

1488

FACULTAD DE INGENIERIA

U.N.A.M.

UNISO

Sistema de Cloración y su
Aplicación en el tratamiento
de Aguas para Plantas Térmicas.

TESIS.

Que para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Presenta:

Jaime Sánchez Castañeda.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTONOMA DE
 MEXICO

Al Pasante señor JAIME SANCHEZ CASTAÑEDA
 P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor Profesor Ingeniero -- JOSE QUEVEDO P., para que lo desarrolle como tesis en su -- examen profesional de INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA.

"SISTEMAS DE CLORACION Y SU APLICACION EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS PARA PLANTAS TERMICAS"

- CAPITULO I. Generalidades sobre el cloro
- a) Propiedades físicas y químicas del cloro
 - b) Métodos industriales para su obtención
- CAPITULO II. Aplicaciones del cloro en el tratamiento de Aguas.
- a) Aplicaciones en las industrias textil, - papelera, azucarera y de productos alimenticios; en tratamiento de aguas en -- plantas purificadoras y de aguas para -- plantas térmicas.
- CAPITULO III. Dosificación de cloro
- a) Principio de operación del clorador
- CAPITULO IV. Arreglo general de un sistema de cloración para torre de enfriamiento.
- a) Diagrama del sistema
 - b) Descripción del equipo
 - c) Diseños de torres de enfriamiento
- CAPITULO V. Selección del equipo de cloración para una torre de enfriamiento

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 México, D. F., a 12 de Febrero de 1969
 EL DIRECTOR

INDICE

- Capítulo I** **Generalidades sobre el cloro:**
- a). - **Propiedades físicas y químicas del cloro.**
 - b). - **Métodos industriales para su obtención.**
- Capítulo II** **Aplicaciones del cloro en el tratamiento de Aguas.**
- a). - **Aplicaciones en las industrias textil, papelería, azucarera y de productos alimenticios: en tratamiento de aguas en plantas purificadoras y de aguas para plantas térmicas.**
- Capítulo III** **Dosificación de cloro.**
- a). - **Principio de operación del clorador.**
- Capítulo IV** **Arreglo general de un sistema de cloración para torre de enfriamiento.**
- a). - **Diagrama del sistema**
 - b). - **Descripción del equipo.**
 - c). - **Diseños de torres de enfriamiento.**

INTRODUCCION.

El cieno, las algas y otras formas de vida acuática, si se les permite crecer y vivir sin control pueden reducir apreciablemente la eficiencia de los condensadores y torres de enfriamiento en una planta térmica y en general de todos los equipos que utilicen estas aguas. Durante los últimos años, el control de estos crecimientos ha sido efectuado mediante el tratamiento con cloro.

La selección entre el cloro puro y los compuestos de cloro como materia prima para el control de crecimientos acuáticos y la esterilización o patabilización del agua es mayormente una cuestión de preferencia y economía. El costo de los equipos utilizados en el suministro de gas cloro es generalmente más elevado que lo requerido para los compuestos.

pero el costo de los mismos compuestos es más caro que el del cloro puro.

El efecto que el cloro produce en organismos y bacterias presentes en el agua ha sido motivo de infinidad de controversias. Una de las principales teorías afirman que las moléculas de cloro o al menos parte de ella, con la estructura celular del organismo forma ciertos productos clorados que actúan como sustancias tóxicas en esos mismos organismos.

Cuando el cloro ha de ser añadido en su forma pura se utilizan los cloradores los cuales garantizan un manejo seguro y un control exacto del cloro.

Este equipo para el tratamiento del agua será el tema de esta tesis tratando de enfo-

carlo a su aplicación en las plantas termicas.

CAPITULO I
GENERALIDADES SOBRE EL
CLORO.

El cloro, cuyo símbolo es Cl, de peso molecular 71 (Cl₂) y peso atómico 35.5 (Cl), fué descubierto en el año de 1774 debido a los estudios de Karl W. Scheele, quien lo obtuvo haciendo reaccionar ácido clorhídrico con bióxido de manganeso.

Poco tiempo después Berthelot preparó el primer producto químico usado como blanqueador, "el agua de Javelle" mejor conocida como lejía, que es una solución de hipoclorito de potasio, la cual revolucionó por completo la industria textil pues acortaba el proceso de blanqueo de varios meses, en algunas horas. Su uso como blanqueador fué el único que tuvo el cloro por muchos años hasta que en Alemania se obtuvieron compuestos a partir de él, como el cloral, cloroformo y productos -

similares y fué en el año de 1851 en el que Charles Ward desarrolló el proceso electrolítico para tratar soluciones de cloruro de sodio, para obtener económicamente cloro gaseoso. Sin embargo, con este procedimiento nació el grave problema de su manejo y transporte, que vino a resolverse hasta el primer cuarto del siglo XX en el que apareció el cloro líquido, al cual se debe su enorme importancia comercial actual.

Así el crecimiento de la industria del cloro en los últimos cincuenta años ha sido poco menos que espectacular, ya que a partir de él se han logrado múltiples síntesis de productos químicos, plásticos, desinfectantes, etc. y ha venido a ser un factor definitivo en la salud pública de los pueblos y la potabilidad del agua de consumo.

En México la primera planta productora-

de sosa y cloro fué establecida en Orizaba, -
Ver. en el año de 1924 utilizando el proceso
electrolítico con celdas de diafragma, limi-
tándose su producción a productos derivados
del cloro, como ácido clorhídrico e hipoclo-
rito de sodio, no habiéndose obtenido de ellos
cloro líquido.

Posteriormente fué establecida otra plan-
ta en la ciudad de México en 1936, P.Q.M.S.
A. Durante muchos años esta planta fué la -
única que operó en México, aunque sin produ-
cir cloro líquido, sino sólomente productos
derivados de él, incluyendo el clorato de po-
tasio.

Fué hasta el año de 1955 en que el Clora-
mex de Industria Nacional Químico-Farma-
céutica inició sus operaciones al fabricar -
cloro líquido por el proceso celdas Krebs -

de mercurio.

En el año de 1953 P.Q.M.S.A. empezó su producción de cloro cambiando su proceso a celdas de Diafragma Dow. Por esta misma época se constituyeron Pensalt Chemical, con celdas de mercurio italiasnas tipo Nora, y Sosa de México en Monterrey, usando celdas de mercurio constuídas por la Olien Mathienson, ya todos ellos produciendo cloro líquido.

Propiedades Químicas del Cloro.

Símbolo Atómico = Cl

Peso Atómico = 35.457

Número Atómico = 17

Símbolo Molecular = Cl₂

Peso Molecular = 70.914

Bajo condiciones atmosféricas normales -

el cloro es un gas amarillo verdoso de color característico, penetrante y muy irritante. - Este gas es aproximadamente dos y media veces más pesado que el aire a condiciones normales de presión y temperatura, pero cuando la temperatura se reduce a -34.6°C éste se condensa en un líquido ámbar y este líquido a una temperatura de -101.1°C se cristaliza.

El cloro conocido comúnmente en el mercado es comprimido a estado líquido y envasado en cilindros de acero. En esta forma es conocido como cloro líquido y se mantiene en ese estado hasta que es abierta la válvula del cilindro, que alivia a la presión del mismo, motivando ésto que el cloro líquido hierva y vaporice volviéndose a tener en estado gaseoso para su uso. Esta presión depende de la temperatura del cloro líquido. Un volumen de cloro líquido equivale aproximadamente a 460 volúmenes de cloro gas. Es por

tanto obvio que una fuga de cloro líquido es mucho más peligrosa que una fuga del mismo tipo de cloro gas.

A temperaturas ordinarias el cloro seco no produce corrosión al fierro, acero o cualquier otro material de construcción, aunque sí ataca al mercurio y al estaño. En presencia de humedad o a elevadas temperaturas -- es por el contrario altamente corrosivo; es por esta razón necesario tomar todas las precauciones debidas para mantener el cloro y el equipo de cloración libres de humedad, así como evitar que los cilindros queden expuestos al calor.

El cloro ya sea líquido o gaseoso no es explosivo ni inflamable, pero puede producir combustión y explosión con ciertos metales en polvo y con hidrógeno. La máxima solubi-

lidad de cloro ocurre a una temperatura a -
proximada de 10°C.

A temperaturas que no excedan los 100°C los metales como el cobre, hierro, plomo, -
niquel, platino, plata, acero y tantalio son químicamente resistentes al cloro seco, ya sea gaseoso o líquido. Asimismo fierros -
compuestos de cobre y aleaciones ferrosas -
incluyendo el Hastelloy C/Monel, los tipos -
304 y 316 de acero inoxidable son también re
sistentes.

La velocidad de reacción del cloro con un gran número de metales aumenta a una cierta temperatura, por lo que debe tenerse espe -
cial cuidado en seleccionar los materiales -
de construcción.

El cloro húmedo, debido a la formación de ácido hipocloroso, es altamente corrosi-

vo a todos los metales comunes, siendo únicamente resistentes al oro, el platino y la plata.

A temperaturas inferiores a 120°C el tentallio es totalmente inerte al cloro húmedo.

El cloro reacciona al igual que con compuestos orgánicos que con inorgánicos, formando derivados clorados.

Algunas de estas reacciones pueden ser explosivas, incluyendo aquéllas con hidrocarburos, alcohol y éter, por lo que para llevar a cabo dichas reacciones deben aplicarse los métodos adecuados para evitar peligros posteriores.

Propiedades Físicas.

Punto de ebullición = 34.5°C

Este es el punto en el cual el cloro líquido vaporiza bajo presión de una atmósfera y es conocido también como punto de licuafacción.

Calor latente de vaporización = 68.7 calorías (gramo) a -34°C. Este es el calor requerido para evaporar una unidad en peso de cloro líquido.

Punto de fusión o punto de congelación = -100.98°C. Es la temperatura a la cual el cloro sólido se funde, o el cloro líquido se solidifica.

El volumen de cloro líquido aumenta rá-

pidamente al aumentar su temperatura.

Métodos Industriales de Obtención.

El elemento cloro es un gas que no se encuentra libre en la naturaleza, pero sí existen un sinnúmero de compuestos que lo contienen; siendo hasta cierto punto sencilla su obtención en el laboratorio; sin embargo, su obtención industrial se lleva a cabo por un complicado proceso electrolítico, en el cual se usa como materia prima la salmuera de -- cloruro de sodio o sal común, que por su abundancia y costo relativamente bajos compite ventajosamente con otros compuestos a partir de los cuales se podría obtener el cloro.

Existen dos métodos fundamentales para la obtención del cloro en forma industrial y -

son las siguientes:

1. - Método de las celdas de diafragma.

Como hemos explicado anteriormente, su obtención se basa en electrólisis efectuada en el cloruro de sodio. Las plantas que operan el proceso electroquímico de las celdas de diafragma siguen el procedimiento siguiente:

El paso inicial consiste en tomar corriente alterna de alto voltaje pasándola después a los transformadores y a los rectificadores, para ser convertida en corriente directa que pasa a las celdas electrolíticas.

La corriente del rectificador va a la celda, donde se efectúa la descomposición del -

cloro produciéndose cloro e hidrógeno.

El cloruro de sodio normalmente proviene de las costas, en donde es evaporado y -- después transportado a las diversas plantas por ferrocarril, en donde es tratado para - eliminar el magnesio, el calcio y sulfatos - que intervienen en el proceso.

La salmuera tratada alimenta a las celdas pasándola por un calentador.

Actualmente en México el hidrógeno que se desprende de las celdas se libera a la atmósfera, mientras que el cloro y la sosa siguen el proceso que a continuación describimos.

En la celda de diafragma el ánodo está -

construido de grafito y el cátodo por una malla de fierro, estando separados ambos por un diafragma de asbesto que tiene por objeto el no permitir que se junten la solución de sosa cáustica con el cloro que se está liberando, pues dependiendo de la temperatura se podrían obtener compuestos tales como el hipoclorito ó cloratos, en vez de la sosa y el cloro deseados.

En las celdas, por el ánodo se desprende el cloro y por el cátodo hidrógeno que pasa a la atmósfera, quedando en este lado una solución de sosa cáustica de aproximadamente 20 a 40% de concentración, la cual pasa posteriormente a un proceso de concentración y eliminación de impurezas, quedando lista para su venta.

El cloro que se desprende del ánodo es jalado por un ventilador que los lleva a unas

torres de secado, con ácido sulfúrico a contracorriente, eliminando aquí toda la humedad que como es sabido es lo que provoca -- que el cloro sea altamente corrosivo.

En la torre de secado, el cloro pasa a las compresoras de anillos de carbón y después a ser licuado por refrigeración, que -- se lleva a cabo haciendo circular freon que condensa al cloro, pasando ya en esa forma a los tanques de almacenamiento y a su proceso de pesado donde queda listo para su venta. Los gases no condensados en el proceso de licuado mezclados con aire son purgados y se utilizan haciéndolos reaccionar con lechada de cal para obtener subproductos como cloruro de calcio, clorato de calcio, etc.

2.- Celdas de mercurio.

Estas celdas son de varios tipos, depen-

diendo desde luego del diseño del fabricante.

En todos estos tipos el proceso básico es el mismo y consiste en tener como cátodo en el fondo de la celda mercurio y en el ánodo grafito.

La celda, al igual que las de diafragma, se abastece con salmuera de cloruro de sodio libre totalmente de magnesio y sulfatos, haciendo pasar por ella, para llevar a cabo descomposición electrolítica, corriente alterna de alto voltaje. Se desprende por el ánodo cloro gaseoso y por el cátodo hidrógeno que se elimina a la atmósfera. La diferencia en ese tipo de celdas está en la obtención de la sosa, proceso del cual se elimina la evaporación, pero a su vez se necesita un sistema de recirculación de salmuera agotada de las celdas a un disolvedor de sal.

En las celdas el mercurio fluye en el -- mismo sentido que la salmuera, formando una amalgama de sodio y mercurio que es descompuesta-posteriormente con agua, formando una sosa de alta concentración que es separada del mercurio que a su vez se recircula a la celda continuamente.

El cloro desprendido del ánodo sigue el mismo proceso que el obtenido en la celda de diafragma, dependiendo su pureza y calidad de los procesos de secado, compresión y licuado. (La producción de cloro en el mercado nacional está en relación inversa a la producción de sosa cáustica, es decir,) las necesidades del mercado de sosa cáustica son mucho mayores que las de cloro líquido, lo -- que provoca un fenómeno económico en el que es necesario hacer importaciones de sosa -- cáustica, a pesar de que la capacidad de las fábricas existentes en México podrían abas-

tecer totalmente las necesidades internas del país en lo que respecta a la sosa cáustica.

CAPITULO II

Aplicaciones del cloro en el tratamiento de aguas.

Las principales aplicaciones del cloro - en el tratamiento de aguas son las siguientes:

Industria Textil.

a).- Purificación de agua.

b).- Blanqueo de fibras.

Industria Papelera.

a).- Blanqueo.

b).- Control Bacteriológico.

Industria Azucarera.

a).- Control bacteriológico del guarapo. - crudo.

b).- Clarificación del guarapo en el pro-

ceso de refinamiento.

Industria de Productos Alimenticios.

**a). - Control bacteriológico en proceso -
de enlatado.**

**b). - Limpieza de envases y equipos usa-
do en la industria alimenticia.**

c). - Purificación de aguas.

**Tratamiento de aguas en plantas purifica-
doras.**

**a). - Esterilización de abastecimientos -
de agua.**

**b). - Evitar acumulación de bacterias en
los filtros.**

**c). - Estabilizar las materias sólidas que
se encuentran en suspensión.**

Tratamiento de aguas negras.

a). - Control de olores.

b).- Evitar la formación de colonias de insectos.

d).- Desinfección y esterilización.

Tratamiento de aguas de uso industrial.

a).- Prevención de la formación de algas y hongos en:

1.- Plantas generadoras de fuerza.

2.- Tanques de sedimentación.

3.- Torres de enfriamiento.

Tratamiento de aguas de drenaje Industrial.

a).- Prevención de la contaminación de ríos, manantiales, lagos, etc.

b).- Control de olores.

c).- Oxidación de las materias en suspensión.

Trataremos un poco más extensamente -

dos puntos que creo de mas interés:

Agua para consumo y Agua para torre de enfriamiento.

Aguas de Consumo:

El principal objetivo de la cloración de aguas potables es la destrucción de bacterias y otros organismos infecciosos a través de los efectos germicidas del cloro.

El tipo de contaminación más peligrosa e indeseable de un sistema de abastecimiento de agua para consumo doméstico es el representado por organismos asociados con aguas negras. La presencia de tales aguas es un indicio de la posible existencia de organismos patógenos o sea organismos capaces de producir enfermedades. El interceptar o destruir los organismos patógenos es la fun-

ción más importante de la protección de cualquier abastecimiento de agua.

Los distintos procesos de tratamiento del agua, sedimentación, cagulación y filtración, son capaces de remover en diferentes grados la mayor parte de estos organismos independientemente de que sean o no patógenos, sin embargo, estos procesos no garantizan una destrucción o eliminación total de los organismos causantes de enfermedades. Es pues necesario recurrir a procedimientos específicos cuyo objetivo es la reducción de bacterias y otros agentes de infección a las concentraciones mas bajas posibles.

En general se entiende por desinfección, la obstrucción de aquellos microorganismos presentes en el agua para consumo doméstico, los cuales, de ser ingeridos por el organismo

humano pueden llegar a causarle enfermedades y en algunos casos hasta la muerte.

La desinfección del agua para propósito de consumo doméstico, se logra casi universalmente mediante la utilización de cloro gaseoso.

Para que la cloración para agua de consumo sea efectiva es necesario que:

a).- La aplicación del cloro sea uniforme a todas las porciones del agua a ser tratado.

b).- La aplicación del cloro sea ininterrumpida.

c).- Determinar la dosis de cloro necesaria para el caso particular de cada agua.

d).- Controlar la cloración de manera a

producir un agua potable segura y que al mismo tiempo sea de carácter atractivo.

Agua para torre de enfriamiento.

El tratamiento del agua de torre de enfriamiento tiene como función primordial el eliminar bacterias, algas y materia orgánica, que causan graves perjuicios a la estructura de la torre de enfriamiento y a los tubos del condensador.

Esta agua, como es de suponerse por no ser de consumo doméstico sino únicamente industrial, tiene un control menos riguroso aunque no menos importante en sus residuales de cloro. Generalmente el procedimiento seguido con estas aguas es dar choques muy fuertes de cloro a intervalos determinados -

de tiempo, regulados por un timer y una válvula solenoide adaptados al aparato clorador.

El tratamiento intermitente controla efectivamente el crecimiento de vida acuática y a la vez permite las siguientes ventajas sobre el tratamiento continuo:

1. - Reducción del cloro usado. - Normalmente el tratamiento a choques es realizado por dosificaciones más altas que el tratamiento continuo debido a que las concentraciones superiores destruyen las vidas acuáticas más rápidamente.

Los factores que determinan el límite superior de la dosificación son la corrosividad y el nivel donde un incremento de dosificación no disminuye el tiempo requerido para la exter

minación.

Claro está, esto se debe determinar por experimentos, pero para consideraciones prácticas la relación máxima de choques efectivos se halla generalmente en un punto de 20 a 30 por ciento superior que la relación máxima del tratamiento continuo.

Sin embargo el periodo verdadero de tratamiento a choques puede ser reducido de 90 a 95 por ciento efectuando una reducción considerable en el consumo de cloro.

2.- Extensión de la vida del equipo. - Generalmente debido al reducido tiempo operativo del equipo, la vida del equipo clorador se extiende. Esto se aplica también a la tubería utilizada para la solución del cloro, - el cual es sumamente corrosivo. La tubería que solamente lleva la solución durante pe -

riodos breves cada día, puede ser limpiada con agua pura despues de cada tratamiento así reduciendo la relación de corrosión.

3.- Reducción en el consumo de agua de servicio.- Para operar un clorador se necesita de agua dulce, y si el agua tiene que -- ser comprada, es evidente que la reducción de tiempo que el equipo está en operación - ahorrará dinero.

4.- Aumento de seguridad en operación.- Los periodos de tratamiento son de duración breve y las tuberías de cloro en solución son limpiadas con agua clara despues de cada periodo de uso.

Así se mantiene a un mínimo el periodo en que la tubería este en contacto con la so-

lución de cloro. Esto a su vez mantiene al máximo la seguridad de equipos y empleados, en vista de que se reduce mucho el peligro - potencial de exposición al cloro en solución.

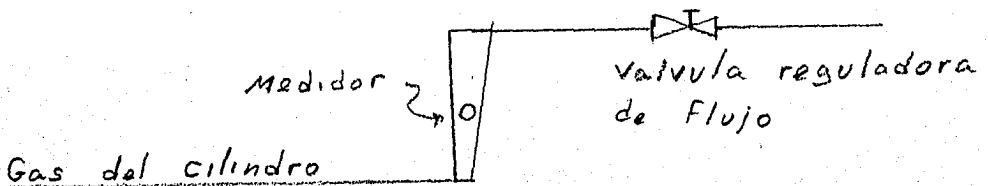
5.- Reducción de capacidad del equipo.-
En algunas instalaciones donde se encuentran condensadores a ser tratados es frecuentemente posible proveer equipos cloradores de capacidad reducida y tratar los condensadores en secuencia en vez de simultaneamente. Esto reducirá el capital invertido para el equipo de tratamiento.

CAPITULO III

Dosificación de cloro.

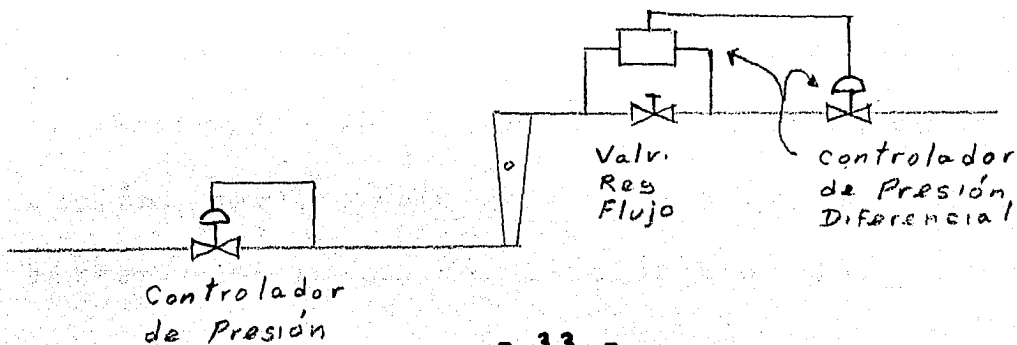
a).- Principio de operación del clorador.

El propósito de un clorador es alimentar una cantidad fija y controlada de cloro a un punto de aplicación. Considerando el cloro como un gas disponible a cualquier presión, la unidad de alimentación podría consistir en una válvula de control de flujo y un medidor, para formar la unidad dosificadora más simple. Este sistema trabajaría de una manera satisfactoria si las presiones corriente arriba y corriente abajo permanecieran constantes.



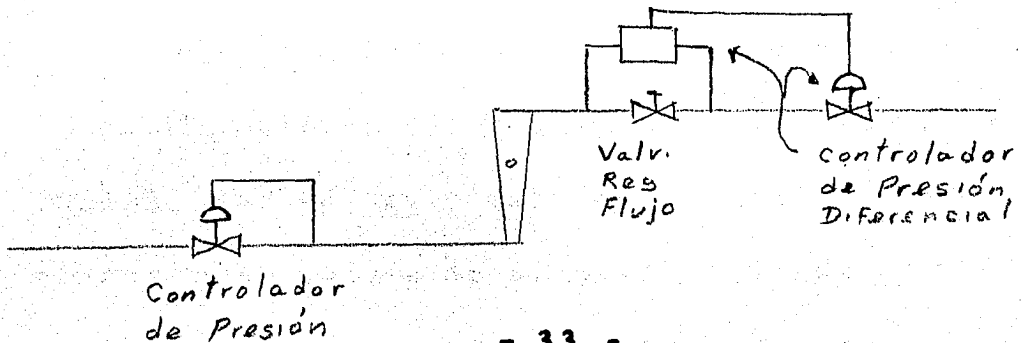
Dado que la presión en el punto de aplicación variará dependiendo de la instalación específica y puede variar con el tiempo, en una instalación dada; para ésto es necesario agregar ciertos accesorios, éstos son: un medidor controlador de presión y un controlador de presión diferencial.

El medidor controlador de presión convierte la presión de alimentación, variante a una presión constante para una medición exacta, y el controlador de presión diferencial mantiene una presión constante a través de la válvula de control de flujo, manteniéndose así el valor de flujo constante para cualquier valor establecido por la válvula.



Dado que la presión en el punto de aplicación variará dependiendo de la instalación específica y puede variar con el tiempo, en una instalación dada; para ésto es necesario agregar ciertos accesorios, éstos son: un medidor controlador de presión y un controlador de presión diferencial.

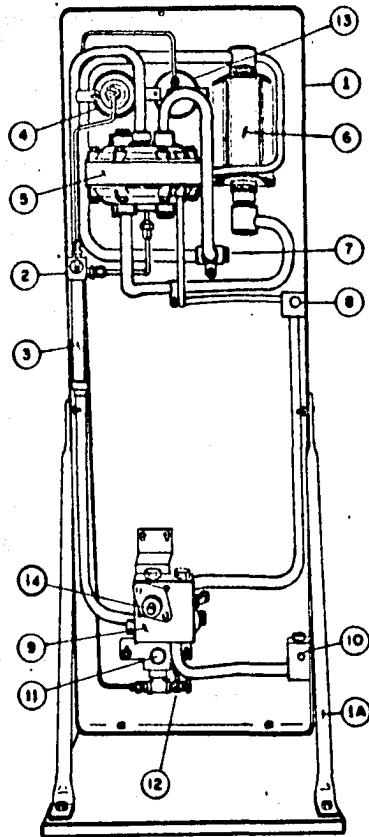
El medidor controlador de presión convierte la presión de alimentación, variante a una presión constante para una medición exacta, y el controlador de presión diferencial mantiene una presión constante a través de la válvula de control de flujo, manteniéndose así el valor de flujo constante para cualquier valor establecido por la válvula.



El gas cloro es altamente tóxico y deben tomarse precauciones para proteger al personal de operación. Una de estas precauciones es la de reducir la presión del gas abajo de la presión atmosférica, para evitar cualquier fuga del gas a la atmósfera, ya que en caso de rotura de la tubería el aire entraría al sistema debido a la diferencia de presiones, impidiendo con ésto la fuga de gas cloro.

Lo anterior deberá tomarse como una medida que en todas las aplicaciones en donde utilicen gas cloro éste deberá estar a una presión de vacío. Por lo tanto será necesario agregar al sistema una bomba de vacío.

Como es sabido el gas cloro no se disuelve fácilmente en el agua en el punto de aplicación, por lo tanto este es descargado del clorador en forma de solución clorado. La -



VISTA POSTERIOR DEL CLORADOR

- 1. Tablero
- 1A Solera de Soporte
- 2 Entrada para cloro
- 3 Trampa para cloro líquido
- 4 Manómetro para gas cloro
- 5 Regulador
- 6 Rotámetro (colocado al frente)
- 7 Válvula reguladora de cloro
- 8 Conexión para ventilación
- 9 Ejector
- 10 Conexión para agua de purga
- 11 Conexión para entrada de agua
- 12 Válvula reguladora de agua de purga
- 13 Manómetro para agua.
- 14 Salida solución clorada

solución se forma en el clorador. El gas cloro mezclado con el agua es un material altamente corrosivo y por lo tanto no es nada recomendable usar una bomba mecánica de vacío. Por esta razón se usa un eyector en lugar de dicha bomba, esto reúne dos propósitos: el primero crear el vacío requerido y el segundo la mezcla íntima del gas cloro para formar una solución agua-cloro lista para ser descargada al punto de aplicación. Debe tomarse en cuenta que esta solución es muy corrosiva y tóxica, por lo que debe ser manejado cuidadosamente.

La operación del clorador puede entenderse mejor si se explica en el siguiente orden:

1.- Operación del eyector, su funcionamiento consiste en producir un vacío parcial, necesario para mezclar gas cloro y agua ob-

teniéndose así la solución clorada.

2.- Operación del regulador del clorador, que tiene 3 funciones: como regulador de vacío, como regulador de presión diferencial - existente entre la entrada y salida de la válvula reguladora y como eliminador del vacío del sistema.

3.- Dispositivos de seguridad para la operación, que se encuentran en el regulador y en el eyector del clorador,

Estando el clorador conectado y listo para operarse, la válvula de abastecimiento de agua está abierta; la válvula reguladora de cloro estará casi cerrada y la válvula de salida del tanque de cloro estará dispuesta para abrirse y dejar pasar gas cloro al clorador.

Una corriente constante de agua a presión fluye a través del eyector creando como ya se indicó un vacío. Este vacío que se transmite -- hasta la parte superior del regulador es estrangulador en la sección de presión diferencial del regulador hasta regularlo a 35 pulgadas columna de agua (ver figura 2 y 3).

El vacío regulado se transmite hasta uno de los extremos de la válvula de cloro. En el otro extremo de la válvula se aplica un vacío de 20 pulgadas columna de agua controlada por la sección de regulación de vacío en el regulador.

El vacío de 20 pulgadas columna de agua en la cámara del regulador de vacío jala el diafragma hacía abajo, con esto el vástago de la válvula se separa de su asiento. Note-se que la parte superior del diafragma del -

DIAGRAMA DE FLUJO

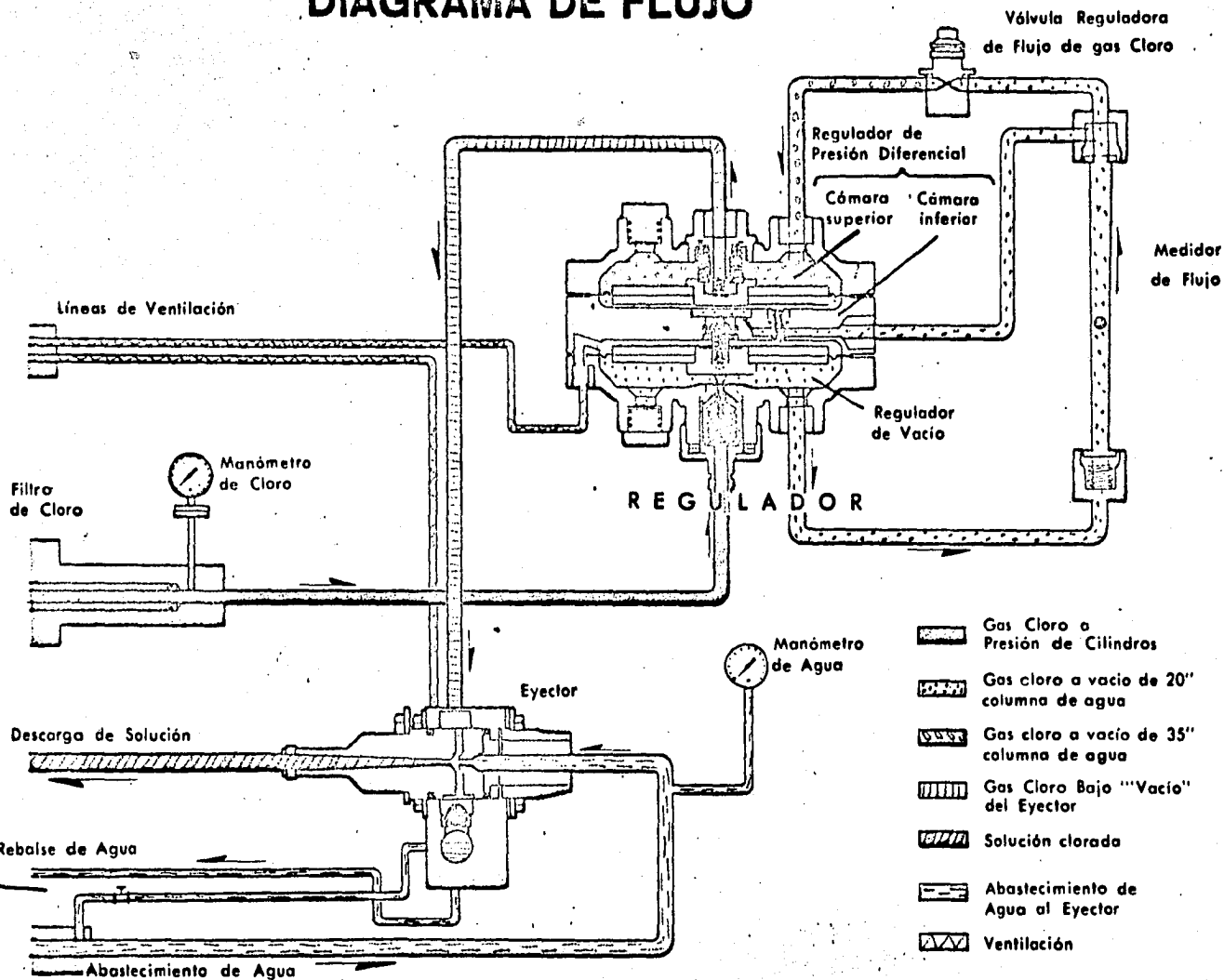


FIG. 2

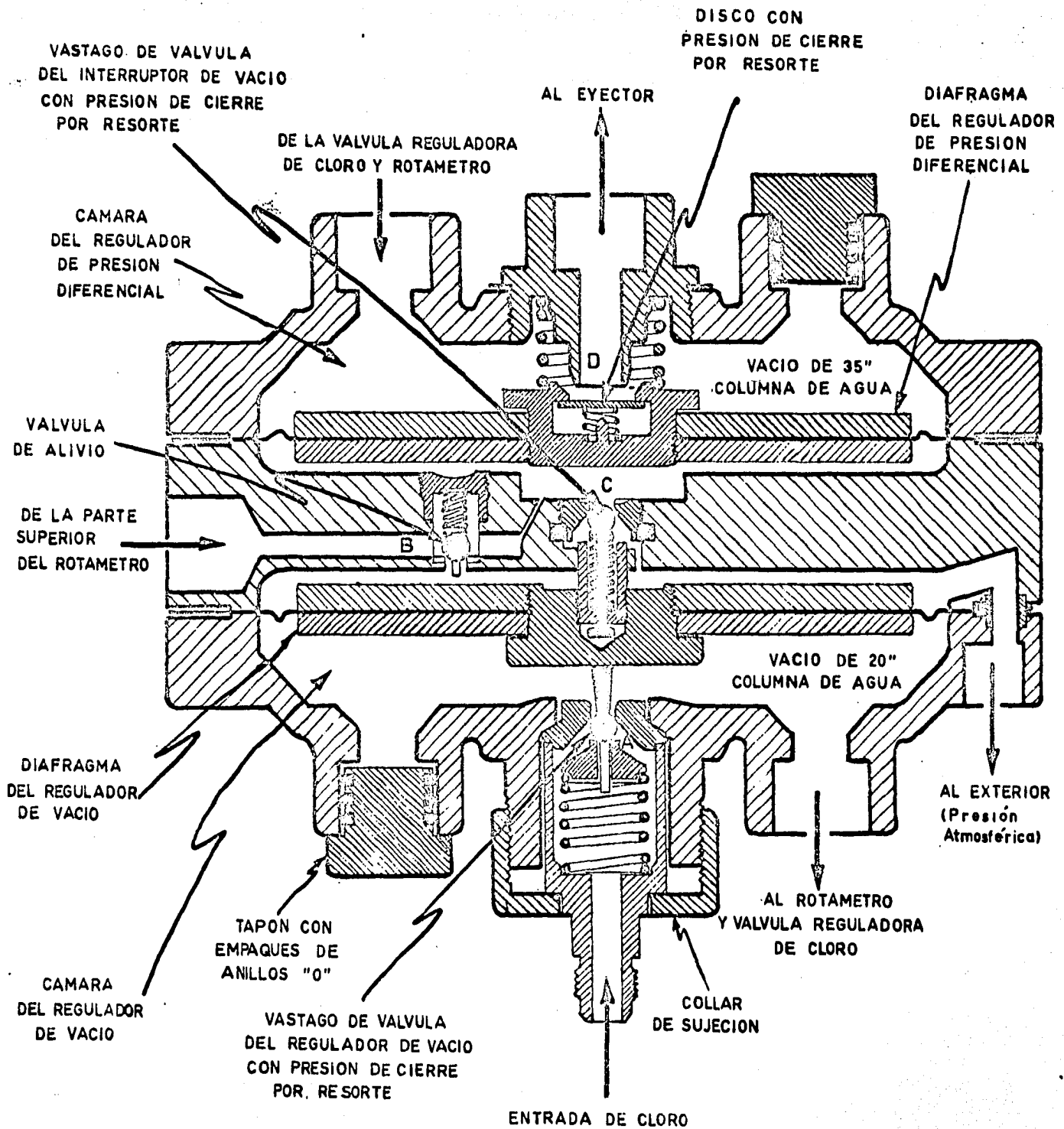


FIG. 3. El Regulador del Clorador

regulador de vacío está sujeta a la presión atmosférica; por consiguiente si se abre la válvula del tanque de cloro el gas llegará al regulador a través del paso "A" pasará por la cámara reguladora de vacío y de ahí llegará hasta el rotámetro. La parte superior del rotámetro está conectada a la cámara inferior del diafragma del regulador de presión diferencial y la cámara superior de este diafragma está conectada al eyector, en esta forma se establece una presión diferencial de 15 pulgadas columna de agua a través del regulador de presión diferencial (35 pulg. menos 20 pulg.). Esta misma presión diferencial queda establecida entre los extremos de la válvula reguladora de cloro ya que la válvula está conectada en paralelo con el regulador de presión diferencial.

Cuando la válvula reguladora (que realmente es una válvula de control pero que no

puede utilizarse para interrumpir totalmente el flujo de cloro, pues nunca debe cerrarse - completamente) se abre para obtener el flujo de cloro deseado a través del rotámetro, - la acción de estrangulamiento que produce el regulador de presión diferencial sobre el vacío del eyectro mantiene nuevamente una presión diferencial de 15 pulgadas columna de agua a través de la válvula reguladora de cloro. Como esta presión diferencial es constante independientemente de la posición de la válvula el flujo de cloro queda regulado exclusivamente por la posición de la válvula reguladora con lo que para cada posición de la válvula, se obtiene un flujo de cloro constante medido por el rotámetro. Si el flujo de cloro se incrementase sin mover la válvula significaría que existe a través de ella una presión diferencial mayor y por consiguiente también a través del regulador de presión diferencial. Esta condición obliga a subir al diafragma del regulador restringiendo el paso "D" y por consiguiente es -

trangulando más el vacío del eyector. Notese que el disco del diafragma que cierra el paso "D" se mantiene en posición por medio de un resorte, con esto se logra mayor presión al cerrarse el paso "D" y mejor asentamiento.

Si el flujo de cloro disminuye, la operación se invierte y el flujo queda nuevamente regulador. La acción del regulador de presión diferencial es instantánea, por consiguiente se logra regular el flujo de cloro rápido y -- continuamente.

El rotámetro o medidor de flujo de área variable consiste en un tubo medidor, de forma cónica y un flotador que está libre para moverse hacia arriba ó hacia abajo dentro del tubo. El tubo está montado verticalmente y el flujo al entrar por la base del tubo sube el --

flotador aumentando el area entre el flotador y el tubo hasta que las fuerzas hidrúlicas hacia arriba esten balanceadas por las fuerzas hacia abajo del flotador. La determinación del flujo está indicada por la posición del flotador en una escala graduada en el tubo.

OPERACION DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

El interruptor de vacio en el regulador del clorador tiene algunos dispositivos de seguridad que no trabajan durante la operación normal; por ejemplo si el flujo de cloro se interrumpe ya sea porque se cerró la válvula de salida del tanque de cloro ó porque el tanque está vacio, el agua seguirá pasando por el evector y el vacio seguirá transmitiendose a la válvula reguladora, al rotámetro y al regulador de vacio; este vacio se incrementa más

y más entonces el diafragma del regulador de vacío está urgido por una fuerza hacia abajo - cada vez mayor, por consiguiente llega un momento en que el diafragma llega al tope del -- vástago de la válvula, lo arrastra hacia abajo y abre el paso "C" con el cual se admite - aire al sistema a través de la entrada de ventilación, el vacío se rompe o interrumpe y el sistema se equilibra.

La operación de la válvula de alivio del diafragma del regulador de vacío, proporciona otra característica de seguridad del sistema. Si el gas cloro con una presión manométrica de 2 a 3 pulgadas de columna de agua - entra al regulador, el diafragma del regulador de vacío se mueve hacia arriba empuja - el vástago de la válvula de alivio y abre al paso "B" con esto el cloro a presión que se - encuentra en la parte superior del rotámetro sale al exterior por el orificio de ventilación.

La operación del interruptor de vacío y de la válvula de alivio constituyen las características de seguridad del regulador del clorador. Aunque la función principal del eyector, es producir el vacío necesario para mezclar gas cloro y agua obteniéndose así la solución clorada, se han agregado en el conjunto eyector dispositivos de seguridad como son ventilación y sistema de purga. El conjunto del eyector está constituido por el eyector propiamente dicho que no es otra cosa que un tubo venturi seccionado, con tobera y garganta y el bloque eyector que soporta el venturi las conexiones, soportes, etc.; contiene en su interior dos válvulas de sello que impiden, se invierta el flujo de agua cuando se suspenden la operación del clorador. Contiene también una válvula de alivio del tipo sello que permite descargar al exterior gas cloro cuando este se encuentra a presión mayor que la atmosférica y una trampa de agua, que es en realidad una válvula de bola con una columna

de agua de altura constante para garantizar - así una presión de cierre constante también. Esta válvula impide que el gas cloro a presión mayor que la atmosférica llegue a ponerse en contacto con la solución clorada ya que antes es descargado al exterior. Todas las - válvulas son de bola de cristal especial perfectamente esfericas, los asientos de válvula son de teflón con lo que se obtiene un asentamiento completo.

En resumen el clorador opera de la siguiente forma:

1.- Para iniciar la operación del clorador, basta con abrir la válvula de abastecimiento del agua al eyector y la válvula de salida del tanque de gas cloro.

2.- Al pasar la corriente de agua a través.

del eyector se produce un vacío que se transmite hasta el regulador del clorado y éste mantiene el flujo de gas fijo en el clorador.

3. - La presión del agua al entrar el regulador se reduce a un vacío constante de 20" columna de agua.

4. - El flujo de gas cloro a esas condiciones es medido por un rotámetro conectado a la línea de gas.

5. - Por medio de la válvula reguladora se establece la dosificación de gas de cloro deseado; esta válvula y el rotámetro operan a una presión constante mantenida por el regulador de presión diferencial, el cual actúa por medio de una válvula de operación variable y se mantiene a un valor de 15" columna

de agua.

6.- Del regulador, el flujo controlador de gas cloro pasa al eyector, donde se mezcla con el agua para formar solución de cloro, la cual es conducida por el sistema de distribución hasta el punto de aplicación, donde se mezcla con el torrente de agua a tratar.

Cualquier clorador de solución efectúa las funciones descritas con anterioridad. Desde luego varían con el diseño del fabricante, pero cualquiera que éste sea deberá estar regido por los principios descritos en los párrafos anteriores.

CAPITULO I V

Arreglo general de un sistema de cloración para torre de enfriamiento.

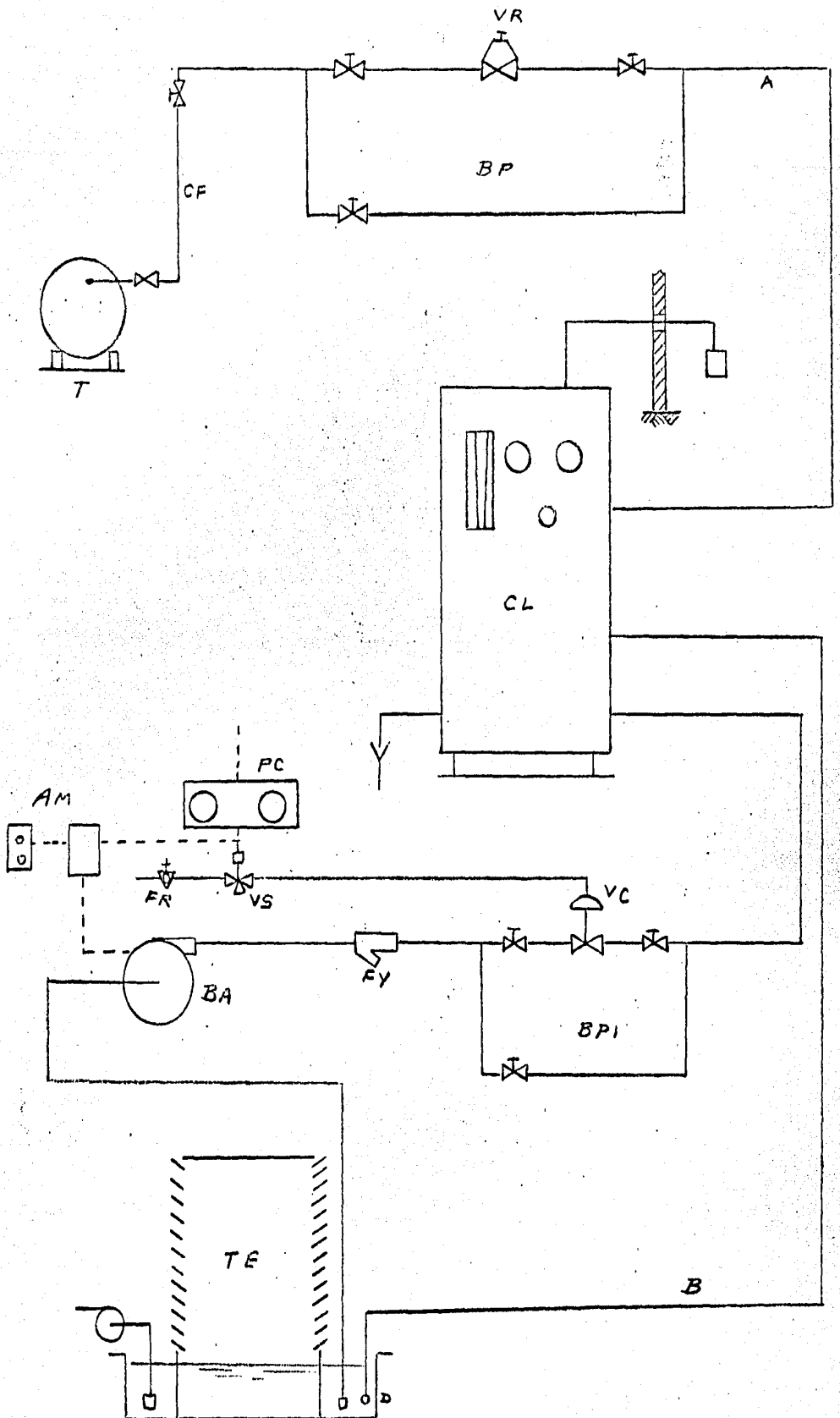
a).- El arreglo en el de la figura 4. El tratamiento es por el método de choques descrito anteriormente.

b).- Descripción del equipo.

T.- Cilindro de cloro, los cuales deben ser construídos sin costura, en capacidades de 1 a 65 Kgs. para los envases pequeños; y soldados los de 908 Kgs. para los envases mayores. La única entrada y salida de cloro en los cilindros de capacidad a 65 Kgs. es una válvula protegida por un capuchón que la cubre.

Las válvulas de los cilindros están pro-

SISTEMA DE CLORACION ARREGLO GENERAL



vistas de dos tipos diferentes de fusibles de seguridad, uno que ya viene dentro del cuerpo de la válvula y otro fusible metálico, el cual vá atornillado por un lado del cuerpo de la válvula. El fusible de seguridad está diseñado para fundirse a una temperatura de 70 a 74° C, ésto hace bajar la presión y previene la ruptura del cilindro en caso de fuego o prolongada exposición del mismo a elevadas temperaturas.

Debido a que la abertura para el fusible está colocada debajo del asiento de la válvula, el contenido del cilindro puede escapar si el fusible ha sido aflojado o mal puesto.

Los cilindros llamados de tonelada están construídos de acero, de aproximadamente 80" de largo por 30" de diámetro. El interior soldado y siendo sus terminales converxas hacía

adentro y dobladas en las orillas, con objeto de facilitar su manejo con gancho.

El cilindro de tonelada cuenta con dos válvulas especiales cerca del centro de una de las capas. Estas válvulas difieren de las de los cilindros pequeños que no tienen fusibles y que van conectadas a un tubo de salida en el interior del cilindro. Los fusibles de seguridad van colocados en las tapas del cilindro, habiéndose tres en cada una de ellas y están diseñadas para liberar el cloro fundiéndose a una temperatura de 70 a 74° C.

VR.- Válvula reductora auto-operada de gas cloro. El objeto de esta válvula es mantener un suministro de cloro al clorador a presión constante.

CF.- Conector, tubo cobre cadminizado.

BP.- Ensamble de BY- Pass para poder he -
char fuera la válvula VR para repararlo o -
prestarle servicio sin tener que para todo
el sistema de cloración.

A- Tubería de fierro forjado.

CL.- Clorador.

VC.- Válvula de diafragma de dos posicio-
nes abierto o cerrado controlada por una vál-
vula solenoide que permite o impide el paso
de aire a presión a el diafragma de esta --
válvula abriendola o cerrandola.

La función de esta válvula es cortar el -
suministro de agua al eyector del clorador.

BPl.- Ensamble de By- Pass para poder
hechar fuera la válvula VC para repararla o
prestarle servicio sin tener que para todo el

sistema de cloración.

FY.- Filtro Y para agua, el cual tiene - por objeto impedir el paso de partículas extrañas para garantizar un buen funcionamiento del eyector.

VS.- Valvula solenoide de tres vias la - cual acciona por medio de aire a presión la - válvula VC. Energizada, la presión del aire va al diafragma de la válvula VC. Desenergizada, la presión que actúa sobre el diafragma va a la atmósfera.

PC.- Programador de choques, cuenta - con dos times, ajustables e independientes. El primero determina el intervalo entre el tiempo de cada operación (frecuencia) y el segundo determina la duración de operación.

entre cada intervalo.

Este programador de choques controla la válvula solenoide VS y el arrancador de la bomba de suministro de agua al eyector.

B.- Tubería para solución clorada. Como se menciono anteriormente la solución de cloro descargado de un clorador es una solución altamente corrosiva y debe ser manejada en líneas de tubería especiales.

Las tres mas comunmente empleadas son:

1.- Manguera. Generalmente usada en cloradores hasta 453.6 KPD. Las principales ventajas son su facilidad de instalación y bajo precio. Las principales desventajas son la dificultad de soportarla a través de espacios abiertos y su corta vida.

2.- Tubo de uscolite, usado en todos los tamaños de cloradores. Es mas caro que la manguera y mas dificil de instalar, pero -- tiene mayor resistencia y mucho mas larga vida. Puede ser enterrado bajo tierra y no es atacado por condiciones salinas. Siendo resistente a la corrosión no es necesario forrarlo para prevenir la corrosión causada por la solución.

3.- Tubería de metal forrado de hule. Generalmente tubo de acero con rosca sobre -- bridas de hierro colado. Esta tubería es muy cara y no puede ser cortada en el campo ya -- que las bridas están forradas también, debe ser prefabricada en longitudes exactas para ajustar la instalación. Esta tubería de hierro colado cubierta de hule puede colocarse también bajo tierra.

FR.- Filtro Regulador con manómetro para aire. Su función es regular la presión del

aire para el control de la valvula VC.

BA.- Bomba de ayuda de tipo centrífuga, - para proveer el agua a la presión necesaria para operar el eyector.

AM.- Arrancador magnético con estación de botones para arrancar el motor de la bomba de ayuda; esta controlado por el programador de choques.

D.- Difusor para descargar la solución clorada en la torre de enfriamiento.

TE.- Torre de enfriamiento.

c).- Diseño de torres de enfriamiento.

El funcionamiento de las torres de enfriamiento se basa en la evaporación de parte del agua para enfriar el resto. Los sistemas de enfriamiento por evaporación utilizados son

los siguientes:

- 1.- Estanques de enfriamiento.
- 2.- Estanques con aspersores.
- 3.- Torre de ventilación natural.
- 4.- Torres de tiro natural.
- 5.- Torres de tiro mecánico.

1.- Estanques de enfriamiento.- Este tipo de enfriamiento de agua por evaporación es el mas simple y la algunos casos el mas barato - debido a que su construcción es bastante fácil y económica, pudiendose llegar hasta el caso de obtenerla levantando un dique de tierra de 1 a 1.5 metros. de altura.

Las desventajas de éste tipo son su baja eficiencia y el requerimiento de una grán superficie que comparativamente puede ser de 20 veces mayor que la de un estanque con as-

de del estanque para prevenir excesivas pérdidas por arrastre del viento.

En algunos casos se puede agregar una barda con persianas para reducir la pérdida de agua por arrastre del viento.

Aun cuando el estanque con aspersores es mas compacto que el estanque simple, su superficie requiere, a igual carga térmica, aproximadamente 50 veces la ocupada por una torre de enfriamiento.

3.- Torre de ventilación natural.- Este tipo de torres se conoce también con el nombre de torres atmosféricas y se utilizan principalmente en lugares en que la circulación del viento es bastante regular y de sentido definido.

pesores y de 500 a 1000 veces la de una torre de tiro mecánico.

2. - Estanque con aspesores. - Este tipo consiste en un estanque como los descritos en el punto anterior, al que se le ha colocado un sistema de toberas o aspesores a una altura de 1 a 1.5 metros sobre la superficie del agua. Este sistema de toberas o aspesores tiene por objeto aumentar la superficie y tiempo de contacto entre el aire y el agua.

La dimensión mayor del estanque deberá estar orientada hacia la dirección prevaleciente del viento. Los aspersores deben colocarse en racimos o grupos arreglados de tal manera que se tenga interferencia mínima y el uso máximo en el área correspondiente; siendo recomendable dejar un espacio de 1.5 a 3 metros entre el último aspersor y el bor-

de del estanque para prevenir excesivas pérdidas por arrastre del viento.

En algunos casos se puede agregar una barda con persianas para reducir la pérdida de agua por arrastre del viento.

Aun cuando el estanque con aspersores es mas compacto que el estanque simple, su superficie requiere, a igual carga térmica, aproximadamente 50 veces la ocupada por una torre de enfriamiento.

3.- Torre de ventilación natural.- Este tipo de torres se conoce también con el nombre de torres atmosféricas y se utilizan principalmente en lugares en que la circulación del viento es bastante regular y de sentido definido.

Su principio de funcionamiento es bastante simple, puesto que se basa en el cruce de dos flujos: el del viento, que generalmente es horizontal y el vertical del agua; éste último se logra dejando escapar el agua a través de toberas colocadas en la parte superior de la torre. Se conocen dos arreglos de este tipo, sin relleno dispersar y con relleno dispersar.

La diferencia entre una y otras estriba en la instalación en el interior de la torre de una serie de elementos, generalmente de madera, que dispersan el agua y aumentan el tiempo de contacto entre aire y agua.

Las torres sin relleno dispersor son adecuadas para pequeñas cargas de refrigeración y pueden operar sin complicaciones por muchos años y casi sin ningún cuidado, sin embargo son relativamente ineficientes y requiere

ren mayor potencia en el bombeo que las de relleno disperser, por la pérdida de carga en las boberas y debido a que generalmente son mas altas.

Las torres con relleno y sin relleno requieren 4 y 5 veces respectivamente la superficie de una torre de tiro mecánico, a igual carga térmica.

4.- Torres de tiro natural. - Son torres en las que el flujo del aire es inducido por una chimenea de grandes dimensiones colocada arriba del relleno de la torre; el flujo de aire se debe principalmente a la diferencia de densidades que existen entre el aire saturado y el aire seco.

Se pueden lograr enfriamientos similares a los obtenidos con torres de tiro mecánico, sin tener partes en movimiento y eliminando-

el gasto de energía causado por los ventiladores.

Es difícil lograr un control exacto de la temperatura del agua fría, debido a que queda en función de la variabilidad del viento.

5.- Torres de enfriamiento de tiro mecánico.- Son torres que utilizan ventiladores para mover el aire a través de ella; esto proporciona un control absoluto sobre el flujo de aire, pudiendo escogerse la cantidad y velocidad del aire sin restricciones.

El control de la temperatura de agua fría que se logra es bastante mayor que en el caso de torres de tiro natural y estanques. La altura de bombeo que se tiene es de 16 a 18 metros.

El gasto de agua que económicamente puede circular en la torre, queda limitado a la potencia de bombeo requerida. Los límites de diseño son de 80 a 245 *lt.* de agua por metro cuadrado de area efectiva.

La superficie que ocupan las torres de enfriamiento de tiro mecánico es relativamente pequeña y su ubicación no tiene las restricciones de los dispositivos anteriores.

Su costo inicial es inferior, comparandose con el de torres de tiro natural, no así los costos por mantenimiento y operación.

Las torres de tiro mecánico se clasifican en torres de tiro forzado y torres de tiro inducido.

Torres de tiro forzado. - Los ventiladores se encuentran colocados a la entrada del

aire y lo impulsa a través de la torre. Esta -
disposición permite tener ruido y vibraciones
mínimas, puesto que cerca de la base se pue-
de disponer de una buena cimentación para el
equipo mecánico.

Al manejarse aire seco no se tienen pro -
blemas de humedad en la caja del reductor de
velocidad y se evita la erosión en las aspas -
de los ventiladores; aunque se tiene la tenden-
cia de recirculación del aire caliente y húme-
do que sale por la parte superior de la torre.
En caso de vientos desfavorables se puede --
llegar a tener una disminución de un 20% de su
capacidad; debido a esto se considera menos -
eficiente que las torres de tiro inducido.

Torres de tiro inducido. - Estas torres -
tienen los ventiladores colocados a la salida
del cierre y pueden ser del tipo contraflujo -
o de flujo cruzado.

Tiro inducido y contraflujo. - Son aquellas torres en las que el flujo del aire es vertical obteniéndose una buena eficiencia en el proceso de enfriamiento, debido a que el agua mas fría está en contacto con el aire seco, mientras que el agua mas caliente lo está con el aire húmedo.

Al viajar el aire en sentido contrario al de las gotas de agua se produce una pérdida de presión mayor a los ventiladores consumen mayor potencia que los instalados en torres del tipo de flujo cruzado. La distribución del aire es dispareja teniéndose poco movimiento cerca de las paredes de la torre.

Otra desventaja de este tipo es el tamaño de la torre; demasiado alta porque la parte inferior del relleno debe elevarse para permitir la entrada libre del aire; altura que -

conduce a una mayor potencia en el bombeo.

Tiro inducido y flujo cruzado.- En estas torres la dirección del flujo de aire es horizontal, mientras que el agua cae verticalmente. Este sistema presenta una reducida carga de bombeo y baja pérdida de presión en el aire; su eficiencia comparada con las torres de tiro inducido y contraflujo es menor.

La elección de la torre de enfriamiento - depende principalmente de un estudio económico para cada caso particular, considerando en cada uno los costos de instalación, operación y mantenimiento.

CAPITULO V

Selección del equipo de cloración para una torre de enfriamiento.

a).- **Determinación del rango de dosificación necesario.**

El primer paso en la selección del equipo de cloración es la determinación de las cantidades máximas y mínimas de dosificación. Estas cantidades de cloro que debe entregar un clorador dependen del residuo deseado.

Es muy difícil calcular la dosificación necesaria para la obtención de un residual determinado, de manera que normalmente el procedimiento es de tentativas directas, esto es, partiendo de un residual establecido se ajusta la dosificación hasta que el residual se --

mantenga.

A veces los residuales son impuestos por las autoridades sanitarias, pero en la mayoría de los casos existen nada mas recomendaciones, que sirven como referencia para el operador. De ninguna manera se pueden aceptar estas recomendaciones como rígidas, pues son el resultado de experimentos que no se aplican a casos particulares.

Esto significa que los valores recomendados pueden ser excesivos o insuficientes lo que daría al operador una impresión falsa de eficiencia del tratamiento.

Así, se reconoce que el rango de dosificación depende, no solamente de las características del agua a tratar, sino también del problema específico. Por lo tanto, las cantidades de --

cloro a usar en agua potable, en albercas, -
en torres de enfriamiento en aguas negras,
etc., serán distintas para el mismo caudal.

En la tabla 1 se representan algunos va-
lores, que sirven de guía para obtener la do-
sificación aproximada en partes por millar.

También necesitamos conocer el gasto -
del agua que se va a clorar para poder selec-
cionar la capacidad del clorador.

Este gasto lo podemos conocer ya sea --
midiendolo o calculandolo y aplicandolo en la
siguiente formula encontramos la capacidad
del clorador en libras de cloro por día.

$$\text{KPD} = \frac{\text{LPM} \times 1440}{10^6} \times (\text{dosificación en PPM}).$$

b).- Selección del método de dosificación

Razón para Clorar	Dosificación Típica en PPM	Tiempo de Contacto en minutos	Residual en en PPM.
Desinfección con:			
residual libre	1 - 10	Según agen-	Según agencia
residual combinado	1- 5	cia local	local

Control de:

Sabor y olor	8.4 x conteni- do de NH_3	20	1
Algas	Hasta 10	Variable	0.5 - 1
Lodo	Hasta 10	Manteniendo el residual.	0.5- 1
Bacterias de Fierro y Azufre	Hasta 10	Manteniendo el residual.	1

Remoción de:

Fierro	0.6 x Conteni- do de Fe.	Instantaneo	0.1-0.5
Manganeso	1.3 x Conteni- do de Mn	Variable	0.5-1
Color	Hasta 10	15	0.1

TABLA 1

Habiendo determinado el rango de dosificación necesario, el siguiente paso en la selección de un clorador es decidir el método de la alimentación. Se cuenta con dos tipos de cloradores: el primero de ellos es de alimentación en solución. Alimentación directa significa la adición que se hace del cloro como un gas directamente al flujo a ser tratado. Alimentación en solución significa disolver el gas en el menor flujo de agua necesario y después inyectar la solución de agua y cloro al afluente principal.

Los párrafos siguientes nos ayudarán a formar una deducción bastante acertada del clorador que emplearíamos.

La capacidad máxima de un clorador de alimentación de solución de cloro cuando la aplicación se lleva a cabo en una tubería es de 4000 Kgs. por día de cloro contra 34 Kg -

por día de cloro que alimentaría un clorador de alimentación directa.

La capacidad máxima de un clorador cuando la aplicación se hace a un tanque abierto o en canal es de 4000 Kg por día para un clorador de solución y de 140 Kg por día para un clorador directo.

La presión máxima permisible es el punto de aplicación es prácticamente ilimitada en el caso de un clorador de solución y de 1.4 Kg/cm² en un clorador directo.

Los cloradores de solución pueden tener su punto de aplicación a una distancia prácticamente sin límite, cosa contraria en el caso de cloradores directos.

Los cloradores de solución pueden realizar la medición del cloro que están proporcio-

nando por medio de presión o de vacío. Los cloradores directos solo lo realizan a presión.

En el flujo tratado es más fácil obtener la difusión del cloro por medio de un clorador de solución que por un clorador directo.

Es necesario tener una fuente de abastecimiento de agua con presión para la operación del clorador de solución.

Se tiene una mayor flexibilidad en los puntos de aplicación del cloro en el caso de los cloradores de solución aunando lo anterior a que es posible ponerles todos los tipos de control. Esto hace de estos equipos un aparato de gran versatilidad.

Los cloradores de alimentación directa -

encuentran aplicación principalmente como -
equipo de emergencia en pequeñas instalacio-
nes donde no es posible obtener una fuente de
agua para operar los aparatos alimentadores
de solución.

Los cloradores alimentadores de solución
son mas usados y son preferibles en muchos-
casos porque su capacidad dosificadora es --
muy grande flexibilidad de control e instala-
ción y adaptabilidad a un amplio campo de -
necesidades.

c).- Selección de método de control. Ya
han sido determinados el rango de dosifica-
ción y el método de alimentación la siguien-
te decisión corresponde al método de control.

Hay basicamente dos metodos: control in-
termitente y control continuo.

Control intermitente de cloración. - Hay dos tipos de control intermitente: proporción simple y relación múltiple.

1.- Proporción simple.

También conocido como semiautomático o paro-arranque. Hay ocasiones cuando se requiere que el clorador arranque cuando algún otro aparato arranque o en cualquier momento específico, ó momento del día y luego pararlo.

Un caso común es una bomba de pozo profundo y tubería con un switch de flotador, el cual arranca la bomba con un bajo nivel del agua y la para con un nivel alto. Ya que la capacidad de la bomba de pozo profundo permanece constante mientras está operando, el valor del flujo de cloro deberá ser constante.

La dosificación apropiada de cloro se -- mantiene arrancando el clorador cuando la bomba arranque y parandolo cuando la bomba pare.

Si se requiere arrancar y parar el clorador en ciertos momentos del día, puede usarse un timer programador para abrir y cerrar la válvula solenoide que opera la válvula de alimentación de agua al clorador. Este método se usa para tratamiento por choques, método fijador en el tratamiento del agua de una torre de enfriamiento.

2.- Relación Múltiple.

Hay ocasiones donde el agua de más de una bomba debe ser clorada, y si las bombas son de diversas capacidades es necesario entonces usar diferentes cantidades de cloro -

para cada bomba.

Una instalación típica puede consistir de 4 bombas bombeando agua a una tubería. La tubería está equipada con un switch de flotador para cuatro niveles, suponiendo la tubería llena y las bombas no trabajando, el consumo de agua abatirá el nivel y el contacto "A" puede o no tener la capacidad de la demanda; si es lo segundo, el nivel baja cerrando el contacto "B" arrancando la bomba "B" y así sucesivamente, con el nivel en la tubería se determina cuantas bombas están trabajando.

Muchas instalaciones de este tipo tendrán una bomba alternándose de forma tal que cada bomba proporcione un servicio igual o aproximado, evitando con ésto el deterioro desigual de las bombas del sistema.

El sistema de relación múltiple tiene la

adición con respecto a los sistemas anteriores de cuatro válvulas operadas on-off eléctricamente y conectadas en paralelo. Estas válvulas eléctricas no controlan el flujo de cloro, pero abren para transmitir el flujo de cloro y cierran para parar el flujo. El valor del flujo a través de la válvula eléctrica abre cuando su bomba correspondiente está trabajando.

Control continuo de cloración.- Hay dos tipos: manual y automático.

1.-Control Manual.-

Este método de control se usa cuando existe un flujo continuo y uniforme su rango de dosificación se coloca manualmente, igual que el arranque y paro.

2. - Control automático.

Cuando se tiene un flujo variable con demanda de cloro variable y en donde el control de relación múltiple de cloración no es aceptable, se usa el control automático - el cual varia la dosificación de cloro conforme va variando el flujo de agua a tratar.

Pongamos un ejemplo de selección de un clorador para una torre de enfriamiento.

Supongamos una torre de tiro mecánico con un gasto de 3000 LPM de agua de río.

El primer paso es encontrar la capacidad del clorador. Por medio de la tabla 1 encontramos la dosificación apropiada en partes - por millar, en nuestro caso para el trata -

miento de algas vemos que la dosificación es hasta 10 PPM. dependiendo de las características del agua, dejandose a criterio de uno la selección de un valor u otro. En nuestro caso escogeremos 8 PPM suponiendo que el agua no esta muy contaminada.

Aplicando la siguiente formula encontramos la capacidad del clorador en tratamiento continuo.

$$KPD = \frac{LPM \times 1440 \times PPM \times 8.34}{10^6}$$

$$KPD = \frac{3000 \times 1440 \times 8.34}{10^6}$$

$$KPD = 34.6 \text{ Kg/día.}$$

El método de dosificación es en solución debido a las ventajas que tiene sobre el método de alimentación directa.

El método de control es intermitente de-

proporción simple, o tratamiento por choques, usando un programador de choques como hemos visto anteriormente con este método de control necesitamos tener una dosificación mas alta que en el tratamiento continuo, por lo tanto aumentamos un 30% la capacidad del clorador.

Capacidad = 45 libras de cloro por día.