

161
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLORACION
PARA EL EFLUENTE DE UN REACTOR
ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
FILEMON VARGAS MENDEZ



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

CAPITULO	DESCRIPCION	PAGINA
1	Introducción	3
2	Objetivos	5
3	Antecedentes Generalidades Desinfección Objetivos de la Desinfección Medios de Desinfección Reacciones durante la cloración Eficiencia de la cloración Técnica para la determinación de la demanda de cloro	6
4	Caracterización Experimental Tablas de información Experimental Esquemas de la planta Demanda de Cloro	23
5	Implementación del sistema de Cloración Generalidades Almacenamiento de cloro Clordor Bomba Difusor Tanque de contacto de cloro	35

6	Cálculos del sistema de cloración	60
7	Resultados del sistema de cloración	65
8	Resumen de costos	67
9	Conclusiones	69
10	Bibliografía	72

INTRODUCCION:

El agua es un recurso natural primordial, que es caro de obtener por las distancias que se tienen que recorrer para llevarla al lugar donde se requiere, por esto es necesario el uso racional y adecuado de este recurso.

La situación en materia de infraestructura para la prevención y control de la contaminación del agua en México es preocupante, tanto por el limitado número de plantas de tratamiento existentes, como por las eficiencias que alcanzan.

De acuerdo con los datos de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1989), en las 500 poblaciones mayores de 10,000 habitantes, existen 366 plantas de tratamiento con capacidad instalada de 14 m³/s , que representa el 12% del caudal evacuado.

Lo mas grave es que el 65% de las plantas no opera, el 7% opera a eficiencias menores de al 40%, el 23% logra entre un 40% y 80% y sólo el 5% alcanza eficiencias mayores al 80%. A esta situación hay que añadir que prácticamente no existe tratamiento de lodos de desecho (la planta de estabilización de lodos requiere aproximadamente montos de inversión a la a la mitad de los de la planta de tratamiento de agua) y que en materia de depuración de las aguas de desecho industriales el panorama es aún más grave (sólo 60 plantas de acuerdo con SEDUE en 1985).

Ante tal situación, y frente a la demanda creciente de plantas de tratamiento, es necesario reconsiderar las opciones tecnológicas disponibles y no limitarse sistemáticamente a los procesos convencionales. En este contexto, se presenta la tecnología anaerobia como particularmente adecuada ya que se encontró que los costos de

construcción, operación y mantenimiento son mucho mas bajos que los procesos aeróbicos convencionales y su instalación se recomienda en los lugares donde no se requiera de una alta calidad del efluente, principalmente cuando el uso de las aguas tratadas es para riego agrícola.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son, por escencia, la herramienta fundamental utilizada dentro de las acciones para controlar la contaminación del agua. A través de ellos se mejora la calidad de las aguas residuales propiciando la posibilidad de su reuso y se protege la Ecología de los cuerpos receptores y la salud pública.

Cuando las aguas de deshecho son descargadas a una fuente receptora, éstas llevan una gran cantidad de impurezas y un número muy grande de microorganismos causantes de enfermedades diversas.

Por esta razón se hace necesario dar un tratamiento a las aguas antes de vertirlas a la fuente receptora, para de esta manera disminuir, en la mayor cantidad posible, la presencia de estos microorganismos en el agua de los ríos principalmente.

Un ejemplo real lo constituye la planta de tratamiento de aguas localizada en Atlamaxac, Estado de Tlaxcala, la cual presenta problemas en su eficiencia en la remoción de microorganismos patógenos, por lo que la implementación de un sistema de cloración que puede resolver parte de esta problemática complementarí el tren de tratamiento de esta planta.

No es la intención de esta tesis desarrollar un manual de diseño de cloración, lo que se pretende es tener un panorama de los parámetros a considerar para la implementación de este sistema de tratamiento y los problemas que conlleva la propia implementación.

OBJETIVOS:

Implementar un sistema de cloración para el efluente de un tipo particular de plantas de tratamiento de aguas residuales conocidas como Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA).

Utilizar este sistema de cloración para la desinfección de aguas que se descargan al río por la planta de tratamiento de aguas de Atlamaxac, Tlaxcala para cumplir con las normas técnicas ecológicas vigentes para descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de acuerdo al uso del agua tratada.

Conocer los fundamentos y la problemática que rigen la implementación de un sistema de cloración para aguas de reuso.

ANTECEDENTES:

Generalidades

Durante los últimos años se ha alcanzado un importante desarrollo de los procesos biológicos del tipo anaerobio para el tratamiento de aguas residuales, debido a que reducen los costos de operación y mantenimiento, se puede aprovechar el biogas generado (metano y CO₂) y una producción de lodos que por ser estables resultan ser excelentes mejoradores del suelo.

A principios de los años ochenta, se determinó que uno de los problemas del continente, la contaminación ambiental, podía ser atacado usando la tecnología de la digestión anaeróbica. El valor del combustible y del acondicionador de suelos generados pasó a segundo plano y la "producción" de agua limpia o la "degradación de desechos" contaminantes pasaron a ocupar la escena tecnológica.

En el caso de México, los pocos sistemas de tratamiento de aguas son del tipo aerobio y los procesos anaerobios prácticamente no existen. Sin embargo, los avances presentados anteriormente colocan a la digestión anaerobia en un lugar comparable y en muchos casos superior a los procesos aerobios.

La SEDUE, en México, diseñó y asesoró la construcción de dos reactores anaerobios de flujo ascendente, a los gobiernos de Tlaxcala y Michoacán en las poblaciones de Atlamaxac y Quiroga respectivamente, atendiendo una población en conjunto de 50,000 habitantes.

Se anexa el diagrama de flujo la planta de tratamiento de aguas residuales de Atlamaxac, Tlaxcala como opera actualmente. (Fig. 1)

El tren de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es el siguiente:

Desarenador

Cárcamo de Bombeo

Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

Laguna de Estabilización

Laguna de maduración

PLANTA TRATADORA DE AGUAS MUNICIPALES (ESQUEMA ACTUAL)

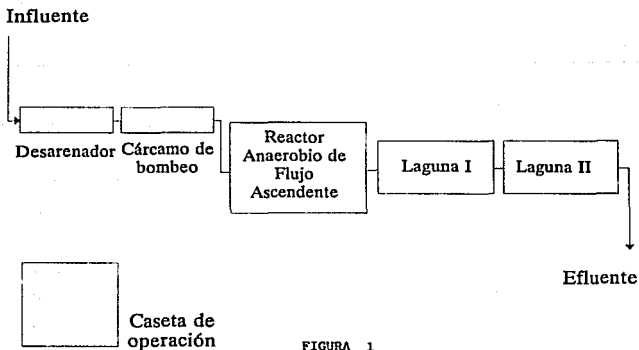


FIGURA 1

3.1 Desinfección

Se llama desinfección a la destrucción selectiva de Microorganismos patógenos a un nivel seguro , en contraste a la esterilización que es la completa destrucción de toda vida microbiiana.

La calidad bacteriológica se basa mas frecuentemente midiendo los numeros de "bacterias coliformes".

Aunque este grupo de microorganismos no se conoce que cause directamente enfermedades al ser humano, su presencia y supervivencia se considera que indica la presencia de una fuente potencial de enfermedades y consecuentemente el número de colonias coliformes presentes son reguladas estrictamente.

En la gran mayoría de Plantas de México, el control de calidad bacteriológica del agua se obtiene por medio de la cloración.

3.2 Objetivos de la desinfección

Evitar la transmisión directa de enfermedades a través del agua.

Romper el ciclo Enfermedad-Infección.

- Prevenir crecimiento de Algas
- Prevenir crecimiento de microorganismos que puedan interferir con la coagulación y floculación.
- Conservar el medio filtrante libre de crecimiento de limo y lodos.

- Eliminación de H₂S.
- Remoción de Hierro y Manganeseo.
- Eliminación de color por blanqueo de ciertos colores de origen orgánico.

3.3 Medios de desinfección:

A) Físicos:

Filtración

Sedimentación

Calor

Luz Ultravioleta

B) Radiación:

Rayos Gamma

C) Químicos:

Agentes oxidantes

Metales pesados

Jabones y detergentes sintéticos

Acidos

Alcalis

Generalmente se utilizan los medios Químicos de desinfección (los Agentes oxidantes específicamente) debido a su mayor eficiencia en función de riesgos y costos.

Generalidades sobre cloración

Nombre primario Cloro

Fórmula Cl₂

Propiedades físicas

Estado natural Gas

Para embarque Gas licuado

Color Ambar, Amarillo grisáceo

Olor Sofocante.

Densidad líquido 1.5

Punto de Fusión -102 °C

Punto de Ebullición -34.05 °C

Temperatura Crítica 144 °C

Solubilidad en Agua 3500 mg/l

Propiedades Químicas

Corrosividad .- Ataca a todos los metales en presencia de humedad.

Reacción con Agua .- Se disuelve en agua para dar agua clorada, Acido hipocloroso e iones de cloro libre.

Usos .- Manufactura de tetracloruro de carbono, tricloroetileno, hidrocarburos clorados, purificación de agua, manufactura de plásticos, etc.

Medidas de emergencia .- En caso de fuego debe mantenerse a toda costa los recipientes de cloro a baja temperatura por medio de agua o con un rocío de agua para abatir los vapores en caso de fuga, pero lo primero que debe hacerse es evacuar el área en caso de problemas que puedan salir de control.

Riesgos a la salud:

Inhalación .- puede causar irritación severa al sistema respiratorio y en altas concentraciones puede causar la muerte.

Contacto con la vista .-Puede causar desde lesiones ligeras hasta ceguera total.

El cloro es el desinfectante mas comunmente usado debido a su efectividad, disponibilidad (gas-liquido), economía, fácil aplicación debido a su relativa solubilidad, nivel residual que permanece en agua. elevada toxicidad a

microorganismos y además en dosis de desinfección no es tóxico a formas de vida mayores.

3.4 Reacciones durante la cloración

Si el agua a la que se adiciona cloro contiene materia disuelta o suspendida, este reaccionará con ella y su poder como agente desinfectante quedará minimizado o nulo.

Conforme se adiciona cloro al agua se llevan a cabo las siguientes reacciones.

- 1.- Reacciona con los compuestos reductores
- 2.- Reacciona con los compuestos orgánicos
- 3.- Reacciona con el Amoníaco para producir Cloraminas
- 4.- destrucción de cloraminas (punto de quiebre)
- 5.- Formación del cloro residual disponible

A) Reacciones con el agua

Cuando el cloro es añadido al agua ocurren las siguientes reacciones:

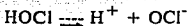
Hidrólisis

Cloro + Agua \rightleftharpoons Acido Hipocloroso + Acido Clorhídrico

$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{HCl}$

Ionización

Acido Hipocloroso \rightleftharpoons Ion Hidrógeno + Ion Hipoclorito



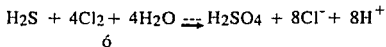
La reacción del agua con el cloro tiende a bajar el pH y los valores bajos de pH (6-7) favorecen la formación de HOCl.

El cloro molecular, el Acido Hipocloroso y el ion Hipoclorito en equilibrio con el agua, constituyen las especies que forman el cloro libre disponible.

B) Reacciones con sustancias reductoras

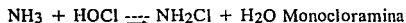
Las aguas residuales contienen una gran cantidad de sustancias reductoras que reaccionan con el cloro (Sulfuros, Nitritos, Ion Ferroso y Manganeseo), reduciéndolo a ion cloruro estable.

Uno de los materiales inorgánicos reductores mas conocidos es el ácido sulfhídrico, el cual reacciona con el cloro para formar ácido Sulfúrico o Azufre elemental, dependiendo de la concentración del ácido Sulfhídrico, pH y Temperatura.



C) Reacciones con el Amoníaco (NH₃):

Cuando el agua residual contiene Nitrógeno Amoniacal, el Amoníaco reaccionará con el ácido Hipocloroso, proveniente de la hidrólisis del cloro, para formar Monocloraminas, Dicloraminas y sólo, bajo ciertas circunstancias Tricloraminas, mediante las siguientes reacciones.



Generalmente a los niveles de pH que usualmente se encuentran en las aguas residuales (6.5-7.5), la Monocloramina y la Dicloramina existen juntas.

La Monodocloramina predominará a pH de 8 y la Dicloramina hasta un pH igual a 5. A pH menor de 5 la Tricloramina será el único compuesto existente.

Microorganismos

Existen una gran cantidad de microorganismos en el agua capaces de causar enfermedades, en este caso son organismos entéricos de origen humano, una clasificación general sería la siguiente.

- Bacterias .- Causantes de Tifoidea, Paratifoidea, Cólera, Disentería Bacilar.
- Virus .- Causantes de Poliomiilitis y Hepatitis Infecciosa.
- Protozoarios .- Causantes de Disentería Amibiana.

3.5 Eficiencia de la cloración

La eficiencia de la desinfección depende de:

- 1.- Tipo y concentración de los microorganismos.
- 2.- Tipo y concentración del desinfectante.
- 3.- Tiempo de contacto.
- 4.- Características Físicoquímicas del agua.

Etapas del cloro

Durante la aplicación del cloro, no todo realiza la acción desinfectante, el cloro puede pasar por varias etapas y disminuir su poder germicida, a continuación se mencionan las etapas principales.

Cloro Residual .- Es el cloro activo capaz de ejercer acción desinfectante después de cierto tiempo de su aplicación.

Cloro Disponible .- Es la medida del poder de oxidación de un compuesto de cloro expresado en términos de cloro elemental.

Cloro residual Combinado .- Es el cloro residual presente en las aguas menos el cloro residual libre.

Demanda de cloro .- Es el cloro usado para reaccionar con compuestos reductores y compuestos orgánicos.

Cálculo de la Demanda y Dosis de Cloro.

Para implementar un sistema de cloración es necesario conocer la dosis requerida de cloro para lograr la desinfección de agua y este dato se obtiene experimentalmente con una muestra del Agua a desinfectar.

Para ilustrar el consumo de cloro se utiliza la gráfica siguiente:



Entre el punto B y el punto de quiebre algunas de las cloraminas se convierten en tricloruro de nitrógeno NCl_3 .

Se puede observar que cuando se añade cloro al agua, las sustancias fácilmente oxidables como Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S y la materia orgánica, reaccionan con el cloro reduciéndose la mayor parte de esta sustancia a ion cloruro.

Luego de satisfacer esta demanda inmediata, el cloro continúa reaccionando con el amoníaco para formar cloraminas entre el punto (A) y (B). Las cloraminas se oxidarán a Oxido Nitroso y Nitrógeno, reduciéndose el cloro a ion cloruro. Con la adición continuada de cloro, casi todas las cloraminas se oxidarán en el punto de quiebre.

La adición de cloro mas allá del punto de quiebre dará como resultado un aumento directamente proporcional del cloro libre disponible.

La razón principal de añadir cloro suficiente para que aparezca cloro residual libre es para asegurar la desinfección ya que una cantidad de cloro residual ejerce una acción por un período prolongado, además destruye a los microorganismos patógenos en menor tiempo.

La cantidad de cloro que nos interesa conocer es la que queda al final en el agua. una vez que los compuestos en el agua han reaccionado con el cloro. esta cantidad es la que lleva a cabo la acción desinfectante de el agua tiempo después de su tratamiento

3.6 Técnica para la determinación de la demanda de cloro

Técnica de laboratorio

Equipo

Espectrofotómetro o fotómetro de filtros para usarse en longitud de onda 400-490)

Comparador (color y turbiedad)

- Recipientes .- 10 recipientes para las muestras de 100ml

- Reactivos - Acido Acético, Ioduro de Potasio, Tiosulfato de Sodio, Ortotolidina, Agua.

Solución patrón de cloro.

Preparación de la muestra:

Colocar 2 ml de CH_3COOH + 10 ml H_2O destilado en un frasco, agregar 1 g de KI, agregar un volumen conocido de la solución de cloro.

Estandarización

Titular con tiosulfato de sodio 0.025 N hasta que el color amarillo desaparezca, agregar 1 ó 2 ml de solución indicadora, continuar la titulación hasta desaparición del color azul

- Determinar el Blanco justo agregando cantidades idénticas de ácido, KI e indicador a una muestra de Agua.

$$(AB) * N * 35.45$$

A = ml de titulante para la muestra

B = ml de titulante para el Blanco

N = $(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$

Procedimiento

Colocar en 10 recipientes 10 muestras iguales de agua.

(200ml-500 ml).

Agregar solución de cloro de 0.1 mg/l y agitar completamente.

Tiempo de contacto debe ser de 15 a 30 min.

Revisión de las muestras.

Colocar la muestra en 3 celdas del comparador y comparar contra un patrón, anotar la lectura.

Comparación visual.

Etiquetar 3 celdas de comparación A, B y C.

Usar 0.5 ml de Ortotolidina en celdas de 10 ml, usar el mismo volumen de Arsenito de sodio como Ortotolidina.

Cloro libre disponible

A la celda "A" que contiene Ortotolidina agregar una cantidad medida de agua de la muestra, mezclar rápida e inmediatamente, agregar solución de arsenito de sodio mezclar rápidamente y comparar el color con el patrón tomar lectura y asignar a "A".

Estimación de interferencias

A la celda "B", que contiene Arsenito de sodio, agregar una cantidad de agua muestra medida, mezcle rápida e inmediatamente, agregar Ortotolidina, mezclar y comparar contra un patrón. Asignar valores "B1", "B2" comparar nuevamente 5 minutos después.

Cloro total disponible

A la celda "C" conteniendo Ortotolidina agregar una cantidad medida de muestra (agua) mezclar y comparar con el patrón en 5 minutos.

Asignar el valor el C como la cantidad de cloro residual total presente.

Medición fotométrica

Medir fotométricamente los colores desarrollados en la prueba

Convertir las lecturas a los valores propios de cloro refiriéndose a una curva de calibración.

Cálculos

Cloro total residual disponible= $C - B2$

Cloro libre residual disponible= $A - B1$

Cloro residual combinado = $\{(C-B2)-(A-B1)\}$

Técnica de campo

- Preparar solución con 1 g de cloro por litro de agua.
- Agregar una cantidad de agua conocida a diez frascos transparentes.
- Añadir la solución clorada a cada frasco de la siguiente manera.

8 gotas primer frasco, 16 el segundo, 24 el tercero y así sucesivamente.
- Agitar los frascos y dejar reposar durante media hora.
- Después de este tiempo se agregan 2 ó 3 cristales de KI a cada frasco, agitar nuevamente hasta diluirse.
- Agregar 4 gotas de ácido acético (vinagre) e igual cantidad de Almidón, agitar cuidadosamente.
- Las soluciones tomarán una coloración azul, de diferente intensidad según la cantidad de cloro agregada.

El frasco que contenga la coloración mas tenue indica la demanda de cloro.

Esto se calcula de la siguiente manera.

Ejemplo:

Supongamos que se agregaron 400 ml de Agua a cada frasco (0.4 lts) y que fué el segundo el que presentó la coloración mas tenue, como en este frasco se pusieron 16 gotas ó sea 1 ml de solución clorada y como la solución contenía un 1mg de cloro por cada ml de agua, entonces tenemos que:

$$C = 1 \cdot 1000 / (400) = 2.5 \text{ mg/l}$$

Demanda de cloro = 2.5 mg/l.

Basados en la demanda de cloro podemos conocer la dosis de cloro para el tipo de agua, la cantidad de cloro residual para desinfección se obtiene de acuerdo al microorganismo índice a desinfectar y no debe exceder de 0.5 mg/l.

CARACTERIZACION EXPERIMENTAL

Los parámetros Analíticos que se utilizan regularmente para determinar la calidad del agua del efluente del Reactor y de las lagunas son:

Temperatura	(°C)
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/l)
DBO	(mg/l)
DQO	(mg/l)
Nitrógeno Amoniacal	(mg/l)
Coliformes Fecales	(nmp/100 ml)
Coliformes Totales	(nmp/100 ml)
Conductividad	(microhms/cm)
pH	(unidades de pH)

A continuación se presentan en forma tabular. los resultados de los análisis efectuados al agua problema. Se puede observar a través de esta información que no es conveniente descargar estas aguas al río puesto que su calidad es deficiente.

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	205	87
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	230	194
CONDUCTIVIDAD (microhms/cm)	646	662
TEMPERATURA (°C)	20	20
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	22	50
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)		
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	$6.3 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^3$
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de ph)	6.3	6.6

HOJA DE DATOS EXPERIMENTALES

04/03/1992

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	230	110
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	145	230
CONDUCTIVIDAD (microhoms/cm)	745	738
TEMPERATURA (°C)	18	18
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	175	140
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)		
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	$2.3 \cdot 10^4$	$1.19 \cdot 10^3$
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	6.3	6.1

HOJA DE DATOS EXPERIMENTALES

01/4/1992

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BICQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	38	18
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	115	160
CONDUCTIVIDAD (microhoms/cm)	690	650
TEMPERATURA (°C)	20	20
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	28500	—
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)		
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	$2.3 \cdot 10^2$	$4.31 \cdot 10^3$
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	7	7.1

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	153	72
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	307	246
CONDUCTIVIDAD (microhms/cm)	700	600
TEMPERATURA (°C)	24	23
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	65	148
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)	1.9E+27	1.2E+18
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	1.9E+27	1.2E+18
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	6	6.5

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	156	85
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	207	174
CONDUCTIVIDAD (microhms/cm)	800	720
TEMPERATURA (°C)	24	22
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	36	89
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)	3.4E+27	2.1E+21
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	3.4E+27	2.1E+21
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	6.5	7

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	184	156
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	186	263
CONDUCTIVIDAD (microhms/cm)	630	700
TEMPERATURA (°C)	19	23
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	191	151
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)	3.4E+28	4.2E+20
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	3.4E+28	4.2E+20
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	6	6

HOJA DE DATOS EXPERIMENTALES

26/09/92

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	184	156
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	186	263
CONDUCTIVIDAD (microhms/cm)	630	700
TEMPERATURA (°C)	19	23
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	191	151
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)	3.4E+28	4.2E+20
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	3.4E+28	4.2E+20
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	6	6

PARAMETRO	EFLUENTE DEL REACTOR	EFLUENTE DE LAGUNAS
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	170	156
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l)	210	263
CONDUCTIVIDAD (microhms/cm)	670	700
TEMPERATURA (°C)	18	23
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	28	151
COLIFORMES TOTALES (nmp/100ml)	6.4E+18	4.2E+18
COLIFORMES FECALES (nmp/100ml)	8.4E+20	4.2E+19
POTENCIAL DE HIDROGENO (unidades de pH)	6	6

Observaciones:

En los resultados obtenidos se pueden observar valores hasta de $1 \cdot 10^6$ que también exceden a los de las Normas Técnicas Ecológicas. Esto demuestra la necesidad de dar un tratamiento a estas aguas antes de verterlas al río, dado que el agua de esta corriente fluvial se utiliza para riego y en ocasiones para lavar la ropa. A continuación se muestran los valores establecidos para poder utilizar un tipo de agua para riego, en lo que a coliformes se refiere.

Riego

Inundación: Menos de 1000 coliformes por cada 100ml

Surco: La que contiene de 1000 a 100000 coliformes fecales por cada 100 ml

Aspersión: La que contiene mas de 100000 por cada 100ml

Otro aspecto importante, que se presenta en el sistema (laguna estabilización + laguna de maduración) en la remoción de coliformes dado que es prácticamente reducida.

Es por esta razón que se plantean 2 alternativas para colocar el sistema de cloración, estas serían las siguientes:

1.- Colocar el sistema de cloración a la salida del reactor

**PLANTA TRATADORA DE AGUAS MUNICIPALES
(ESQUEMA PROPUESTO)**

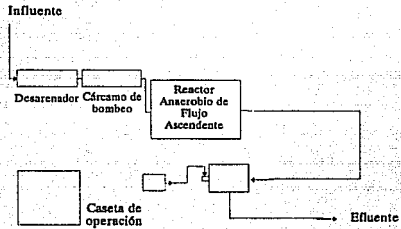


FIGURA 2

2.- colocar el sistema de cloración a la salida de las lagunas

**PLANTA TRATADORA DE AGUAS MUNICIPALES
(ESQUEMA PROPUESTO)**

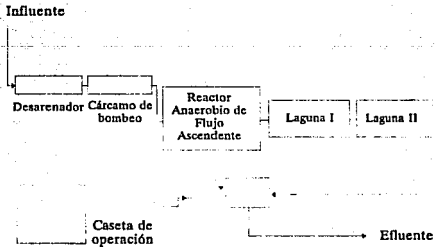


FIGURA 3

Sólidos Suspendedos Totales. El contenido de estos en el efluente del reactor es inferior al contenido a la salida de las lagunas, un aumento de estos dificulta la cloración, ya que permiten que algunos microorganismos se oculten de la acción desinfectante del cloro, además de favorecer la formación de algas y materia orgánica, aumentando la posibilidad de encontrar restos de humus o ácido húmico que al reaccionar con el cloro dan lugar a la formación de "trihalometanos" los cuales son cancerígenos para formas de vida mayores.

Por las experiencias anteriores se decide que la instalación del sistema de cloración debe ser a la salida del Reactor.

Demanda de cloro

En lo que respecta a la determinación de la demanda de cloro, el análisis efectuado reportó que se requieren aproximadamente 9 mg/l y se debe considerar que esto unicamente indica la cantidad de cloro que va a reaccionar con los contaminantes presentes en el agua, pero todavía se tiene que adicionar la cantidad de cloro que efectuará su acción desinfectante aún después de haber reaccionado con los contaminantes presentes en el agua y por norma, se tiene establecido que este valor no debe exceder de 0.5 mg/l.

Por lo tanto para trabajar la implementación del sistema de cloración se tomará como base una dosis de cloro (residual+demanda) igual a 10 mg/l, teniendo presente que se requiere hacer más pruebas para contar con un dato más preciso de la dosis adecuada.

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CLORACION:

Para clorar el agua existen dos métodos que se seleccionan de acuerdo al tipo y volumen de agua a tratar.

1. Alimentación a presión

Utilizado principalmente en instalaciones que manejan pequeños volúmenes de agua, donde se requiere control ó equipo de seguridad más riguroso.

2. Alimentación a Vacío

Se aplican para flujos pequeños y grandes y es de los métodos más seguros y mas utilizados. En esta tesis se seleccionó el sistema de alimentación a vacío.

Un sistema de cloración cuenta con las siguientes partes principalmente:

- a) Almacenamiento de cloro
- b) Clorador
- c) Difusor
- d) Bomba
- e) Tanque de contacto
- f) Analizador de cloro residual

Para la implementación se cuenta con la siguiente información:

Caudal Máximo de agua a manejar (50 lps)

Caudal Promedio de agua a manejar (30lps)

- Tipo de desinfectante Cl₂ (Gas)

- Tiempo de contacto (30 min)

- Tipo de microorganismo índice (Coliformes fecales)

- Calidad del Agua

5.1 Consideraciones sobre almacenamiento de cloro.

Los cilindros de cloro no deben ser almacenados con otros gases, su traslado se hace en carritos especialmente diseñados para ello.

Se debe de tener cuidado al mover tanques de reserva y de servicio, y evitar un almacenamiento prolongado, esto resuelve problemas con las válvulas que han estado cerradas desde hace mucho tiempo.

Detalle de contenedores de cloro más comunes en el mercado.

Información dimensional de " Manual del Instituto del Cloro "

Tipo	Peso neto	Tara	Peso Bruto	Diametro	Longitud
Contenedor				Externo	
Cilindro	100 lb	63-115 lb	163-215 lb	8.25"-10.75"	3'3.5"-4'11"
	150 lb	85-140 lb	235-290 lb	10.25"-10.75"	4'5"-4'8"
Tanque	2000 lb	1300-1650 lb	3300-3650	2'6"	6'7.75"-6'10.5"

Si se conoce el flujo de alimentación y demás condiciones de alimentación se puede usar la siguiente tabla para determinar el inventario necesario de cloro en reserva, en servicio, en almacén o en tránsito.

Inventario de cloro mínimo recomendado

lb de cloro 24 hrs.	Servicio	En reserva	En almacén
10	Cilindros 2-150lb	Cilindros 2-150lb	-----
40	Cilindros 2-150lb	Cilindros 4-150lb	Cilindros 4-150lb
100	Cilindros 4-150lb	Cilindros 4-150lb	Cilindros 10-15,150lb 200

El cloro está contenido en cilindros metálicos de 68 y 907 Kgs. de capacidad.

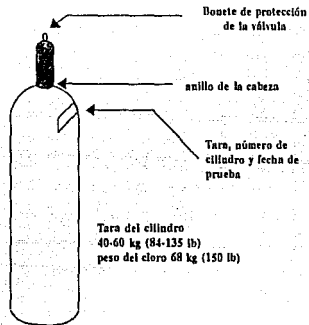
Todos los cilindros poseen un sistema de seguridad constituido por un fusible cuyo metal se funde entre 70 y 74 °C, si es que por cualquier circunstancia el cilindro se calentara.

Los cilindros deben almacenarse en un lugar seco y bien ventilado, fuera de los rayos del sol ó de la lluvia. Deben estar a suficiente distancia de fuentes de calor y materiales combustibles, de preferencia en compartimientos a prueba de fuego.

Los riesgos se pueden reducir al mínimo evitando un exceso de cilindros en el almacén, si se requiere utilizar varios cilindros a la vez, tienen que conectarse en un arreglo de matriz.

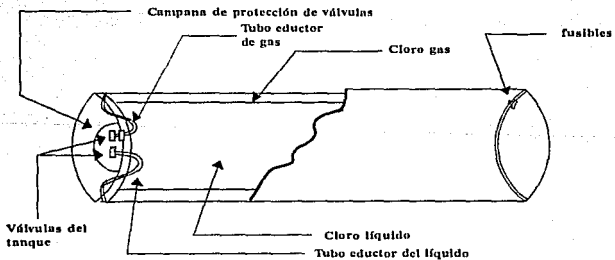
En general las cilindros de cloro llenos, contienen aproximadamente 85% en estado líquido y 15% en estado gaseoso; al extraerse este último, baja la temperatura interior y a veces aparece escarcha en la superficie del cilindro, por condensación de la humedad atmosférica, lo que indica que el cloro se está gasificando rápidamente.

DETALLES DE CONTENEDORES DE CLORO



CILINDRO PARA CLORO

FIGURA 4



TANQUE DE TONELADA PARA CLORO

FIGURA 5

Los cilindros de cloro deben estar colocados sobre básculas diseñadas para este fin. fig (6)

Las básculas, generalmente para dos cilindros de cloro, consisten de una base sólida de acero que contiene dos plataformas pesadas. La base soporta una columna con una barra cruz y la cabeza de la báscula. La barra de la cruz sostiene las cadenas para sujetar los cilindros de cloro y que se mantengan en posición vertical. La cabeza de la báscula contiene la carátula de medición y los ajustadores de la tara.

Las dos plataformas pesadoras están sostenidas en forma independiente por un sistema de palancas debajo de la base. La tensión inicial de cada soporte se ajusta para cancelar el peso de la tara del tanque que se está pesando, de este modo cualquier disminución del contenido se muestra en la carátula como una pérdida de peso neto. En esta forma las carátulas indican continuamente los kilogramos netos restantes hasta que los tanques están vacíos.

VISTAS DE LA BASCULA PARA LOS TANQUES DE CLORO

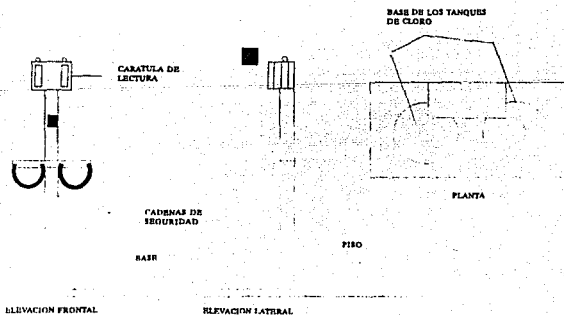


FIGURA 6

5.2 Clorador

Es un dosificador que opera bajo un vacío producido por el flujo de agua a través de un aspirador tipo inyector. La unidad acarrea y mide el cloro gas bajo un vacío y mezcla el gas con el agua para producir una solución de cloro.

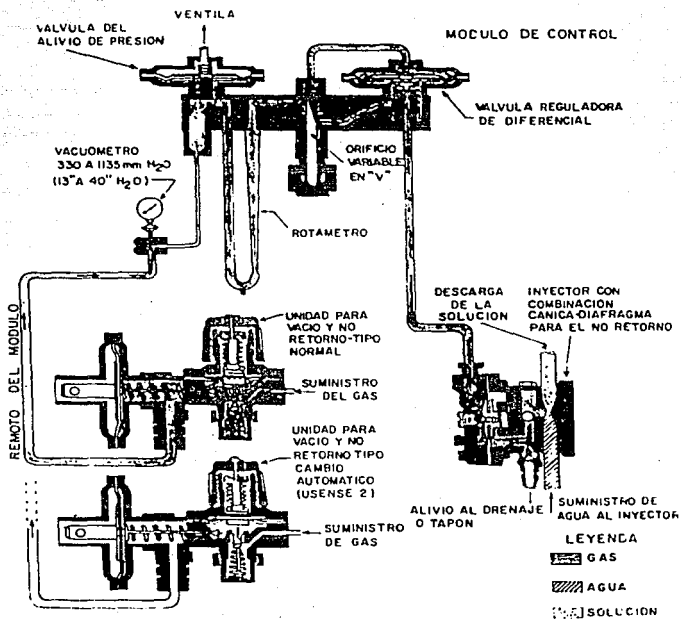
Requerimientos del clorador

- Capacidad del clorador
- Puntos de aplicación
- Requerimientos del inyector
 - Método de control
 - Casetas
 - Equipo accesorios
 - Alarmas

Un clorador esta compuesto básicamente de las siguientes partes

Fig (7)

- 1.- Regulador de vacío tipo normal
- 2.- Regulador de vacío para cambio automático



ARREGLO DE 225 KG

FIGURA 7

- 3.- Vacuometro
- 4.- Válvula de alivio de presión
- 5.- Rotámetro
- 6.- Ajuste manual
- 7.- Válvula reguladora de vacío
- 8.- Vacuómetro del inyector
- 9.- Inyector

El volumen que manejamos en el reactor y que posteriormente será sometido a cloración trabaja en un intervalo de 20 a 50 lps.

Operación:

El clorador opera bajo un vacío que se produce en el inyector y que es transmitido a la válvula reguladora de vacío por una línea de plástico rígido. El gas entra a esta válvula que regula el vacío, aquí el diafragma capta el vacío por uno de sus lados y la presión atmosférica por el otro. La fuerza sobre el diafragma desplaza el vástago de una válvula fuera de su asiento, esto permite al gas continuar hacia los componentes que controlan el flujo y ayudan a mantener el vacío de operación. Todavía al vacío el gas va hacia el vacuometro y entra a una válvula que alivia la presión. Esta válvula venteará a la atmósfera en caso de tener un mal funcionamiento y de formarse una

presión aunque sea leve. A continuación el gas pasa a un rotámetro donde el flujo es medido y luego por el orificio variable donde su capacidad es controlada, posicionando en forma manual o automáticamente.

El gas sigue después hacia una válvula reguladora de vacío, esta válvula de diafragma mantiene el diferencial de vacío correcto por el orificio variable y de aquí pasa al inyector.

La presión del medidor de cloro depende del medidor de orificio y de la válvula reguladora de vacío.

El flujo $Q = AV$ pero $V = C\sqrt{2gh}$

donde C es la constante de orificio, A representa el cambio en el tamaño de abertura del orificio y h la diferencia de presión en el orificio.

Instalación

Los arreglos de tubería deberán hacerse tan simples como sea posible. El número de juntas roscadas o bridadas deberá de ser mínima. la tubería se debe soportar adecuadamente y dejar pendientes para drenar.

Las tuberías para cloro seco en fase líquida o gas a presión debe ser de acero al carbón, sin costura, cédula 80. Prácticamente un diametro de 1" es adecuado para todas las aplicaciones, pero donde las tasas de flujo son altas, se usan tamaños mayores. No se recomienda usar tuberías de menos de una pulgada de diametro.

Se debe limpiar todas las partes del sistema de cloración con tricloroetano antes de usar cloro, debido a que este puede reaccionar violentamente con los residuos de aceite, grasa y otros materiales extraños.

Se debe de hacer pasar una corriente de vapor por las líneas hasta que se calienten completamente, permitir que drene el condensado y el material extraño por los puntos bajos.

Desconectar el vapor y pasar una corriente de aire seco secando durante varias horas hasta que la línea este completamente seca.

Presurice el sistema (150 Psia) con aire seco y probar posibles fugas con agua de jabón. Otro procedimiento para detectar fugas de cloro se realiza con Amoniaco, este compuesto forma Cloruro de Amonio cuando reacciona con el cloro.

Inyector

Es el corazón del sistema, impulsa al gas que se aplica bajo vacío.

En el inyector el cloro se disuelve en agua para formar ácido hipocloroso. Esto se conoce como solución de cloro. Esta solución se va por una línea hasta el sitio de aplicación.

Las ventajas del método de vacío son:

- a) Facilita la disolución de cloro en agua.
- b) Se puede manejar sin problemas la disolución preparada.
- c) Mediante el vacío se mide el cloro a presión constante sin afectarse por cambios de temperatura.
- d) Las operaciones a vacío son más seguras que a presión y además es fácil de parar el sistema de vacío en caso de falla.
- e) Los inyectores están diseñados para producir 25" Hg de vacío y limitar la fuerza de la solución de cloro a un máximo de 3500 ppm.
- f) El inyector provee un vacío específico para mover el cloro del sistema de almacenamiento a través del clorador, lo mezcla con el agua y transporta al punto de aplicación. Se requieren aproximadamente 285 litros de agua por día por cada kilogramo de cloro o (34 gpd/lb). La cantidad mínima de agua debe ser suficiente para mantener una concentración de cloro que no exeda de 3500 mg/l. Por lo tanto el flujo de agua es función de la cantidad de cloro alimentado por el sistema y es calculado mediante la siguiente ecuación

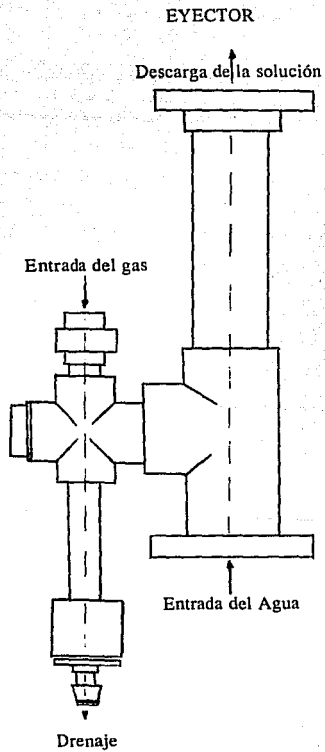


FIGURA 8

$$Q_{\min} = RC * 52.3 * 10^{-3}$$

Q_{\min} = Flujo mínimo de agua

RC = Requerimiento de cloro (Kg/Día)

Otro factor a considerar es la presión en el punto de aplicación del cloro, esta presión es conocida como Contrapresión del inyector (Back Pressure). Para calcularla se requiere hacer un análisis hidráulico de la línea entre el inyector y el punto de aplicación.

La contrapresión en el inyector es igual a las pérdidas de carga de la línea del inyector al punto de aplicación mas la diferencia de nivel entre el centro del inyector y el nivel del agua a presión.

Con la contrapresión y la tasa de flujo el fabricante de equipo especifica la presión requerida en el inyector (H_i), determinada por las curvas de operación, mostradas en la figura (9).

Las gráficas se elaboran según el tipo de inyector, también se observa que a mayor presión de entrada al inyector, se requiere menor cantidad de agua; y a menor presión mayor flujo de agua.

Para prevenir la gasificación de cloro por contrapresión se debe instalar un difusor.

CURVA PARA EYECTOR

CONTRAPRESION EN (psig)

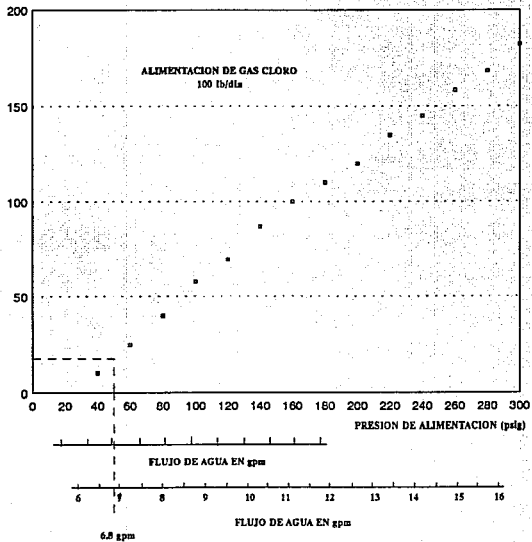


FIGURA 9

Bomba

Para calcular la carga dinámica de la bomba se utilizan las pérdidas por fricción en la línea de la bomba al inyector, alturas de succión y descarga de la bomba y presión requerida en el inyector.

Cálculo de la carga dinámica y potencia de la bomba

$$\text{Fórmula: } \text{HDT} = \text{Hf2} + 2.31\text{Hi} + \text{HD} - \text{Hs}$$

$$\text{HDT} = \text{Altura dinámica de la bomba (ft)}$$

$$\text{Hf2} = \text{Pérdidas de carga en la línea (ft)}$$

$$\text{Hi} = \text{Presión en el inyector (Psi)}$$

$$\text{Hs} = \text{Altura de succión mínima (ft)}$$

$$\text{HD} = \text{Altura de descarga (ft)}$$

$$\text{BHP} = (\text{QHDT}/3960\text{n})$$

Donde:

BHP = Potencia al freno. (HP)

Q = Flujo de agua, (GPM)

n = Eficiencia de la bomba

Consideraciones:

El agua para operar el inyector debe estar tan limpia (y fría) como sea posible. De preferencia se debe instalar filtros para evitar que se tape el inyector. Esto reduce la frecuencia de limpiado del ducto que lleva el agua hacia el orificio.

La temperatura debe ser baja por efectos de solubilidad y del material empleado.

Para generar el vacío, la presión de alimentación del agua al inyector debe ser mayor que la contrapresión contra la cual el inyector está operando.

La contrapresión de operación es la presión a la cual el orificio esta descargando, la contrapresión que existe en el punto de aplicación es la presión resultante de las pérdidas por fricción asociados al flujo de la solución química a través de la línea.

Por esto, si es posible, el inyector debe estar tan cerca como se pueda del punto de descarga, para reducir la contrapresión dinámica a un mínimo.

Construcción:

Inyector

1.- Línea de alimentación.- El tamaño de la línea de alimentación esta en función del flujo de agua a manejar por el inyector.

Material.- Generalmente estas tuberías son construidas con tubo de acero galvanizado cedula 40. Sin embargo debe usarse otro material cuando el agua o proceso líquido presenta características corrosivas. Entonces se utiliza PVC rígido o tubería de acero con aislante.

Arreglo.- Solo se requiere proteger la línea.

II.- Línea de Vacío.- Línea del inyector al punto de descarga.

Tamaño .- Esta relacionado o la cantidad máxima de gas suministrada por el sistema. Además el tamaño de esta línea esta establecido por el tamaño de la conexión a la salida de gas de alimentación.

Material.- Tubería rígida de PVC Cedula 80 o tubo de polietileno plástico.

III.- Línea de conducción de solución química

Tamaño.- Está diseñado de acuerdo a los requerimientos de agua al inyector, además está en función de la salida del inyector.

Material.- Generalmente se utiliza PVC rígido cedula 80

Arreglo.- Debe estar libre de obstáculos la línea, lo más directo posible hacia su objetivo.

Como definir el tamaño del inyector?

Ejemplo:

Capacidad de clorador = 100 lb/día

Presión de alimentación = 124 Psig

Longitud inyector-difusor 10 ft

Presión de la bomba de agua al eyector 60 psig

Uso de Agua = 6.3 GPM

Tubo (manguera) de 1 in Causa 3.4 ft de agua * 100 ft de longitud

10 ft de longitud causa 0.34 ft de agua

0.34 ft de agua = 0.15 Psig (2.31 ft de agua = 1 psig)

Tenemos que

Pérdida = 0.15 = 0.15

Pt = 60 + 0.15 = 60.15

De gráficas elaboradas para consumo de cloro tenemos:

Presión negativa del inyector = 61 Psig

Presión de alimentación = 125 Psig

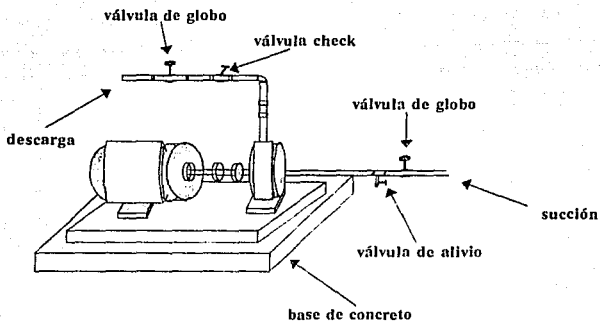
Presión requerida al inyector = 101 Psig

La bomba es para enviar agu al inyector a la presión y flujo requerido.

Se requiere una bomba de 41 Psig con un flujo de 6.3 GPM

Se requiere una bomba con capacidad extre (15%) entonces buscamos una bomba de 47 Psig y 7.3 GPM.

Con una bomba centrífuga de 1 HP se cumplen los requerimientos, solo hay que tener en cuenta que si hay más presión de alimentación que la mínima ó menor que la máxima contrapresión del inyector, no hay ningún problema para el inyector, éste operará adecuadamente.



BOMBA CENTRIFUGA

FIGURA 10

Difusor

Los Difusores descargan a una tubería o a un canal abierto. Cuando es a una tubería de 3 pulgadas o mayor la descarga de la solución se hace al centro de la misma.

Para lograr un mezclado rápido el difusor debe estar localizado en una zona de regimen turbulento ó situarse cerca de un mezclador mecánico. Un difusor removible permite eliminar sustancias extrañas que bloquean o dañan eventualmente la tubería.

Las perforaciones de los difusores se diseñan para que la solución salga a una velocidad de 20-30 ft/s y deben tener un diámetro mínimo de 3/8". Los orificios deben ser localizados para permitir una distribución homogénea del cloro en solución.

Las pérdidas de carga del difusor se deben adicionar a las pérdidas de la línea para encontrar la contrapresión del inyector.

Las pérdidas a través de los orificios del difusor se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Fórmula: } N = 1.284 Q/n VD^2$$

N = Número de orificios

Q = Flujo del inyector (gpm)

V = Velocidad en los orificios (20-30 ft/seg)

TIPOS DE DIFUSORES

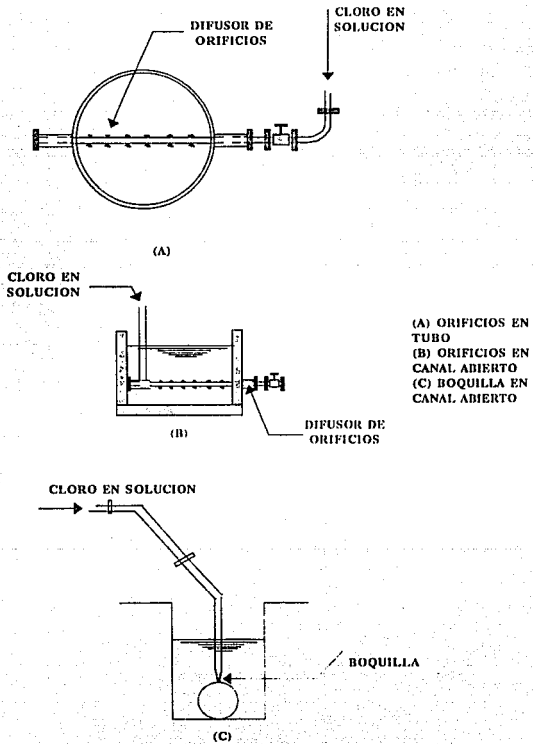


FIGURA 11

D = Diámetro de los orificios (in)

Fórmula: $H_o = 2.6 * 10^{-3} (Q/CND^2)^2$

H_o = Pérdida de carga en los orificios (ft)

C = Coeficiente de orificio (0.75)

Tanque de contacto de cloración

El tanque debe diseñarse para proporcionar la máxima eficiencia de contacto entre el desinfectante y los microorganismos. Además debe permitir retirar los lodos con facilidad.

Consideraciones en la implementación:

- Concentración de coliformes
- Concentración de coliformes en el efluente desinfectado
- Dosis requerida de cloro residual
- Tiempo de contacto

TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

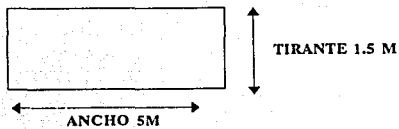
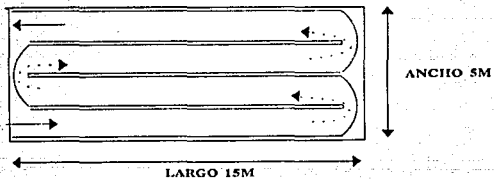
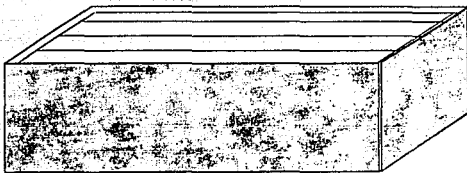


FIGURA 12

INSTALACION TIPICA DE UN SISTEMA DE CLORACION (DE CILINDROS CON CAMBIO AUTOMATICO)

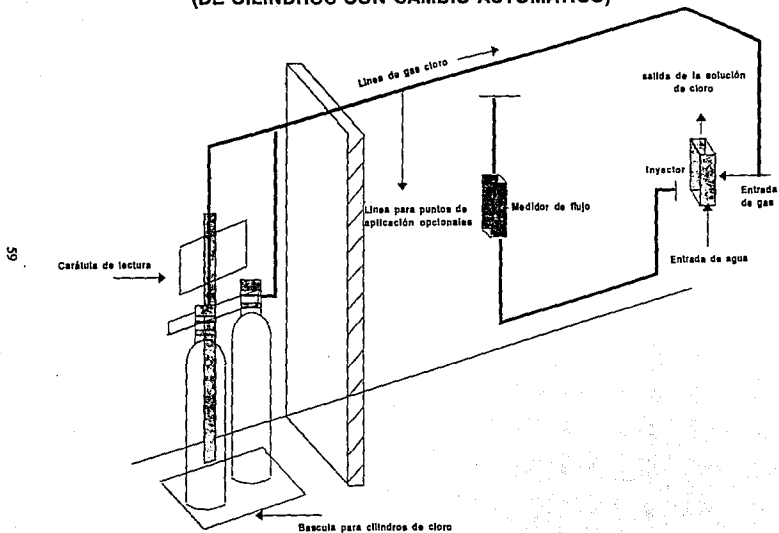


FIGURA 13

CALCULOS DEL SISTEMA DE CLORACION:

Gasto de agua considerado para implementación: 50 lps

Tiempo de Retención: 30 Minutos

Dosis de Cloro: 10 mg/l

Requerimientos de cloro: 43.2 kg/día

Fórmula : $RC * Q * 10^{-3}$

RC = Requerimientos de cloro

C = Dosis de cloro

Q = Flujo de agua residual [m³/día]

$RC = 4320 * 10 * 100 * 1/1 * 10^{-6} = 43.2 \text{ kg/día}$

Contrapresión en el inyector y tubería

Se determina la capacidad en lb/día

$Cap = 0.0012 * 792.6 \text{ GPM} * 10 \text{ mg/l}$

= 95.11 lb/día

Por lo tanto se selecciona un clorador de 100 lb/día

Con una contrapresión de 20 psi se tiene una presión de alimentación de 50 psi y el flujo del inyector de aproximadamente 6.8 GPM. Para este caso, la distancia del inyector al punto de aplicación es de 50 ft a un nivel de cero. Como se tiene menos de 10 ft al punto de aplicación. Consideramos que la presión en la tubería es de 10 psi y la presión en el medidor de flujo es de 1.2 Psi, finalmente al hacer operaciones tenemos que la contrapresión es 13.8 psi la cual es menor que los 20 psi iniciales.

- 10 ft de tubería del inyector al panel de distribución

(1.5" cedula 80 PVC) 0.04 psi

- Presión en el medidor 0.8 "

- 50 ft de tubería equivalente (3/4" cedula 80 PVC) 0.4 "

- Difusor (pérdidas) 2.0 "

- Elevación 0 "

- contrapresión en tubería 10.1 "

Asi tenemos contrapresión 13.25 psi

Como este valor es menor que 20 psi se considera que el diseño está dentro del límite de trabajo.

Requerimiento de Agua para el Inyector

Para determinar esto la solubilidad del agua en cloro debe considerarse aproximadamente =3500 mg/l

Por lo tanto se tiene que:

$$1 \times 10^6 \text{ mg/kg} \times 3500 \text{ mg/l}^{-1} = 285.7 \text{ l/s l de agua/kg de cloro}$$

$$\text{Flujo m\u00ednimo de Agua (GPM): } Q_{\text{min}} = R_c \times 5.23 \times 10^{-3}$$

$$R_c = \text{Requerimiento de Cloro [Kg/D\u00eda]}$$

$$R_c = 43.2 \text{ Kg/D\u00eda} \times 5.23 \times 10^{-3}$$

$$R_c = 225.00 \times 10^{-3} \text{ GPM}$$

$$c = 0.225 \text{ GPM}$$

Tanque de contacto de cloro:

Flujo a manejar	50 lps.
Relaci\u00f3n largo ancho	3:1
Tiempo de retenci\u00f3n	30 min
Tirante de operaci\u00f3n	1.5 m
Gasto = 50 l/s * 60 seg/min * 30 min	90m ³

Ancho = $1a$; largo = $3a$; tirante 1.5m

$V = 1a * 3a * 1.5m$ 90 m³

Por lo tanto tenemos:

Ancho 4.47m

Largo 13.4m

Tirante 1.5m

Area superficial 60 m²

De acuerdo a los parámetros de diseño que se obtienen, se selecciona el equipo para clorar el agua cuya calidad se determinó anteriormente.

Parámetros a considerar para la implementación

Calidad del Agua (Influente al sistema de Cloración)

DBO 200 mg/l

DQO 140 mg/l

Conductividad 700 micromhos/cm

Temperatura 20 °C

SS1 175 mg/l

C.F.	2.3 * 10¹⁵ nmp/100 ml
pH	6.3 unidades de pH
Tiempo de Retención	30 min.
Gasto de agua (Flujo)	50 l/s
Dosis de Cloro	10 mg/l

RESULTADOS:

Requerimiento de cloro: 43.2 kg/día

Almacenamiento de cloro:

4 cilindros de cloro de 150 lb en servicio

4 cilindros de cloro de 150 lb en almacén

10 a 15 cilindros de cloro de 150 lb en tránsito

Clorador:

Capacidad del clorador: 100 kg/día

Gasto de agua: 4320 m³/día

Dosis de cloro 10 ppm

Requerimiento de agua 2.26 GPM para el inyector

Difusor:

- Se requiere un difusor de tipo removible para descarga en tubería

Tanque de contacto:

Flujo de agua	50 lps
Tiempo de retención	30 min
Relación largo-ancho	3:1
Tirante del tanque	1.5 m
Ancho del tanque	5 m
Largo del tanque	15 m
Area del tanque	75 m²

Para un mejor mezclado en el tanque se recomiendan tres mamparas.

RESUMEN DE COSTOS:

Para montar un sistema de cloración y su mantenimiento se hace un cálculo aproximado. (Información actualizada a Enero de 1993)

Cloro	N\$ 4,255 tonelada
Clorador	N\$ 40,000 unidad
Cilindro de cloro	N\$ 13,713 unidad
Edificio de cloración	N\$ 600 m ²
Area de almacenamiento	208 m ²
Superficie del edificio de cloración	20.4 m ²
Area total del edificio	228.4 m ²
Operación del sistema de cloración	N\$ 4.63 hora
Mantenimiento del sistema de cloración	N\$ 6.17 hora

Con la información anterior se hace un cálculo aproximado del costo de la construcción y la operación del sistema.

Costo de la construcción	N\$ 182,739.5
--------------------------	---------------

Costo de operación y mantenimiento. N\$ 64,218.8/año

En el resultado anterior esta considerado el costo del evaporador, pero tomando en cuenta que la cantidad de cloro a manejar es pequeña y la distancia del almacenaje al punto de aplicación es corta finalmente tenemos que :

Costo del sistema de cloración N\$ 105,239.5

CONCLUSIONES:

La necesidad de detener el deterioro del Ambiente y erradicar las fuentes de enfermedades hídricas provocadas por los microorganismos patógenos presentes en agua a través de la implementación de un sistema de cloración, utilizando para ello información experimental de ensayos en laboratorio son las metas de este trabajo.

Varios aspectos fueron tomados en cuenta para la implementación:

La cantidad de sólidos disueltos y suspendidos a la salida de la laguna y a la salida del reactor, además, las lagunas presentan la existencia de algas y vegetación en los bordes que son a veces precursores de la formación de Trihalometanos.

Los trihalometanos son un grupo de compuestos orgánicos parecidos en su estructura a la del metano, aunque se consideran derivados del mismo, nada tienen que ver con este gas.

Algunos de estos compuestos tienen nombres especiales: Cloroformo CHCl_3 , Bromoformo CHBr_3 y Iodoformo CHI_3 .

Los trihalometanos se forman al reaccionar el cloro, con agua que contiene ácidos húmicos, a los cuales se les conoce como "precursores", estos aparecen en el agua cruda por la descomposición de vegetales que crecen a la orilla de los ríos y lagos.

Cloro libre + Precursores \longrightarrow Trihalometanos

Otro aspecto importante es el funcionamiento del sistema que principalmente obedece al criterio que debe tener el operador, para resolver problemas que se presenten cuando el módulo de cloración falle o no opere adecuadamente, además de tener la habilidad suficiente para calcular el agua requerida en el inyector.

Las consideraciones y aspectos anteriores justifican la implantación del sistema de cloración justo a la salida del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente. Una modificación sería utilizar el espacio de la primer laguna como tanque de contacto de cloro para ahorrar espacio.

Se sugiere también un sistema de monitoreo que permita controlar la cantidad de cloro residual del efluente, una concentración mayor de 0.1 mg/l no es conveniente.

La forma de monitoreo se hace mediante el análisis de el agua para conocer la cantidad de cloro libre residual en el efluente. Si se requiere un control más estricto, existen sistemas de monitoreo muy sofisticados.

También existe el proceso de dechloración, el cual permite eliminar del efluente completamente cualquier residuo de cloro. La dechloración se puede llevar a cabo mediante Dióxido de Azufre, Carbón activado, Resinas de intercambio Iónico o Aereación.

Sin embargo la implementación de un sistema de dechloración implica un gasto considerable con relación al sistema de cloración, por lo que en este caso se propone un sistema de monitoreo "manual", es decir de análisis en laboratorio de una muestra de cloro libre y en caso de requerirse una modificación en la dosificación de la solución de cloro.

Finalmente una vez analizados todos los aspectos de la implementación se tiene que realmente es necesario dar un tratamiento adecuado a las aguas tratadas por la planta mencionada en capítulos anteriores, además mediante un breve resumen de costos se puede decir que la inversión no es tan costosa como comunmente se cree, comparado con el costo total de la planta u otros sistemas utilizados para la depuración de aguas tratadas, como pueden ser las lagunas de maduración y estabilización.

BIBLIOGRAFIA

1.-CLIFFORD WHITE

DESINFECTACION DE WASTEWATER AND WATER FOR REUSE

ED. VAN NOSTRAND REINHOLD (1978)

2.-EDDY AND METCALF

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ED. MC. GRAW HILL (1981)

3.-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

OPERATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT

EPA (1980)

4.-FISHER AND PORTER

INFORMACION TECNICA

(1992)

5.-ODUMM Y OKUM

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ED. LIMUSA (1990)

6.-OSCAR CACERES LOPEZ

DESINFECTACION DEL AGUA

MINISTERIO DE SALUD LIMA-PERU (1991)

7.-MEMORIAS DEL PROYECTO RIO BLANCO, VERACRUZ PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

PROYECTO (SEDUE)

8.- MEMORIAS DEL PROYECTO ATLAMAXAC TLAXCALA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

PROYECTO (SEDUE)