necesitará 3 PPM de cloro. Expresar la concentración en %.

$$\% = 3/10,000$$

$$\% = .0003$$

Ejemplo 2.4.c

Una planta recicladora de plásticos necesita desinfectar dicho material el cual proviene de depósitos de basura. El plástico ha de ser sumergido en una pila con agua clorada. Si la dosis recomendada para el agua de la pila fuese 1% P/V como se expresaría esta concentración en PPM?

PPM = % x 10,000

PPM = 1 x 10,000

PPM = 10,000 (mg de cloro por litro de agua)

Es decir que la desinfección requiere 10,000 PPM para lograr su objetivo.

2.5 CALCULOS DE DEMANDA DE CLORO (4)

FUNDAMENTO

La demanda de cloro de un agua determinada es la cantidad de cloro necesaria para reaccionar con la materia orgánica y las demás sustancias que contenga el agua, y equivale, por consiguiente, a la diferencia entre la cantidad de cloro que se haya añadido y la del cloro residual que esté presente después de cierto tiempo de contacto.

En cada agua la demanda varía según la cantidad de cloro que se añada, el tiempo de contacto y la temperatura del agua, porque a medida que se añade mayor cantidad de cloro, la demanda aumenta a causa de la actividad y de la intensidad cada vez mayores de las reacciones químicas que los consumen en proporción cada vez mayor.

REACTIVOS

- Cloro (NaOCl 15%, CaOCl₂ 65%)
- Agua destilada
- Yoduro potásico
- Acido acético puro
- Tiosulfato sódico 0.025N
- Solución de almidón como indicador.

MATERIALES

- 1 Estuche de prueba de cloro cloro residual (DPD, OTA)
- 1 Beaker
- 1 Espátula
- 1 pipeta 100 ml
- 1 pipeta 10 ml
- 1 pipeta 1 ml
- 1 bureta para titulación
- 1 soporte y abrazadera
- 6 Beaker 100 ml

A continuación se presenta un procedimiento para la determinación de la demanda de cloro (4):

Preparación de las soluciones de cloro.

Hay dos formas de preparar las soluciones de cloro:

1. Diluir 0.54 ml de Hipoclorito sódico (15%) en un lt. de agua destilada.

Esto se deduce de que la densidad aproximada del hipoclorito de sodio al 15% es igual a 1.22 Kg/Lt. de éste 1.22 kilogramos por litro el 15% P/V es de cloro disponible. Entonces se puede deducir que la concentración de cloro disponible en esta solución es:

$$1.22 * 0.15 = 0.183 \text{ Kg de cloro disponible/Lt de NaOCl } 15\%$$

Estos 0.183 kg/Lt equivalen a 183,000 PPM. entonces para preparar un litro de solución de cloro que contenga 100 PPM se procede de la siguiente forma:

$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$; donde V_1 es el volumen de solución 15%, C_1 es la concentración 183,000 PPM, V_2 es 1 litro

de solución requerida, C2 es la concentración requerida - (100 PPM).

Entonces, sustituyendo valores se puede encontrar cuantos mililitros de solución de hipoclorito de sodio al 15% se deben aforar hasta 1 litro para obtener 1 litro de solución de cloro 100 PPM.

$$V1 = (V2 * C2) / C1; V1 = 0.54 \text{ ml.}$$

2. Diluir 0.153 mgr. de hipoclorito cálcico 65% en 1 lt. de agua destilada.

Para preparar una solución de 100 PPM. con hipoclorito de calcio al 65% se consideran los siguientes cálculos: Se requieren 100 miligramos de cloro disponible por litro de agua. Estos 100 miligramos de cloro se dividen entre el porcentaje de contenido de cloro del hipoclorito de calcio al 65%

NORMALIZACION DE LAS SOLUCIONES DE CLORO.

Las soluciones deben normalizarse y, como pierden rápidamente cloro, es preciso valorarlas y renormalizarlas cada vez que van a ser empleadas.

PROCEDIMIENTO

Se disuelven 1 o 2 gr. de cristales de yoduro potásico en 150 ml de agua destilada; se añaden 50 ml de solución de cloro que se examina y 1 ml de ácido acético puro; se deja

que la mezcla repose durante 5 minutos para liberar el yodo, y se hace la valoración con tiosulfato sódico 0.025N, empleando como indicador una solución de almidón en la forma corriente hasta que desaparece el color azul.

Siendo 1 ml de tiosulfato sódico 0.025N equivalente a 0.8865 mg de cloro, podrá establecerse la ecuación siguiente:

$$\text{PPM. de solución} = (\text{ml. de tiosulfato} \times 0.886) / 50 * 1000$$

Si se ha titulado con 6 ml de solución de tiosulfato para reaccionar con el cloro contenido en 50 ml de solución, la concentración de cloro será de $(6 \times 0.9965) / 50 * 1000$, lo que equivale a 106 mg/lt ó 106 PPM.

Para ajustar una concentración de 106 PPM al valor deseado de 100 PPM bastará con añadir 6 ml de agua destilada por cada 100 ml de solución, de manera que 1 ml de la solución ajustada añadido a 100 ml de la muestra sea una dosis de 1 PPM.

Esto se deduce de $V1 * C1 = V2 * C2$, donde $V2$ estará dado por:

$$V2 = (V1 * C1) / C2,$$

$$\text{Donde } V1 = 100 \text{ ml}$$

$$C1 = 106 \text{ ppm}$$

$$C2 = 100 \text{ ppm}$$

obteniéndose como resultado $V2 = 106 \text{ ml}$.

PROCEDIMIENTO

Determinación de la demanda de cloro.

- Se vierten porciones de la muestra de agua a analizar - en Beakers de 100 ml según el número de pruebas.

Suponiendo 6 pruebas:

Beaker # 1	99.5 ml
Beaker # 2	99.0 ml
Beaker # 3	98.5 ml
Beaker # 4	98.0 ml
Beaker # 5	97.5 ml
Beaker # 6	97.0 ml

- se añade solución de cloro (100 ppm) a los frascos, según detalle:

Beaker # 1	0.5 ml
Beaker # 2	1.0 ml
Beaker # 3	1.5 ml
Beaker # 4	2.0 ml
Beaker # 5	2.5 ml
Beaker # 6	3.0 ml

De esta forma se obtienen soluciones de las siguientes - concentraciones:

Beaker # 1	0.5 ppm
Beaker # 2	1.0 ppm
Beaker # 3	1.5 ppm
Beaker # 4	2.0 ppm
Beaker # 5	2.5 ppm
Beaker # 6	3.0 ppm

- Se dejan los frascos en reposo durante 10 minutos o durante un tiempo igual al del contacto en el punto en que se haga la comprobación.

- Se determina luego en cada porción la cantidad y la naturaleza del cloro residual mediante la prueba de la Ortotolidina o del DPD. Con la dosis menor no deberá quedar cloro residual y la dosis mayor deberá ser muy superior a la dosis aplicada en la instalación.

- si las cantidades de solución de cloro que se han añadido no dan ese resultado se escogerá otra u otras progresiones ascendentes de las dosis que se añadieron a porciones nuevas de la muestra hasta obtenerlo.

Una vez obtenidos estos resultados se construye la gráfica cloro vrs. cloro residual (Ver pags.30 y 31) y se podrá observar el punto de quiebre el cual representa la demanda de cloro.

CAPITULO III

APLICACIONES MUNICIPALES DE CLORACION

3.1 CLORACION DE AGUA DE POZO (5)

Existen varias formas de clorar el agua de pozo:

- Cloración con gas utilizando bomba reforzadora
- Hipocloración

Para estos casos se considerará que ya existe funcionando un equipo de bombeo para extraer el agua de pozo.

3.1.1 CLORACION CON GAS (UTILIZANDO BOMBA REFORZADORA)

Este sistema utiliza una bomba reforzadora, tipo centrífuga, la cual se emplea para hacer pasar suficiente agua por el eyector a fin de crear el vacío necesario para succionar el cloro, además la bomba reforzadora sirve para inyectar la solución de cloro en la línea principal, tal como se muestra en la figura 3.1.

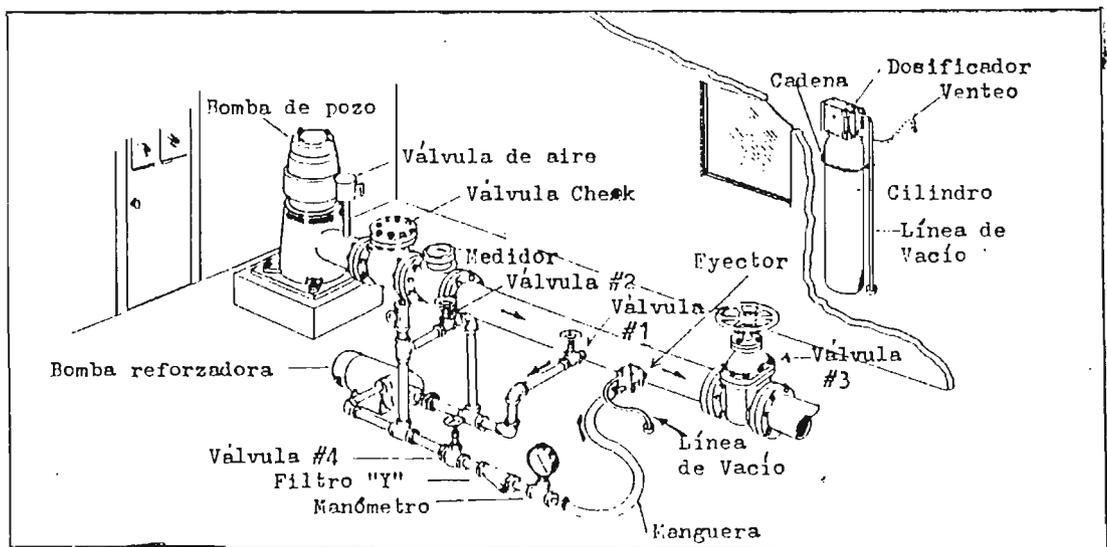


Fig. 3.1 "Cloración de agua de pozo con gas" (5)

Ya que en el By-Pass o derivación, y en el eyector hay pérdidas por fricción, la presión a la salida del eyector es menor que la presión en la línea principal, esto repercute en que la solución de cloro no puede ser inyectada. La bomba reforzadora aumenta esta presión de manera que la solución si puede ser inyectada.

La selección de la bomba reforzadora y del eyector dependerán de varios factores que serán discutidos en la sección 5.2 "Consideración Hidráulicas" de este manual.

Diseño del By-Pass:

En la figura 3.1 puede verse el diseño típico del By-Pass para estos sistemas, el cual incluye la instalación de la bomba reforzadora con sus respectivos accesorios de succión y descarga, y la instalación del eyector.

El By-Pass es conectado desde la línea principal hasta la succión de la bomba reforzadora, luego desde la descarga de la bomba reforzadora hasta el eyector. La manguera flexible se usa para facilitar el servicio del eyector y para disminuir las vibraciones. Al eyector también se conecta la manguera de vacío que conduce el cloro desde el cilindro.

La bomba reforzadora puede conectarse eléctricamente al arrancador de la bomba de pozo para que ambas bombas operen simultáneamente. Si la bomba principal se apaga, también la bomba reforzadora se apaga y automáticamente se detiene el suministro de cloro al no haber vacío que lo succione.

3.1.2 HIPOCLORACION

Comparando este caso con el anterior, la bomba reforzadora y el By-Pass son sustituidos por el hipoclorador.

La solución de cloro se prepara en un contenedor con agitador eléctrico. La succión del hipoclorador va al contenedor de solución, y la descarga se conecta a la línea principal. Esta descarga del hipoclorador se conecta donde estaría el eyector del caso anterior. Ver Figura 3.2.

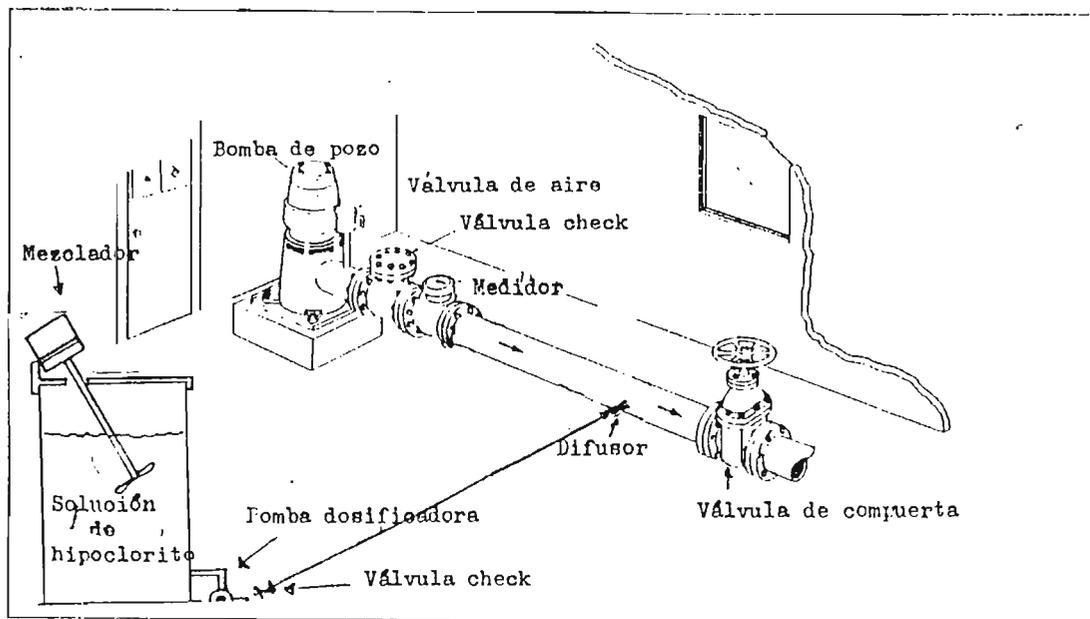


Fig. 3.2 "Hipocloración de Agua de pozo" (5)

El hipoclorador puede trabajar:

- Simultáneamente con la bomba principal
- Independientemente de la bomba principal y desconectarse automáticamente al acabarse la solución.

- Simultáneamente con la bomba principal y desconectarse automáticamente al acabarse la solución.

Una opción al sistema de hipocloración es el uso de sistema antisifón el cual es empleado en situaciones de contra presión negativa (*). En estos casos solamente se especifica que el hipoclorador debe poseer mecanismo anti sifón.

3.2 CLORACION DE AGUA POR GRAVEDAD EN COMUNIDADES REMOTAS(5)

Las localidades que no disponen de energía eléctrica - presentan un problema para la cloración del agua que consumen.

Además de la falta de energía, estos lugares se hallan en lugares remotos y el agua les es suministrada desde lagos, manantiales, etc.

Para clorar el agua en este caso, debe seleccionarse un sistema que no requiera mantenimiento por varios meses, que no necesite energía eléctrica para funcionar, que suministre una cloración confiable, continua y segura y que tenga un bajo costo de funcionamiento.

Una modelo para la cloración con gas en estos casos se puede ver en la figura 3.3.

* Ver sección 5.2 "Consideraciones Hidráulicas"

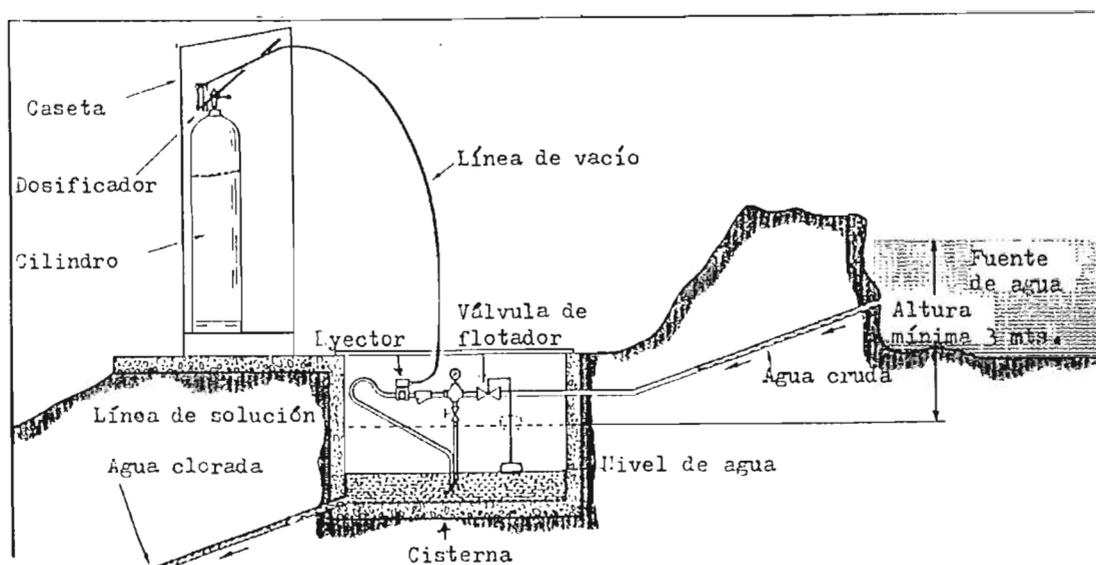


Fig. 3.3 "Cloración de agua por gravedad" (5)

La operación de este tipo de sistema requiere la existencia de una presión de agua (3 m de diferencia de altura) suficiente para operar un clorador de gas y un control de abrir y cerrar una válvula basado en el nivel del agua en el tanque de tratamiento. La presión en la tubería debe ser suministrada por una fuente elevada (Nacimiento, lago, etc.) y el arranque/parada obtenido por una válvula de flotador.

La figura 3.3 ilustra una instalación típica. En la tubería de la fuente de abastecimiento de agua al sistema de distribución, se suministra una cisterna, tanque, etc., de suficiente capacidad para manejar el caudal máximo de agua. La cisterna sirve como tanque para tiempo de contacto y utiliza una válvula operada por un flotador para el control del abrir y cerrar del agua abastecida.

Según el agua fluye al tanque, una parte es desviada a través del eyector por medio de la estrangulación de una válvula en la tubería dentro de la cisterna. Esta agua fluye a través del eyector creando un vacío, dando lugar a que el cloro fluya desde el regulador de vacío montado en el cilindro. El flotador se elevará con el nivel del agua. Cuando el flotador llega a su punto de parada, la válvula cierra el paso de agua e inactiva el eyector. No entrará más agua en el tanque hasta que baje el nivel del agua. Cuando ésto ocurra se abrirá la válvula de flotador y se repite el ciclo.

Algunas recomendaciones para el diseño de éste sistema son:

La válvula de flotador debe ser del tipo de abertura rápida.

La válvula de estrangulamiento debe ser ajustada inicialmente para mantener suficiente presión para operar el eyector. Un suministro mínimo de presión equivalente a 3 metros de altura es generalmente satisfactorio.

El clorador y el cilindro podrán ser ubicados afuera en una caseta para su protección.

Un manómetro y un filtro "Y" deben ser colocados en la tubería de agua al eyector.

Al diseñar un sistema similar a éste debe considerarse la pérdida de presión que se obtiene en la cisterna.

La cisterna debe ser ventilada y tener una protección en la entrada del aire para evitar la entrada de materias extrañas, animales y otros indeseables.

La cisterna o tanque debe estar por debajo del nivel de la tierra.

3.3 SISTEMAS MULTIPLES DE CLORACION (5)

Un sistema múltiple de cloración es una forma económica para aplicar cloro a diferentes rangos de dosificación en un mismo punto de inyección, o para aplicar cloro con dosificación constante en varios puntos de inyección.

Estos sistemas requieren de un sólo dosificador, un panel medición con tantos rotámetros se requieran y uno o varios eyectores según el caso.

3.3.1 SISTEMA MULTIPLE CON UN SOLO EYECTOR

Esta forma múltiple se usa cuando se tiene una sola línea de distribución y son necesarias varias dosificaciones de acuerdo a la demanda de agua clorada.

La figura 3.4 ilustra este sistema.

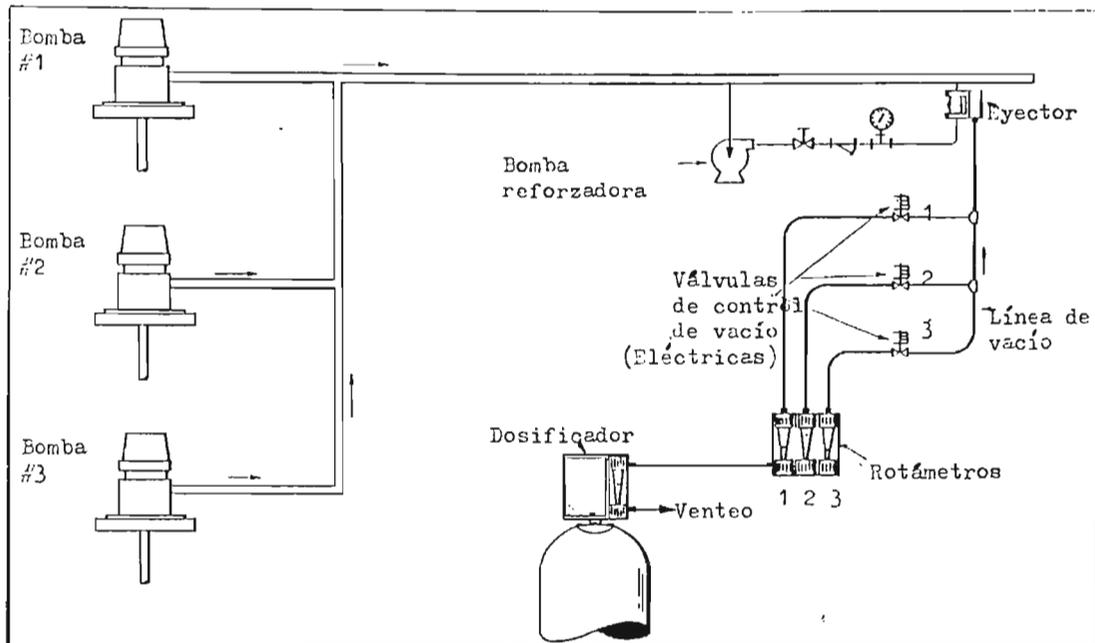


Fig. 3.4 "Sistema múltiple con un sólo eyector" (5)

La figura ilustra una instalación típica donde la clora ción es requerida en un punto de inyección. Las líneas de va cío se conectan desde el dosificador hasta el panel común de medición, en el cual cada rotámetro tiene su control manual. Por medio de este control manual se ajusta la dosificación - en cada rotámetro.

Una válvula de paso actuada eléctricamente se instala - en cada línea de vacío de gas. Las líneas de vacío se inter- conectan a una línea común de vacío la cual alimenta el gas al eyector.

La señal eléctrica para activar la válvula puede venir de varias fuentes dependiendo de la aplicación. Por ejemplo en un sistema de pozos las válvulas pueden conectarse al -

arrancador de la bomba.

En estos casos la selección de la bomba reforzadora y del eyector debe basarse en condiciones de máximo flujo de cloro y máxima presión de inyección.

3.2.2 SISTEMA MULTIPLE CON VARIOS EYECTORES

En este sistema la línea de vacío que viene del dosificador se conecta a un panel central de rotámetros los cuales se regulan individual y manualmente. La figura 3.5 muestra una instalación típica.

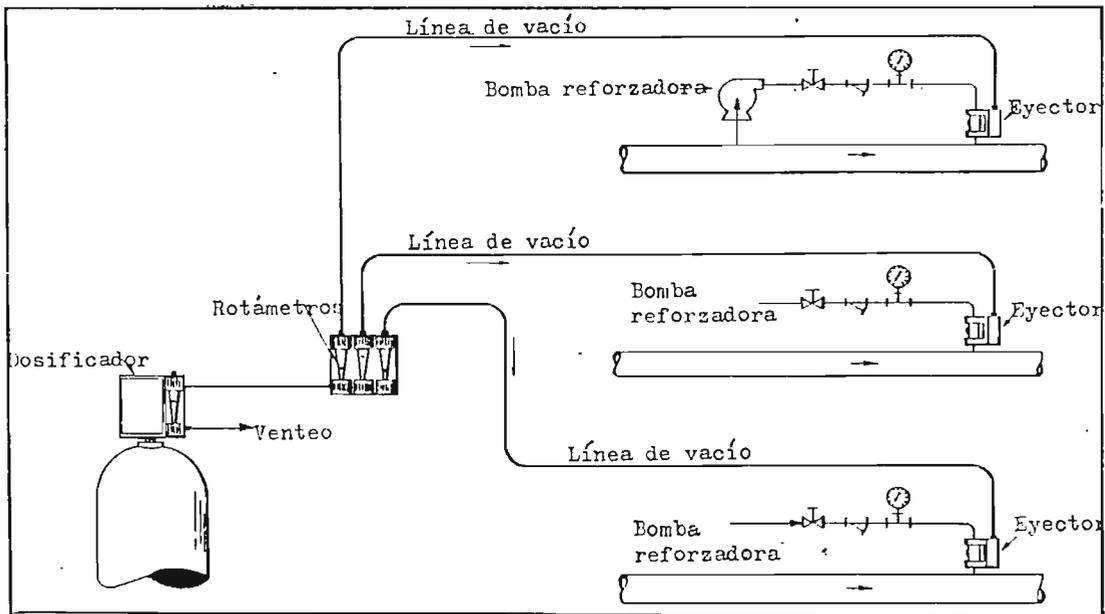


Fig. 3.5 "Sistema múltiple con varios eyectores" (5)

En éste sistema se tienen algunas consideraciones:

Independencia en cada punto de alimentación de solución de cloro.

El rotámetro puede ser colocado cerca del punto de alimentación de solución de cloro o en otro punto a conveniencia del operador.

Se requiere bomba reforzadora en cada línea.

3.4 CLORACION DE AGUAS NEGRAS

Es necesario clorar las aguas negras para evitar la infección de los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares) en los cuales ésta es descargada.

Las aguas negras arrastran variedad de microorganismos patógenos y la desinfección se hace imprescindible.

Para hacer llegar los vertidos hasta la planta de tratamiento de aguas negras es necesario un sistema de alcantarillas y muchas veces estaciones de bombeo de aguas negras.

Para diseñar un sistema de cloración de aguas negras es necesario enunciar los componentes básicos de una planta de tratamiento:

Tratamientos primarios: Rejillas, desarenadores, etc.

Tratamientos secundarios: Aereación, filtración, sedimentación.

Tratamientos terciarios: digestión, secado, etc.

La figura 3.6 muestra un esquema básico de una planta de tratamiento y los puntos donde se recomienda clorar.

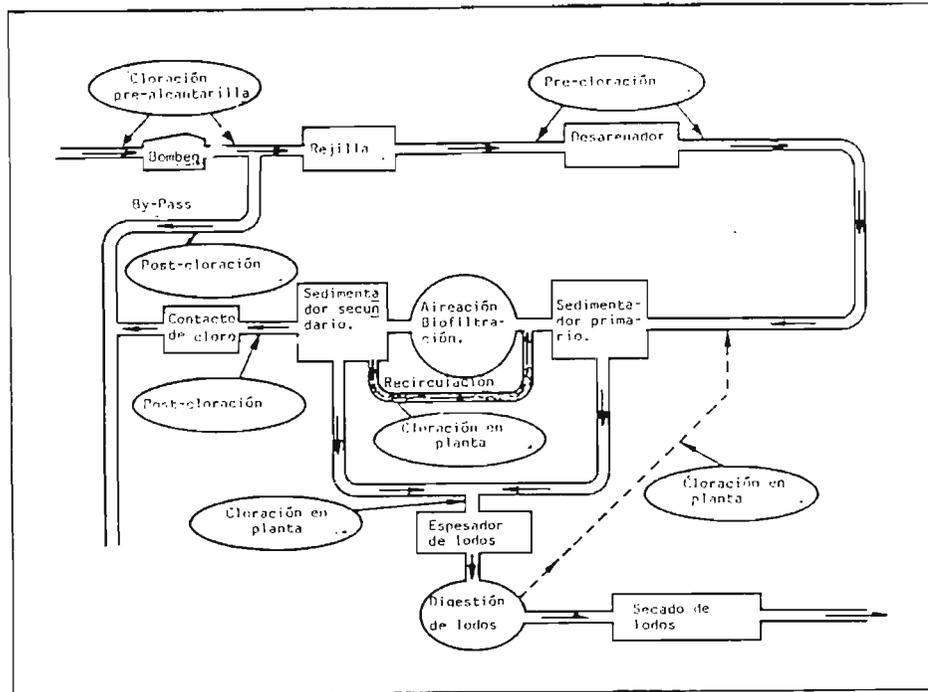


Fig.3.6 "Puntos de cloración en una planta de aguas negras"(5)

Cloración Pre-Alcantarilla.

Es la cloración de aguas negras antes de que ésta llegue a la planta de tratamiento. Puede hacerse en el punto de convergencia principal de varias alcantarillas que se conducen a la planta, en varios puntos de diferentes alcantarillas o en las estaciones de bombeo de aguas negras.

El objetivo de esta cloración es la reducción de malos olores y de la carga infecciosa antes de la planta.

Las figuras 3.7 y 3.8 ilustran estos casos.

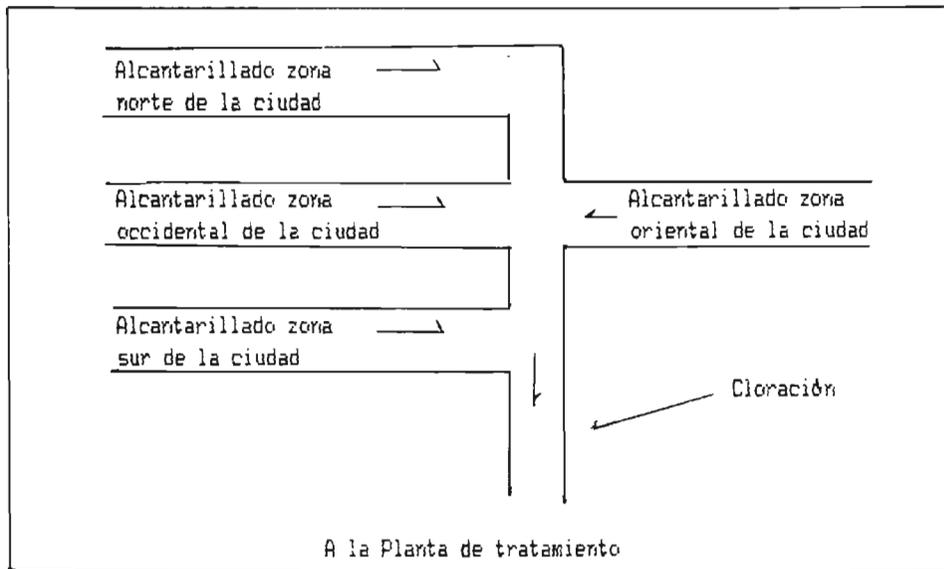


Fig. 3.7 "Cloración pre alcantarilla en un punto de convergencia" (5)

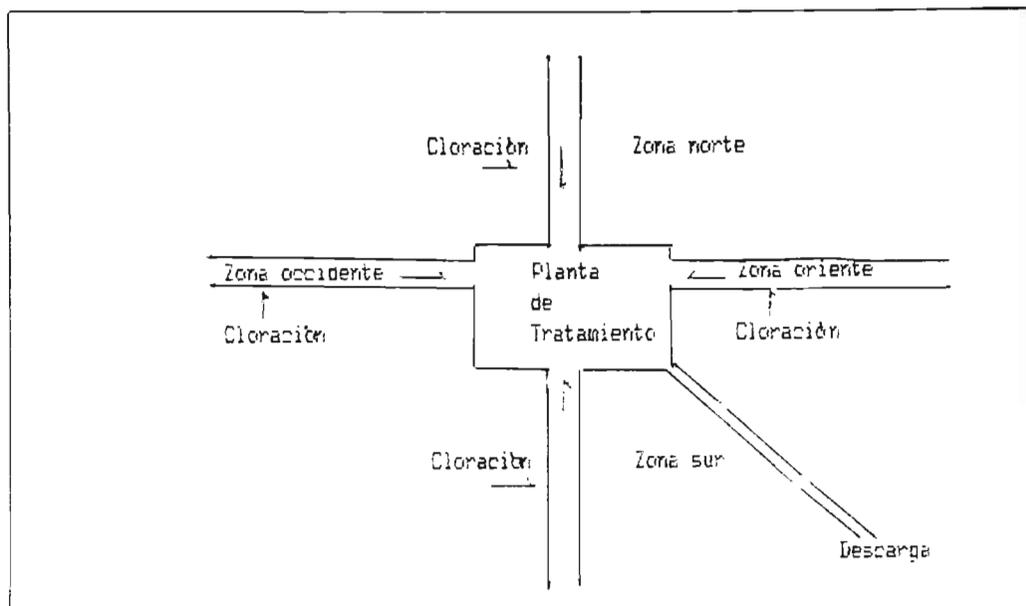


Fig. 3.8 "Cloración pre alcantarilla en varios puntos". (5)

Pre-Cloración

Es la cloración de aguas negras en la entrada de la planta de tratamiento, antes de la sedimentación y después de la adición de otros químicos.

en esta fase la inyección debe hacerse debajo del nivel de aguas negras para que se dé una mezcla adecuada del cloro.

Después de la aplicación del cloro el flujo no debe ser turbulento para que el cloro actúe eficazmente sobre los microorganismos y la materia orgánica.

La pre-cloración reduce la carga infecciosa, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los malos olores. Además ayuda a la sedimentación.

Cloración en la planta

Es la cloración de las aguas negras durante el tratamiento. Se aplica en las unidades de sedimentación primaria para evitar moscas y mejorar la filtración.

Se clora también el lodo activado de recirculación proveniente del sedimentador secundario antes de mezclarse con el efluente del sedimentador primario, con el objeto de evitar aglomeraciones de partículas.

Se aplica en las unidades espesantes de lodos para ayudar en la concentración de sólidos.

Se aplica en el retorno de lodos activados antes de volver al sedimentador primario para mejorar la sedimentación.

reduce la carga infecciosa de los sedimentadores, la cual es alta debido a los licores sobrenadantes.

Se aplica al licor sobrenadante proveniente de los digestores y que se descarga en el sedimentador primario.

Se aplica al lodo digerido antes de llegar a los lechos de secado para el control de los malos olores.

En aguas negras, la existencia del ácido hipocloroso (HOCl) y del ión hipoclorito (OCl^-) es de poca duración debido a las rápidas reacciones con la materia de desecho.

En la cloración de aguas negras se deben tomar muy en cuenta los factores de pH, Temperatura, Concentración y tiempo de contacto.

Puesto que los sistemas de aguas negras tienen variación en el flujo, ésto no nos permite tener una dosificación constante de cloro. Para variar la dosificación de acuerdo al caudal puede diseñarse un sistema automático como el mostrado en la figura 3.9.

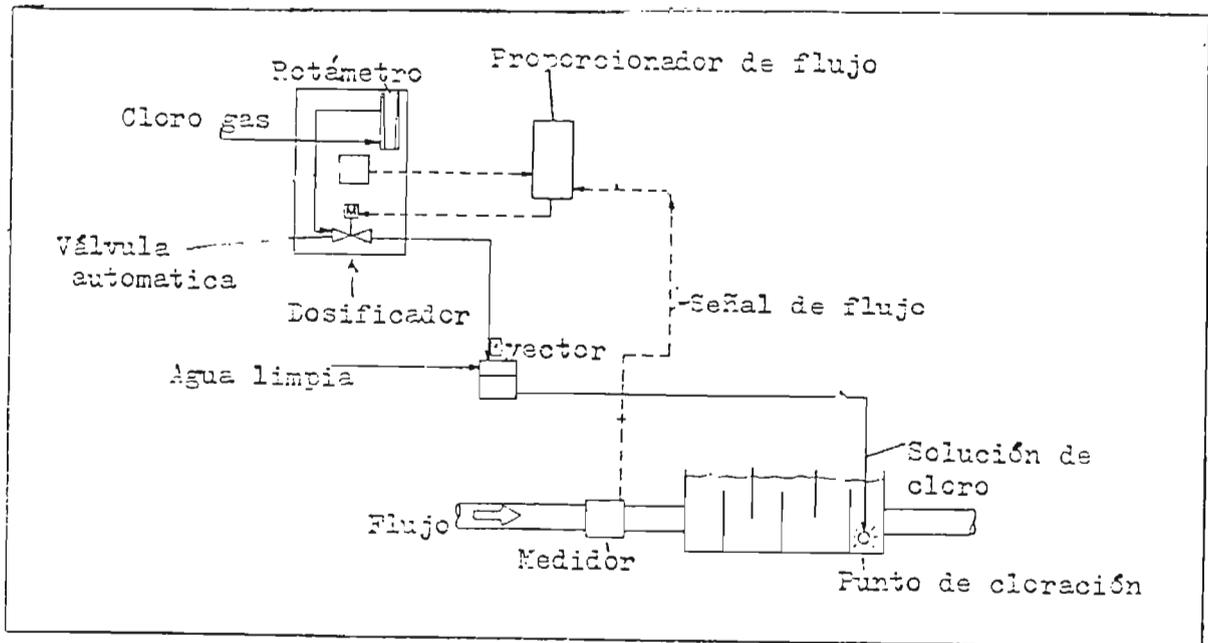


Fig. 3.9 "Sistema de dechloración de aguas negras" (5)

De- Cloración.

En los sistemas de aguas negras es necesario saber que el efluente final no debe contener cloro porque destruye la flora y la fauna del cuerpo de agua que se descarga.

Para evitar esto se aplica un sistema de De-cloración el cual elimina el cloro hasta los límites permisibles. La de-cloración puede llevarse a cabo por aereación o con químicos como peróxido de hidrógeno, carbón activado y dióxido de azufre (SO_2).

3.5 CONTROL DE CLORO RESIDUAL

3.5.1 CONTROL MANUAL DE DOSIFICACION CLORO RESIDUAL

En este sistema se toma la muestra y se determina el cloro residual con un estuche adecuado según se describió en

el capítulo 2 de este manual. Es en base a este control que se regula el dosificador a mayor o menor concentración.

3.5.2 CONTROL AUTOMATICO DE CLORO RESIDUAL (5)

Los sistemas de control automático de cloro residual Alto/Bajo han sido diseñados para usarse en aquellos casos en que el flujo de agua cambia constantemente.

El método automático es un análisis en línea de una muestra de agua clorada. El analizador en línea envía una señal de cloro residual alto o bajo que hace aumentar o disminuir el paso de cloro en forma automática.

Se puede considerar dos tipos de instalaciones para el control automático de cloro residual:

- Instalaciones con tanque de mezcla
- Instalaciones en tubería.

Analizador de cloro residual con tanque de mezcla:

La figura 3.10 muestra esta instalación.

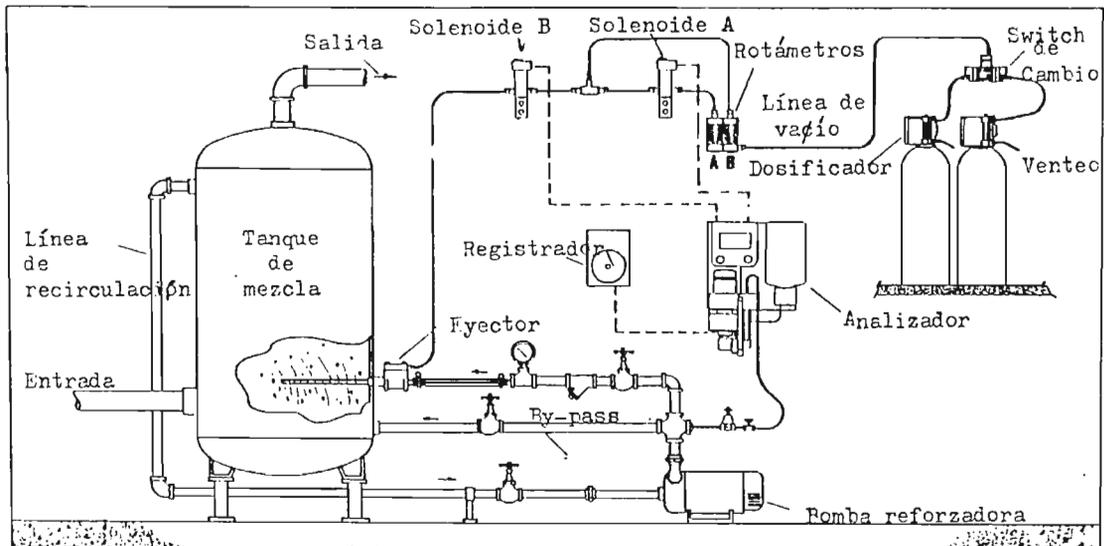


Fig. 3.10 "Control automático de cloro residual con tanque de mezcla". (5)

En este caso la bomba reforzadora también recircula el agua del tanque de mezcla suministrando agua para el eyector y agua de muestra para el analizador.

El tanque de mezcla deberá tener un volumen igual al del caudal que pasa en un minuto.

ejemplo: Para un caudal de 50 GPM se requiere un tanque de 50 galones.

Para estos sistemas se sugiere utilizar:

- 2 cilindros de cloro con su respectivo dosificador.
- 1 Switch de cambio (cilindro lleno/vacío)
- 1 Panel de rotámetros
- 2 válvulas de vacío tipo solenoide
- 1 analizador automático de cloro residual

- 1 registrador de cloro residual (para control de proceso)
- 1 eyector
- 1 Tanque de mezcla
- 1 bomba reforzadora

Todos los componentes básicos descritos en secciones anteriores.

Un control de este tipo es aplicable si:

- Hay variación del flujo de agua, variación en la demanda de cloro o ambos.
- Si no hay medición del flujo de agua.
- Para dosificaciones menores o iguales a 25 lb/día de cloro.
- Frecuentes o prolongados paros del flujo de agua.
- Para flujos promedios de 300 GPM y máximo de 700 GPM.

Funcionamiento Básico:

La succión de la bomba reforzadora se coloca después de la inyección de solución de cloro, de manera que la bomba succione agua clorada. Así la misma bomba reforzadora alimentará el analizador de cloro residual. El analizador de cloro residual envía señales que hacen funcionar la válvula solenoides.

Las válvulas solenoides de la línea de vacío de gas cloro se abren y se cierran automáticamente iniciando o parando

la alimentación de cloro a tres diferentes dosificaciones. - El residual se mantiene dentro de una zona ajustable basado en el punto bajo y el punto alto designados en el analiza - dor.

Si se considera que no hay residual en el agua, enton - ces, el analizador abre las dos válvulas solenoides A y B - alimentando cloro al agua en respuesta a la señal de cloro re - sidual bajo.

Cuando el cloro residual sube a mayor concentración que el cloro residual bajo, el analizador cierra la solenoide A y permite la alimentación de cloro por medio de la solenoide B.

Cuando el cloro residual sube a mayor concentración que el punto alto, el analizador cierra la solenoide B y se de - tiene todo el suministro de cloro hasta que el analizador de - tecta menor concentración que el punto más bajo. Luego se re - pite el ciclo.

Analizador de cloro residual en tuberías

La figura 3.11 muestra una instalación típica de este sistema.

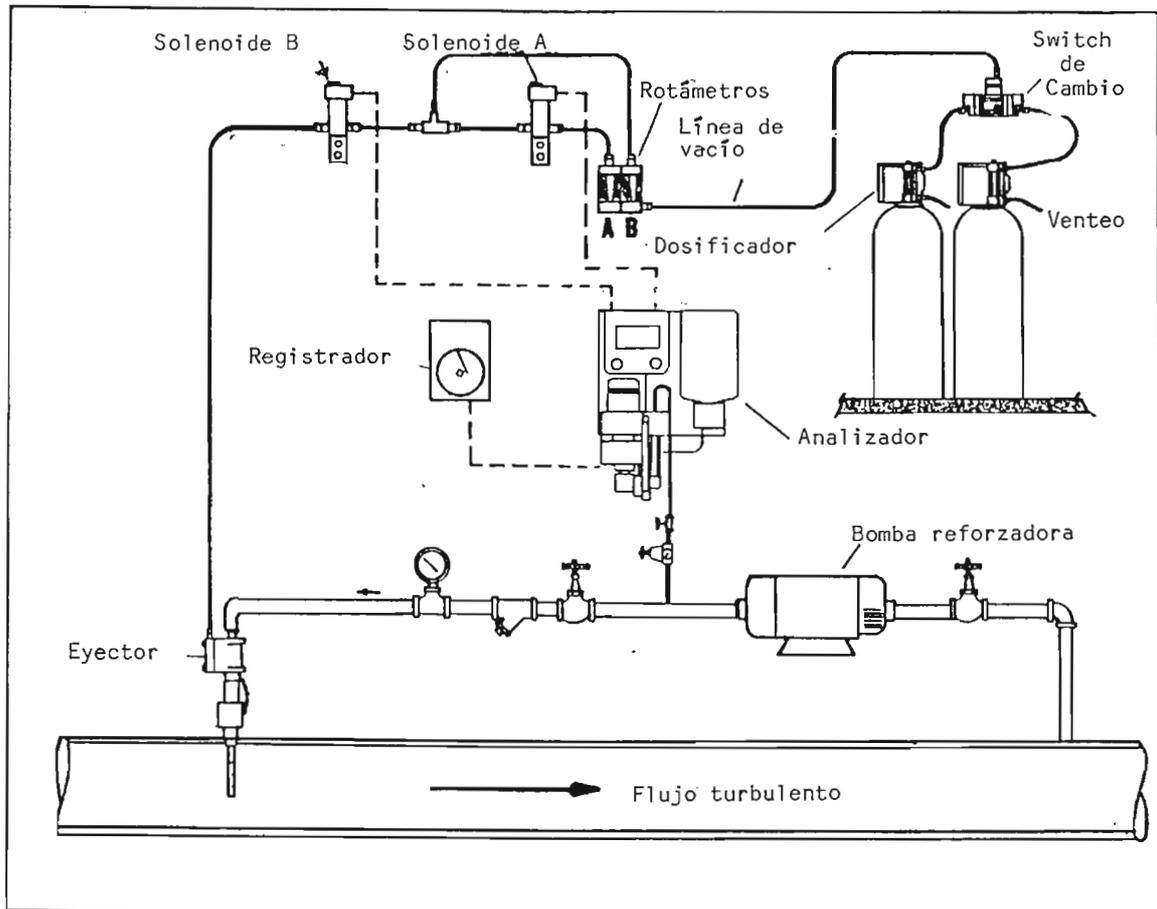


Fig. 3.11 "Control automático de cloro residual con tuberías". (5)

El principio de operación es el mismo que el anterior. En este caso la diferencia es que entre el eyector y la toma de agua de la bomba reforzadora debe existir una longitud equivalente a 10 veces el diámetro de la tubería. La inyección de la solución de cloro debe estar antes de succión de la bomba reforzadora para que ésta alimente agua clorada al analizador.

3.5.3 SISTEMA AUTOMATICO CON HIPOCLORADORES

En este caso el sistema funciona exactamente igual, con la diferencia de que las válvulas solenoides abrirán las líneas de solución de hipoclorito y además arrancarán los hipocloradores.

Este sistema no se recomienda cuando la demanda de cloro o el caudal varían mucho porque los hipocloradores estarían arrancando y parando a cada instante.

Idealmente este sistema de cloro residual automático funciona mejor con cloro gas.

3.6 OTRAS APLICACIONES (CLORACION EN TANQUES)

3.6.1 CLORACION CON GAS

Esta aplicación es similar a las aplicaciones anteriores.

Todos los sistemas de cloración con gas tienen en común el By-Pass para activar el eyector.

Para la cloración con gas en tanques se deriva un By-Pass de la línea que alimenta al tanque y se inyecta la solución de cloro con o sin bomba reforzadora (dependiendo de la carga de agua. Ver sección 5.2, figura 5.7) al tanque por el fondo del tanque.

El tanque debe ser cerrado para contrarrestar escapes de cloro, además la entrada del tanque debe tener una válvu-

la de flotador para evitar inundaciones del tanque. La figura 3.12 muestra ésta aplicación:

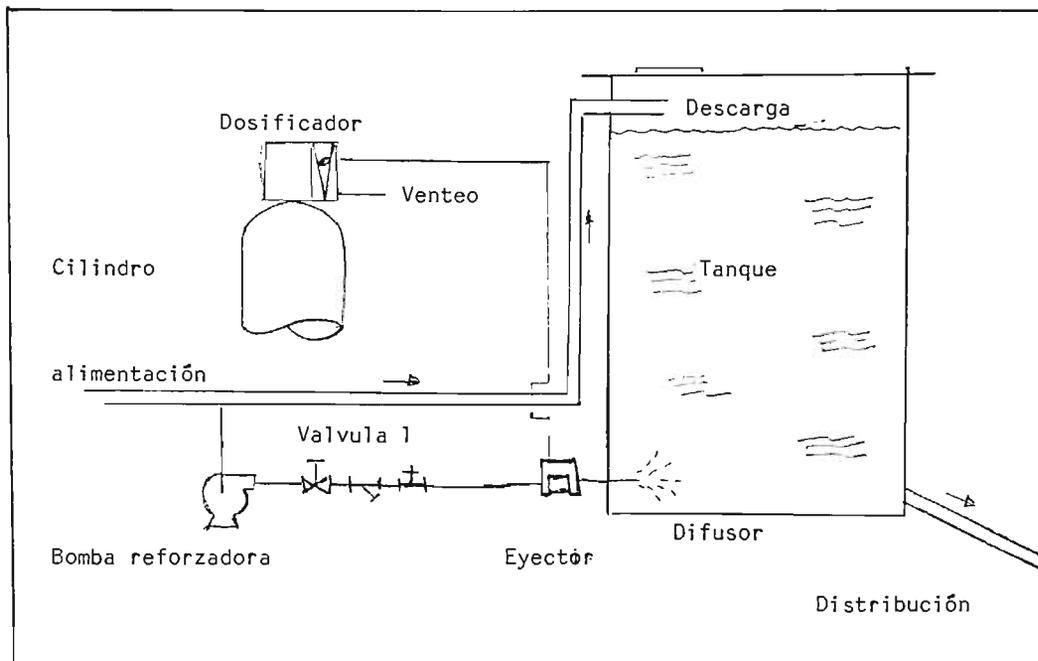


FIG. 3.12 "Cloración con gas en tanque" (7)

Se saca una derivación de la línea principal. El diámetro de la derivación debe tener el diámetro del eyector que se instale.

Se perfora la línea principal y se coloca un niple, del cual se deriva el By-Pass y se instala la bomba reforzadora - (si se requiere). La válvula 1 se coloca para regular el caudal hacia el eyector. Siempre es necesario el filtro "Y" y el manómetro en el By-Pass.

3.6.2 HIPOCLORACION

El sistema es similar al de gas, sólo que no se emplea By-Pass, sino que la bomba dosificadora alimenta la solución de hipoclorito en la línea principal antes de entrar el agua al tanque. La figura 3.13 muestra esta instalación.

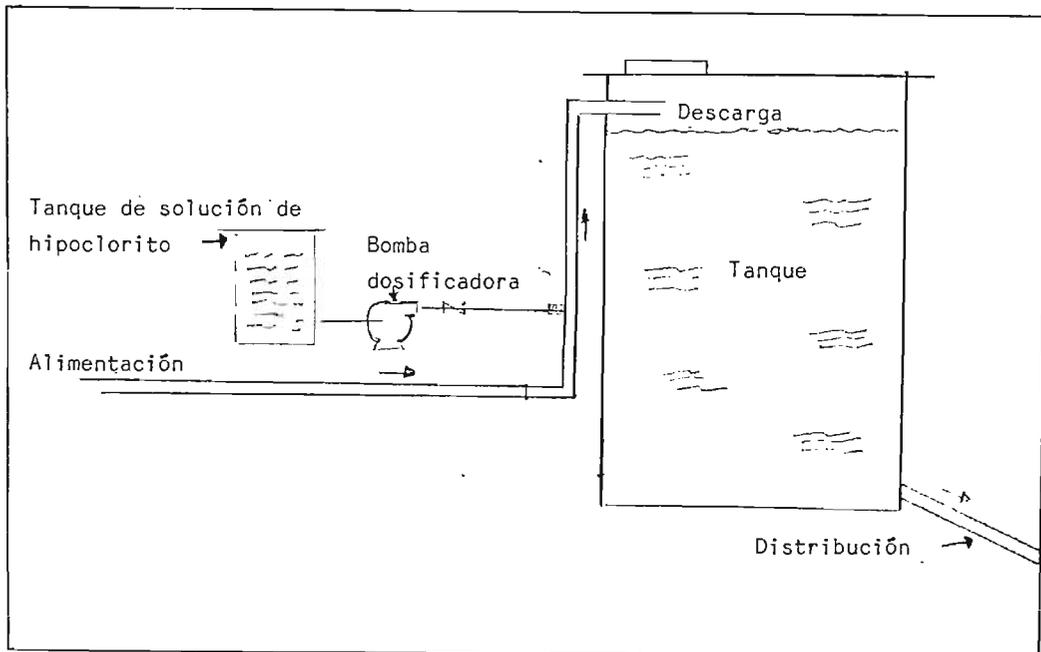


Fig. 3.13 "Hipocloración en tanque" (8)

En este sistema pueden darse 2 casos:

1. Que se llene el tanque
2. Que se detenga el flujo

En el caso de que se llene el tanque se recomienda utilizar un sistema de control de niveles en el tanque para que active y desactive la bomba dosificadora.

En el caso de que se detenga el flujo se recomienda instalar un switch de flujo en la línea principal antes de la -inyección de cloro para que active o desactive la bomba dosifificadora.

De no preverse esta situación se puede inyectar exceso de solución de cloro al no detenerse la acción de la bomba dosificadora.

CAPITULO IV
APLICACIONES INDUSTRIALES Y AGROINDUSTRIALES DE
CLORACION DE AGUAS

4.1 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO (5)

4.1.1 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO SIN RECIRCULACION

En general, entre las industrias que emplean sistemas de enfriamiento de aguas se encuentran aquellas industrias de producción de energía, industrias químicas, industria del papel, y muchas más.

Un sistema de enfriamiento sin recirculación es aquel en el cual el agua pasa a través de un equipo de intercambio de calor y luego se desecha o se retorna a la misma fuente de donde fue tomada. En este proceso no ocurre ningún cambio físico o químico en el agua a excepción del cambio de temperatura.

Los sistemas sin recirculación se emplean donde el agua es ampliamente disponible en volumen, posee una temperatura adecuada, y además de bajo costo. Las fuentes de agua más adecuadas para estos sistemas son las aguas superficiales como ríos, lagos y océanos, donde se deben considerar los costos de bombeo y tratamiento del agua.

Uno de los problemas del enfriamiento de aguas sin recirculación es que los intercambiadores de calor se ensucian a causa de algas, limo, pequeñas conchas, pequeños peces y otros

tipos de vida acuática.

Estos organismos se reproducen y crecen en los sistemas de aguas e interfieren en el proceso de enfriamiento del agua atascando o recubriendo las superficies del intercambio de calor, por consiguiente se reduce la eficiencia de la operación, atasca el flujo de agua, etc.

En este caso la cloración actúa en la eliminación de este tipo de crecimientos orgánicos, evitando así los problemas antes mencionados.

En los sistemas de cloración de aguas de enfriamiento - sin recirculación hay dos métodos que pueden ser empleados:

1. Cloración continua
2. Cloración de choque

La cloración continua es la alimentación constante de cloro, 24 horas al día, con dosis bajas generalmente en rangos de 1 a 3 PPM.

La cloración de choque es la alimentación periódica de cloro, es decir una o varias veces al día dependiendo de que la calidad del agua se ajuste a los requerimientos establecidos. Generalmente se emplean dosis de 5 a 10 PPM.

Algunos factores que deben ser considerados en el diseño de estos sistemas son: Flujo de agua, demanda de cloro, naturaleza de las interferencias, tiempo de retención del sistema.

Cuando el agua usada se desecha en el cuerpo de agua, de

be tenerse claro que el nivel de cloro residual no debe exceder 0.2 PPM (1).

La Figura 4.1 muestra una instalación típica de sistema.

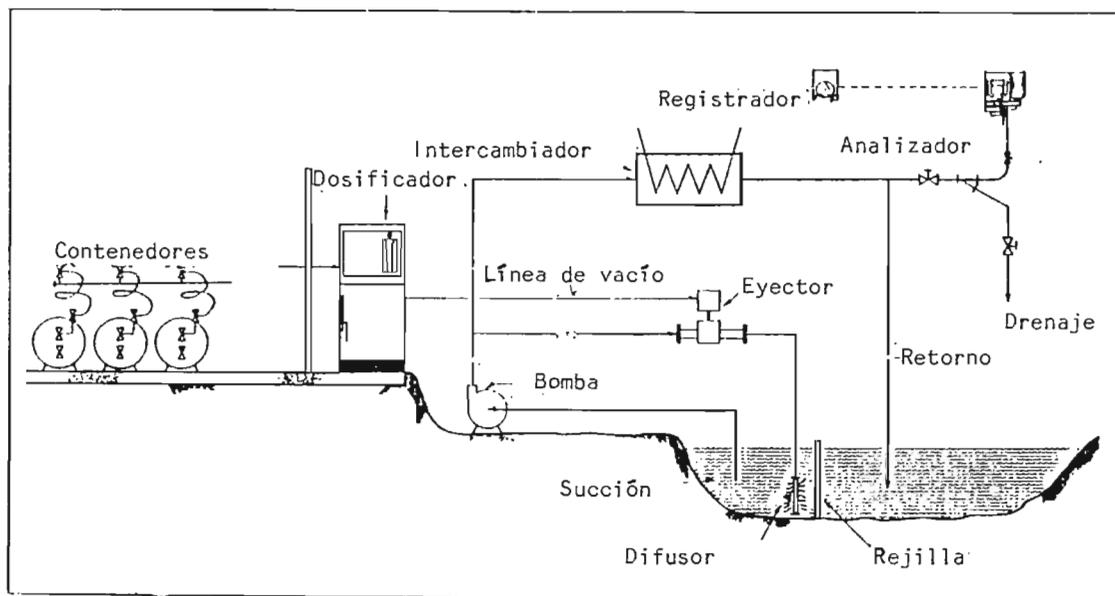


Fig. 4.1 "Cloración de agua de enfriamiento sin recirculación". (5)

en este caso la misma bomba que toma el agua para el sistema de enfriamiento proporciona agua para el eyector.

En sistema de cloración de choque puede usarse un mecanismo de reloj que abra y cierre el paso de cloro en determinados períodos del día.

4.1.2 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO CON RECIRCULACION.

El mayor problema de estas aguas son los crecimientos -

biológicos los cuales ocasionan problemas de atascamiento de los intercambiadores de calor y reducción de la eficiencia de intercambio de calor.

En los procesos que recirculan el agua de enfriamiento es casi general la utilización de torres de enfriamiento, en las cuales el agua caliente entra por la parte superior de la torre y en el trayecto de caída choca con la estructura interna de la torre, aireándose y enfriándose. El agua enfriada se recoge en el fondo de la torres y de aquí se bombea hacia el proceso donde vuelve a calentarse y se repite el ciclo.

Para controlar los crecimientos biológicos se emplea la cloración en la base de la torres de enfriamiento. Las dosificaciones varían de 1 a 3 PPM para cloración continua y de 3 a 8 PPM para cloración de choque. El cloro residual libre debe medirse en la línea de agua caliente que va hacia la torre. Esto se hace para determinar la eficiencia del proceso de cloración.

Cuando los residuales de cloro libre se encuentran a no más de 1 PPM no se desperdicia cloro y se evitan daños a la estructura interna de la torre.

La figura 4.2 muestra una instalación típica de este proceso.

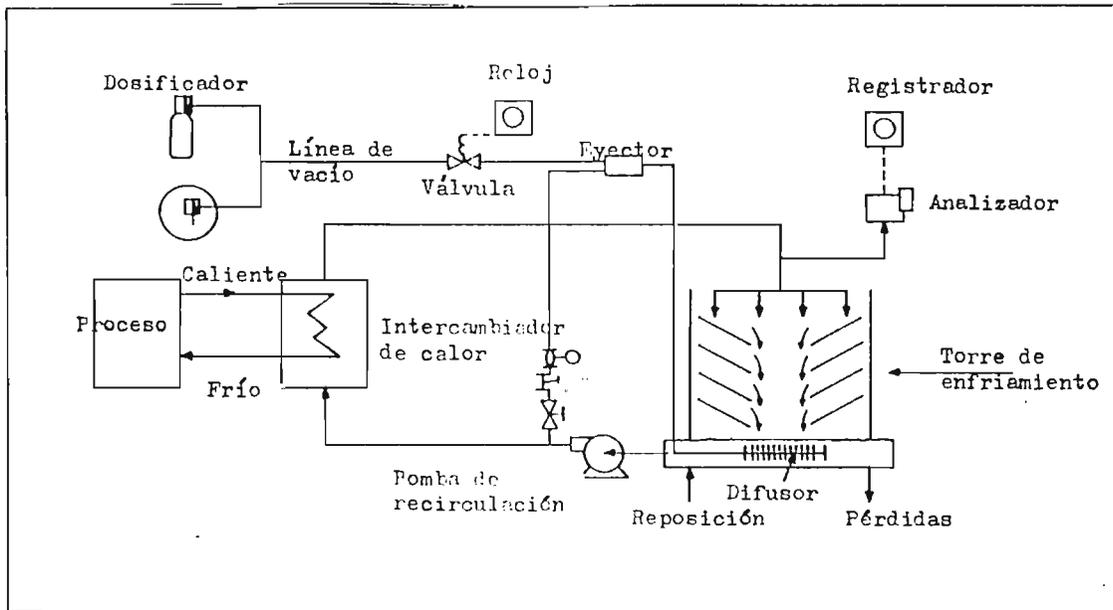


Fig. 4.2 "Cloración de agua de enfriamiento con recirculación". (5)

Algunas industrias que utilizan este proceso son: Industrias de conversión de energía, plantas petroleras, plantas de fertilizantes y amoníaco, enfriado de metales en fundiciones, producción de ácidos y cáusticos, industria del vidrio, industria del plástico, plantas de vapor, destilerías, etc.

4.2 CLORACION EN PROCESOS DE BEBIDAS Y ALIMENTOS (5)

Toda agua usada para el procesamiento, empaquetado y congelamiento de alimentos, así como para el procesamiento y envasado de bebidas, debe ser desinfectada.

La desinfección de estas aguas se hace de diferentes - formas. La cloración con gas es una de las formas que se pueden emplear en estos procesos. La cloración con hipocloritos puede afectar la calidad del agua de procesos y causar variaciones en el sabor del producto final. (5)

Cloración para desinfección y lavado:

El término desinfección se usa aquí como limpieza del - producto que está siendo procesado y limpieza de los contenedores del producto durante y después del proceso.

La aplicación de cloro en estas etapas del proceso proporciona un producto más sanitario y prolonga la vida del - producto indiferentemente si éste es refrigerado o no.

La calidad del agua utilizada en la desinfección debe - ser igual a la del agua potable con un contenido adicional - de cloro.

El lavado es la limpieza del área donde los alimentos - han sido procesados: pisos, paredes, mesas, transportadores, etc.

Los residuales de cloro libre pueden variar dependiendo del área que se lava, pero las concentraciones de residuales libres deben ser mantenidas lo más alto posible (50-100 PPM) especialmente en los procesos de pescados y rastros o en - cualquier parte donde pueda generarse problemas de mal olor y crecimientos para bacterias o descomposición orgánica.

Algunos ejemplos de industrias que se pueden mencionar - para esta aplicación son: procesos de vegetales, enlatadoras, rastros, lecherías, industria de bebidas, etc.

Cloración para control de sabor y olor:

Un aspecto importante en el tratamiento del agua para - procesos de bebidas y alimentos es la eliminación de sabores y olores indeseados. Puesto que las aguas de proceso se em - plean frecuentemente en el producto final, ésta debe estar - libre de bacterias, sabor y olor.

En algunos casos (carne y pescado) el agua de proceso está sobreclorada, es decir que la concentración de cloro es superior a lo necesario para prever algún requerimiento mayor de cloro. Después el cloro debe ser removido por medio de un filtro de carbón activado antes de usar el agua en el acabado del producto final.

La figura 4.3 muestra una instalación para un sistema - de control de sabor y olor.

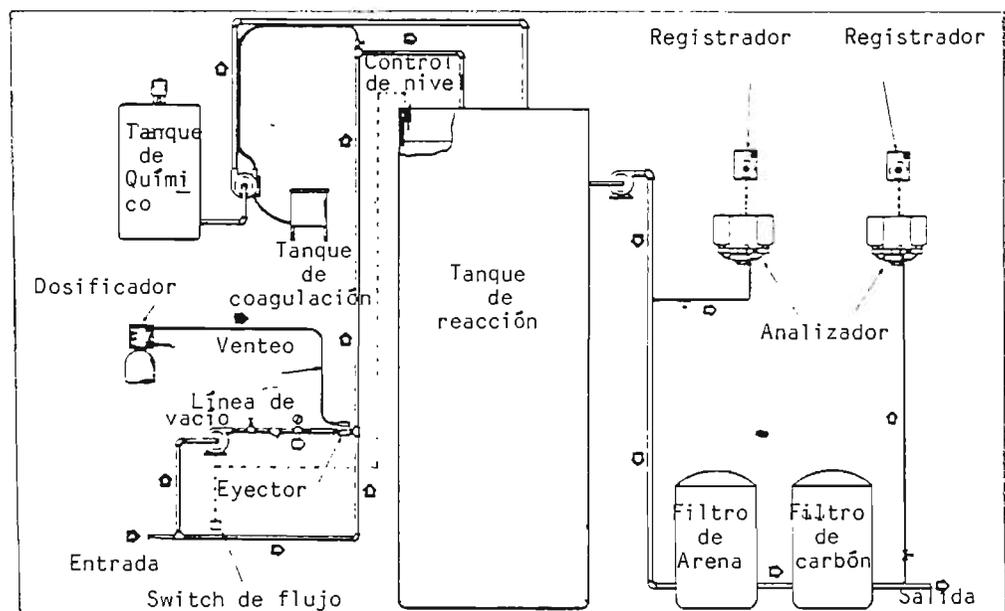


Fig. 4.3 "Cloración de procesos de bebida " (5)

Cloración de aguas de enfriamiento para procesos de bebidas y alimentos:

Es necesario clorar las aguas de enfriamiento cuando estas tienen alto contenido de bacterias o cuando es recirculada.

En los procesos de cocimiento de alimentos para enlatar se lavan las latas con agua helada.

El agua de enfriamiento para templado (enfriamiento de carnes y pescados) debe estar libre de bacterias puesto que los contenedores no deben estar completamente sellados al momento de enfriarse. El vacío que se forma en cada lata puede provocar infiltración de agua de enfriamiento dentro de la lata. el agua de templado contaminada puede producir que el producto se arruine, haciendo que su consumo sea dañino a la salud humana. La cloración de estas aguas empleadas en cocimiento y lavado ayuda a reducir la cantidad de materia orgánica que pueda quedar en el enfriador o en la estufa de cocimiento.

Este sistema funciona inyectando solución de cloro en las estufas y enfriadores por medio de un eyector. Cuando el agua de alimentación a la estufa o enfriador se hace pasar por el eyector en éste se crea un vacío que succiona el cloro contenido en los cilindros. También se hace llegar alimentación de cloro al tanque de templado, siempre con la succión del eyector.

La figura 4.4 muestra una instalación de este proceso.

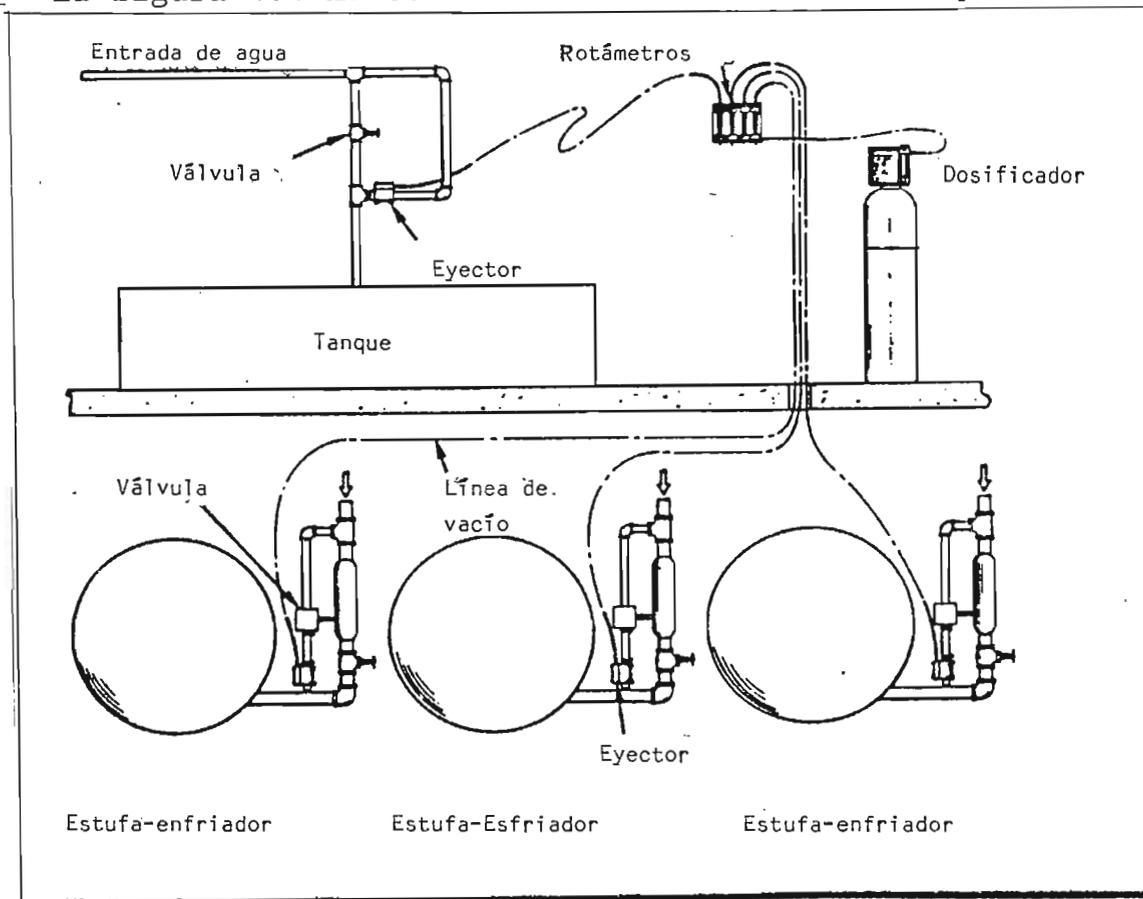


Fig. 4.4 "Cloración de procesos de alimentos" (5)

4.3 CLORACION DE AGUA EN AGRICULTURA (IRRIGACION POR GOTEO)

La irrigación por goteo aplica agua uniforme y lentamente al nivel del suelo en los cultivos. La irrigación por goteo optimiza el uso de agua disponible, es muy útil en áreas de cultivo donde casi no llueve o donde otros métodos de irrigación han fallado.

Equipo necesario para la irrigación por goteo:

Bomba autocebante, filtro (opcional), clorador, y todos

los accesorios de riego.

La línea principal conduce el agua bombeada desde la fuente hasta los ramales de distribución de agua que corren a lo largo de las líneas cultivadas y emiten agua a cada planta individualmente.

Algunos cultivos que emplean irrigación por goteo son:

Cítricos como naranjas, limones, toronjas, etc.

Vegetales como maíz, lechuga, apio, etc.

Flores como macadamia, claveles y rosas.

El agua utilizada para riego puede necesitar un tratamiento para remover sólidos suspendidos si es que ésta se toma de fuentes superficiales como ríos y lagos. De no filtrarse esta agua, los sólidos suspendidos pueden atascar los surtidores de goteo.

Es muy importante la regulación de las presiones. La diferencia de descarga de agua entre cada emisor debe ser mínima. En situaciones de riego de terrenos no planos, la igualdad de descarga no se mantiene para lo cual se pueden emplear dispositivos reguladores de presión.

La cloración en sistemas de irrigación por goteo es necesaria para evitar el crecimiento de algas, limo y otros crecimientos biológicos en los emisores.

La cloración puede efectuarse con cloro gas o con hipocloritos.

En esta aplicación se puede usar cloración continua 24 horas al día con dosificacioens de 1 PPM, o cloración de choque, una vez al día durante 30 minutos con dosificaciones de más o menos 10 PPM.

Los residuales de cloro libre deben medirse en los emisores o en cualquier otro punto extremo del sistema.

La figura 4.5 muestra una instalación en sistema de riego.

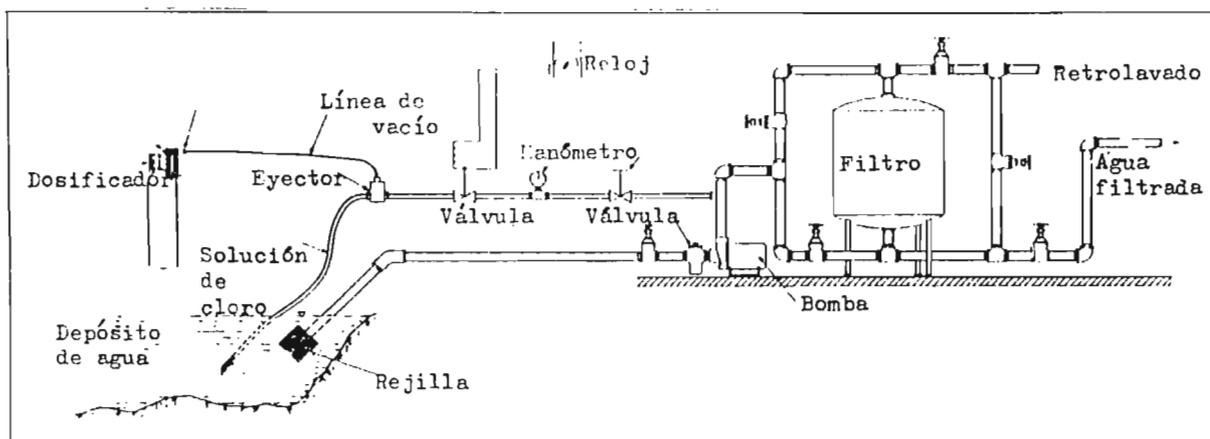


Fig. 4.5 "cloración en sistema de riego" (5)

4.3.1 CLORACION DE AGUA PARA LAVADO DE FRUTAS Y VERDURAS.

las verduras antes de ser cosechadas están en contacto con la tierra y los organismos que viven en estos medios, y en muchos casos también con la contaminación del agua con la cual son regadas. Por esta razón son propensas a albergar - dentro de si los organismos que pueden causar enfermedades -

en los consumidores.

Una solución a este problema es el lavado Post-cosecha de las verduras. La limpieza de las verduras puede ser realizada en diferentes lugares:

- Granjas donde son cosechadas.
- Centros mayoristas de verduras.
- Mercados municipales

Se puede emplear dos formas de lavar las verduras para fines de desinfección:

- Lavado a presión con mangueras
- Lavado en pilas

LAVADO A PRESION CON MANGUERAS (5)

La figura 4.6 muestra una instalación en la cual se dosifica el cloro en la línea de agua por medio de un By-Pass y una bomba reforzadora. La concentración de cloro en el agua es alta a la salida de las mangueras puesto que la dosificaciónes muy cercana. Esto permite que la solución concentrada de cloro, 10 PPM máximo, actúe directamente sobre la superficie de la verdura y la presión del agua contribuye al desprendimiento de la suciedad de la verdura.

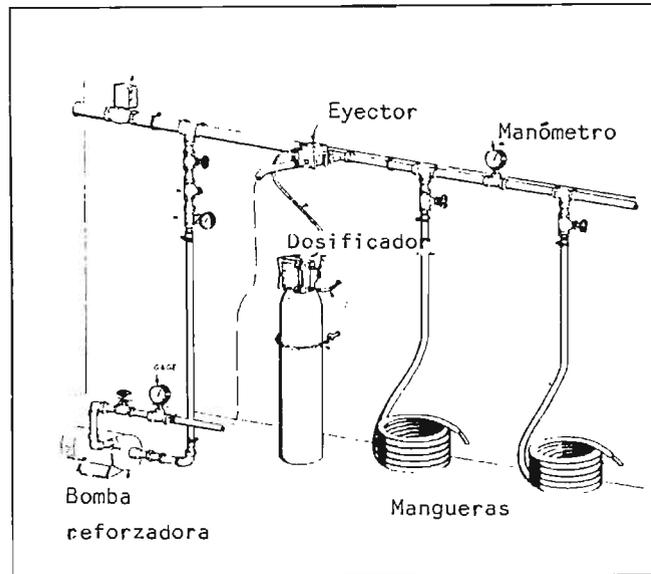


Fig. 4.6 "lavado a presión con mangueras" (5)

LAVADO DE PILAS (5)

La Fig. 4.7 muestra una una instalación de una pila pa-
 ra lavado. La pila es llenada de agua clorada. La cloración
 se hace sacando una derivación de la línea de alimentación -
 de la pila para poder activar el eyector el cual succiona el
 cloro gas. La concentración del cloro en el agua no deberá -
 exceder las 10 PPM. Las verduras pueden ser sumergidas y lava
 das en la pila dejándolas reposar unos 10-15 minutos. Des -
 pués de este tiempo se puede decir que las verduras están de
 sinfectadas superficialmente.

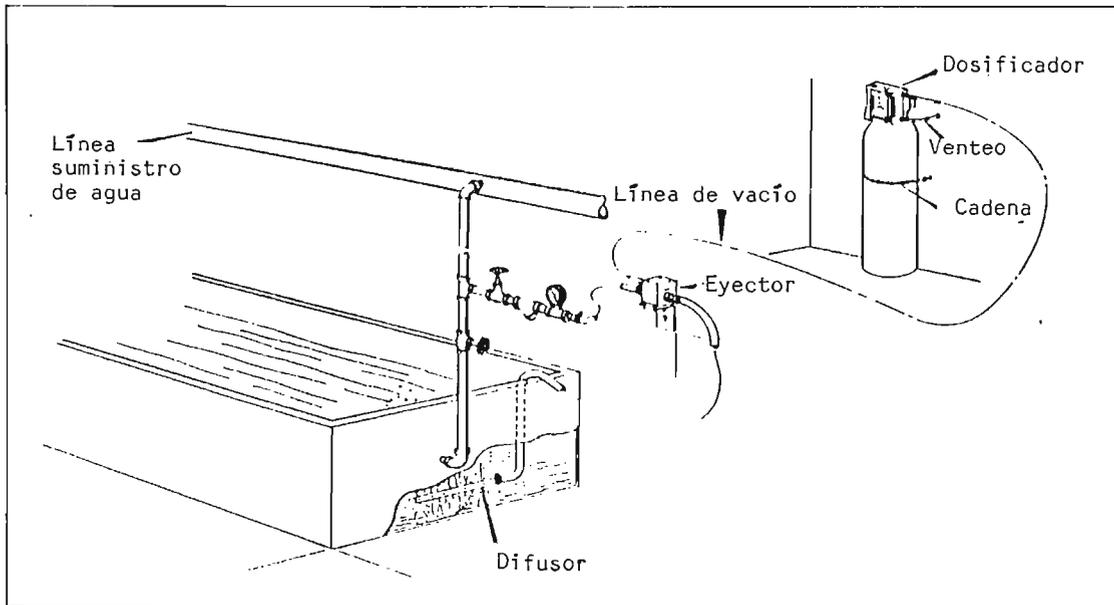


Fig. 4.7 "Lavado de verduras en pilas" (5)

El lavado de verduras y frutas en pilas se hace por lotes, llenando la pila con un lote de frutas o verduras durante 10-15 minutos y luego otro lote.

En el caso de verduras como la lechuga y otros parecidos, la desinfección es más difícil por el hecho de que el agua clorada probablemente no logra penetrar entre las hojas por estar éstas muy unidas.

HIPOCLORACION EN PILAS

Este es un sistema sencillo en el cual se aplica la cantidad de cloro granular o líquido en la pila de forma que se obtenga una concentración de 10 PPM máximo. Para calcular esta cantidad de cloro, ver la sección "Concentración" Pág.216

de este manual.

4.4 CLORACION DE AGUAS PARA PROCESOS DE CARNES (5)

La calidad de los alimentos depende mucho de las prácticas sanitarias en la planta de procesamiento. La limpieza de los alimentos durante el proceso garantiza un producto saludable, de mejor apariencia, de mayor duración, y por consiguiente de mejor introducción en el mercado.

Los procesos de carnes involucran movimientos de los productos en bandas y además mucho contacto manual. Debido a esto, es necesario mantener limpios los equipos y el personal de manejo de las carnes.

Para el lavado y desinfección de las partes en contacto con las carnes y del producto en sí, se utiliza la cloración.

El uso del cloro en el proceso brinda las siguientes ventajas:

Elimina bacterias, controla algas y limo, incrementa la duración del producto final, elimina costos de limpieza manual y materiales, desinfecta aguas de lavado, aguas de templado y aguas de desechos.

En la cloración se emplean hipocloritos y cloro gas. Los hipocloritos pierden su poder desinfectante en poco tiempo y además los subproductos de la reacción con agua pueden traer efectos adversos en el sabor.

El cloro gas es más eficiente en estos procesos de carnes.

Descripción del proceso:

Los animales son sacrificados y luego pasan por una banda para el drenaje de la sangre. Las bandas deben ser lavadas constantemente con agua clorada.

Se procede a un lavado con agua caliente y luego se retiran las plumas o el cuero por medios mecánicos o manuales.

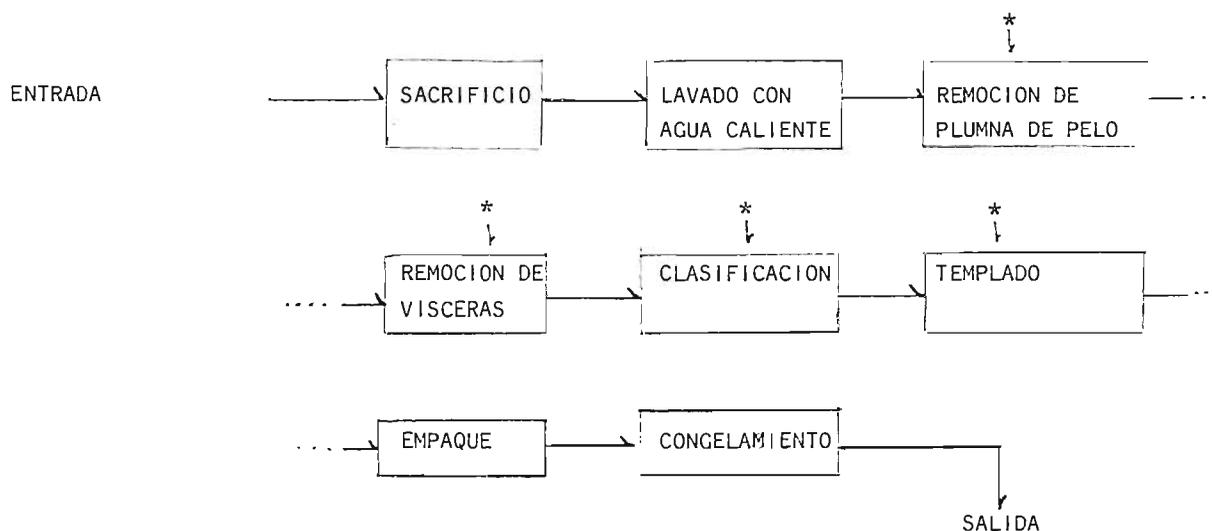
Posteriormente se lava la carne con agua clorada y se procede a la remoción de vísceras. Nuevamente debe lavarse la carne como producto final con agua clorada. Se pasa luego a un proceso de clasificación y pesado, en seguida se procede a un templado de la carne con agua fría (2-3°C) y finalmente se empaca y se congela.

En algunas partes se incluye una etapa de cortado en piezas.

Dosificaciones típicas en los procesos de carnes:

Lavado de bandas	50 PPM
Lavado de pisos y paredes	50 PPM
Lavado de manos (Operadores)	5-10 PPM
Lavado post eliminación pluma y pelo	5-10 PPM
Lavado de equipos	50-100 PPM
Agua de templado	5 -10 PPM

La figura 4.8 muestra un diagrama del proceso de carnes



* Puntos de aplicación de agua clorada

Fig. 4.8 "Diagrama del proceso de carnes". (5)

4.5 ELIMINACION DE COMPUESTOS DE CIANURO POR CLORACION (5)

Los compuestos de cianuro se encuentran en las aguas de desechos de las plantas de recubrimiento de metales y en las plantas de producción de cianuro de hidrógeno (HCN) y cianuro de sodio (NaCN). Los desechos industriales que contienen cianuro son altamente contaminantes.

El tratamiento para eliminación de compuestos de cianuro se da en tres reacciones:

1. Conversión de cianuro a cloruro de cianógeno
2. Hidrólisis del cloruro de cianógeno para producir ciana

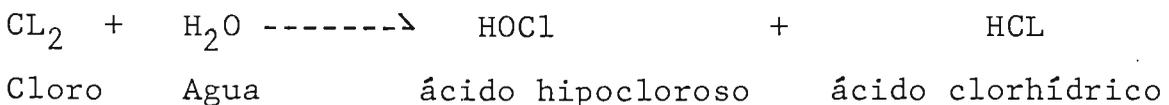
to.

3. Oxidación del cianato para producir nitrógeno y CO₂.

La primera reacción ocurre instantáneamente al elevarse el pH.

La oxidación de los compuestos de cianuro se logra por la adición directa de cloro gas e hidróxido de sodio a las aguas cianuradas.

La reacción del cloro con el agua es:



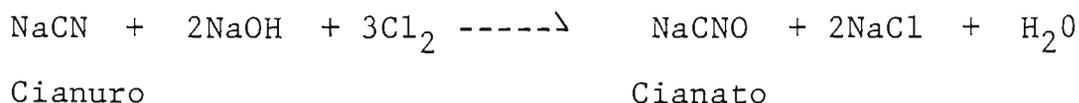
El HCl reduce el pH y el HOCl sirve como agente oxidante.

Cada parte de cianuro requiere 2.69 partes de cloro y 3.08 partes de hidróxido de sodio para convertir cianuro a cianato.

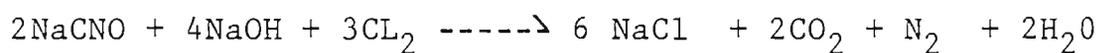
Para la subsiguiente reacción de cianato a nitrógeno y CO₂ debe agregarse 2.02 partes de cloro y 3.08 partes de hidróxido de sodio. Posiblemente se requiere más cloro para oxidar otros químicos que puedan estar presentes en las aguas de desechos.

Los excesos de cloro producen mayor demanda de hidróxido de sodio y por lo tanto se elevan los costos, para lo cual es recomendable llevar un control del cloro residual libre en la salida del proceso de cloración.

La reacción de conversión de cianuro a cianato es:



La reacción de conversión de cianato a nitrógeno y dióxido de carbono es:



Las aguas cianuradas son típicamente ácidas. Se requiere un pH arriba de 8.5 para la oxidación de cianuro a cianato. En pH menores de 8.5 es posible la formación del gas nocivo tricloruro de hidrógeno, además de que el cianuro puede ser convertido en cloruro cianogénico en vez de cianato.

El pH óptimo para el proceso oscila entre 8.5 y 9.5.

La figura 4.9 muestra un sistema sencillo de tratamiento de aguas cianuradas.

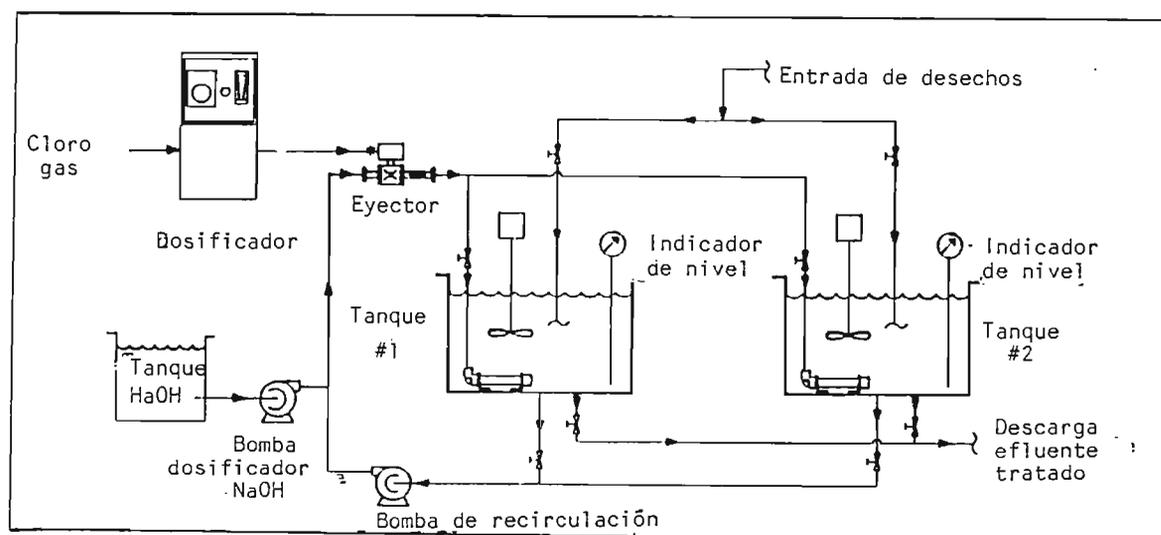


Fig. 4.9 "Sistema de eliminación de cianuros". (5)

Las aguas cianuradas entran en el tanque # 1. Cuando este se llena, se traslada el flujo hacia el tanque # 2. El tamaño de los tanques es para albergar un volumen de aguas residuales en un período de operación de un día.

Cuando los tanques se llenan se inicia la operación, recirculando las aguas residuales con una bomba e inyectando la solución de hidróxido de sodio y el cloro gas.

En los tanques se provee una adecuada mezcla por medios mecánicos.

Los indicadores de nivel sirven para no dar paso a más volumen de agua residual o para detener la operación de la bomba.

Inicialmente se analiza una muestra para verificar el contenido de cianuro en los tanques. En base a este análisis se determina la cantidad de cloro e hidróxido de sodio necesario para la eliminación del cianuro.

La reacción puede ser completada en un rango de 2 a 4 horas.

La determinación de la finalización del proceso se hace por medio de otro análisis de las aguas residuales tratadas hasta que ya no existan cianuros.

Una vez se determina la ausencia de cianuros el agua residual tratada puede ser desechada.

4.6 CLORACION PARA ELIMINACION DE HIERRO Y MANGANESO (5)

Cuando el agua contiene compuestos solubles de hierro y manganeso la cloración puede ser utilizada para que mediante la acción oxidante del cloro se remuevan esos elementos.

Para la remoción del manganeso es necesario aplicar cloro en cantidad de 0.9 veces el contenido de manganeso que se va a remover, a un pH de 7-10. La reacción se completa en aproximadamente 3 horas.

Para la remoción de hierro se aplica cloro en 0.7 veces el contenido de hierro que se va a remover, a un pH de 4-10.

El tiempo de reacción es casi instantáneo.

Es necesario considerar una dosis adicional de cloro para asegurar el cloro residual libre.

La cloración es parte del proceso de remoción de hierro y manganeso y no puede considerarse como única solución a éste problema. La cloración ayuda a la sedimentación haciendo insolubles los compuestos solubles de hierro y manganeso, de forma que puedan ser removidos por sedimentación y filtración.

La figura 4.10 muestra un diagrama del proceso de remoción de hierro y manganeso.

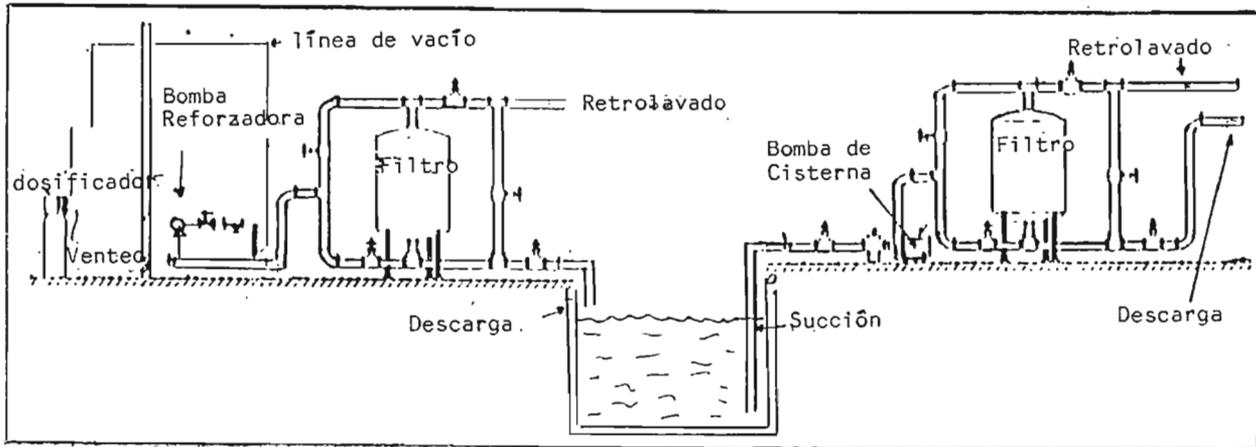


Fig. 4.10 sistema de Eliminación de hierro y manganeso (5)

4.7 CLORACION PARA TRATAMIENTO DE AGUAS DE PISCINAS

Las aguas de piscinas necesitan ser desinfectadas pues están sometidas a constante contacto con la gente y materias orgánicas que caen en su superficie por acción del viento.

En piscinas se recircula el agua haciéndola pasar por filtros de arena-sílica para la eliminación de sólidos suspendidos. Después de la filtración se procede a la desinfección con cloro.

La adición del cloro puede ser en forma continua de acuerdo al caudal de recirculación o en forma discontinua con soluciones de cloro esparcidas manualmente sobre la superficie de la piscina.

La figura 4.11 muestra un sistema continuo de cloración con gas en una piscina.

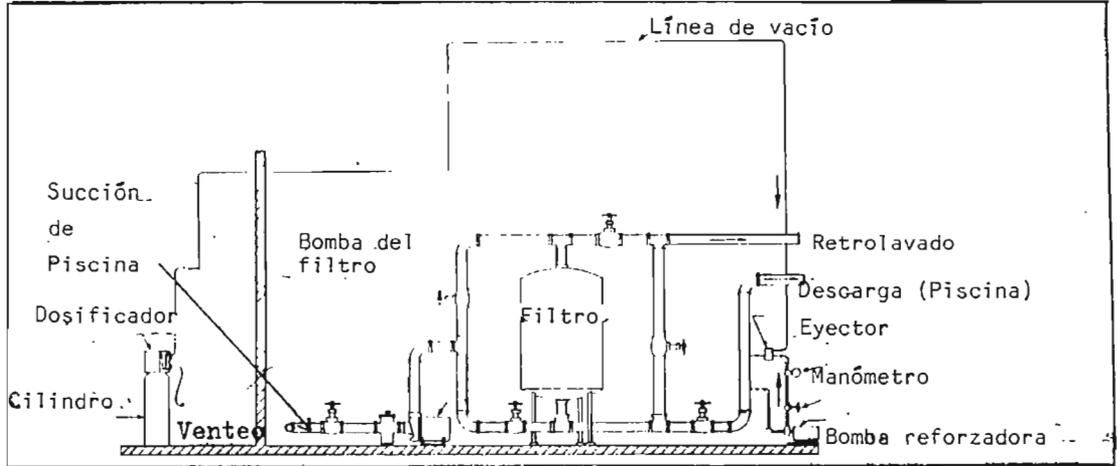


Fig. 4.11 "Cloración con gas en piscinas" (5)

El sistema funciona recirculando agua de la piscina, haciéndola pasar por los filtros de arena para remover los sólidos suspendidos y finalmente clorando antes de retornar a la piscina. La bomba reforzadora toma agua, por medio de un By-Pass a la salida de los filtros, y luego la hace pasar por el eyector el cual crea un vacío para succionar el cloro.

HIPOCLORACION

El sistema de hipocloración consiste en dosificar el hipoclorito por medio de una bomba dosificadora o hipoclorador en un punto a la salida del agua filtrada antes de que el agua retorne a la piscina. La figura 4.12 muestra este sistema.

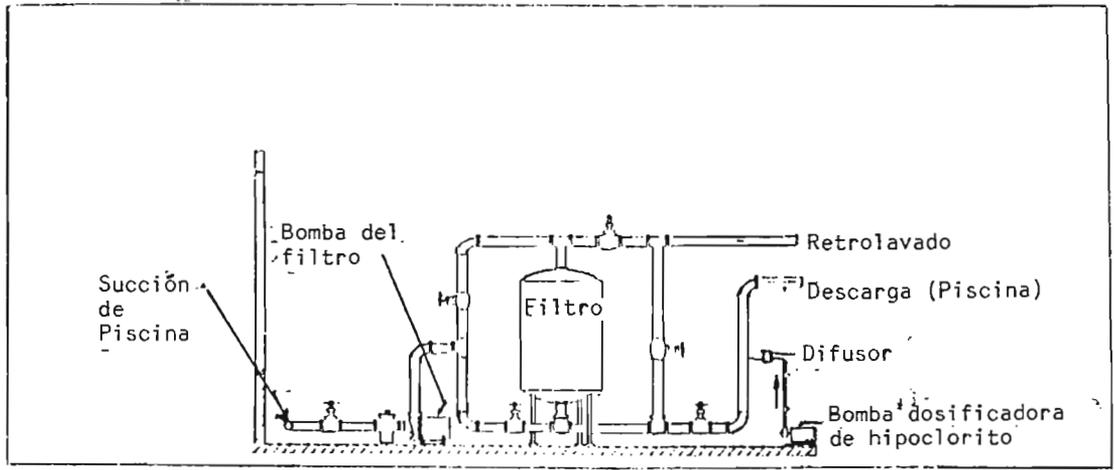


Fig. 4.12 "Hipocloración en piscinas". (5)

CAPITULO V

ASPECTOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE CLORACION

5.1 SUMINISTRO DE CLORO

Para un correcto diseño de los sistemas de cloración es necesario conocer como funciona cada componente del sistema.

5.1.1 USO DE CILINDROS Y CONTENEDORES DE TONELADA

5.1.1.1 USO DE CILINDROS

Los cilindros de cloro son de construcción de acero, aptos para contener 100 ó 150 lb de cloro. Poseen una válvula que controla el paso de gas y un cubre válvula que enrosca en el cilindro de forma que proteja la válvula. Ver figura - 5.1.

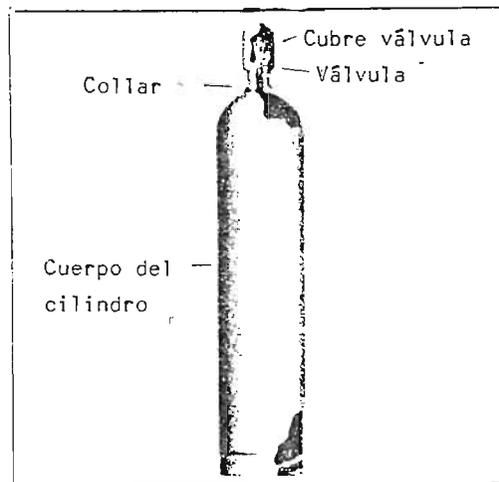


Fig. 5.1 "Cilindro de gas para contener 150 lb." (1)

Los cilindros deben mantenerse en posición vertical, sujetos a la pared con una cadena para protegerlos de alguna caída.

Cuando se usan cilindros de 150 libras de cloro y el flujo de gas que se extrae de éste es mayor que 42 lb/día, la presión interna del cilindro caerá rápidamente causando una repentina disminución en la temperatura del cilindro y por consiguiente la vaporización del cloro será mas lenta y se dificulta la alimentación de cloro en la línea.

Para eliminar este problema no debe aplicarse calor al cilindro, ésto causaría que alguna parte del cilindro se dañara y que subiera la presión de gas dentro del cilindro dañando así la válvula y ocasionando fugas severas.

Lo correcto es reducir la dosis a menos de 42 lb/día pero si ésto no es permisible deberá usarse entonces arreglos de varios cilindros con su respectivo dosificador o contenedores de tonelada en vez de cilindros de 150 lb. Ver Fig. 5.2.

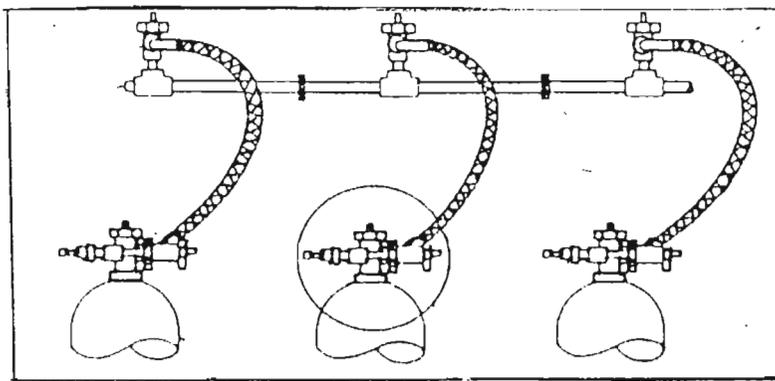


Fig. 5.2 "Arreglo de varios cilindros". (5)

5.1.1.2 USO DE CONTENEDORES DE TONELADA

Los contenedores de toneladas son transportados, montados, almacenados y usados en posición horizontal. Estos contenedores tienen 2 válvulas de salida, una para cloro gas (arriba) y una para cloro líquido (abajo) y deben ser colocados de forma que sus 2 válvulas estén una arriba de otra. Ver Fig. 5.3.

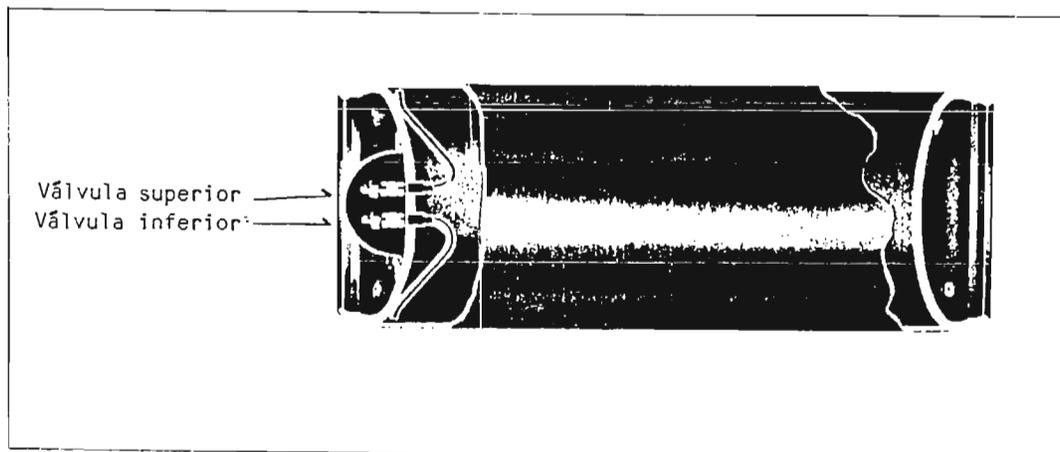


Fig. 5.3 "Contenedor de tonelada". (1)

Los contenedores de tonelada pueden suministrar cloro hasta un máximo de 400 lb/día, sin que ocurra el problema de la caída de presión y la disminución de temperatura dentro del cilindro. El cloro líquido puede suministrarse hasta 9600 lb/día si se usa un evaporador.

De acuerdo a las investigaciones del Instituto del Cloro, institución norteamericana (3), el flujo de descarga continua máxima de cloro gas en un cilindro de 150 libras es de 42 -

lb/día bajo las siguientes condiciones:

- a) No debe haber humedad condensada en la superficie del cilindro. Esta humedad se muestra como un "sudor" en el cilindro.
- b) A no menos de 2°C (Temperatura ambiente).
- c) Descargando contra una presión de 35 Psi. Presión mínima del eyector. Ver sección 5.2.

5.1.2 DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE CLORO EN LOS CONTENEDORES.

La única manera confiable de determinar cuanto cloro hay en un cilindro o en un contenedor de tonelada es por medio de pesado.

Los contenedores permanecen montados en las básculas, se pesan y se compara su peso con el peso del contenedor vacío. Con esta información se puede saber el contenido de cloro y cuando cambiar contenedores. Las figs. 5.4 y 5.5 muestran algunas básculas para esta finalidad.

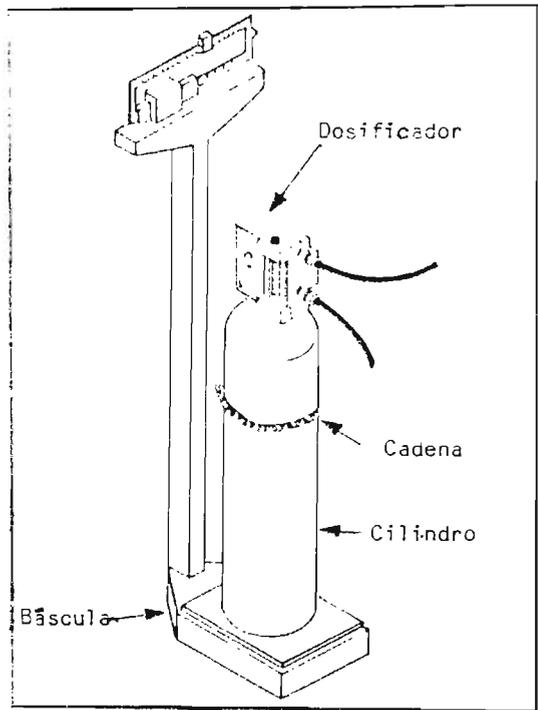


Fig. 5.4 "Básculas para contenedor de cloro de 150 lb." (1)

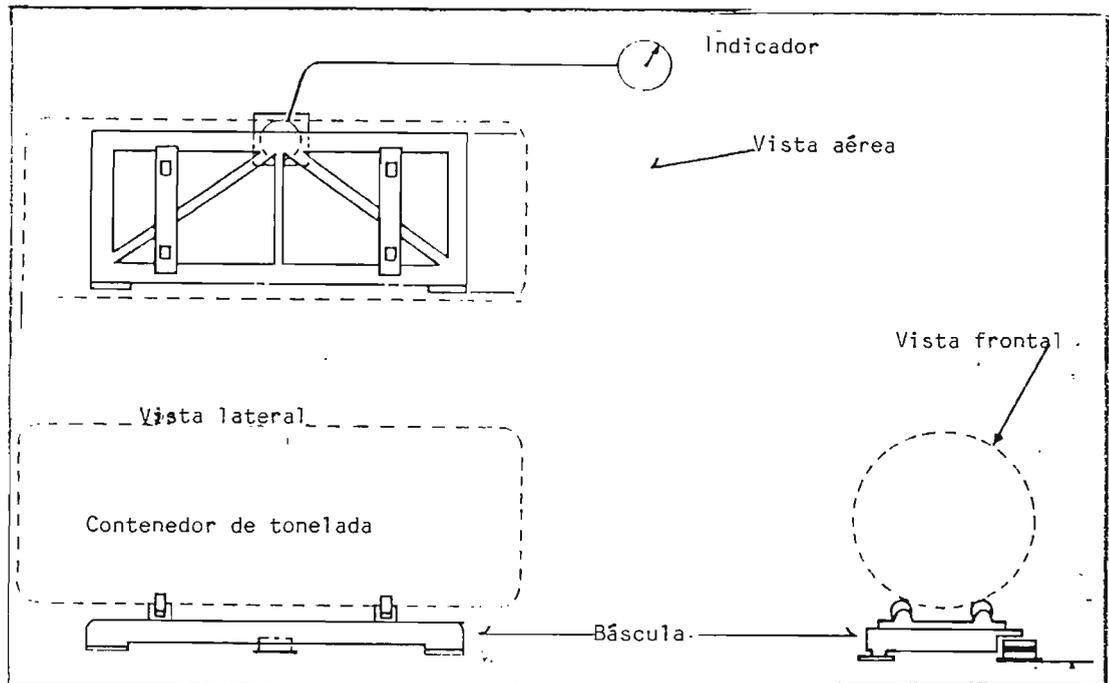


Fig. 5.5 "Básculas para contenedores de cloro de 2000 lb." (5)

5.2 CONSIDERACIONES HIDRAULICAS

5.2.1 CONCEPTOS BASICOS (5)

En la operación de los cloradores de gas es muy importante conocer el comportamiento hidráulico del sistema para la correcta operación.

Los términos empleados para un sistema hidráulico de cloración Son:

CONTRAPRESION: es la presión total en el punto de salida del eyector, se denota por "Pb". La contrapresión incluye las pérdidas por fricción en la línea de alimentación de solución de cloro más la presión en la línea en la cual se inyecta la solución. Ver figura 5.6

PERDIDAS POR FRICCIÓN: Caída de presión en la línea de agua de la bomba reforzadora y en la línea de solución de cloro. Se denota por "Pf". Ver figura 5.6

PRESION DE INYECCION: Es la presión en el punto de inyección de la solución. Se denota por "Pk". Ver figura 5.6.

PRESION DE SUMINISTRO: Es la presión en la línea que sale de la bomba reforzadora medida en un punto antes de entrar al eyector. Se denota por "Ps". Ver figura 5.6.

PRESION DE SUCCION: Es la presión en la succión de la bomba reforzadora. Se denota por "Pu". Ver figura 5.6.

CARGA DINAMICA (CDT o P_L): es el incremento de presión - que provee la bomba reforzadora y puede ser expresada en términos de carga dinámica total de la bomba reforzadora.

FLUJO o CAUDAL: Volumen de agua en la unidad de tiempo - que pasa a través del eyector.

SOLUCION: Mezcla de cloro y agua que sale del eyector.

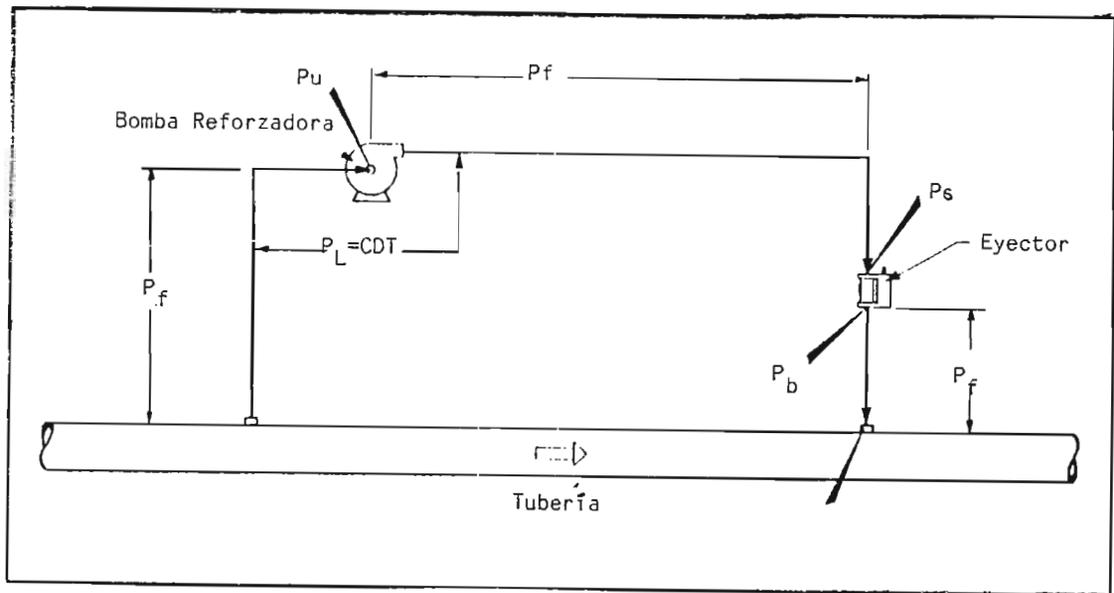


Fig. 5.6 "Diagrama hidráulico de un sistema de cloración con gas". (5)

Para que haya una operación adecuada del dosificador de gas es necesario que exista una diferencia de presión ($P_s - P_b$) a través del eyector.

CONTRAPRESION EN EL EYECTOR (P_b)

La contrapresión total es la suma de la presión estática

en el punto de inyección (Pk) más las pérdidas por fricción en la línea de inyección (en dirección hacia la inyección) - entre el eyector y el punto de inyección. En otras palabras:

$$P_b = P_k + P_f \quad \text{Ecn. 16}$$

Cuando el eyector se conecta directamente a la tubería principal P_f es prácticamente cero (0) y P_b viene a ser igual a P_k ($P_b = P_k$). Por consiguiente reduce la contrapresión total y mejora las condiciones de seguridad puesto que se elimina la línea de solución de cloro a presión. Esto conduce a tener una menor contrapresión total, también reduce los requerimientos de presión de succión (P_s) y reduce el tamaño de la bomba reforzadora necesitada.

PRESION DE SUMINISTRO (P_s): Es la presión en el punto de alimentación de agua al eyector. Para obtener la presión de suministro adecuada es necesario considerar la carga dinámica total y la presión de succión de la bomba reforzadora.

Es decir: $P_s = P_u + CDT (P_1)$ Ecn. 17

Si existiera pérdida por fricción (P_{f2} y P_{f3}) en la línea de succión y descarga de la bomba reforzadora, ésta deben ser consideradas. Entonces $P_s = P_u + P_1 + (-) P_f$ Enc.18

En la mayoría de aplicaciones la presión de succión de la bomba reforzadora y la presión en el punto de descarga de solución son iguales. Cuando son diferentes, la bomba refor-

zadora debe compensar esta diferencia.

Si la presión de succión es menor que la presión en el punto de inyección la bomba debe proveer un refuerzo normal más la diferencia de presión.

Si la presión de succión es mayor se requiere menos refuerzo.

CONTRAPRESION NEGATIVA: Cuando un eyector se coloca sobre el nivel del agua de un tanque (Ver fig. 5.7).

La contra presión (P_b) puede ser negativa dependiendo de la posición y orientación del eyector. La caída de solución de cloro después del eyector creará una acción de sifón. (5).

Las pérdidas por fricción se determinan por el flujo de solución y la longitud de la línea de solución.

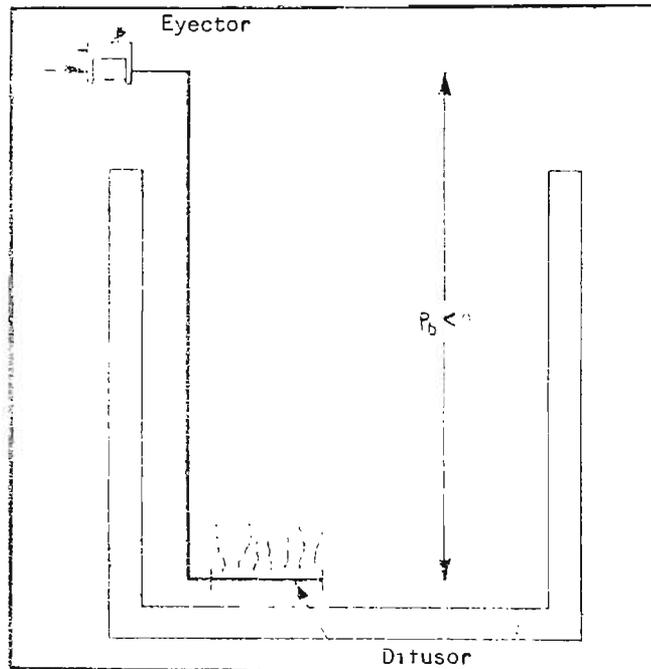


Fig. 5.7 "Sistema de contra presión negativa" (5)

CONTRAPRESION BAJA: Cuando el eyector se coloca bajo el nivel del agua, como en un tanque abierto (Ver figura 5.8), la contra presión será igual a la carga de agua (en pies) sobre el eyector. Podría ser posible operar sin bomba reforzadora si se cuenta con un buen suministro de agua en el eyector.

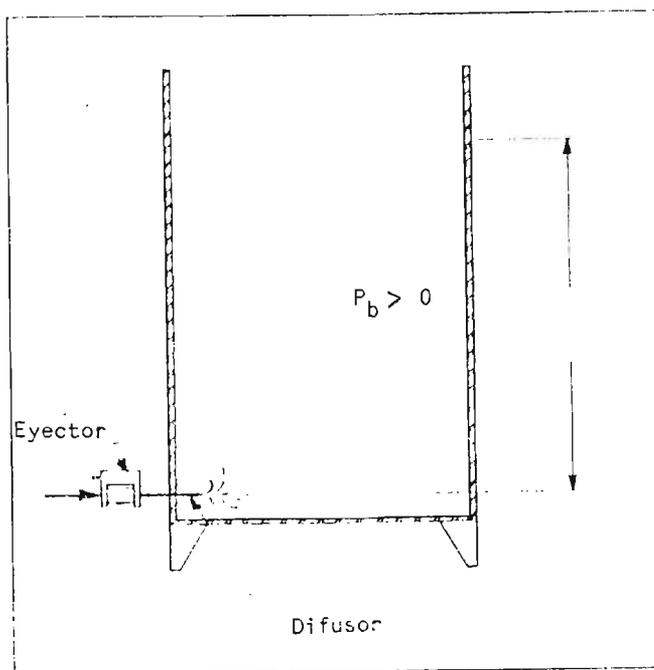


Fig. 5.8 "Sistema de contra presión baja" (5)

5.2.2 REGULADORES DE VACIO

5.2.2.1 PROPIEDADES

Los reguladores de vacío de gas tienen varias funciones. Las 5 funciones básicas son:

- a) Reducción de la presión de cloro gas a vacío.

El regulador de vacío reduce la presión del gas que en-

tra proveniente del contenedor convirtiéndola en un vacío - constante. El vacío proviene del eyector. Esta función permite que el regulador trabaje con el eyector y no con la presión del gas dentro del cilindro, por consiguiente el flujo de gas depende de la existencia de vacío y no de la presión de gas en el cilindro.

b) Cortar el paso de cloro cuando hay pérdida de vacío en el regulador de vacío o cuando el vacío del eyector se anula, ya sea por:

- Que no hay flujo de agua a través del eyector
- Fallas en el eyector
- Fallas en la línea de vacío.

Se activa automáticamente una válvula de corte de paso de cloro cuando no hay vacío que succione el gas, sellando la salida del gas en el dosificador. Esta propiedad puede optimizarse cuando se instala el dosificador directamente sobre el contenedor de gas.

c) Alivio de presión por medio de venteo.

Esta propiedad previene la sobrepresurización del dosificador en caso de mal funcionamiento.

Cuando la entrada de gas se obstruye por suciedades presentes en el gas entonces ya no habrá paso de cloro, se creará una presión positiva dentro del dosificador y el venteo entrará en acción no permitiendo la sobre presión en el dosi

ficador y el venteo entrará en acción no permitiendo la sobre presión en el dosificador.

d) Aislamiento entre regulador de vacío y línea de vacío a través de la válvula de sello de vacío.

cuando existe una condición del alto vacío dentro del dosificador debido a:

- Agotamiento de la fuente de cloro
- Corte del suministro de cloro

Este aislamiento previene 2 situaciones:

- No permite que el agua invada el contenedor de cloro
- No permite que alguna contaminación del contenedor entre al dosificador.

e) Medición correcta de la cantidad de cloro que pasa a través del rotámetro.

La medición del paso de cloro se hace por medio de un rotámetro. La lectura se hace generalmente en:

Libras por día de cloro (Lb/Día)

Kilogramos por hora de cloro (Kg/Hr)

5.2.2.2. TIPOS DE INSTALACION DE LOS REGULADORES DE VACIO MONTAJE DIRECTO

El montaje directo es la forma más segura de instalación

de los cloradores de gas. Este tipo de montaje elimina las líneas de presión de gas. Solamente hay líneas de vacío.

El clorador puede ser seleccionado para montaje en cilindro de 150 libras o para cilindro de tonelada. Ver fig. 5.9 y 5.10.

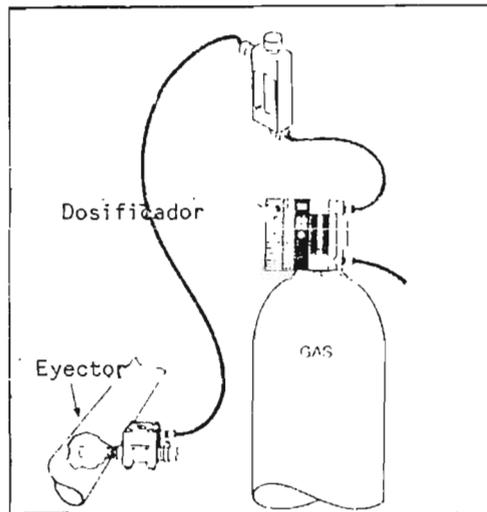


Fig. 5.9 "Montaje directo del regulador de vacío sobre cilindro de 150 Lb." (5)

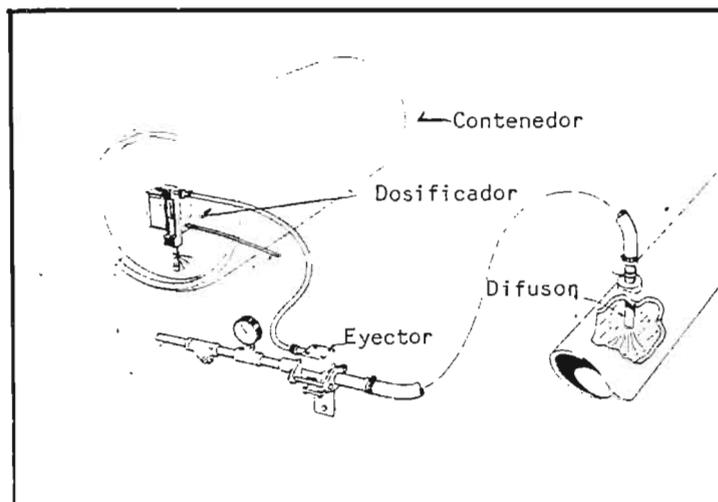


Fig. 5.10 "Montaje directo del regulador de vacío sobre cilindro de 2000 lb." (5)

MONTAJE CON MULTIPLE (MANIFOLD)

El montaje se hace en un manifold al cual ingresan varias líneas de cloro gas uniéndose en una sola hacia el clorador. (Ver fig. 5.11) Se utiliza en sistemas de hasta 500 lb./día de cloro.

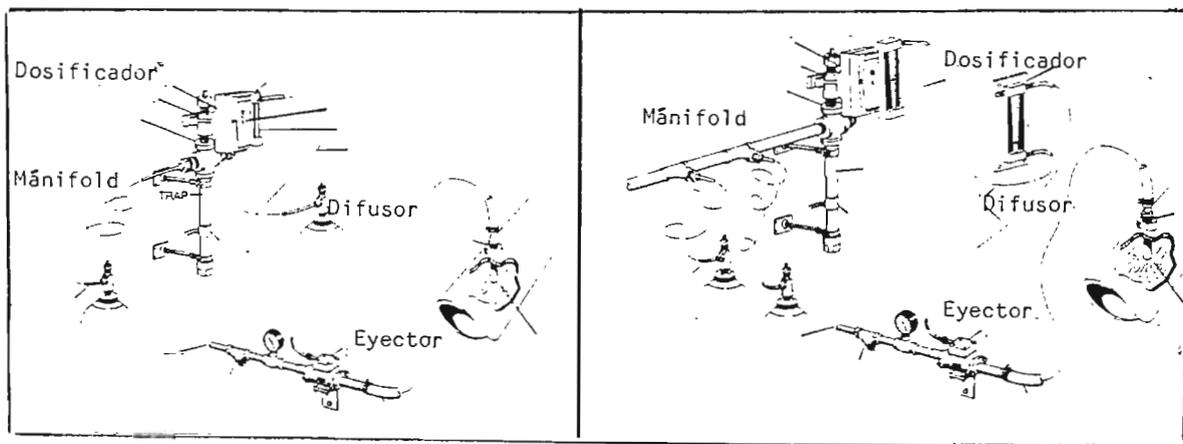


Fig. 5.11 "Montaje de regulador de vacío con Multiple" (5)

MONTAJE EN PARED O TABLERO

Las líneas de presión de gas se conectan al clorador. El clorador está empotrado en la pared o en una estructura sobre la pared y de éste se deriva la línea de vacío. Ver Fig. 5.12.

Se usa para sistemas de dosificación de 500 lb/día de cloro o más.

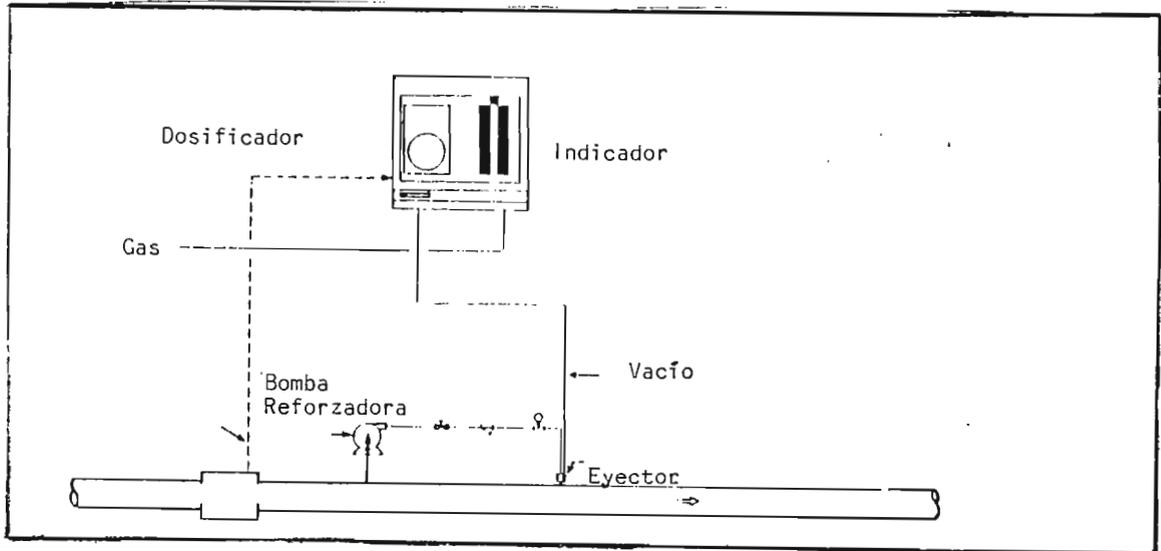


Fig. 5.12 "Montaje de regulador de vacío en pared" (5)

GABINETE DE CONTROL

Estos gabinetes se instalan sobre el suelo y pueden manejar sistemas de dosificación de hasta 10,000 lb/día de clo. Las líneas de presión se conectan al gabinete y de ésta se deriva la línea de vacío. Ver Fig. 5.13.

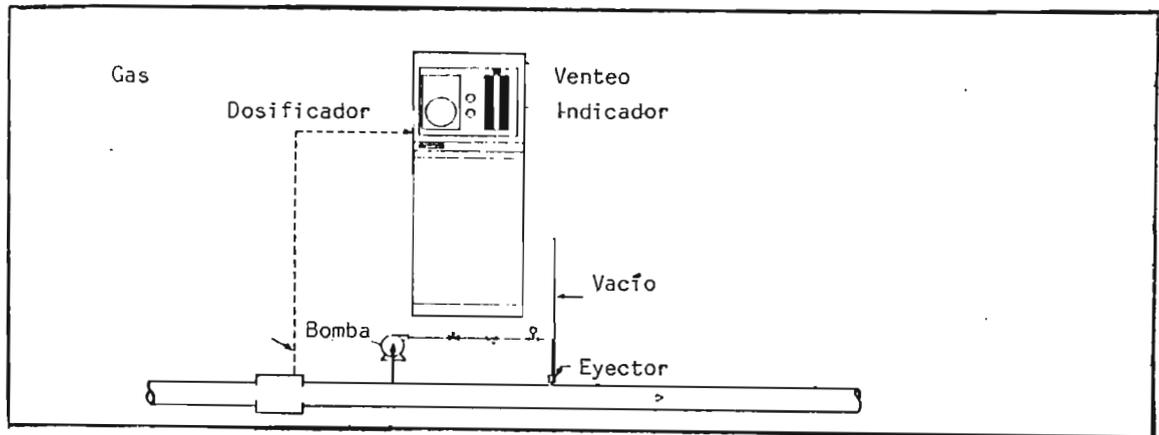


Fig. 5.13 "Montaje de regulador de vacío en gabinete" (5)

5.2.3 EYECTORES, LINEAS DE PRESION, LINEAS DE VACIO Y LINEAS DE SOLUCION DE CLORO

5.2.3.1 EYECTORES

Los eyectores tienen dos funciones importantes:

a) Producir el vacío.

El eyector produce un vacío (25 a 28 pulgadas de mercurio) y lo transmite hacia el dosificador succionando el cloro gas.

el clorador requiere un vacío nominal de 20 pulgadas de agua (1.5 pulgadas de mercurio) para una operación estable.

b) Mezclar el cloro y el agua.

El eyector está diseñado para mezclar el cloro gas con el agua y generar una solución concentrada de cloro para ser inyectada en el punto de aplicación.

Como la solubilidad del cloro es limitada la concentración de cloro en la solución puede llegar hasta un máximo de 6500 PPM a 25°C (Ver apéndice B). Mayores concentraciones causarán escapes de cloro de la solución sobre todo si el punto de aplicación es contra presión atmosférica.

OPERACION

El vacío se forma al pasar el agua a través de una combinación Boquilla-Garganta, es decir un dispositivo tipo Venturi.

El vacío depende de la velocidad del agua pasando a través del eyector y no de la cantidad de agua.

La velocidad es el primer factor crítico en la operación del eyector. La velocidad depende del diferencial de presión de agua entre la presión de suministro y la contrapresión.

El caudal a través del eyector es segundo factor crítico en la operación del eyector. El caudal necesario a través del eyector se limita a la mínima cantidad de agua necesaria para asegurar una concentración de cloro no mayor a 6500 PPM (25°C).

ESTRUCTURA BASICA

Los eyectores tienen los siguientes componentes:

- a) Entrada de agua/salida de solución
- b) Combinación boquilla garganta
- c) Entrada de gas
- d) Ensamble de válvula check

La combinación Boquilla-Garganta es la que permite la creación del vacío. El ensamble de válvula check sirve para prevenir que el agua o solución de cloro se introduzca en -

la línea de vacío.

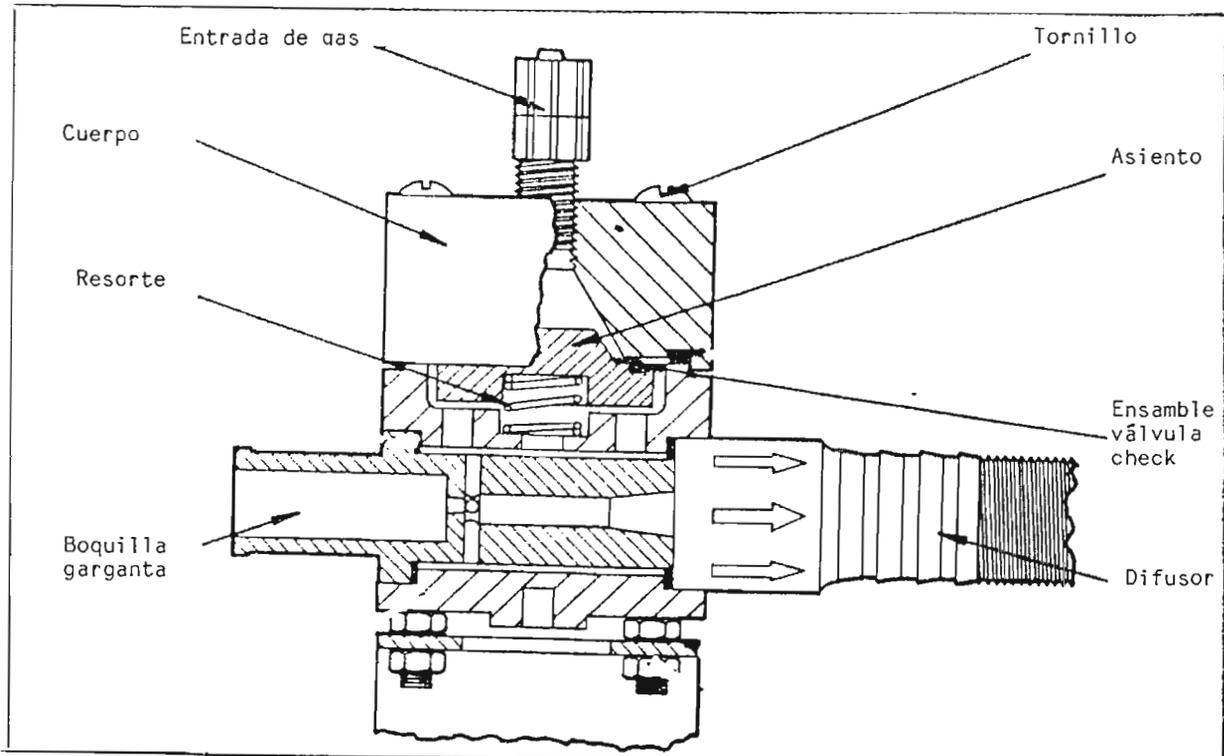


Fig. 5.14 "Partes del eyector" (5)

TIPOS DE EYECTORES

EYECTOR CONVENCIONAL

Se compone de los siguientes elementos básicos:

- a) Entrada de agua/ salida de solución
- b) Boquilla-Garganta
- c) Entrada de gas
- d) Ensamble de válvula check

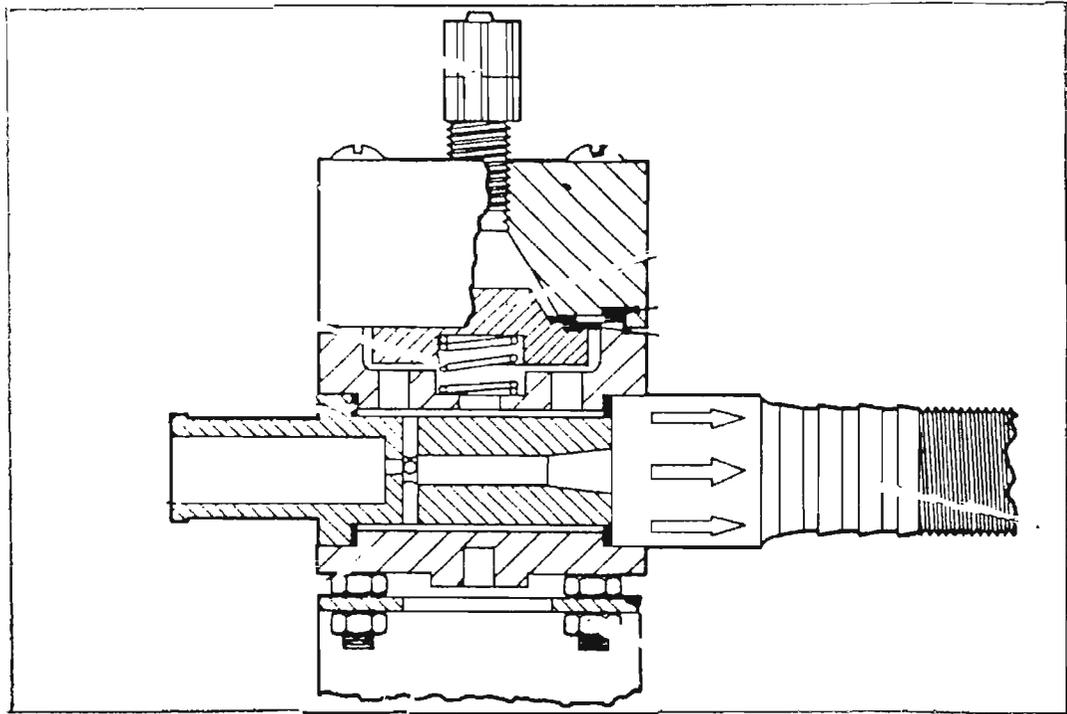


Fig. 5.15 "Eyector convencional"

Los eyectores convencionales se dimensionan en base a la máxima capacidad del dosificador. La tabla 6 muestra capacidades de dosificadores y tamaños de eyectores apropiados.

CAPACIDAD MAX. L5/DIA	TAMAÑO (PULG.)	TIPO DE CONECCION
100	3/4	Rosca
200	1 1/4	Rosca
500	1 1/4	Rosca
2000	2	Bridado
4000	3	Bridado
6000	3	Bridado
8000	4	Bridado
10,000	4	Bridado

Tabla 6 "Tamaños de eyectores en base a capacidades máximas de dosificación de cloro" (5)

La Fig. 5.16 Muestra un eyector bridado.

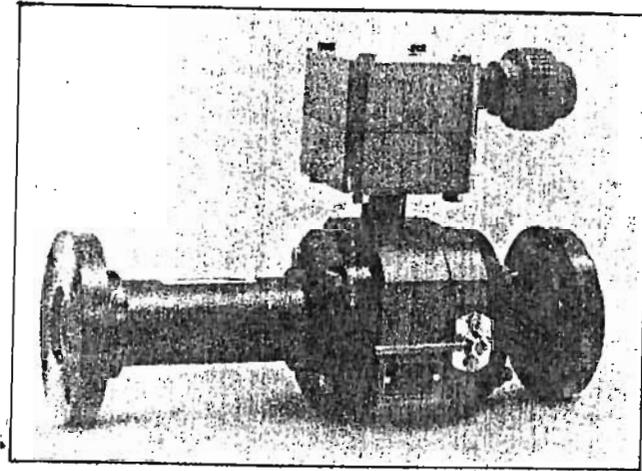


Fig. 5.16 "Eyector bridado" (5)

Para los eyectores convencionales la máxima contra presión que debe existir es 140 PSI. (5).

EYECTOR ANTISIFON

Este tipo de eyector se usa cuando se presentan casos de contra presión negativa. Ver Fig. 5.17.

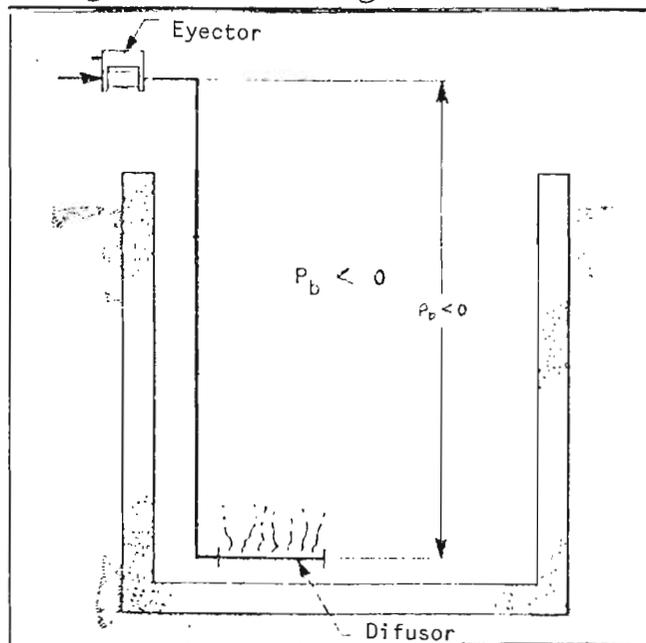


Fig. 5.17 "Aplicación para eyector anti sifón" (5)

La contra presión negativa se da cuando el eyector está sobre el nivel del agua, según la figura anterior 5.17.

En este caso al suspender el servicio de cloración la carga hidráulica presente en el difusor permitirá que aunque no haya flujo a través del eyector siempre habrá una condición de vacío que continuará succionando cloro puro y alimentándolo en la tubería. Cuando el sistema arranque nuevamente el gas será descargado en el punto de aplicación causando un excesivo brote de cloro gas el cual es capaz de causar daños personales o efectos corrosivos en las áreas inmediatas.

Los casos más usuales para este tipo de eyector son:

- a) Canales abiertos donde la contra presión es cero o menor que cero.
- b) Líneas de presión en las cuales dichas líneas puedan ser drenadas o vaciadas, creando un vacío en la línea.

Los eyectores antisifón se construyen comunmente para capacidades de alimentación de cloro hasta 500 libras por día, máximas contrapresiones de 50 psi y máximas presiones de suministro de 100 psi.

El eyector antisifón posee un mecanismo a base de resortes que abren el paso de la línea de vacío sólo cuando hay flujo de agua a través del eyector en la dirección correcta. Al no haber flujo de agua la línea de vacío se cierra fuertemente aunque haya carga negativa tratando de succionar el cloro en ausencia del flujo.

EYECTOR SIN DIAFRAGMA

Los eyectores sin diafragma se usan cuando la contra - presión es mayor que 140 psi y no menor a 20 psi, o cuando - son muy frecuentes los ciclos de arranque/parada del sistema.

Por las razones anteriores los diafragmas del ensamble de válvula check (interno del eyector convencional) se dañan causando fugas de agua hacia el sistema de vacío cuando el sistema para.

En el eyector sin diafragma se incorpora un ensamble de válvula check con mecanismo de resorte y sustituyendo el diafragma se encuentra un empaque tipo "0-ring" montado sobre el resorte. Este dispositivo cierra herméticamente cuando hay - flujo invertido y protege la línea de vacío. (5)

La fig. 5.18 muestra un eyector sin diafragma.

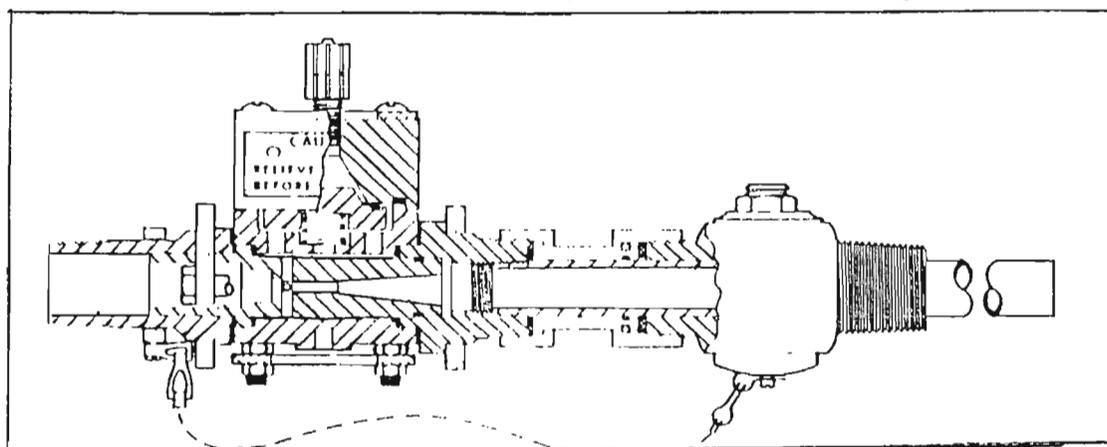


Fig. 5.18 "Eyector sin diafragma". (5)

EYECTOR DE ORIFICIO VARIABLE

Este tipo de eyectores se usan normalmente para instalaciones que no ocupan agua de recirculación para activarse y

y que experimentan además amplios cambios en las dosificaciones de cloro. Siendo usado en aplicaciones de altas dosificaciones (4000-10,000 Lb/día). (5)

Las figs. 5.19 y 5.20 muestran algunas instalaciones típicas.

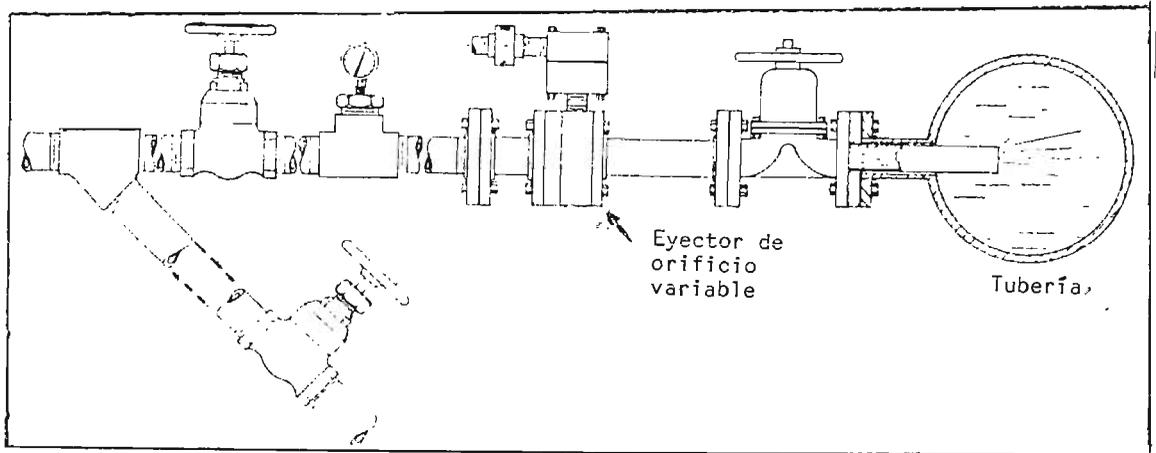


Fig. 5.19 "Ejector de orificio variable en tubería". (5)

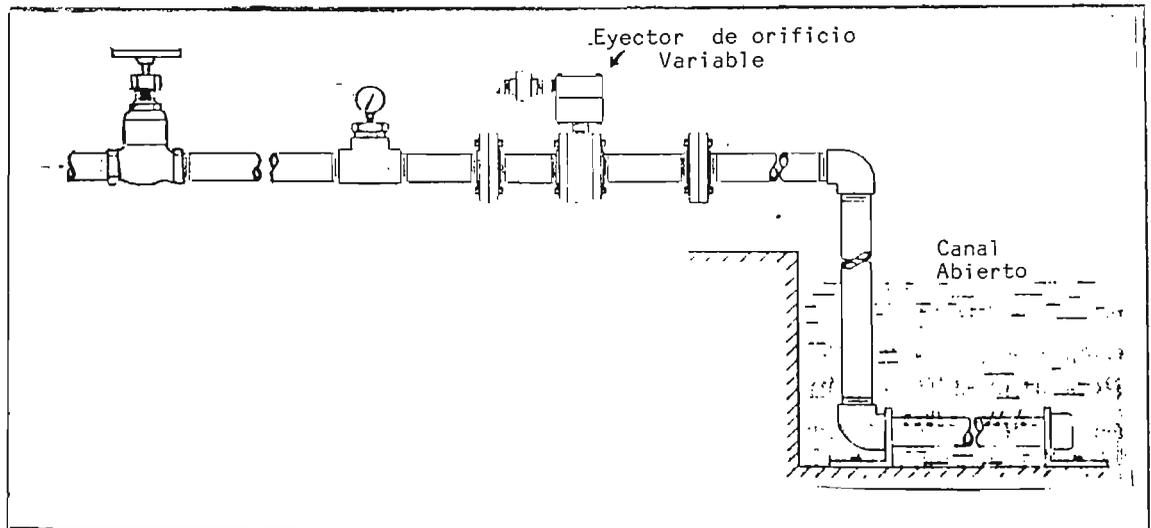


Fig. 5.20 "Ejector de orificio variable en canal"

Los eyectores de orificio variable pueden ajustarse en su orificio por medio de un dispositivo móvil de varias posiciones lo cual permite variaciones en la capacidad de succión del cloro.

SELECCION DE LA BOQUILLA DEL EYECTOR

La boquilla del eyector es la pieza de entrada de agua que reduce su diámetro para crear el vacío. Este diámetro reducido puede escogerse según la alimentación de cloro que se requiere. Para seleccionar la boquilla adecuada del eyector es necesario conocer 2 aspectos:

- a) La máxima capacidad del dosificador
- b) La contra presión a la salida del eyector

Es necesario escoger la boquilla del eyector para que se trabaje en condiciones de máximo aprovechamiento del vacío creado.

Con los datos de capacidad del dosificador y contra presión en el punto de aplicación los fabricantes de equipos de cloración publican en sus catálogos curvas basadas en estos datos, los cuales aportan información necesaria para la adecuada selección de eyectores. Ver apéndice D: "Curvas de eyectores" .

FORMAS DE INSTALACION DEL EYECTOR
EN EL PUNTO DE APLICACION

La fig. 5.21 muestra este tipo. En este caso el eyector va montado directamente en la línea de agua. Tiene la ventaja de que no existen líneas a presión de solución concentrada de cloro. Esta instalación es la más recomendable.

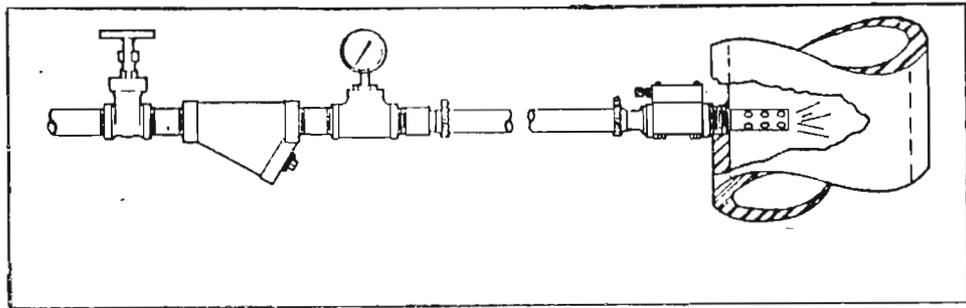


Fig. 5.21 Instalación en punto de aplicación" (5)

LEJOS DEL PUNTO DE APLICACION

La Fig. 5.22 muestra este tipo. En este caso el eyector se monta en un elemento fijo y deriva una manguera de presión conteniendo solución concentrada de cloro.

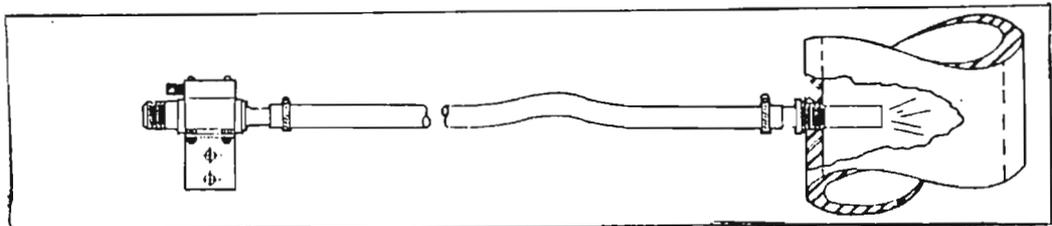


Fig. 5.22 "Instalación del eyector lejos del punto de aplicación". (5)

5.2.3.2 LINEAS DE VACIO DE CLORO

Las líneas de vacío que conducen el gas cloro desde el dosificador hasta el eyector deben ser de Polietileno o PVC cédula 80. La línea de venteo del dosificador también debe ser de Polietileno. El diámetro de las líneas de vacío depende de la cantidad de cloro que pasa por ella y de la longitud recorrida. La tabla 7 muestra algunos diámetros de línea de vacío dependiendo de la cantidad de cloro alimentado y de las longitudes recorridas.

DOSIS Lb/día	LONGITUDES (Pies)					
	100	200	330	690	990	1310
50	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"
100	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"	3/4"	3/4"
200	1/2"	5/8"	3/4"	3/4"	1"	1"
500	5/8"	3/4"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"
1000	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"
2000	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2"	2"
4000	1 1/2"	2"	2"	2 1/2"	2 1/2"	3"
6000	2"	2"	2 1/2"	2 1/2"	3"	3"
100,000	2"	2 1/2"	3"	3"	3 1/2"	4"

Tabla 7. Diámetro de líneas de vacío (5)

5.2.3.3 LINEAS DE PRESION DE GAS

Cuando el clorador no va montado sobre el contenedor y el gas es conducido por una línea hacia el dosificador. Dicha línea se conoce como línea de presión de gas de los contenedores hacia el dosificador. (5)

Las Figuras 5.23 y 5.24 muestran este tipo de instalación.

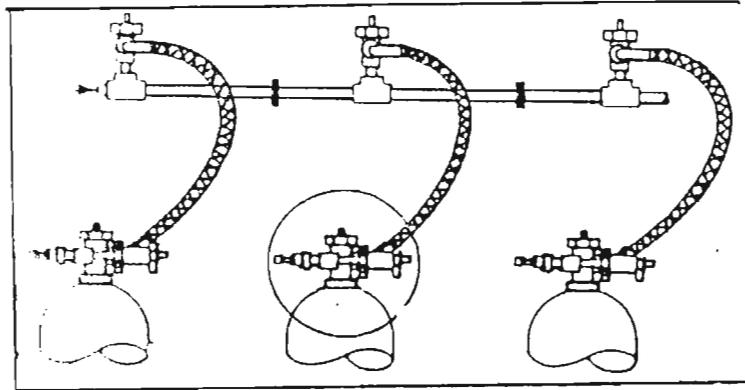


Fig. 5.23 "Línea de presión en cilindros de 150 lb." (5)

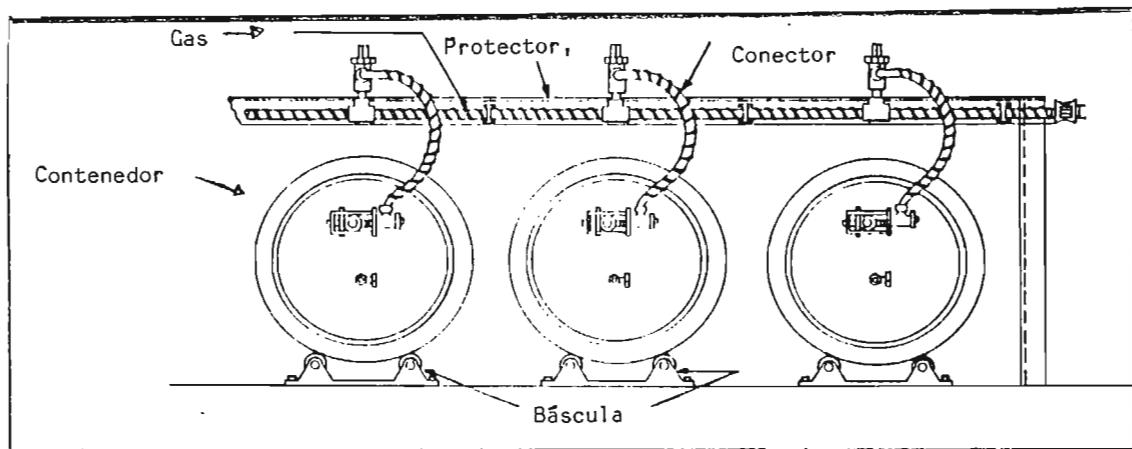


Fig. 5.24 "Líneas de presión de gas en cilindros de 2000 lb." (5)

Las líneas de presión de gas deben ser de acero al carbono sin costura, grado A, cédula 80, tipo S, ASTM A-106 de $3/4$ de pulgada de diámetro.

Las líneas de conexión entre contenedores y líneas de presión pueden ser conectores flexibles recubiertos de cadmio,

de diámetro 3/8 de pulgada.

5.2.3.4 LINEAS DE SOLUCION DE CLORO

Las líneas de solución de cloro pueden ser manguera de alta presión o PVC, de diámetro correspondientes a la salida del eyector(5).

La fig. 5.25 muestra la línea de solución de cloro en un sistema de cloración.

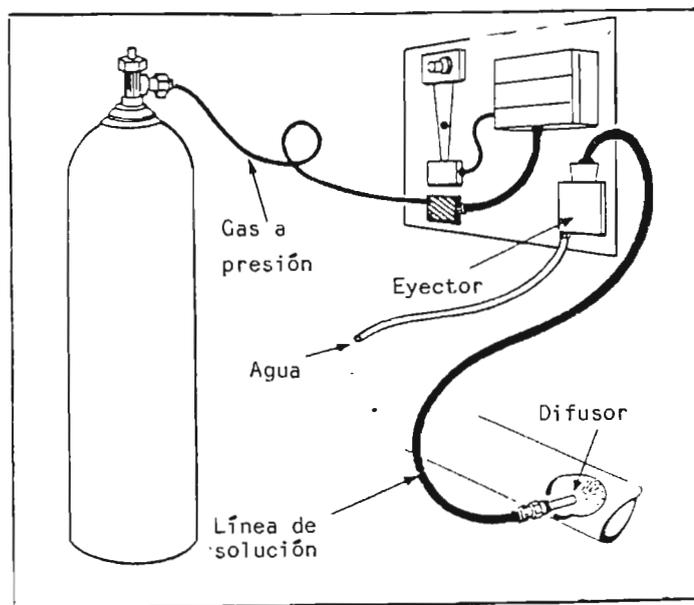


Fig. 5.25 "Líneas de solución de cloro". (5)

DIFUSORES

Los difusores son los elementos del sistema de cloración que emiten la solución de cloro en el punto de aplicación. Es tos pueden ser de varios tipos:

- a) Incorporados al eyector
- b) con grifos tipo Mueller
- c) Difusor de PVC para canal

Las figuras 5.26, 5.27 y 5.28 se muestran estos tipos de difusores.

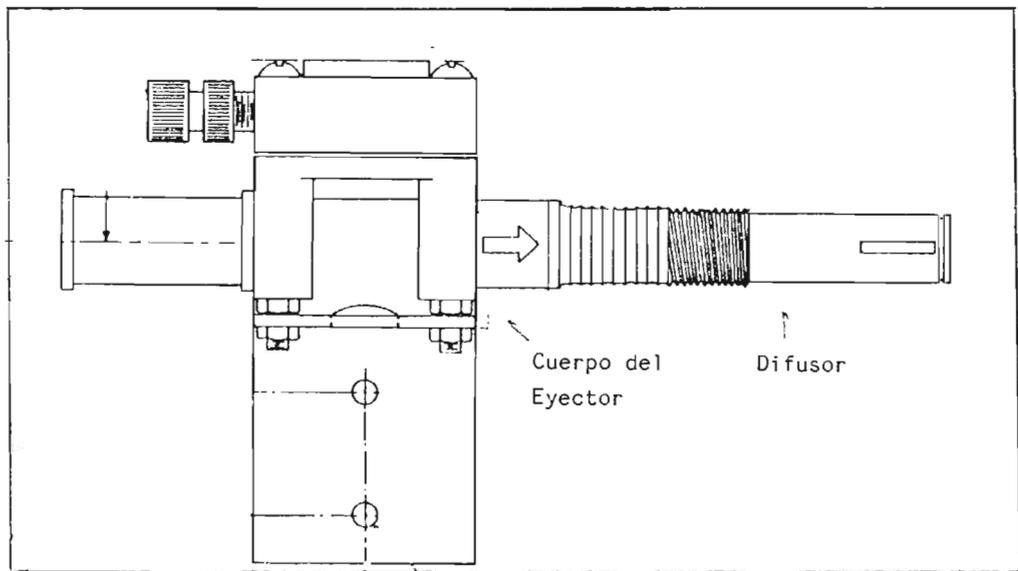


Fig. 5.26 "difusor incorporado al eyector" (5)

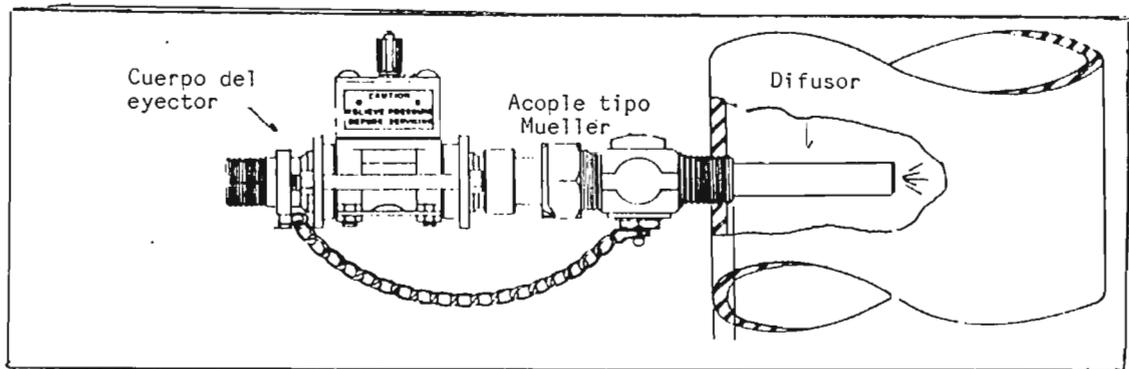


Fig. 5.27 "difusor con grifo tipo mueller" (5)

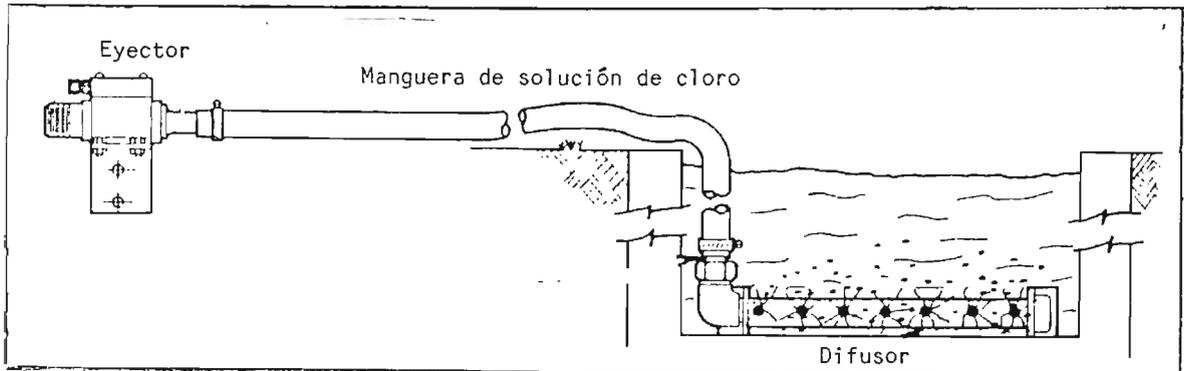


Fig. 5.28 "difusor de PVC para canal" (5)

5.2.4 BOMBAS REFORZADORAS (BOOSTER)

Las bombas reforzadoras, como su nombre lo indica, sirven para reforzar la presión de entrada al eyector y que se produzca el vacío necesario para que haya succión de cloro gas.

La selección y el dimensionamiento de las bombas reforzadoras es de mucha importancia para la operación adecuada del eyector. Si esta bomba no se selecciona apropiadamente el sistema de alimentación de gas no podrá operar adecuadamente. (5)

Basados en los conceptos básicos de esta sección "Consideraciones Hidráulicas" se pueden hacer las siguientes observaciones para la selección de la bomba reforzadora:

$$CDT = P_s + P_f - P_u \quad \text{Ecn.19}$$

$$CDT = P_s + P_f - P_u$$

$$CDT = P_s - P_b \quad \text{Enc.20}$$

Donde:

CDT: Carga dinámica total en términos de psi

Ps : Presión de succión psi

Pf : Pérdidas por fricción psi

Pu : Presión de succión de la bomba psi

Pb : Contra presión del sistema

La presión de suministro (Ps) puede ser obtenida de las curvas de las bombas. Esta presión de suministro obtenida de las curvas debe ser incrementada en un 20% de margen de seguridad.

Las pérdidas por fricción depende de la longitud recorrida desde la descarga de la bomba hasta el punto de aplicación.

En el apéndice E se muestran algunos datos de pérdidas por fricción en líneas de solución de cloro.

EJEMPLO DE APLICACION (5)

Un sistema de cloración dosificará 100 libras por día de cloro en una red de agua potable. La presión en el punto de aplicación de solución de cloro es 80 psi. Seleccione el eyector y la bomba reforzadora adecuada en los siguientes casos:

- a) Si el eyector se monta en pared y la solución de cloro se conduce por tubería PVC de 1 pulgada cédula 80 y el

punto de aplicación de cloro se encuentra a 200 pies de distancia del eyector.

- b) si el eyector se instala directamente en el punto de aplicación.

CASO a

1. Seleccionar la boquilla adecuada para 100 Lb/día de cloro (Ver apéndice D Fig. D.4)

La boquilla adecuada es la número 5.

Con el dato de presión en el punto de aplicación (Contra presión Pk) de 80 psi en el eje vertical de la gráfica se contra la curva y se lee en el eje horizontal la presión de inyección del eyector:

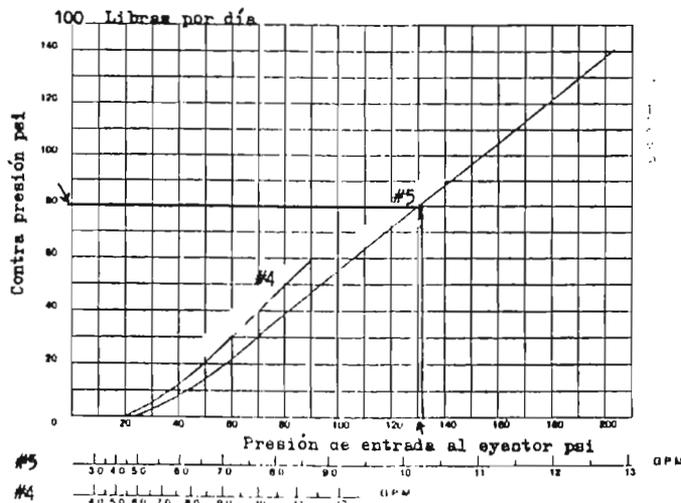


Fig. D.4 Apéndice D "Curva para Seleccionar boquilla de eyector máxima capacidad 100 lb/día" (5)

La presión de inyección del eyector es 132 psi a un caudal de 10.2 GPM.

2. Calcular las pérdidas por fricción en la línea de solución de cloro. (Ver apéndice E)

Las pérdidas por fricción para tubería PVC cédula 80 de 1 pulgada en un caudal de 10.5 GPM son aproximadamente 8.6 - pies de agua por cada 100 pies de tubería. Entonces para 200 pies:

$$200 \text{ pies} * \frac{8.6 \text{ pies de agua}}{100 \text{ pies}} = 17.2 \text{ pies de agua}$$

convirtiendo pies de agua a psi sabiendo que 1 psi= 2.31 pies de agua:

$$\frac{17.2 \text{ pies de agua}}{2.31 \text{ pies de agua}} * 1 \text{ psi} = 7.5 \text{ psi}$$

$$2.31 \text{ pies de agua}$$

Entonces las pérdidas por fricción son 7.5 psi

3. Calcular la contra presión real:

$$P_b = P_k + P_f$$

$$P_b = 80 \text{ psi} + 7.5 \text{ psi}$$

$$P_b = 87.5 \text{ psi}$$

La contra presión real es igual a 87.5 psi.

4. Reajuste de datos con la contra presión real.

Se regresa a la gráfica de la boquilla seleccionada y se reajustan los datos con la nueva contra presión.

con la nueva contra presión de 87.5 psi se corta la curva y se lee una nueva presión de inyección y un nuevo caudal de operación. Los datos obtenidos son:

Presión de inyección: 1.40 psi

Caudal: 10.7 GPM

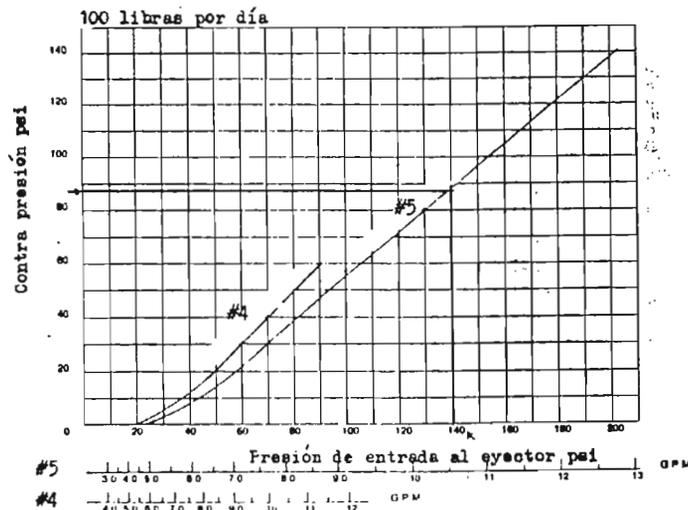


Fig. D.4 Apéndice D "Curva para Seleccionar boquilla de eyector máxima capacidad 100 lb/día" (5)

5. La presión de succión (P_u) se asume igual a la presión en el punto de aplicación (P_k). Ver Fig. 5.6.

6. Cálculo de los parámetros de la bomba:

"Carga Dinámica Total"

$$\text{CDT} = \text{Ps} + \text{Pf} - \text{Pu}$$

Donde:

CDT: Carga dinámica total en términos de psi

Ps : Presión de succión psi

Pf : Pérdidas por fricción psi

Pu : Presión de succión de la bomba psi

$$\text{CDT} = 140 + 7.5 - 80$$

$$\text{CDT} = 67.5 \text{ psi}$$

Convirtiendo la CDT a pies se tiene que:

$$\text{CDT} = 67.5 \text{ psi} * \frac{2.31 \text{ pies}}{1 \text{ pies}}$$

$$\text{CDT} = 155.93 \text{ pies}$$

"Caudal de Bombeo"

El caudal leído en la gráfica de la boquilla seleccionada de be ser aumentado en un 20% de margen de seguridad.

$$Q = 10.7 * 1.2$$

$$Q = 12.84 \text{ GPM}$$

Entonces el caudal de bombeo será 12.84 GPM.

La bomba reforzadora apropiada para este sistema deberá tener las siguientes características:

Carga dinámica total de 156 pies y caudal de bombeo de 12.84 GPM.

CASO b

En este caso no hay pérdidas por fricción en la línea de solución de cloro porque ésta no existe. Es decir $P_f = \text{cero}$.

1. Seleccionar la boquilla adecuada para 100 lb./día de cloro (ver apéndice D).

La boquilla adecuada es la número 5.

Con el dato de presión en el punto de aplicación (Contra presión P_k) de 80 psi en el eje vertical de la gráfica se corta la curva y se lee en el eje horizontal la presión de inyección del eyector.

La presión de inyección del eyector es 132 psig a un caudal de 10.2 GPM.

2. Las pérdidas por fricción en la línea de solución de cloro son igual a cero.
3. Calcular la contra presión real:

$$P_b = P_k + P_f$$

$$P_b = 80 \text{ psi} + 0.0 \text{ psi}$$

$$P_b = 80 \text{ psi}$$

La contra presión real es igual a 80 psi.

4. La presión de succión (Pu) se asume igual a la presión en el punto de aplicación (Pk). Ver fig. 5.6

5. Cálculo de los parámetros de la bomba:

"Carga Dinámica total"

$$CDT = P_s + P_f - P_u$$

Donde:

CDT: Carga dinámica total en términos de psi

P_s : Presión de succión psi

P_f : Pérdidas por fricción psi

P_u : Presión de succión de la bomba psi

$$CDT = 132 + 0 - 80$$

$$CDT = 52 \text{ psi}$$

Convirtiendo la CDT a pies se tiene que:

$$CDT = 52 \text{ psi} * \frac{2.31 \text{ pies}}{1 \text{ psi}}$$

$$CDT = 120.12 \text{ pies}$$

"Caudal de Bombeo"

El caudal leído en la gráfica de la boquilla seleccionada de be ser aumentado en un 20% de margen de seguridad.

"Caudal (Q)= 10.2 GPM

$$Q = 10.2 * 1.2$$

$$Q = 12.24 \text{ GPM}$$

Entonces el caudal de bombeo será 12.24 GPM.

La bomba reforzadora apropiada para este sistema deberá tener las siguientes características:

Carga dinámica total de 121 pies y caudal de bombeo de 12.24 GPM.

5.2.5 CONCEPTOS BASICOS PARA HIPOCLORACION (8)

Los aspectos hidráulicos que se necesitan conocer para el diseño de un sistema de hipocloración son:

- a) Determinación de la cantidad de hipoclorito que se va a dosificar.

Esta cantidad se da en unidades de flujo dosificado, ya sea galones por día de solución (GPD), litros por hora de solución (Lt/Hr), etc.

- b) Presión en el punto de aplicación

Cuando los hipocloradores son bombas dosificadoras, éstas tienen una máxima presión de inyección. Es necesario que la bomba dosificadora seleccionada posea una presión de inyección mayor que la presión en el punto de aplicación.

c) Mezcla de la solución

Si se utiliza hipoclorito de calcio (cloro granular) debe proveerse una adecuada mezcla a la solución. La mezcla puede ser hecha manualmente o por medios mecánicos con un agitador eléctrico. Siempre se formarán sedimentos (precipitación de sólidos de carbonato de calcio) al usar este tipo de hipoclorito. Si se utiliza hipoclorito de sodio (cloro líquido) la mezcla puede hacerse manualmente o por medios mecánicos y no habrá formación de sedimentos.

d) Control de nivel

Se recomienda usar un dispositivo de control de nivel en el tanque de solución de hipoclorito por medio del cual se controle la operación de la bomba dosificadora de forma que no succione cuando no hay solución en el tanque. Sin embargo, este control de nivel es opcional. El control de nivel puede hacerse visualmente. En este caso hay que estar pendiente de no dejar vacío el tanque de solución de cloro.

5.3 SEGURIDAD Y CLORACION

Los sistemas de cloración no causan accidentes o daños si éstos son usados correctamente por operadores entrenados.

Los factores clave en la operación segura de un sistema de cloración son:

- a) El equipo de seguridad apropiado.
- b) Los procedimientos de seguridad apropiados

5.3.1 EQUIPO DE SEGURIDAD APROPIADO

Sin el equipo y el entrenamiento adecuado en el uso de estos equipos el operador y los que trabajan cerca del sistema de cloración corren un riesgo.

Es necesario equipar un sistema de cloración con el siguiente equipo de seguridad:

- * Mascarillas anti gas
- * Equipo de reparaciones de emergencia
- * Equipo de ventilación
- * Detectores de cloro

5.3.1.1 MASCARILLAS ANTI GAS

Las mascarillas deben tener un contenedor con suficiente aire, con máscara de amplia visión que cubra todo el rostro. No son recomendables las mascarillas que cubren parcialmente el rostro ni aquellas que supuestamente filtran el cloro del aire que se respira.

Es imprescindible que la localización y el uso de la mascarilla sea del conocimiento de los operadores.

Es posible que las máscaras no queden bien puestas en rostros con barba o anteojos. Debe preverse esta situación. Usualmente los contenedores tienen capacidad aproximada de 30 minutos de duración y una alarma de indicación de falta de aire.

Las mascarillas no deben ser colocadas dentro de la casetta de cloración sino en algún punto cercano fuera del área contaminada.

Se recomienda que las mascarillas y contenedores sean revisados periódicamente y que se disponga a contenedores de aire extra para reparaciones prolongadas.

También es recomendable hacer un simulacro de reparación de fugas para mantener el entrenamiento en el uso de las mascarillas.

La figura 5.29 muestra un hombre usando una mascarilla con su respectivo contenedor de aire.

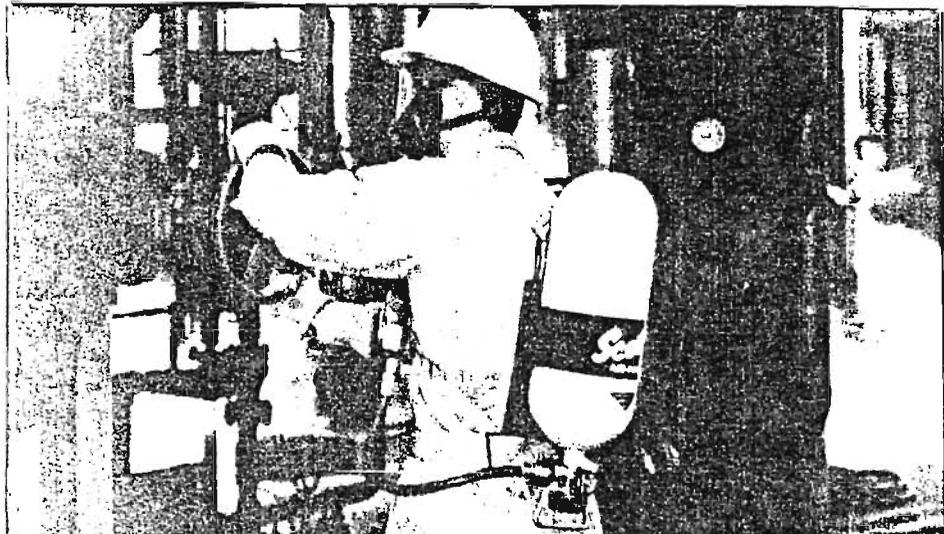


Fig. 5.29 "Operador con mascarilla anti cloro gas" (6)

5.3.1.2 EQUIPO DE REPARACIONES DE EMERGENCIA

Estos equipos contienen herramientas y dispositivos para detener las fugas en contenedores y tuberías de gas cloro.

Los equipos vienen en estuches para diferentes casos:

- a) Fugas en cilindros de 150 libras de cloro
- b) Fugas en contenedores de tonelada
- c) Fugas en camiones y vagones de transpote de cloro

las figuras 5.30 y 5.31 muestran estos equipos.



Fig. 5.30 "Estuche de reparaciones de emergencia para cilindros de 150 lb." (6)

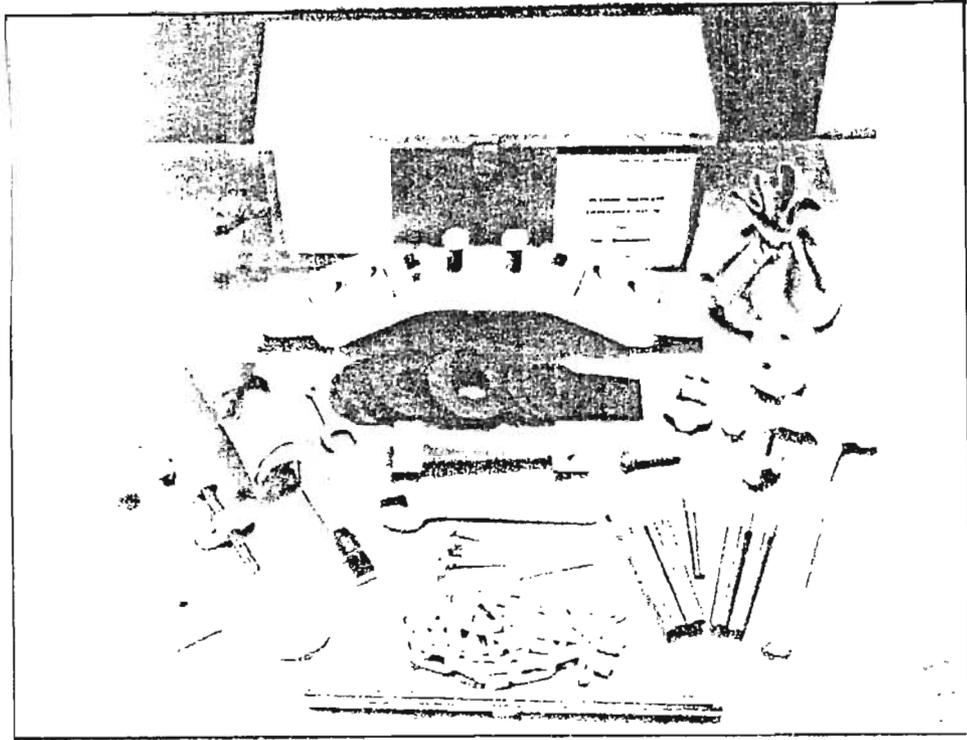


Fig. 5.31 "Estuche de reparaciones de emergencia para cilindros de 2000 lb." (6)

5.3.1.3 VENTILACION ADECUADA

Puesto que el gas cloro es 2.5 veces más pesado que el aire, éste tiende a depositarse cerca del suelo cuando hay fugas. Las casetas de cloración deben ser de paredes selladas y las puertas deben abrirse hacia afuera.

Debe colocarse un extractor de aire a prueba de cloro al nivel del suelo y debe haber entradas de aire fresco en la parte alta de las paredes de la caseta. Es recomendable que el extractor arranque al encender la luz de la caseta de cloro.

ración.

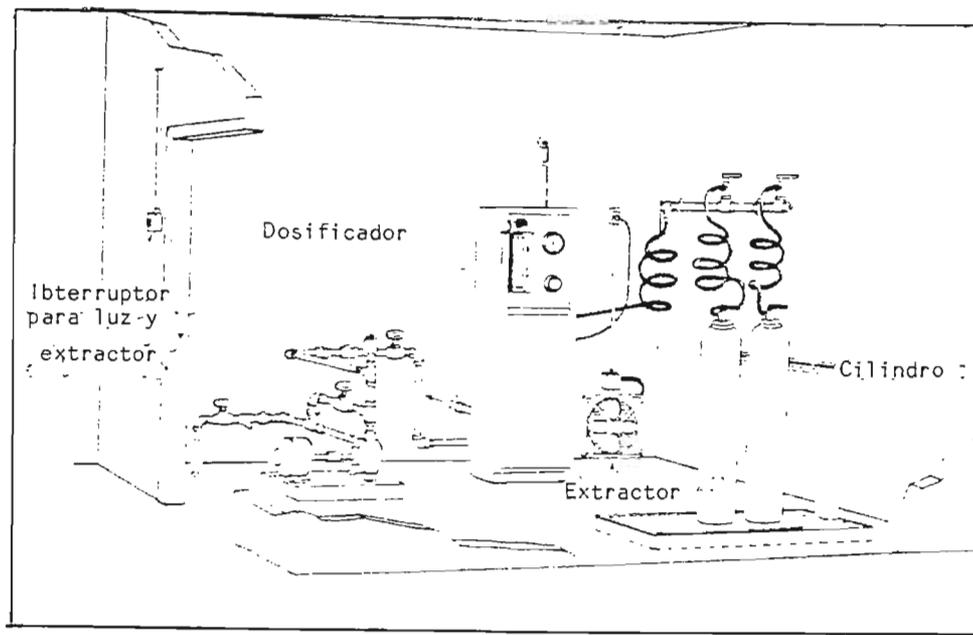


Fig. 5.32 "Caseta con ventilación". (1)

5.3.1.4 DETECTOR DE CLORO (1)

Es recomendable instalar un detector de cloro en la caseta de cloración. Este dispositivo es capaz de detectar concentraciones tan pequeñas de cloro en el aire que son imposibles de detectar por el olfato humano.

Un detector de cloro puede dar una señal preventiva temprana de forma que se pueda detener una fuga antes de que sea muy grande.

el detector funciona analizando el aire que pasa entre dos electrodos. Una alta concentración de cloro producirá un incremento en la corriente que pasa a través de los electro-

dos. Un circuito sensitivo detecta este cambio y activa una alarma visual o auditiva. La sensibilidad de los detectores de cloro es tanta que responde a concentraciones menores de 1 parte por millón (PPM) de cloro en el aire.

5.3.2 PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD APROPIADOS

Estos procedimientos son las formas correctas de manejar los sistemas de cloración. Los procedimientos apropiados deben cubrir:

- * Precauciones básicas para almacenamiento y manejo de cilindros y contenedores de toneladas.
- * Pasos básicos para conexión y desconexión de cilindros y contenedores de tonelada.
- * Procedimientos a seguir en caso de fugas de cloro.
- * Procedimientos de primeros auxilios para personas dañadas por efecto del cloro. (Ver apéndice G).

5.4 PROBLEMAS COMUNES EN SISTEMAS DE CLORACION. PRACTICA DE MANTENIMIENTO.

5.4.1 CLORO GAS

5.4.1.1 FUGAS DE CLORO GAS

Este es uno de los problemas de mayor atención en los sistemas de cloro gas. las fugas ocurren mayoremente en las tuberías.

rías presurizadas entre los dosificadores y los contenedores. Cada unión, cada válvula, accesorio, manómetro, etc. es susceptible a tener una fuga.

El método usual de determinación de fugas de cloro es - abriendo una botella de solución de amoníaco y acercándola al lugar donde se sospecha que está la fuga permitiendo que el - vapor de amoníaco reaccione con el cloro formando una nube - blanca de cloruro de amonio.

Este método del amoníaco no es capaz de detectar fugas - pequeñas de cloro. las fugas pequeñas pueden permanecer va - rias semanas sin ser detectadas, a menos de que el operador - busque las señales que caracterizan una fuga:

- * Decoloración del metal donde se da la fuga.
- * Humedad en el punto de la fuga.

Las tuberías de cloro poseen un recubrimiento de cambio el cual puede ser removido por una fuga de cloro. Luego el metal de la tubería, cobre o bronce, se tornará rojizo y aparecerá un depósito verde de cloruro del metal.

Cuando las tuberías están pintadas, la mejor señal de fugas de cloro será la formación de gotitas de agua alrededor - de la fuga o debajo de ésta.

Cuando hay fugas severas en las tuberías, las válvulas - de los contenedores deberán ser cerradas, desconectar el yugo de ensamble y dejar funcionando el eyector para evacuar el -

cloro remanente en las tuberías.

Es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos para evitar fugas de cloro:

1. Cambiar el empaque de plomo en la unión del cilindro y el dosificador cada vez que cambia contenedor.
2. Cada vez que se ponga o quite un accesorio roscado debe limpiarse la rosca con cepillo de alambre y empacar la rosca con cinta teflón.

5.4.1.2 VALVULAS DE CONTENEDOR ATASCADAS

Cuando las válvulas de los contenedores se atascan éstas serán difíciles de abrir y cerrar. La mayoría de las válvulas atascadas pueden ser liberadas abriéndolas y cerrándolas varias veces. Estas válvulas NO deben ser lubricadas para facilitar su operación. Si aún así no responden entonces será conveniente consultar al fabricante del contenedor.

5.4.2 PROBLEMAS AL USAR HIPOCLORITOS (1)

Los problemas más comunes de los hipocloritos suelen ser:

- * Atascamiento del equipo
- * Diafragmas rotos

5.4.2.1 ATASCAMIENTO DEL EQUIPO

El atascamiento de las bombas dosificadoras se debe a depósito de carbonato de calcio CaCO_3 en 2 partes del equipo:

- * El cabezal de la bomba dosificadora
- * Mangueras de succión y descarga de solución

La formación de depósitos de carbonato de calcio se produce cuando la concentración de hipocloritos es muy alta, es decir arriba del 5%. También cuando el agua con la que se prepara la solución posee alta dureza de calcio.

Estos depósitos de carbonato de calcio pueden ser removidos bombeando una solución diluida (5%) de ácido clorhídrico, también conocido como ácido muriático.

Antes de remover los depósitos de las bombas dosificadoras y las mangueras con ácido muriático es necesario enjuagar el sistema con agua para evacuar restos de solución de hipoclorito.

Otro problema que se da en estos sistemas es el atascamiento de la bomba desosificadora por lodos de hipocloritos de calcio no disueltos.

Cuando haya sedimentación en el fondo del tanque de solución la bomba succionará sedimentos que producirán atascamiento.

Estos problemas de atascamiento se dan en la cloración con hipoclorito de calcio (cloro granular), no así en la cloración con hipoclorito de sodio (cloro líquido).

5.4.2.2 DIAFRAGMAS ROTOS

Es recomendable la revisión de diafragmas regularmente para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas.

La mejor indicación del correcto funcionamiento de un diafragma es el efluente de solución de hipoclorito a través de la manguera de descarga. Esta puede ser una inspección visual.

5.5 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE CLORACIÓN. PRACTICAS OPERACIONALES. (5)

5.5.1 CLORADORES DE GAS

Estos equipos deberán poseer los siguientes componentes:

- * Regulador de vacío
- * Rotámetro y válvula dosificadora
- * Válvula de alivio
- * Eyector-difusor
- * Indicador de existencia de gas

5.5.1.1 REGULADOR DE VACIO

El regulador de vacío va acoplado directamente al suministro de gas por medio del yugo con sus respectivos empaques de plomo. El vacío será controlado por un regulador de diafragma con resorte opuesto, el cual se cerrará ajustadamente ante la pérdida del vacío, Ver Fig. 5.33

5.5.1.2 ROTAMETRO Y VALVULA DOSIFICADORA

El rotámetro indicará la cantidad de cloro pasando a través

través del dosificador por medio de una bolilla flotante. El rotámetro será de vidrio con lecturas de cantidades de cloro dosificado en libras por día ó kilogramos por hora. Estas capacidades de los rotámetros dependen del tamaño del sistema de aplicación de cloro. Ver Fig. 5.33.

La válvula dosificadora controlará el paso de cloro dis-minuyendo o aumentando dicha cantidad cuando se gira a uno y otro lado. Ver Fig. 5.33.

5.5.1.3 VALVULA DE ALIVIO

La válvula de alivio previene que la presión suba en el sistema por medio de un diafragma que evacuará la sobrepre - sión por medio del venteo. Ver fig. 5.33!

5.5.1.4 EYECTOR-DIFUSOR

El ensamble eyector-difusor recibe todo el flujo de gas proveniente del dosificador y recibe también el agua que activa el eyector. Esta agua crea un vacío que succiona el cloro mezclándose ambos para formar la solución de cloro e inyectarla en el punto de aplicación.

El eyector estará dotado internamente de una válvula - check la cual servirá para prevenir la introducción de agua dentro del dosificador. Cuando hay paro de suministro de agua automáticamente se pierde el vacío y por consiguiente la succión del cloro gas. El funcionamiento básico del eyector se

basa en el principio del venturi. Ver Fig. 5.34.

El difusor tiene como objetivo distribuir la solución de cloro en el punto de aplicación. Básicamente es un tubo perforado.

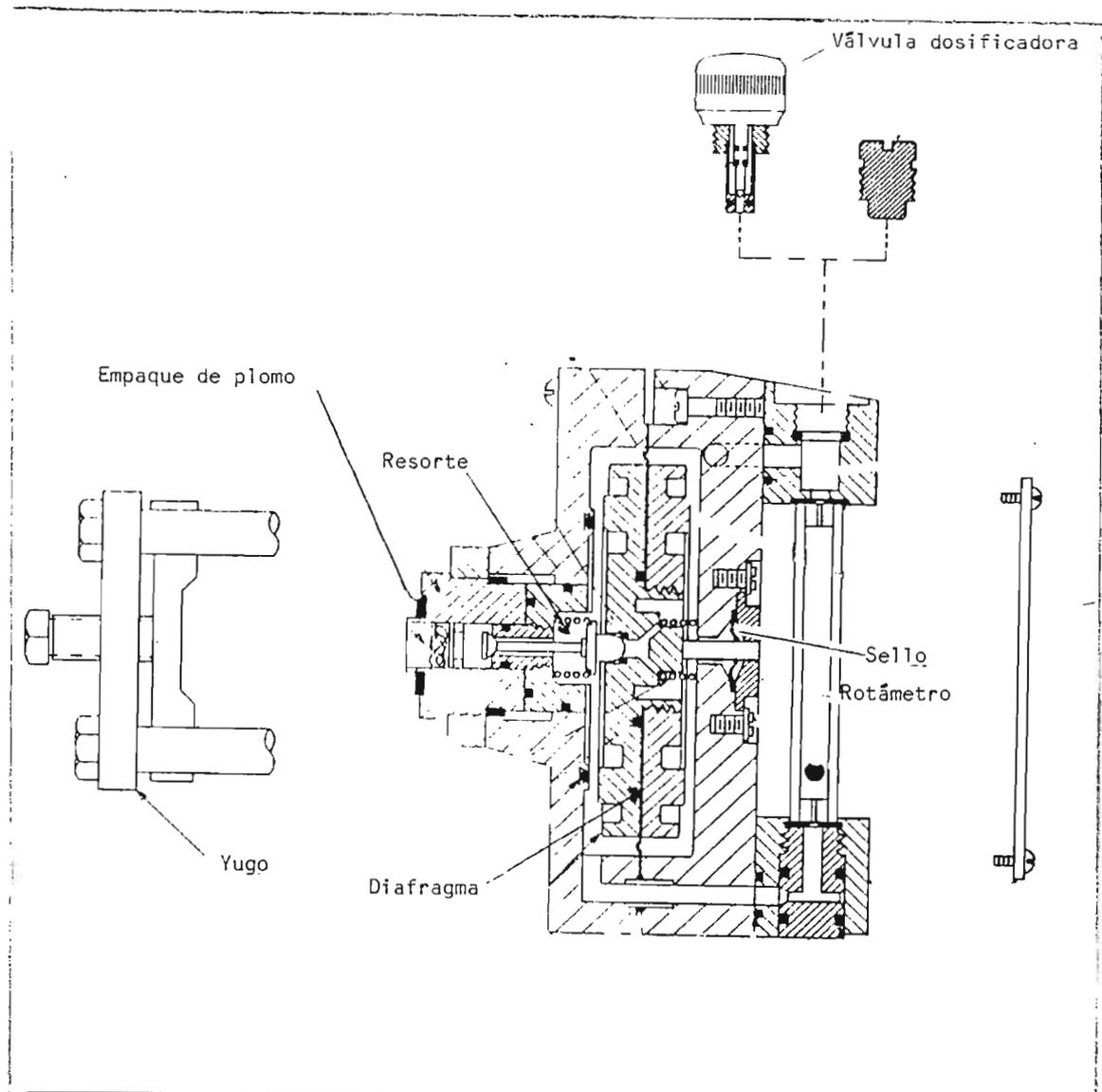


Fig. 5.33 "partes del clorador de gas" (5)

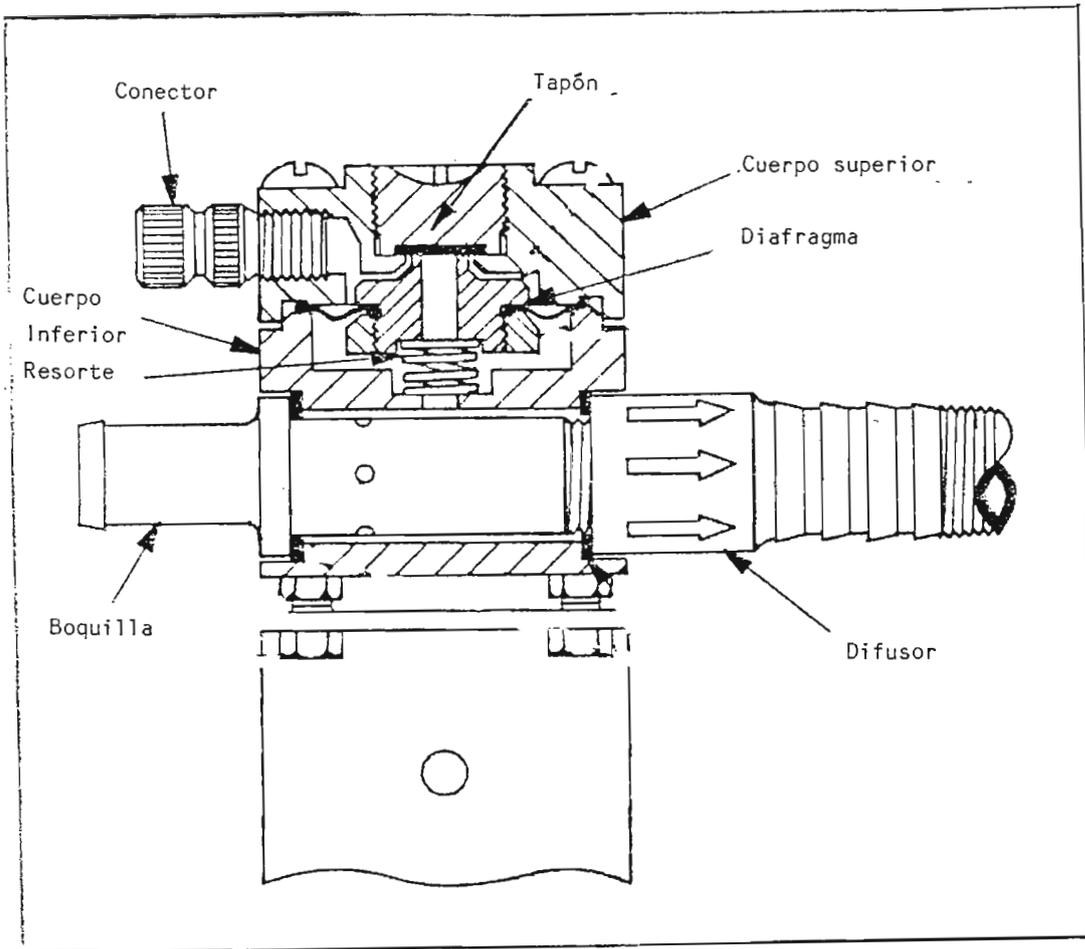


Fig. 5.34 "Partes del eyector" (5)

5.5.2 HIPOCLORADORES (8,9,10)

Los hipocloradores son generalmente bombas dosificadoras.

Estas bombas pueden ser de varios tipos:

- Bomba de diafragma
- Bomba de pistón-diafragma
- bomba electrónica de pulsos

5.5.2.1 BOMBAS DE DIAFRAGMA

Estas bombas son activadas por un motor eléctrico, a diferentes velocidades, provocando un movimiento excéntrico rotatorio. Por medio de esta rotación excéntrica se moviliza un diafragma. Cuando el diafragma se mueve hacia adelante se produce la descarga de solución y cuando el diafragma retorna por la acción de un resorte se produce la succión.

Las dosificaciones pueden ser reguladas manualmente por un maneral que ajusta la velocidad del movimiento del diafragma.

La Fig. 5.35 muestra un hipoclorador de diafragma.

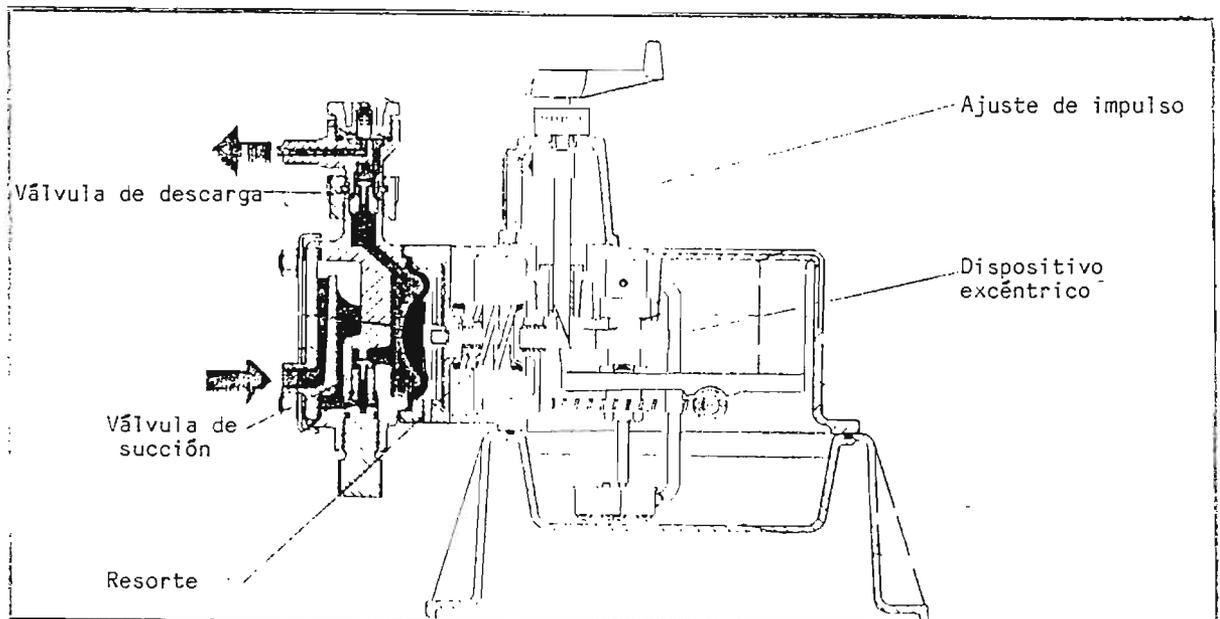


Fig. 5.35 "bomba de diafragma" (9)

5.5.2.2 BOMBAS DE PISTON-DIAFRAGMA

La única diferencia entre esta bomba y la de diafragma estriba en que en la bomba de diafragma hay un resorte que ejecuta la acción de succión, pero en el caso de la bomba de pistón-diafragma la acción de succión y descarga la ejecuta un pistón que activa el diafragma hacia atrás y adelante.

El pistón es accionado por el movimiento excéntrico de un motor.

La Fig. 5.36 muestra este tipo de bomba.

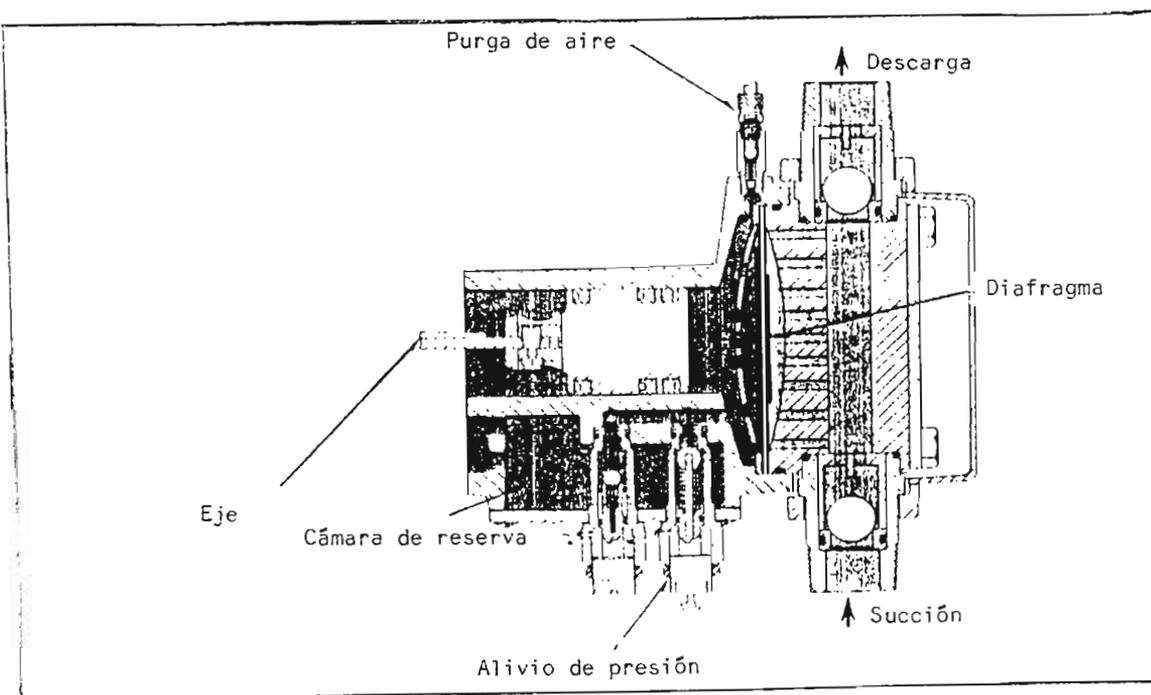


Fig. 5.36 "bomba de pistón-Diafragma" (9)

5.5.2.3 BOMBAS ELECTRONICAS DE PULSOS

En éstas bombas unos pulsos de voltaje variable activa un dispositivo solenoide que mueve un eje que empuja el diafragma hacia adelante provocando la descarga y un resorte hace que el diafragma retorne provocando la succión. La frecuencia de pulsos es ajustable manualmente de acuerdo a la dosis requerida.

La fig. 5.37 muestra este tipo de bomba.

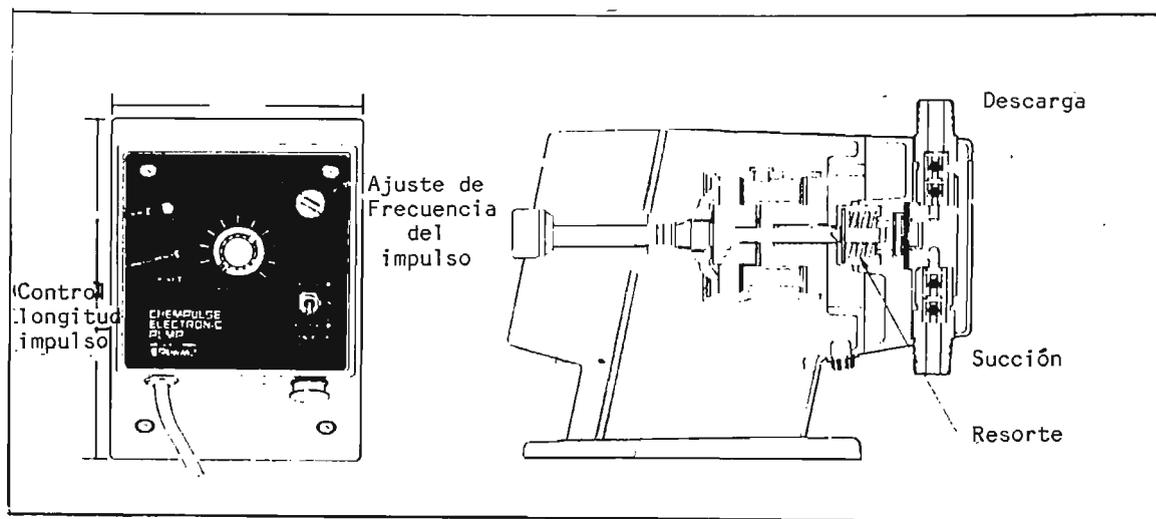


Fig. 5.37 "Bomba electrónica de pulsos". (9)

CAPITULO VI

ANALISIS ECONOMICO ENTRE LOS SISTEMAS DE CLORACION DE AGUA

La comparación económica de los sistemas de cloración se basa en los siguientes aspectos:

- Costos de los equipos dosificadores. (Inversión inicial)
- Costos del tipo de cloro empleado. (Costo de operación)

6.1 COSTOS DE LOS EQUIPOS DOSIFICADORES

Para poder establecer límites en la selección de los sistemas de cloración, se puede decir que los costos de inversión de los equipos dosificadores, depende de la dosificación del cloro inyectado en el caudal de agua que, se va a tratar.

6.2 COSTO DE OPERACION

Para sistemas cuya dosificación de cloro es menor o igual a 3 libras por día es posible usar hipocloritos o cloro gas.

Para sistemas cuya dosificación de cloro es mayor que 3 libras por día se recomienda utilizar únicamente cloro gas.

Sin embargo los hipocloradores son capaces de alimentar soluciones de hipoclorito que equivalen a dosificar hasta un máximo de 450 libras por día de cloro 100%. Para estos casos es necesario evaluar los costos de operación. (1).

Los costos de contenedores de cloro gas pueden considerarse de la siguiente forma:

Cilindro nuevo para contener 150 libras de cloro=¢ 2000.00(3)

Cilindro nuevo para contener 2000 libras de cloro=¢ 15,000.00(3)

Las Fig. 6.1 y 6.2 muestran costos de equipos dosificadores. - (5,10).

Fig.6.1 COSTOS CLORADORES DE GAS

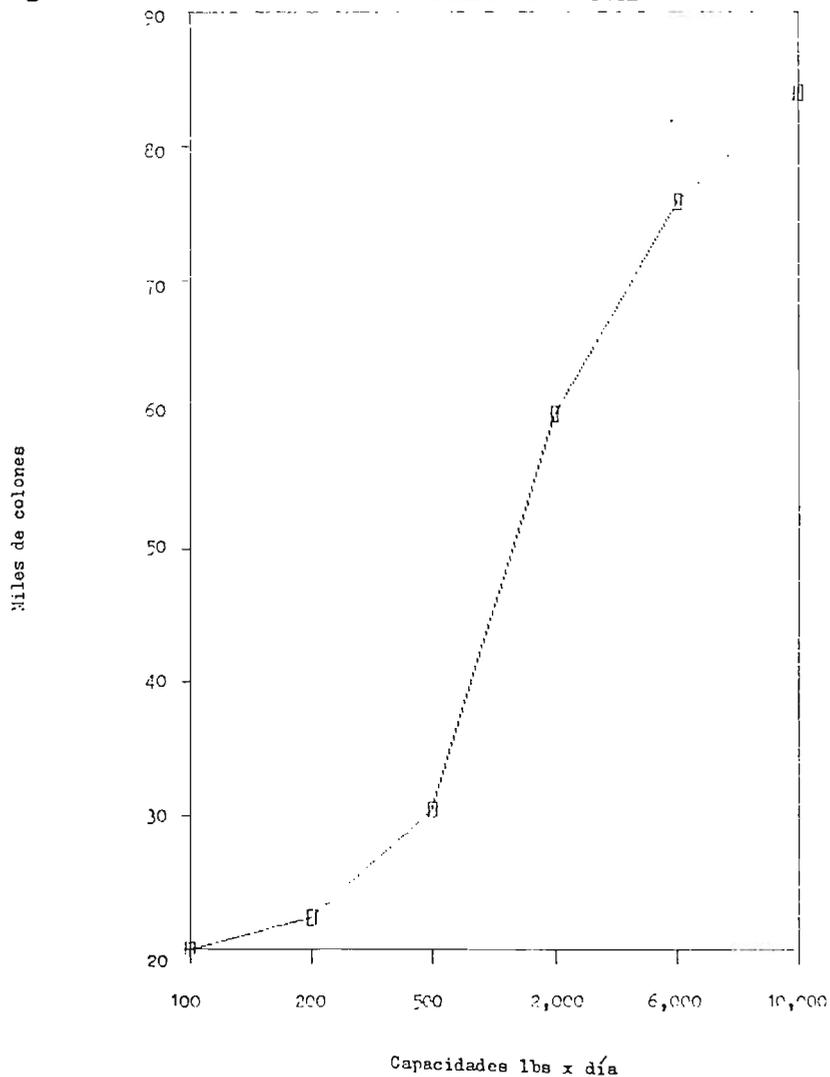
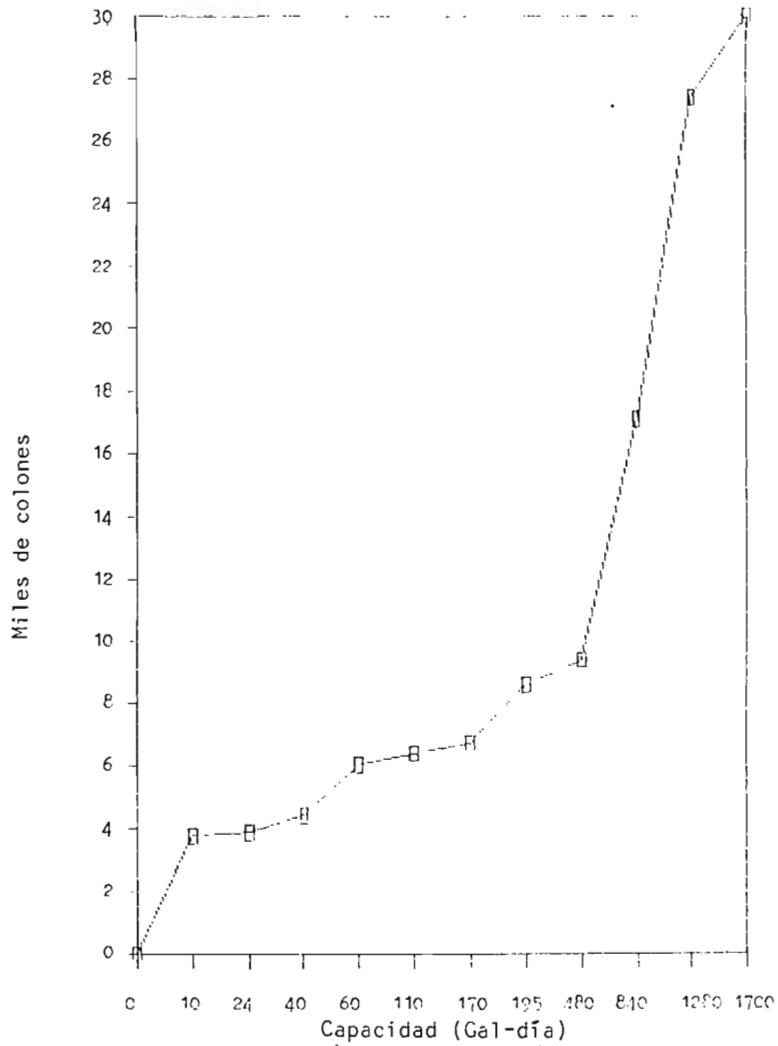


Fig.6.2 COSTOS HIPOCLORADORES



Para poder comparar los costos de equipos dosificadores se debe tener como base las libras por día de cloro 100% que se necesita alimentar.

con este dato se va a la figura 6.1 y se lee en el eje horizontal la capacidad del dosificador, se sube a cortar la curva y se lee en el eje vertical el costo del equipo.

Por ejemplo un dosificador de 200 libras por día cuesta 23,000 colones aproximadamente.

ahora para calcular el costo de un equipo similar con hi poclorito de calcio al 65% se dividen las libras por día de cloro 100% entre 0.65, fracción de contenido de cloro, para obtener las libras reales de cloro granular:

Libras reales: $200/0.65$

Libras reales: 307.7 libras de hipoclorito de calcio al 65%

Luego estas libras reales se dividen entre 0.42 para con vertirlas en galones por día de solución de hipoclorito 5%.

GPD: $307.7/0.42$

GPD: 732.6 galones por día.

Con este datos e va a la tabla 6.2 y se lee en el eje - horizontal los 732.6 GPD, se debe cortar la curva y se lee en el eje vertical el costo. Aproximadamente 14,000 colones. versus 23,000 colones que cuesta el dosificador de gas.

Además debe considerarse que en sistemas de cloro gas - hay que invertir en los cilindros. La cantidad de cilindros dependen de la cantidad de cloro que se gasta. A mayor cantii dad de cilindros requeridos mayor es la inversión inicial.

6.2 COSTO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CLORO (1991)

Hipoclorito de calcio (65%) = 9.00 colones/libra

Equivale a cloro 100% = 13.86 colones/libra

Hipoclorito de sodio (15%) = 7.00 colones/galón
 Equivale a cloro 100% = 4.60 colones/libra
 Cloro gas(100%) = 1.50 colones por libra.

6.3 EJEMPLO DE ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS

Ejemplo 1.

El agua de un acueducto debe ser desinfectada con cloro y se necesita saber cual es el sistema de cloración más económico.

El acueducto conduce 25 GPM a una presión de 20 psi y requiere, según análisis realizado por el laboratorio, una dosis de 3 PPM para satisfacer la demanda de cloro.

Costeo del sistema de cloro gas:

Basados en la sección "concentración de este manual, los cálculos a efectuar son:

Libras x día de cloro= GPM * 0.012 * PPM

Libras x día de cloro= 25 * 0.012 * 3

Libras x día de cloro= 0.9

dosificador necesitado: máxima capacidad 100 libras por día.

Según la Fig. 6.1 el costo de este dosificador es aproximadamente 20,000.00 colones.

Uso anual de cloro gas: 0.9 lb. x día * 365 días

Uso anual de cloro gas: 328.50 libras

Costo anual de cloro: 328.5 libras x 1.50 colones libra

Costo anual de cloro: 492.75 colones

Cantidad y tipo de cilindro a utilizar:

Cada cilindro pequeño contiene 150 libras de cloro gas. Si se usan 0.9 libras día el cilindro durará:

$150 \text{ lb} / 0.9 \text{ l/día} = 167 \text{ días}$, aproximadamente 6 meses

Esto lleva a la conclusión que se necesita el número mínimo de 2 cilindros para la operación de este sistema.

La inversión por 2 cilindros, cuyo precio unitario es de 2,000.00 colones, será de 4,000.00 colones.

Total de costos:

Dosificador: ₡ 20,000.00

Cloro (1 año): ₡ 492.75

Cilindros: ₡ 4,000.00

Inversión total: ₡ 24,000.00 colones

costo anual de cloro: ₡ 492.75

Costeo del sistema de hipoclorito de calcio:

Basados en la sección "Concentración de este manual, los cálculos a efectuar son:

Galones por día solución hipocloritos = $\text{lb} \times \text{día de cloro gas} / 0.42$.

Galones por día hipoclorito = $0.9 / 0.42$

Galones por día hipoclorito= 2.14

El equipo hipoclorador deberá tener una capacidad promedio de 2.14 galones por día de alimentación.

Según la Fig. 6.2 el costo de un hipoclorador para máxima capacidad 5 galones por día es de 7,600.00 colones.

Uso anual de hipoclorito:

Libras x día de hipoclorito= libras x día de cloro gas/ 0.7

Libras x día de hipoclorito= 0.9/0.7

Libras x día de hipoclorito=1.30 lb/día

1.30 lb/ día *365 días = 474.50 libras al año de hipoclorito.

Costo anual de hipoclorito:

474.50 libras * 9.00 colones/libra = 4,270.50 colones al año.

Total de costos:

Dosificador de hipoclorito: ¢ 7,600.00

Hipoclorito (1 año): ¢ 4,270.50

Inversión total: ¢ 7,600.00

Costo anual de hipoclorito: ¢ 4,270.50

EVALUACION DE ACTIVOS

En conclusión puede decirse que la inversión inicial de un sistema de cloración con hipocloritos es aproximadamente la mitad del costo de un sistema de cloración con gas, pero los costos de operación del sistema de gas es ocho veces menos que el costo de operación del sistema de hipoclorito.

Aunque económicamente las diferencias sean gigantescas, habría que evaluar otros factores tales como la capacidad de los operadores del equipo, las medidas de seguridad, el lugar de instalación del equipo, la calidad del agua obtenida, etc. para determinar cual sistema es el más conveniente.

EVALUACION DE ALTERNATIVAS POR VALOR PRESENTE

El valor presente de una alternativa está representada por la ecuación 21. (13)

$$VP = P - L (sppwf/n,i) + G.O.(Uspwf/n,i) \quad \text{Enc. 21}$$

donde

VP.: Valor presente

P: Costo de inversión

L: Valor de recuperación

G.O.: Gastos de operación

n: Tiempo de vida de la alternativa

i: Interés

sppwf: Factor de pago simple para valor presente
 uspwf: Factor de valor presente de serie uniforme

Tomando como base el ejemplo de la sección 6.3 se tienen los siguientes datos:

	Alternativa cloro gas	Alternativa hipoclorador
P	¢ 24,492.75	¢ 11,870.50
L	Se asume cero	Se asume cero
G.O.	¢ 492.75/año	¢ 4,270.50/año
n	Se asume 10 años	Se asume 10 años
i	Para ambos, el interés de préstamo del banco (18% aproximadamente)	

Como L se asume igual a cero el valor de sppwf también se hace cero. Luego para evaluar el uspwf se emplea de ecuación 22.(13).

$$\text{uspwf} = \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n} \quad \text{Ecn. 22}$$

entonces evaluando el uspwf obtenemos:

$$\text{uspwf} = \frac{(1+0.18)^{10} - 1}{0.18(1+0.18)^{10}} \quad \text{uspwf} = 4.49$$

Introduciendo datos a la fórmula del valor presente (13) para ambas alternativas se tiene que:

$$VP (\text{gas}) = 24,472.75 + 492.75(4.49)$$

$$VP (\text{gas}) = \text{¢ } 26,685.19$$

$$VP(\text{ Hipoclorito}) = 11,870.5 + 4270.50 (4.49)$$

$$VP (\text{hpoclorito}) = \text{¢ } 31,045.04$$

Por lo tanto el valor presente del sistema del cloro gas es más bajo que el del sistema de hipoclorito.

Ejemplo 2.

el agua de un acueducto debe ser desinfectada con cloro y se necesita saber cual es el sistema de cloración más económico. El acueducto conduce 7500 GPM y requiere, según análisis realizado por el laboratorio, una dosis de 5 PPM para satisfacer la demanda del cloro.

Costeo del sistema de cloro gas:

Basados en la sección "concentración" de este manual los cálculos a efectuar son:

$$\text{Libras x día de cloro} = \text{GPM} * 0.012 * \text{PPM}$$

$$\text{Libras x día de cloro} = 7500 * 0.012 * 5$$

$$\text{Libras x día de cloro} = 450$$

Dosificador necesitado: máxima capacidad 500 lbiras por día

Según la fig. 6.1 el costo de este dosificador es aproximadamente 31,000.00 colones

Uso anual de cloro gas: 450 lb/día * 365 días

Uso anual de cloro gas: 164,250 libras

Costo anual de cloro: 164,250 libras x 1.50 colones/libra

Costo anual de cloro : 246,375 colones

Cantidad y tipo de cilindro a utilizar:

Cada cilindro grande contiene 2000 libras de cloro gas. Si se usan 450 libras x día el cilindro durará:

$$2000 \text{ lb} / 450 \text{ lb/día} = 4.4 \text{ días}$$

Esto lleva a la conclusión que se necesita un número de 6 ci lindros para la operación mensual de este sistema.

La inversión por 6 cilindros, cuyo precio unitario es de 15,000.00 colones, será de 90,000.00 colones

Total de costos:

dosificador: ₡ 31,000.00

cloro (1) año: ₡ 246,375

Cilindros: ₡ 90,000.00

Inversión total: ₡ 121,000

Costo anual de cloro: ₡ 246,375

Costeo del sistema de hipoclorito de calcio:

Basado en la sección "concentración" de este manual, los cálculos a efectuar son:

Galones por día solución hipoclorito: lb/día de cloro gas di
vidido entre 0.42

Galones por día hipoclorito = 450 /0.42

Galones por día hipoclorito= 1071.43

El equipo hipoclorador deberá tener una capacidad promedio de 1100 galones por día de alimentación

Según la Fig. 6.2 el costo de un hipoclorador para máxima capacidad 1680 galones por día es de 27,500.00 colones.

Uso anual de hipoclorito:

Libras x día de hipoclorito= libras x día de cloro gas /0.7

Libras x día de hipoclorito= 450 /0.7

Libras x día de hipoclorito= 642.85 lb/día

642.85 lb/día * 365 días= 234.642.85 libras al año de hipoclori
rito.

Costo anual de hipoclorito:

234,642.85 libras * 9.00 colones/Libras = 2,111,875.60
colones al año.

Total de costos:

dosificador de hipoclorito: ¢ 27,500.00

Hipoclorito (1 año): ¢ 2,111,875.60

Inversión total: ¢ 27,500

Costo anual de hipoclorito: ¢ 2,111,875.60

EVALUACION DE ALTERNATIVA POR VALOR PRESENTE

El valor presente de una alternativa está representado
por la ecuación 21. (13)

$$VP = P - L(sppwf/n,i) + G.O. (uspwf/n,i)$$

donde

VP: Valor presente

P: Costo de inversión

L: Valor de recuperación

G.O.: Gastos de operación

n: Tiempo de vida de la alternativa

i: Interés

sppwf: Factor de pago simple para valor presente

uspwf: Factor de valor presente de serie uniforme

Tomando como base el ejemplo dos de la sección 6.3 se tiene los siguientes datos;

	Alternativa cloro gas	Alternativa Hipoclorador
P	¢ 121,000	¢ 27,500.00
L	Se asume cero	Se asume cero
G.O	¢ 246,375/año	¢ 2,111,875.6/año
n	Se asume 10 años	Se asume 10 años
i	Para ambos, el interés de préstamo del banco (18% aproximadamente).	

Como L se asume igual a cero el valor de sppwf también se hace cero. Luego para evaluar el uspwf se emplea la siguiente fórmula (13):

$$\text{uspwf}; \quad \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \text{Ecn. 22}$$

entonces evaluando el uspwf obtenemos:

$$\text{uspwf} = \frac{(1+0.18)^{10} - 1}{0.18(1+0.18)^{10}} \quad \text{uspwf} \quad 4.49$$

Introduciendo datos a la fórmula del valor presente (13) para ambas alternativas se tiene que:

$$\text{VP (gas)} = 121,000 + 246,375 (4.49)$$

$$\text{VP (gas)} = 1,227,223.7$$

$$VP (\text{hipoclorito}) = 27,500 + 2,111,875.6 (4.49)$$

$$VP (\text{hipoclorito}) = 9,509.821.4$$

Por lo tanto el valor presente del sistema de cloro gas es mas bajo que el del sistema de hipoclorito aún en sistemas de gran capacidad.

CONCLUSIONES

1. La mayor fuerza desinfectante del cloro se encuentra en el cloro residual libre. Hay dos formas de cloro residual libre: El ácido hipocloroso (HOCl) y el ión hipoclorito (OCl^-)
De estos dos el ácido hipocloroso es 100 veces más fuerte como desinfectante.
2. El cloro residual combinado se forma cuando el cloro reacciona con el amoníaco (NH_3), si es que está presente en el agua. El residual que se formará será cloro residual libre cuando no hay presencia de nitritos y de amoníaco.
3. Es absolutamente necesario conocer la cantidad y la calidad del agua que se va a desinfectar para poder determinar una dosis de cloro adecuada.
4. El punto de quiebre en la cloración es aquella dosis de cloro con la cual se desinfecta completamente el agua.
5. Los sistemas de cloración deben trabajar a mayor concentración que el punto de quiebre para garantizar una desinfección completa y prever una futura acción destructiva.

6. El tipo de contacto más apropiado para una desinfección correcta oscila alrededor de 25 minutos.
7. El uso del cloro en aplicaciones municipales tiene como objetivo la potabilización del agua con fines de consumo humano. Por otro lado, en aplicaciones industriales la cloración tiene como objetivo mejorar la calidad del agua de proceso para la eliminación de crecimientos biológicos, olores, sabores, etc.
8. La aplicación de cloro puede realizarse con cloro gas o con hipoclorito de calcio (Granular) o hipoclorito de so dio (líquido). El cloro gas es aplicado con dosificadores de gas por medio de vacío. Los hipocloritos son alimentados por medio de bombas dosificadoras.
9. Las dosis de cloro que se aplican en los procesos deben provenir de un análisis de demanda de cloro hecho por un laboratorio.
10. La determinación del cloro residual puede ser hecha de forma manual con un comparador colorimétrico, de forma au tomática con un analizador en línea o por procedimientos en laboratorio.
11. La adecuada selección del equipo clorador depende del - análisis hidráulico del sistema, es decir que hay que to

mar en cuenta ciertos factores hidráulicos que permitirán el funcionamiento eficiente del sistema de cloración.

12. Las fugas de cloro gas son de gran peligro. Fugas grandes pueden causar hasta la muerte a aquellas personas expuestas al cloro. Las formas correctas de operación y mantenimiento, y los equipos de seguridad adecuados evitan - problemas serios en estos sistemas.
13. En cuanto a aspectos económicos se puede decir que los - sistemas de cloro gaseoso requieren mayores costos de inversión que los sistemas de hipocloritos en aproximadamente un 50-60% más; pero los costos de operación de sistemas de cloro gaseoso son menores en aproximadamente un - 75%-80% comparados con los sistemas de hipocloritos.
La metodología propuesta es lo importante. Los costos para cada tipo de cloro, costo de reparación, mantenimiento, etc., pueden cambiar.
14. Los procesos mostrados en las figuras son mayormente - aplicacioens de cloro gas. En caso de aplicación de hipocloritos el sistema varía en que la aplicación de cloro se hace con una bomba dosificadora.

RECOMENDACIONES

1. El operador debe ser instruido para seguir instrucciones del laboratorio con respecto a la dosis de cloro que debe aplicar.
2. Se recomienda que se tenga a disposición del operador el equipo necesario para atender casos de fugas de cloro. - (Ej.: Mascarillas, trajes especiales, herramientas, etc).
3. Un programa de control de cloro residual en los sistemas es recomendable para asegurar condiciones de calidad del agua así como variaciones en la dosis por situaciones imprevistas.
4. Las aplicaciones descritas en este trabajo enuncian el funcionamiento básico del sistema, es decir, que los - arreglos mostrados en las figuras de instalación no son rígidos, sino que pueden tener variantes, siempre y cuando no alteren el funcionamiento básico.
5. Debe tenerse el cuidado de controlar el cloro residual - libre después del proceso de cloración para evitar el - desperdicio de cloro y para evitar concentraciones altas de cloro en aquellas aguas que se desechan en cuerpos de agua, tales como ríos, lagos, etc.

6. En los procesos donde se dan reacciones químicas, como en el caso de eliminación de cianuros, y eliminación de hierro y manganeso, debe observarse que las reacciones cumplan su objetivo, es decir que se logre la eliminación de los compuestos en referencia.
7. Las presiones del sistema son parte integral del análisis hidráulico. Los diámetros y longitudes de las líneas de solución, líneas de vacío, los tipos de eyectores, difusores, y la capacidad de los dosificadores deben ser escogidos cuidadosamente.

ANEXO "A"

GLOSARIO

ANEXO "A"

GLOSARIO

CLORACION: Proceso de agregar cloro al agua con el objeto de destruir los organismos causantes de enfermedades.

CLORO RESIDUAL COMBINADO: Cloro residual producido por la reacción del cloro con sustancias en el agua. Puesto que está combinado, no es un desinfectante tan efectivo como el cloro residual libre.

CLORO RESIDUAL LIBRE: Es el residual que se forma cuando la demanda de cloro ha sido satisfecha. Este cloro está libre para destruir los microorganismos.

DESINFECCION: Proceso de tratamiento de aguas que destruye los microorganismos causantes de enfermedades. Generalmente se hace por la adición de cloro.

DIFUSOR: Sección perforada de un tubo o láminas perforadas usadas para inyectar gas bajo presión en el agua.

EYECTOR: Porción de un sistema de cloración que alimenta la solución de cloro en una línea bajo presión.

HIPOCLORACION: Cloración empleando soluciones de Hipoclorito de calcio y de sodio.

PUNTO DE QUIEBRE: Punto en el cual la dosis de cloro ha satisfecho la demanda de cloro.

ROTAMETRO: Dispositivo para medir flujo de gases.

TIPO DE CONTACTO: Tiempo en el cual el cloro actúa sobre los microorganismos patógenos.

TURBIDEZ: Característica que hace que el agua parezca sucia. Se debe a la materia suspendida.

CLORO DISPONIBLE: Cantidad de cloro reaccionante que está presente en un compuesto clorado. Por ejemplo Hipoclorito de sodio, Hipoclorito de calcio. Ambos poseen diferentes concentraciones de cloro disponible.

ANEXO "B"

PROPIEDADES FISICAS DEL CLORO (6)

ANEXO "B"

PROPIEDADES FISICAS DEL CLORO (6)

En esta sección se detallan las siguientes propiedades:

- a) Presión de vapor
- b) Densidad
- c) Solubilidad
- d) Viscosidad

TABLA B1

PRESION DE VAPOR DEL CLORO (6)

Temperatura		Presión	Temperatura		Presión
oC	oF	PSI	oC	oF	PSI
-30	-22	3.1	80	175	370.9
-25	-13	7.2	85	185	409.1
-20	-4	13.4	90	194	448.8
-15	5	17.2	95	203	492.2
-10	14	23.5	100	212	536.0
-5	23	30.6	105	221	586.0
0	32	38.8	110	230	638.0
+5	41	47.8	115	239	694.0
10	50	58.2	120	248	756.0
15	59	68.9	125	257	822.0
20	68	81.9	130	266	888.0
25	77	95.4	135	275	960.0
30	86	111.7	140	284	1035
35	95	129.9			
40	104	149.0			
45	113	170.8			
50	122	193.1			
55	131	218.1			
60	140	243.8			
65	149	271.0			
70	158	302.4			
75	167	335.7			

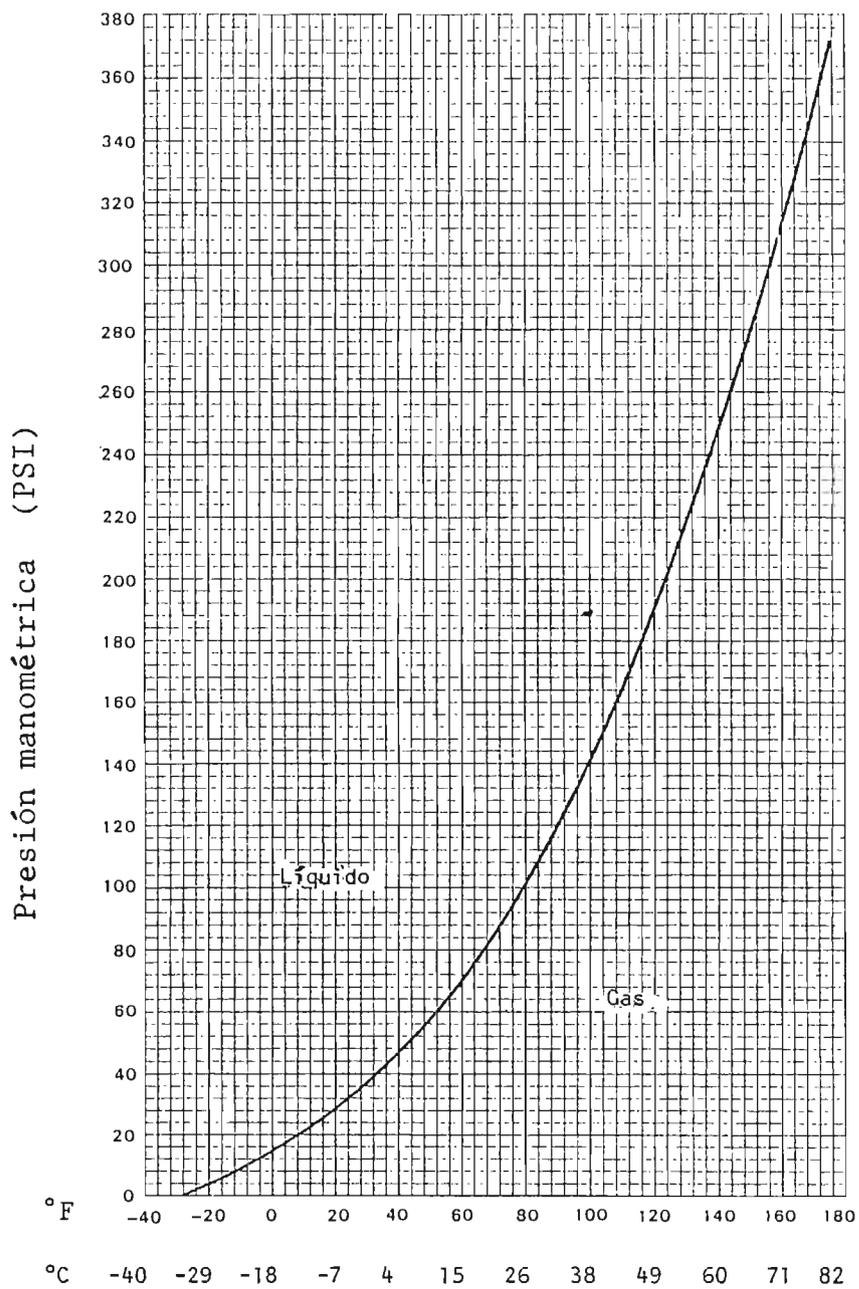


Fig. B1 Presión de vapor del cloro. (6)

TABLA B2
DENSIDAD DEL CLORO LIQUIDO (6)

Temperatura		Gr/cm ³	Lb/gal	Lb/pie ³
oC	OF			
-50	-58	1.595	13.31	99.55
-45	-49	1.583	13.21	98.80
-40	-40	1.571	13.11	98.06
-35	-31	1.559	13.01	97.31
-30	-22	1.547	12.91	96.56
-25	-13	1.534	12.80	95.74
-20	-04	1.522	12.70	94.93
-15	5	1.509	12.59	94.17
-10	14	1.496	12.48	93.94
-05	23	1.382	12.37	92.52
0	32	1.468	12.25	91.92
5	41	1.454	12.14	90.80
10	50	1.440	12.02	89.90
15	59	1.426	11.90	89.01
20	68	1.411	11.77	88.03
25	77	1.395	11.64	87.06
30	86	1.380	11.52	86.16
35	95	1.364	11.38	85.12
40	104	1.348	11.25	84.14
45	113	1.331	11.11	83.10
50	122	1.314	10.97	82.05
55	131	1.297	10.82	80.93
60	140	1.379	10.67	79.81
65	149	1.261	10.52	78.68
70	158	1.242	10.37	77.56
75	167	1.223	10.20	76.29
80	176	1.203	10.04	75.09
85	185	1.182	9.86	73.75
90	194	1.160	9.68	72.40
95	203	1.137	9.49	70.98
100	212	1.114	9.29	69.48

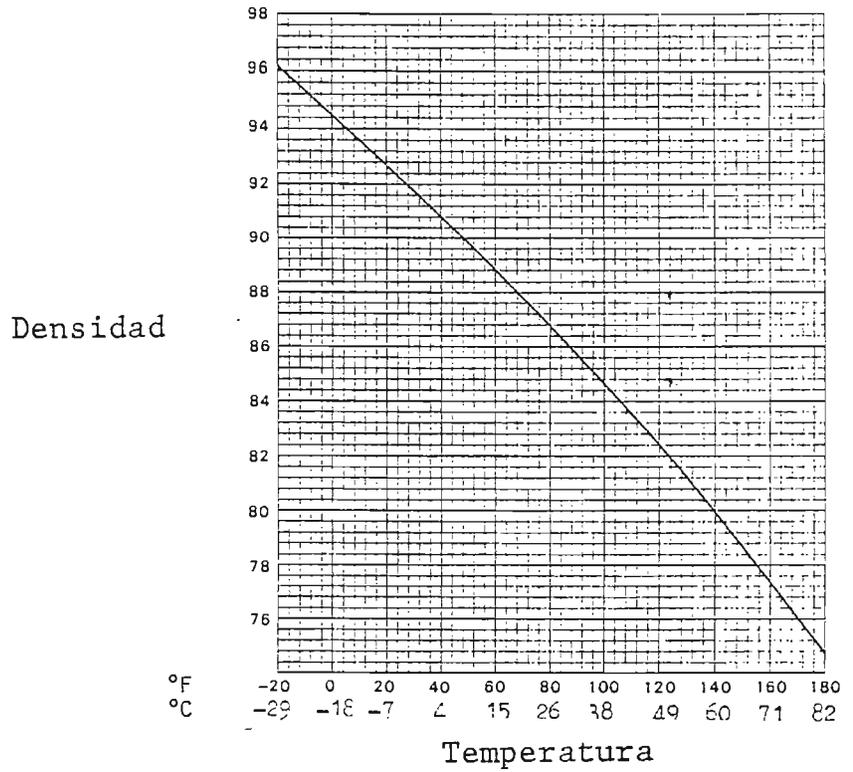
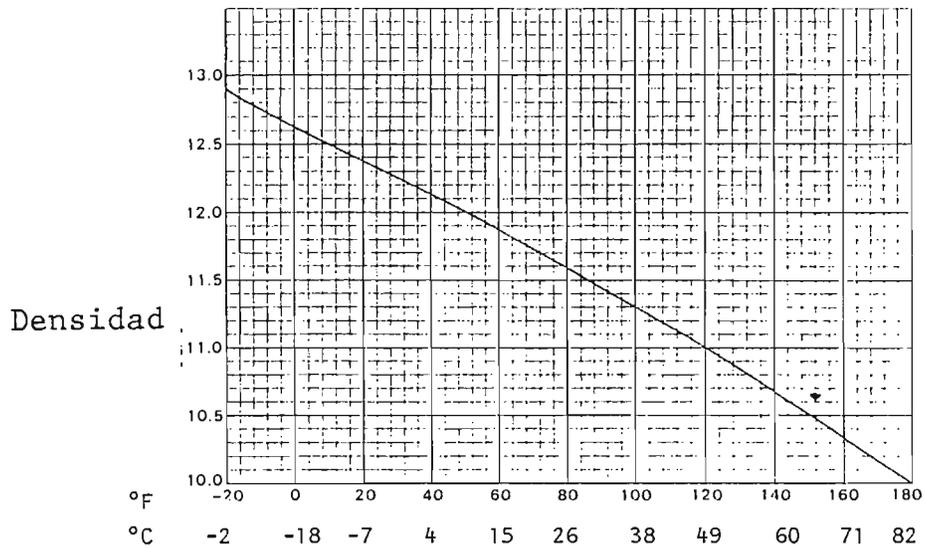


Fig. B2 Densidad del cloro líquido (Lb/Pie³) (6)



B2.a Densidad del cloro (Lb/gal) (6)

TABLA B3
SOLUBILIDAD DEL CLORO EN AGUA (6)

Temperatura		%	Libras x 1000 gal.	Gr/Lt
oC	oF			
10.00	51.00	0.99	83.20	9.97
11.00	51.80	0.96	80.50	9.65
12.00	53.60	0.93	78.00	9.35
13.00	55.40	0.90	75.50	9.05
14.00	57.20	0.87	73.10	8.76
15.00	59.00	0.84	70.80	8.48
16.00	60.80	0.82	68.60	8.22
17.00	62.60	0.79	66.50	7.97
18.00	64.40	0.76	64.50	7.73
19.00	66.20	0.74	62.60	7.50
20.00	68.00	0.72	60.70	7.27
21.00	69.80	0.70	59.10	7.08
22.00	71.60	0.69	57.60	6.90
23.00	73.40	0.67	56.10	6.72
24.00	75.20	0.65	54.70	6.56
25.00	77.00	0.64	53.40	6.40
26.00	78.80	0.62	52.10	6.24
27.00	80.60	0.61	50.80	6.09
28.00	82.40	0.59	49.70	5.96
29.00	84.20	0.58	48.60	5.82
30.00	86.00	0.57	47.50	5.69
35.00	85.00	0.51	42.30	5.07
40.00	104.00	0.46	38.00	4.55
45.00	113.00	0.43	35.40	4.24
50.00	122.00	0.39	32.40	3.88
60.00	140.00	0.33	27.00	3.24
70.00	158.00	0.28	22.80	2.73
80.00	176.00	0.22	18.10	2.17
90.00	194.00	0.13	10.20	1.22
100.00	212.00	0.00	0.00	0.00

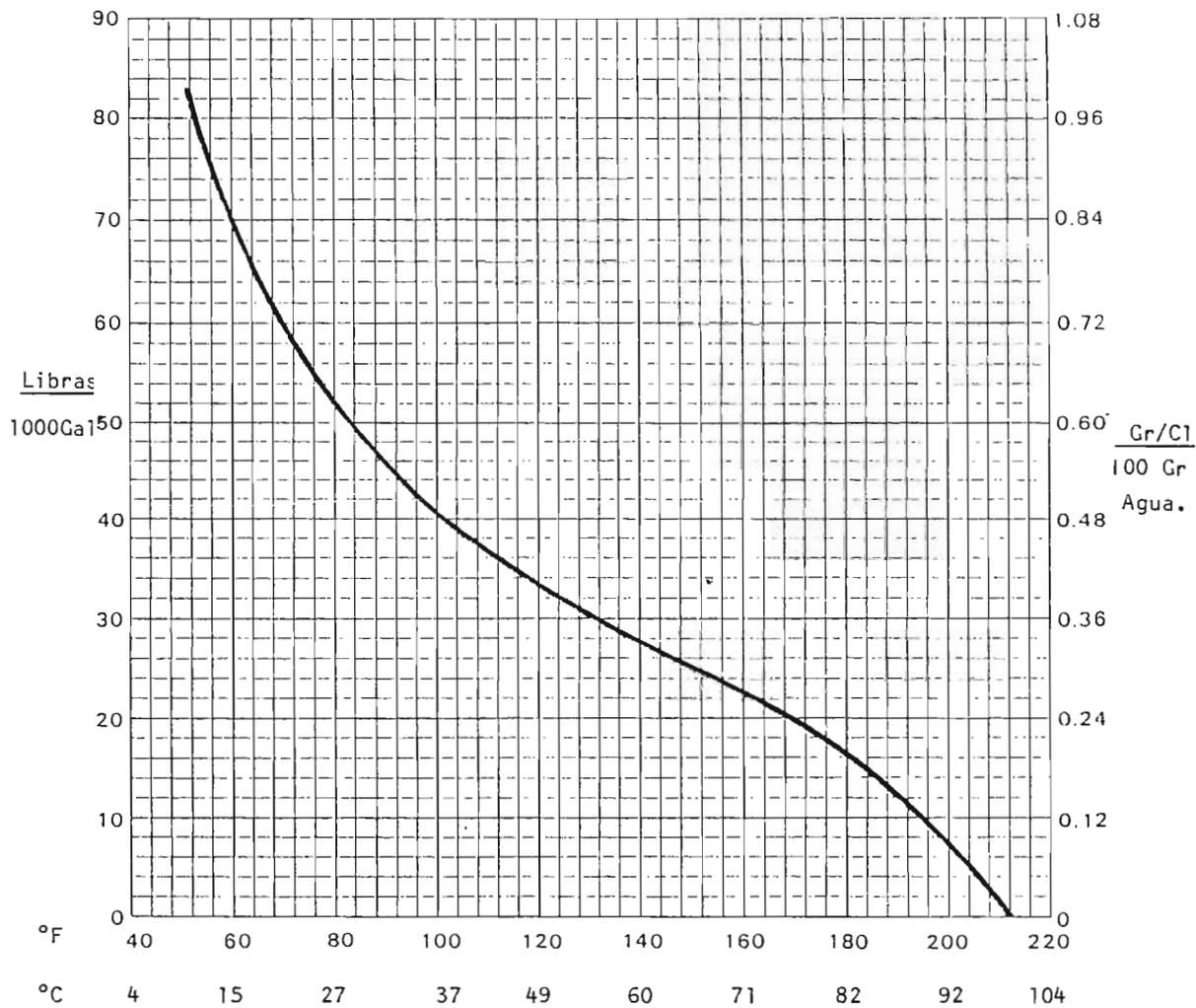


Fig. B3. Solubilidad del cloro en agua (6)

TABLA B4
VISCOSIDAD DEL CLORO (6)

oF	Centipoises	
	Líquido	Gas
-40	1.571	13.11
-20	1.559	13.01
0	1.547	12.91
20.00	1.534	12.80
40.00	1.522	12.70
60.00	1.509	12.59
80.00	1.496	12.48
100.00	1.482	12.37
120.00	1.468	12.25
140.00	1.454	12.14
160.00	1.440	12.02

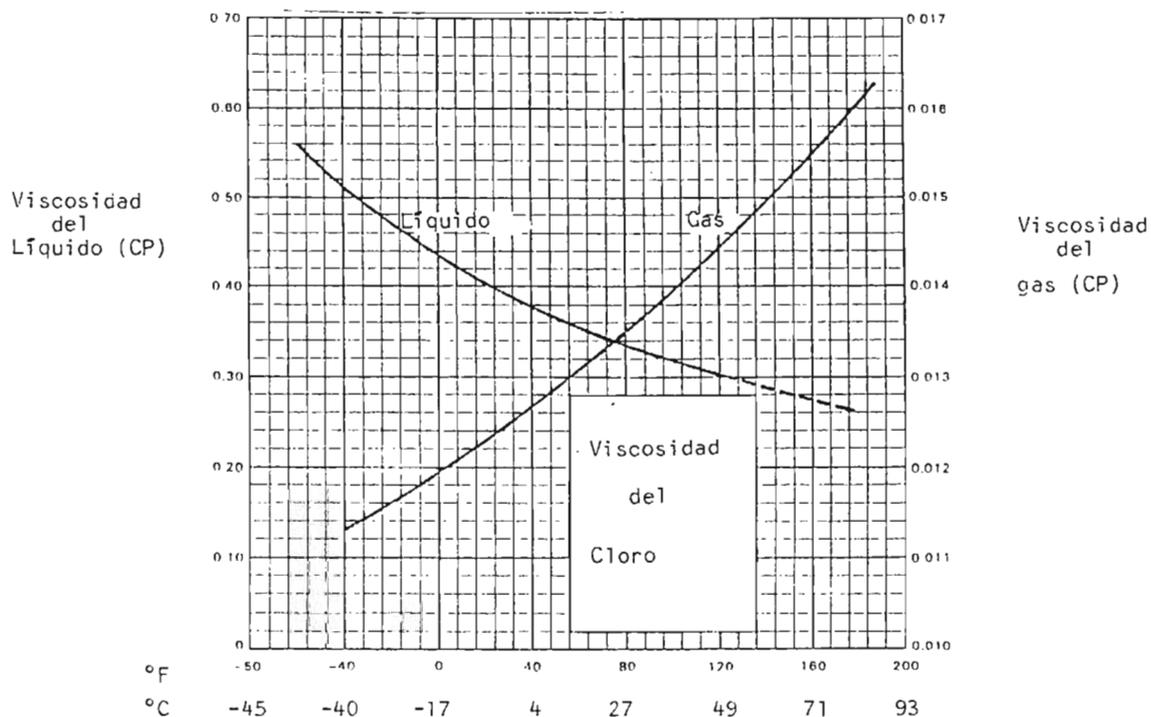


Fig. B4. Viscosidad del cloro (6)

ANEXO "C"

ASPECTOS GENERALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO
DE LOS EQUIPOS DE CLORACION

ASPECTOS GENERALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS
EQUIPOS (1,5,10)

Debe determinarse el caudal de agua que va a ser clorada,
Este caudal puede estar en:

Litros por segundo Lt/seg.

Galones por minuto (GPM)

Metros cúbicos por día (M^3 /día)

Con el caudal y la dosificación dada por el laboratorio
para cada agua, debe evaluarse el tamaño del clorador en:

Libras por día (Lb/Día) de gas cloro.

Kilogramos por hora (Kgr/Hr) de gas cloro

Galones por hora (Gal/Hr) de hipocloritos

Para lb/día de cloro gas se pueden emplear las siguientes fórmulas:

$$\text{Lb/Día} = \text{PPM} \times 0.012 \times \text{GPM}$$

$$\text{Lb/Día} = \text{PPM} \times 0.19 \times \text{Lt/seg.}$$

$$\text{Lb/Día} = \text{PPM} \times 0.053 \times m^3/\text{Día}$$

Para hipocloritos pueden usarse las fórmulas anteriores de cloro gas, y, las libras por día obtenidas deben ser divididas entre la pureza del hipoclorito (60,65, o 70%) para obtener las libras por día reales de hipoclorito.

Para hipocloradores, la máxima concentración de solución madre es 5%. Mayores concentraciones que estas, pueden atacar las bombas dosificadoras.

5% equivale (ver sección 2.3) a 50,000 PPM, lo que equivale a 0.42 libras por galón.

Usualmente se utilizan barriles de 55 galones para preparar las soluciones de cloro. Si así es el caso, necesitamos disolver en un barril la cantidad de 33 libras de hipoclorito de calcio 70%.

Ejemplo de aplicación:

Se determina que la dosis de cloro necesaria para desinfectar agua de un pozo es 4 PPM. El caudal de agua a tratar es de 60 galones por minuto ¿cuál es el dosificador de cloro gas más adecuado? ¿cuál es la bomba dosificadora más adecuada?

$$\text{Lb/Día} = 4 \text{ PPM} \times 0.012 \times 60 \text{ GPM}$$

$$\text{Lb/Día} = 2.88 \text{ libras por día}$$

El clorador de gas mas adecuado es aquel cuya capacidad es igual o mayor a 2.88 libras por día.

Si se va a alimentar hipoclorito de calcio al 70% de pureza, entonces:

$$\text{Lb/Día de hipoclorito 70\%} = 2.88/0.70$$

$$\text{Lb/Día de hipoclorito 70\%} = 4.11$$

Para obtener galones por día de solución, dividimos las libras por día entre 0.42, así:

$$\text{Galones por día} = 4.11/0.42$$

$$\text{Galones por día} = 9.78$$

La bomba deosificadora más adecuada para este caso es aquella capaz de alimentar 9.78 galones por día o mas de solución de hipoclorito al 5% de concentración.

Otro aspecto de diseño, para la selección de los cloradores, es la presión de inyección, la cual es discutida en la sección de "Consideraciones hidráulicas".

ANEXO "D"

CURVAS PARA LA SELECCION DE EYECTORES

CURVAS DE BOQUILLAS DE EYECTORES EN FUNCION DE LA DOSIFICACION DE CLORO EN LIBRAS POR DIA (SISTEMAS DE CLORO GAS)

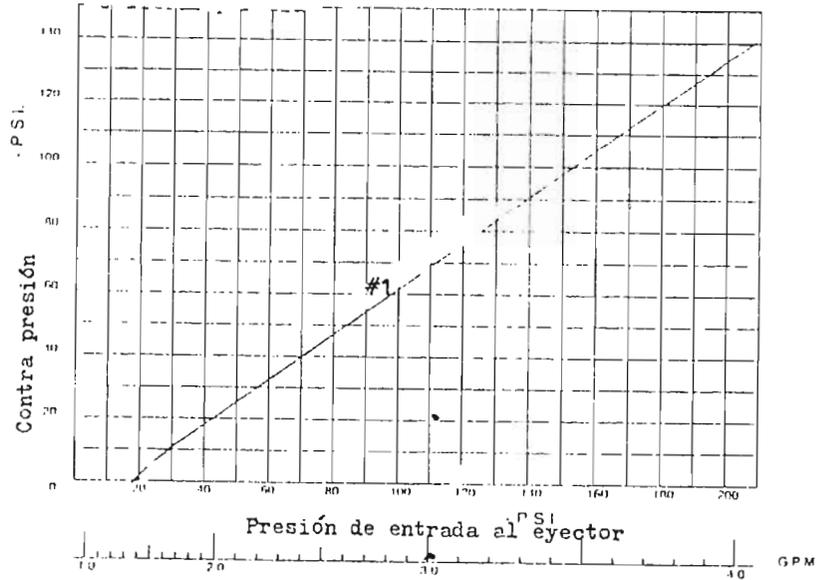


Fig. D1. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima Capacidad 10 Lb/Día (5)

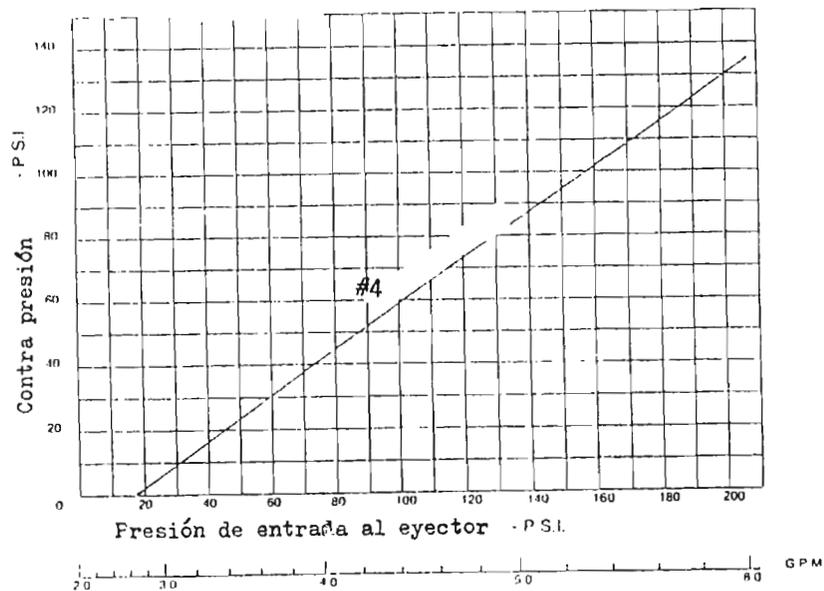
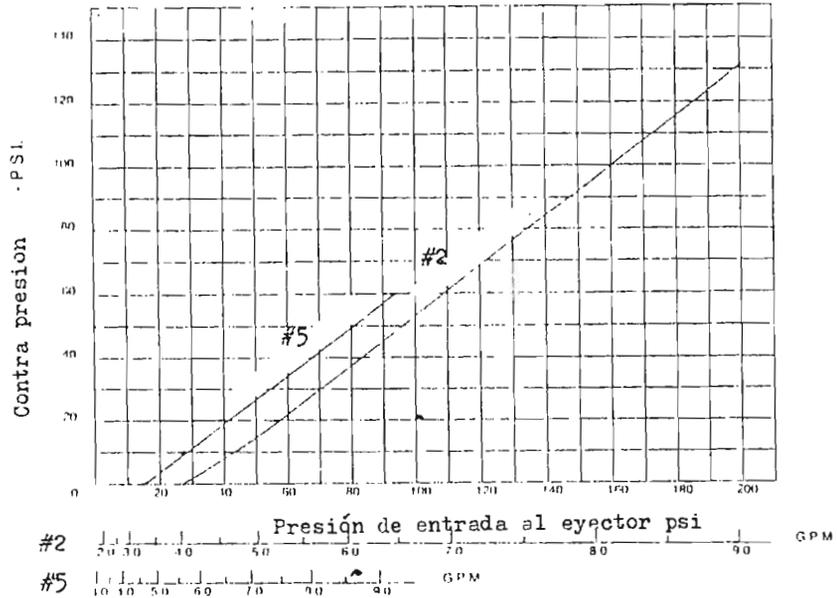


Fig. D2. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima Capacidad 25 Lb/Día. (5)



Fig'D3. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima Capacidad 50 lb/Día. (5)

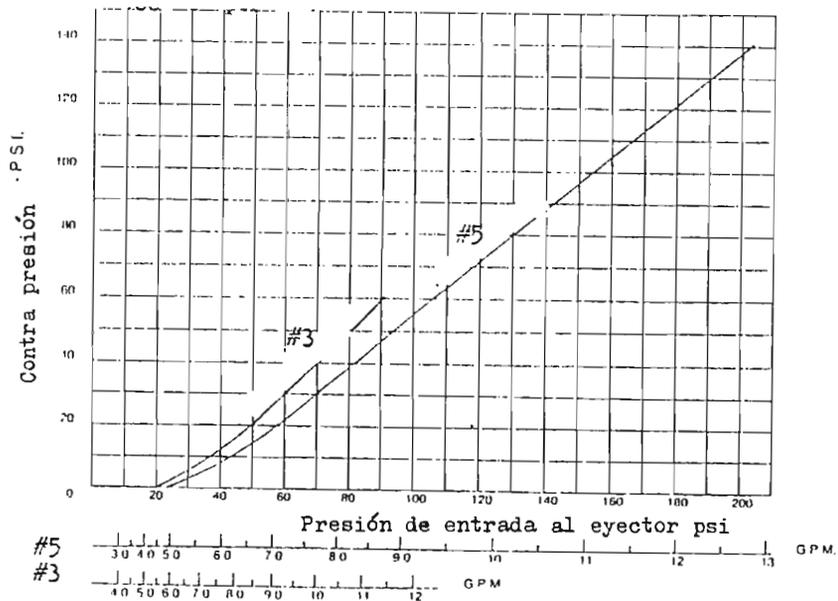


Fig. D.4. Curva para seleccionar boquilla de yector, máxima Capacidad 100 Lb/Día. (5)

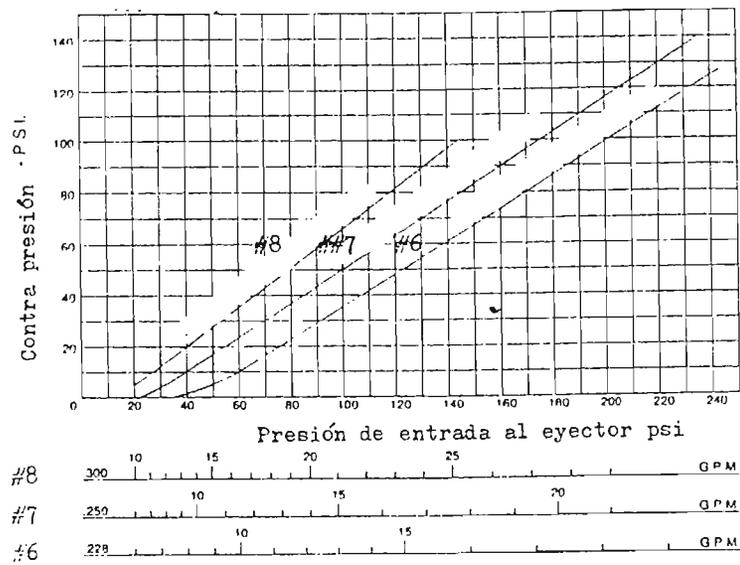
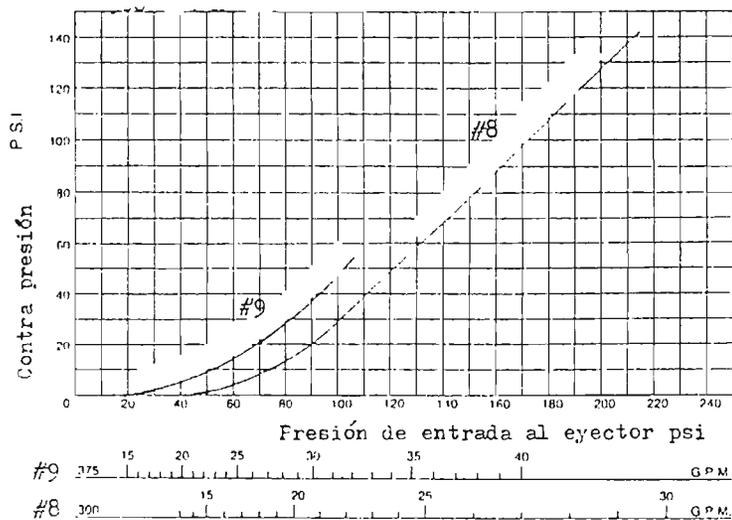


Fig. D5. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima capacidad 200 Lb/Día. (5)



Dif. D6. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima capacidad 500 Lb/Día. (5)

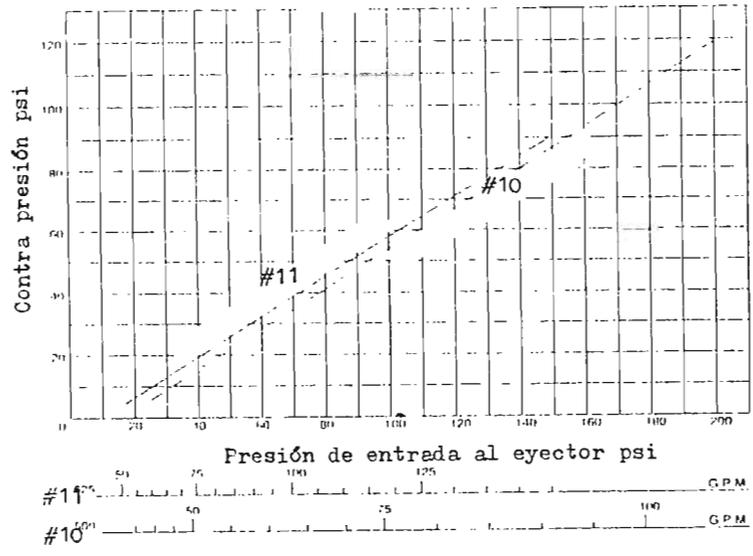


Fig. D7. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima capacidad 1000 Lb/Día. (5)

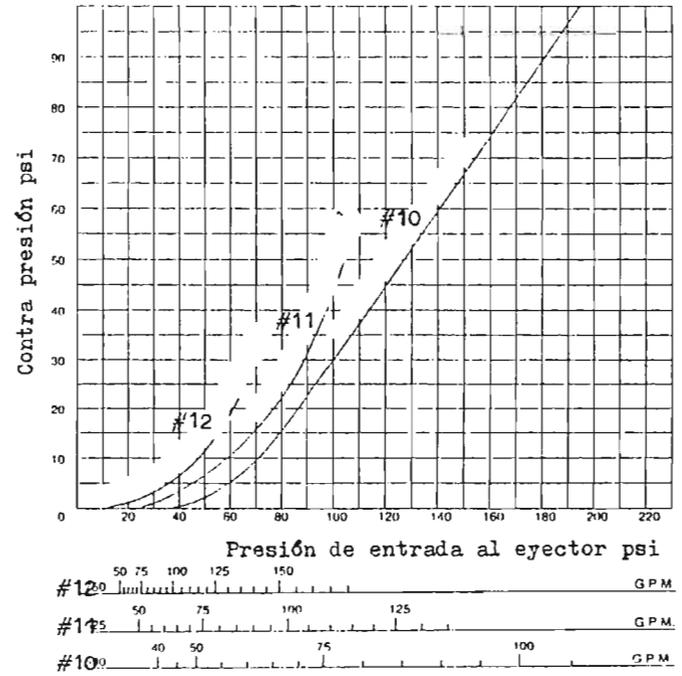


Fig. D8. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima capacidad 2000 Lb/Día. (5)

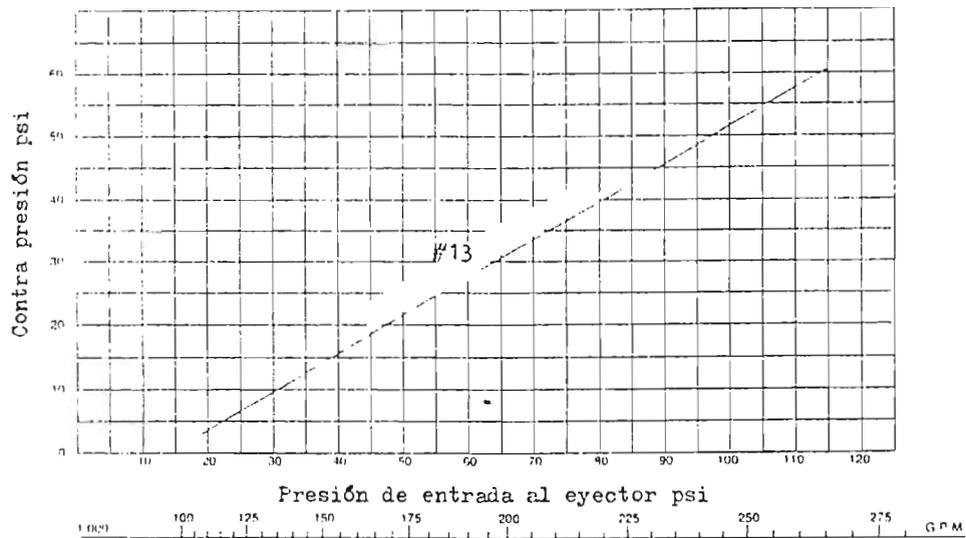


Fig. D9. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima Capacidad 4000Lb/Día. (5)

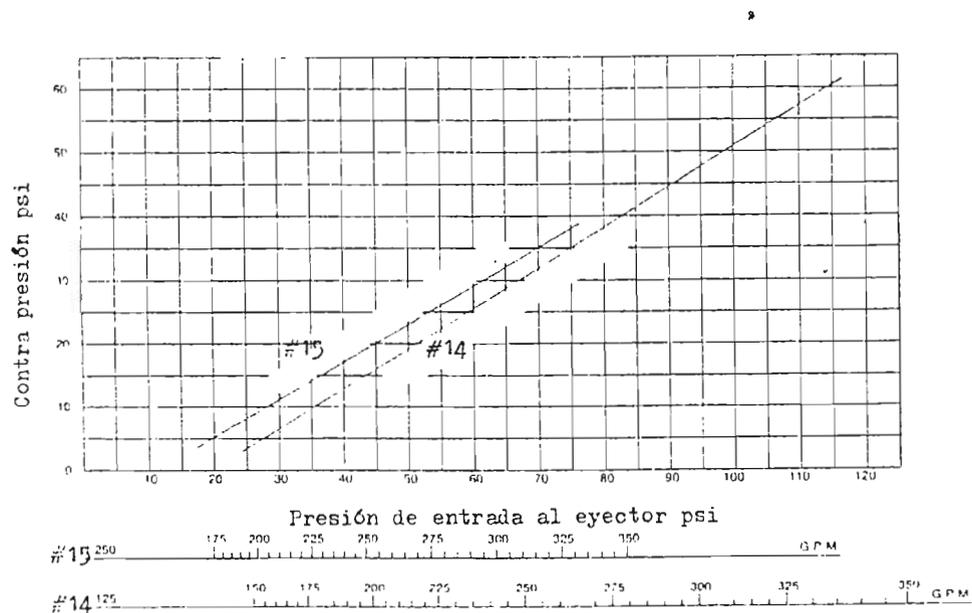


Fig. D.10. Curva para seleccionar boquilla de eyector, máxima Capacidad 6000 Lb/Día. (5)

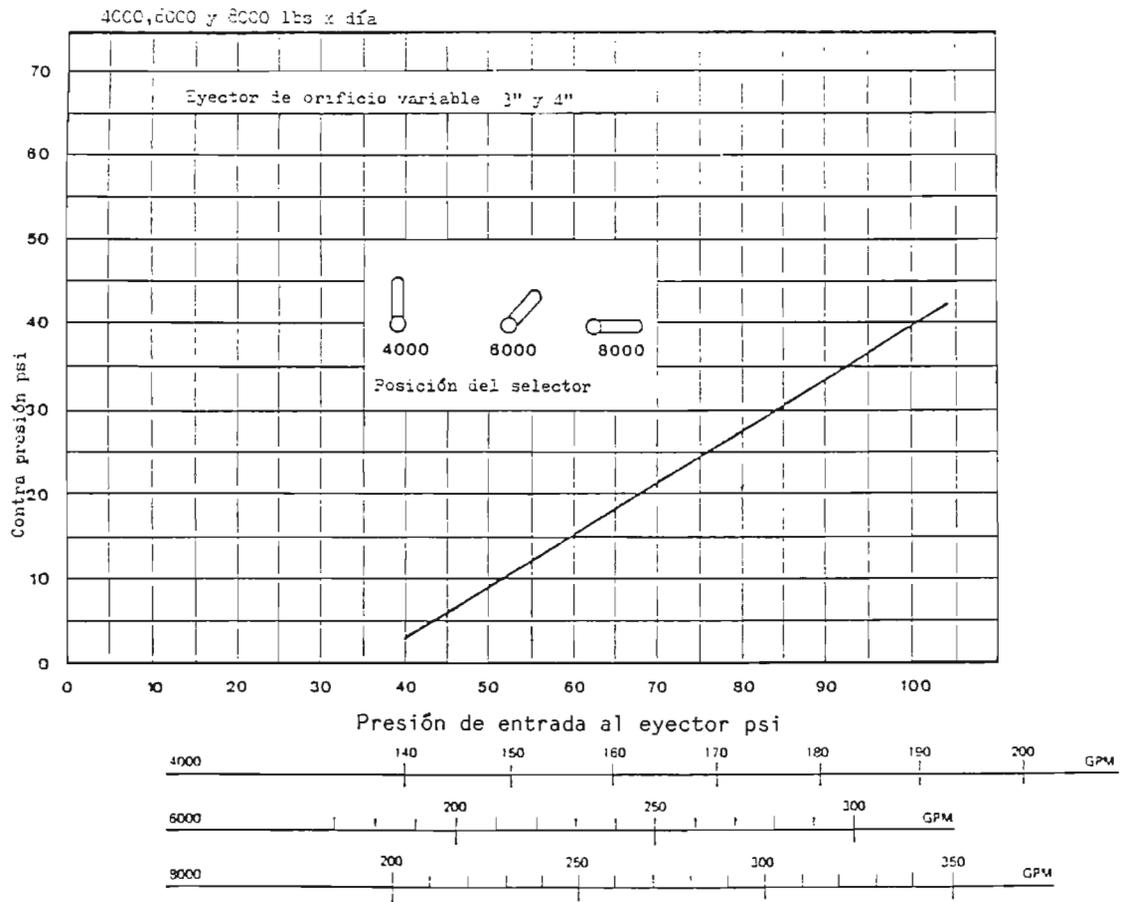


Fig. D11. Curva para determinación de la capacidad del eyector de orificio variable. (5)

ANEXO "E"

PERDIDAS POR FRICCION EN LINEAS DE SOLUCION DE CLORO

La Tabla El muestra algunos datos de pérdidas por fricción en tubería PVC cédula 80. Estos datos han sido calculados a partir de la fórmula de Hazen-Williams.

Las lecturas son hechas en "Pies de agua por cada 100 - pies de tubería".

Luego este dato multiplicado por la longitud de tubería dividido entre 100 proporciona las pérdidas por fricción totales.

Ejemplo:

Calcular las pérdidas por fricción en 500 pies de tubería PVC cédula 80 de 2 pulgadas cuando se maneja un caudal de 25 galones por minuto.

Se lee en la tabla que para un diámetro de 2 pulgadas y un - caudal de 25 GPM las pérdidas por fricción son 1.51 pies de - agua por cada 100 pies de tubería.

dividiendo la longitud total de tubería entre 100 se tiene:

$$500 \text{ pies} / 100 = 5$$

Multiplicando el dato leído en la tabla por 5 se tiene:

$$1.51 * 5 = 7.55 \text{ pies de agua.}$$

UNA GPM	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4	5	6	8	
2	1.51												
4	5.45												
5	11.50	1.54	0.390	0.177									
8	19.60	3.34	0.820	0.375	0.107								
10	29.60	5.69	1.39	0.640	0.183	0.077							
12		8.60	2.10	0.960	0.276	0.115	0.039						
15		12.00	2.94	1.35	0.387	0.161	0.055						
18		22.90	4.45	2.04	0.585	0.243	0.083						
		25.50	6.25	2.86	0.818	0.340	0.116	0.035					
								0.056					
20			7.57	3.47	0.996	0.414	0.140	0.068	0.037				
25			11.40	5.25	1.51	0.625	0.212	0.103	0.055				
30			16.00	7.38	2.11	0.874	0.297	0.145	0.077	0.025			
35			21.30	9.78	2.81	1.16	0.396	0.192	0.103	0.034			
40			27.30	12.50	3.59	1.49	0.507	0.246	0.132	0.043			
45				15.60	4.46	1.86	0.629	0.306	0.164	0.054			
50				18.90	5.41	2.25	0.765	0.372	0.199	0.065	0.027		
55				22.00	6.44	2.68	0.912	0.443	0.237	0.078	0.032		
60				26.50	7.61	3.16	1.07	0.522	0.279	0.091	0.039		
65					8.84	3.66	1.25	0.604	0.323	0.106	0.044		
70					10.10	4.20	1.43	0.691	0.371	0.121	0.051		
75					11.50	4.79	1.62	0.787	0.421	0.138	0.057		
80					12.90	5.36	1.83	0.888	0.475	0.155	0.065		
85					14.50	6.02	2.04	0.992	0.531	0.174	0.072		
90					16.10	6.53	2.27	1.10	0.592	0.193	0.080		
95					17.80	7.38	2.51	1.21	0.652	0.213	0.089		
100					19.60	8.13	2.76	1.34	0.719	0.234	0.098		
110					23.40	9.68	3.29	1.60	0.855	0.279	0.117		
120					27.40	11.40	3.87	1.88	1.00	0.329	0.137		
130						13.20	4.48	2.18	1.16	0.381	0.159		
140						15.10	5.12	2.50	1.33	0.437	0.182	0.047	
150						17.20	5.87	2.84	1.52	0.496	0.207	0.054	
160						19.40	6.58	3.20	1.71	0.559	0.234	0.059	
170						21.70	7.37	3.58	1.91	0.626	0.261	0.067	
180							24.10	8.18	3.97	2.12	0.698	0.290	0.074
190								9.05	4.39	2.35	0.769	0.321	0.082
200								9.96	4.84	2.58	0.846	0.353	0.090
220								11.90	5.78	3.08	1.01	0.421	0.108
240								13.90	6.77	3.62	1.18	0.484	0.126
260								16.20	7.85	4.19	1.37	0.573	0.146
280								18.60	9.02	4.79	1.57	0.658	0.168
300								21.10	10.20	5.45	1.79	0.747	0.191
320								23.70	11.50	6.16	2.01	0.841	0.215
340								26.60	12.90	6.91	2.26	0.940	0.240
360									14.30	7.66	2.51	1.05	0.261
380									15.80	8.46	2.77	1.16	0.295
400									17.40	9.31	3.05	1.27	0.325
450									21.60	11.60	3.79	1.58	0.404
500									26.30	14.10	4.61	1.92	0.493

Tabla E1. Valores de pérdidas por fricción en tubería PVC, cédula 80, en unidades pies de agua por cada 100 pies de tuberías. (5)

De forma similar la tabla E2 y E3 muestran datos de pérdidas por fricción en mangueras y accesorios de solución.

La lectura de pérdidas por fricción en mangueras es en pies de agua por cada cien pies de longitud.

La lectura de pérdidas por fricción en accesorios es en pies lineales por cada accesorio.

DIA. \ GPM	3	4	6	6	7	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	150	200
3/4	4.0	6.4	9.2	12.6	17.0	21.6	32.2	41.1																
1						5.70	8.0	10.6	15.6	18.4	25.3	30.0	46.6											
1 1/2							1.20	1.47	2.10	2.50	3.22	3.90	6.0	8.0	11.5	13.3	19.3	26.7	36.8	46.0				
2									4.60	5.75	7.80	8.70	1.40	1.88	2.53	3.00	5.10	6.90	9.20	11.9	15.6	18.4	39.1	69.00

Tabla E2. Pérdidas por fricción en mangueras pies de agua por cada 100 pies de longitud. (5)

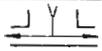
	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4	5	6	8
Valvula gate abierta	.440	.560	.740	.860	1.10	1.32	1.60	2.00	2.10	2.70	3.20	4.30
Valv. globo abierta	23.1	29.4	38.6	45.2	58.0	69.0	86.0	100	113	142	170	224
Valv. ángulo abierta	11.5	14.7	19.3	22.6	29.0	35.0	43.0	50.0	57.0	71.0	85.0	112
Codo 90°	2.10	2.60	3.50	4.10	5.20	6.20	7.70	9.80	10.2	12.7	15.3	20.2
TEE 	4.20	5.30	7.00	8.10	10.4	12.4	15.5	17.0	20.3	25.4	31.0	40.0
TEE 	1.40	1.80	2.30	2.70	3.50	4.20	5.20	6.20	6.80	8.50	10.2	13.4
Codo 45°	.970	1.23	1.60	1.90	2.40	2.90	3.60	4.00	4.70	5.90	7.10	9.40

Fig. E3. Perdidas por fricción en accesorios, pies lineales por cada accesorio. (5)

ANEXO "F"

TABLA DE SELECCION DE BOMBAS REFORZADORAS

El empleo de la Tabla F1 es una manera rápida de seleccionar bombas reforzadoras para sistemas de aplicación de cloro gas.

Es necesario conocer la contra presión del sistema y la dosis de cloro que se va a alimentar.

En la columna izquierda se encuentran algunas cantidades de cloro alimentado al sistema en libras por día. La fila superior indica las contra presiones que puede tener un sistema.

Con ambos datos se selecciona la bomba reforzadora uniendo la vertical desde la contra presión del sistema con la horizontal desde la cantidad de cloro alimentado. El punto donde ambas líneas se cortan es la bomba reforzadora más adecuada.

Los eyectores aquí mostrados son de referencia. Cada fabricante posee su propia numeración para los eyectores y sus propias tablas para selección de bombas reforzadoras.

Estos datos servirán como referencia pero no como mejor solución para el diseño del sistema hidráulico de alimentación de cloro.

TABLA F1. Tabla de Selección de bombas reforzadoras (5)

CUADRO EJEMPLO:

Numero del inyector:
 Presión de suministro (psi):
 Caudal Bomba reforzadora (GPM):
 Potencia Bomba reforzadora (hp):

#1
 20
 1.4
 3/4

Litros	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
10	#1 20 1.4 3/4	#1 30 1.7 3/4	#1 42 2.1 3/4	#1 46 2.3 3/4	#1 70 2.6 3/4	#1 85 2.9 3/4	#1 98 3.1 3/4	#1 112 3.3 3/4	#1 125 3.4 3/4	#1 140 3.5 3/4	#1 155 3.7 3/4	#1 168 3.8 3/4	#1 185 4.1 3/4	#1 196 4.1 3/4	#1 210 4.2 3/4
25	#4 20 2.2 3/4	#4 33 2.7 3/4	#4 45 3.1 3/4	#4 60 3.5 3/4	#4 73 3.8 3/4	#4 86 4.1 3/4	#4 100 4.4 3/4	#4 115 4.7 3/4	#4 130 5.0 3/4	#4 143 5.2 3/4	#4 160 5.5 3/4	#4 172 5.7 3/4	#4 188 6.0 3/4	#4 200 6.1 3/4	#4 213 6.2 3/4
50	#5 18 3.8 3/4	#5 22 5.3 3/4	#5 45 6.3 3/4	#5 58 6.9 3/4	#5 72 7.9 3/4	#5 85 8.5 3/4	#5 98 9.2 3/4	#5 123 10.2 3/4	#5 135 10.5 3/4	#5 149 11.2 3/4	#5 160 11.2 3/4	#5 172 11.2 3/4	#5 185 11.2 3/4	#5 198 11.2 3/4	#5 210 11.2 3/4
100	#3 20 5.5 3/4	#3 37 7.4 3/4	#3 50 9.7 3/4	#3 62 9.5 3/4	#3 73 10.5 3/4	#3 85 11.4 3/4	#3 95 12.0 3/4	#3 125 13.2 3/4	#3 135 13.5 3/4	#3 145 14.0 3/4	#3 155 14.2 3/4	#3 170 14.2 3/4	#3 182 14.4 3/4	#3 193 14.8 3/4	#3 205 15.2 3/4
200	#3 18 10 3/4	#3 30 14 3/4	#3 45 18 3/4	#3 59 20 3/4	#3 73 22 3/4	#3 85 24 3/4	#3 120 29 3/4	#3 135 32 3/4	#3 152 34 3/4	#3 165 35 3/4	#3 180 37 3/4	#3 195 39 3/4	#3 212 41 3/4	#3 225 42 3/4	#3 240 45 3/4
500	#9 24 18 3/4	#9 55 52 3/4	#9 72 52 3/4	#9 85 55 3/4	#9 118 58 3/4	#9 128 60 3/4	#9 139 62 3/4	#9 150 64 3/4	#9 160 65 3/4	#9 176 68 3/4	#9 190 70 3/4	#9 205 71 3/4	#9 215 71 3/4	#9 225 71 3/4	#9 240 71 3/4

ANEXO "G"

PRIMEROS AUXILIOS EN CASOS DE EMERGENCIA

(1,3,6)

El contacto con el cloro líquido o con concentraciones - fuertes de cloro gas puede producir un serio daño en los ojos, piel y membranas mucosas.

La inhalación del cloro gas puede causar daños respiratorios variando desde la irritación hasta la muerte.

Debe tomarse en cuenta todos los aspectos mencionados en la sección 5.3 "Seguridad y cloración" de este manual.

Sin embargo, si por alguna circunstancia ocurre un accidente debe tenerse en mente lo siguiente:

- * En cualquier caso, debe trasladarse al paciente fuera - del área contaminada.
- * Llamar a un médico e inmeditamente comenzar el tratamiento.

Nunca debe suministrar algo vía oral a un paciente inconuciente.

¿Qué hacer en caso de inhalación?

Si el paciente está respirando debe colocársele en posición cómoda hasta que llegue el médico. Si la respiración es dificultosa debe suministrársele oxígeno si se cuenta con el equipo y el personal adecuado para esta labor.

Si la respiración parece haberse detenido proceder inmeditamente a respiración artificial boca a boca u otro método de resucitación aprobado.

Después de una exposición al cloro se recomienda descan-

so.

¿Qué hacer cuando hay contacto de cloro con los ojos?

Debe lavarse vigorosamente con mucha agua, de preferencia tibia, durante unos 15 minutos. Lavarse los ojos tomando con los dedos los párpados y abriéndolos de forma que el agua entre por todas partes del ojo.

NUNCA se trate de neutralizar el efecto del cloro con otros químicos ni medicinas. Los medicamentos serán recetados por un médico después de haber lavado los ojos según se explicó antes.

¿Qué hacer cuando hay contacto del cloro con la piel?

El paciente debe ser llevado inmediatamente a una ducha, quitando la ropa mientras se baña. Lavar la piel con abundante agua y jabón. NUNCA trate de neutralizar el efecto del cloro con ungüentos o pomadas, a menos que así lo indique un médico.

¿Qué hacer cuando se tenga irritación severa en la garganta?

Beber leche puede aliviar mucho la irritación causada por la exposición al cloro.

¿Qué hacer cuando hay tos continua?

Beber café o té puede aliviar la tos continua.

Es necesario recordar que el cloro es de manejo delicado y que todas las precauciones que se puedan tomar para evitar accidentes no deben ser cuestionadas en por de la seguridad de los operadores.

ANEXO H

EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO PARA LA CLORACION DE AGUAS

En el cuadro que se detalla a continuación se observa algunas de las marcas de equipos que pueden ser encontrados en el mercado nacional e internacional.

CLORADORES DE GAS	HIPOCLORADORES
<p>CAPITAL CONTROLS COMPANY</p> <p>Modelos: ADVANCE 480 (Máx. 500 Lb/día) ADVANCE 200 (Máx. 500 Lb/día) SERIE 400 (Máx.10,000 Lb/día)</p> <p>Dirección: 3000 Advance lane, PO BOX 211 Colmar, Pennsylvania 18915 USA</p>	<p>WALLACE & TIERNAN</p> <p>Modelos: 44 Series (8 - 1500 GPD) 43 Series (Máx. 1600 GPD) 45 Series CHEMPULSE (Máx.240 GPD)</p> <p>Dirección: Wallace & Tiernan Division Penwalt Corporation 25 Main Street, Belleville, New Jersey 07109 USA</p>
<p>WALLACE & TIERNAN</p> <p>Modelos: V-100 (Máx. 200 Lb/día) V-500 (Máx. 500 Lb/día) V-2000(Máx. 10,000 Lb/día)</p> <p>Dirección: Wallace & Tiernan División Pennwalt Corporation 25 Main Street, Belleville, New Jersey 07109 USA</p>	<p>LMI</p> <p>Modelos: Serie Z(Máx. 10 GPD) Serie J(Máx. 30 GPD) Serie A(Máx. 50 GPD) Serie B(Máx. 170 GPD) Serie D(Máx. 480 GPD) Serie M(Máx. 840 GPD) Serie L)Máx. 1700 GPD)</p> <p>Dirección: 19 Craing Road, Acton, Montana 01720-5495 USA</p>
<p>MODERN CHLORINATOR</p> <p>Modelos: T-400 (Máx. 500 Lb/día) W-510 (Máx. 500 Lb/día) C-500 (Máx. 10,000 Lb/día)</p> <p>Dirección: 1019 La Crete Lane Baton Rouge, Lousiana, 70810 USA.</p>	

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AWWA, ENCICLOPEDIA DE OPERACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA. Colorado (1986).
2. AID, MANUAL DE PRACTICA RECOMENDABLE PARA SANEAMIENTO - DEL AGUA. Centro Regional de ayuda técnica AID México (1965)
3. DEVLIN, J., Manual del Seminario "Sistemas de Cloración de agua". Impartido por el Ing. John Devlin de la empresa CAPITAL CONTROLS COMPANY (U.S.A.) San Salvador, Septiembre (1990).
4. COX, C., PRACTICA Y VIGILANCIA DE LAS OPERACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUA. OPS, México (1985)
5. CAPITAL CONTROLS COMPANY, INC., CATALOGO COMERCIAL. Colmas, pensivalnia. (1990)
6. PPG, CHLORINE SAFE HANDLING Fábrica de gas cloro, Boston, Masachussets (1969)
7. MODERN PROCESS Co., CATALOGO COMERCIAL, Lousiana (1987)
8. LIQUID METRONICS Co., CATALOGO COMERCIAL, Montana (1990)
9. WALLACE & TIERNAN Co., CATALOGO COMERCIAL, New Jersey(1987)
10. MILTON ROY METERING PUMPS, CATALOGO COMERCIAL Texas (1990)
11. STREETER L., MECANICA DE LOS FLUIDOS McGraw Hill, Sexta Edición, México (1984)
12. AWWA, STEEL PIPE-A GUIDE FOR DESIGN AND INSTALLATION AWWA Segunda Edición, Colorado (1986)
13. TAYLOY G., INGENIERIA ECONOMICA Editorial LIMUSA, Segunda Edición, México (1985)

14. PRACTICA DE LABORATORIO, ADMINISTRACION NACIONAL DE -
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA), Noviembre, San
Salvador, (1990).
15. OLMEDO, J., MANUAL DEL SEMINARIO "CONTROL OPERACIONAL DE
PLANTAS POTABILIZADORAS" Impartido por la Administraci
ción Nacional de Acueductos y Alcantarillados, ANDA.
San Salvador, Abril (1990).

A N E X O I

M A N U A L P A R A
O P E R A D O R E S

I N D I C E

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
CAPITULO I	
METODOS PARA LA DESINFECCION DEL AGUA	
1.1 DESCRIPCION DE LA CLORACION	216
1.2 FACTORES DE AFECTAN LA CLORACION	
CONCENTRACION	219
TIEMPO DE CONTACTO	
TEMPERATURA	
pH	
SUSTANCIAS EN EL AGUA	
1.3 EL CLORO Y SUS PROPIEDADES	231
1.4 PRUEBAS DE CONTROL DE LA CLORACION	235
1.5 TECNICAS DE CLORACION	237
CAPITULO II	
MEDICION DEL FLUJO DE AGUA	
2.1 MEDICION DEL FLUJO DE AGUA	241
2.2 CONVERSION DE UNIDADES UTILIZADAS	
PPM→Lb/DIA	244
PPM→PORCENTAJE	
CAPITULO III	
OPERACION DE SISTEMAS MUNICIPALES	
3.1 CLORACION DE AGUA DE POZO	249

3.2	CLORACION DE AGUA POR GRAVEDAD EN COMUNIDADES REMOTAS	255
3.3	SISTEMAS MULTIPLES DE CLORACION	257
3.4	CLORACION DE AGUAS NEGRAS	261
3.5	CONTROL DE CLORO RESIDUAL	261
3.6	CLORACION EN TANQUES	264

CAPITULO IV

OPERACION DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y AGROINDUSTRIALES

4.1	CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO	266
4.2	CLORACION EN PROCESOS DE BEBIDAS Y ALIMENTOS.	270
4.3.	CLORACION DE AGUA EN AGRICULTURA	272
4.4	CLORACION DE AGUAS PARA PROCESOS DE CARNES	276
4.5	ELIMINACION DE COMPUESTOS DE CIANURO DE CLORACION	278
4.6	CLORACION PARA ELIMINACION DE HIERRO Y MANGANESO	282
4.7	CLORACION PARA PISCINAS	284

CAPITULO V

MANEJO Y OPERACION DE SISTEMAS DE CLORACION

5.1	INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE CLORADORES	286
-----	---	-----

5.1.1	INSTALACION	287
5.1.1.1	CILINDRO DE GAS	287
5.1.1.3.	MONTAJE DEL EYECTOR	291
5.1.1.3.1	EYECTOR MONTADO EN TUBERIA	291
5.1.1.3.2	EYECTOR MONTADO EN PARED	293
5.1.1.4	CONEXION DE MANGUERAS DE VACIO Y VENTEO	295
5.1.2	PUESTA EN MARCHA DE CLORADORES	297
5.1.2.1	CONTROL DEL EYECTOR	297
5.1.2.2	CONTROL DEL DOSIFICADOR	299
5.1.3	PARO DEL SISTEMA	303
5.2	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE CLORACION	304
5.2.1	LIMPIEZA DEL ROTAMETRO	304
5.2.2	LIMPIEZA DE LA VALVULA DOSIFICADORA	307
5.2.3	REVISION DEL DIAFRAGMA	310
5.2.4	LIMPIEZA DEL EYECTOR	312
5.2.5	REPARACION DEL ASIEN TO DE LA VALVULA	313
5.2.6	CAMBIO DEL DIAFRAMA DEL EYECTOR	314
5.3	PROBLEMAS COMUNES DE OPERACION	316
5.3.1	CLORO GAS	316
5.3.1.1	FUGAS DE CLORO GAS	316
5.4.1.2	VALVULAS DE CONTENEDOR ATASCADAS	318
5.3.2	HIPOCLORITOS	318
5.3.2.2	DIAFRAGMAS ROTOS	319

CAPITULO I
METODOS PARA LA DESINFECCION DEL AGUA

DESCRIPCION DE LA CLORACION

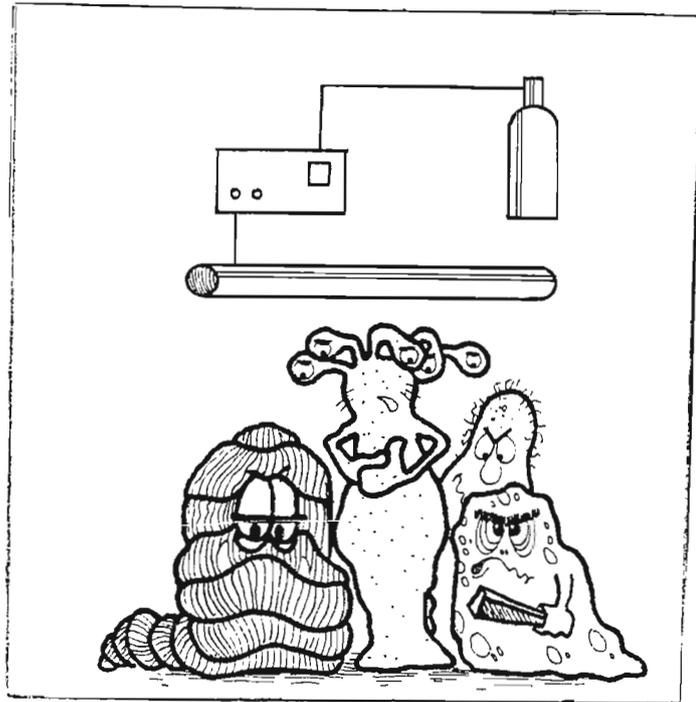
Que significa CLORACION?

Cloración es el método de desinfección de agua más ampliamente usado en todo el mundo.

CLORAR es agregar cloro al agua en proporción adecuada para desinfectarla.

¿Por qué debemos desinfectar el agua que tomamos?

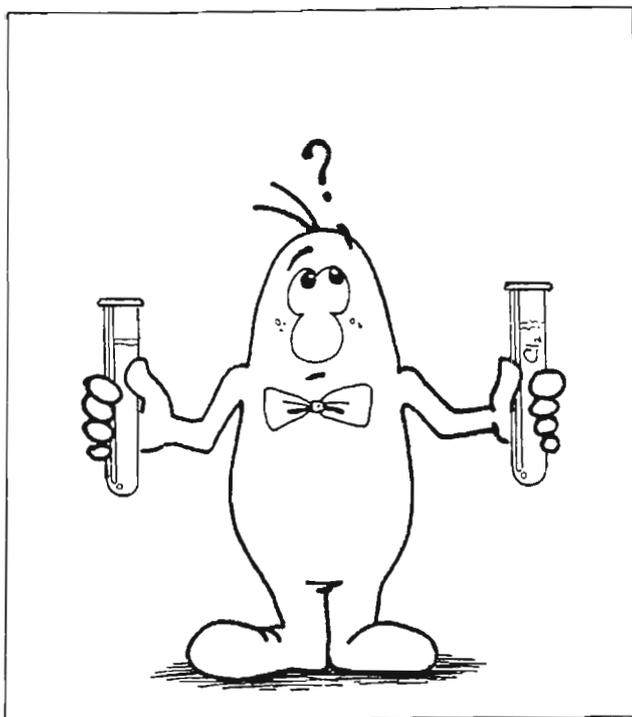
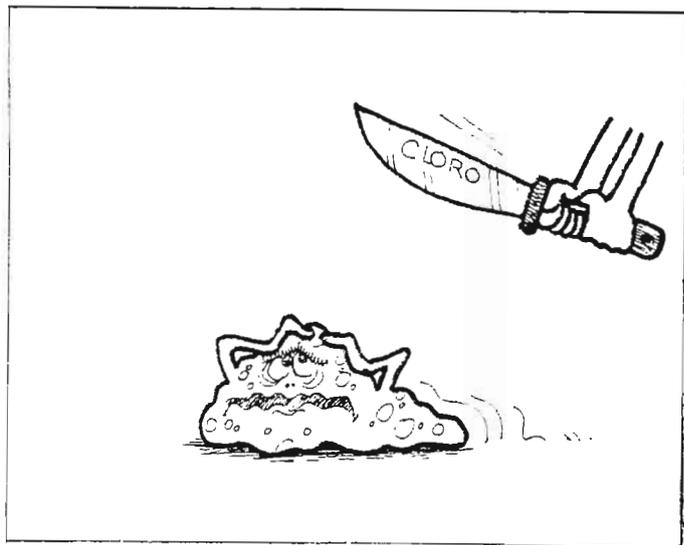
Porque el agua natural posee microorganismos que causan enfermedades.



Cuando el agua reacciona con el cloro se forman compuestos clorados que realizan la desinfección. Los compuestos clorados que se forman se denominan como: CLORO RESIDUAL.

CLORO RESIDUAL:

Es aquel cloro que permanece activo después de haber ejecutado su acción desinfectante sobre el agua.

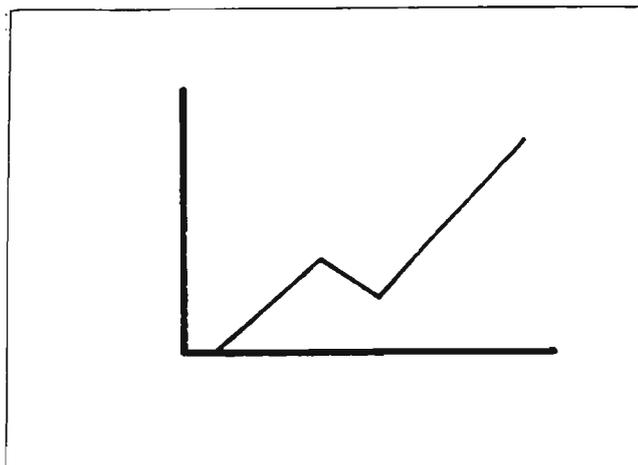


¿Cómo es posible conocer cuanto cloro debe agregarse al agua?

Para hacer ésto es necesario - que el laboratorio realice una "Prueba de Demanda de Cloro" - al agua que queremos clorar.

Demanda de cloro es "La cantidad de cloro que debe agregarse al agua para que se forme - el cloro residual necesario"

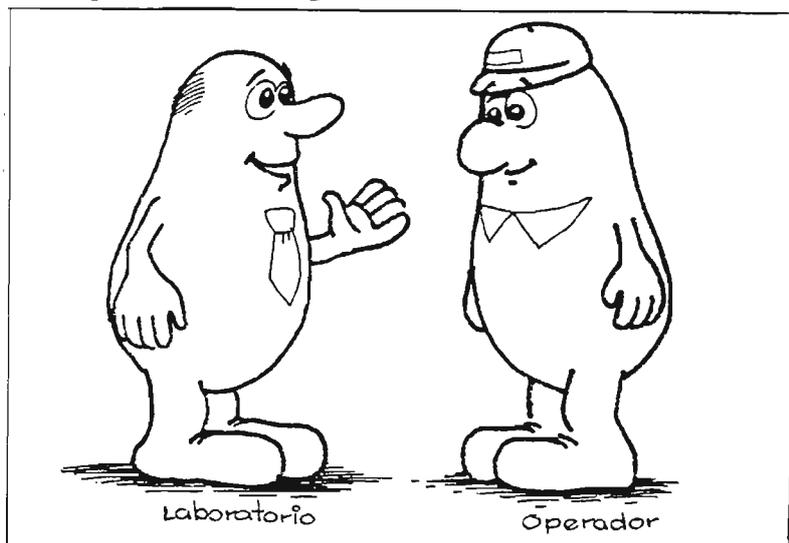
El punto en el cual la cantidad de cloro es la adecuada para la formación del cloro residual se llama "Punto de Quiebre" o "Breakpoint".



Los sistemas de cloración deben trabajar a mayor concentración que el punto de quiebre para garantizar una desinfección completa y prever una futura acción destructiva de microorganismos.

La demanda de cloro se expresa generalmente como "Miligramos de cloro por litro de agua"(mg/lt) o lo que es mismo "Partes por millón (PPM) de cloro necesarias."

Este dato de concentración deberá ser proporcionado por el laboratorio para cada agua.



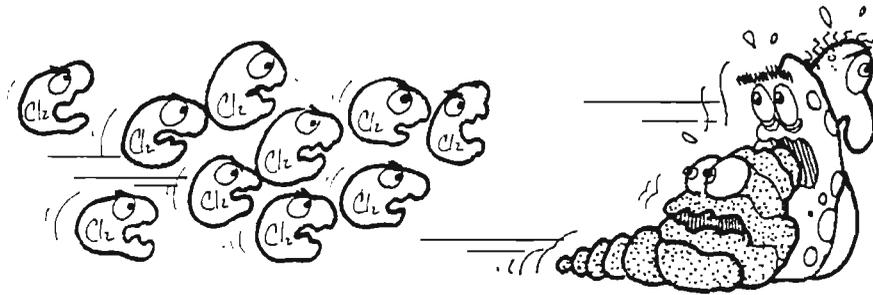
Para que las reacciones del cloro con el agua se den de forma eficiente es necesario conocer varios factores:

1. LA DOSIFICACION O CANTIDAD DE CLORO EN EL AGUA
2. EL TIEMPO DE CONTACTO ENTRE EL CLORO Y EL AGUA
3. LA TEMPERATURA DEL AGUA
4. EL pH DEL AGUA
5. LAS SUBSTANCIAS PRESENTES EN EL AGUA

DOSIFICACION Y TIEMPO DE CONTACTO.

¿Qué es dosificación?

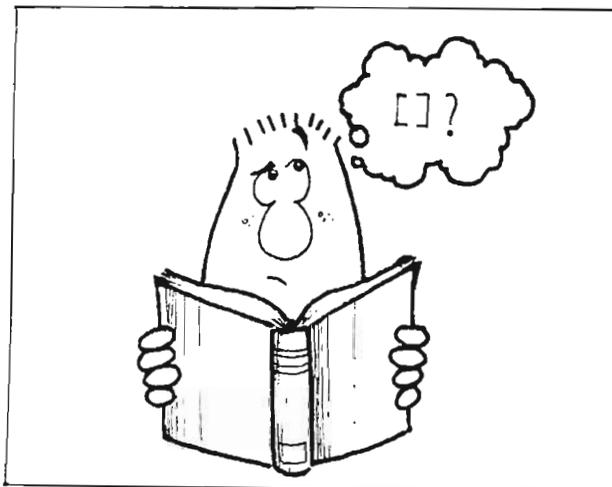
Es la cantidad de cloro que debe ser añadida al agua para que se dé la reacción con las materias indeseables y las destruya. Además esta cantidad debe proveer un cloro residual que pueda continuar reaccionando si fuera necesario.



Esta dosificación depende de la calidad de cada agua y es la demanda de cloro que es determinada en el laboratorio más el cloro residual deseado. El operador debe apegarse al dato proporcionado por el laboratorio sobre la cantidad de cloro que debe agregarse.

¿Cómo se calcula la cantidad de cloro a agregar?

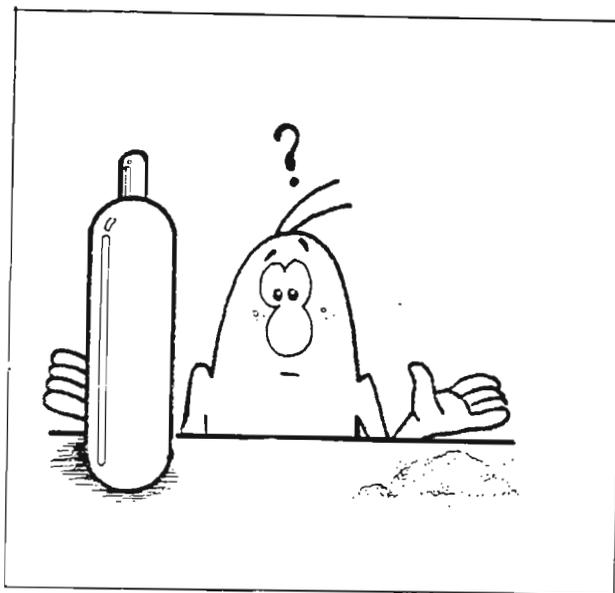
La dosificación depende de la demanda de cloro que se haya determinado en el laboratorio para cada agua. Una vez que el laboratorio proporcione este dato se procede a dosificar el cloro.



¿Cómo se dosifica el cloro una vez obtenido el dato de cantidad de cloro que nos proporciona el laboratorio.

Esto depende del tipo de cloración que se va a utilizar:

- a) Dosificador de gas cloro
- b) Dosificador de hipoclorito de calcio.



Si se va a emplear un dosificador de gas cloro proceder de la siguiente manera:

1. Determinar el caudal de agua a tratar.
2. Convierta el dato de dosis de cloro proporcionando por el laboratorio (el cual está dado en PPM) a libras por día de cloro (Lb/Día) mediante la siguiente fórmula:

Si el caudal está en galones por minuto (GPM)

$$\text{Lb/Día} = (\text{PPM}) * 0.012 * \text{GPM}$$

Si el caudal está en litros por segundo (Lt/s).

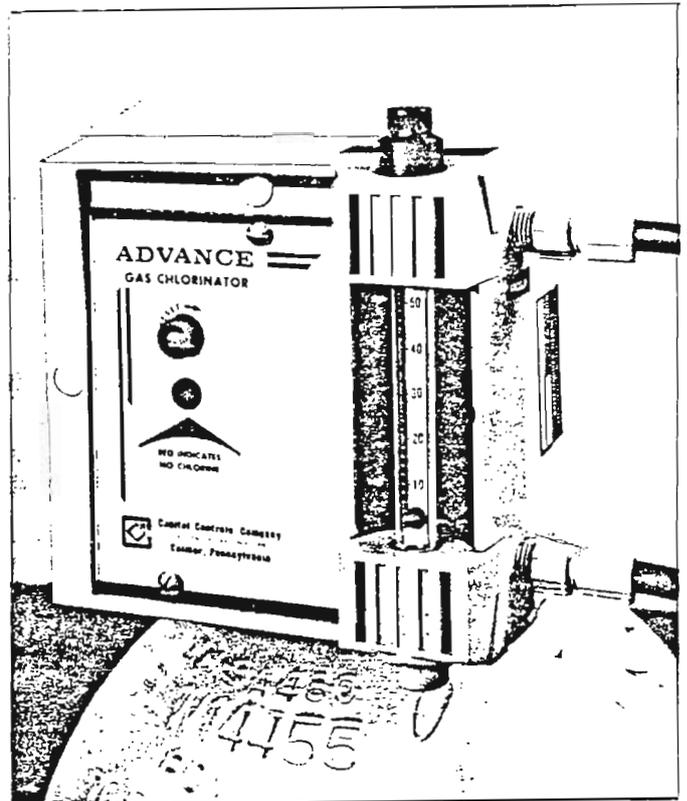
$$\text{Lb/día} = (\text{PPM}) * 0.19 \text{ Lt/s.}$$

Si el caudal está en metros cúbicos por día:

$$\text{Lb/Día} = (\text{PPM}) * 0.053 * \text{m}^3 / \text{día.}$$

3. Ajuste el rotámetro del clorador de gas hasta la medida de Lb/día obtenida por las fórmulas anteriores.

Ahora si se está clorando correctamente el agua.



Si se va a emplear un clorador de solución, es decir, un hipoclorador debemos de conocer los siguientes aspectos:

1. Los hipocloritos (cloro granular) no contiene cloro en su totalidad. El contenido de cloro de hipoclorito de calcio oscila entre 65% y 70%.
2. Se debe preparar una solución de cloro diluyendo el cloro granular en cierta cantidad de agua, la cual llamaremos solución MADRE de cloro y se inyectará con una bomba dosificadora o HIPOCLORADOR.
3. La solución MADRE se prepara en un tanque que puede ser de asbesto, cemento o de plástico. Algunas veces es un barril plástico.
4. Dado que los hipocloritos no contienen 100% cloro se debe poner más libras de hipoclorito que de gas, el cual si es 100% cloro.

¿Cómo se prepara la solución MADRE?

Podemos emplear el método siguiente

- a) Solución MADRE a su máxima concentración (5%).



METODO PARA PREPARAR UNA SOLUCION MADRE AL 5%

1. En un tanque con 50 galones de agua agregue por pocos la cantidad de 32.07 libras de hipoclorito de calcio 65%. Mezclar.

2. Convierta la demanda de cloro más el residual (PPM) indicado por el laboratorio a libra/día según las fórmulas que se detallan a continuación:

Si el caudal está en galones por minuto (GPM)

$$\text{Lb/día} = (\text{PPM}) * 0.012 * \text{GPM}.$$

Si el caudal está en litros por segundo lt/s.

$$\text{lb/día} = (\text{PPM}) * 0.19 * \text{lt/s}.$$

Si el caudal está en metros cúbicos por día:

$$\text{lb/día} = (\text{PPM}) * 0.053 * \text{m}^3/\text{día}$$

Esta será la dosificación por día.

3. Divida las libras por día contenidas entre 0.65 para obtener libras de hipoclorito de calcio al 65% de pureza.

3. Divida las lb/día de hipoclorito de calcio (65%) entre 0.42 para obtener galones por día de solución MADRE, las cuales son las unidades que marca el hipoclorador.

Ejemplo:

El laboratorio determina que la dosis de cloro para el agua de un pozo es 4 PPM. Si éste pozo bombea 25 GPM - ¿cómo se prepara la solución madre al 5% y cómo se ajusta el hipoclorador?

1. La solución madre al 5% se prepara diluyendo 32.07 libras de hipoclorito de calcio (65%) en un barril que contenga 50 galones de agua.
2. La dosificación del hipoclorador se calcula así:
 - a) Conocer las libras por día de cloro 100%

$$\text{lb/día} = (\text{PPM}) * 0.012 * \text{GPM}$$

$$\text{lb/día} = (4 \text{ PPM}) * 0.012 * 25 \text{ GPM.}$$

$$\text{lb/día} = 1.2$$

3. Se divide las lb/día entre 0.65 para obtener LIBRAS POR DIA de hipoclorito de calcio 65%.

$$\text{lb/día de Hipoclorito (65\%)} = 1.2 / 0.65$$

$$\text{lb/día de Hipoclorito (65\%)} = 1.85$$

4. Se divide las libras por día de hipoclorito obtenidas entre 0.42 para obtener GALONES POR DIA de solución madre que se deben dosificar.

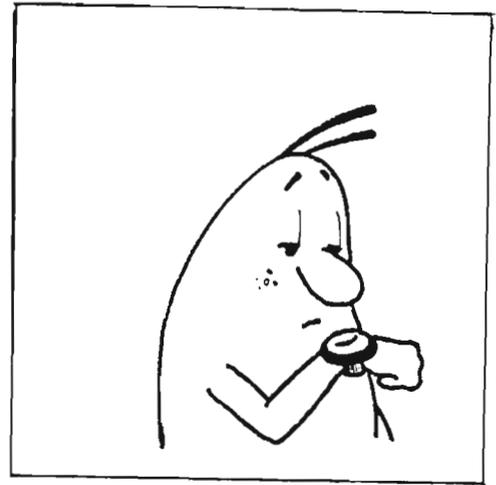
Galones por día de solución madre= $1.85/0.42$

Galones por día de solución madre= 4.4

5. Ajustar el hipoclorador en la marca de 4.4 Gal/día.

¿Qué es tiempo de contacto?

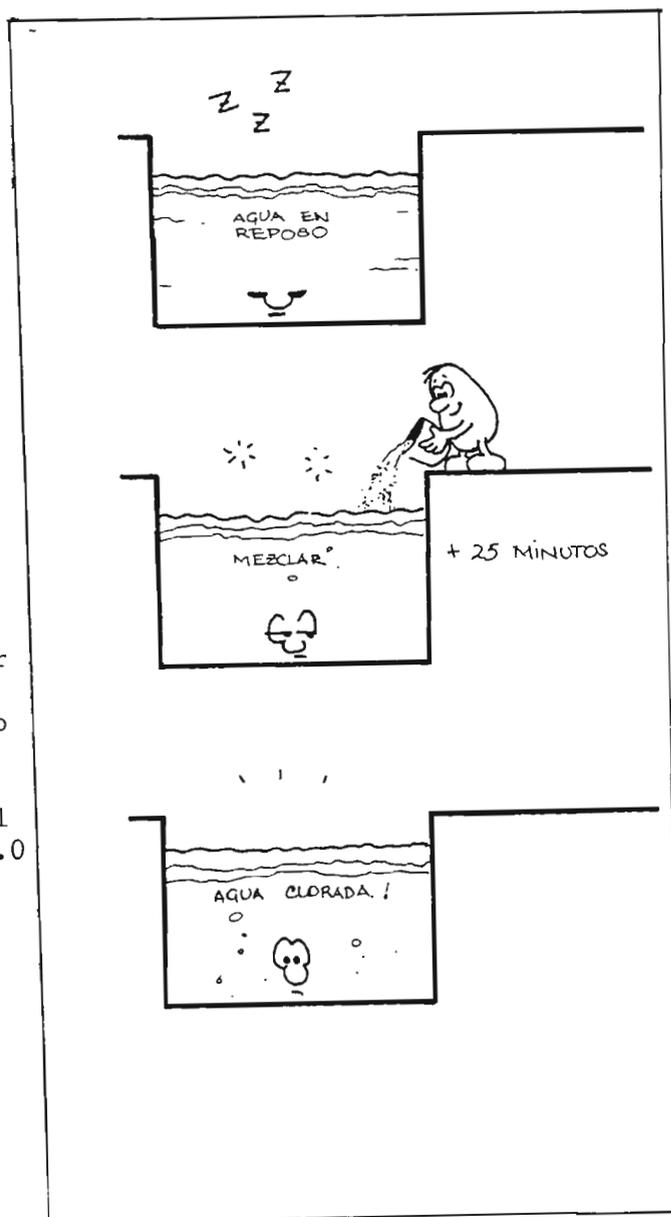
Es el tiempo necesario para que el cloro actúe eficazmente sobre las materias indeseables y las destruya. Por lo tanto después de clorar el agua, ésta debe permanecer en contacto con el cloro entre 20 y 30 minutos.



¿Cómo se calcula el tiempo de contacto si éste es correcto?

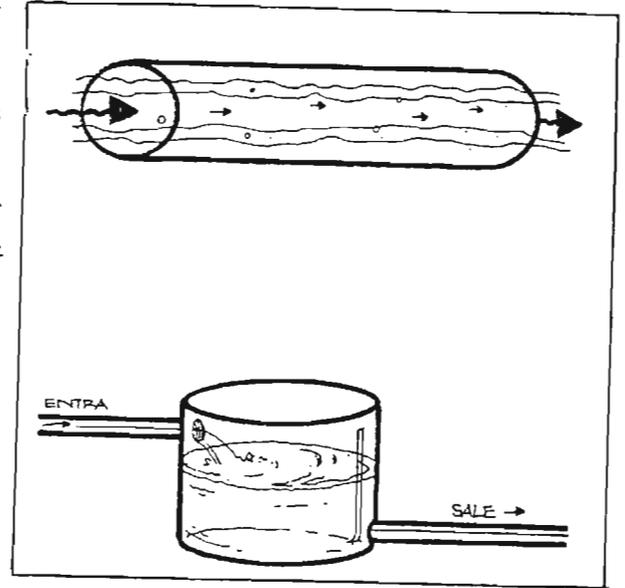
Esto depende si el agua está corriendo o está en reposo. si el agua está en reposo - (cisterna o tanque) proceder de la siguiente forma:

1. Siga el procedimiento de dosificación de cloro y con un reloj tome un tiempo de 25 minutos.
2. al pasar los 25 minutos el cloro ha de reaccionar completamente con las materias indeseables. Luego leer el cloro residual - con un estuche de análisis. Si el cloro residual leído está entre 0.2 y 1.0 PPM, la cloración está correcta.



Si el agua está fluyendo se pueden dar 2 casos:

- a) Que el agua fluya en tuberías solamente.
- b) Que el agua fluya pasando por un tanque y después se distribuya.



CALCULO DEL TIEMPO DE CONTACTO PARA FLUJO EN TUBERIAS

1. Determine el caudal de agua que fluye en Galones por minuto.
2. Determine el diámetro de la tubería en pulgadas.
3. Determine la longitud de tubería desde el punto de aplicación del cloro hasta el punto de consumo de agua más cercano. Longitud en metros.
4. Calcule el volumen de tramo de tubería anterior según - la fórmula siguiente con los datos anteriores:
$$V(\text{Gal}) = (\text{Diámetro, Pulg})^2 \cdot (\text{Longitud, m}) \cdot 0.1338$$
5. Calcule el tiempo de contacto dividiendo el volumen obtenido (Gal) entre el caudal (GPM),
$$t (\text{min}) = V(\text{Gal}) / Q(\text{GPM})$$

Este tiempo debe ser por lo menos 20 minutos. Si esto no se cumple la cloración va a ser incorrecta y entonces se debe notificar al laboratorio para que éste determine la solución más apropiada a este problema.

CALCULO DE TIEMPO DE CONTACTO PARA FLUJO EN TANQUES

1. Determine el volumen de agua que se mantiene con más regularidad en el tanque (Galones).
2. Determine el caudal de agua que está fluyendo (GPM).
3. divida el volumen entre el caudal para obtener tiempo en minutos.

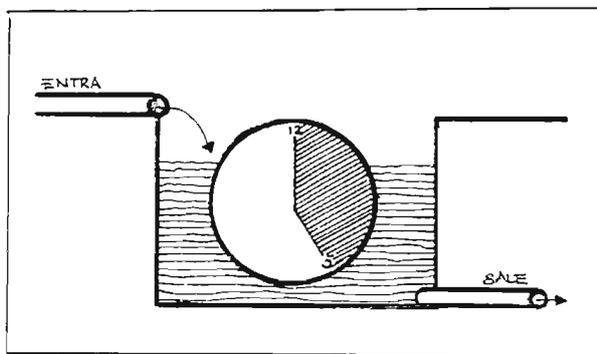
$$t(\text{min}) = V(\text{Gal}) / (\text{GPM})$$

Si el tiempo obtenido es menor de 20 minutos el tiempo de contacto es incorrecto. Un ajuste podría ser incrementar el volumen de agua (incrementando el nivel de agua) que se mantiene en el tanque.

CALCULO DEL VOLUMEN DE UN TANQUE PARA TIEMPO DE CONTACTO.

1. Determine el caudal a tratar (GPM)
2. Asuma un tiempo de contacto de 25 minutos.

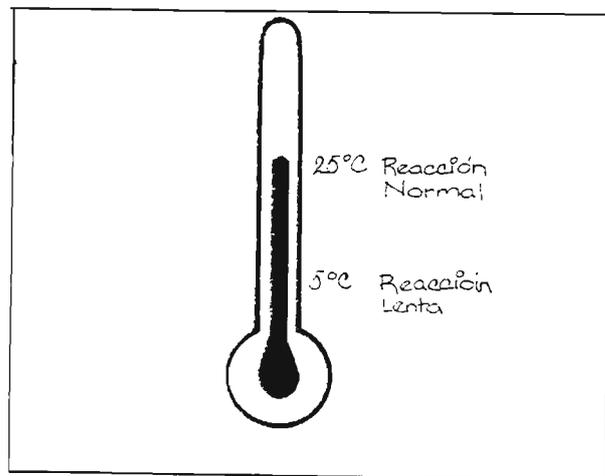
3. Divida el caudal (GPM) entre 25 minutos para obtener un volumen en galones.
4. con el volumen obtenido se puede diseñar y construir un tanque para que se dé el tiempo de contacto necesario. En este caso 25 minutos.



¿En qué afecta la temperatura al proceso de cloración?

En que la reacción de formación de cloro residual se hace más lenta a bajas temperaturas por lo tanto la desinfección tardará más en llevarse a cabo.

Por otro lado, a temperaturas más altas la reacción de formación de cloro residual es más rápida y por lo tanto la desinfección tarda menos.



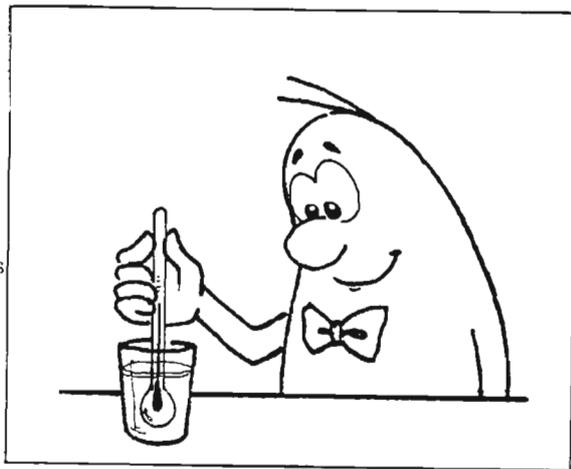
Por ejemplo, empleando cloro residual fijo, para obtener una desinfección completa a temperaturas entre 2 y 5 grados centígrados se requiere un tiempo de contacto 5 veces mayor que el requerido para una temperatura de 20°C a 30°C.

Es decir:

TEMPERATURA	TIEMPO NECESARIO
20° - 30° C	20 minutos
2° - 5° C	100 minutos

¿Cómo se puede tomar la temperatura del agua?

1. tomar una muestra de agua en un recipiente pequeño.
2. Introducir un termómetro que tenga lectura de -10° a 120° grados C.
3. Tomar la lectura de temperaturas 3 minutos después y anotar el resultado y comparar con la tabla anterior para determinar el tiempo de contacto.



¿Qué es el pH?

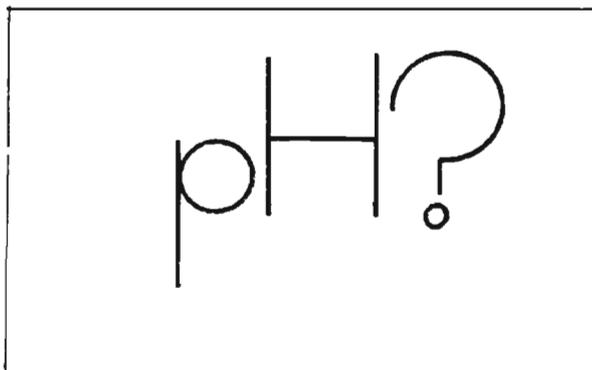
pH es un parámetro que indica la acidez o la alcalinidad.

¿Cómo afecta el pH al proceso de desinfección del agua?

El pH aumenta o disminuye el poder desinfectante del cloro.

El pH ideal del agua para una desinfección efectiva se debe mantener entre 6 y 7.

Esta propiedad se determina en el laboratorio el cual dará instrucciones si se debe ajustar o no.



Sustancias en el agua:

El cloro reacciona con los microorganismos y los destruye, pero también hay otras sustancias tales como minerales,

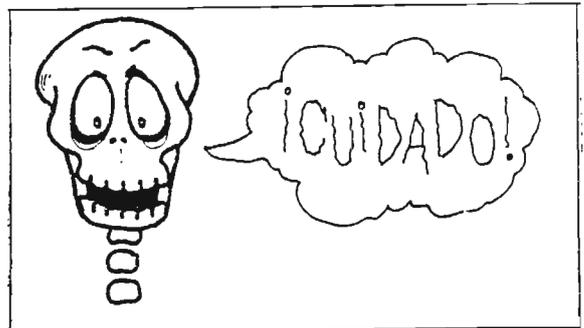
residuos orgánicos, lodos, arenas y compuestos químicos.

La presencia de sustancias extrañas en el agua desvían la acción del cloro ya que se dedica a reaccionar primero con las sustancias extrañas, y luego, el exceso de cloro es el que tiene acción desinfectante.

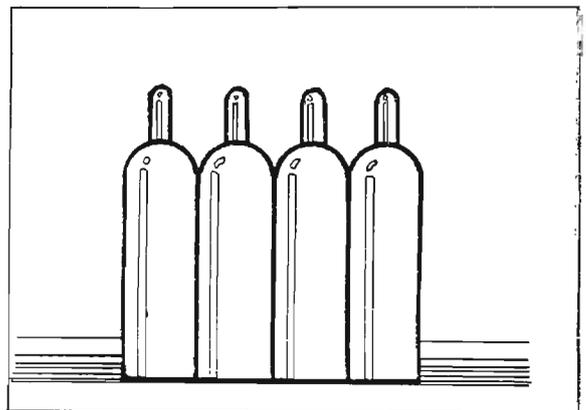
las materias causantes de turbidez protegen a los microorganismos contra la acción desinfectante del cloro y es por eso que la cloración es el último paso en el tratamiento de aguas para fines potables. El agua que va a ser sometida a desinfección debe pasar primero por otros tratamientos para remover todas esas sustancias extrañas.

EL CLORO Y SUS PROPIEDADES

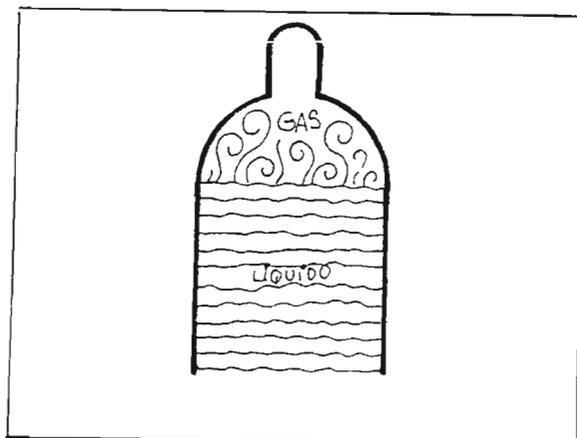
El cloro es un gas tóxico. Por eso debe manejarse con precaución cuando se operan sistemas de desinfección de agua con cloro.



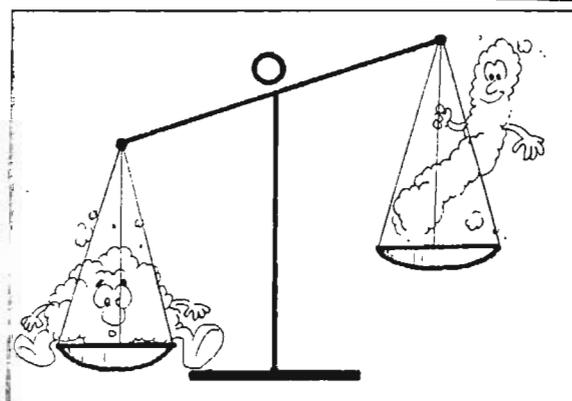
El cloro es un gas que se envasa bajo presión en contenedores de acero.



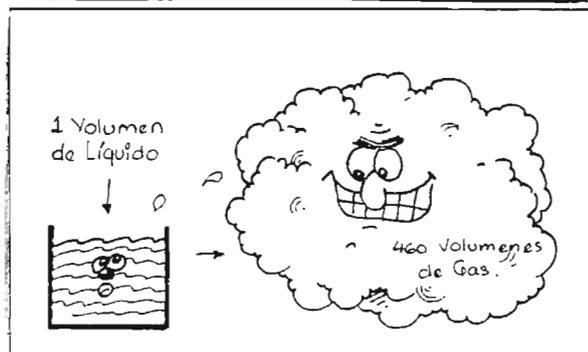
Dentro del cilindro de cloro hay parte gas y parte líquido. El cloro que sale del cilindro hacia el dosificador es siempre gas cloro.



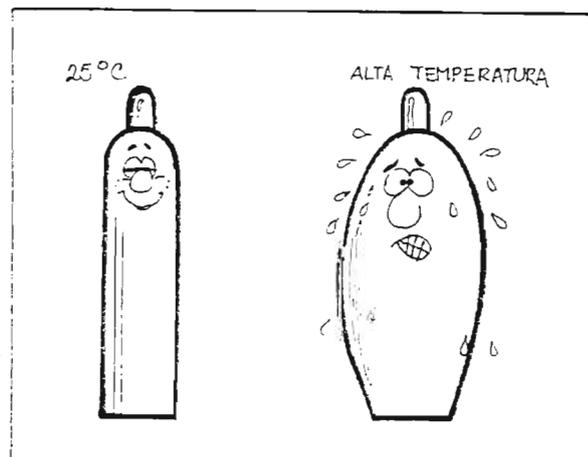
El cloro gas es 2.5 veces más pesado que el aire y por lo tanto - tiende a irse al suelo o a los lugares más bajos de la instalación.



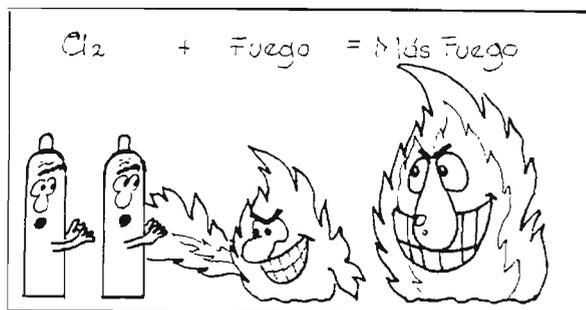
El cloro líquido se evapora extremadamente rápido cuando se derrama. Un volumen de cloro líquido forma 460 volúmenes de cloro gas.



Quando el cloro se calienta dentro de un contenedor, el volumen aumenta creando un incremento en la presión dentro del contenedor. Es recomendable mantener los contenedores de cloro a temperatura ambiente (25°C) y no permitir un aumento grande de temperatura. El cilindro no explota ante un incremento de presión sino que produce fugas en la válvula.

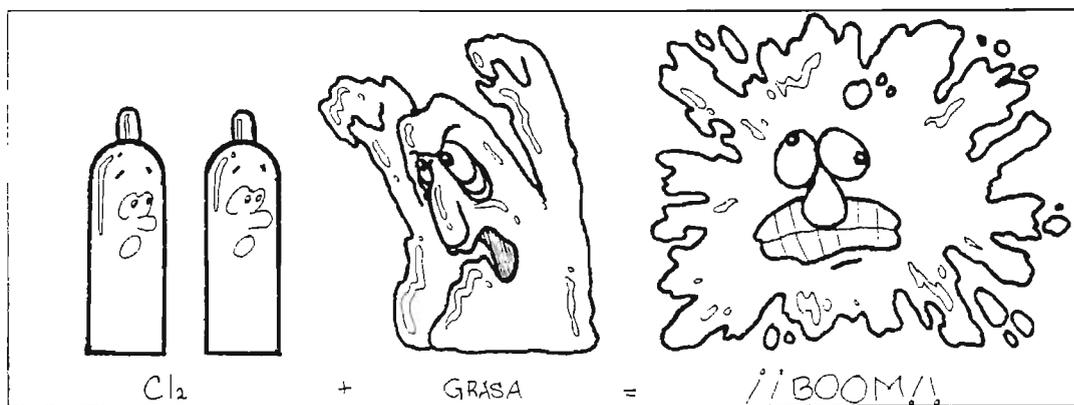


Ni el cloro gas, ni el cloro líquido son inflamables y explosivos en sí mismos, pero pueden actuar como apoyo a un fuego existente.



El cloro puede reaccionar explosivamente con grasas y aceites. Para poder limpiar grasas y aceites de cilindros o tuberías de cloro debe remojarse un paño con TRICLORO ETILENO y limpiar.

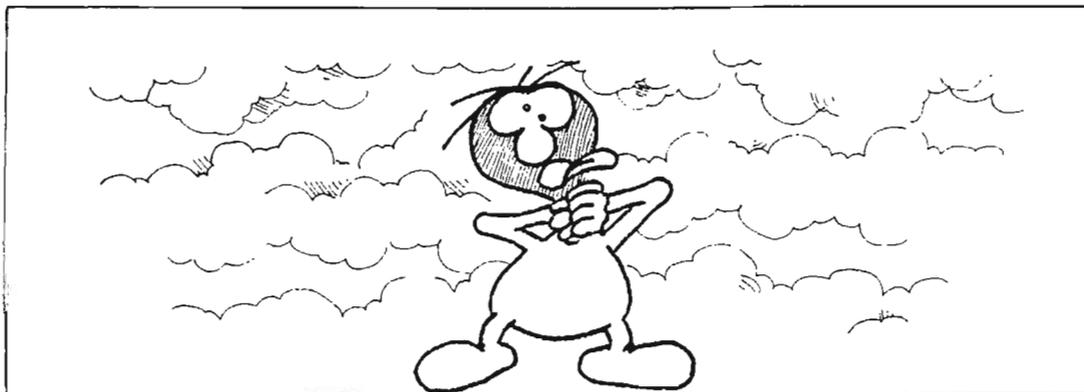
NORA: EL TRICLORO ETILENO NO DEBE USARSE PARA LIMPIAR LIQUIDOS COMBUSTIBLES (GASOLINA, DIESEL, ETC.) PORQUE EXPLOTA.



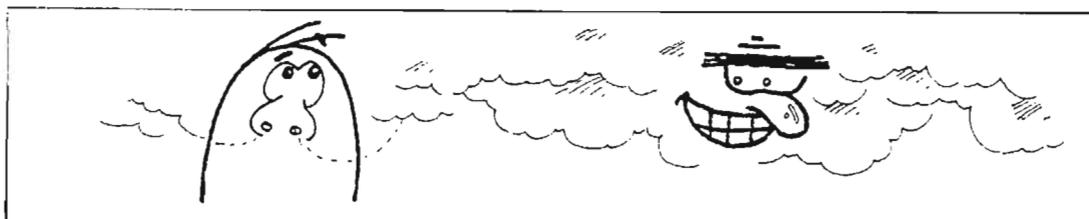
El cloro líquido es irritante a la piel. Su contacto produce quemaduras. Causa serios daños en los ojos. Se evapora a temperatura ambiente y presiones normales.

El cloro gas es un irritante primario de las vías respiratorias. Cuando alcanza 15 PPM de concentración en el aire éste irrita las membranas mucosas, el sistema respiratorio y -

la piel. En casos extremos puede causar la muerte por sofocación.



El olor característico del cloro delata su presencia en el aire. Su color amarillo verdoso lo hace visible a altas concentraciones.



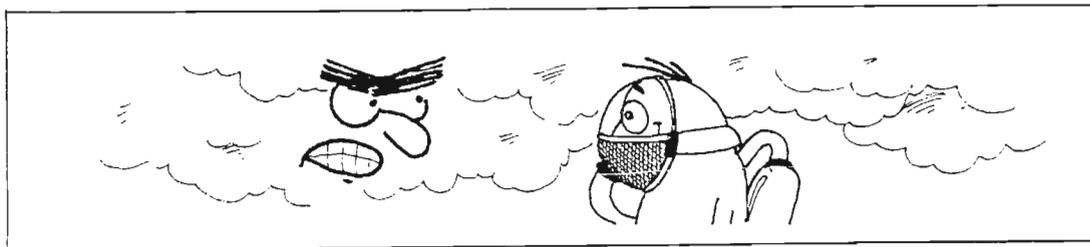
A temperatura normal el cloro seco, líquido o gas, no corroe el acero, pero en presencia de humedad se vuelve sumamente corrosivo. Por ésto deben mantenerse cerradas las válvulas de los contenedores y las tuberías una vez que se vacien.

DETECCION DE FUGAS

Para detectar una fuga de cloro debe aplicarse un paño previamente empapado con solución de amoníaco sobre el área

en que se supone está la fuga. En el punto de la fuga se formará una nube blanca (Cloruro de amonio). En caso de detectar una fuga leve por el método del paño con amoníaco debe cerrarse la válvula del cilindro de cloro y reparar sellando la fuga.

En caso de fugas grandes use mascarillas apropiadas para gas cloro.



PRUEBAS DE CONTROL DE LA CLORACION

La cloración debe ser controlada diariamente en períodos cortos (Cada 6 horas) para que no se agregue ni más, ni menos cloro del que sea necesario.

La forma de controlar la cloración es por medio de análisis que pueden hacerse en el lugar de dosificación con estuches de prueba de cloro residual.

Se puede considerar que la cloración está correcta cuando se obtienen residuales de 0.2 a 1.0 PPM.

Los estuches de prueba cloro residual pueden ser el método DPD o el método ORTOTOLIDINA.

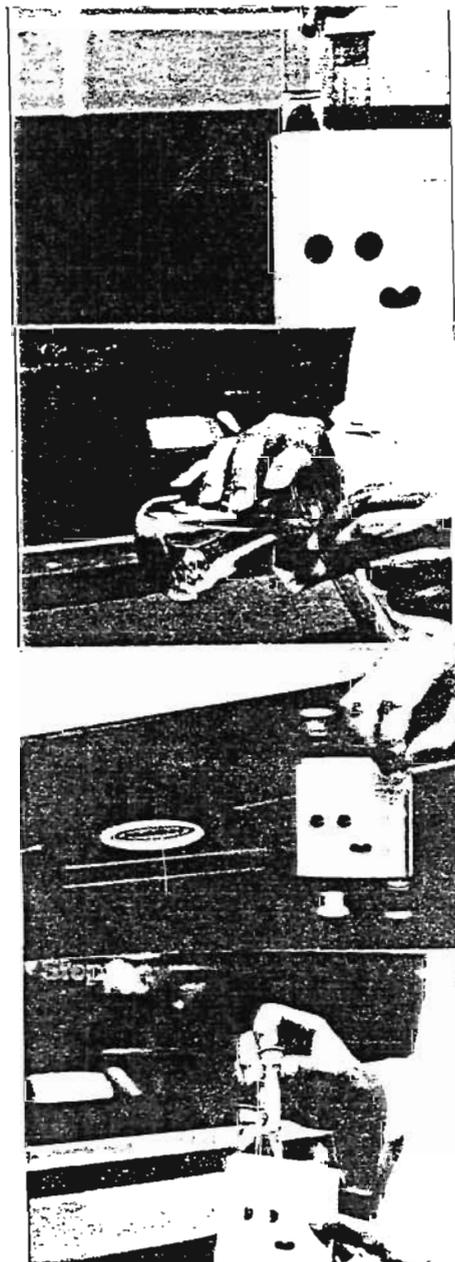
El funcionamiento de estos métodos es similar. La dife

rencia son los reactivos empleados para la prueba y las coloraciones que indican las lecturas de residuales.

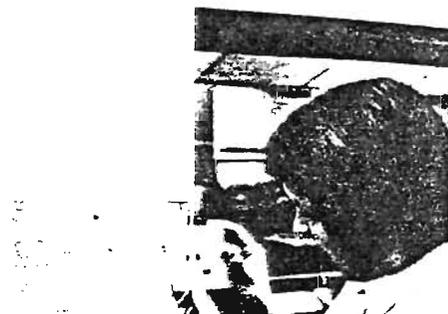
LECTURA DE RESIDUALES DE CLORO EN ESTUCHES DE PRUEBA

NOTA: El procedimiento para ambos métodos (DPD u ORTOTOLIDINA) es el mismo.

1. Llene un tubo de muestra de agua y colóquelo en el espacio al lado del comparador de color.
2. Llene el segundo tubo hasta la marca de 5 ml con agua a ser analizada.
3. Agregue el reactivo químico (DPD u ORTOTOLIDINA) al segundo tubo y agite suavemente.
4. Inserte el segundo tubo en el comparador.



5. Sostenga el comparador hacia la luz natural, rotando el disco de comparación de colores hasta que el color del disco iguale el color de la muestra analizada, lea en la escala y anote el resultado.



TECNICAS DE CLORACION

¿De qué forma se puede aplicar cloro al agua?

Para saber esto necesario conocer las formas comerciales del cloro. Estas son:

1. CLORO GAS (100% CLORO disponible)
2. HIPOCLORITO DE CALCIO (70%)
3. HIPOCLORITO DE SODIO (5-15%)

Los porcentajes son la cantidad de cloro disponible en cada compuesto.

Los más empleados son los dos primeros. Basados en esto, podemos aplicar cloro al agua por medio de:

1. CLORADORES DE GAS
2. CLORADORES DE SOLUCION DE HIPOCLORITO DE CALCIO.

¿Cuándo se debe usar cloro gas y cuándo se debe usar hi poclorito de calcio? Esto depende del caudal de agua.

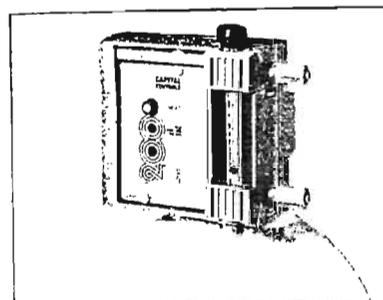
CAUDAL	TIPO DE CLORACION
MENOS DE 300 GPM	HIPOCLORITO DE CALCIO, CLORO GAS
300 GPM(17 Lt/s)	HIPOCLORITO DE CALCIO, CLORO GAS
MAS DE 300 GPM	UNICAMENTE CLORO GAS

¿Cómo funciona un clorador de gas?

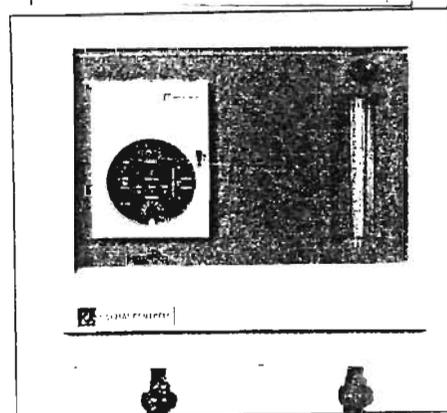
El clorador de gas se compone de:

- A) DOSIFICADOR
- B) INYECTOR O EYECTOR

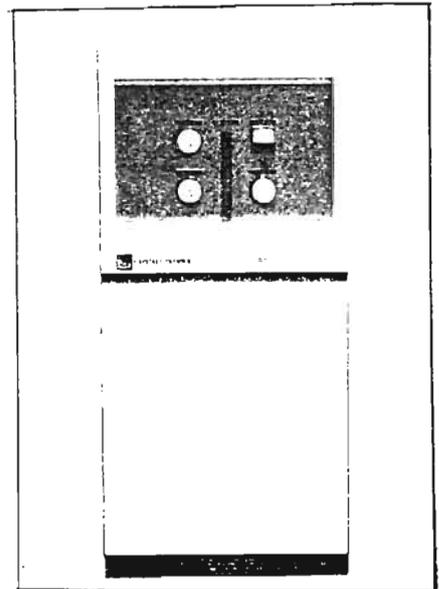
El clorador puede estar instalado sobre el cilindro:



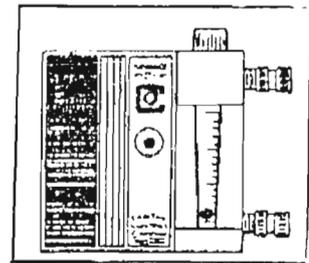
Instalado en la pared:



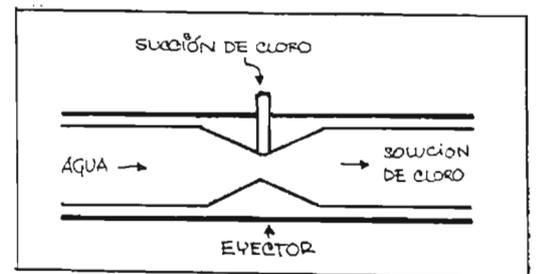
O ser un gabinete de operación;



El dosificador regula el flujo de gas por medio de una perilla y lo mide en un rotámetro:



La succión del gas se crea en el inyector. Cuando se hace pasar una corriente de agua, por la garganta del inyector, éste forma un vacío que succiona el gas del cilindro e inyecta el cloro en el agua.



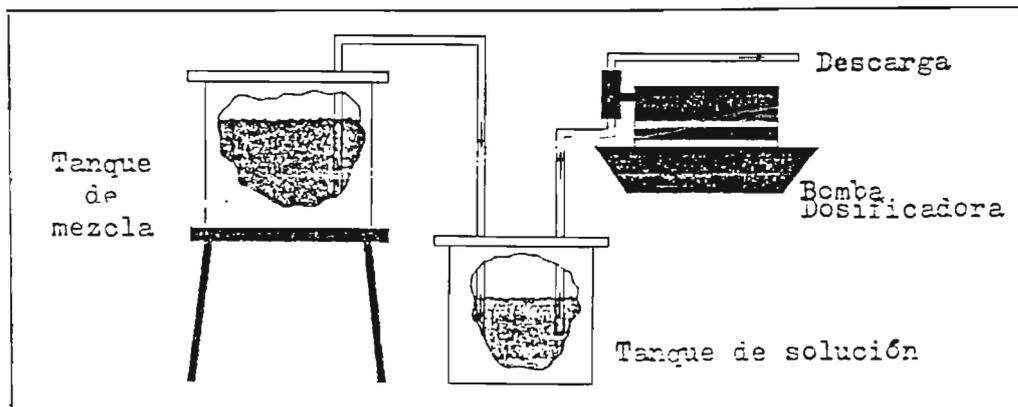
¿Cómo funciona un clorador de solución de hipoclorito de calcio ?

Este dispositivo se llama hipoclorador o bomba dosificadora.

Se compone de:

- A) BOMBA DOSIFICADORA
- B) TANQUE DE SOLUCION

C) TANQUE DE ALMACENAMIENTO



En el tanque de solución se prepara la mezcla de hipoclorito de calcio y agua de acuerdo a la concentración deseada. Luego la parte de arriba de la solución, o sea la parte sin sedimento se pasa al tanque de almacenamiento. El tanque de almacenamiento de la solución de hipoclorito de calcio se usa para tener la solución separada de los precipitados que se formaron en la mezcla.

La bomba dosificadora succiona del tanque de almacenamiento la solución de hipoclorito de calcio y la inyecta en el agua a tratar. La bomba dosificadora se regula de acuerdo a la dosificación que se requiera.

Las soluciones de hipoclorito de calcio NO deben dejarse sin dosificar (Es decir sin uso) por más de 4 días porque pierden su concentración de cloro y esto podría generar dosificaciones incorrectas.

CAPITULO II

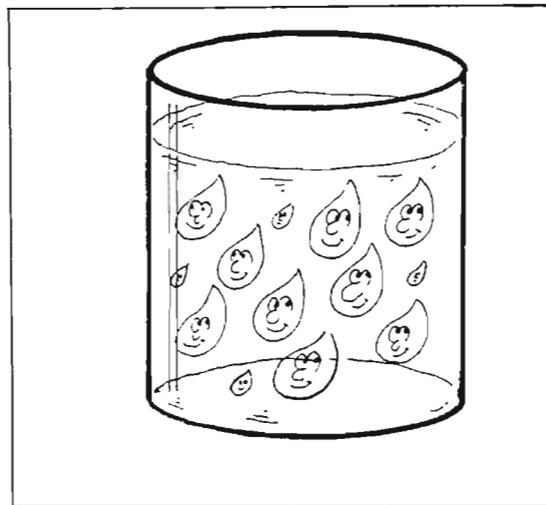
MEDICION DEL FLUJO DE AGUA

2.1 CANALES DEL CAUDAL

Es necesario medir la cantidad de agua que se clora por que la dosificación diaria de cloro depende de la cantidad de agua.

Los dosificadores de cloro gas y de solución de hipoclorito de calcio - inyectan el cloro en base al caudal de agua que se clora.

Las unidades de concentración de cloro indican "Cantidad de cloro presente en un volumen de agua".
Ej: mg/lt significa miligramos de cloro presente en un litro de agua.



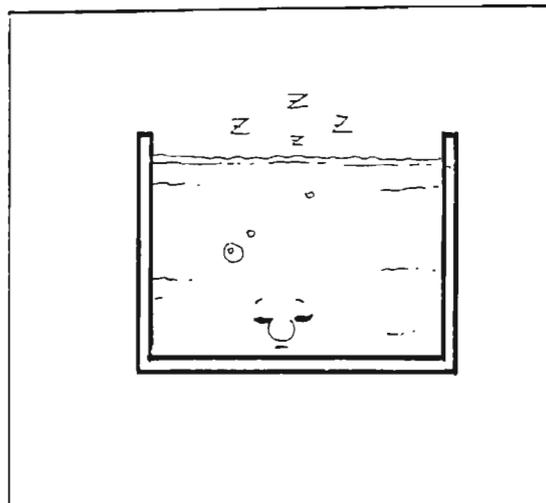
Por todo lo dicho anteriormente es necesario conocer cuanta agua se va a clorar.

¿Como puedo conocer cuanta agua voy a clorar?

Esto depende de:

1. Si el agua está en reposo (Pilas, tanques, etc.)
2. Si el agua está fluyendo (Líneas o tanquès de distribución).

Si el agua está en reposo entonces debe medirse el volumen de agua contenido en el tanque o en la pila, - con las dimensiones de altura, an - cho y largo o con el diámetro y al - tura para obtener el volumen.



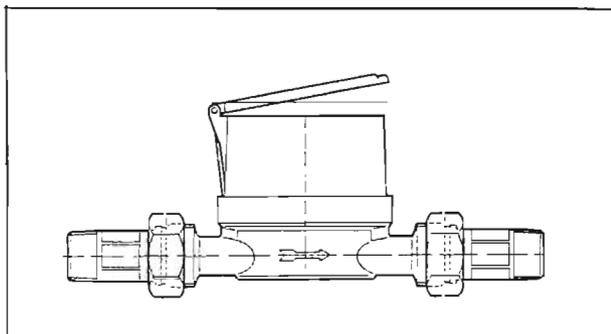
Si el agua está fluyendo la medi - ción puede ser hecha por:

- Medidores de caudal
- Dato estimado de la bomba

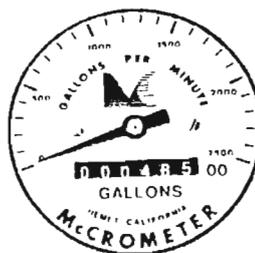
MEDIDORES DE CAUDAL:

Los medidores pueden leerse de las siguientes formas:

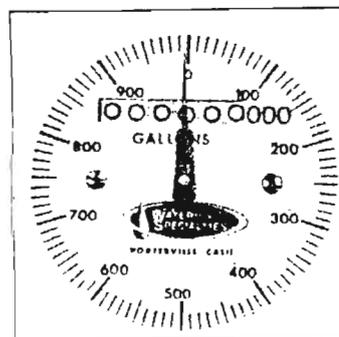
- Lectura de la flecha indica - dora.
- Lectura del totalizador.



Si la carátula del medidor posee una flecha indicadora que se po - siciona en un punto de la escala, tome la lectura del caudal en el valor que indica la flecha.



Si la carátula del medidor posee una flecha que permanece girando cuente el número de vueltas, a - partir de cero que da la flecha en un minuto y multiplíquelas - por el máximo valor de la escala de la carátula. Este dato será - el caudal por minuto.



Otra forma de medir el caudales por medio de la diferencia del registro que se tiene en tiempos diferentes. Es decir:

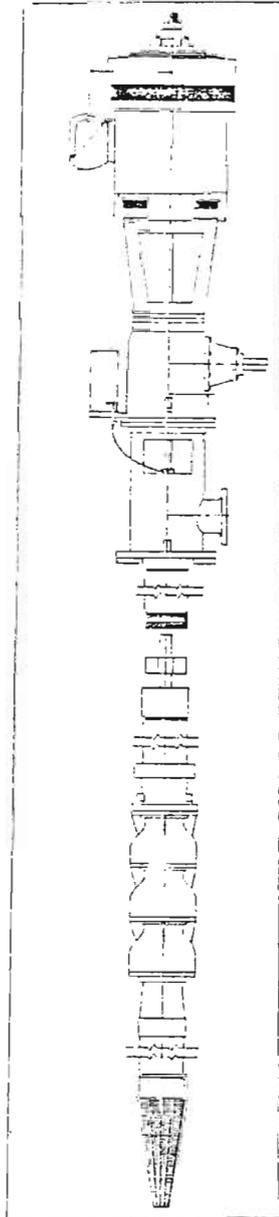
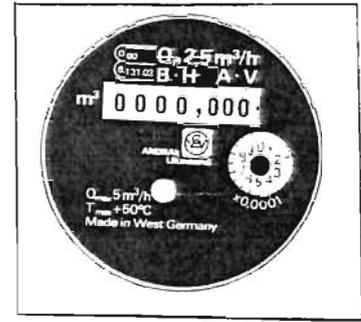
1. Anotar la lectura del registrador y anotar la hora.
2. Una hora más tarde tome nuevamente el valor del registro.
3. Reste la primera lectura a la segunda lectura.
4. Divida el resultado de la resta entre 60 minutos (el cual es el tiempo transcurrido entre las dos lecturas) y se obtiene el caudal por minuto en las unidades que indica el medidor.

DATOS ESTIMADO DE LA BOMBA.

Remítase al dato técnico del caudal de operación de la bomba que funciona en la estación de bombeo donde se va a clorar.

Debe existir un record de la operación de la bomba el cual indica el caudal al cual se debe trabajar.

En caso de no existir dicho dato técnico debe solicitarse a la oficina encargada una medición de caudal o aforo.



2.2 CONVERISIONES MAS USADAS

PPM - lb/DIA

PPM significa "partes por millón". PPM es una medida de concentración de una sustancia en otra.

PPM es igual a mg/lt (miligramos por litro) lo cual indica la cantidad de miligramos de una sustancia A presente en un litro de solución con sustancia B.

Para dosificar cloro se usan comunmente las unidades de "Libras por día". Esto significa que la concentración de cloro está dada por el peso total dosificado en un período de - 24 horas.

Para realizar la conversión PPM-Lb/Día es estrictamente necesario con ser un caudal diario de agua a tratar.

Las fórmulas que pueden usarse para calcular libras por día de cloro se presentan a continuación:

$$\text{Lb/Día} = \text{PPM} * 0.012 * \text{GPM}$$

$$\text{Lb/día} = \text{PPM} * 0.19 * \text{lt/seg.}$$

$$\text{Lb/día} = \text{PPM} * 0.053 * \text{m}^3/\text{Seg.}$$

Ejemplo # 1

Un equipo de bombeo descarga 500 GPM(Galones por minuto). Si se requiere una dosificación de 3 PPM, a cuantas lb/día equivale esta concentración.?

$$\text{Lb/día} = 3 \text{ PPM} * 0.012 * 500 \text{ GPM}$$

$$\text{Entonces Lb/día} = 18.00 \text{ lb/día}$$

Ejemplo # 2

La etapa de desinfección en una planta de tratamiento requiere 300 lb/día de cloro. si se utiliza hipoclorito de calcio, el cual contiene 65% de cloro disponible, ¿Cuántas lb/día deben ser usadas en el tratamiento?

Las 300 lb/día de cloro son el 100%, por lo tanto se necesitan más de 300 lb/día de hipoclorito de calcio el cual contiene menos del 100% de cloro disponible. Entonces

$$(\text{Lb Hipoclorito de cálcio}) \times (0.65) = 300 \text{ Lb de cloro } 100\%$$

$$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) = (300 \text{ lb Cl } 100\%) / 0.65$$

$$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) = 461.54 \text{ lb.}$$

Esto nos indica que para dosificar realmente 300 lb/día de cloro 100% debemos suministrar 461.54 lb/día de hipoclorito de calcio 65%.

Ejemplo # 3

Una fuente de suministro agua requiere 30 Lb/día de cloro 100% para desinfección. que cantidad de Hipoclorito de sodio (10% de cloro disponible) debe ser dosificado?

$$(\text{lb Hipoclorito de sodio}) \times (0.10) = \text{lb de cloro } 100\%$$

$$(\text{Lb Hipoclorito de sodio}) = (\text{Lb de cloro } 100\%) / (0.10)$$

$$(\text{Lb Hipoclorito de sodio}) = (30 \text{ lb}) / (0.10)$$

(lb Hipoclorito de sodio) = 300 Lb/día de Hipoclorito de sodio 10%.

Por lo tanto 300 lb/día de hipoclorito de sodio 10% satisfacen la cantidad requerida de cloro 100%.

Ejemplo # 4

¿Cuántas lb/día de hipoclorito de calcio (70% cloro disponible) se requieren para la desinfección en una planta donde el caudal es 2 MGD (Millones de galones al día) y además se requiere una dosis de cloro de 2 PPM?

Primero debemos conocer la cantidad de cloro 100% requerida:

$$\text{PPM} \times 8.34 \times \text{MGD} = \text{Lb/día de cloro 100\%}$$

$$(2) \times 8.34 \times (2) = 33.36 \text{ lb/día cloro 100\%}$$

Ahora partiendo del hipoclorito de calcio 70%:

$$(\text{lb hipoclorito de calcio}) \times (0.70) = 33.36 \text{ lb de cloro 100\%}$$

$$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) = (33.36 \text{ lb Cl 100\%}) / 0.70$$

$$(\text{Lb Hipoclorito de calcio}) = 47.66 \text{ Lb.}$$

Ejemplo # 5.

¿Cuántas lb. de cloro 100% se requieren para desinfectar un tanque de 150,000 galones si éste ha de ser tratado con una concentración de 50 PPM?

PPM x 0.053 x M³ = Lb, la única diferencia es que no se trata un caudal sino un volúmen estático de agua por lo cual las unidades de tiempo se descartan.

$$(50 \text{ PPM}) \times (0.053) \times (150 \text{ m}^3) = 397.5 \text{ lb. de cloro } 100\%$$

CONVERSIONES PPM-PORCENTAJE

PPM es igual a mg/lt.

La conversión de partes por millón a porcentaje (%) - P/V se facilita si recordamos de que porcentaje es partes por cien.

Entonces:

% = Partes/100 y además sabemos que PPM = Partes /1,000,000. Por lo cual si nosotros dividimos PPM/10,000 obtenemos porcentaje, y de la otra forma si multiplicamos % por 10,000 obtenemos PPM.

Ejemplo # 6

Se desea desinfectar agua con una dosis de 25 PPM. ¿Como se expresaría la dosis en porcentaje?

Sabemos que % = PPM/10,000, por lo tanto

$$\% = 25/10,000$$

$$\% = .0025 \text{ (P/V)}$$

Ejemplo # 7

Se ha determinado que en una planta de bombeo la desinfección necesitará 3 PPM de cloro. Expresar la concentración en %.

$$\% = 3/10,000$$

$$\% = .0003$$

Ejemplo # 8

Una planta recicladora de plástico necesita desinfectar dicho material el cual proviene de depósitos de basura. Si la dosis recomendada fuese 1% P/V, como se expresaría esta concentración en PPM?

$$\text{PPM} = \% \quad \times 10,000$$

$$\text{PPM} = 1 \quad \times 10,000$$

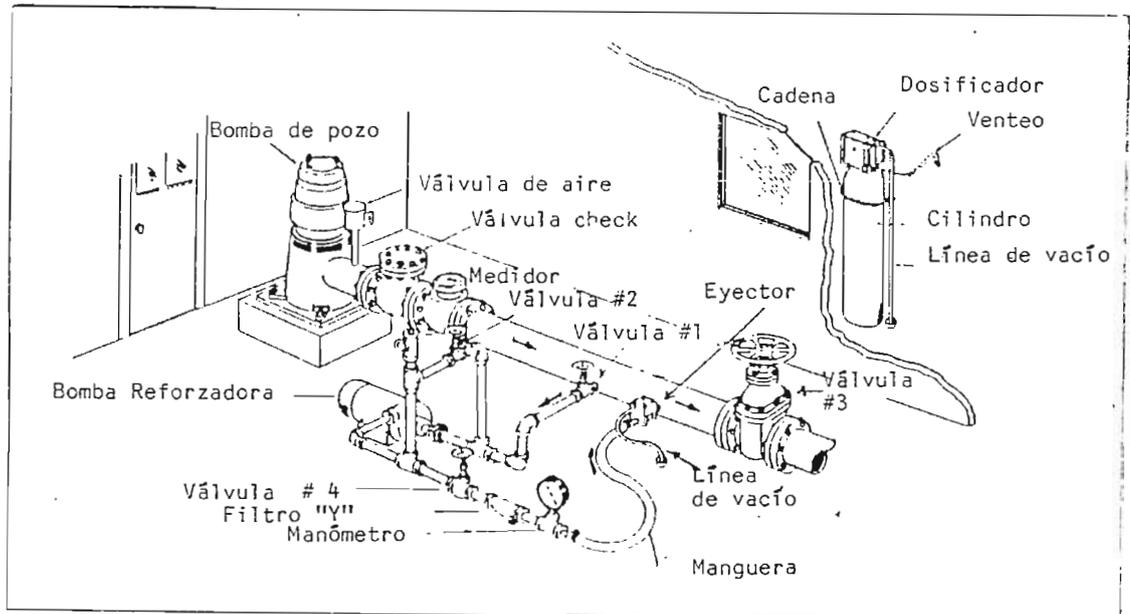
$$\text{PPM} = 10,000$$

Es decir que la desinfección requiere 10,000 PPM para lograr su objetivo.

CAPITULO III
OPERACION DE SISTEMAS MUNICIPALES

3.1 CLORACION DE AGUA DE POZO

Una instalación típica de un sistema de cloración de agua de pozo se muestra en la siguiente figura:



Existen otros arreglos, pero todos funcionan bajo el mismo principio.

De acuerdo a la figura anterior, la bomba de pozo extrae el agua y la distribuye en la línea principal. Más o menos un metro después del medidor de agua se extrae una derivación conocida como "By Pass".

El "By-Pass" o derivación se compone de ciertas válvulas de compuerta, niples, accesorios, etc., pero la parte principal es la bomba "Booster" o bomba reforzadora.

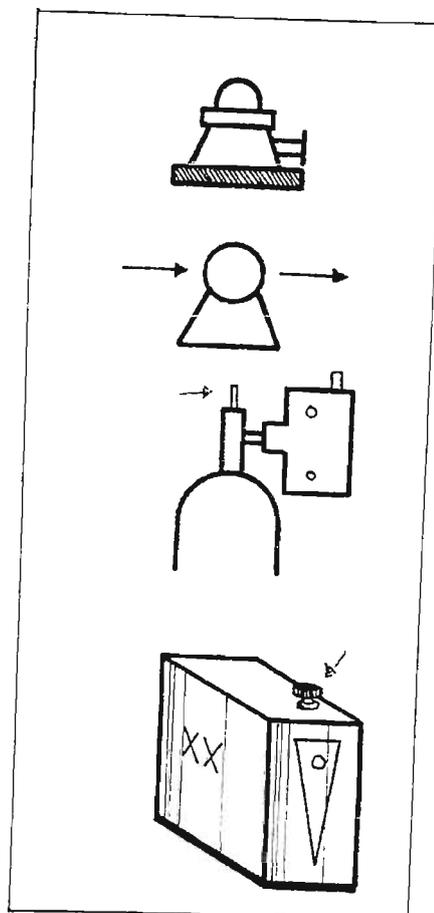
La bomba reforzadora sirve para hacer pasar agua a presión por el eyector, el cual succiona el cloro, y además se inyecta solución de cloro a mayor presión que la presión de la línea principal.

el cloro gas succionado por el eyector se conduce por una manguera plástica desde el dosificador. El eyector se conecta directamente en la línea principal.

PROCEDIMIENTO PARA OPERAR EL SISTEMA

3.1.1 ARRANQUE DEL SISTEMA

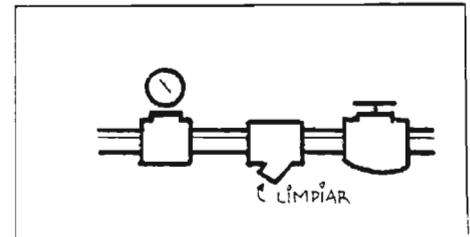
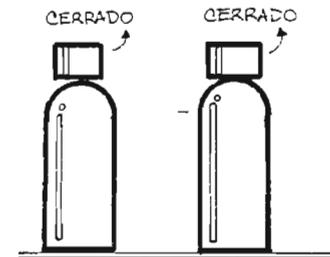
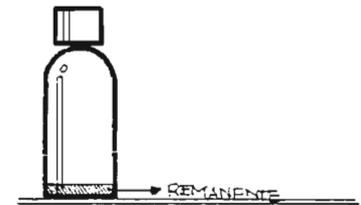
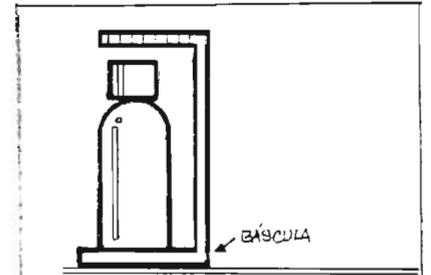
1. Arranque la bomba de pozo
2. Arraque la bomba reforzadora
3. Abra la válvula del cilindro de cloro gas que tiene el dosificador montado.
4. Regule las libras por día de cloro con la perilla del dosificador según la indicación del rotámetro.



NOTA: La bomba de pozo y la bomba reforzadora pueden estar interconectadas para tener un mismo dispositivo de arranque/pa-rada.

3.1.2 REVISION DEL SISTEMA

1. Revisar periódicamente la cantidad de cloro que hay en el cilindro. Usual - mente el cilindro debe estar montado en una báscula
2. Nunca deje que un cilindro de cloro - se vacíe completamente, deje por lo me - nos unas 2 a 5 libras de cloro en el - cilindro.
3. Nunca deje abiertos, los cilindros que no están en uso. Estén éstos llenos o no. Los cilindros vacíos deberán colo - carse aparte de los cilindros llenos - para no confundirlos.
4. Limpiar con regularidad el filtro "Y" que desenroscando el tapón que tiene éste en la derivación



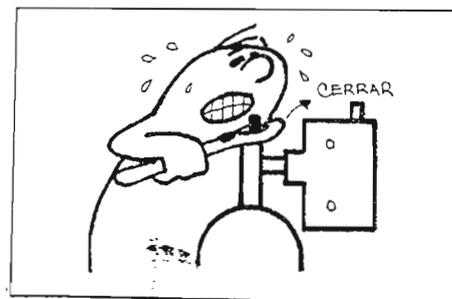
5. No permitir que haya goteos en la derivación o "By-Pass."



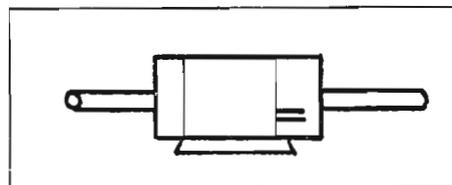
3.1.3 PARO DEL SISTEMA (Cuando se requiere)

1. Cerrar la llave del cilindro

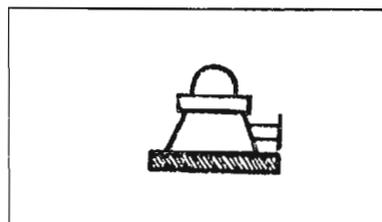
NOTA: NUNCA USE LA PERILLA REGULADORA DEL DOSIFICADOR PARA CERRAR EL SUMINISTRO DE CLORO.



2. Apagar la bomba reforzadora



3. Apagar la bomba del pozo



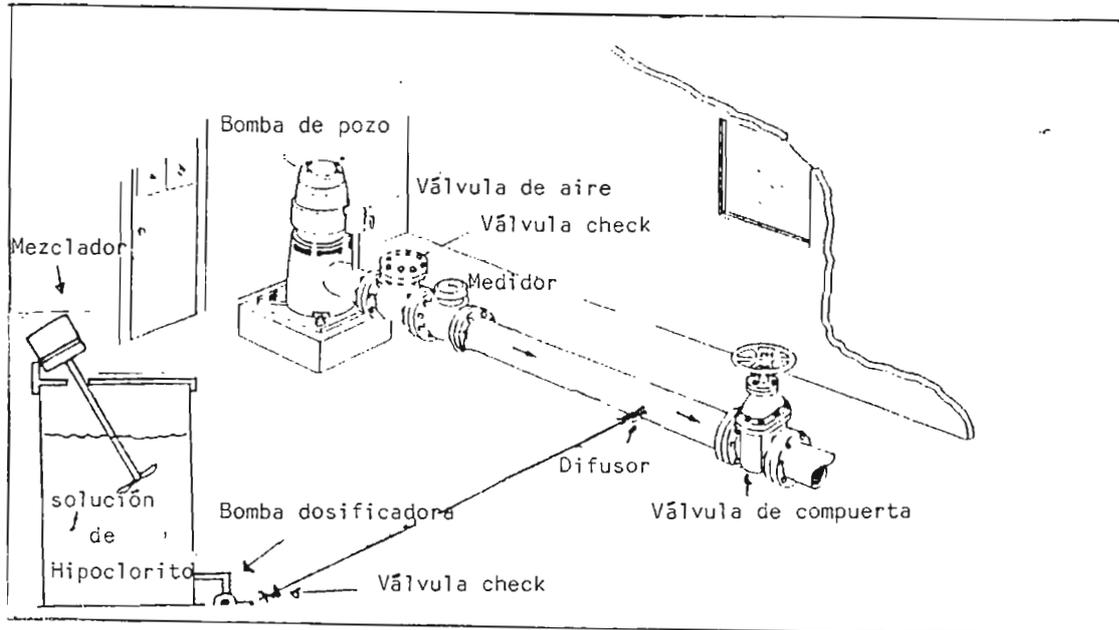
3.1.4 ALGUNAS RECOMENDACIONES

1. La válvula de compuerta (#4) de la línea principal debe estar siempre abierta.

2. La válvula de compuerta (#1) sirve para inactivar el "By Pass" y se cierra sólo en caso de reparaciones.
3. La válvula de compuerta (#2) del "By-Pass" debe siempre estar cerrada durante la operación de la bomba reforzadora. Se abre sólo para aislar la bomba reforzadora en caso de reparaciones, desviándose así el agua hacia el eyector.
4. La válvula (#3) del "By-Pass" controla la presión hacia el eyector. La presión se lee en el manómetro. Sirve también para aislar el eyector en caso de reparaciones o de falta de suministro de cloro.

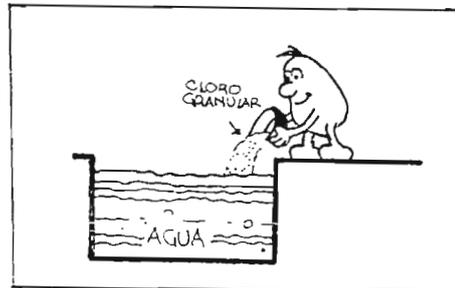
3.1.5 HIPOCLORACION

Este sistema no necesita de By-Pass o derivación como el empleado en cloración con gas. Inyecta directamente la solución de hipoclorito en la línea principal por medio de una bomba dosificadora. La siguiente figura se muestra una instalación típica:

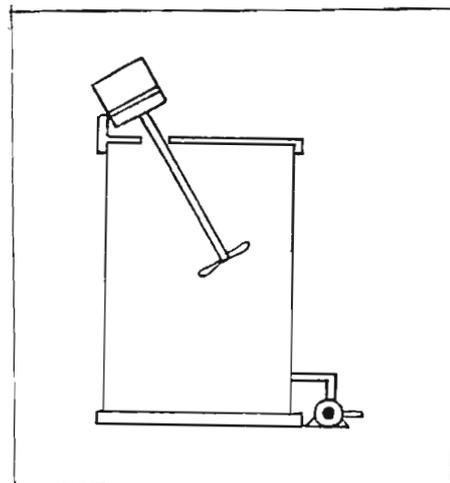


3.1.5.1 ARRANQUE DEL HIPOCLORADOR

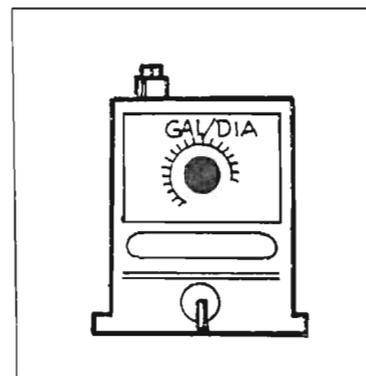
1. Preparación de la solución de hipoclorito. (ver sección de Concentración pag. # 219)



2. Encender la bomba del pozo
3. Encender la bomba dosificadora



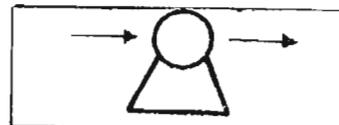
4. Ajustar la dosis de la bomba dosificadora con el dato de concentración obtenido en el laboratorio.



3.1.5.2 PARO DEL HIPOCLORADOR

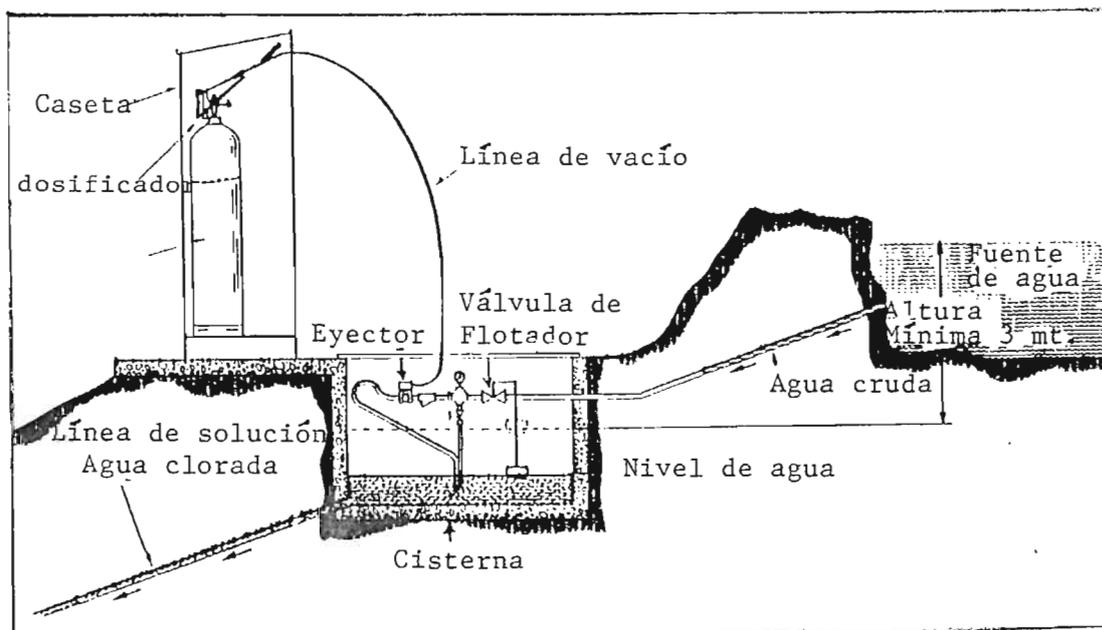
(Cuando se requiere)

1. Apagar la bomba dosificadora
2. Apagar la bomba de pozo



3.2 CLORACION DE AGUA POR GRAVEDAD EN COMUNIDADES REMOTAS

La siguiente figura muestra una instalación típica de este sistema:

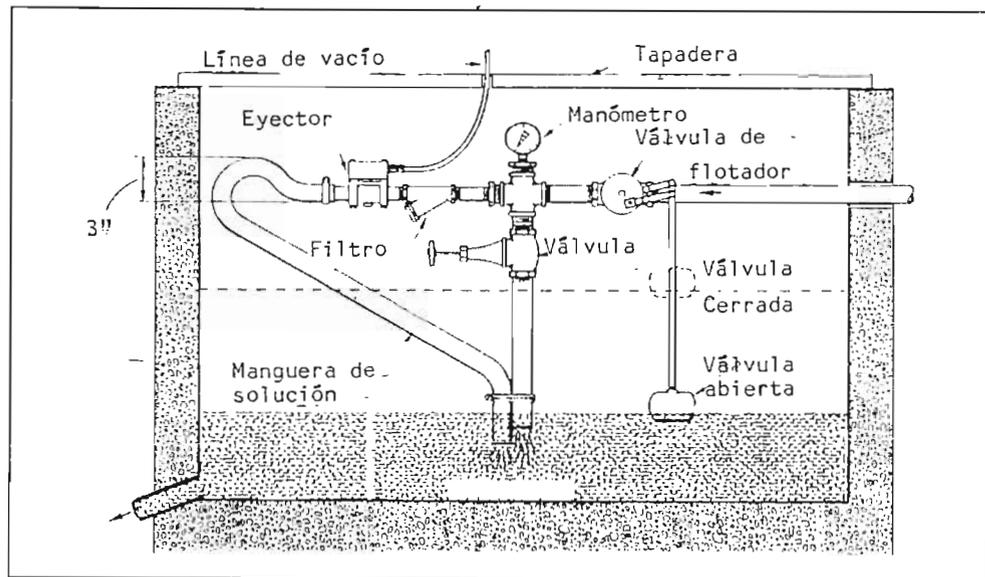


Este sistema trabaja automáticamente por medio de flotador. En esta aplicación debe cumplirse que el diámetro de la tubería de entrada de agua sea igual al diámetro de la tubería de salida de agua en el tanque o cisterna.

Cuando la cisterna tiene bajo el nivel del agua, la válvula de flotador está abierta y deja pasar agua hacia el cruce "Eyector-alivio". el cruce "Eyector-alivio" se compone de las partes descritas en la siguiente figura:

- Cruz
- Manómetro
- Filtro "Y"
- Eyector
- Válvula de compuerta

- Manguera de solución



Con la válvula de compuerta se regula el flujo de agua que sea necesario para activar el eyector y para descargar el resto en la cisterna.

Cuando el nivel de agua sube en la cisterna, la válvula flotador se cierra y no pasa agua hacia el cruce "Eyector - Alivio", lo cual detiene automáticamente el suministro de cloro.

3.3 SISTEMAS MÚLTIPLES DE CLORACION

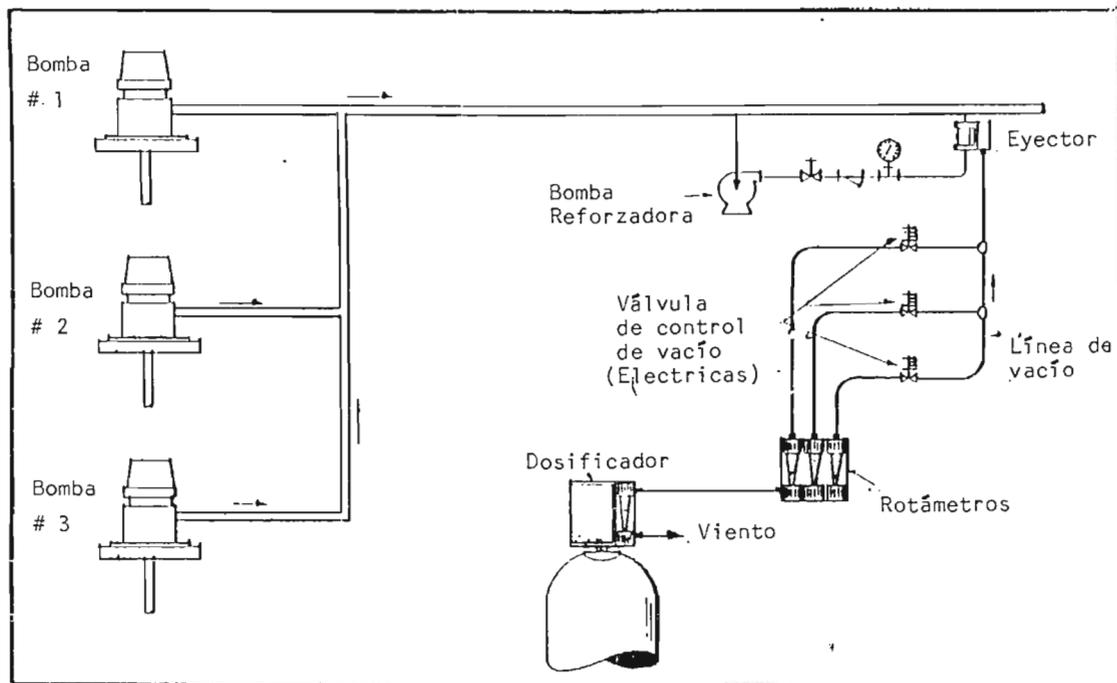
Un sistema múltiple es aquel que tiene las siguientes características:

- a) Varias dosificaciones de cloro en un mismo punto de aplicación.

- b) Varias dosificaciones de cloro en varios puntos de aplicación.

3.3.1 VARIAS DOSIFICACIONES- UN SOLO PUNTO

La siguiente figura muestra una instalación típica de éste sistema:



Cuando la bomba # 1 arranca, debe arrancar también la - bomba reforzadora. En ese momento se activa el eyector y automáticamente se abre la válvula solenoide #1 la cual deja - pasar cloro gas, el cual se mide en el rotámetro # 1.

De manera similar operan las otras bombas:

Arranca Bomba # 2, se abre la válvula solenoide #2, pa-
sa cloro en el rotámetro # 2.

Arranca bomba # 3, se abre la válvula solenoide # 3, pa

sa cloro en el rotámetro # 3 .

Paro de la bomba # 2, se cierra la válvula solenoide - #2, no pasa cloro en el rotámetro # 2.

Paro de la bomba # 3, se cierra la válvula solenoide #3, no pasa cloro en el rotámetro # 3.

También puede operar simultáneamente las tres bombas.

NOTAS: El dosificador montado sobre el cilindro se mantiene a dosificación constante.

Antes de arrancar el sistema debe abrirse la válvula del cilindro de cloro.

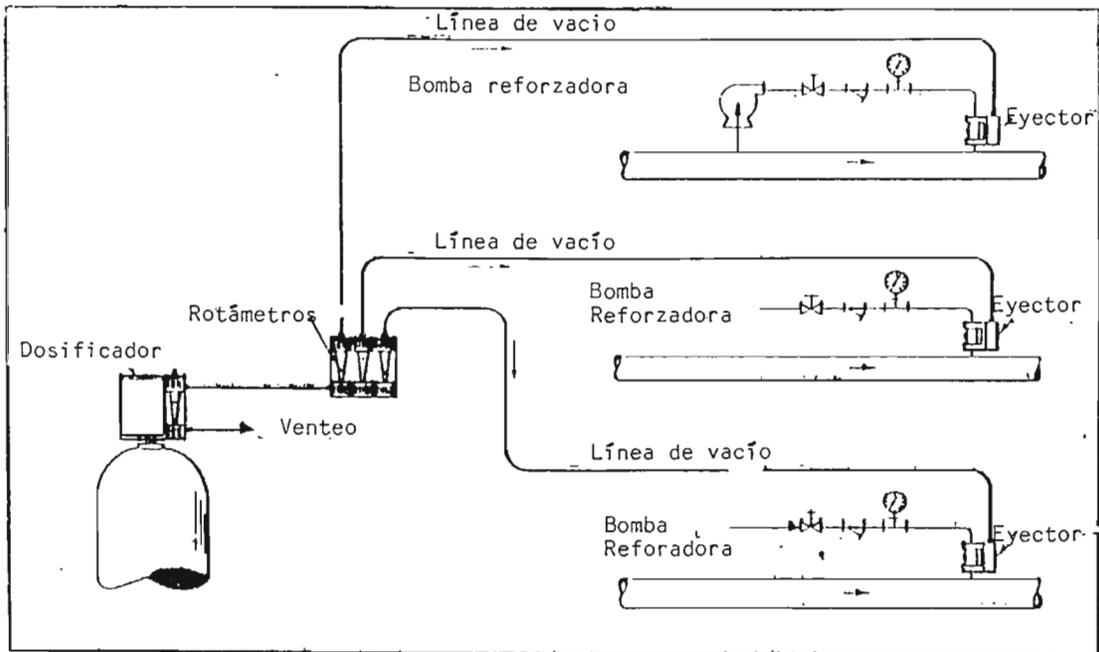
Nunca usar las perillas de dosificación del rotámetro para cortar el suministro de cloro.

Cuando se para el sistema debe cerrarse la válvula del cilindro.

Debe regularse el paso de cloro con los rotámetros de acuerdo a la dosificación proporcionada por el laboratorio.

3.3.2 VARIAS DOSIFICACIONES-VARIOS PUNTOS DE APLICACION

La siguiente figura muestra una instalación típica de este sistema:



En este sistema:

Arranca bomba # 1, arranca bomba reforzadora #1, se activa el eyector # 1, pasa cloro en el rotámetro # 1

Arranca bomba # 2, arranca bomba reforzadora # 2, se activa el eyector # 2, pasa cloro en el rotámetro # 2.

Arranca bomba # 3, arranca bomba reforzadora # 3, se activa el eyector # 3, pasa cloro en el rotámetro # 3.

3.4 CLORACION DE AGUAS NEGRAS

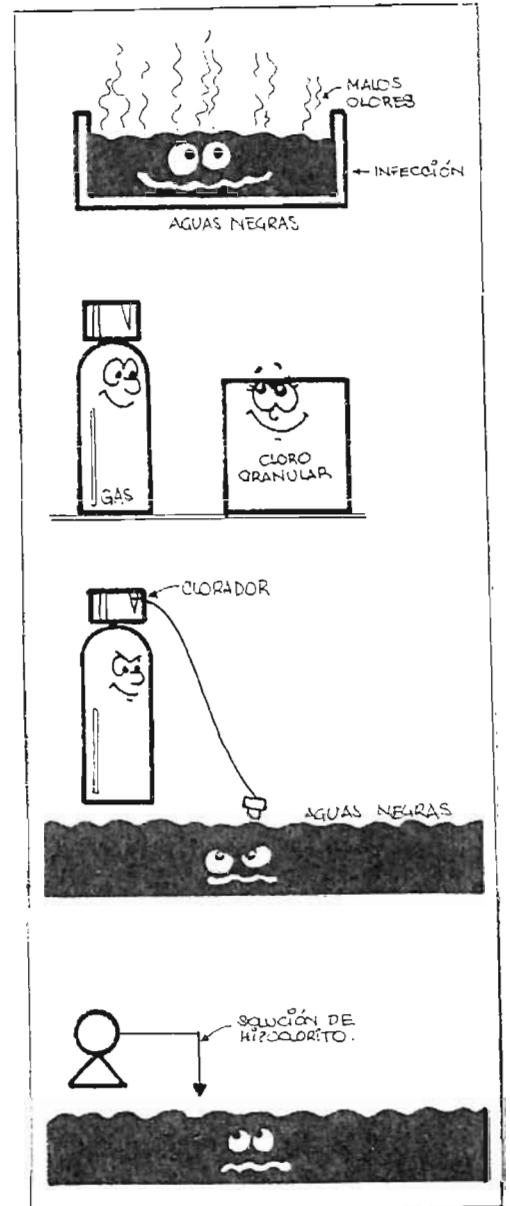
Las aguas negras necesitan ser cloradas para desinfectarlas y para controlar los malos olores producidos por la descomposición de la materia orgánica.

La cloración de aguas negras puede realizarse con cloro gas o con hipocloritos. Ambos son confiables y su forma de aplicación es diferente.

En cloración con gas puede usarse un clorador convencional de vacío con una bomba reforzadora y agua limpia tomada de un tanque o cisterna. Nunca debe emplearse aguas negras para activar el eyector proque se obstruiría la garganta del mismo. Puede también emplearse un clorador de gas a presión, el cual no necesita bomba reforzadora.

En cloración con hipocloritos sólo se conecta la descarga de la bomba dosificadora en el punto de aplicación de cloro.

La dosis de cloro depende de la demanda que el laboratorio determine. También se determina en el laboratorio la capacidad de eliminación de malos olores. El operador debe apegarse a este dato para operar los cloradores.



3.5 CONTROL DE CLORO RESIDUAL

3.5.1 METODO MANUAL

Este método es exactamente igual al procedimiento plan-

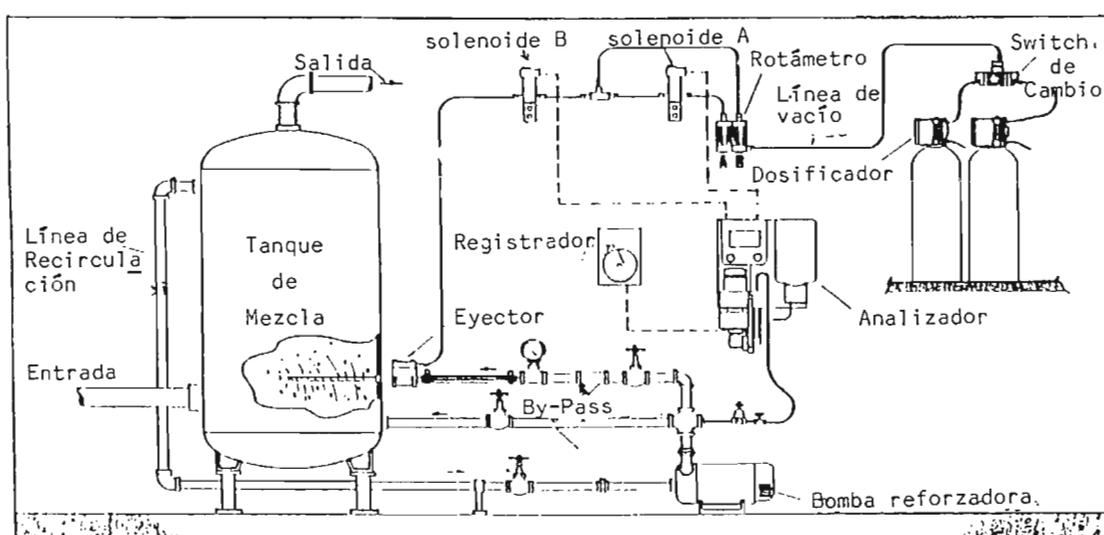
teado en la sección "Pruebas de control de la cloración" de este manual.

3.5.2 METODO AUTOMATICO

Se usa cuando es necesario controlar el cloro residual en un rango mínimo-máximo, es decir, que no excede ciertos límites.

En este método un aparato analizador de cloro residual toma continuamente una muestra de agua y la analiza emitiendo señales eléctricas que abren y cierran válvulas de paso de cloro gas.

La siguiente figura muestra un sistema automático de cloro residual con tanque de mezcla.



En la operación de este sistema los rotámetros de los cloradores montados en cilindros deben estar ajustados de manera que permitan el paso de la máxima dosificación indicada

por el laboratorio.

Los rotámetros del control remoto se regula de forma que ambos dosifiquen en conjunto la máxima cantidad de cloro determinada por el laboratorio.

El analizador se calibra en su rango máximo y mínimo de cloro residual.

Cuando el analizador determina un cloro residual arriba del máximo punto, éste envía señales eléctricas para cerrar las válvulas del paso de cloro.

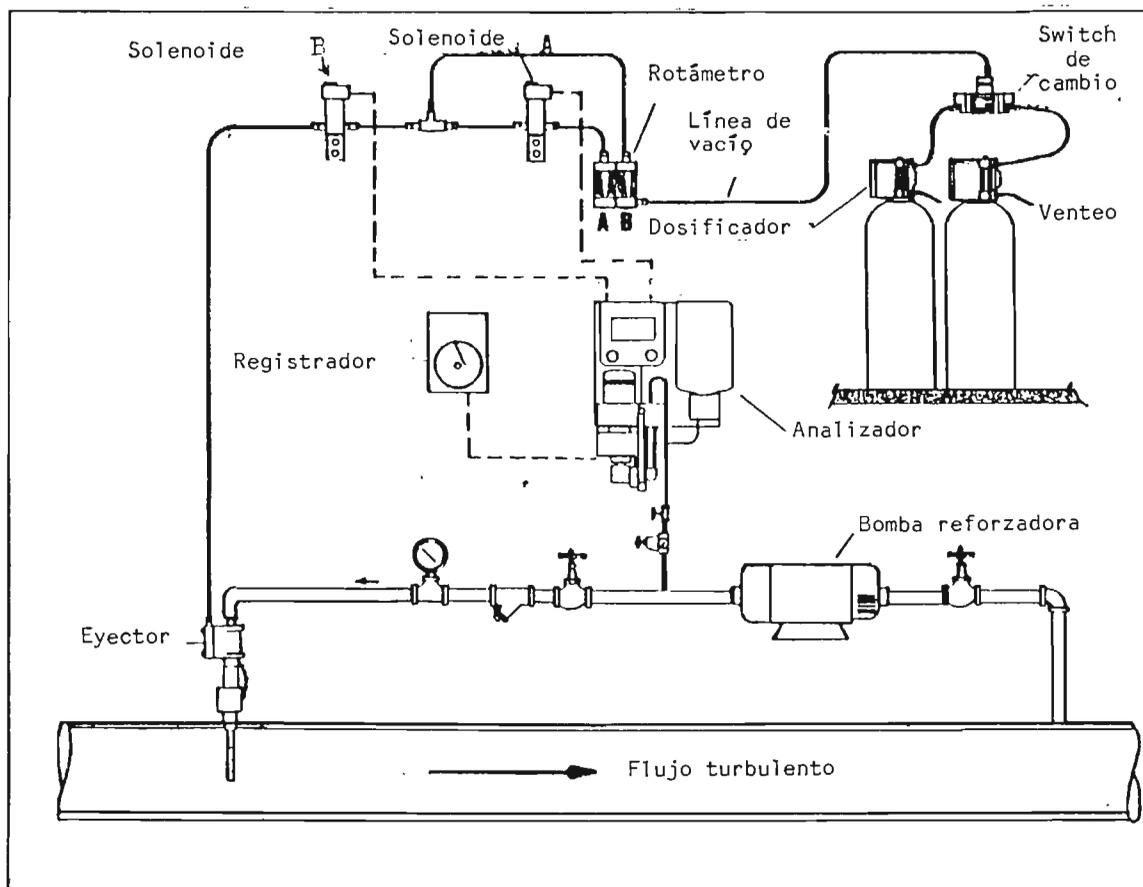
Cuando el analizador determina un cloro residual abajo del punto mínimo, este envía señales eléctricas que abren las válvulas de paso de cloro.

Cuando el analizador determina un punto medio en la dosis de cloro, éste envía señales para cerrar una de las válvulas de paso de cloro.

El ciclo repite a medida que varía el cloro residual.

El operador debe tener el cuidado de que siempre haya existencia de cloro gas en los cilindros.

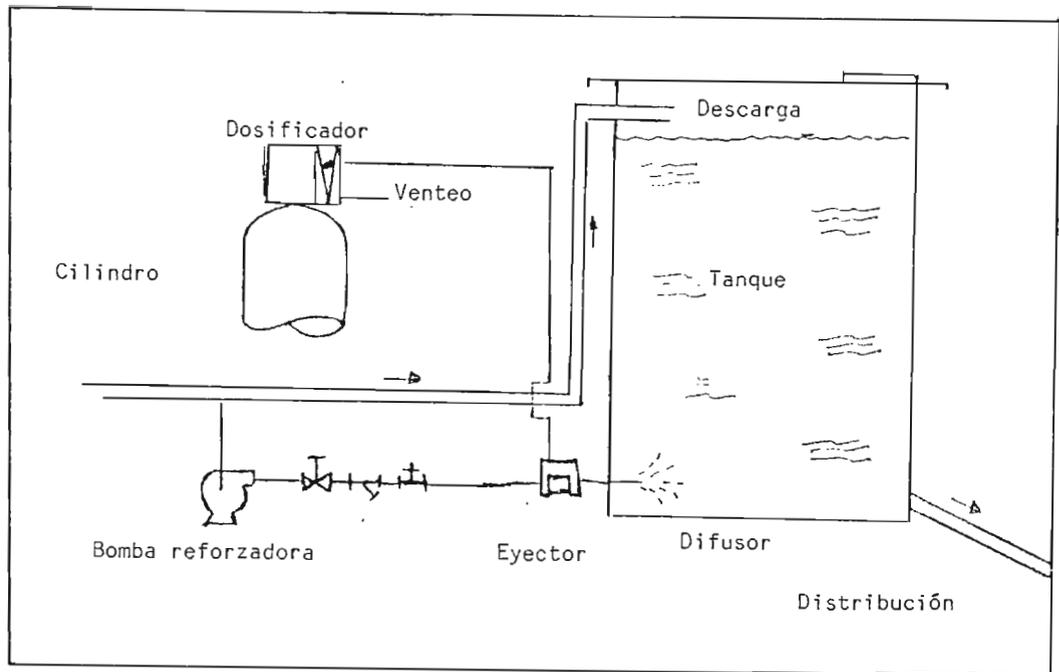
La siguiente figura muestra un sistema automático de cloración en tubería.



3.6 OTRAS APLICACIONES (CLORACION EN TANQUES)

Las operaciones de estos sistemas es similar a las operaciones de los sistemas de cloración de agua de pozo con bomba reforzadora.

La siguiente figura muestra una instalación típica de esta aplicación:



La dosificación de cloro depende del análisis hecho por el laboratorio.

CAPITULO IV

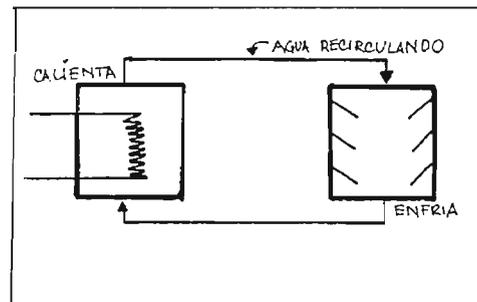
OPERACION DE SISTEMAS INDUSTRIALES Y AGROINDUSTRIALES

4.1 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO

4.1.1 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO CON RECIRCULACION.

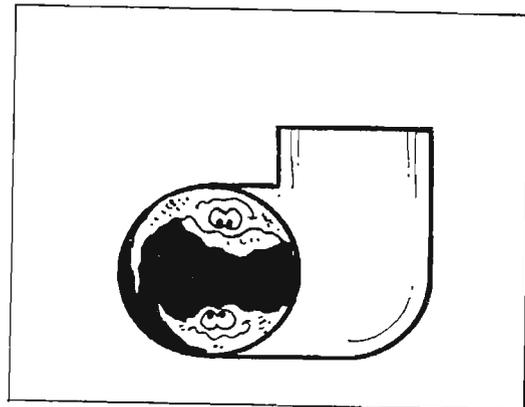
¿Cómo funciona un sistema de enfriamiento con recirculación?

En este sistema, el agua empleada en un intercambiador de calor absorbe calor, es enfriada en una torre de enfriamiento y luego retornada al proceso.



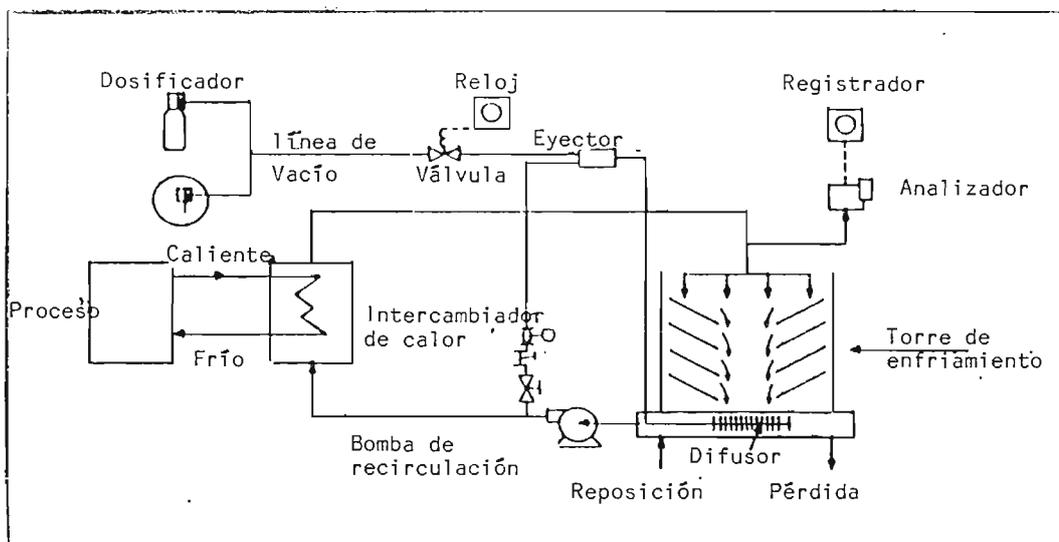
¿Por qué es necesaria la cloración de estas aguas?

Porque en estas aguas se dan crecimientos biológicos, como pequeñas conchas, algas, limo, peces pequeños, los cuales atascan las tuberías y el intercambiador de calor.



¿Cómo opera un sistema de cloración de aguas de enfriamiento con recirculación?

La Siguiete figura muestra una instalación típica de este sistema.



En la instalación mostrada en la figura anterior el agua es bombeada desde la base de la torre de enfriamiento hacia el sistema de intercambio de calor.

Cuando el agua ha pasado por el intercambiador de calor y sale caliente, es enviada hacia la parte alta de la torre, donde es dejada caer, y se enfría en el trayecto de caída. Luego se repite el ciclo de operación.

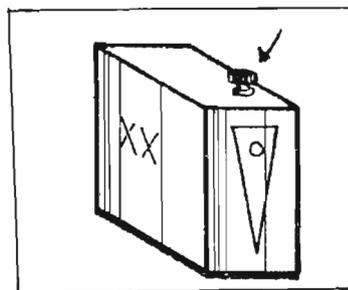
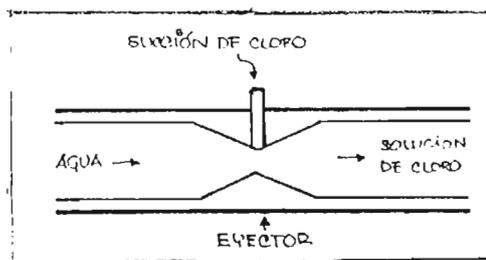
En la descarga de la bomba se saca una derivación que activa el eyector, el cual succiona el cloro, y del eyector sale solución de cloro, la cual es inyectada en la base de la torres de enfriamiento, de manera que la bomba succiona agua

clorada.

Con el arranque de la bomba se activa el suministro de cloro por el eyector.

Al apagar la bomba se inactiva el suministro de cloro porque ya no hay flujo en el eyector que succiona el cloro.

La dosificación de cloro es ajustada de la perilla del dosificador.



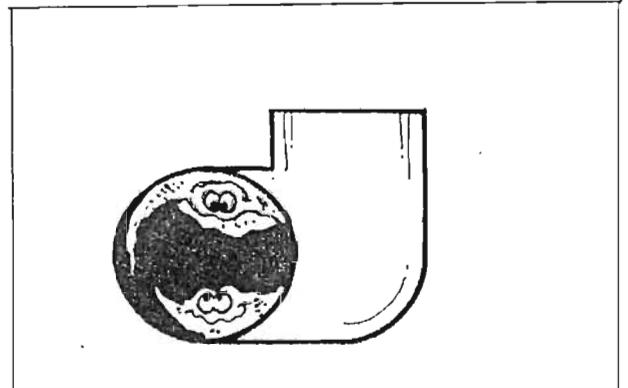
4.1.2 CLORACION DE AGUAS DE ENFRIAMIENTO SIN RECIRCULACION

¿Cómo funciona un sistema de cloración de aguas de enfriamiento sin recirculación?

En esta operación se extrae el agua de un río o lago, por medio de una bomba, y se hace pasar hacia el intercambiador de calor. Una vez que el agua absorbe el calor, ésta se retorna al mismo río o lago de donde fue tomada.

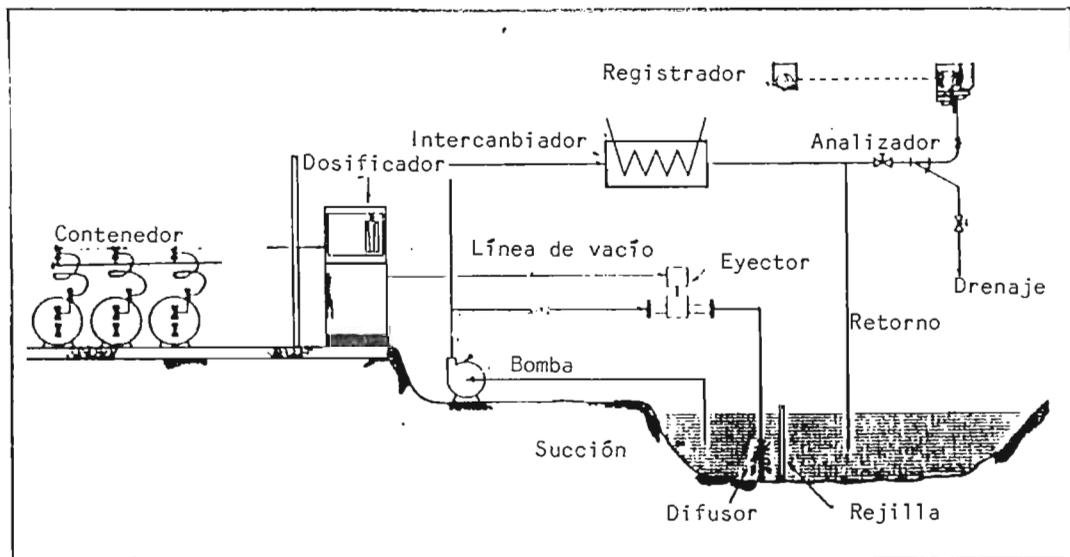
¿Por qué es necesaria la cloración de estas aguas?

Porque en estas aguas se dan - crecimientos biológicos, como pequeñas conchas, algas, limo, peces pequeños, los cuales atacan las tuberías y el intercambiador de calor.



¿Cómo operan estos sistemas?

La siguiente figura nos muestra una instalación típica de este sistema.

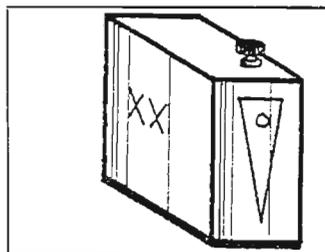


En la instalación mostrada en la figura anterior el agua se extrae de una bocatoma en un río o lago, por medio de una bomba. El agua es bombeada hacia el intercambiador de calor.

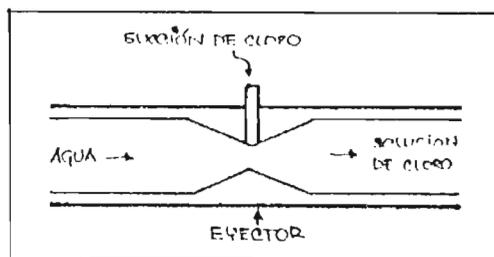
En el trayecto del agua hacia el intercambiador de calor, sale una derivación, la cual activa el eyector que suc -

ciona el cloro. Del eyector sale solución de cloro que se inyecta en la bocatoma, de manera que la bomba succiona agua clorada.

Para dosificar la cantidad correcta de cloro, se ajusta la perilla del clorador, hasta alcanzar la dosis requerida.



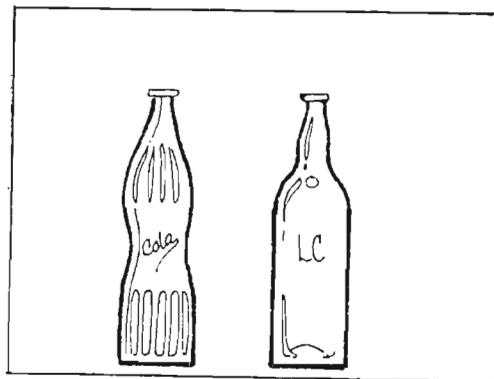
La succión de cloro en el eyector se produce cuando la bomba está funcionando. Al no haber suministro de agua no hay suministro de cloro.



4.2 CLORACION EN PROCESOS DE BEBIDAS Y ALIMENTOS

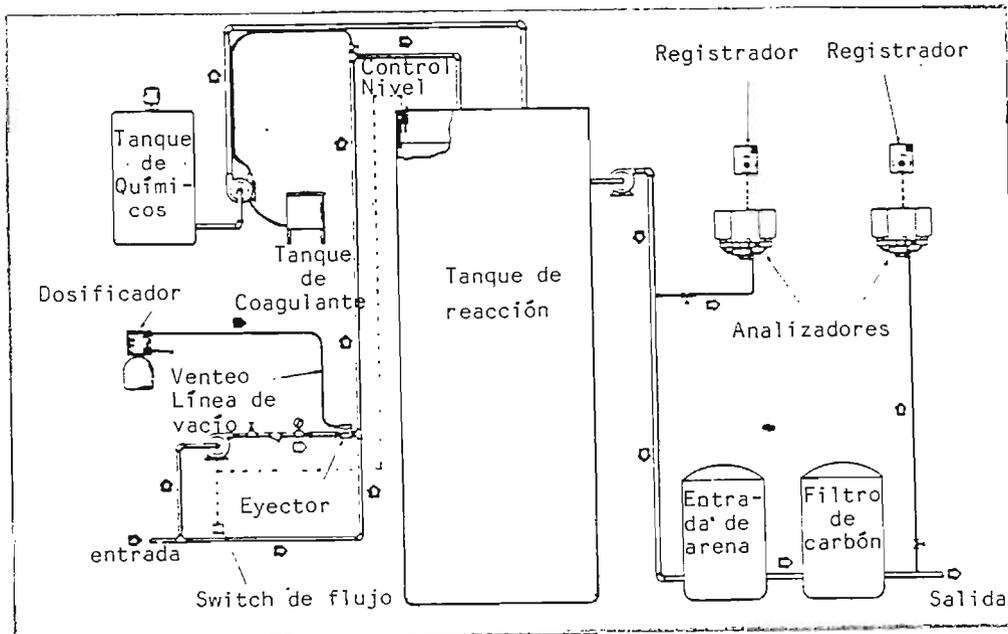
¿Para qué se usa este sistema?

Este sistema se usa para desinfectar el agua empleada en la elaboración de bebidas. Además sirve para eliminar sabores y olores extraños del agua.



¿Cómo opera este sistema?

El agua para bebidas necesita varios tratamientos. La siguiente figura muestra una instalación típica de este sistema.



En la instalación de la figura anterior, el agua proviene de un pozo o del servicio municipal y recibe primeramente un tratamiento de cloración. La cloración se hace de manera similar al sistema de cloración de agua de pozo. (Ver sección 3.1).

Posteriormente recibe otros tratamientos químicos, y finalmente pasan a un tanque de reacción, en el cual se completan las reacciones químicas.

Por medio de una bomba, se toma el agua tratada del tanque de reacción, y se hace pasar por filtros de arena y carbón activado, para remover sólidos suspendidos y cloro.

Cuando se activa el sistema, deben funcionar todos los elementos descritos anteriormente.

La bomba reforzadora para cloración activará el eyector que suministrará el cloro. La dosis del cloro se ajusta con la perilla del clorador.

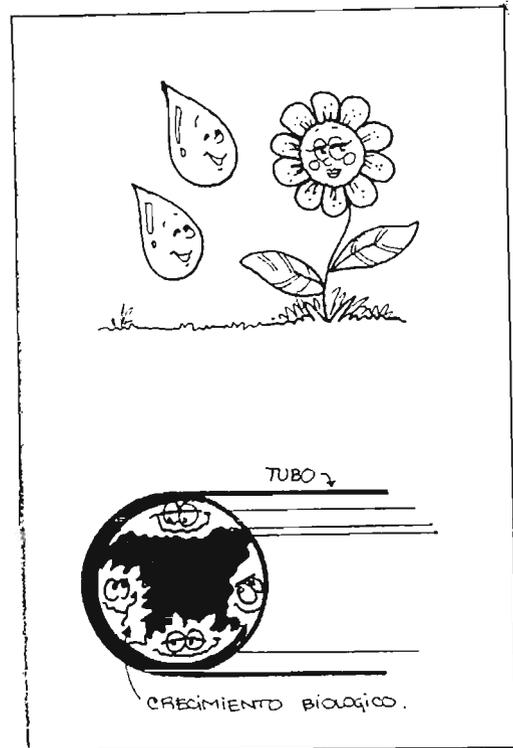
4.3 CLORACION DE AGUA EN AGRICULTURA (IRRIGACION POR GOTEO)

¿Qué es un sistema de riego por goteo?

Es un método de riego que agrega agua gota a gota en cada una de las plantas sembradas.

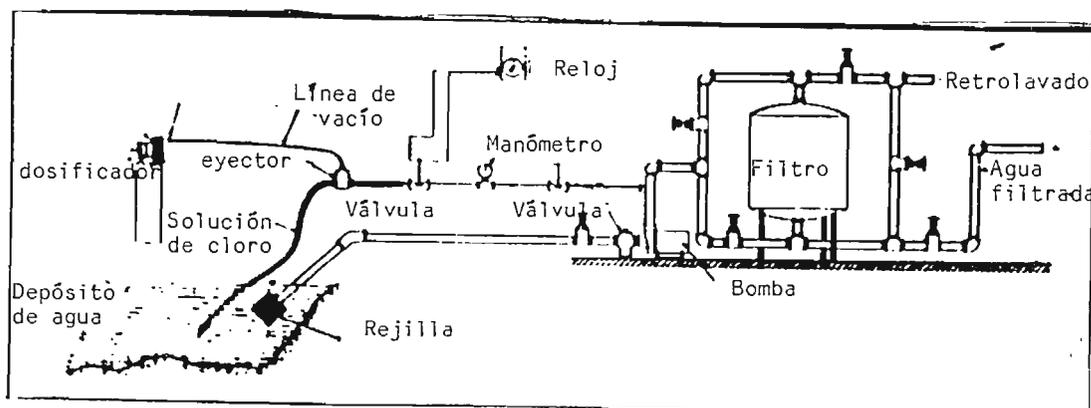
¿Por qué es necesario clorar estas aguas de riego?

Porque el agua de estos sistemas está expuesta al crecimiento de algas, limo, etc., las cuales obstruyen las tuberías y los emisores de agua.



¿Cómo opera este sistema?

La figura siguiente muestra una instalación típica de este sistema.



En la figura anterior el agua de esta aplicación es tomada de un río, lago o tanque, por medio de una bomba, cuya succión posee una rejilla para retención de sólidos.

La descarga de la bomba puede ir directamente al sistema de riego o pasar a un filtro de arena para remover sólidos suspendidos. También en la descarga de la bomba se saca una derivación que activa el eyector el cual succiona el cloro.

Del eyector sale solución de cloro, la cual es inyectada en el río, lago o tanque, de forma que la bomba succione agua clorada.

Con el arranque de la bomba se activa el suministro de cloro y con el paro de la bomba se inactiva el suministro de cloro.

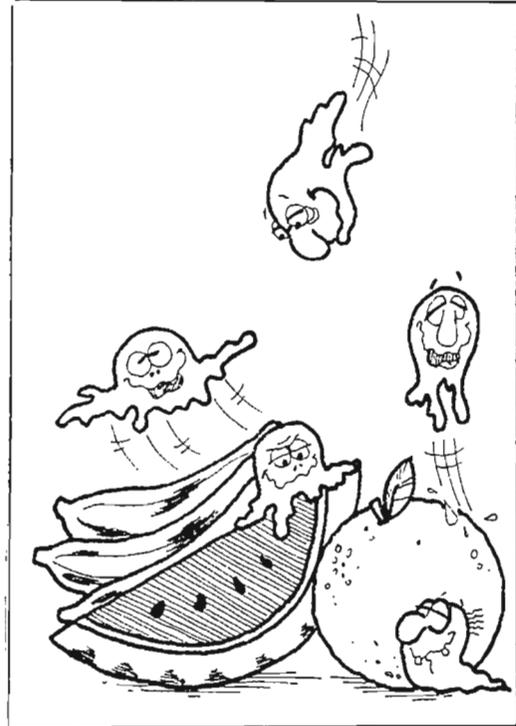
4.3.1 CLORACION DE AGUA PARA LAVADO DE FRUTAS Y VERDURAS

¿Cuándo se debe lavar los vegetales con agua clorada?

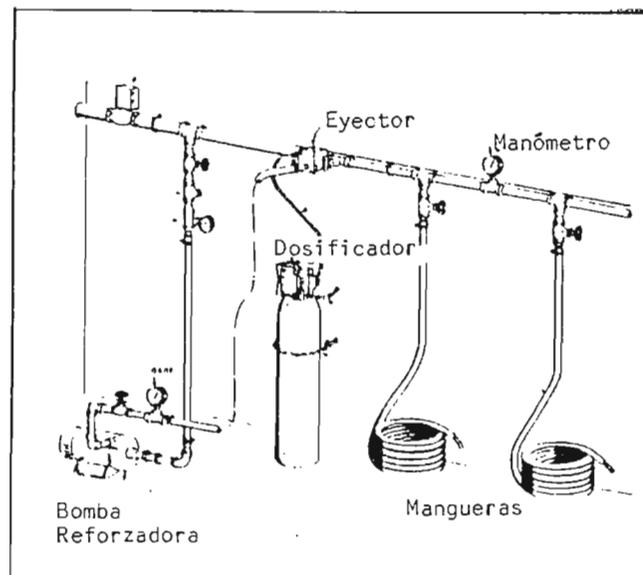
Cuando éstos están recién cosechados. Justo antes de ser vendidos a los consumidores. Esto con el objetivo de reducir los riesgos de contaminación por microbios provenientes de la tierra.

¿De qué manera se hace este lavado?

Puede hacerse clorando el agua y lavando la verdura con mangueras. También en pilas que contengan agua clorada.

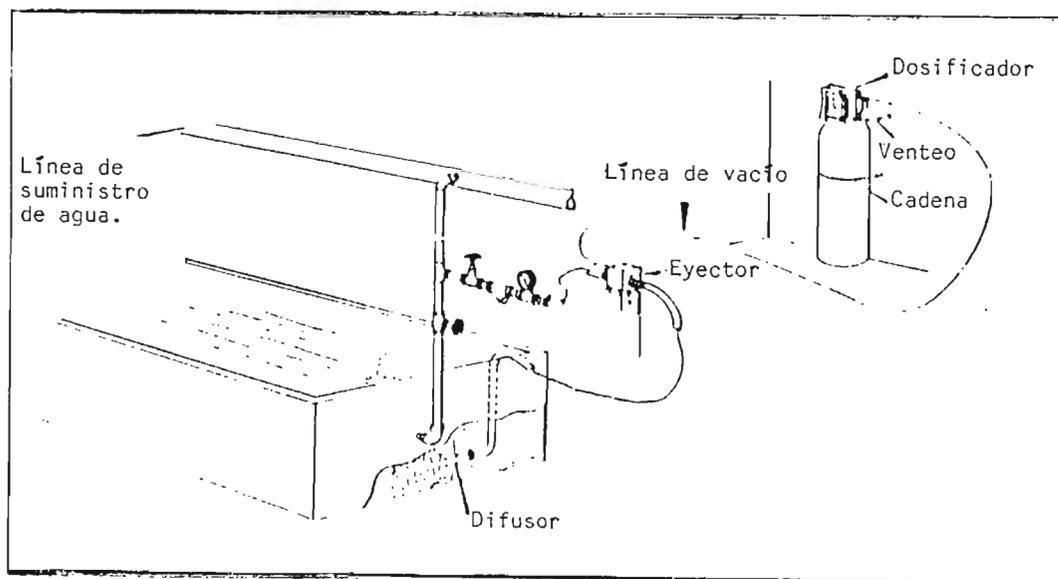


La fig. siguiente muestra una instalación del sistema - mangueras.



Este sistema opera succionando agua de algún tanque o cisterna y alimentando agua a una línea de distribución. De dicha línea de distribución se saca una derivación que activa el eyector el cual succiona el cloro gas.

La siguiente figura muestra una instalación de un sistema de lavado con pila.



Este sistema opera llenando la pila con agua. La misma agua sirve para activar el eyector que succiona el cloro. Cuando la pila está llena los vegetales pueden ser sumergidos por 10-15 minutos y luego sacarlos. Este sistema es por lotes. Se llena la pila de verduras, se dejan reposar 10-15 minutos, se sacan y se vuelve a llenar la pila con otras verduras. El ciclo se repite. La concentración máxima en ambos sistemas es de 10 PPM.

HIPOCLORACION

La hipocloración puede hacerse en el sistema de pilas, llenando la pila con agua y diluyendo la cantidad necesaria de cloro para obtener una concentración de 10 PPM como máximo. Para hacer este cálculo ver la sección "Concentración" de este manual.

4.4 CLORACION DE AGUAS PARA PROCESOS DE CARNES

¿Por qué es necesario clorar las aguas de los procesos de carnes?

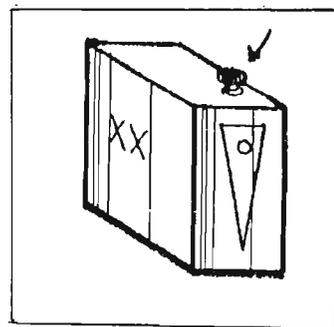
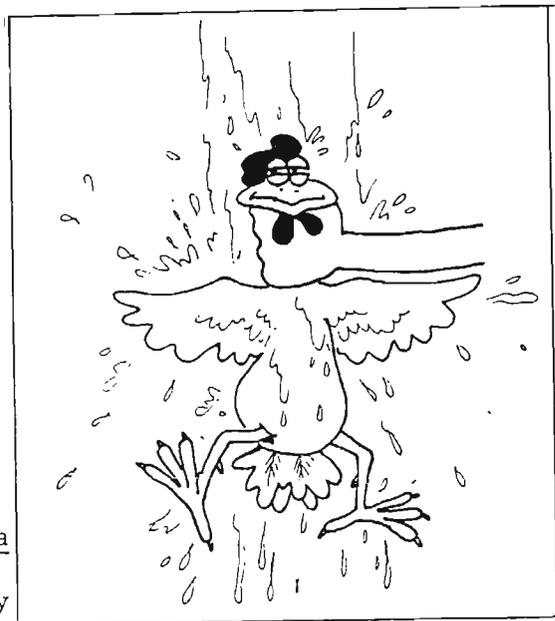
Porque en estos procesos las carnes en tran en contacto directo con las manos de los operadores y con las superficies de aparatos empleados en el proceso. Por medio de cloración se eliminan bacterias, y se incrementa la duración del producto.

¿En qué partes del proceso se debe hacer lavado con agua clorada?

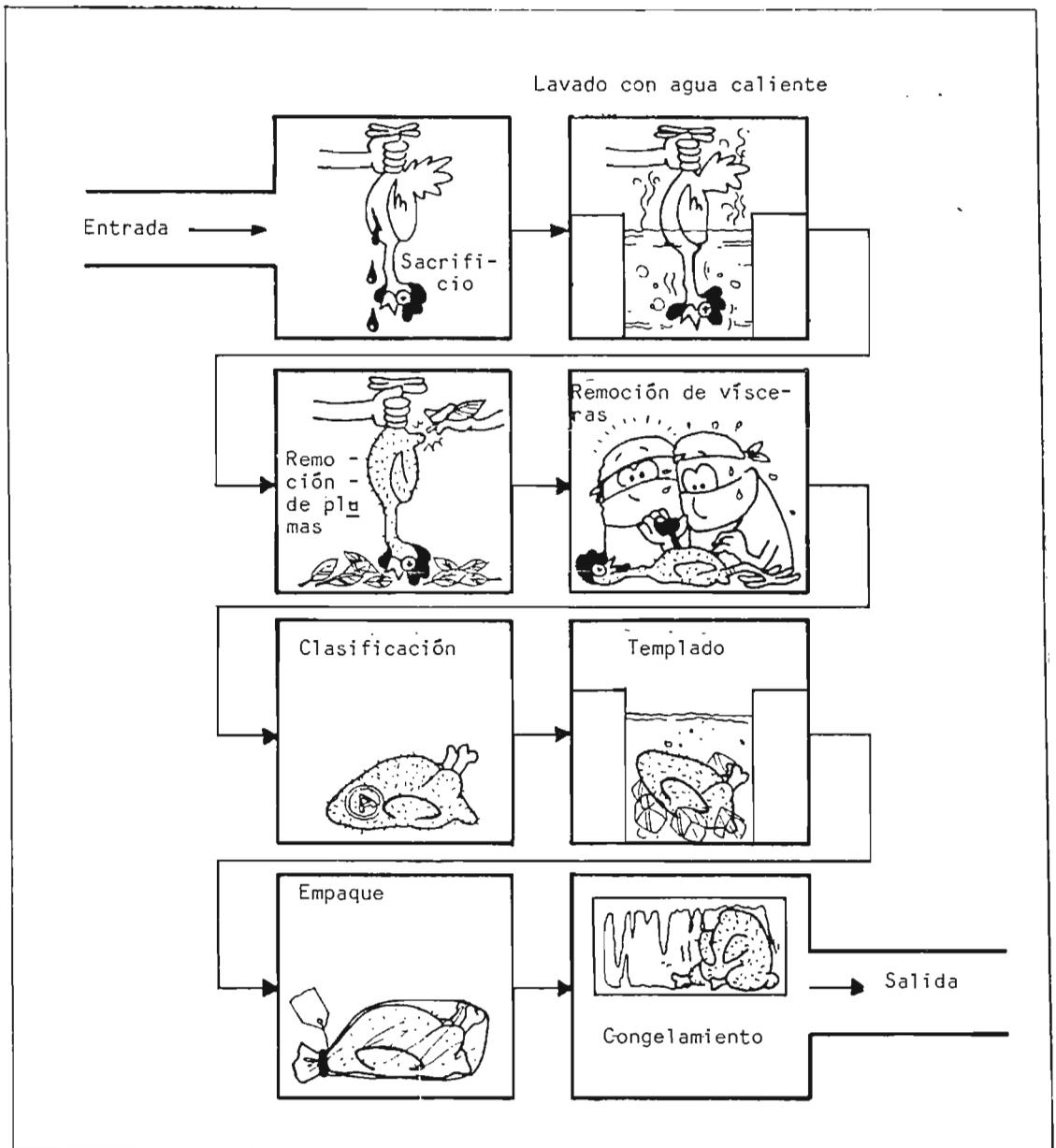
1. En la sección de sacrificio para evacuar la sangre
2. Después de la eliminación de pluma y pelo.
3. Después de la eliminación de vísceras.
4. Para lavado de manos de los operadores.
5. Para lavado de los equipos en contacto con la carne.
6. Para aguas de templado.

¿Cómo se controla la dosis de cloro?

El clorador tiene una perilla que regula el paso de cloro. La dosis depende de la parte del proceso. Este dato deberá ser suministrado por el ingeniero de mantenimiento.



La figura siguiente muestra una secuencia del proceso de carnes.



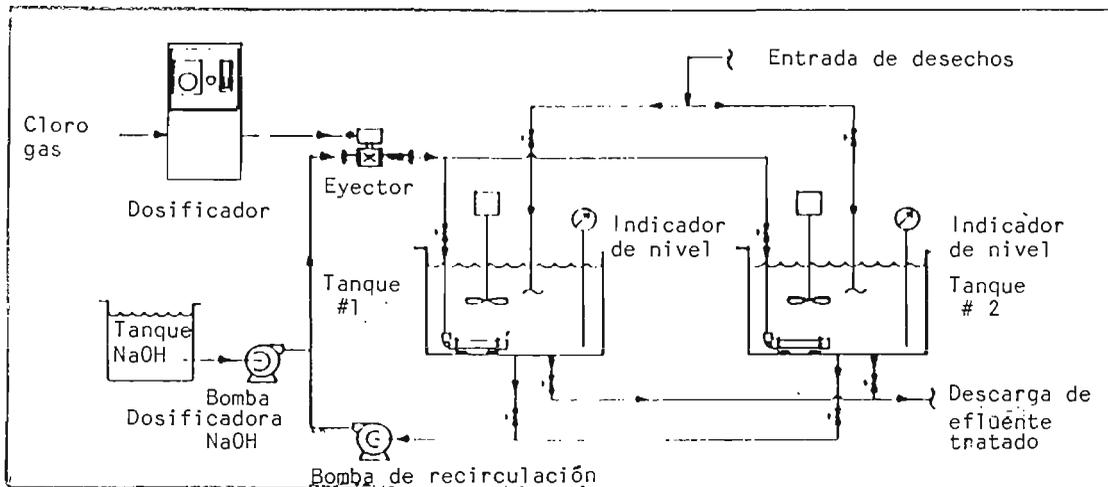
4.5 ELIMINACION DE COMPUESTOS DE CIANURO POR CLORACION

¿Por qué es necesario clorar las aguas de desechos que contienen cianuro?

Porque por medio de la cloración se logran transformar los compuestos cianurados que contaminan las aguas.

¿Cómo funciona este sistema?

La figura siguiente muestra una instalación típica de este sistema.



En la instalación mostrada en la figura anterior, el agua cianurada entra en los tanques de reacción, los cuales deben ser llenados durante el día de operación del sistema. Uno de los tanques sirve de reserva.

El sistema debe recircular el agua cianurada por medio de una bomba reforzadora, la cual alimenta el eyector que succiona el cloro.

En la descarga de la bomba reforzadora se conecta la alimentación de la bomba dosificadora de hidróxido de sodio. Es necesario adicionar cloro e hidróxido de sodio para eliminar los compuestos de cianuro.

En el tanque de reacción, la recirculación de agua cianurada se descarga en el fondo y se mantiene una mezcla por medio de una hélice.

el agua se recircula con alimentación constante de cloro e hidróxido de sodio hasta que ya no haya más cianuro.

SECUENCIA DE OPERACION

- Cuando se llena el tanque # 1, abrir la válvula de paso # 2 y cerrar la válvula de paso # 1, para llenar el tanque # 2.
- Medición y ajuste del pH hasta 9.5 con hidróxido de sodio. Esta medición puede ser hecha con un medidor de pH en el laboratorio o con papel indicador de pH.
- Con el ajuste del pH se toma una muestra para determinar el contenido de cianuro. Esta determinación es similar a la del cloro residual, con estuche de análisis colorimétrico, con la diferencia que se emplea un estuche para determinación de cianuros.
- Con la determinación de la concentración de cianuro (PPM) se procede al cálculo de la dosis de cloro e hidróxido -

de sodio.

Se requiere 2.69 PPM de cloro por cada PPM de cianuro para convertirlo de cianuro a cianato.

Se requiere 3.08 PPM de NaOH por cada cianuro para convertirlo de cianuro a Cianato.

Se requiere 2.02 PPM de cloro por cada cianuro para producir nitrógeno y dióxido de carbono.

Se requiere 3.08 PPM de NaOH por cada cianuro para producir nitrógeno y dióxido de carbono.

En total se requiere 4.71 PPM de cloro por cada PPM de cianuro, y 6.16 PPM de NaOH por cada PPM de cianuro.

- Con estos datos y con el caudal de recirculación, se procede al cálculo de la dosificación para el clorador y la bomba dosificadora de NaOH.
- Una vez ajustados los aparatos de dosificación de cloro e hidróxido de sodio, se hace andar el sistema. La reacción se completa en un lapso de 2 a 4 horas.
- Luego se toma una muestra y se hace un nuevo análisis de cianuros. Se mantiene el sistema operando hasta que se alcance un nivel de concentración de cianuros menor que

0.08 PPM.

- Cuando se alcanza este nivel de cianuros, el agua puede ser desechada.

Ejemplo de aplicación:

Una planta que desecha aguas cianuradas, trata las aguas de desecho en un tanque de 1000 litros con recirculación. La bomba de recirculación opera con un caudal de 30 galones por minuto.

Se determina por análisis colorimétrico la presencia de 5 PPM de cianuro. Cuál es la dosis de cloro e hidróxido de sodio necesarias para la eliminación de cianuro?

Solución:

Por cada parte de cianuro se requieren 4.71 partes de cloro para realizar la operación.

$5 \text{ PPM cianuro} \times 4.71 \text{ PPM. cloro} = 23.55 \text{ PPM de cloro.}$

Por cada parte de cianuro se requieren 6.16 partes de hidróxido de sodio para realizar la operación.

$5 \text{ PPM cianuro} \times 6.16 \text{ PPM NaOH} = 30.8 \text{ PPM de NaOH}$

De la sección "Concentración" de este manual se obtienen las siguientes fórmulas:

$\text{Lb/día} = \text{PPM} \times 0.12 \times \text{GPM}$ Entocnes

Para dosis de cloro:

$\text{lb/día} = 23.55 \text{ PPM} \times 0.012 \times 30 \text{ GPM}$

lb/día= 8.48 libras por día de cloro

Para dosis de hidróxido de sodio:

Lb/día= 30.8 PPM x 0.012 x 30 GPM

Lb/día= 11.09 libras por día de NaOH

En base a estos datos se procede a dosificar los químicos respectivos.

4.6 CLORACION PARA ELIMINACION DE HIERRO Y MANGANESO

La cloración de aguas que contienen hierro y manganeso ayuda a la formación de otros compuestos de hierro y manganeso que pueden ser removidos por filtración.

¿Cómo opera este sistema?

Este sistema es similar al proceso de cloración de agua de pozo. La cloración se hace antes de la filtración.

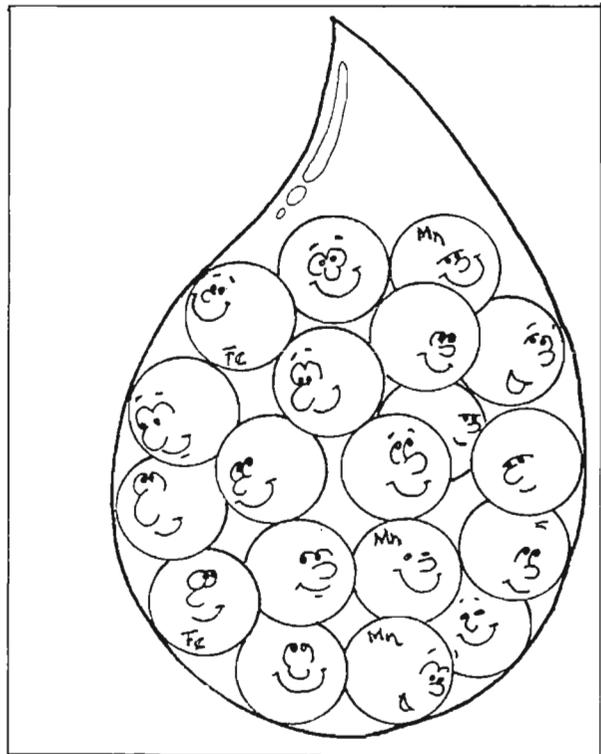
La dosis de cloro depende del contenido de hierro y manganeso en el agua.

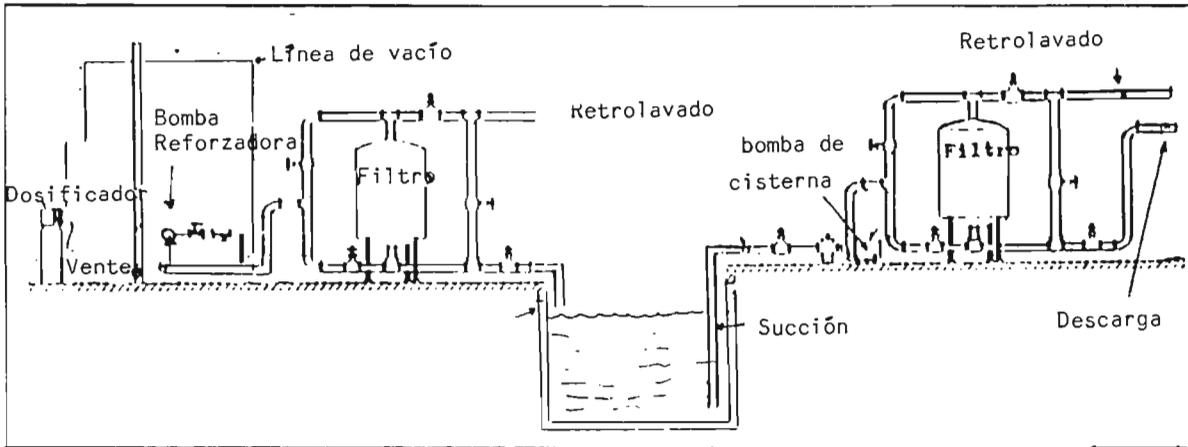
Cada parte de hierro requiere 0.7 partes de cloro.

Cada parte de manganeso requiere 0.9 partes de cloro.

Ejemplo de aplicación:

El laboratorio analiza que el agua de un pozo determinado po-





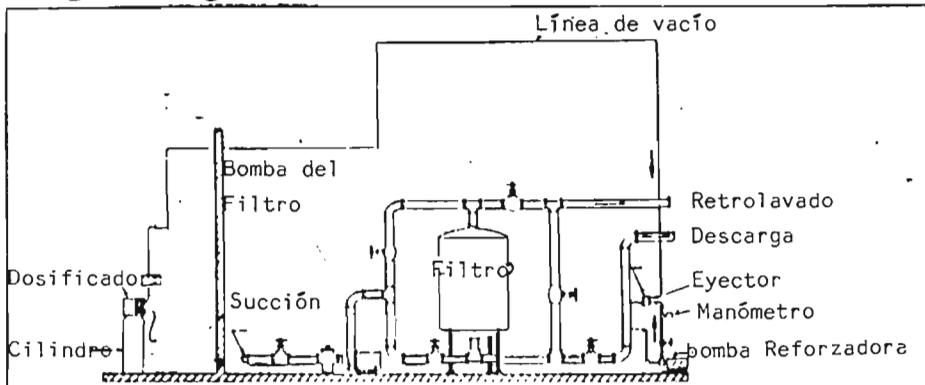
4.7 CLORACION PARA TRATAMIENTO DE AGUAS PARA PISCINAS

La cloración de piscinas desinfecta las aguas, las cuales están en contacto con la gente que se baña en ellas.

¿cómo opera el sistema?

El agua de las piscinas se recircula por medio de una bomba, haciéndola pasar por filtros de arena-sílica para remover partículas suspendidas. Después se agrega el cloro en la salida de los filtros.

La figura siguiente muestra una instalación típica.



CAPITULO V

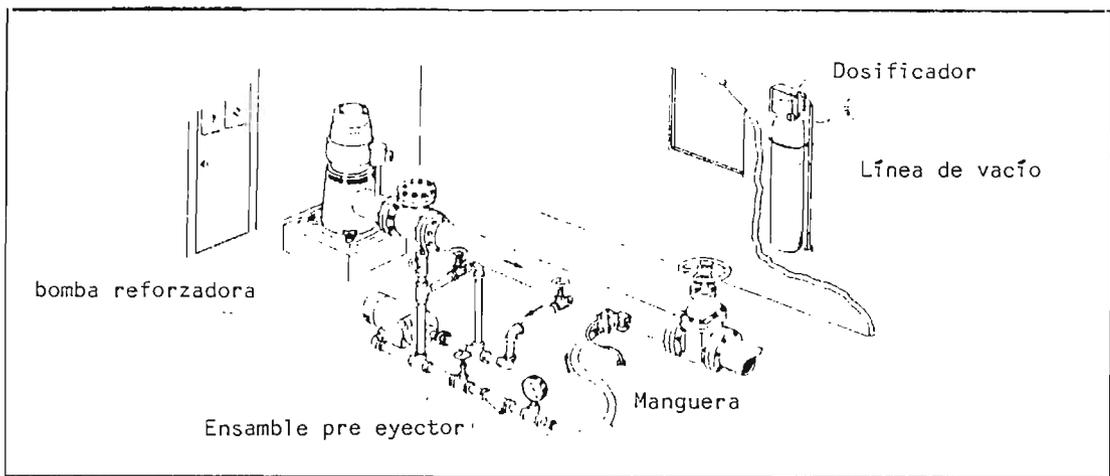
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE CLORACION

5.1 INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE CLORADORES

El equipo básico dosificador de gas está constituido por los siguientes componentes principales y accesorios:

1. Regulador de vacío que se monta sobre los contenedores de gas o en una válvula similar instalada en un múltiple.
2. El eyector-difusor
3. Rotámetros adicionales si las mediciones son a distancia o si hay varios puntos de dosificación.
4. Accesorios:
 - a. Un tramo de manguera para conectar el suministro de agua al eyector.
 - b. Abrazaderas para manguera
 - c. Manguera de polietileno para vacío y venteo.
 - d. Juntas de plomo para sellar la conexión del yugo con la válvula del cilindro.
 - e. Ensamble Preeyector compuesto de válvula de compuerta, filtro tipo "Y" y manómetro.

La figura siguiente muestra las partes del sistema de cloración con gas de agua de pozo.



5.1.1 INSTALACION

5.1.1.1 CILINDRO DE GAS

cuando se manipula un gas potencialmente peligroso, deben cumplirse siempre las siguientes reglas:

- a. No mover nunca un cilindro a menos que tenga bien enroscado el cubre válvula.
- b. Ubicar los cilindros en lugares donde no sean golpeados ni dañados.
- c. Colocar una cadena de seguridad alrededor de los cilindros asegurada a una pared o a un soporte.

5.1.1.2 MONTAJE DEL DOSIFICADOR

Para montar el dosificador sobre la válvula del cilindro deben ejecutarse los siguientes pasos:

- a. Desenroscar el cubre válvula del cilindro. Verificar -

que la válvula del cilindro esté cerrada.



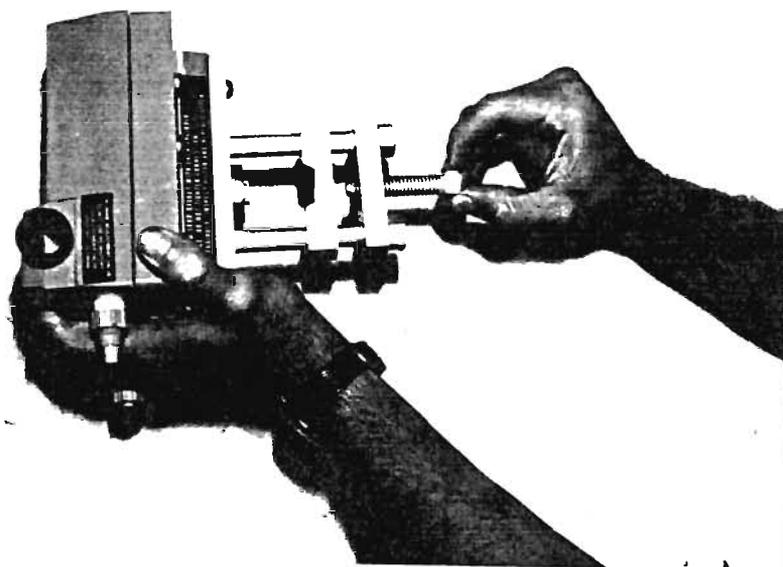
- b. Desenroscar la tapa de la salida de la válvula (si el cilindro tuviere).



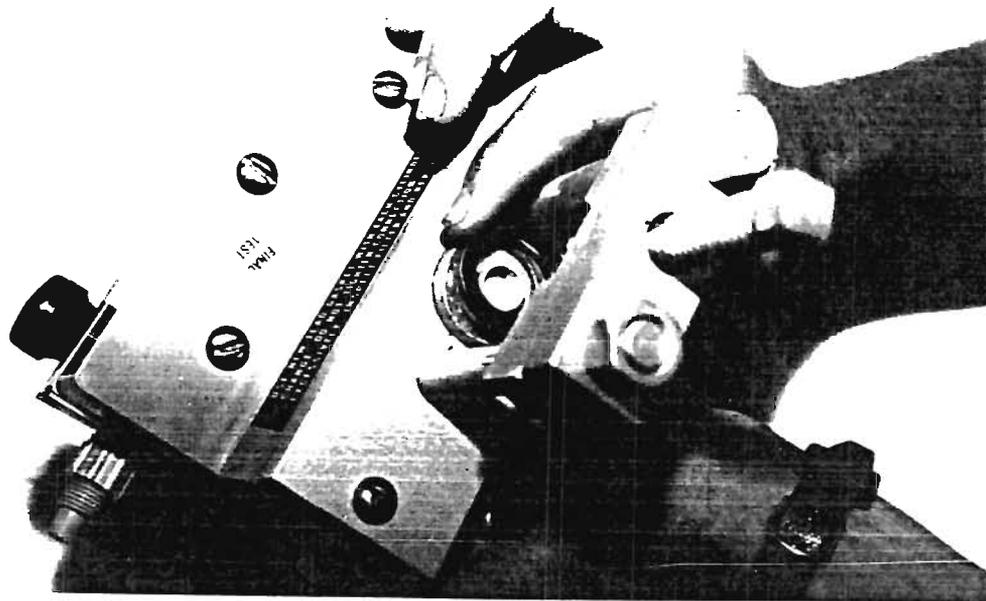
- c. Limpiar toda suciedad que pueda haber en la salida de la válvula del cilindro o en la superficie de asentamiento de la junta.



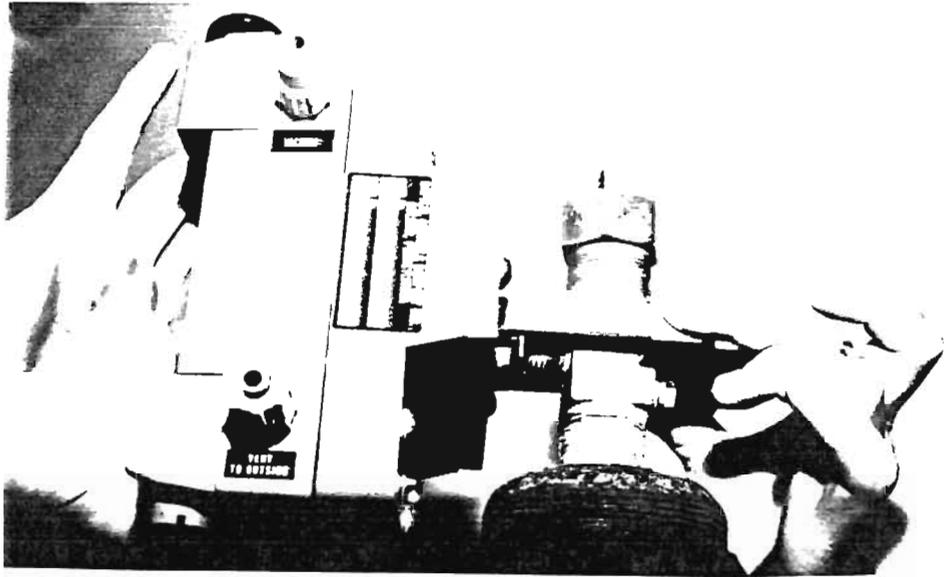
- d. Aflojar el tornillo del yugo hasta que la placa móvil pueda ser desplazada totalmente hacia atras.



- e. Colocar una junta de plomo de 1/16" de espesor sobre la entrada del dosificador. No usar otro metal como junta. Tampoco volver a usar la misma junta en el siguiente cam bio de cilindro.



- f. Montar el dosificador sobre la válvula del cilindro rodeando la válvula con el yugo, alinear la entrada del do sificador con la salida de la válvula y apretar el tornillo del yugo. No apretar excesivamente.



5.1.1.3 MONTAJE DEL EYECTOR

El eyector puede ser instalado en cualquier posición, ya que la válvula de retención es accionada a resorte.

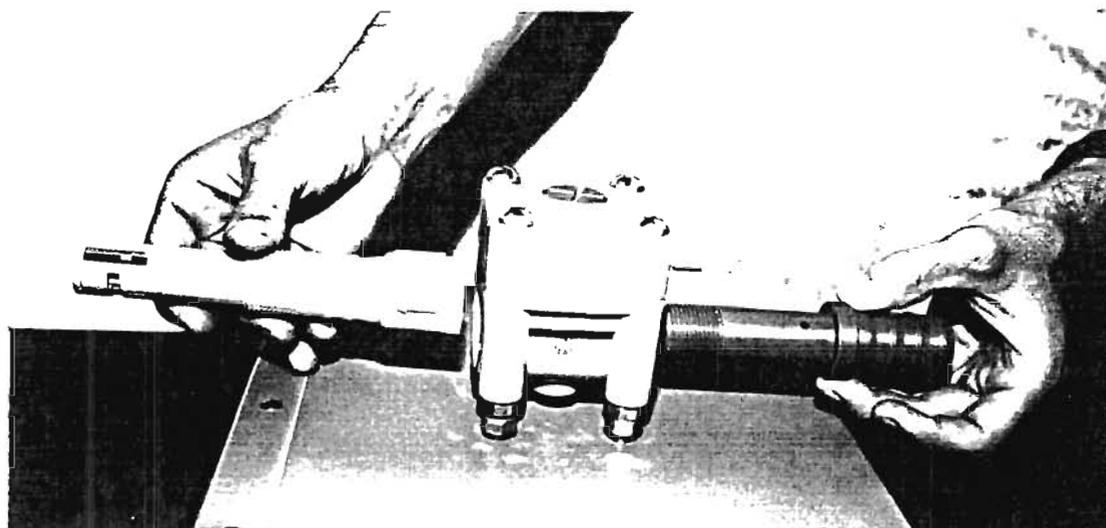
El punto de inyección debe elegirse cuidadosamente de modo que la presión en dicho punto sea lo más baja posible. El eyector únicamente genera vacío cuando existe un suficiente diferencial de presión en el mismo.

Pasos a seguir para la instalación del eyector:

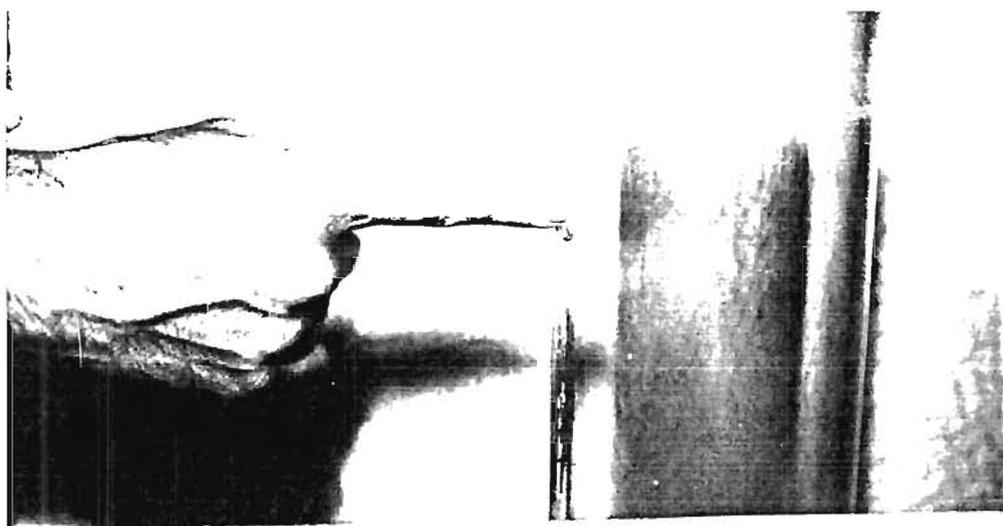
EYECTOR INSTALADO EN TUBERIA PRINCIPAL DE AGUA

- a) Desenroscar el difusor del eyector. NO instalar el eyec

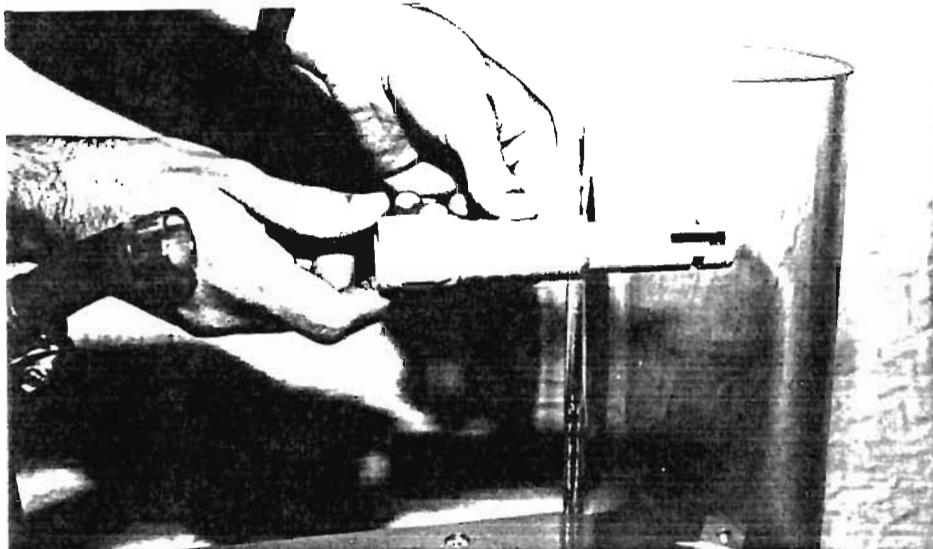
tor como conjunto para evitar daños.



- b. Perforar la tubería para enroscar el difusor en un agujero de 3/4".



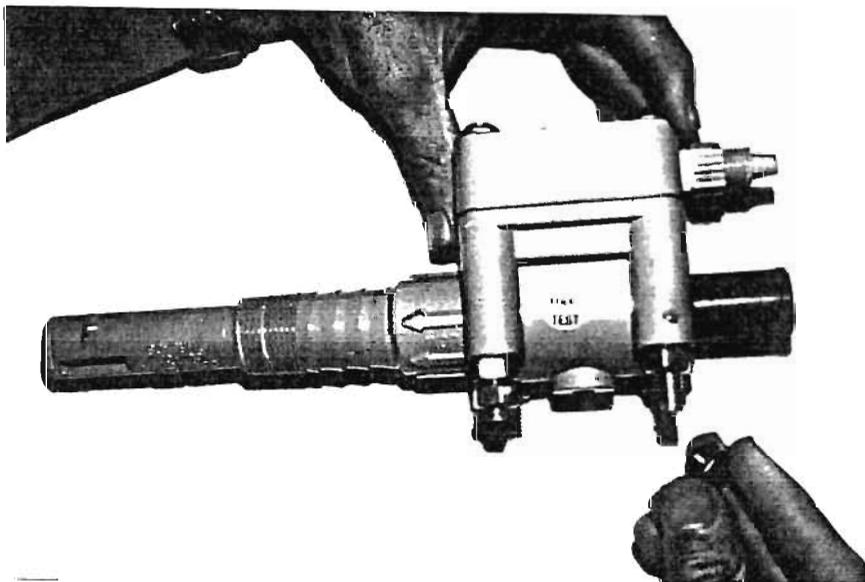
- c. Aplicar Permatex # 2 o producto similar en el agujero y -
enroscar manualmente el difusor en el agujero.



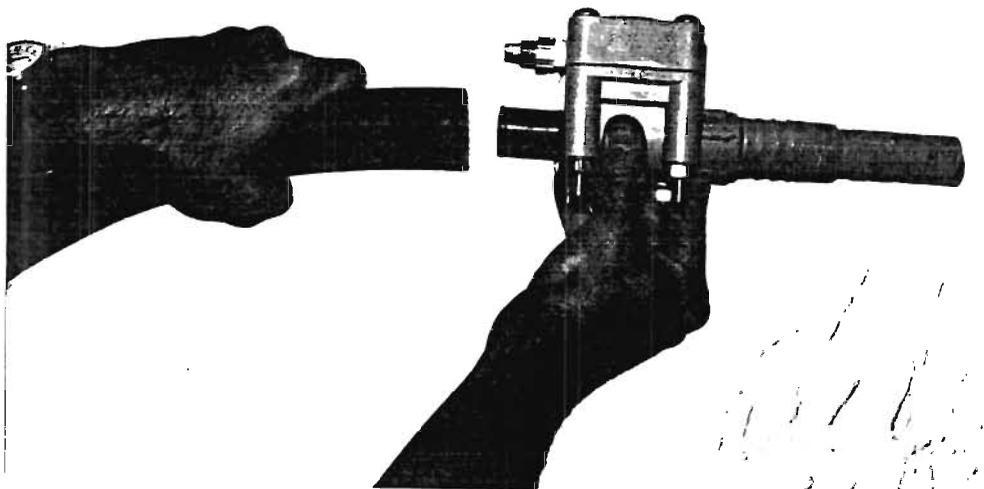
- d. Volver a enroscar el difusor con el resto del eyector -
colocando los respectivos empaques.

EYECTOR MONTADO EN PARED

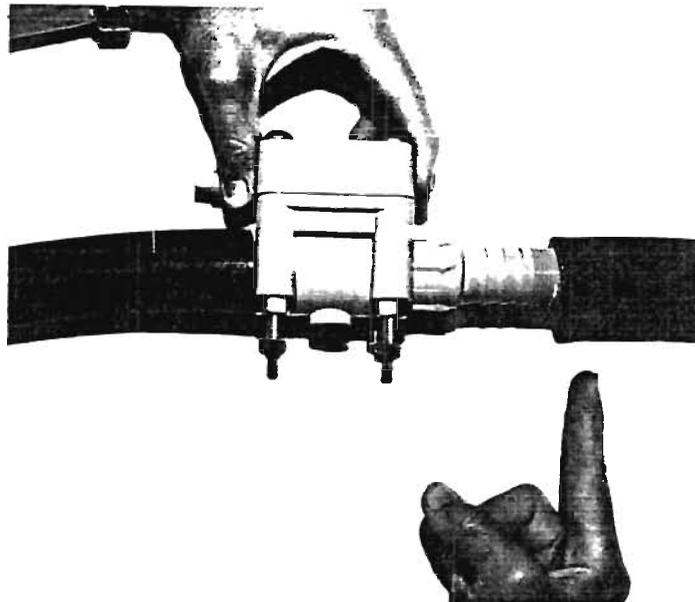
- a. Colocar el soporte (Pieza metálica en forma de "L") en
la pared para montar el eyector. Luego montar el eyector.



- b. Conectar la manguera o tubería de suministro de agua para el eyector con su respectivo ensamble pre-eyector.



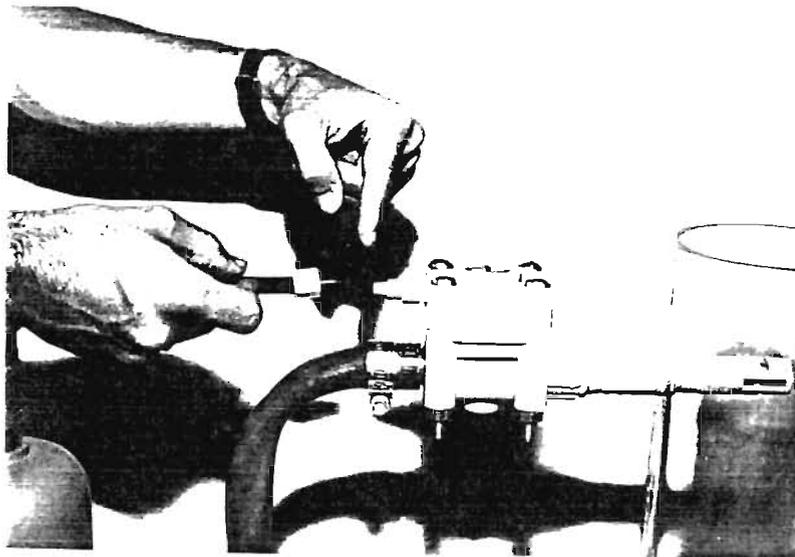
- c. Conectar la manguera o tubería de solución de cloro, en un extremo con el eyector y en el otro extremo con el di fusor.
- d. Si el difusor es montado en la tubería, deberá perforar se el respectivo agujero para enroscarlos.



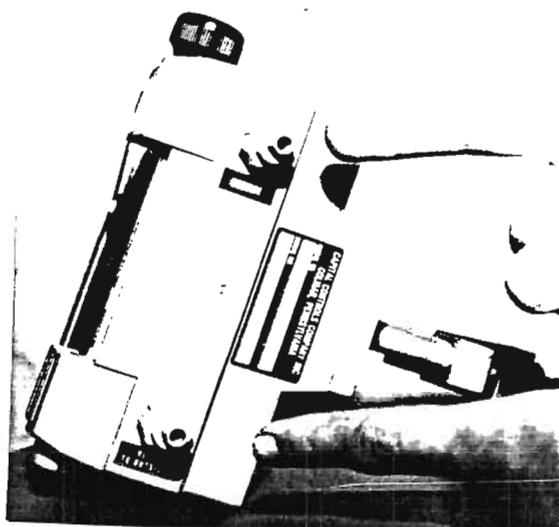
5.1.1.4 CONEXION DE MANGUERAS DE VACIO Y VENTEO

Para la línea de vacío entre el dosificador y el eyector, como también para la de venteo de emergencia, normalmente se usa manguera de plástico. Ambas líneas deben tener la longitud suficiente para permitir el desplazamiento del dosificador desde un cilindro a otro.

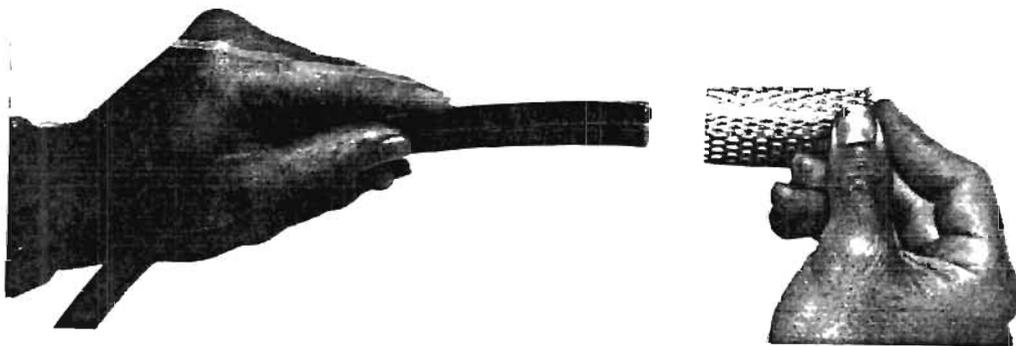
- Sacar la tuerca del conector y deslizarla en la manguera en el conector y apretar la tuerca de éste a mano sola - mente.



- El conector superior del dosificador está destinado a conectar la manguera de vacío que va al eyector. El conector inferior es para la línea de venteo la cual debe extenderse hasta un lugar fuera del edificio donde el venteo de gas no provoque daños. No elevar la manguera más de 3 metros sobre la conexión de venteo.



- Instalar un filtro antiinsectos en el extremo de la línea de venteo para impedir su atascamiento por los mismos. No debe conectarse nada a esta línea de venteo.



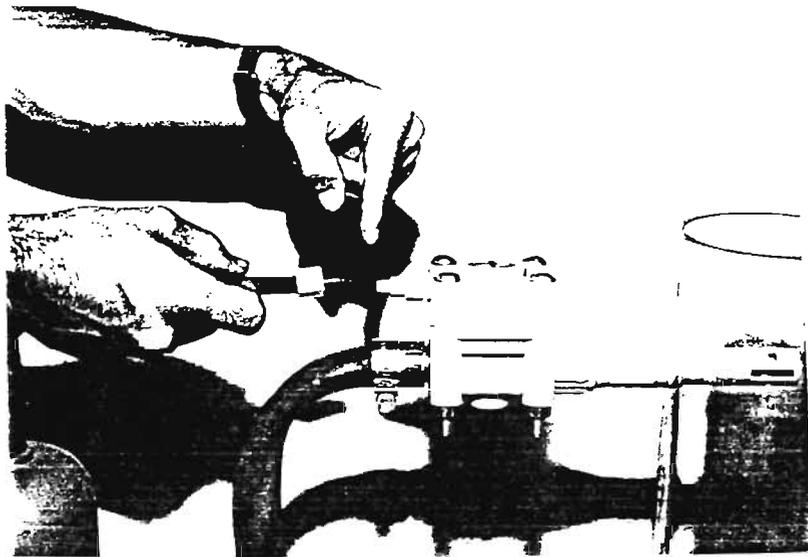
5.1.2 PUESTA EN MARCHA DE CLORADORES DE GAS

5.1.2.1 CONTROL DEL EYECTOR

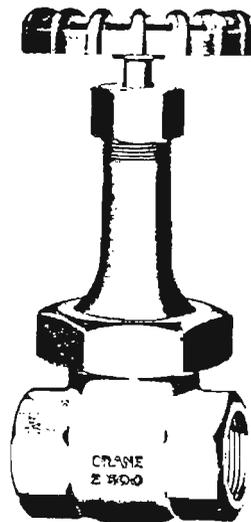
El eyector y sus líneas de suministro de agua y de solución debe estar debidamente instalado y funcionando antes de proceder a controlar el dosificador. A menos que el eyector esté generando vacío el dosificador no funcionará.

Ejecutar los pasos siguientes:

- a. Desconectar del eyector la línea de vacío.

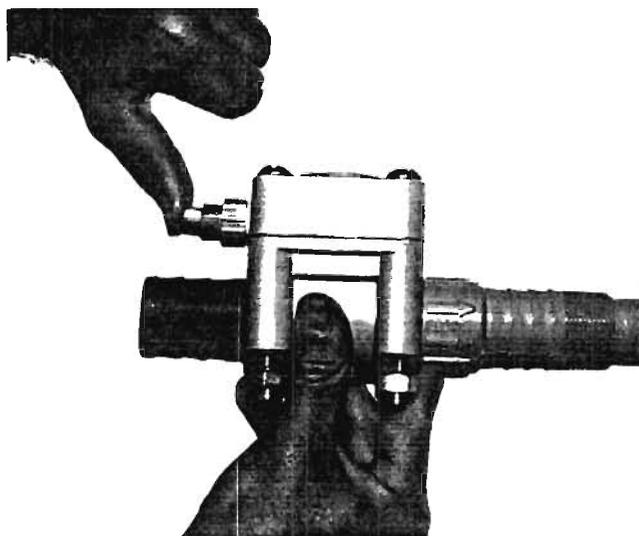


- b. Abrir la válvula de suministro de agua al eyector, el -
cual deberá entrar en funcionamiento y generar vacío.

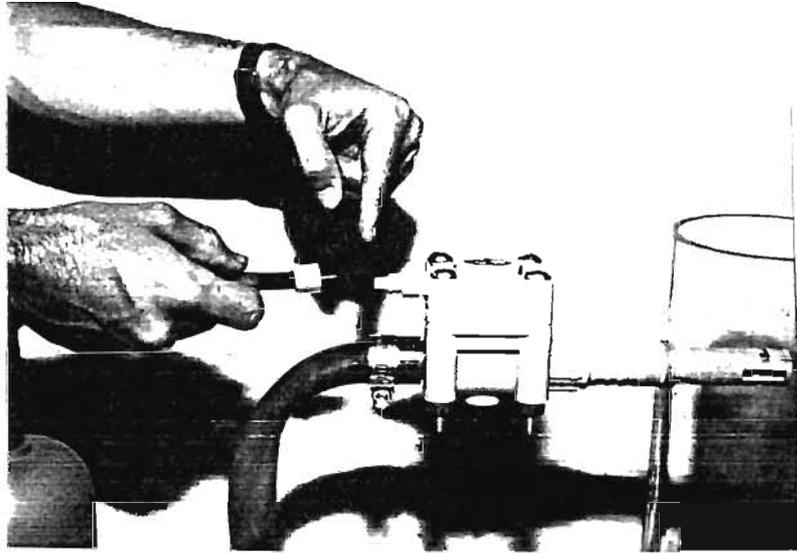


- c. Colocar un dedo sobre el conector de vacío y "sentir" que el vacío generado es apreciable. No deben quedar dudas - de que existe. Si no hay vacío revisar las siguientes condiciones:

1. Que pase agua a través del eyector.
2. Que las mangueras de vacío estén debidamente conectadas
- 3, Que el diafragma del eyector esté en buen estado.

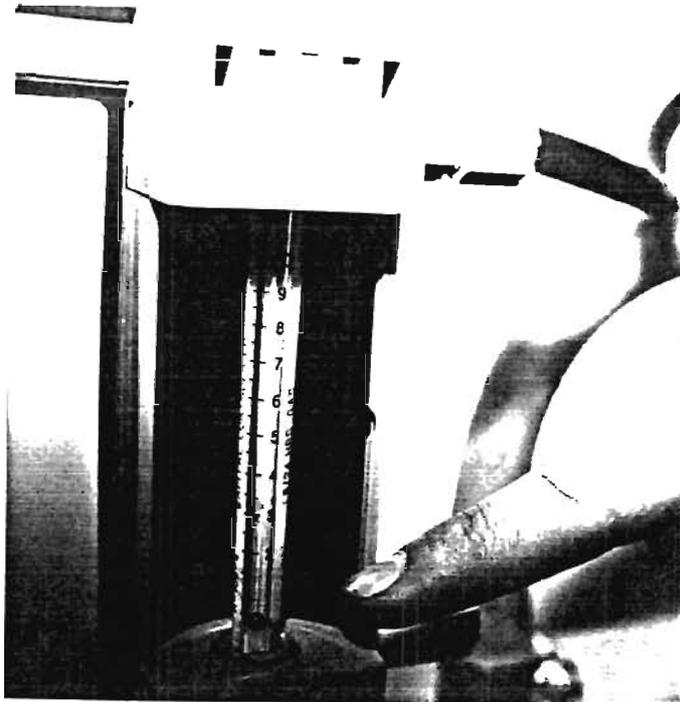


- d. Cuando se comprueba la existencia de vacío, debe conectarse nuevamente la manguera de vacío y proceder a dosificar.

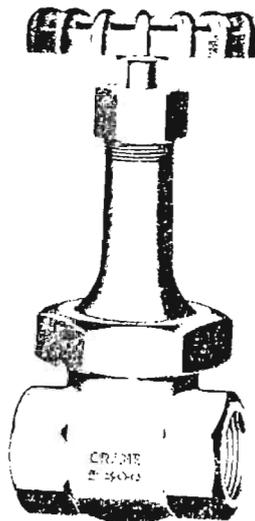


5.1.2.2 CONTROL DEL DOSIFICADOR

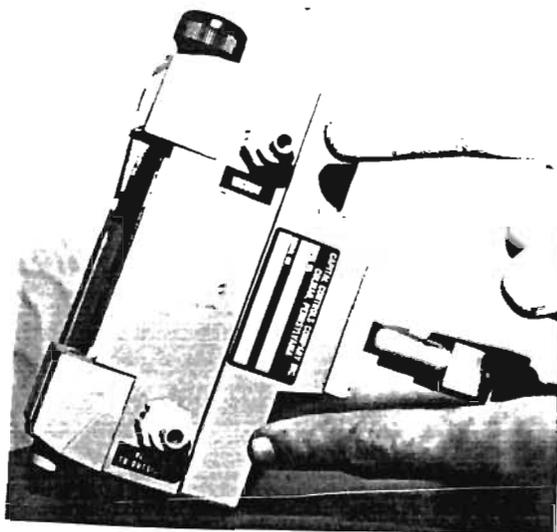
- a. Cuando el eyector está en funcionamiento y se cierra la válvula de cilindro, la bolilla del rotámetro debe caer al fondo y quedarse allí. Si no lo hace, o si rebota de arriba hacia abajo, hay ya sea una fuga en la junta de plomo, en la conexión del dosificador al cilindro, o bien alguna conexión floja en el sistema. Verificar y corregir.



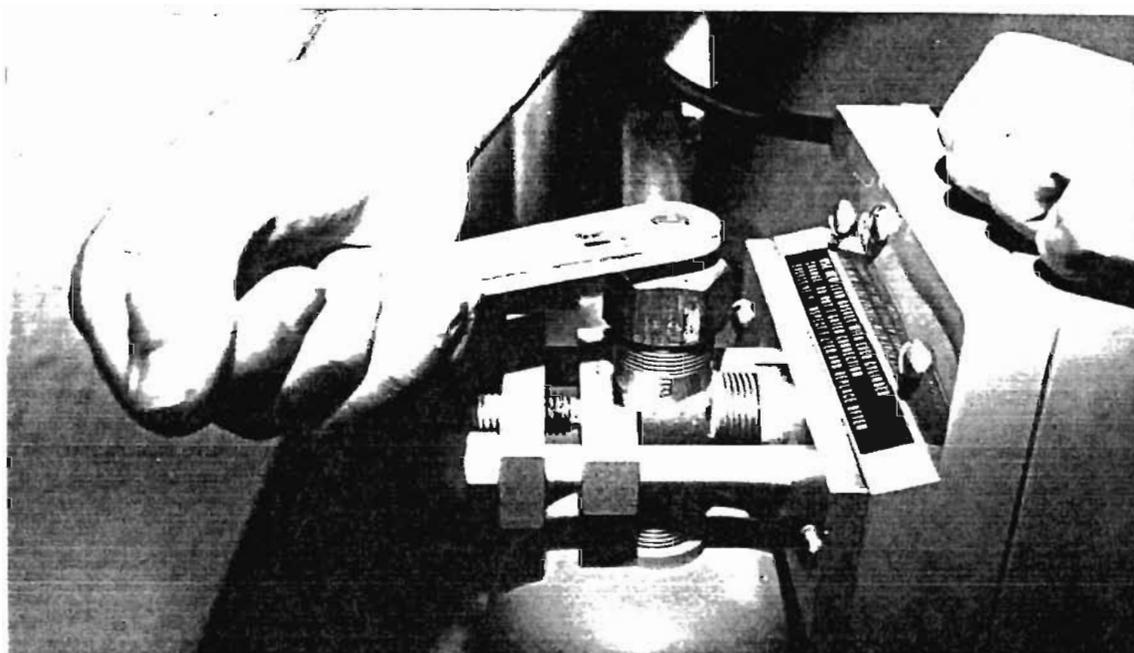
- b. El indicador de existencia de gas ubicado en el frente - del dosificador indica falta de suministro de gas.
- c. Cerrar la válvula de suministro de agua al eyector para detener su funcionamiento.



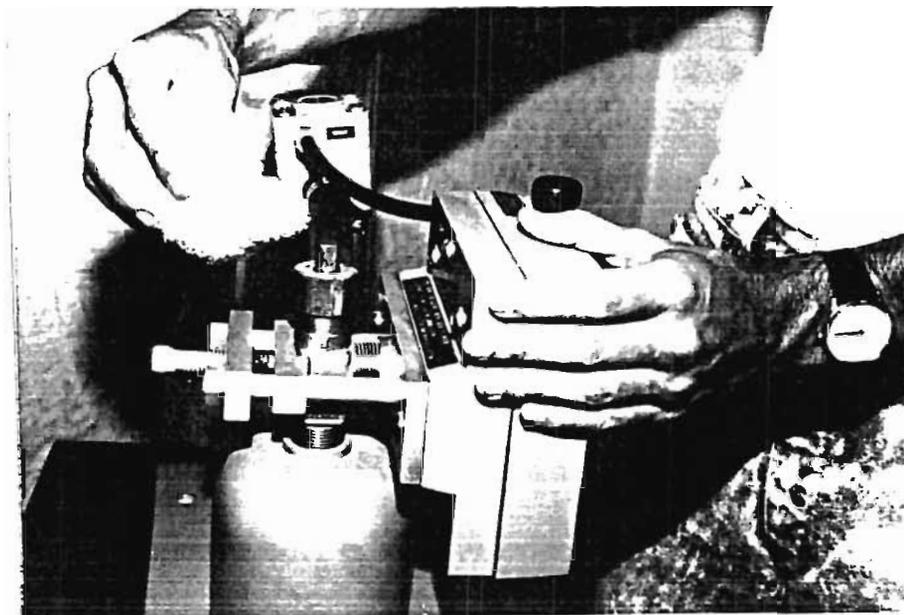
- d. Desconectar la línea de vacío del dosificador para permitir la entrada de aire al sistema.



- e. Conectar la línea de vacío.
- f. Abrir la válvula del cilindro un cuarto de vuelta y cerrarla de nuevo inmediatamente.

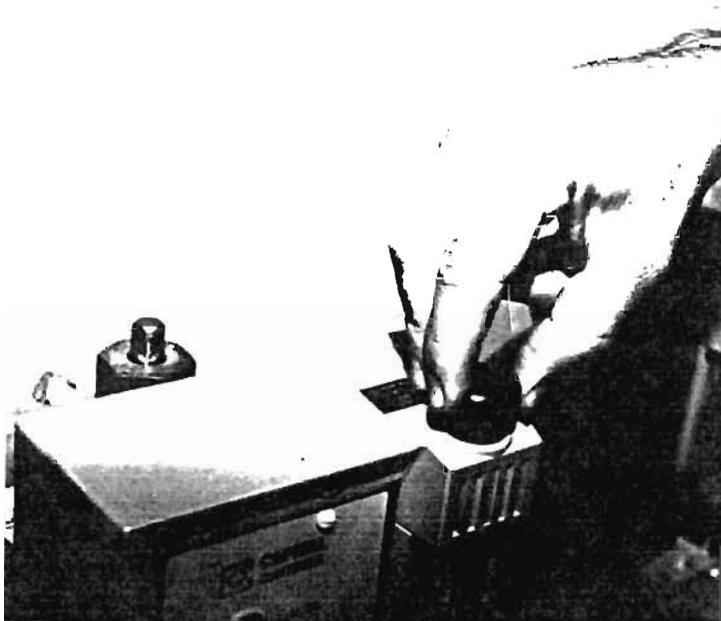


- g. Verificar si hay fugas acercando un paño con solución de amoníaco. La aparición de una nubecilla blanca indica fuga. Si hay fugas debe ajustarse la conexión.



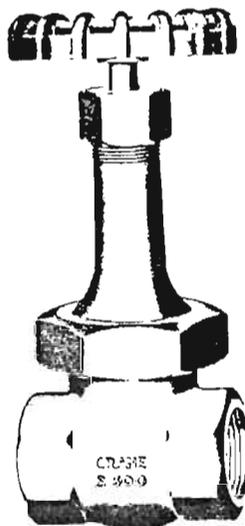
- h. Repetir la verificación de fugas hasta que no hallan.
- i. Cuando no hallan fugas se procede a activar el eyector, luego se abre la válvula del cilindro de gas y se dosifica de acuerdo al caudal y al cloro necesario según análisis.

NOTA: No usar NUNCA la válvula dosificadora de gas para cortar el suministro del mismo. Si se le da este uso la válvula se dañará en poco tiempo.



5.1.3 PARO DEL SISTEMA

- a. Cerrar la válvula de suministro de agua al eyector.



- b. Cerrar la válvula de suministro de gas. NO LA VALVULA DO
SIFICADORA.

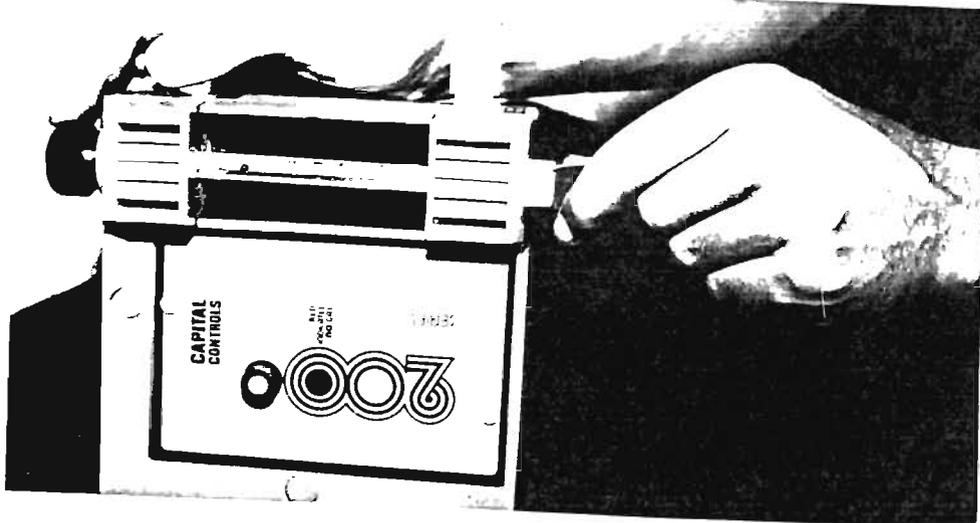


5.2 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE CLORACION

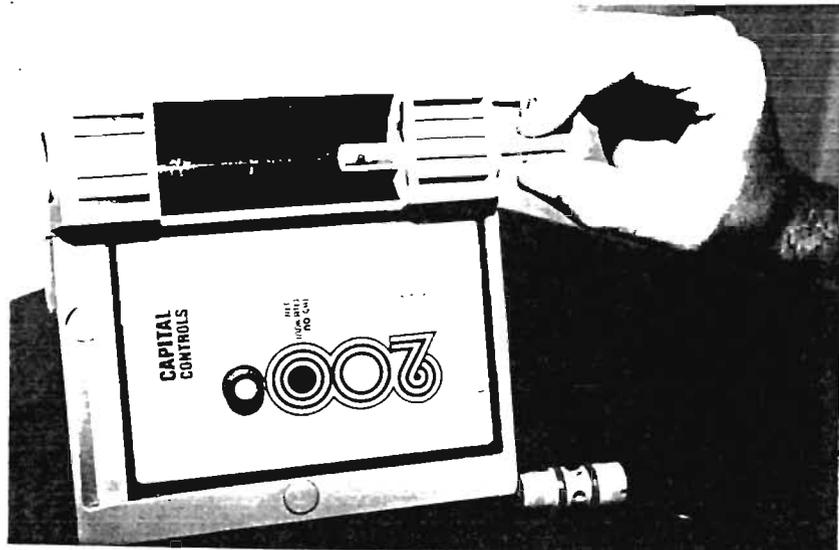
5.2.1 LIMPIEZA DEL ROTAMETRO

Para sacar el rotámetro del dosificador se debe proceder de la siguiente manera:

- a. usar una moneda o una arandela a modo de desatornillador y aflojar el tapón de entrada del rotámetro, sosteniéndolo para que no se caiga.



- b. Aflojar el tapón unas tres vueltas y retirar el rotámetro.



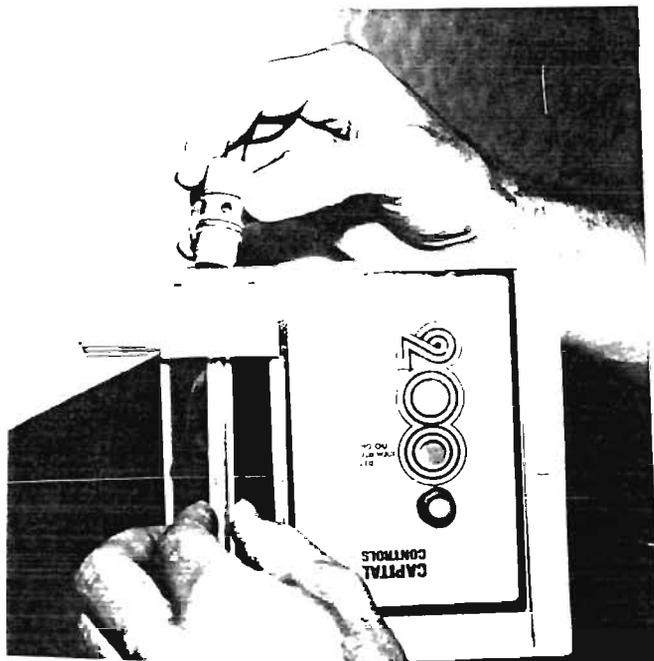
- c. Doblar un clip para papeles o una pieza de alambre y extraer los tapones de la bolilla que están en cada extremo del tubo de vidrio teniendo cuidado de no perder la bolilla.

- d. Limpiar el interior del tubo de vidrio con un hilo o -
cordel delgado empleando un solvente como alcohol metí-
lico y enjuagar perfectamente con agua tibia. Limpiar
la bolilla.



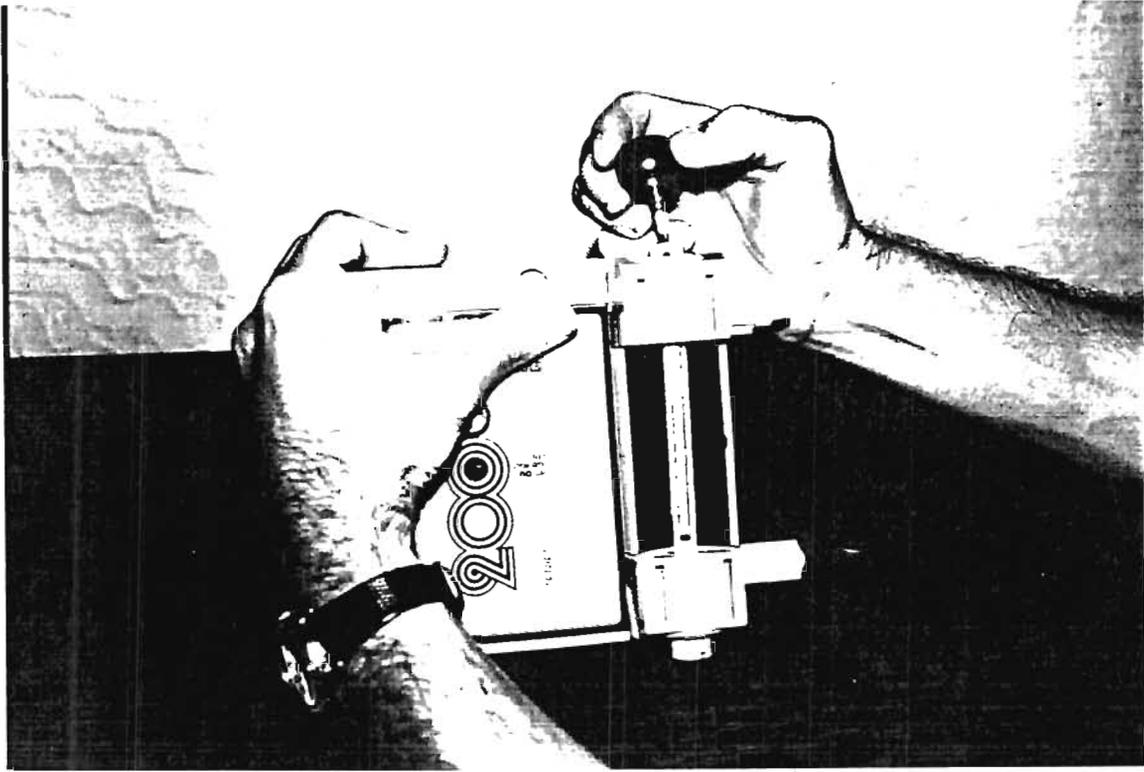
- e. Secar el tubo de vidrio con aire comprimido. Si no se -
dispone de éste, enjuagar con agua caliente que se eva-
porará en pocos minutos. Colocar la bolilla y sus topes.

- f. Volver a instalar el tubo apretando el tapón de entrada del mismo cerciorándose de que está centrado con las juntas superior e inferior.



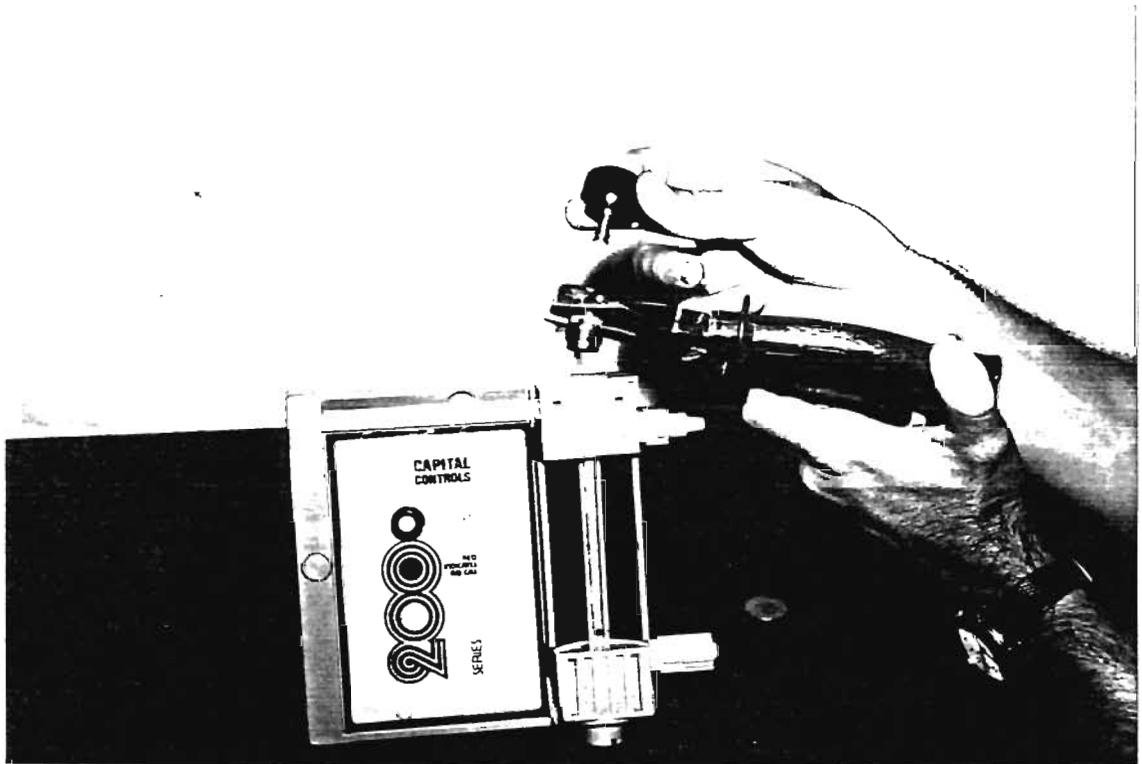
5.2.2 LIMPIEZA DE LA VÁLVULA DOSIFICADORA

- A. Desenroscar el obturador de la válvula de la parte superior del rotámetro.



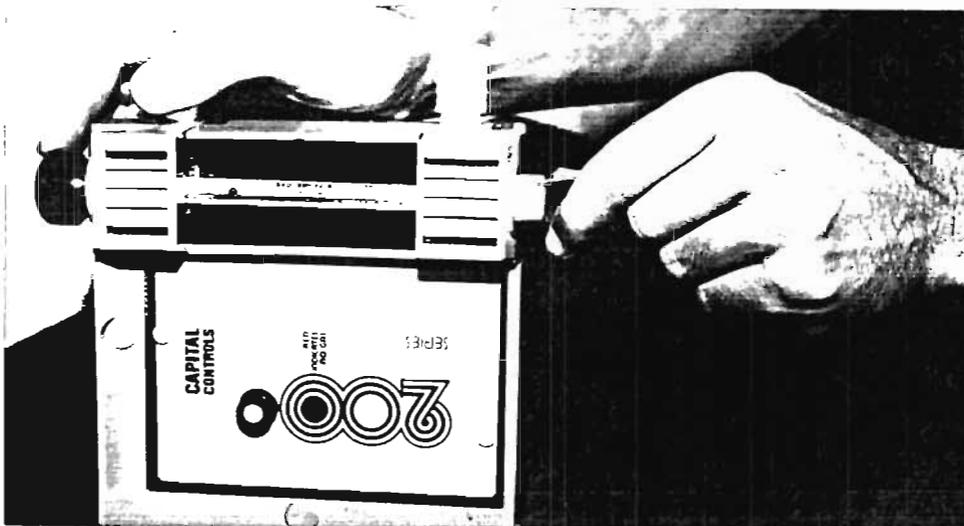
- b. Empleando una pinza, retirar la cápsula de la parte superior del accesorio de plástico del rotámetro.
- c. Esta cápsula está formada por dos partes. Para separarlas y insertar un clavo de 1/8" a través de los agujeros inferiores y desenroscar el bonete.
- d. Limpiar las partes sumergiéndolas en acetona o thinner.

- e. Revisar el agujero del bonete y limpiar con un trapo húmedo si es necesario. NO usar herramientas afiladas. NO -
usar solventes para limpiar la perilla del obturador, -
puede usarse alcohol metílico.

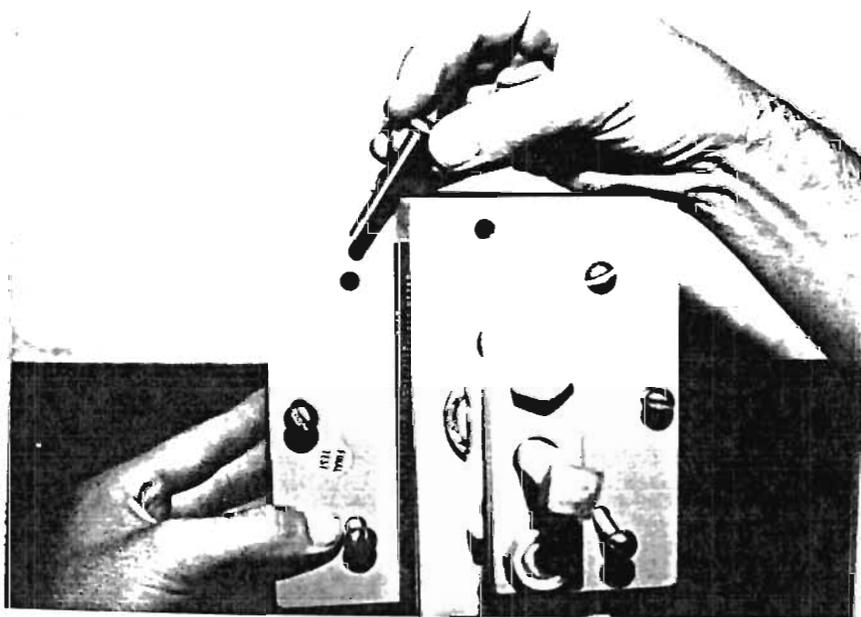


5.2.3 REVISION DEL DIAGRAMA

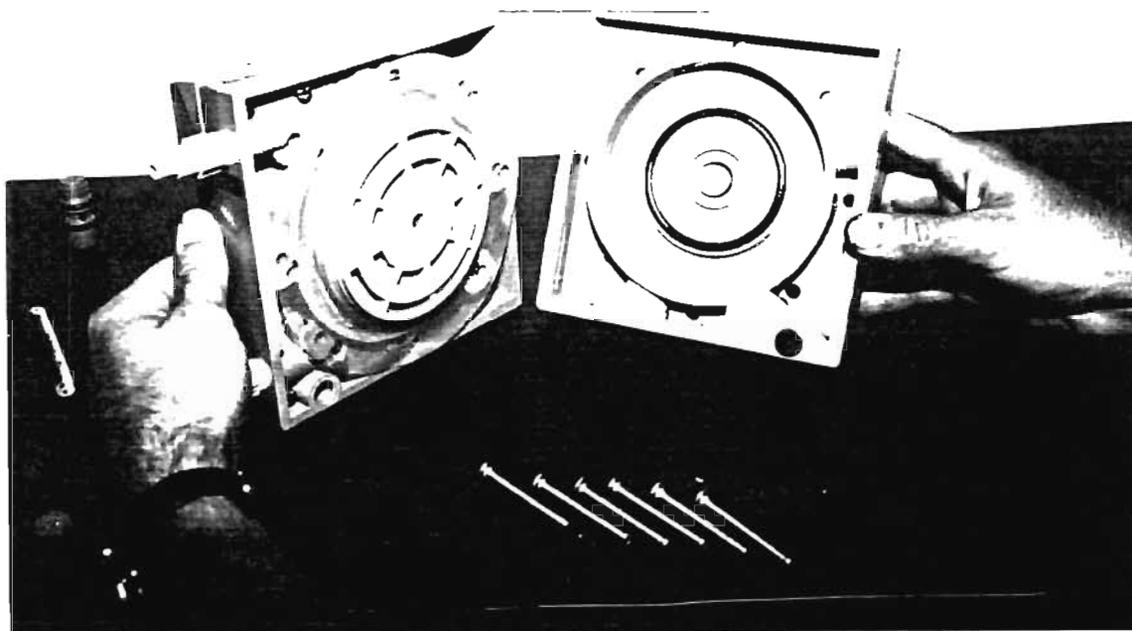
- a. Sacar el yugo, el rotámetro y la válvula dosificadora.



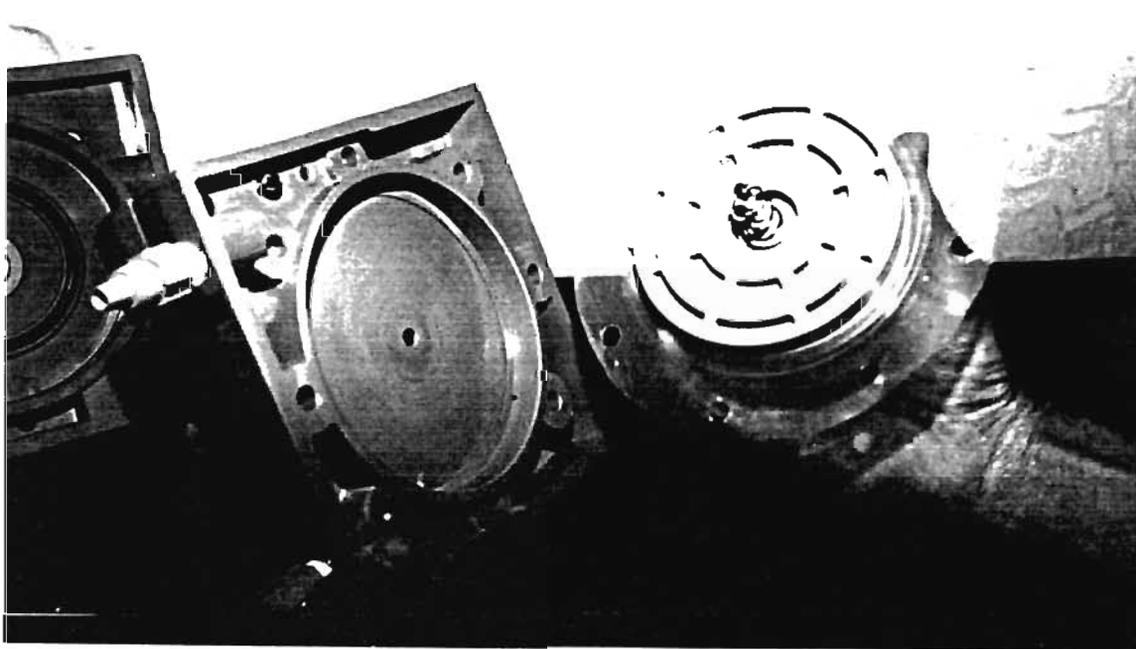
- b. Sacar los tornillos que unen las dos partes del cuerpo del clorador.



- c. Remover la cubierta frontal dejando a la vista el diafragma. Remover el diafragma.



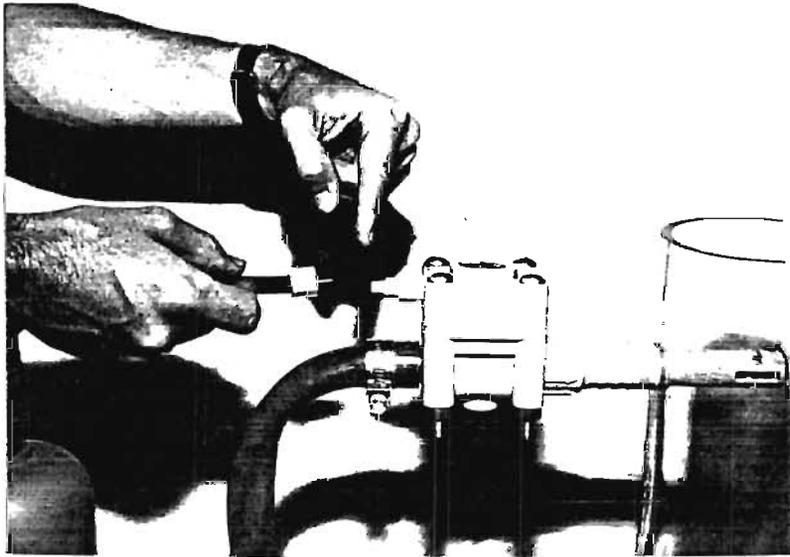
- d. Revisar el diafragma. La presencia de algunas arrugas es normal. Limpiar la pieza con alcohol metílico.



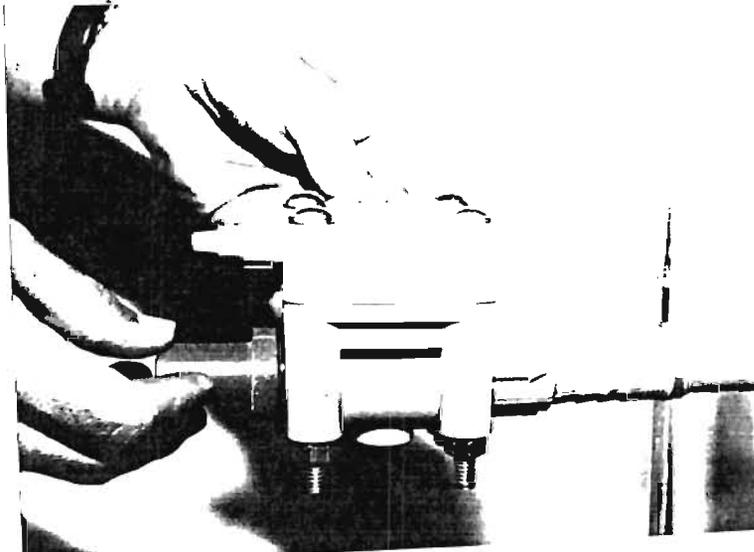
5.2.4 LIMPIEZA DEL EYECTOR

La parte del eyector que se limpia es la garganta. Para ésto es necesario cortar el suministro de agua hacia el eyector. Luego se debe proceder de la siguiente forma:

- a. Desconectar del eyector la manguera de suministro de agua.
Desconectar del eyector la manguera de vacío.



- b. Hacer girar el cuerpo del eyector hacia la izquierda, de esta forma se afloja del difusor la porción roscada de la garganta simplificándose el desarmado.



- c. El cuerpo del eyector, la garganta y el difusor quedan - separados.
- d. La obstrucción de la garganta puede ser causada por:
 - Materiales extraños (incrustaciones, suciedades, etc.) - Estos pueden removerse soplando o empujando el material con un alambre.
 - Acumulación de depósitos, que podrían consistir en compuestos químicos de hierro, manganeso u otros los cuales son susceptibles de remover sumergiendo la garganta en ácido muriático y luego enjuagando.

5.2.5 REPARACION DEL ASIEN TO DE VALVULA DEL EYECTOR

El eyector incluye una válvula de retención de diafragma que impide el ingreso del agua a presión al dosificador a través de la línea de vacío. Existe la posibilidad de que un depósito de suciedad suficientemente grande impida el adecuado asentamiento de esta válvula, causando fugas de agua que se introducirán al regulador de vacío. Para controlar esta situación debe procederse de la manera siguiente:

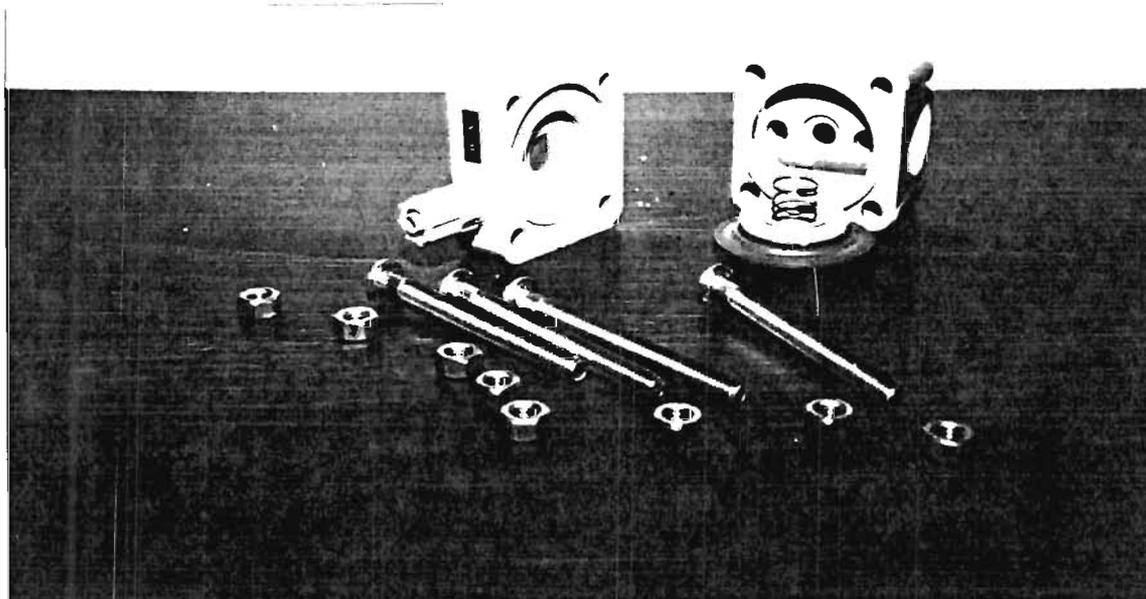
- a. Sacar el tapón del asiento usando una moneda para desenrosarlo, retirar el asiento y revisarlo para comprobar su estado.

- b. Si el asiento está en buen estado volverlo a poner y cerrar con el tapón.



5.2.6 CAMBIO DEL DIAFRAGMA DEL EYECTOR

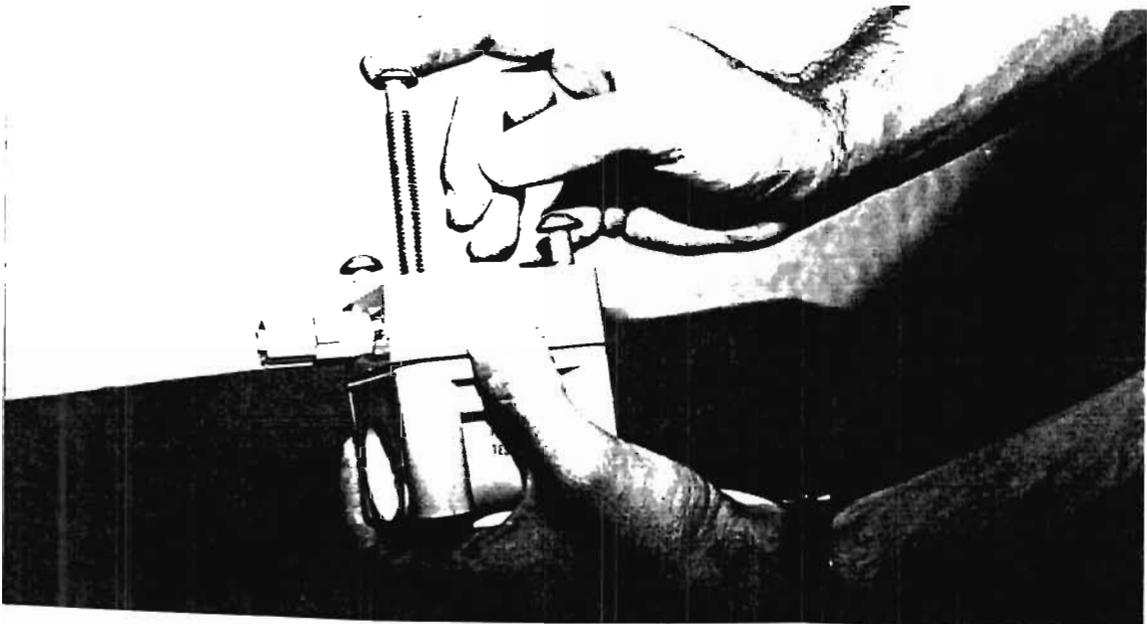
- a. Sacar los cuatro tornillos que sirven para armar el eyector. con ésto quedan a la vista todas las partes internas:



- b. El diafragma puede generalmente desarmarse desenroscando a mano las partes. Si están muy apretadas puede usarse una pinza. El conjunto incluye un soporte de diafragma, de plástico delgado, ubicado en la cara superior del diafragma. El objeto de esta posición es soportar el diafragma cuando hay alta presión.



- c. Colocar el nuevo diafragma y cerrar la unidad con los tornillos.



5.3 PROBLEMAS COMUNES DE OPERACION

5.3.1 CLORO GAS

5.3.1.1 FUGAS DE CLORO GAS

Este es uno de los problemas de mayor atención en los sistemas de cloro gas. Las fugas ocurren mayormente en las tuberías presurizadas entre los dosificadores y los contenedores. Cada unión, cada válvula, accesorio, manómetro, etc., es susceptible a tener un fuga.

El método usual de determinación de fugas de cloro es abriendo una botella de solución de amoníaco y acercándola al lugar donde se sospecha que está la fuga permitiendo que el vapor de amoníaco reaccione con el cloro formando una nube blanca de cloruro de amonio.

Este método de amoníaco no es capaz de detectar fugas pequeñas de cloro. las fugas pequeñas pueden permanecer varias semanas sin ser detectadas, a menos de que el operador busque las señales que caracterizan una fuga:

- * Decoloración del metal donde se da la fuga.
- * Humedad en el punto de la fuga.

Las tuberías de cloro poseen un recubrimiento de cadmio el cual puede ser removido por una fuga de cloro. Luego el metal de la tubería, cobre o bronce, se tornará rojizo y aparecerá un depósito verde de cloruro del metal.

Cuando las tuberías están pintadas, la mejor señal de fugas de cloro será la formación de gotitas de agua alrededor de la fuga o debajo de ésta.

Cuando hay fugas severas en las tuberías, las válvulas de los contenedores deberán ser cerradas, desconectar el yugo de ensamble y dejar funcionando el eyector para evacuar el cloro remanente en las tuberías.

Es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos para evitar fugas de cloro:

1. Cambiar el empaque de plomo cada vez que se cambia contenedor.
2. Cada vez que se ponga o quite un accesorio roscado debe limpiarse la rosca con cepillo de alambre y empacar la rosca con cinta teflón.

3. Cambiar anualmente las válvulas en las líneas de cloro a presión.

5.4.1.2 VALVULAS DE CONTENEDOR ATASCADAS

Cuando las válvulas de los contenedores se atascan éstas serán difíciles de abrir y cerrar. La mayoría de las válvulas atascadas pueden ser liberadas abriéndolas y cerrándolas varias veces. estas válvulas NO deben ser lubricadas para facilitar su operación. Si aún así no responden entonces será conveniente consultar al fabricante del contenedor.

5.3.2 HIPOCLORITOS

Los problemas mas comunes de los hipocloradores suelen ser:

- * Atascamiento del equipo
- * Diafragma rotos

5.4.2.1 ATASCAMIENTO DEL EQUIPO

El atascamiento de las bombas dosificadoras se debe a depositos de carbonato de calcio (CaCO_3) en 2 partes del equipo:

- * El cabezal de la bomba dosificadora.
- * Manguera de succión y descarga de solución.

La formación de depósitos de carbonato de calcio se produce cuando la concentración de hipocloritos es muy alta, es

decir un pH arriba de 10. También cuando el agua con la que se prepara la solución posee alta dureza del calcio.

Estos depósitos de carbonato de calcio pueden ser removidos bombeando una solución diluida (5%) de ácido clorhídrico, también conocido como ácido muriático.

Antes de remover los depósitos de las bombas desinfectadoras y las mangueras con ácido muriático es necesario enjuagar el sistema con agua para evacuar restos de solución de hipoclorito.

Otro problema que se da en estos sistemas es el atascamiento de la bomba dosificadora por lodos de hipoclorito no disueltos.

Cuando halla sedimentación en el fondo del tanque de solución la bomba succionará sedimentos que producirán atascamiento.

Estos problemas de atascamiento se dan en la cloración con hipoclorito de calcio (cloro granular), no así en la cloración con hipoclorito de sodio (cloro líquido).

5.3.2.2 DIAFRAGMAS ROTOS

Es recomendable la revisión de diafragmas regularmente para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas.

La mejor indicación del correcto funcionamiento de un diafragma es el efluente de solución de hipoclorito a través de la manguera de descarga. Esta puede ser una inspección visual.