

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Estudio de factibilidad de un sistema de control de hipoclorito de sodio en la planta de tratamiento de aguas residuales en el Centro de Producción Mixco de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.

Trabajo de Graduación presentado por Josué Alejandro Romero Ramírez para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala
2013

Estudio de factibilidad de un sistema de control de hipoclorito de sodio en la planta de tratamiento de aguas residuales en el Centro de Producción Mixco de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Estudio de factibilidad de un sistema de control de hipoclorito de sodio en la planta de tratamiento de aguas residuales en el Centro de Producción Mixco de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.

Trabajo de graduación presentado por Josué Alejandro Romero Ramírez
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial


Guatemala
2013

Vo. Bo. :

(f) 

(Ing. Luis González)

Tribunal Examinador:

(f) 

(Ing. Carlos R. Paredes)

(f) 

(Ing. Raúl Dacaret)

(f) 

(Ing. Luis González)

Fecha de aprobación: Guatemala, 19 de junio de 2013

“El porvenir Pertenece a los Innovadores”

André Gide

Prefacio

A lo largo de la vida existen personas que te ayudan a que cada día logres ver lo hermoso de este tiempo, muchas son las pruebas pero también muchas son las personas que te ayudan a levantarte y seguir adelante con los objetivos de la vida.

Un día alguien muy especial me dijo: “eres una gran persona, serás grande”. Pero no estaría acá sino fuera por las personas que me dieron todo su apoyo, sus ánimos, esos momentos inolvidables que me moldearon a la persona que soy hoy en día. Gracias a todos ustedes, sea donde estén, son mi vida.

A mi Dios, mi maestro, mi guía, mi amigo, el que ha hecho todo esto posible, el que me llevó de la mano siempre, quien me cuidó, quien me dio las fuerzas, Gracias mi Dios eres lo máximo.

Mamita, gracias porque cada día me demostraste que eres fuerte, y me diste ese ejemplo de lucha ante cualquier problema, simplemente eres la mejor mamá del mundo. Gracias por darme la vida y mostrarme lo hermoso que es respirar y ver lo grande que es Dios. Mi vida profesional va dedicada a ti.

Papa, gracias por darme ese ejemplo de hombre, por el apoyo que me brindaste a lo largo de mi carrera y de mi vida. Has luchado por mí y yo soy fruto de esa lucha que le has dado a la vida.

A mi hermano, porque siempre hemos estado en competencia y gracias a él que me dio las fuerzas para cumplir mi sueño. Te quiero mucho

A mi abuelita, porque siempre me ha consentido y me ha disminuido la carga. Gracias por enseñarme tu vida pasada y esas historias de campo que me gustan escuchar. Eres de las personas más importantes en mi vida.

A mi novia, que me apoyó y animó a seguir adelante con mi carrera profesional. Te amo mi teniente.

Al personal de Industrias Licoreras de Guatemala que me brindó su apoyo, en especial Juan Pablo, Heles, Marvin, Eddy, María del Carmen, Luis Galdámez que me ayudaron a ser mejor profesional.

Al Ingeniero Helmut Muñoz, que fue mi guía y fue el precursor para que este estudio se llevara a cabo.

Al Ingeniero Luis González, porque me ayudó en todo momento, y mostró toda la disposición del mundo para ser mi asesor y mi maestro.

A todos mis amigos Rita, Víctor, George, Eduardo, Rodrigo, Paola gracias por todos esos momentos que hemos pasado juntos y por apoyarnos todos siempre. Gracias a ustedes la Universidad fue la mejor etapa de mi vida.

Quisiera dedicar este trabajo de graduación a mi tío Raúl García y mi tía Liliana por su apoyo incondicional, sus muestras de cariño y su gran labor humana. A ustedes muy especialmente está dirigido.

La iniciativa nació como una necesidad de utilizar de mejor manera los recursos naturales de nuestro país, ya que es muy importante tomar en cuenta que estos son escasos, por lo tanto debe existir un control estricto para no dañar el medio ambiente y los seres vivos que coexisten dentro de la región.

El avance tecnológico hace más fácil el control de los recursos, disminuyendo los posibles gastos y riesgos que conlleva el mal manejo de los recursos naturales, monetarios y la mano de obra en la industria.

Se encontró un área de mejora en Industrias Licoreras de Guatemala, S.A. específicamente en la planta de tratamiento de aguas residuales, la cual presenta ciertas deficiencias que pueden mejorar de acuerdo a un control, diseño e instalación de nuevos sistemas para el manejo de los desechos industriales.

Se realizó un estudio sobre un sistema para el control de hipoclorito de sodio y el diseño de filtros capaces de mejorar la calidad de salida del agua de esta planta de tratamiento. El diseño de los filtros se realizó con base al modelo original de la planta de tratamiento por lo que no debe realizarse muchas modificaciones. Para demostrar la factibilidad de la instalación de

estos complementos se realizó un análisis financiero y químico que demuestran la necesidad de instalar estos sistemas que pueden ayudar a mejorar la Responsabilidad Social de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.

La finalidad de este trabajo es buscar la mejora de los procesos, teniendo como prioridad el costo de los procedimientos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al desarrollo del país.

Agradezco a Industrias Licoreras de Guatemala, S.A., especialmente a las personas del Centro de Producción Mixco por permitirme realizar este trabajo, por comprometerse con el medio ambiente de Guatemala y buscando siempre la mejora continua de sus procesos. También a Universidad del Valle de Guatemala por brindarme el apoyo necesario en la elaboración de este trabajo de investigación y estar siempre comprometidos con el lema “Excelencia que Trasciende”.

Contenido

Prefacio	V
Lista de tablas	X
Lista de imágenes.....	XI
Resumen	XII
I Introducción.....	1
II Justificación.....	4
III Objetivos	5
IV Planta de Tratamiento de Industrias Licoreras de Gutemala	6
4.1 Industrias Licoreras de Guatemala.....	6
4.2 Responsabilidad social	7
4.3 Planta de Tratamiento de Aguas residuales de ILG, S.A.	8
4.4 Tratamiento de aguas residuales	11
4.5 Filtros de arena y grava en las plantas de tratamiento.....	14
4.6 El hipoclorito de sodio en las plantas de tratamiento	16
4.7 Contaminación por las aguas residuales	17
4.8 Riesgos del Cloro	19
4.9 Riesgos para el medio ambiente	28
V Gestión del proyecto, Sistema de control de cloro y filtros	29
5.1 Descripción de planta de tratamiento.....	31
5.2 Sistema de control de cloro.....	41
5.3 Agregados especiales al sistema	44
5.4 Sistema de filtrado	45
VI Análisis técnico y financiero.....	52
6.1 Análisis financiero	52
6.2 Análisis técnico	62
6.3 Análisis de sensibilidad.....	64
VII Análisis de factibilidad	69
VIII Conclusiones	71
IX Recomendaciones	72
X Bibliografía	73

XI Glosario 74
XII Anexos..... 76

Lista de tablas

1. Efectos indeseables de las aguas residuales por contaminantes	17
2. Contaminates de importancia en las aguas residuales.....	18
3. Datos generales de Hipoclorito de Sodio.....	22
4. Propiedades físicas y químicas del Hipoclorito de Sodio.....	22
5. Incompatibilidad del Hipoclorito de Sodio	23
6. Toxicología del Hipoclorito de Sodio	25
7. Características principales del Sistema WDIS410	44
8. Características principales de los sensores propuestos	44
9. Cantidades propuestas de materiales para filtros.....	51
10. Cantidades de material para sistema de filtrado trifásico.....	51
11. Inversión Inicial	53
12. Cantidad de mililitros por cada 1000 litros de agua	57
13. Gastos anuales de cloro y consumos.....	58
14. Gastos anuales de cloro si se instalan los filtros y el sistema controlador	59
15. Ingresos proyectados.....	60
16. Egresos proyectados.....	60
17. Tasa interna del proyecto	62
18. Análisis químico del proyecto	62
19. Análisis de sensibilidad	65
20. Análisis de sensibilidad de inversión.....	68

Lista de imágenes

1. Diagrama de Operaciones de Planta de tratamiento de Industrias Licoreras de Guatemala.....	30
2. Diagrama de Flujos de la Planta de Tratamiento de ILG, S.A.	31
3. Tanque de bombeo y acumulación de ILG, S.A.	32
4. Parte del sistema de control de Ácido Clorhídrico (bombas)	33
5. Tanque de ecualización.....	34
6. Tanque de aireación No. 2	35
7. Tanque de clarificación	36
8. Tanque de clarificación, problemas principales	37
9. Tanque de decantado	38
10. Inyección de Hipoclorito de Sodio al agua.....	39
11. Tanque de lodos.....	40
12. Tanques de secado de lodos.....	41
13. Fotografía del sistema WDIS410 para controlar el cloro	42
14. Dimensiones del sistema WDIS140	43
15. Dimensiones del sistema WDIS410 con sensores extras.....	43
16. Sensores de control	45
17. Tanque de decantación con la ubicación del filtro propuesto	46
18. Corte transversal y longitudinal filtro 1	47
19. Corte transversal y longitudinal filtro 2	49
20. Corte transversal y longitudinal filtro 3	50
21. Cantidad de Cloro según concentración	57
22. Análisis químico I	63
23. Análisis químico II	64

Resumen

El objetivo principal de la mejora continua es la búsqueda de nuevas soluciones que corrijan las fallas de un proceso, esto dará como resultado la reducción en los costos de operación. Dentro de la empresa Industrias Licoreras de Guatemala, se observó un área en la cual se puede iniciar un nuevo proyecto cuyo fin primordial es la optimización de recursos.

Se investigará la factibilidad de instalar un sistema de control de Hipoclorito de Sodio (este químico se utiliza para eliminar las bacterias patógenas y potabilizar el agua). Este sistema utilizará sensores que medirán la conductividad del agua. Otro beneficio que aportará este proyecto es la reducción del contacto físico que los trabajadores tienen con este químico, mejorando así la manipulación del mismo. Estas mejoras disminuirán los riesgos toxicológicos, así como los costos que generan el uso desmedido del producto. También se diseñará un grupo de filtros trifásicos que servirán como complemento al sistema de control de hipoclorito de sodio, mejorando el aspecto y la calidad del agua tratada dentro de esta industria.

Estos filtros están diseñados para ser colocados en el tanque de decantado, utilizando tres elementos importantes (grava, arena y carbón activado) que disminuyen la turbiedad, olores, sabores y organismos patógenos que pueda contener el agua.

Este estudio se realizará en la planta de tratamiento de aguas que posee la empresa en observación, Industrias Licoreras de Guatemala S.A. La función de esta planta es tratar químicamente el agua que se utiliza dentro del proceso de fabricación de Licores.

El Hipoclorito de Sodio es inyectado al flujo de agua de manera constante y en cantidades mucho mayores a las necesarias, aumentando así el consumo y por ende los costos que pueda generar este proceso. Se realizarán mediciones sobre cloro libre o residual del agua que sale de este proceso. Al mismo tiempo se determinará el beneficio que genera la instalación de un aparato sensorial que mida la cantidad exacta de de Hipoclorito de Sodio que debe inyectarse.

Se realizará un análisis financiero de flujos de efectivo y Tasa de retorno del proyecto, el cual servirá como base para la toma de decisión de la instalación de este aparato en la planta de tratamiento. Se pretende que este proyecto sea aceptado por los directivos de la empresa, ya

que la meta es lograr un ahorro en capital al realizar la inversión de montaje de este aparato. También se pretende mejorar la calidad del agua al momento de salir del tratamiento que se realiza en la planta, disminuyendo el exceso de hipoclorito que pueda contener, aumentando así su calidad.

I. Introducción

La conciencia social y la responsabilidad ambiental están aumentando su importancia a raíz de los efectos que las actividades humanas han ocasionado a lo largo del proceso de industrialización y producción de materiales para nuestro consumo. Por esta razón se buscan nuevas tecnologías que ayuden a mejorar el manejo de los desechos de estos procesos productivos.

Se encontró un lugar de oportunidad para mejorar este manejo de los desechos y poder disminuir los efectos que el hombre ocasiona a la naturaleza. Industrias Licoreras de Guatemala posee una planta de tratamiento de aguas residuales en donde se realiza una limpieza del agua utilizada en el proceso productivo de licores, la cual se lleva a cabo por medio de lodos activados.

El problema surge cuando no se retiran todas las bacterias que nacen a consecuencia del tratamiento de lodos activados, por lo tanto al finalizar el proceso de limpieza, el agua presenta características no aptas para el consumo humano ni para ingresar a los afluentes naturales. La turbiedad, olor desagradable y basura son características que presenta el agua al salir de esta planta de tratamiento.

Es probable que la consecuencia de este problema sea la falta de filtros capaces de extraer todos estos residuos.

Sin embargo, se encontró que también existe falta control en la inyección de hipoclorito de sodio en el proceso de limpieza, esto puede generar un aumento en el cloro libre o residual, el cual puede ser dañino para la vida acuática y el consumo humano.

Por esta razón se realizaron estudios sobre un diseño de filtros capaces de limpiar los residuos y darle al agua una característica más adecuada para los afluentes naturales, al mismo se buscó un sistema capaz de controlar la inyección de cloro al agua tratada. Pero en todo proyecto es importante estudiar la inversión y las finanzas que generan para la empresa, por lo tanto se realizaron ciertos análisis financieros que demuestran la factibilidad de su instalación.

Para fundamentar la necesidad de instalación de estos sistemas, se recopiló información que fundamenta los problemas que genera el aumento de cloro residual en el agua. Aunque se cree que el exceso de cloro no produce problemas mayores para la salud humana, se logró determinar que es dañino para la vida acuática.

Sin embargo, produce efectos secundarios en los seres humanos que se encuentran en contacto directo con el químico, ya sea por absorción o ingestión.

En materia de sistemas de filtrado, se investigó sobre los distintos materiales que se utilizan para esta actividad, siempre tomando en cuenta que estos deben eliminar los agentes extraños con un costo bajo. Se logró encontrar cierto tipo de filtros que se utilizan desde épocas anteriores a la revolución industrial los cuales son económicos, fáciles de utilizar y logran cumplir con el objetivo principal.

Estos filtros poseen tres materiales principales: carbón activado, arena y grava. Estos agregados se distribuyen en tres filtros que encajan perfectamente en el tanque de decantado de la planta de tratamiento.

Para demostrar la factibilidad del proyecto se hicieron dos análisis, un financiero y un químico. Para el primer análisis se proyectaron flujos de efectivo a 10 años, se determinará la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) que luego comparará con la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR). Con este estudio se definirá si el proyecto es viable.

Luego se realizó un estudio químico a partir de estudiar el cloro residual por medio del análisis DPD, buscando así la cantidad actual de cloro residual que posee el agua tratada. Este análisis se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala, utilizando un sistema HACH para medirlo.

Se logró determinar que el proyecto es factible, ya que la Tasa Interna de Retorno (TIR) está por encima de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR). El análisis químico dio como resultado un exceso en la cantidad de cloro residual que posee actualmente el agua tratada en dicha planta de tratamiento.

Es muy importante que se tomen en cuenta este tipo de proyectos, ya que ayudan a mejorar la imagen de la empresa ante una sociedad que cada día brinda más importancia al medio

ambiente. Además del beneficio ecológico, estos proyectos proporcionan herramientas que ayudan al óptimo manejo de los recursos, los cuales son escasos.

II. Justificación

La optimización de los recursos es indispensable en todas las empresas, y esto junto con el auge de la conciencia ecológica, motivan la necesidad de buscar nuevas soluciones tecnológicas que ayuden al control de estos factores. Se ha notado que a la planta de tratamiento de aguas residuales no se le ha dado la importancia necesaria, ya que el proceso de limpieza no es óptimo y muchas veces se desperdicia el Hipoclorito de Sodio, aumentando así los costos y la cantidad de producto necesario para la potabilización del agua. Estas fallas dentro del proceso afectan la gestión de la calidad y la inocuidad que la empresa pretende llevar a cabo.

Los excesivos niveles de cloro generan un alto desequilibrio del vital líquido, y como se mencionó anteriormente, es dañino para la salud de los seres humanos y para el equilibrio de la naturaleza. El objetivo primordial es disminuir este exceso, mejorar la calidad del agua y buscar alternativas que disminuyan los costos de funcionamiento de la planta de tratamiento. Para buscar estas alternativas se realizarán estudios químicos y financieros, los cuales serán el respaldo para la adquisición de nuevas tecnologías que ayuden a controlar las cantidades necesarias de cloro, reduciendo así el daño al ambiente.

III. Objetivos

3.1 General

Determinar la factibilidad de la implementación de un sistema de control de Hipoclorito de Sodio, disminuyendo así la cantidad de cloro inyectado al agua tratada, mejorando el manejo de los costos y los recursos, partiendo de la premisa de que éstos son escasos.

3.2 Específicos

- Demostrar que la calidad del agua presenta deficiencias, y comprobar que con este sistema de control la calidad puede mejorar en un 50%, específicamente en el parámetro de partes por millón (ppm) que debe contener el agua tratada con Hipoclorito de Sodio.
- Determinar el lugar ideal donde se ubicará el sistema de control de Hipoclorito de sodio.
- Evaluar una propuesta para el diseño de filtros de apoyo al sistema de control de hipoclorito de sodio en la planta de tratamiento que pueda ayudar a mejorar la calidad de agua.
- Lograr que con este nuevo sistema los gastos que se incurren en el tratamiento de agua con hipoclorito de sodio disminuyan en al menos 10%.
- Utilizar alguna norma específica para el proceso, la cuales servirán para configurar los parámetros de esta maquinaria.
- Evaluar financieramente la viabilidad del proyecto utilizando la metodología de la Tasa Interna de Retorno

IV. Planta de Tratamiento de Industrias Licoreras de Guatemala

4.1 Industrias Licoreras de Guatemala

Industrias Licoreras de Guatemala, Sociedad Anónima (ILG, S.A.), es una empresa que produce ron y aguardientes añejos a partir de mieles extraídas de la caña de azúcar. Esta institución cuenta con más de 100 años de existencia en el mercado guatemalteco y se ha caracterizado por la calidad de sus productos y sus recetas que han perdurado a través de los años.

La corporación cuenta con varias empresas que están dedicadas únicamente a la producción de ron y aguardientes, desde el ingenio hasta la distribuidora son parte de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.

Posee productos de calidad internacional, donde el producto estrella es Ron Zacapa Centenario, además de los productos Ron Botrán 12 años, Ron Botrán 8 años y Ron Botrán Oro.

A lo largo del tiempo, Industrias Licoreras se ha caracterizado por su responsabilidad y compromiso con el manejo sustentable de los recursos. Actualmente la empresa se encuentra en una transición de compañía responsable de las leyes y normas, a una renovada que priorice la Responsabilidad Social, en donde se demuestra la madurez moral y ética de la corporación.

Como parte de esta transición, es muy importante contar con un desarrollo sostenible, el cual establece que una empresa debe ser rentable al mismo tiempo en donde se cuida el medio ambiente y el desarrollo social.

Como parte de la Responsabilidad Social Industrias Licoreras de Guatemala, está buscando implementar proyectos que mejoren sus productos y que sus procesos no sean agentes contaminantes del medio ambiente de Guatemala. Dentro de los proyectos más emblemáticos se encuentra la campaña verde de Scandia, en donde se busca el reciclaje de las botellas de polietileno tereftalato (PET); programas de reforestación; el Reto Licorero, en donde los empleados donan parte de su sueldo para proyectos de desarrollo social.

Esta empresa ha demostrado su interés por un mejor país, por lo que se encontró un área bastante atractiva para realizar un cambio que pretende contribuir al cuidado del medio ambiente. El área de oportunidad se encuentra en la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro de Producción Mixco, en donde se detectó la posibilidad de instalar controles estrictos sobre los químicos utilizados, así como el diseño de nuevos artefactos que puedan adaptarse a las necesidades de tratamiento de esta planta de aguas residuales.

El agua que es tratada en esta planta es devuelta a la cuenca del Lago de Amatitlán, recurso hídrico que se ha visto afectado por las aguas residuales de todas las plantas localizadas en el departamento de Guatemala.

4.2 Responsabilidad social

4.2.1 Responsabilidad social de Industrias Licoreras de Guatemala. En los últimos años, Industrias licoreras se ha caracterizado por su compromiso con la rentabilidad y el crecimiento sostenible, llevando a cabo proyectos verdes cuya finalidad es ayudar a mejorar la calidad de vida de la sociedad guatemalteca. La visión de la empresa: ***“Ser la organización líder en la elaboración y comercialización de los más finos rones añejos y otros productos, para el mundo que disfruta de la excelencia¹”***, refleja su intención de mejorar cada día agregando valor a sus productos. De acuerdo con su misión ***“Satisfacemos los gustos más exigentes alrededor del mundo con los rones añejos y otros productos, de la más alta calidad y excelencia, innovando constantemente con un equipo comprometido a una rentabilidad y crecimiento sostenido, con responsabilidad social.”²***, se puede observar el compromiso con el medio ambiente sin descuidar su rentabilidad. Pero ¿qué es Responsabilidad social?, según el Libro Verde de las Comunidades Europeas, la Responsabilidad social se define como: ***“La integración voluntaria por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medio ambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus interlocutores³”***.

¹ Industrias Licoreras de Guatemala

² Industrias Licoreras de Guatemala

³ Libro Verde de la Comunidad Europea - Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas, Julio 2001

Industrias Licoreras de Guatemala se encuentra en un periodo de transición y con el paso de los días se orienta hacia el crecimiento sostenible que integra tres aspectos importantes: Social, económico y ambiental; en donde debe buscarse el equilibrio de estos tres pilares sin dañarse entre sí.

Los valores de la empresa son:

- *integridad y confiabilidad*
- *responsabilidad*
- *respeto*
- *actitud positiva*
- *trabajo en equipo*
- *innovación y creatividad*
- *compromiso con la excelencia*

Por lo tanto, el presente proyecto puede ayudar a cimentar de forma integral los tres aspectos del crecimiento sostenible, siguiendo siempre la visión y misión de la empresa sin olvidar los valores que han logrado formar a lo largo de su historia en el mercado de Guatemala, específicamente en el mercado de fabricación de bebidas.

El proyecto tiene como fin mejorar la calidad del agua, disminuir el impacto en el medio ambiente y reducir los costos de operación. Este proyecto es parte de la Responsabilidad social de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.

4.3 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de ILG, S.A.

El agua que ingresa a la planta de tratamiento procede en su mayoría del lavado de envases, el cual es parte del proceso de producción de ron y aguardientes añejos. El agua se toma del pozo propio de la empresa para luego ser utilizada en la planta de tratamiento y posteriormente se usa en lavado de botellas y elaboración de los productos. Al agua que se utiliza para el lavado de envases se le agrega soda cáustica, con el cual la empresa se asegura de que los envases cumpla con las medidas higiénicas necesarios para el envasado de licores. La soda cáustica elimina todos los residuos de etiquetas y materiales extraños que puedan tener los envases de vidrio, los cuales son retornables. El lavado se utiliza únicamente para envases

que no serán exportados, por lo tanto es indispensable que el lavado sea eficiente, cumpliendo así la política de calidad e inocuidad que posee la empresa. El agua que ingresa a las lavadoras tiene una concentración variable de soda cáustica.

Los envases son lavados y desinfectados, para luego pasar al envasado, por lo que el recipiente debe ir completamente limpio.

Para no desperdiciar este vital líquido, el agua que contiene soda caustica es utilizada varias veces. Cuando la concentración de soda es muy alta se producen distintos efectos sobre los envases por ejemplo grietas o quemaduras en su estructura, si esto sucede el agua debe ser desechada para que no se destruyan los envases retornables. Al desechar el agua se transporta a la planta de tratamiento de aguas, este liquido no debe llegar a la cuenca del lago porque puede ser toxica para el consumo humano y la vida acuática.

En el proceso de fabricación también se utiliza agua, la cual es transportada a la planta de aguas residuales para su tratamiento. En este departamento se utiliza carbón activado para filtrar el agua, una vez utilizado es vertido al drenaje que se dirige a la planta de tratamiento.

También las aguas negras procedentes de la planta de Fabricación son vertidas en las tuberías que ingresan a la planta de aguas residuales.

Por lo tanto, a la planta de tratamiento de aguas residuales ingresan en mayor proporción el agua procedente del lavado de envases, y en una cantidad menor, el agua del departamento de fabricación y de los sanitarios cercanos a la planta.

Cuando las aguas residuales ingresan al tratamiento se les agrega ácido clorhídrico, H_2SO_4 , por medio de un aparato diseñado para controlar la cantidad exacta de ácido que debe inyectarse al agua. Este ácido reacciona con la soda cáustica, provocando el equilibrio del pH. Una vez equilibrado el pH, ingresa al tanque de eculización, y por medio de inyección de aire se contribuye al crecimiento de bacterias que ayudan a separar los compuestos orgánicos presentes en el agua. En este tanque se puede observar que existen partículas de carbón activado disueltas en el agua, éstas se separan por medio de gravedad, depositándose en el fondo del tanque y generando lodos activados, los cuales también contribuyen a la limpieza del agua. Estos lodos activados son la fuente de limpieza de esta planta de tratamiento, ya que si no existieran no se podrían eliminar los compuestos orgánicos presentes por medio de los

procedimientos actuales. Al mismo tiempo, en este tanque también se termina de equilibrar el pH por medio del ácido que se inyectó en el tanque de acumulación y bombeo.

El agua se transporta los siguientes dos procedimientos: los tanques de aireación. En este proceso se les inyecta nuevamente aire para contribuir al crecimiento de más bacterias que ayudarán a eliminar los residuos biológicos y químicos que contenga el agua.

Los lodos activados siguen estando presentes en estos tanques, contribuyendo así a eliminar cierta parte de los organismos extraños que contiene el agua. Seguidamente, el agua procedente de estos últimos tanques ingresa a un tanque de clarificación, en donde con ayuda de la física, los desechos con menor densidad que el agua, flotan a la superficie. Muchas partículas físicas ajenas a la composición de agua quedan dentro de este tanque y el agua restantes es transportada al siguiente procedimiento.

Es de notar que en este punto el agua tiene características desagradables y posiblemente una alta cantidad de organismos patógenos. Cuando el agua presenta características desfavorables para sea devuelta al drenaje, se transporta a un tanque de lodos, en donde nuevamente se cumple el proceso de purificación por medio de los lodos activados y generación de bacterias. El agua nuevamente es transportada a los tanques de aireación para cumplir el mismo proceso que se describió anteriormente. Cuando el agua ya presenta ciertas características adecuadas para su devolución al cauce sale del tanque de clarificación en este punto se le agrega Hipoclorito de Sodio, el cual es encargado de desinfectar y eliminar los organismos patógenos que contiene el agua y que fueron parte del proceso de desinfección. Es de notar que en este paso no existe un control estricto del cloro que debe agregarse al agua para generar un residual igual a 0.5 ppm, en caso contrario el mínimo permisible es de 0.2 ppm y un máximo de 0.5 ppm según la norma establecida por la Organización Panamericana de la Salud (*ver anexo A*). Luego el agua se transporta al tanque de decantado para ser arrojada a un río que se dirige al Lago de Amatitlán.

4.4 Tratamiento de aguas negras

Las aguas negras son todas aquellas que fueron utilizadas para el consumo del ser humano en distintas actividades, las cuales poseen ciertas características que la diferencian de la que se encuentra en estado natural. Dentro de estas características se encuentra la disolución de sólidos de origen humano, distintos niveles de pH, residuos de actividad industrial y poseen ciertas sustancias tóxicas para el medio ambiente.

Un concepto más claro la da Herman E. Hillebo en su Manual para tratamientos de aguas negras <<las aguas negras son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas habitación, edificios comerciales e institucionales, junto con los provenientes de establecimientos industriales, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse>> (Hilleno, 1969)”

Las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser capaces de producir agua de alta calidad, independientemente de cuál sea la demanda de líquido o en qué lugar desembocarán. Por esto es importante mantener altos estándares de control dentro de estas plantas, para que se garantice la correcta aplicación de químicos dentro del proceso, ya que si existe un exceso de químicos, son nocivos para la naturaleza; y si existe escasez de ellos, generan una calidad inaceptable. También es importante recalcar la importancia de la calidad del agua de salida, por tal razón se buscará el diseño de un sistema de filtración, el cual será posible instalarlo al final de la planta de tratamiento, mejorando así su aspecto.

Para el tratamiento existen varias fases, en las cuales cada una tiene su respectiva función. Este trabajo se enfocará en la búsqueda de un filtro que se pueda adaptar a las necesidades y dimensiones de la planta, y será instalado en la última fase del proceso, la cual es desinfección del agua tratada. Existen diferentes métodos para la desinfección, dentro de los cuales está el filtro de arena, los cuales son muy eficaces para eliminar olores y virus, pero el producto final contiene agentes patógenos y bacterias que necesitan ser eliminadas. Es importante mencionar que es imposible esterilizar el agua para matar a todos los microorganismos, ya que la alta concentración de químicos usados en el proceso la harían muy desagradable y peligrosa para el medio ambiente.

Los filtros de arena son muy efectivos para disminuir la turbiedad del agua, y eliminar olores. Pero al final del proceso de tratamiento, el agua presenta características no adecuadas para el medio ambiente, es necesario buscar algún tipo de filtro que pueda cumplir con el objetivo principal: mejorar la calidad de salida del agua tratada.

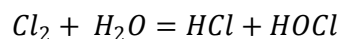
Para asegurar que los patógenos se mantengan en el nivel adecuado y estable el agua debe terminar su tratamiento utilizando los métodos de desinfección más comunes y efectivos, dentro de los cuales está el ozono, la cloración y la radiación ultravioleta.

El ozono posee propiedades oxidantes, y utiliza en ambientes en donde el agua contiene cierta cantidad de cloro, produce olores y sabores desagradables. La mayoría de ocasiones este método, se combina con carbono activado, un eliminador de olores bastante eficiente. Este proceso es poco utilizado por sus altos costos y debe ser producido *in situ*, lo cual contribuye al aumento de probabilidades de desarrollar agentes biológicos que produzcan olores y sabores desagradables.

El cloro está disponible en estado gaseoso, líquido o sólido. Es bastante práctico de manejar y de añadir al agua, y posee un alto índice de solubilidad. Su costo es considerablemente bajo comparado con los otros métodos de desinfección. Los residuos que este químico deja, siguen destruyendo los microorganismos mucho tiempo después de la inyección en la planta de tratamiento. Aunque se considera que este químico no es tóxico para el ser humano, sí lo es para los microorganismos presentes en las aguas residuales. Sin embargo, existen estudios que demuestran que existe una relación entre el cáncer de próstata y el cloro existente en el agua. Este tema se investigará a fondo más adelante.

El sistema de cloración debe ser controlado para que no exista un aumento del residual, debido a que este químico es bastante tóxico en su manejo, además que produce un gas venenoso. Actualmente existe interés en producir el cloro *in situ* por la oxidación electroquímica de salmuera, lo cual eliminaría los riesgos por transporte y manejo. Existe cierta preocupación por los posibles subproductos que se puedan, generar como el clorito, clorato, perclorato, bromato y compuestos orgánicos clorados, ya que resultan nocivos para la salud del ser humano.

La química del cloro es bastante compleja y esencialmente con el Cl_2 el cual reacciona con el agua, para generar ácido hipocloroso y ácido clorhídrico.



El cloro no es un desinfectante tan agresivo como el ozono, y un gran número de patógenos resisten a la cloración. Efectivamente, la eliminación de todos los coliformes presentes no indica necesariamente que todos los demás microorganismos patógenos han sido disueltos (LeChavallier, 1990).

El método de la radiación ultravioleta es emitido por lámparas especiales, el cual es efectivo para eliminar todos los microorganismos siempre y cuando el tiempo de exposición a este tratamiento sea el adecuado. Este sistema, que consiste en lámparas encerradas en cámaras de acero inoxidable, se utiliza en empresas pequeñas, cuando la posibilidad de contaminación después del tratamiento es muy baja.

4.5 Filtros de arena y grava en las plantas de tratamiento

La tecnología más antigua conocida para el tratamiento de aguas son los filtros de arena. Si este se diseña y se mantiene en óptimas condiciones, produce agua de una calidad bastante alta. Estos filtros son utilizados para mejorar la calidad del agua de la forma más natural posible, debido a que no se utilizan químicos que puedan ser dañinos para el ambiente y peligrosos en su manejo

Los filtros de arena son camas de material granulado que se usan por lo general para filtrar afluentes de tanques sépticos u otros procesos de tratamiento de agua.

Las aguas negras nunca deben entrar a las aguas superficiales, a los arroyos o cuerpos de agua sin antes recibir un tratamiento para eliminar los residuos industriales que puedan dañar al medio ambiente y a las personas que puedan consumir el agua.

El tipo de filtro de arena es una caja hecho de hormigón, cemento o material plástico, generalmente PVC. Dicha caja se encuentra llena de distintos tipos de materiales arenosos. En general para instalar un filtro de arena se necesitan ciertas consideraciones:

- La fuente: es el agua que ingresa al sistema y se debe tener conocimiento sobre su procedencia y sus características principales como caudal, máximo y mínimo. En ILG, el agua proviene de las lavadoras de la planta de envasado y fabricación, y también de

algunos drenajes de la misma planta. Aproximadamente el caudal varía entre $200 m^3$ a $300 m^3$, el cual es el máximo que puede soportar la planta de tratamiento.

- Calidad del agua a tratar: se debe tener conocimiento sobre la turbiedad, color real y coliformes fecales. A continuación se presenta una tabla que puede servir de guía para el conocimiento de estos parámetros.

Rango	Parámetro promedio
Bajo	Turbiedad < 10 UNT
	Coliformes fecales < 500 UFC/100 ml
	Color real < 20 UPC
Intermedio	Turbiedad < 10-20 UNT
	Coliformes fecales < 500-10,000 UFC/100 ml
	Color real < 20-30 UPC
Alto	Turbiedad < 20-70 UNT
	Coliformes fecales < 10,000-20,000 UFC/100 ml
	Color real < 30-40 UPC

4.5.1 Sistema de filtración por múltiples etapas (FiME). La filtración por múltiples etapas es un sistema en donde se utilizan pre tratamientos simultáneos combinados entre unidades de filtración de grava (FGDi y FG) y filtración lenta de arena (FLA) con el fin de obtener agua tratada de la mejor calidad utilizando el mínimo componente químico para el proceso.

4.5.2 Filtración de Grava Dinámica (FGDi). Estos filtros contienen una capa delgada de grava fina, el cual posee un grosor entre los 6 y 13 milímetros, sobre un lecho de grava más grueso comprendido entre los 13 y 25 milímetros, y al fondo se coloca un sistema de drenaje.

Este tipo de filtro es utilizado para reducir la turbiedad y se utiliza como pre tratamiento para protección de las unidades siguientes.

4.5.2.1 Filtración Gruesa (FG). Estos filtros pueden ser de uso horizontales o vertical. Consiste en un compartimiento que se ubica en el lecho filtrante de la grava. Este tipo de filtración se utiliza para retener partículas muy grandes y debe tener un mantenimiento constante para un mejor funcionamiento.

4.5.2.2 Filtración Lenta por Arena (FLA). Este sistema de filtraje es resultado de mecanismos químicos y físicos los cuales interactúan para mejorar la calidad microbiológica del agua. Consiste un tanque con un lecho de arena el cual se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo descendente posee una velocidad de filtraje que debe ser controlada preferiblemente al inicio del tratamiento.

4.5.2.3 Filtración por carbón activado. A la filtración por carbón activado se le llama absorción. En este proceso, las impurezas que pueda contener el agua se adhieren a la superficie del carbón, la cual es gobernada por la atracción electro-química.

El carbón activado es preparado a partir de carbón, madera, cáscaras, turba y petróleo, combinación que se eleva a los 1000 grados Celsius en ausencia de oxígeno. Al final del proceso se generan millones de poros microscópicos en la superficie del carbón. La enorme área superficial proporciona propiedades de absorción y es excelente para retener moléculas pesadas de los compuestos orgánicos aromáticos. Debido a esta propiedad, los filtros de carbón activado son muy eficientes para eliminar olores y partículas microscópicas que puedan estar disueltas en el agua.

El proceso de absorción del carbón activado trabaja como un imán, el cual mantiene las impurezas en la superficie. Este tipo de absorción es muy diferente a la absorción por esponja, gas o líquido, ya que esta clase de absorción las impurezas hasta el centro del cuerpo poroso y las mantiene allí. Este material es excelente para eliminar el cloro, el olor y los distintos sabores que pueda contener el agua. También son excelentes para remover compuestos orgánicos volátiles que se evaporan fácilmente. Este proceso es realizado por reducción química.

4.6 El Hipoclorito de Sodio en las plantas de tratamiento

El hipoclorito de sodio o comúnmente llamado cloro, es un agente altamente oxidante que se utiliza para desinfección y eliminación de agentes patógenos en el agua. Desde su descubrimiento en el siglo XVI ha obtenido un importante lugar en los hogares y en la industria, ya que es utilizado para distintos productos y por ser un químico con bajo costo de fabricación, es el más utilizado para tratar aguas residuales.

Comúnmente este químico se debe agregar en la parte final de todo el tratamiento, ya que el tiempo de reacción para la desinfección es de aproximadamente 15 minutos, por lo que se debe agregar en una fase estable y con flujos bastante lentos. Además debe inyectarse en cantidades adecuadas, en donde el cloro residual no debe sobrepasar las 0.5 ppm, este tema se explicará más adelante.

El método de cloración es el más utilizado, pero como el cloro reacciona con la materia orgánica en las aguas de desecho y en el agua superficial, produce pequeñas cantidades de hidrocarburos cancerígenos. Otros desinfectantes como el ozono, el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) y luz ultravioleta empiezan a ser empleados en algunos lugares, pero son más costosos que el de cloración.

El proceso más utilizado para la desinfección del agua es la cloración porque se puede aplicar a grandes cantidades de agua y es relativamente barato. El cloro proporciona al agua sabor desagradable en concentraciones mayores de 0.2 ppm, aunque elimina otros sabores y olores desagradables que le proporcionan diferentes materiales que se encuentran en el agua. Aunque el cloro elemental o en forma atómica se puede usar para la desinfección del agua, son más utilizados algunos de los compuestos de cloro como el ácido hipocloroso, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el peróxido de cloro.

El cloro tiene una acción tóxica sobre los microorganismos y actúa como oxidante sobre la materia orgánica no degradada y sobre algunos minerales. El cloro no esteriliza porque aunque destruye microorganismos patógenos no lo hace con los saprofitos.

La necesidad de controlar y utilizar los recursos, eficientemente el nacimiento de la conciencia y el compromiso del cuidado medio ambiental, ha llevado a la creación de nuevas

tecnologías capaces de mejorar el manejo del hipoclorito de sodio, disminuyendo así las cantidades residuales de este químico, el impacto que esto pueda generar en el medio ambiente y aumentando la seguridad laboral dentro de la empresa que utilice estas tecnologías. El control de los procesos se ha comprobado que acarrea disminución de costos, mejor aprovechamiento de los recursos, aumento de capital de inversión y mejor calidad de los productos.

4.7 Contaminación por las aguas residuales

Toda agua residual tiene un efecto sobre el cuerpo hídrico en el cual desemboca, sin embargo se dice que el agua residual tiene un efecto de polución cuando se introducen condiciones o características que hacen que el cuerpo receptor sea inaceptable para su posterior utilización. A continuación se presenta una tabla donde se exponen los efectos principales de los agentes de polución de las aguas residuales.

Tabla 1
Efectos indeseables de las aguas residuales por contaminante

Contaminante	Efecto
Materia orgánica biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición de los lechos de ríos, si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; cubre el fondo e interrumpe la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimenticia.
Sustancias corrosivas, cianuros, metales, fenoles	Extinción de los peces y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la auto purificación.
Microorganismos patógenos	Las ARD pueden transportar organismos patógenos, los residuos de curtiembre ántrax.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor	El incremento de temperatura afecta a los peces, el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para su uso.

Continuación Tabla 1

Contaminante	Efecto
Sustancias y factores que afectan el equilibrio biológico	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc.
Constituyentes minerales	Aumentan la dureza, limitan los usos industriales sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o vegetación, contribuyendo a la eutrofización del agua.

Nota Fuente: **Rojas, Jairo Alberto Romero.** *Tratamiento de Aguas Residuales.* Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000

Tabla 2
Contaminantes de importancia en las aguas residuales

Contaminante	Causa de su importancia
Sólidos suspendidos	Pueden conducir al desarrollo de depósitos de lodos en condiciones anaeróbicas cuando se descargan AR crudas en un medio acuático.
Materia orgánica biodegradable	Está compuesta principalmente de proteínas y grasa. Se mide en términos de DBO y DQO por lo general. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del OD de la fuente y desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Producen Enfermedades.
Nutrientes	El C, N, P son nutrientes. Cuando se descarga en las aguas residuales pueden producir crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando se descarga en cantidades excesivas sobre el suelo pueden producir polución del agua subterránea.
Materia orgánica refractaria	Resiste tratamiento convencional como detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Proviene de las aguas residuales comerciales e industriales y es posible que deban ser removidos para la reutilización del agua.

Continuación Tabla 2

Contaminante	Causa de su importancia
Sólidos inorgánicos disueltos	Algunos como el calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro domestico original como resultado del uso y es posible que deban ser removidos para rehusó del agua.

Nota Fuente: **Rojas, Jairo Alberto Romero.** *Tratamiento de Aguas Residuales.* Colombia : Escuela Colombiana de Ingenieria, 2004.

4.8 Riesgos del Cloro

Cada año, 1,500,000 personas padecen de enfermedades evitables transmitidas por el agua contaminada tales como cólera, fiebre tifoidea, disentería, giardiasis, esquistosomiasis y hepatitis A. La Organización Mundial de la Salud (OMS), calcula que al año mueren alrededor de nueve millones de personas, esto quiere decir unas 25,000 personas diarias.

Según proyecciones de la OMS, para el año 2025 las personas padecerán de una carencia significativa de agua potable, y el incremento desmedido de la población, está aumentando la utilización de este recurso. También ha aumentado la introducción de residuos agrícolas e industriales, los cuales están disminuyendo las capas de este valioso recurso fundamental para la vida.

En el año de 1900, se introdujo el sistema de cloración del agua, lo cual disminuyó drásticamente las enfermedades que se generaban por ingerir agua contaminada. Pero en los países en vías de desarrollo, este problema sigue latente creando problemas sanitarios y de salud.

Además de proveer protección contra los patógenos virales y bacterianos, los desinfectantes a base de cloro también mejoran la estética del agua, que puede ser deteriorada por algas y materia orgánica en descomposición causando cambios en su color, sabor, y olor. El cloro evita que las bacterias se reproduzcan agregando un nivel residual de desinfectante en el sistema de distribución. En muchas áreas, tanto de los países desarrollados como de países en vías de desarrollo, los sistemas de distribución de agua potable no han sido reemplazados o vueltos a revestir, lo cual hace que frecuentemente tengan óxido, escamas, presenten

formación de bio-películas, fugas y grietas que pueden llevar a eventos de re-contaminación, comprometiendo la calidad del agua. Esta es la razón por la que es importante contar con cierto nivel de desinfectante residual.

Sin embargo, aunque el tratamiento con cloro ha sido beneficioso para la protección contra los patógenos, estudios recientes han encontrado una relación entre problemas de fertilidad, desarrollo fetal y la ingesta de cloro, así como un posible efecto a largo plazo de padecimiento de cáncer.

4.8.1 Riesgos para la Salud Humana. El problema surge cuando el cloro se añade al agua que contiene materias orgánicas naturales, tales como los ácidos húmico y fúlvico de plantas podridas, u otros residuos orgánicos. En el medio ambiente del agua, el cloro reacciona con los agentes orgánicos para formar productos derivados, también llamados PDD's, como los Trihalometanos o THMs. Los principales THMs que causan preocupación son:

- Cloroformo ($CHCl_3$)
- Bromoformo ($CHBr_3$)
- Bromodiclorometano ($CHCl_2Br$)
- Clorodibromometano ($CHClBr_2$)

Las principales preocupaciones que existen sobre los PDDs incluyen daño en las funciones reproductoras, es decir, disminución en la fertilidad, malparto, lesión en el desarrollo fetal dentro del útero y después del parto, y desarrollo de cáncer.

Durante la última década, se llevaron a cabo numerosos estudios para evaluar la toxicidad de los PDDs. Estos estudios incluyeron tanto a sujetos humanos como animales. En 1998, la noción percibida era que la exposición al agua clorada no podía ser definitivamente ligada a efectos adversos en la reproducción o el desarrollo fetal, a los niveles recomendados para el agua distribuida. Las agencias de salud estadounidenses, incluyendo a la Sociedad Americana para Microbiología (ASM) y la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. (USEPA), apoyaron esta conclusión. Estudios más recientes han mostrado asociaciones moderadas entre los PDDs y un peso bajo de nacimiento, defectos del tubo neural y abortos espontáneos.

En cuatro estudios realizados en Iowa, Norte de Nueva Jersey, Denver y Nueva Escocia, se mostró una leve asociación entre los PDDs y un peso bajo de nacimiento, mientras dos de los estudios (Nueva Jersey y Nueva Escocia) indicaron una asociación con los defectos del tubo neural y defectos de fisuras. Dos estudios más (Norte de Nueva Jersey y Nueva Jersey) estuvieron en conflicto con respecto a una asociación con efectos cardíacos, mientras que otro mostró una asociación con el aborto espontáneo (California). Con respecto a la muerte fetal, no pudo hacerse ninguna correlación consistente (Norte de Nueva Jersey y Nueva Escocia). (Reynolds, Desinfeccion con Cloro y Riesgos de los Productos Derivados de la Desinfeccion, 2002)

Se espera que la continuación de los estudios muestre de manera más definitiva los niveles de exposición y los resultados asociados con la salud por la exposición a PDDs. Además, aún existen preguntas con respecto a los efectos tóxicos de la exposición a múltiples PDDs a través del tiempo. Mientras continúa la investigación, las agencias de salud están tomando un enfoque proactivo sugiriendo niveles seguros de ingestión para varios PDDs. Por ejemplo, la USEPA recientemente redujo el Nivel Máximo Contaminante de los THMTs de 100 partes por billón (ppb) a 80 ppb. La Organización Mundial de la Salud (OMS) examina la evidencia para riesgos tóxicos de los PDDs y recomienda tasas aceptables de ingestión diaria para varios de estos. (Reynolds, Desinfeccion con Cloro y Riesgos de los Productos Derivados de la Desinfeccion, 2002)

Los oficiales de salud pública advierten que los riesgos a la salud de los THMs son pequeños comparados con los riesgos asociados con las enfermedades propagadas a través del agua. De tal manera que es importante continuar con el proceso de desinfección, a menos que éste pueda ser sustituido por una alternativa efectiva para asegurar un suministro de agua más seguro. Tomemos en cuenta la situación en Perú en 1991, donde los procesos de cloración fueron detenidos en parte debido a la preocupación con respecto a los efectos potenciales a la salud de los THMs. El resultado de esto fue el primer brote de cólera en la región desde principios del siglo, el cual duró cinco años. La epidemia de cólera en Latinoamérica ocasionó más de 1 millón de casos y 13,000 muertes. En los países desarrollados, el agua que contiene más de 80 ppb de THMTs es considerada inaceptable para consumo. Sin embargo, los suministros alternos pueden no estar accesibles. (Reynolds, Desinfeccion con Cloro y Riesgos de los Productos Derivados de la Desinfeccion, 2002)

4.8.2 Manejo del Hipoclorito de Sodio. Antes de conocer las medidas de seguridad necesarias, se debe estudiar la ficha técnica del químico, para saber cómo tiene que ser manejado y qué tipo de riesgos presenta para el personal que lo utilizará como desinfectante de aguas residuales.

Tabla 3
Datos generales del Hipoclorito de Sodio

Datos de la sustancia	
Nombre del producto	Solución de Hipoclorito de Sodio (12% al 18%)
Formula química	NaOCl
Familia química	Oxisales
Nombre comercial	Hipoclorito de Sodio
Sinónimo	Blanqueador, Agua de Javea

Tabla 4
Propiedades físicas y químicas del Hipoclorito de Sodio

Propiedades físicas y químicas	
Temperatura de ebullición:	Se descompone a mas de 40°C
Temperatura de fusión	- 13.9 hasta -26.9 °C (7.0 hasta -16.5 °F)
Temperatura de inflamación	No aplica, no es combustible
Temperatura de auto ignición	No aplica, no es combustible
Densidad	1.17 a 1.25 gr/ml
pH	11-13
Peso molecular	74.4
Aroma	Penetrante parecido al cloro
Velocidad de evaporación	ND
Solubilidad	100% en agua
Presión de vapor	3.7 a 100 mmHg @ 9 a 48 °C; 12.5 % w/w
Porcentaje de volatilidad	NA
Límite inferior de explosividad en aire	No aplica, no es combustible
Límite superior de explosividad en aire	No aplica, no es combustible
Estado físico	Líquido
Color	De verde a amarillo

Nota Fuente: Industria Química del Istmo S.A de C.V

4.8.3 Riesgos de fuego o explosión. El hipoclorito de sodio es un oxidante muy fuerte, pero no presenta mayor peligro por combustión. Este químico en contacto con materiales orgánicos, compuestos clorados o compuestos fácilmente oxidables puede ser explosivo. También en presencia de calor, puede liberar gas cloro, causando un aumento de presión y posteriormente una explosión. El gas cloro es un elemento totalmente nocivo para la salud humana.

4.8.4 Estabilidad y reactividad. El hipoclorito de sodio puede descomponerse en productos peligrosos los cuales son Oxido de sodio, oxígeno, cloro, clorato de sodio, clorato de hidrogeno y óxidos de cloro.

Este químico es estable a temperatura ambiente. La estabilidad de la solución puede variar bajo condiciones: Concentración, impurezas metálicas, catalizadores, pH, temperatura, fuentes de luz, contenido de iones, impurezas orgánicas. Se debe mantener alejado de la luz solar, fuentes de calor y luz ultravioleta. Se debe evitar la evaporación y el contacto con los demás productos incompatibles, los cuales se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5.
Incompatibilidad del Hipoclorito de sodio

Sustancias Incompatibles		Efectos por mezcla
Ácidos: compuestos ácidos y compuestos de limpieza de base acida		
Sulfato de Aluminio Cloruro de Aluminio Cloruro Ferroso o Férrico Sulfato Ferroso o Férrico Solución clorada de sulfato férrico Limpiadores para ladrillo y concreto	Ácido clorhídrico Ácido Sulfúrico Ácido Fluorhídrico Ácido Fluorisilícico Ácido Fosfórico	Liberación y descarga de Gas Cloro
Productos de limpieza que contengan aminios:		
Hidróxido de amonio Cloruro de amonio Silicofluoruro de amonio	Sulfato de amonio Sales de amonio cuaternarios	Formación de mezclas explosivas. Liberación o descarga de cloro u otros gases peligrosos

Continuación Tabla 5

Sustancias Incompatibles		Efectos por mezcla
Químicos orgánicos y mezcla de químicos:		
Solventes, productos de limpieza que utilicen solventes en sus bases Combustibles y aceites aminas	Propano Polímero orgánico Etanodiol Insecticidas Metanol	Formación de mezclas explosivas. Liberación o descarga de cloro u otros gases peligrosos. Formación de materia orgánica con cloro
Metales		
Cobre Níquel Cobalto Hierro		Generalmente no se produce desprendimiento agresivo de oxígeno, pero se puede pasar el límite de presión de un sistema cerrado y provocar una ruptura del mismo.
Peróxido de Hidrogeno		Puede producirse en desprendimiento violento de oxígeno
Agentes reductores como:		
Sulfito de Sodio Bisulfito de Sodio	Hidrosulfito de Sodio Tiosulfito de Sodio	Desarrolla un calor intenso, puede hervir y salpicar

Nota Fuente: **Industria Química del Istmo S.A de C.V.** Ficha técnica de manejo del Hipoclorito de Sodio

4.8.5 Riesgos a la salud. El hipoclorito de sodio es altamente corrosivo, en contacto con ácidos, libera gas cloro tóxico. Causa quemaduras en la piel, ojos, tracto respiratorio y membranas mucosas. Dañino o fatal si se traga. Puede provocar sensibilización por contacto con la piel. Tóxico para organismos acuáticos.

En caso de ingestión, puede causar irritación, dolor e inflamación en la boca y estómago, vómito, shock, confusión, delirio, coma y en casos severos, la muerte. Puede causar una perforación en esófago o estómago.

Por inhalación, el rocío puede irritar la nariz y la garganta. Si se mezcla con ácidos, las soluciones de hipoclorito pueden liberar grandes cantidades de gas cloro. Este gas puede causar irritación severa de nariz y garganta. La exposición a niveles elevados de gas cloro puede dar como resultado un daño pulmonar severo.

Por contacto con la piel: el rocío y las soluciones de hipoclorito de sodio pueden causar irritación. En casos séveros pueden resultar en quemaduras químicas.

Por contacto con los ojos, Puede causar quemaduras severas y daños en la córnea, lo cual puede resultar en ceguera permanente.

4.8.5.1 Efectos subcrónicos. El contacto prolongado o repetido de la piel con soluciones que contengan desde un 4 a 6% de hipoclorito de sodio puede provocar una dermatitis alérgica. Los síntomas incluyen eczema crónico que produce comezón. La gente con piel sensible puede reaccionar a soluciones muy diluidas (0.04-0.06% NaOCl).

4.8.5.2 Problemas médicos existentes que posiblemente se agraven por exposición. La irritación de la piel puede agravarse en personas con lesiones pre-existentes. Respirar los vapores o rocíos puede agravar el asma agudo o crónico y las enfermedades pulmonares crónicas, como el enfisema y la bronquitis.

4.8.5.3 Carcinogenicidad. El hipoclorito de sodio no está clasificado como un químico que puede generar células cancerígenas, aunque existen estudios actuales que contradicen estas teorías. Este químico no está reconocido como carcinógeno por la IARC (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer), la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) y no está en listado como carcinógeno por el NTP (Programa Nacional de Toxicología).

4.8.5.4 Mutagenicidad. El hipoclorito de sodio produce mutaciones en células animales en corto plazo, aunque no produce mutaciones en animales vivos.

4.8.5.5 Efectos en la reproducción. El hipoclorito de sodio en dosis pequeñas pero significativas, produce mutaciones en los espermatozoides.

Tabla 6.
Toxicología del Hipoclorito de Sodio

Datos Sobre Toxicidad	TDLo (dosis publicada más baja) oralmente mujer 1 mg/kg TDLo intravenoso- hombre 45 mg/kg
Datos Sobre Irritación	Piel humana: Una solución de 4 % NaOCl aplicado a la piel por 48 horas, ocasionó efecto severo.

Nota Fuente: **Industria Química del Istmo S.A de C.V.** Ficha técnica de manejo del Hipoclorito de Sodio

4.8.5.6 Primeros auxilios. A continuación se presenta una ficha técnica de primeros auxilios, la cual puede servir como referencia en caso de accidente con el químico en cuestión.

4.8.5.6.1 General. Ante cualquier contacto se debe consultar a un médico o en caso contrario leer la siguiente ficha de primeros auxilios.

4.8.5.6.2 En caso de ingestión. No se debe inducir al vómito, si la víctima se encuentra consciente y no está convulsionando, se debe enjuagar la boca, ingerir la mayor cantidad de agua para diluir el químico. En caso de que ocurra vómito espontáneo se debe inclinar a la víctima hacia adelante con la cabeza abajo, evitando así que aspire el vómito. Transportar a la víctima a un centro médico inmediatamente

4.8.5.6.3 En caso de inhalación. Se debe transportar al aire libre a la persona que inhaló el gas, se debe proporcionar respiración artificial únicamente si la persona ha dejado de respirar. No se debe utilizar el método de boca a boca si la víctima ingirió o inhaló la sustancia. Se debe inducir la respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo equipada con una válvula de una vía u otro instrumento respiratorio médico. Se debe proporcionar resucitación Cardiopulmonar solamente si no existe pulso ni respiración. Se debe buscar atención médica inmediatamente.

4.8.5.6.4 En caso de absorción. Se debe enjuagar el área con agua corriente por un lapso de 15 a 20 minutos, se debe retirar la ropa que se encuentra contaminada, joyas y zapatos. Si en caso tal persiste la irritación, se debe repetir el enjuague. En caso de quemadura asistir al médico inmediatamente. La ropa contaminada debe desecharse de forma que se limite la exposición al químico. En caso de contacto con los ojos, debe enjuagarse inmediatamente por un periodo comprendido entre 15 a 20 minutos, mantenga los párpados abiertos durante el enjuague, y si persiste la irritación, busque atención médica inmediatamente.

4.8.5.6.5 Nota para los médicos. Tratamiento y terapia como se indica, no proporcione antídotos como ácidos, refrescos, vinagres, etc. Pueden causar neumonía si se aspira.

Si la ingestión ocurrió hace menos de 2 horas, se debe realizar un lavado gástrico cuidadoso; utilice un tubo endotraqueal, si está disponible, para evitar la aspiración.

Vigile cuidadosamente al paciente, que no tenga dificultad respiratoria debida a la neumonitis por aspiración.

Proporcione resucitación artificial y una quimioterapia adecuada si se deprime la respiración.

Después de la exposición, el paciente debe permanecer bajo supervisión médica durante un mínimo de 72 horas, ya que puede ocurrir neumonitis tardía. Es probable que se cause un edema pulmonar. Si se proporciona a tiempo la terapia con esteroides puede ser efectiva para prevenir o aliviar el edema.

4.8.1 Indicaciones en caso de derrame

- Restringa el acceso al área donde existe el derrame hasta que está este completamente limpia. La limpieza debe ser realizada por personal capacitado
- Elimine todas las fuentes de ignición (fumar, quemadores, chispas). Todo el equipo debe estar conectado a tierra y no provocar chispas.
- Se debe utilizar el equipo adecuado para el derrame, no toque el material.
- En derrames pequeños se debe cubrir el derrame con arena, tierra seca u otro material no combustible, al momento de recoger el material, se debe percatar que el objeto con el cual recoja no debe generar ningún tipo de chispas.
- Derrames grandes: Evite la entrada a drenajes y áreas confinadas. Haga un dique con material inerte (arena, tierra). Póngase en contacto con los servicios de bomberos y emergencias y con el proveedor para pedirle consejo. Recolecte el producto para recuperarlo o disponer de él bombeándolo en recipientes de polietileno. Considere la neutralización y disposición en el sitio.
- Desactivación para derrames pequeños: el hipoclorito de sodio puede descomponerse cubriéndolo con un agente reductor como el sulfito de sodio o tiosulfato de sodio.

- Químicos para la Desactivación: Utilice sulfito de sodio o peróxido de hidrógeno diluido para reducir el material. Asegúrese de que no existan residuos de cloro antes de neutralizar con una solución débil de ácido clorhídrico o sulfúrico.

4.8.2 Protección especial. Se debe utilizar lentes capaces de resistir a la salpicadura de químicos, igualmente debe cubrirse el rostro por completo. Cerca de la planta de tratamiento debe colocarse un sistema de limpieza para los ojos y unas regaderas de lavado rápido para prevenir cualquier accidente.

Utilizar ropa impermeable, incluyendo botas, guantes, bata de laboratorio, pantalones de lona para evitar el contacto directo con la piel de los trabajadores. De recomendación se deben utilizar materiales como neopreno, caucho de nitrilo, polietileno, Viton, Saranex. La resistencia de estos materiales puede variar de acuerdo a las condiciones de uso.

4.9 Riesgos para el Medio Ambiente

Es importante recalcar que el hipoclorito de sodio funciona como desinfectante, pero el exceso de este producto produce desequilibrio dentro del medio ambiente. El residual permitido de este químico no debe ser mayor a 0.5 ppm, porque existen efectos nocivos para en el manto acuífero.

La muerte de peces es el mayor peligro que ocasiona el uso excesivo de este desinfectante.

El hipoclorito de sodio se disuelve en el agua muy rápidamente, por esta razón es muy importante mantener el control de los residuos que puedan generarse, ya que la solubilidad del agua es limitada y puede incurrirse en un exceso de hipoclorito.

Otro riesgo latente es la filtración del químico en los mantos terrestres, si existe exceso, el hipoclorito de sodio puede llegar a las aguas subterráneas contaminando el agua por completo, al mismo tiempo puede ser absorbido por la tierra, logrando la infertilidad de esta para cualquier tipo de vegetación, en caso extremo para el cultivo de productos consumibles por el hombre.

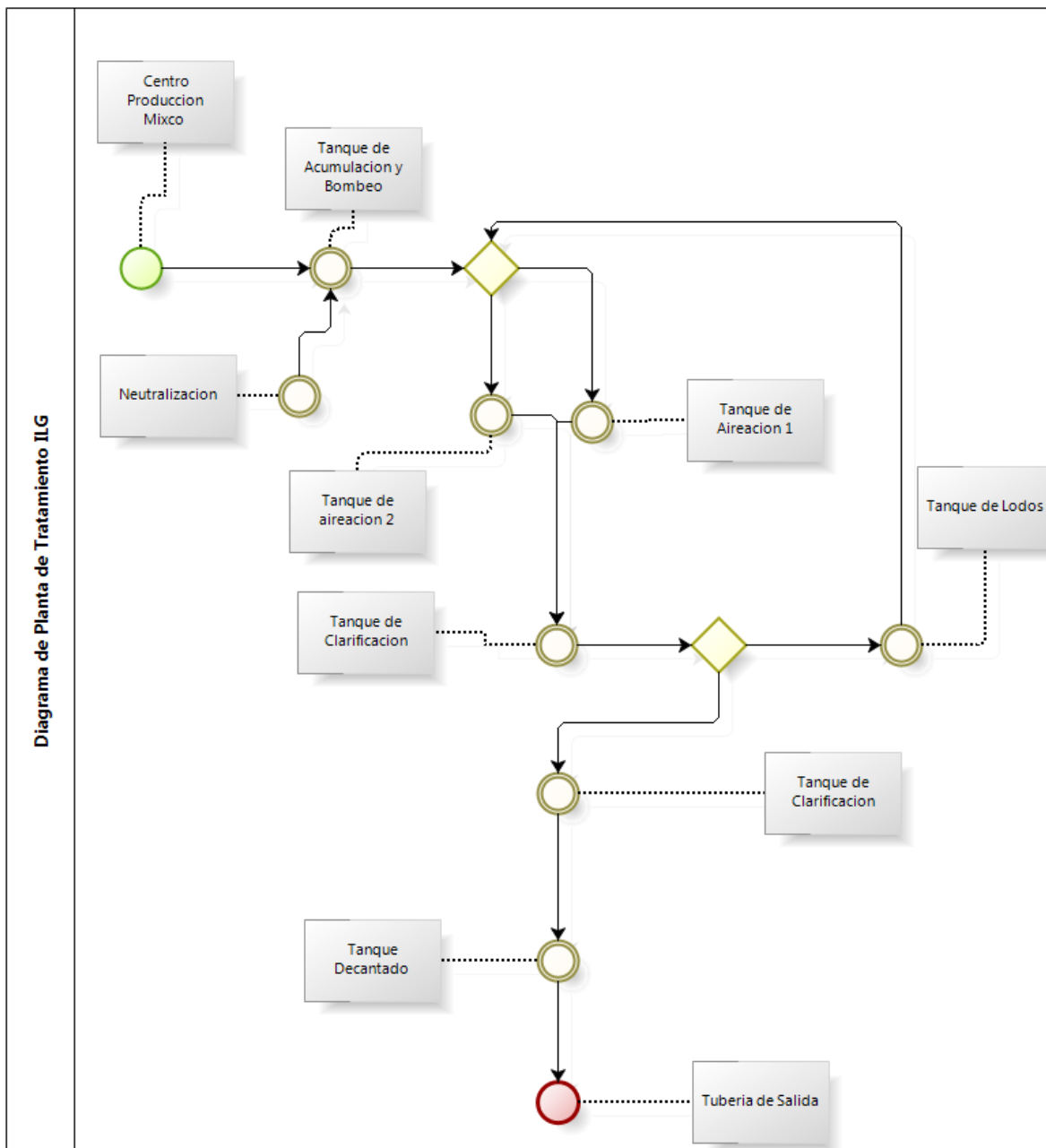
V. Gestión del Proyecto, Sistema de control de cloro y filtros

5.1 Descripción de Planta de Tratamiento de ILG, S.A.

Para mejorar un proceso se debe conocer a fondo los procedimientos que se realizan dentro de este. El fin primordial de la planta de tratamiento es producir agua de mejor calidad para que no sea dañina al ambiente natural y a las personas. En la imagen 1 y 2 se presenta un diagrama que ejemplifica la planta de tratamiento y los distintos pasos que se llevan a cabo dentro de la planta de tratamiento del Centro de Producción Mixco.

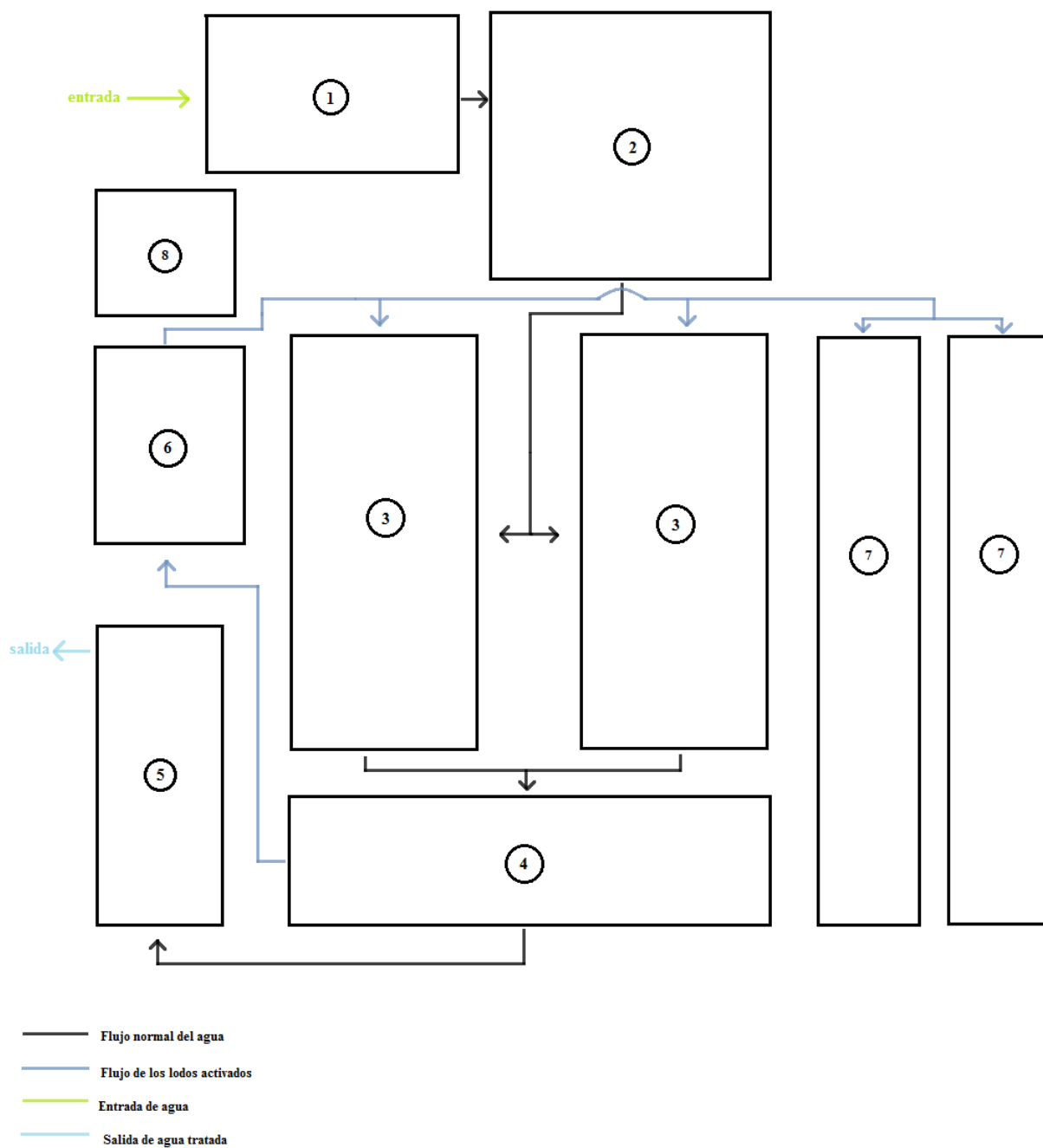
Imagen 1

Diagrama de Operaciones de Planta de tratamiento de Industrias Licoreras de Guatemala, S.A.



Observando la imagen, el tratamiento de agua está orientado a utilizar al máximo las características biológicas de los lodos activados, que son los purificadores y catalizadores del agua proveniente del Centro de Producción Mixco.

Imagen 2
Diagrama de Flujos de la Planta de Tratamiento de ILG, S.A.



1. Tanque de bombeo y acumulación: En este tanque ingresan las aguas residuales provenientes de la planta de envasado, fabricación, servicios sanitarios y drenajes. En mayor cantidad el agua proviene del lavado de envases de licor, que contiene gran cantidad de soda caustica disuelta lo que la hace toxica para el medio ambiente. Como la mayoría de los envases son retornables, muchas veces contienen materiales ajenos a la composición del agua, basura y residuos de las etiquetas que son retiradas por las lavadoras. Esta planta de tratamiento está capacitada para soportar 300 metros cúbicos diarios de agua, pero en la mayoría del tiempo, el flujo varía entre 200 a 250 metros cúbicos de agua por día, únicamente cuando se está produciendo licor.

El agua de todos los drenajes ingresa a este tanque en donde se le agrega acido clorhídrico por medio de un controlador que mide el pH del agua dentro del tanque. El agua al salir de este tanque debe tener un pH oscilante entre 6 y 8 disminuyendo así el daño al medio ambiente y personas que puedan consumir el agua.

Imagen 3
Tanque de bombeo y acumulación de ILG, S.A.



Imagen 4
Parte del Sistema de Control de Ácido Clorhídrico (BOMBAS)



2. Tanque de ecualización: En este tanque se produce la hidrólisis y acidificación del flujo de agua, las moléculas orgánicas son solubilizadas e hidrolizadas en donde se convierten en ácidos orgánicos, etano, hidrogeno y dióxido de carbono.

En esta parte del proceso, el agua procedente del tanque de bombeo y acumulación ingresa para generar parte de los lodos activados que se utilizarán en los procedimientos posteriores. Se bombea aire en el fondo del tanque para permitir que crezcan bacterias y ayudado por el carbono proveniente de la planta de fabricación se generan parte de los lodos activados.

El agua no se acumula mucho tiempo dentro del tanque, ya que únicamente se combinan los elementos.

Imagen 5
Tanque de ecualización



3. Tanques de aireación: Aquí se encuentra el corazón de todo el tratamiento del agua, se generan la mayoría de los lodos activados por medio de un bombeo excesivo de aire. Los lodos activados se encargan de eliminar la mayoría de los agentes químicos que contiene el agua en ese momento. El agua pasa la mayoría del tiempo dentro de estos tanques, ya que muchas veces vuelve a reingresar a este paso antes de ser devuelto a las tuberías que se dirigen al lago.

La cantidad de bacterias que se generan en este tanque es grande, y el agua muchas veces posee ciertas características que solo pueden presentarse en un ambiente con alto grado de concentración bacteriológica, como olor desagradable, textura viscosa, color café a negro oscuro.

Imagen 6
Tanque de aireación No. 2



4. Tanques de clarificación: Este tanque está encargado de eliminar los lodos activados del paso anterior que quedaron en la composición del agua. Como el agua es menos densa, se eleva a la superficie, quedando en el fondo la mayoría de los lodos. También se utilizan rejillas metálicas para separar sólidos muy grandes que no fueron desintegrados por las bacterias.

Este tanque es de los menos eficientes, ya que su objetivo es clarificar el agua lo mejor posible, pero muchas veces la cantidad de bacterias es demasiada, que no logran separarse y depositarse en el fondo del tanque. Por esta razón el proceso de limpieza queda incompleto y el agua que llega al lago sigue igual de contaminada, por bacterias y demás químicos que se crearon durante el proceso, como fósforo el cual es un problema ya que no se ha logrado controlar.

Los lodos activados son transportados al tanque de lodos para re-utilizarse nuevamente, este procedimiento se explicará posteriormente. El agua tratada se desplaza ahora al tanque de decantación para agregarle el último químico.

Imagen 7
Tanque de clarificación



Imagen 8
Tanque de clarificación



La falta de atención a la planta de tratamiento está generando que el proceso no sea eficiente, y no realice el trabajo de forma correcta como se puede observar en la Imagen 9, la calidad del agua en este proceso casi final no es muy buena y presenta ciertas características no aptas para devolver el agua al afluente natural.

Imagen 9
Tanque de clarificación, problemas fundamentales



5. Tanque decantado: Este tanque se encarga de separar los sólidos residuales y disminuye la velocidad del agua ya que en la entrada de agua a este tanque se le agrega el hipoclorito de sodio de una manera descontrolada y muchas veces excesiva, o lo contrario puede ser una cantidad menor a la requerida para desinfectar el agua y eliminar las bacterias que se generaron en los tanques de aireación.

Este es el último paso en el tratamiento del agua del centro productivo, y por ende el agua que se deriva de este paso debe ser la más purificada posible, pero no es este el caso.

Muchas veces el agua sigue sin desinfectarse y presenta una turbiedad muy alta, lo cual significa impurezas y una cantidad excesiva de lodos activados que todavía quedaron dentro de la composición del agua.

En esta área se encuentran dos principales propuestas de mejora, la colocación de un sistema de control de cloro y un filtro de tres fases. Lo cual ayudará a mejorar la calidad del agua tratada. Posteriormente se dará a conocer el sistema de control y el diseño del filtro.

El agua es transportada por todo el tanque, y luego se coloca en la tubería que se dirige a la cuenca del lago de Amatitlán.

Imagen 10
Tanque de decantado



Imagen 11
Inyección de hipoclorito de sodio al agua



6. Tanque de lodos: Aquí se acumulan los lodos activados que se toman del tanque de clarificación, estos lodos nuevamente se les agrega oxígeno para que sigan creciendo bacterias. Después de este tanque hay dos caminos a tomar, se reutiliza el lodo ingresándolo a los tanques de aireación o se llevan a los tanques de almacenamiento para su desecho.

Dependiendo de las veces que son reutilizados estos lodos activados, se toma la decisión de desecharlos o ingresarlos a los tanques de aireación para cumplir nuevamente con el proceso. También en este tanque ingresa agua que no tiene las características necesarias para devolverse al drenaje, volviendo a cumplir nuevamente el ciclo de limpieza por lodos.

Imagen 12
Tanque de lodos



7. Patio de secado de lodos: Aquí se depositan los lodos que ya no se utilizarán nuevamente, estos son secados al sol para posteriormente desecharlos. Los lodos pasan en estos dos patios aproximadamente 2 semanas, pero también depende del tiempo de secado y el clima. En época de verano, pueden retenerse menos de una semana, pero en época de lluvia pueden perdurar en el tanque hasta un mes.

En estos patios se observa un gran peligro por la proliferación de mosquitos que pueden ocasionar enfermedades a las comunidades aledañas, por eso es muy importante colocarse cierta protección para que los mosquitos no puedan reproducirse.

Imagen 13
Tanques de secado de lodos



5.2 Sistema de control de Cloro

La idea central de un sistema de control de hipoclorito de sodio es disminuir el exceso que se genera al inyectarle este químico al agua tratada en la planta. Estos sistemas monitorean constantemente el flujo de agua por medio de sensores que son capaces de medir la cantidad exacta de cloro que debe agregarse al agua.

El controlador incluye cuatro sensores estándar que miden distintas cosas: cloro, dióxido de bromo, la capa de ozono y el ácido peracético, y pueden agregarse otros sistemas para mejorar su funcionamiento, como el sensor de cloro total. La versatilidad de este aparato permite que se puedan configurar alarmas que avisan cuando el agua tratada posee alguna inconsistencia en sus componentes químicos.

El controlador también posee un sistema de seguridad para que no se agreguen químicos en exceso o cuando no exista flujo de agua, y también posee un temporizador que controla el encendido y apagado del aparato de acuerdo a las necesidades de la empresa. Es de vital importancia mencionar que este sistema de control no necesita un mantenimiento excesivo, por lo que puede hacerse una vez al año para que su funcionamiento siga siendo óptimo a lo largo del tiempo.

Además, este sistema posee un programa de generación de datos y permite descargarlos por medio de un dispositivo de almacenamiento masivo (USB). Los datos que se generan muestran el rendimiento del sistema, los niveles de desinfección, el acumulado de químicos en el agua y los tiempos de activación del sistema.

Observando estas propiedades, el sistema WDIS410 fabricado por Walchem se adecúa perfectamente a las necesidades de la planta de tratamiento de Industrias Licoreras de Guatemala. El aparato y sus dimensiones se muestran en las imágenes 14, 15 y 16.

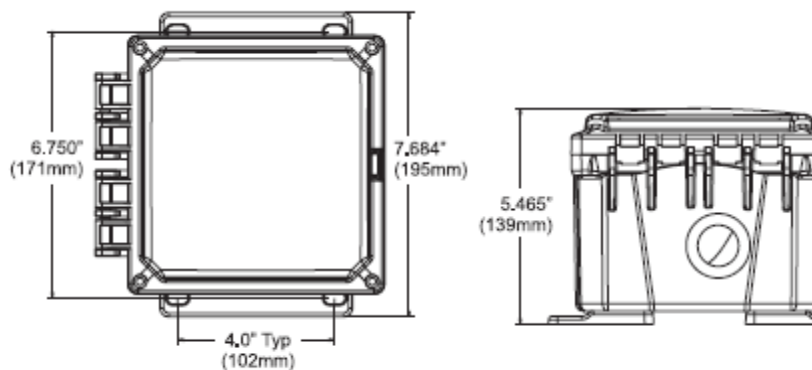
Las especificaciones técnicas de este sistema controlador se muestran en el anexo B.

Imagen 14
Fotografía del sistema WDIS410 para controlar el cloro



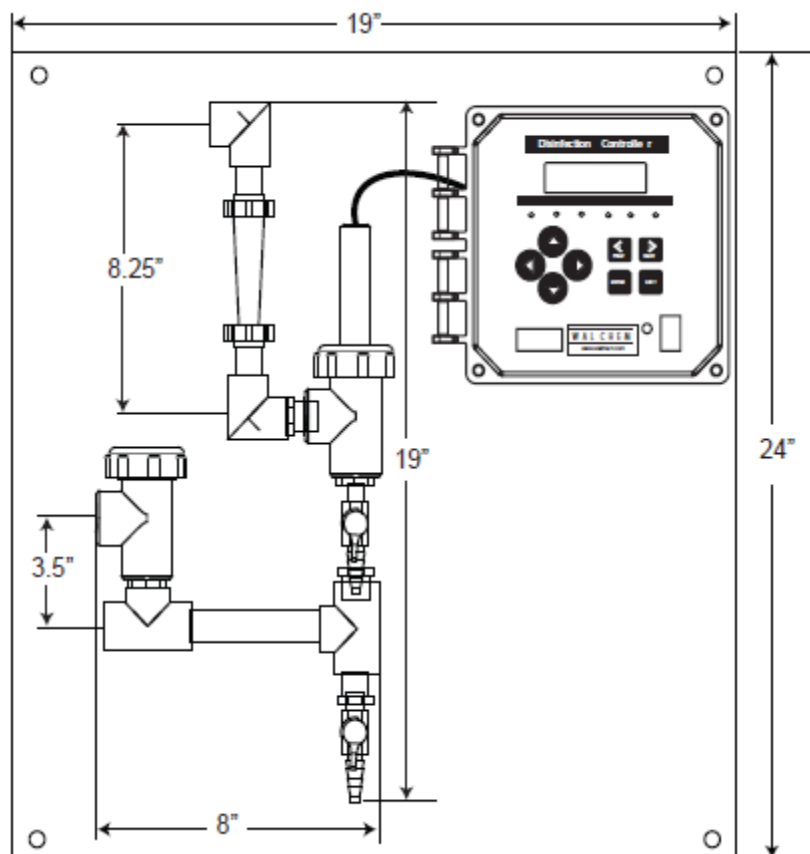
Fuente: Desinfection Systems, WDIS410 series, Walchem Company

Imagen 15
Dimensiones del sistema WDIS410



Fuente: Desinfection Systems, WDIS410 series, Walchem Company

Imagen 16
Dimensiones del sistema WDIS410 con sensores extras



Fuente: Desinfection Systems, WDIS410 series, Walchem Company

En la Tabla 7 se detallan las principales características del sistema de control.

Tabla 7
Características principales del sistema **WDIS410**

Características principales	
Energía de entrada	100-240 VAC, 50/60 Hz, 8ª
Material de construcción	Policarbonato
Temperatura de funcionamiento	0 a 50 Celsius
Peso aproximado	3 kg.

5.2.1 Sobre el costo de aparato. El Aparato Controlador de Cloro tiene un costo de Q. 16,000.00 el cual incluye los sensores de medición de cloro residual.

5.3 Agregados especiales al sistema

Es muy importante buscar un excelente funcionamiento del sistema a instalar, por esta razón se propone utilizar un sensor, el cual es compatible con el aparato WDIS410. Dentro de los beneficios principales que ofrece este tipo de sensores se encuentran: bajo costo de mantenimiento, respuesta rápida a los requerimientos, y no necesita ser lavado constantemente.

Es importante utilizar un sensor que se adecúe a las necesidades del sistema a instalar, en este caso el sensor debe ser capaz de medir la cantidad de cloro a agregar. Este sensor puede ser medidor de cloro/bromo y dióxido de cloro. En la tabla 8 se presentan las características principales de estos dos sensores.

Tabla 8
Características principales de los sensores propuestos

	Cloro/Bromo	Dióxido de Cloro
Tiempo de respuesta (seg.)	30	30
Sensibilidad	<i>HOCl (100%) HOBr (100%) Ozono ClO2 (900%)</i>	<i>Cloro (5%) Ozono (2500%)</i>
Temperatura de Operación (°C)	0 a 45	0 a 50
Tasa de Flujo (litros/h)	30 a 100	30 a 100
Calibración	<i>Semanal</i>	<i>Semanal</i>
Cambio de electrolito	3 a 6 meses	3 a 6 meses

En la Imagen 17 se muestra el diseño de los sensores de control.

Imagen 17
sensores de control



5.4 Sistema de filtrado

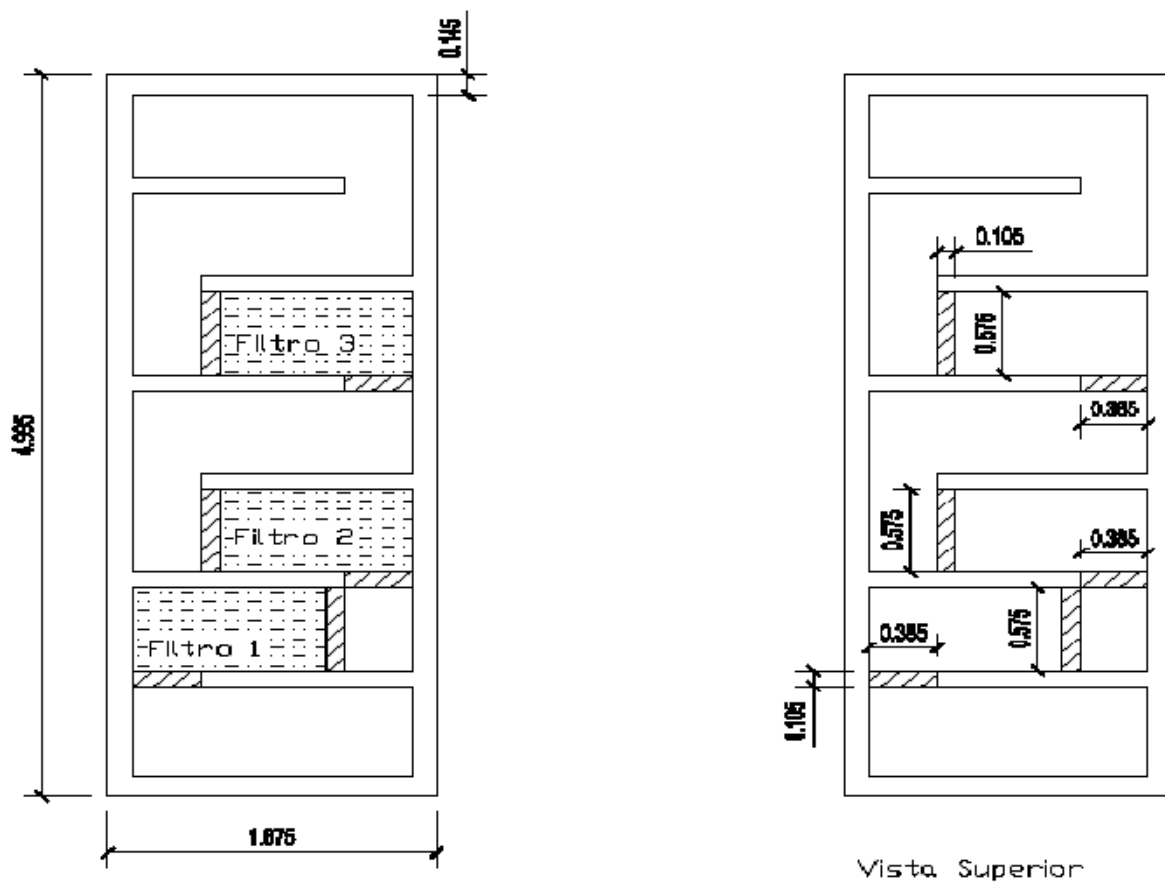
Para que un filtrado sea exitoso y se logre aumentar la calidad del agua de salida se debe utilizar un dispositivo trifásico, que contiene tres tipos de materiales: grava, arena y carbón activado. El sistema propuesto consta de tres filtros distribuidos en el tanque de decantación. En la imagen se presentan el diseño del sistema y la distribución en la planta de tratamiento:

Imagen 18

Tanque de decantación con la ubicación de los filtros propuestos

La imagen muestra las medidas de los filtros propuestos, los cuales están diseñados para adaptarse al diseño original del tanque de decantación. Las medidas se encuentran dadas en metros.

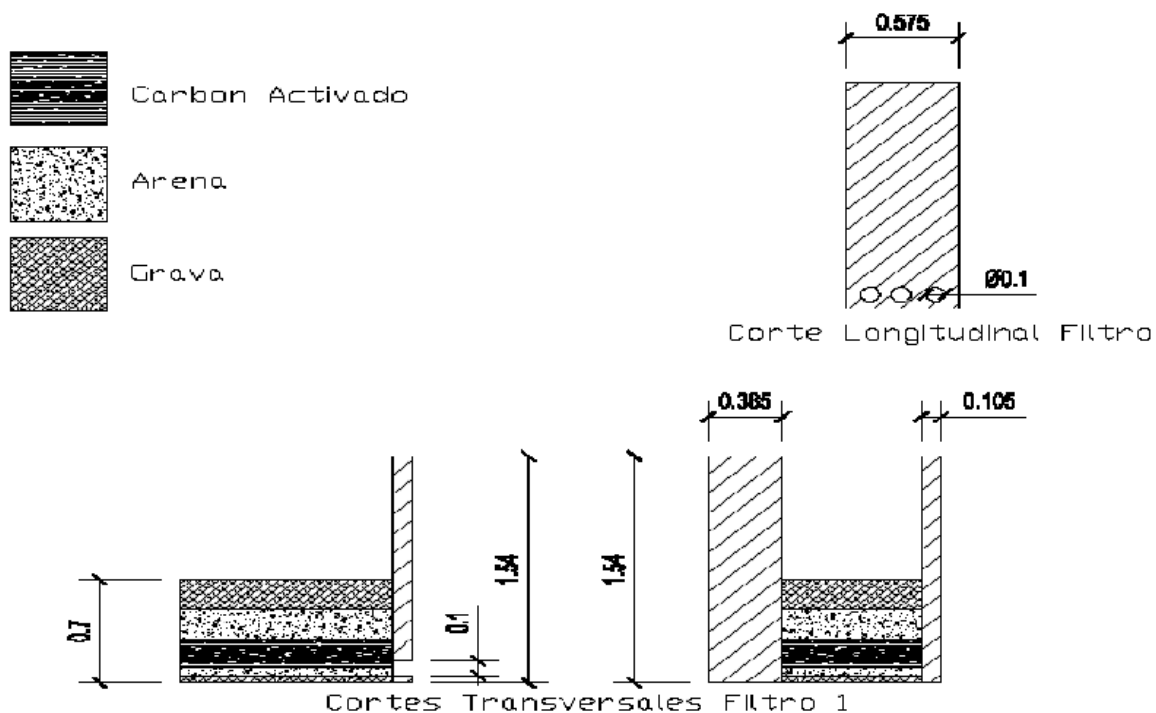
La primera vista muestra las medidas actuales del tanque de decantación, la segunda vista muestra las medidas de los filtros propuestos.



Este sistema de filtrado está diseñado para encajar perfectamente en la construcción original de la planta de tratamiento, específicamente en el tanque de decantado, por lo tanto no es necesario realizar muchos cambios al diseño original. Al momento de modificar el diseño original, se deben construir seis paredes extras, las cuales formarán los filtros. Como puede observarse, el sistema de filtrado se encontrará en el tanque de decantado y consta de tres filtros semejantes. El primer filtro es diferente a los siguientes dos, ya que se prevé que los lodos activados residuales que se encuentran en el agua queden en la parte superior del filtro y sea mucho más sencillo realizar la limpieza de rutina para mejorar el filtrado del agua.

Imagen 19
Corte transversal y longitudinal del filtro 1

La imagen muestra el diseño del filtro 1 que se encuentra al inicio del proceso de filtrado. Las medidas se encuentran en metros



El agua ingresa por la parte superior del filtro, y luego desciende por cinco capas distintas: grava, arena, carbón, arena y grava; en donde se pretende que se deposite la mayor cantidad de contaminantes. El mantenimiento debe realizarse en un lapso máximo de 3 meses para garantizar la calidad del filtrado

Las paredes de este filtro son de 10.5 cm de espesor, siguiendo el diseño original de la planta. Una de las paredes cuenta con dos agujeros en la parte inferior, permitiendo flujo del agua. Es necesario colocarle una tela permeable ya sea de metal o plástico para que no se deslicen los materiales del filtro.

Las cantidades propuestas de material que debe llevar este filtro se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9
Cantidades propuestas de material para filtro 1

Material	Cantidad (m^3)
Grava	0.16
Arena	0.16
Carbón Activado	0.13

Los otros dos filtros son complemento para el proceso de limpieza, que el agua de salida tenga mejor calidad, menor turbiedad y pocos agentes extraños a la física del líquido. Estos filtros son diferentes al primero en su diseño, ya que estos cuentan con tubería que transporta el agua hacia los filtros.

La idea principal es que el agua se eleve por la presión ejercida en la cámara anterior y se cumpla el proceso de filtrado. Estos filtros son vital importancia, y se necesita que se les haga mantenimiento constante con un mínimo de 3 meses entre cada monitoreo. El diseño del los filtros 2 y 3 se presentan en las Imágenes 20 y 21 respectivamente.

Imagen 20 Corte transversal y longitudinal filtro 2

La imagen muestra el diseño del filtro 2. Las medidas se encuentran en metros

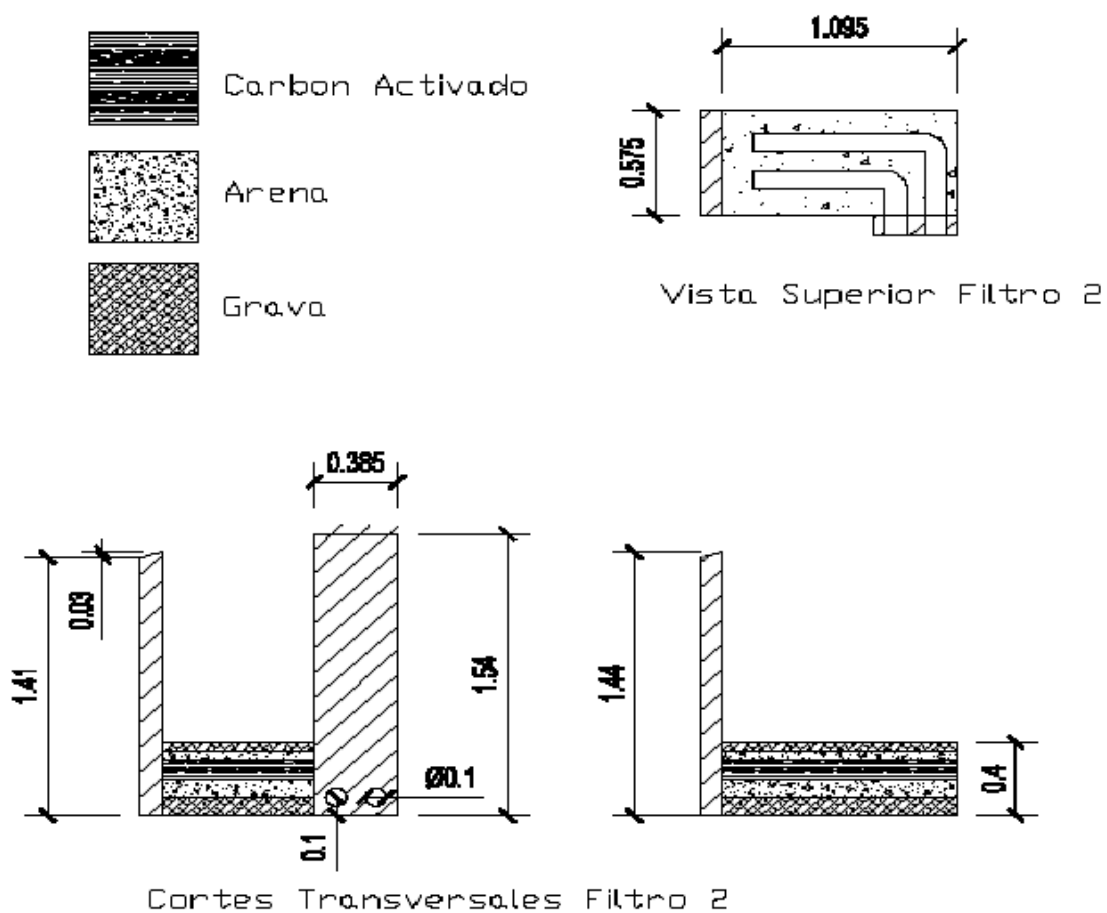
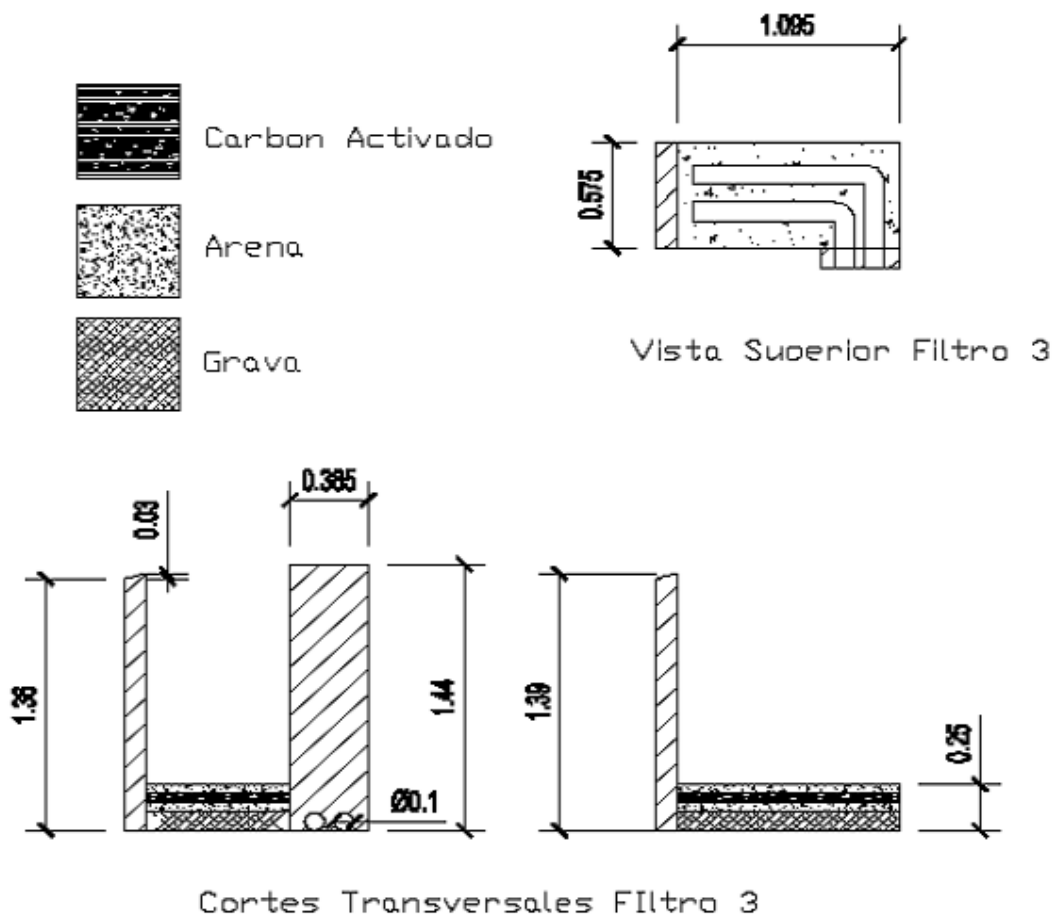


Imagen 21
Corte transversal y longitudinal filtro 3

La imagen muestra el diseño del filtro 3. Las medidas se encuentran en metros



La tubería propuesta tiene un máximo de 5 cm de radio y debe ser de PVC, capaz de resistir a la corrosión y al peso de los materiales. Debe tener agujeros en toda la estructura para que el agua pueda salir por los mismos.

El agua ascenderá por las diferentes capas del filtro mejorando su calidad, sabor, y eliminando los componentes extraños que no fueron separados en el filtro 1. Los materiales a utilizar para estos dos filtros se detallan en las Tablas 10 respectivamente.

Tabla 10
Cantidades propuesta de materiales para filtro 2

Material	Cantidad (m^3)
Grava	0.09
Arena	0.09
Carbón activado	0.06

Cantidades propuestas de materiales para filtro 3

Material	Cantidad (m^3)
Grava	0.06
Arena	0.06
Carbón activado	0.03

Estas cantidades propuestas están sujetas a cambios dependiendo de las necesidades que se presenten en un momento determinado, así como por los cambios en las políticas de la empresa. Las cantidades anteriores son las mínimas para que exista un filtrado de calidad del agua tratada.

Las cantidades totales necesarias para que estos filtros puedan funcionar se describen en la Tabla 11.

Tabla 11
Cantidades de material para sistema de filtrado trifásico

Material	Cantidad (m^3)
Grava	0.31
Arena	0.31
Carbón activado	0.22

VI Análisis técnico y financiero

6.1 Análisis financiero

En todo proyecto es necesario investigar si financieramente es factible o no realizarlo, analizando los costos que se generan para la inversión inicial. Para el análisis de factibilidad se realizarán flujos de efectivo con una proyección de 10 años según la vida útil del aparato controlador de hipoclorito de sodio (*ver anexo B*), esto con la finalidad de buscar la TIR (Tasa Interna de Rendimiento), la cual servirá a Industrias Licoreras para evaluar la funcionalidad del proyecto. Este análisis será comparado con los flujos de efectivo actuales y los análisis químicos que se realizarán posteriormente.

El análisis financiero toma en cuenta todas las consideraciones económicas necesarias para llevar a cabo la elaboración del proyecto, la inversión inicial, los costos de funcionamiento y los ingresos futuros. Como resultado de un estudio previo de estas variables se debe proponer un modelo financiero capaz de representar la factibilidad del proyecto con base a la construcción de flujos de efectivo, que permite evaluar la conveniencia o inconveniencia de la propuesta de inversión desde un punto de vista privado, social y económico.

El modelo propuesto para la evaluación de este proyecto es un análisis sobre Tasa Interna de Rendimiento, en base a flujos de efectivo proyectados a 10 años. Este porcentaje que se obtendrá con el análisis servirá para ser comparado con la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR), buscando la factibilidad del mismo.

6.1.1 Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR). La Tasa Mínima Atractiva de Retorno es el porcentaje mínimo aceptable por el inversionista sobre el retorno de la inversión realizada al inicio del proyecto y por ende este valor está asociado al riesgo de la pérdida de la inversión. Por lo tanto, este valor se utilizará como base para evaluar la Tasa Interna de Retorno del proyecto propuesto a Industrias Licoreras de Guatemala S.A. Para construir la TMAR es necesario construir la inflación y la prima de riesgo.

Para incluir la inflación se utilizará el promedio de los indicadores anuales dados por el banco de Guatemala a los meses de diciembre de cada año en análisis, comenzando desde el año 2002. El promedio a utilizar es de 6.52%

En cuanto a la prima de riesgo, el proyecto se considera necesario y de vital importancia para la imagen de la empresa en lo que respecta a Responsabilidad Social, no representa un riesgo mayor porque no está en contacto con los productos vendidos y no ocasiona un cambio en la estructura física y química de los alcoholes elaborados por Industrias Licoreras de Guatemala, S.A. Por lo tanto, para la definición de la prima de riesgo se utilizará la tasa pasiva dada por el banco de Guatemala para diciembre de 2012 la cual es 5.38% (*ver Anexo C*).

Se utilizará la siguiente fórmula para la construcción de la TMAR:

$$TMAR = i + f + if$$

En donde

$i =$ *prima de riesgo*

$f =$ *inflación*

Según esta ecuación y sustituyendo las variables antes descritas se obtiene:

$$TMAR = 0.0538 + 0.0652 + 0.0538 * 0.0652$$

$$TMAR = 0.0122539974$$

La TMAR a utilizar es **12.25%**

6.1.2 Sobre la inversión inicial. Para la elaboración del proyecto se necesitan ciertos materiales para el buen funcionamiento de los filtros, su precio puede variar dependiendo del proveedor. En el presente trabajo se utilizarán los siguientes precios:

Block: se utilizara block de 25 Kg/cm^2 de resistencia con 10 cm. ancho * 19 cm. alto* 39 cm. largo para la elaboración de los muros de los filtros, y las cantidades se expresan a continuación.

Filtro	Cantidad (m^2)	Cantidad de Block (unidades)
1	1.4784	20
2	1.4208	19
3	1.35365	18
Total	4.25285	57

El precio es de Q 255.00 por lote de 100 unidades.

Carbón activado: como se expuso en el capítulo anterior se utilizará un aproximado de 0.22 m^3 o 484 kg de material para los tres filtros, con un precio unitario de Q.81.76 por cada 2m^3

Arena: en el diseño del filtro se prevé utilizar un mínimo de 0.31 m^3 de material. El precio por m^3 es de Q.100

Grava: la cantidad a utilizar de grava al igual que la arena es de 0.31 m^3 . El precio por m^3 de grava se encuentra en Q.45.

Tubería: medida de tubería con un diámetro de 10cm o 4 pulg. El diseño tiene contemplado tubería en los filtros 2 y 3 los cuales se pueden observar en las Imágenes 20 y 21. Las longitudes propuestas pueden variar pero se propone para el filtro dos: dos tubos de PCV con una largo total de 1.25 metros y 0.87 metros respectivamente, según el diseño estos deben tener codos de unión para adecuarse al diseño del filtro.

Para el filtro tres se propone: dos tubos de PCV con una longitud total de 1.25 y 1.15 metros respectivamente, estos deben tener al igual que el filtro dos un codo de unión para poder adecuarse al diseño de los filtros.

Los precios que se presentan pueden cambiar dependiendo de las condiciones económicas del país y oferta de proveedores.

Se ha cotizado en el mercado tubería de 4 pulgadas, la cual tiene un largo de 6 metros y puede soportar una presión máxima de 160 psi dentro y fuera de su estructura. El precio de la tubería es de Q260.00 quetzales. Además, se deben agregar 4 codos los cuales tienen un precio unitario de Q. 35.00.

El precio total de las tuberías es de Q400.00 el cual puede variar dependiendo de proveedor que se elija.

Los precios están basados en el mercado actual de materiales para la construcción, para mayor información de que proveedores ofrecen estos precios ver el siguiente cuadro:

Producto	Precio	Proveedor
Aparato controlador	16000	Génesis de Guatemala
Block	255	FFACSA
Arena	100	FFACSA
Carbón activado	81.74	NORIT
Grava	45	FFACSA
Tubería	400	Distribuidora Acuario

Tabla 12
Inversión Inicial.

Inversión Inicial	
Aparato Controlador de Cloro	Q 16,000.00
Block	Q 255.00
Carbón activado	Q 81.74
Arena	Q 100.00
Tubería	Q 400.00
Grava	Q 45.00
Mano de obra	Q 2,000.00
Total de inversión	Q 18,881.74

6.1.3 Sobre los flujos de efectivo proyectados. Los flujos de efectivo serán evaluados con un período anual y contendrán siguientes valores monetarios:

- Galones de cloro a utilizar
- Cambio de carbón (3 veces al año)
- Cambio de arena (3 veces al año)
- Cambio de grava (3 veces al año)
- Ahorro de galones de cloro utilizados

Dentro de los flujos de efectivo se incluirá la inflación de los últimos diez años, y se tomarán como referencia para los próximos 10 años que se contemplan en el análisis de la Tasa Interna de Retorno. Se tomará la inflación del año 2002 para el año 1 en el análisis, inflación del año 2003 para el año 2 en los flujos de efectivo y del mismo modo respectivamente para los siguientes años.

Los flujos positivos estarán formados por el ahorro que representa la disminución de las cantidades de cloro que se utilizarán si se instalan los filtros y el sistema de control de NaClO. Según datos proporcionados por Industrias Licoreras de Guatemala, la cantidad de agua tratada diariamente oscila en 200 y 230 m^3 , para este estudio se utilizara un máximo de 230 m^3 de agua diarios, eliminando de los cálculos los días sábado y domingo, dando como resultado 251 días hábiles al año.

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, por cada 100 litros de agua, se debe agregar la cantidad de cloro descrito en la Tabla 13.

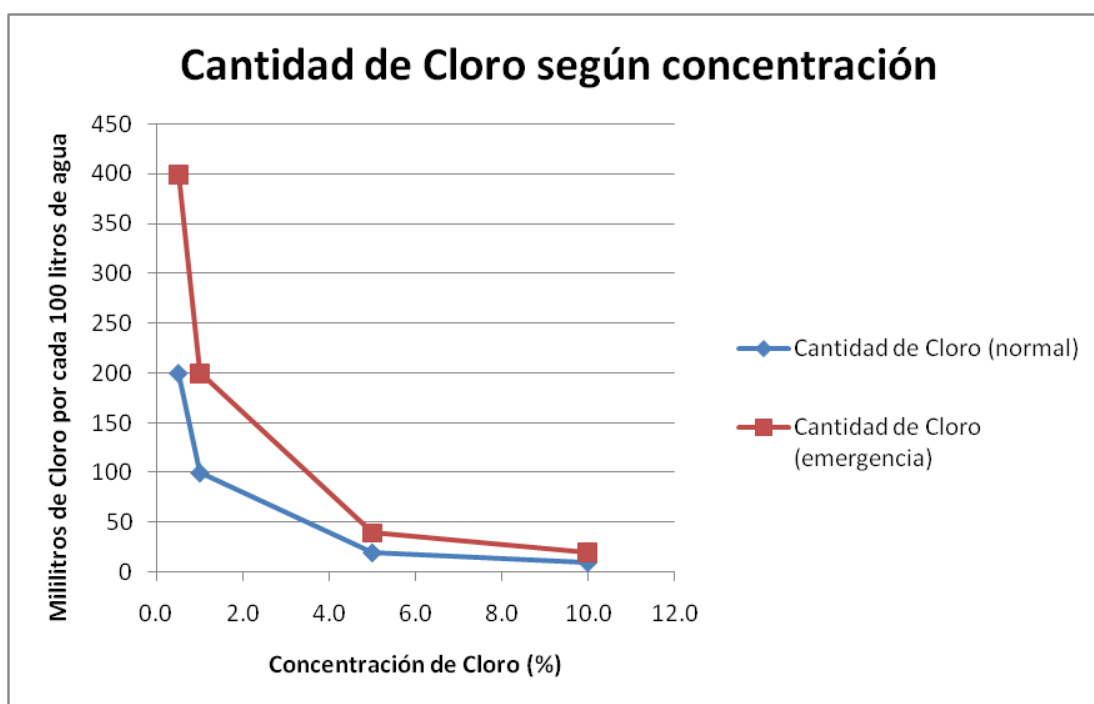
Tabla 13
Cantidad de mililitros por cada 100 litros de agua.

Concentración (%)	Cloro en tiempo normal (mililitros)	Cloro en tiempo de emergencia (mililitros)
0.5	200	400
1.0	100	200
5.0	20	40
10.0	10	20
12.0	4	9

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Imagen 22

Cantidad de Cloro según concentración



“La imagen 22 obtiene los datos de la Tabla 13, se puede observar que mientras mayor sea la concentración de cloro, menor es la cantidad de este químico que debe agregarse al agua.”

Industrias Licoreras de Guatemala, utiliza cloro líquido en concentración del 12% según lo establecido por las autoridades de la empresa y la Jefatura de Aseguramiento de la Calidad, por lo tanto el cálculo se realizará en base a esa característica.

6.1.3.1 Sobre el ahorro. Dentro del proceso de tratamiento de agua, anualmente se realizan ciertos gastos para la adquisición de cloro, los cuales se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14
Gastos anuales de Cloro y Consumos

Gasto anual de cloro	
Precio del galón	Q 8.53
Consumo galones	1650
Stock de galones	54
Total de galones anuales	1704
Costo total anual	Q 14,535.12

Tratamiento de agua	Metros Cúbicos	Litros
Diarios	230	230,000
Anuales	57,730	57,730,000

Utilizando el sistema de filtrado trifásico e instalando el control de hipoclorito de sodio, el consumo se reduce considerablemente, ya que los filtros se encargan de eliminar agentes patógenos, turbiedad, olores y sabores extraños al agua residual, y la cantidad de hipoclorito de sodio a inyectar es menor.

La cantidad de hipoclorito de sodio al 12% se calculó en base al consumo anual de 57,730,000 millones de litros. Tomando esta cantidad de consumo anuales de litros y la cantidad de cloro que se debe agregar para tener un residual de 0.5 ppm según la Organización Mundial de la Salud se calcula la cantidad del cloro que se utilizará.

Total de Hectolitros	por cada 100 litros (litros)	Total Litros	Total Galones
577300	0.004	2309.2	610.0

En la Tabla 15 se presentan los nuevos gastos anuales si se instalan las mejoras propuestas.

Tabla 15
Gastos anuales de Cloro si se instalan los filtros y el sistema controlador

Gasto anual de cloro proyectado	
Precio del galón	Q 8.53
Consumo galones	610
Stock de galones	54
Total de galones anuales	664
Costo total anual proyectado	Q 5,664.14

Observando los costos de la Tabla 15 el ahorro anual del proyecto es el siguiente:

Costo total anual proyectado	Q 5,664.14
Costo total anual actual	Q 14,535.12
Ahorro	Q 8,870.98

Los datos presentados pueden variar dependiendo del precio del galón de hipoclorito de sodio, el cual fluctúa en el mercado. Se puede observar que la disminución de costos asciende a 61.03% según el cálculo que se describe a continuación.

$$\frac{8,870.98}{14,535.12} \times 100 = 61.03\%$$

6.1.3.2 Flujos de Efectivo. El análisis financiero de tasa de retorno se conforma de ingresos y egresos proyectados. Dentro de los ingresos se puede observar que los flujos están conformados por el ahorro que se genera al instalar estos sistemas, los cuales se ven afectados por la inflación del año correspondiente. Los ingresos proyectados se presentan en la Tabla 16. Las tasas de interés que acá se utilizan se tomaron del Anexo C iniciando con el año 2002.

Tabla 16
Ingresos proyectados

Año	Tasas de Interés Dic (2002-2012)	Ingresos proyectados	
0			
1	6.33%	Q	8,870.98
2	5.85%	Q	9,389.93
3	9.23%	Q	10,256.62
4	8.57%	Q	11,135.61
5	5.79%	Q	11,780.36
6	8.75%	Q	12,811.15
7	9.40%	Q	14,015.39
8	-0.28%	Q	13,976.15
9	5.39%	Q	14,729.47
10	6.20%	Q	15,642.69

En cuanto a los egresos, estarán conformados por la inversión inicial correspondiente al año 0, los galones de cloro a utilizar, los cambios de arena, carbón, cada año en análisis se le calcula un cambio con la respectiva tasa de interés. Estos se describen en la Tabla 17.

Tabla 17
Egresos Proyectados

Flujo de egresos	
Gasto de cloro	Q 5,664.14
Grava	Q 45.00
Carbón activado	Q 81.74
Arena	Q 100.00
Total	Q 5,890.88

Año	Tasas de Interés Dic (2002-2012)	Egresos proyectados
0		
1	6.33%	Q (5,664.14)
2	5.85%	Q (6,235.50)
3	9.23%	Q (6,811.04)
4	8.57%	Q (7,394.74)
5	5.79%	Q (7,822.90)
6	8.75%	Q (8,507.40)
7	9.40%	Q (9,307.10)
8	-0.28%	Q (9,281.04)
9	5.39%	Q (9,781.28)
10	6.20%	Q (10,387.72)

6.1.4 Tasa Interna de Rendimiento del Proyecto (TIR). La Tasa Interna de Rendimiento (TIR), es un término altamente aceptado porque representa la tasa de interés o porcentaje que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del análisis se toma como la inversión inicial. Los flujos para estudiar la TIR se construyen con la resta de los ingresos menos los egresos que se estudiaron anteriormente en las tablas 16 y 17 respectivamente.

Así mismo, mientras más alta sea esta tasa que la Tasa Mínima Atractiva de Retorno, mayor será el rendimiento o porcentaje de ganancia sobre la inversión inicial. La TIR se presenta en la Tabla 18.

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno se realiza con la siguiente fórmula:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

n = número de periodos

Fn = flujo en cada periodo

i = Tasa Interna de Retorno

Por lo cual al realizar la sumatoria debemos encontrar la TIR despejando de las ecuaciones e igualando a cero.

El análisis de la Tasa Interna de Retorno se realizó en un cuadro Excel para mayor facilidad de cálculo, el cual se presenta en la Tabla 18

Tabla 18
Tasa Interna de Retorno del Proyecto (TIR)

Año	Analisis
0	Q (18,881.74)
1	Q 3,206.83
2	Q 3,154.43
3	Q 3,445.58
4	Q 3,740.87
5	Q 3,957.47
6	Q 4,303.75
7	Q 4,708.30
8	Q 4,695.11
9	Q 4,948.18
10	Q 5,254.97
TIR	16%

6.2 Análisis técnico

El fin primordial de este análisis es demostrar el exceso de hipoclorito de sodio que se está utilizando en la planta de tratamiento.

El método más adecuado para realizarlo es a partir de analizadores con reactivo N-dietil-p-fenilendiamina o DPD, los cuales reaccionan con el cloro libre o residual en el agua.

Este análisis se realizó con dos diferentes muestras de diferente capacidad, una de 10 ml, y la otra de 25 ml. Para ello se utilizó un analizador HACH PR/890 clorímetro que se encuentra en los laboratorios de biología de la Universidad del Valle de Guatemala.

Las muestras se extrajeron de la planta de tratamiento de Industrias Licoreras de Guatemala, en el tanque de decantado, luego de agregarle hipoclorito de sodio.

Los resultados obtenidos en el análisis se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19
Resultados del análisis químico

Resultados	
Volumen (ml.)	Cloro libre o residual (mg/L)
10	2.2
25	2.2

El rango permisible se encuentra entre 0.2 a 0.5 ppm de cloro libre o residual (*ver anexo A*). Observando los resultados del análisis efectuado, el cloro residual que contiene el agua tratada está por encima del rango permisible, generando desperdicios, aumento de costos, peligro al medio ambiente y a las personas que estén en contacto con este químico.

6.2.1 Metodología de análisis. Se utilizó el aparato HACH PR/890 clorímetro que está diseñado para analizar más de 200 parámetros, entre ellos cloro libre o residual. Este aparato se muestra en la Imagen 18.

Para el estudio se tomó una muestra del tanque de decantado, luego de agregarse el cloro. Esta muestra fue trasladada a los laboratorios de biología de la Universidad del Valle de Guatemala para su estudio.

Se realizaron dos mediciones, una correspondiente a 10ml, de la muestra y otra de 25ml, los cuales llevaron el mismo proceso de análisis.

A las muestras se les agregó el reactivo dietil-p-fenilén diamina o DPD, para luego mezclarse y analizarlo en la máquina HACH.

Imagen 18
Análisis químico I



Como se puede observar en la Imagen 19, el resultado obtenido es de 2.20 mg/L, lo cual equivale a 2.20 ppm.

Imagen 19
Análisis químico II



6.3 Análisis de Sensibilidad

Un análisis de sensibilidad es una herramienta que permite al inversor estudiar los diferentes escenarios que pueden ocurrir al momento de estudiar la factibilidad de la inversión. En el análisis de sensibilidad se realizaron cambios en ciertas variables que afectan directamente la Tasa Interna de Retorno de la inversión, en este caso el estudio de factibilidad de la instalación de este proyecto.

Se realizó un cambio porcentual en los valores monetarios de las siguientes variables:

Inversión (I)	-10%	0%	10%		
arena, grava, carbón (p)	-10%	-5%	0%	5%	10%
Cloro (cl)	-10%	-5%	0%	5%	10%

Estas variaciones se evaluaron con un tope máximo de 10% de acuerdo a las inflaciones presentadas por el Banco de Guatemala en los últimos diez años. (Ver Anexo C).

A continuación en la Tabla 20 el análisis de sensibilidad con todos los cambios respectivos en las variables definidas,

Tabla 20
Análisis de sensibilidad

Análisis de Sensibilidad

Inversión (I)	Arena, Grava, Carbón (p)	Cloro (cl)	TIR
I (-10%)	p (-10%)	cl(-10%)	16%
		cl(-5%)	17%
		cl(0%)	18%
		cl(5%)	20%
		cl(10%)	21%
	p (-5%)	cl(-10%)	16%
		cl(-5%)	17%
		cl(0%)	18%
		cl(5%)	20%
		cl(10%)	21%
	p(0%)	cl(-10%)	15%
		cl(-5%)	17%
		cl(0%)	18%
		cl(5%)	20%
		cl(10%)	21%
	p(5%)	cl(-10%)	15%
		cl(-5%)	17%
		cl(0%)	18%
		cl(5%)	20%
		cl(10%)	21%
p(10%)	cl(-10%)	15%	
	cl(-5%)	17%	
	cl(0%)	18%	
	cl(5%)	19%	
	cl(10%)	21%	

Continuación Tabla 20

Inversión (I)	Arena, Grava, Carbón (p)	Cloro (cl)	TIR
I (0%)	p (-10%)	cl(-10%)	13%
		cl (-5%)	15%
		cl(0%)	16%
		cl (5%)	17%
		cl (10%)	18%
	p (-5%)	cl(-10%)	13%
		cl (-5%)	14%
		cl (0%)	16%
		cl (5%)	17%
		cl (10%)	18%
	p(0%)	cl(-10%)	13%
		cl (-5%)	14%
		cl (0%)	16%
		cl (5%)	17%
		cl (10%)	18%
	p (5%)	cl(-10%)	13%
		cl (-5%)	15%
		cl(0%)	16%
		cl (5%)	17%
		cl (10%)	18%
p (10%)	cl(-10%)	13%	
	cl (-5%)	14%	
	cl(0%)	16%	
	cl (5%)	17%	
	cl (10%)	18%	

Continuación Tabla 20

Inversión (I)	Arena, Grava, Carbón (p)	Cloro (cl)	TIR
I (10%)	p (-10%)	cl(-10%)	11%
		cl (-5%)	12%
		cl(0%)	14%
		cl (5%	15%
		cl (10%)	16%
	p (-5%)	cl(-10%)	11%
		cl (-5%)	12%
		cl (0%)	14%
		cl (5%	15%
		cl (10%)	16%
	p(0%)	cl(-10%)	11%
		cl (-5%)	12%
		cl (0%)	13%
		cl (5%	15%
		cl (10%)	16%
	p (5%)	cl(-10%)	11%
		cl (-5%)	12%
		cl(0%)	13%
		cl (5%	15%
		cl (10%)	16%
p (10%)	cl(-10%)	11%	
	cl (-5%)	12%	
	cl(0%)	13%	
	cl (5%	14%	
	cl (10%)	16%	

Como se puede observar, no todos los escenarios analizados son factibles financieramente y existen casos en donde la combinación de cambios en las variables definidas pueden afectar la Tasa Interna de Retorno. Además, se puede notar que la variable con mayor incidencia en la TIR es el precio total de inversión.

Tomando en cuenta lo anterior se planteó otro escenario para determinar en qué punto la Tasa Interna de Retorno puede llegar a ser menor que la Tasa Mínima Atractiva de Retorno realizando aumentos porcentuales en el precio de la inversión.

Las variaciones se realizaron aumentando 10% en cada variación con respecto al valor. Esto mostrará un punto de equilibrio en el cual el proyecto no puede ser factible para su instalación, los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21
Análisis de sensibilidad de inversión.

Análisis de Sensibilidad de Inversión
--

Tasa Mínima Atractiva de Retorno	12.254%
---	----------------

Incremento	Inversión	TIR
0%	Q 18,881.75	16%
10%	Q 20,769.93	13%
20%	Q 22,658.10	11%
30%	Q 24,546.28	10%
40%	Q 26,434.45	8%
50%	Q 28,322.63	7%
60%	Q 30,210.80	6%
70%	Q 32,098.98	4%
80%	Q 33,987.15	3%
90%	Q 35,875.33	2%
100%	Q 37,763.50	2%

Observando este escenario se determina que un aumento de más de 10% en el total inicial de la inversión puede llegar a afectar la factibilidad del proyecto.

VII Análisis de factibilidad

Para demostrar la necesidad de controlar el hipoclorito de sodio e instalar un sistema que permita un mejor filtraje del agua, se presentó un aparato capaz de controlar el hipoclorito de sodio que se inyecta al agua y se diseñaron tres filtros que se pueden instalar en el tanque de decantado.

Los filtros están diseñados para funcionar de una manera económica, aprovechando las bondades del carbón activado, la arena y grava, así como también las leyes físicas que rigen los fluidos. Por lo tanto no es necesario realizar instalaciones eléctricas o aumentar los gastos en tecnologías muy sofisticadas.

Por el contrario, el sistema de control de cloro, sí necesita una inversión mayor y capacitación del personal que lo maneje. El sistema que se propone es el WDIS410 Series, de la empresa Walchem Company, al cual se le pueden agregar ciertos sensores que mejoran la calidad del análisis y el control.

Para que el proyecto funcione en óptimas condiciones, debe instalarse el sistema de filtraje y seguidamente del filtro 3, debe adaptarse el sistema de control de cloro, en donde se asegura que el agua filtrada tenga un tratamiento adecuado con Hipoclorito de Sodio.

Para fundamentar la factibilidad del proyecto, se realizó un análisis financiero de Tasa Interna de Rendimiento (TIR), la cual se procederá a comparar con la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), que se formuló en base a la tasa de interés líder y la prima de riesgo. Como resultado del análisis financiero, la Tasa Interna de Rendimiento del proyecto es **16%** (véase Tabla 18). Al compararla con la TMAR **12.25%** se puede concluir que se acepta el proyecto ya que la TIR es mayor que la TMAR. Al igual se puede mencionar que la reducción de costos es de **61.03%** en la compra de cloro.

Como todo análisis de factibilidad, es necesaria una parte científica que demuestre las mejoras que pueden existir al instalar el proyecto. Se realizó un análisis químico para determinar el cloro libre o residual que contiene el agua en la planta de tratamiento de Industrias Licoreras de Guatemala.

El análisis químico dio como resultado 2.20 ppm de cloro libre o residual (véase Tabla 19) y comparado con el parámetro de control que se encuentra entre 0.2 ppm a 0.5 ppm de cloro libre o residual, se puede observar que se encuentra en exceso, aumentando el riesgo ambiental y los costos. Con este resultado obtenido, la cantidad de ppm que contiene actualmente el agua es 440% más del estándar, el cual es de 0.5 ppm.

Con base en expuesto anteriormente, se puede demostrar que el proyecto es factible y necesario para mejorar la calidad de agua que se trata en la planta. También puede ayudar a mejorar la imagen de la empresa en lo que respecta a la responsabilidad con la sociedad guatemalteca y su compromiso con la mejora de sus procesos y disminución de efectos negativos al medio ambiente.

VIII Conclusiones

- Se logró determinar por medio del análisis DPD que el agua que recibe tratamiento en la planta de ILG, S.A. presenta deficiencias, por lo tanto al instalar el sistema controlador puede mejorar el parámetro de ppm en 440% con un indicador establecido de 0.5 ppm para cloro libre o residual.
- El lugar propuesto para la instalación del sistema de control es al finalizar el proceso de filtrado en el tanque de decantado.
- Se evaluó una propuesta para el diseño de filtros en donde se determinó que el sistema que mejor se acopla al tanque de decantado son tres filtros trifásicos de grava, arena y carbón activado el cual ayuda a mejorar la calidad de agua.
- Los gastos con la instalación del sistema de control de cloro ascenderían aproximadamente a Q 5,664.14, con lo cual disminuirán los costos en al menos 61.03%.
- Los parámetros que se utilizarán para calibrar el sistema controlador están basados en la norma de la Organización Panamericana de la Salud en cual establece un indicador para cloro libre o residual de 0.2 ppm a 0.5 ppm.
- Se logró determinar por medio del análisis de la Tasa Interna de retorno que el proyecto es factible financieramente ya que la Tasa Interna de Retorno 16% es mayor que la Tasa Mínima Atractiva de retorno 12.25%

IX Recomendaciones

- Para el buen funcionamiento de los filtros, se presentan ciertas cantidades de carbón activado, grava y arena que deben utilizarse, dichas cifras pueden exceder a las planteadas pero nunca pueden disminuirse porque estaría poniendo en riesgo la calidad del agua y alterando el funcionamiento de todo el sistema.
- Es muy importante realizarle al mantenimiento a los filtros según lo propuesto, como mínimo debe existir una frecuencia de cambio de materiales y limpieza profunda de tres veces al año. Esto ayudara a mejorar el funcionamiento del sistema y no se pondrá en riesgo el funcionamiento de los sensores del sistema controlador de hipoclorito de sodio.

X Bibliografía

1. **A., Kelly Reynolds.** *Desinfeccion con Cloro y Riesgos de los Productos Derivados de la Desinfeccion.* 2002.
2. **Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos, EPA.** *Folleto Informativo de tecnologia de Aguas Residuales, Desinfeccion de Cloro.* Washington : EPA, 2011.
3. **Gray, N.F.** *Calidad del Agua Potable.* España : Editorial Acribia, S.A., 1996.
4. **Hilleno, Herman E.** *Manual de Tratamiento de Aguas Negras.* Mexico : Limusa, 1969.
5. **Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social.** *Tratamiento y desinfeccion del agua por medio de cloro.* Guatemala : Organizacion Panamericana de la Salud, Enero 2006.
6. **Miranda, Juan Jose Miranda.** *Gestion de Proyectos: evaluacion financiera, economica, ambiental.* Bogota : Guadalupe, 2005.
7. **Perez, Eric.** Medline Plus. [En línea] 22 de Junio de 2011. [Citado el: 1 de Agosto de 2011.] www.nlm.nih.gov.
8. **Reynolds, A. Kelly.** *Desinfección con Cloro y Riesgos de los Productos Derivados de la Desinfección.* Arizona : s.n., 2002.
9. **Rojas, Jairo Alberto Romero.** *Tratamiento de Aguas Residuales.* Colombia : Escuela Colombiana de Ingenieria, 2004.

XI Glosario

- 1) Acido fúlvico: es una sustancia natural orgánica soluble en agua, de bajo peso molecular que se deriva del humus. El ácido fúlvico es uno de los diferentes ácidos húmicos.
- 2) Acido húmico: son unos de los principales componentes de las sustancias húmicas, las cuales son los constituyentes principales del humus, materia orgánica del suelo. Contribuyen a la calidad físico-químicas del mismo y también son precursores de combustibles fósiles.
- 3) Acido peracético: el ácido peracético es un agente antimicrobiano ideal debido a su alto potencial oxidante. Es ampliamente efectivo contra microorganismos y no es desactivado por lacatalasa y peroxidasa, enzimas que rompen el peróxido de hidrógeno.
- 4) Aireación: la aireación del agua es la transferencia de oxígeno del aire al agua. la aireación facilita los ciclos biológicos en un estanque y asegura la eficacia de productos bacteriales reductores de nutrientes y de aclarado del agua.
- 5) Blowers: un blower es un motor soplante que se utiliza en el tratamiento de aguas residuales para inyectar aire al agua tratada.
- 6) Clarificación: la técnica de clarificación es ampliamente difundida en la remoción de turbiedad y color del agua e implica la utilización de coagulantes. Estos provocan que las finas partículas que determinan la turbiedad se agrupen, formando flóculos cuya precipitación y remoción es mucho más simple.
- 7) Coliformes: designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
- 8) Decantación: es un método mecánico de separación de mezclas heterogéneas, estas pueden estar formadas por un líquido y un sólido, o por dos líquidos.
- 9) DPD: N-dietil-p-fenilendiamina (DPD). es un reactivo que produce una coloración rosada al reaccionar con el cloro presente en el agua y que, por ello, se utiliza para la determinación de la concentración del cloro libre y del cloro combinado presentes
- 10) Ecuación: los tanques de ecuación se utilizan para separar los sólidos en las aguas tratadas y así permitir el flujo constante en las plantas de tratamiento.
- 11) Esquistosomiasis: es una enfermedad parasitaria producida por gusanos platelmintos de la clase trematodos del género Schistosoma (castellanizado esquistosoma). Es relativamente común en los países en vías de desarrollo, especialmente en África; aunque su tasa de

mortalidad es baja, la esquistosomiasis es altamente incapacitante debido a las fiebres con que se manifiestan.

- 12) Giardiasis: es una enfermedad diarreica ocasionada por *Giardia intestinalis* (conocido también como *Giardia lamblia*), parásito microscópico unicelular que vive en el intestino de las personas (intestino delgado en su porción anterior (duodeno)) y se transmite en las heces de una persona o animal infectado.
- 13) Grava: en geología y en construcción se denomina grava a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 milímetros. Pueden ser producidas por el hombre, en cuyo caso suele denominarse «piedra partida» o «caliza», y naturales. En este caso, además, suele suceder que el desgaste natural producido por el movimiento en los lechos de ríos ha generado formas redondeadas, pasando a conocerse como canto rodado.
- 14) Hidrólisis: es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente.
- 15) Partes por millón: es la unidad de medida con la que se evalúa la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc.) que hay por cada millón de unidades del conjunto.
- 16) Patógeno: un patógeno o también llamado agente biológico patógeno es todo agente (o cualquier "ente" en otras áreas fuera de la biología) que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea este humano, animal o vegetal.
- 17) PDD: son productos derivados de la reacción del cloro y agentes orgánicos.
- 18) Trihalometanos (THM): son compuestos químicos volátiles que se generan durante el proceso de potabilización del agua por la reacción de la materia orgánica, aún no tratada, con el cloro utilizado para desinfectar. En esta reacción se reemplazan tres de los cuatro átomos de hidrógeno del metano (CH₄) por átomos halógenos.
- 19) Turbiedad: se entiende por turbidez o turbiedad la falta de transparencia de un líquido debida a la presencia de partículas en suspensión.
- 20) Humus: el humus es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica.

XII Anexos

Anexo A



Guías Técnicas sobre Saneamiento, Agua y Salud (OMS/OPS)



11 - Medición del cloro residual en el agua

La importancia del cloro en el agua

La mayoría de las enfermedades más comunes que se encuentran en comunidades traumatizadas después de un desastre, están relacionadas con el consumo de agua contaminada. La contaminación se puede dar por microorganismos (tabla 1) o por productos químicos naturales o hechos por el hombre (tabla 2). Esta hoja informativa se concentra en los problemas causados por el consumo de agua contaminada con microorganismos, puesto que son de lejos los más comunes y se pueden reducir con la cloración. La contaminación química es difícil de tratar y

requiere conocimiento y equipos especializados.

Tabla 1. Enfermedades relacionadas con el consumo de agua

Diarrea*
Fiebre tifoidea*
Hepatitis*
Cólera*

*El agua contaminada no es la única causa de estas enfermedades; la cantidad de agua, la falta de saneamiento y las malas prácticas de higiene también juegan un papel importante.

Tabla 2. Algunos contaminantes químicos del agua para consumo que pueden ser perjudiciales para la salud

Arsénico	Fluor
Cadmio	Plomo
Cromo	Mercurio
Cianuro	

Las emergencias tienen tres efectos relevantes en las personas:

- obligan a las personas a mudarse a otros lugares donde la calidad del agua puede ser diferente de la que consumen normalmente y para la que no poseen inmunidad;
- obligan a las personas a vivir en malas condiciones, como en tiendas o en construcciones temporales, lo que les hace difícil mantener buenas prácticas de higiene, y
- afectan su dieta, generalmente reducen su valor nutricional, y las hace más vulnerables a las enfermedades.

Por eso es tan importante que todas las personas afectadas por la emergencia reciban agua de muy buena calidad.

Existen muchas formas para mejorar la calidad del agua para consumo. Las más comunes son la decantación y el filtrado, seguidas por la desinfección (las dos primeras se discuten en otras notas de esta serie). La eliminación de los organismos patógenos y la desinfección se pueden lograr de muchas formas, pero la más común es mediante la adición de cloro. Sin embargo, el cloro sólo actúa de forma correcta si el agua está limpia (caja 1).

Caja 1. Cómo actúa el cloro

Cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruir la estructura celular de los organismos, lo cual los elimina. Sin embargo, este proceso sólo funciona si el cloro entra en contacto directo con los organismos. Si el agua contiene lodo, las bacterias se pueden esconder dentro del mismo y no son alcanzadas por el cloro.

El cloro necesita cierto tiempo para destruir todos los organismos. En agua a una temperatura mayor de 18°C, el cloro debe estar en contacto con el agua, al menos, durante 30 minutos. Si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar.

Por esta razón, es normal que se le añada cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor.

La efectividad del cloro también se ve afectada por el pH (acidez) del agua. La cloración no es efectiva si el pH es mayor de 7,2 o menor de 6,8.

Cloro residual

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminan todos los organismos; se le llama cloro libre (figura 1). El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación.

Figura 1. Efecto del cloro residual

Por esta razón, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y, por lo tanto, es seguro consumirla. A este procedimiento lo conocemos como medición del cloro residual.

La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua que se suministra es segura para beber.

Cuándo y dónde se analiza el agua

El cloro se usa como desinfectante con mayor frecuencia cuando el agua se suministra mediante tuberías. La cloración regular de otros suministros de agua es difícil y se reserva usualmente para la desinfección después de la reparación y el mantenimiento.

Generalmente, el cloro residual se determina en los siguientes puntos:

- inmediatamente después de que se ha añadido el cloro al agua para revisar que el proceso de cloración esté funcionando;
- en el sitio de entrega al público más cercano al punto de cloración, para verificar que los niveles de cloro residual estén dentro de los límites establecidos (entre 0,5 y 0,2 mg/L);
- en el punto más lejano de la tubería, donde probablemente los niveles de cloro residual sean los más bajos. Si los niveles de cloro se encuentran por debajo de 0,2 mg/L, es necesario añadir más cloro en un punto intermedio de la red de tuberías.

Precaución: todas las formas de cloro son perjudiciales para la salud. Evite el contacto con la piel y la inhalación de los vapores que de él se desprenden. El cloro siempre debe almacenarse en recipientes fríos, oscuros, secos, sellados y deben estar fuera del alcance de los niños.

La cantidad de cloro residual cambia durante el día y la noche. Si se asume que la red de tuberías está bajo presión todo el tiempo (véase la caja 2), existe una tendencia a que haya más cloro residual en el sistema durante el día que durante la noche. Esto se debe a que el agua permanece en el sistema más tiempo durante la noche (cuando la demanda es menor) y, por esta razón, existe una mayor oportunidad para que el agua contaminada consuma el cloro residual.

Caja 2. Cloración y suministros intermitentes

No hay razón para clorar el agua en la red de tuberías si el suministro es intermitente. Todos los sistemas de tubería tienen fugas y, cuando se detiene el suministro de agua, la presión baja y entra agua contaminada en los tubos a través de las grietas en las paredes de los tubos. Ningún nivel aceptable de cloro residual para los consumidores puede neutralizar niveles tan altos de contaminación. Se debe asumir que todos los suministros intermitentes de agua están contaminados y se deben tomar las medidas necesarias para desinfectarla en el punto

de uso.

El cloro residual se debe revisar frecuentemente. Si el sistema es nuevo o se ha rehabilitado, se deben hacer chequeos diarios hasta que esté seguro de que el proceso de cloración está funcionando correctamente. Después de esto, haga, por lo menos, un control semanal.

Evaluación del cloro residual

La prueba más común es el indicador de DPD (dielil-para-fenil-diamina) mediante un kit de comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual.

En esta prueba, se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tinte de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua.

Hay muchos kits disponibles en el comercio para analizar el cloro residual en el agua, como el que se muestra más abajo. Los kits son pequeños y portátiles.



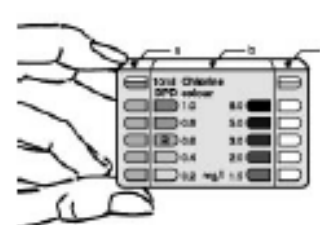
Paso 1. Coloque una tableta en la cámara de prueba (a) y añada unas pocas gotas del suministro de agua clorada que se va a analizar.



Paso 2. Triture la tableta y, luego, llene la cámara (a) con el suministro de agua clorada que se va a analizar.



Paso 3. Coloque una mayor cantidad del mismo suministro de agua analizada (sin tableta) en la segunda cámara (b). Este es el control en blanco para la comparación de colores.



Paso 4. El nivel de cloro residual (R) en mg de cloro por litro de agua (mg/L) se determina mediante la comparación del color del analizada en la cámara (a) con la tableta que se añadió y los colores estándar en el recipiente (cámara b).

Nota: Se usará la cámara (c) si se necesitara medir un residuo más alto de cloro.

Figura 2. Pasos para determinar el residuo de cloro en agua con el uso de un comparador

Lista de control de la cloración

- El cloro debe estar en contacto con el agua, por lo menos, media hora para desinfectarla. El mejor

26/05/13

Notas Técnicas para Emergencias

momento para añadirlo es después de todos los otros procesos de tratamiento y antes de su almacenamiento y uso.

- Nunca añada cloro antes de la filtración lenta por arena o por cualquier otro proceso biológico, pues el cloro elimina las bacterias que ayudan en el tratamiento, lo cual lo torna inefectivo.
- Nunca añada ninguna forma sólida de cloro directamente al suministro de agua, pues no se mezcla ni se disuelve. Siempre haga primero una pasta, mezclando el compuesto con un poco de agua.
- La desinfección es solo una defensa contra las enfermedades. Se deben hacer todos los esfuerzos posibles para proteger las fuentes de agua de la contaminación y prevenir la subsecuente contaminación durante su recolección y almacenamiento.
- Se debe seguir estrictamente el procedimiento correcto para aplicar el desinfectante al agua y se debe hacer un control regular de los suministros de agua para asegurarse de que estén libres de bacterias. De otra forma, se puede engañar a las personas pues creen que el agua es potable cuando, de hecho, es riesgoso consumirla.
- El cloro residual óptimo en un suministro pequeño y comunal de agua está en el rango de 0,3 a 0,5 mg/L.
- La dosis de cloro necesaria para desinfectar un suministro de agua se incrementa si está muy turbia. En estas circunstancias, es mejor tratar el agua para reducir la turbiedad antes de la cloración.

Mayor información

OMS (2004) *Guidelines for drinking water quality*, 3RD ED., OMS, Ginebra.

[Volver al índice](#)

Anexo B

Disinfection Controllers

WDIS410 Series

OVERVIEW

Walchem's WDIS Series controller will reliably and economically control your water treatment disinfection process. The controller includes four standard sensor input options (free chlorine/bromine, chlorine dioxide, ozone, peracetic acid) or can be configured to use a variety of other types or ranges of Walchem disinfection sensors, such as hydrogen peroxide or total chlorine.

The WDIS Series controller takes the guesswork out of your disinfection process. The chemical concentration is continuously monitored and controlled to the precise range required for proper system control and regulatory compliance.

Designed to be flexible and versatile, the WDIS Series controller is the ideal solution for disinfection applications in cooling towers, food & beverage, drinking water, wastewater and swimming pools.

Integrated datalogging is available to validate system performance. A USB memory stick is all that's needed to extract data and event logs that include disinfection sensor measurements and relay status. Download log files from the USB stick to a PC at your convenience. It couldn't be easier!



SUMMARY OF KEY BENEFITS

- **Versatility for a Broad Range of Applications**
 Choose from four standard industrial grade sensors in one controller (chlorine/bromine, chlorine dioxide, ozone, peracetic acid) or configure the controller to use a variety of other disinfection sensors. Relays can be configured for Hi Alarm, Low Alarm, Out-of-Range Alarm, In-Range Output or Probe Wash, providing unmatched flexibility.

- **Economical and Simple to Use**
 WDIS controllers are economically priced and do not require any costly reagents. The rugged NEMA 4X enclosure and panel mounted flow assembly has only two process connections for quick and easy installation.

- **Built-in Safety Features**
 Programmable output limit timers prevent run-away chemical addition. Digital Interlock Input may be used from a flow switch or level input to prevent chemical addition based on a stagnant sample, or control of an empty batch tank. The alarm relay notifies plant personnel of alarm conditions as soon as they occur.

- **Simple, Integrated Data Collection**
 Download stored data from the controller to a USB stick. Use the data to simply and easily validate system performance, document compliance and reduce liability. The data and event logs show disinfection levels, as well as accumulated chemical feed and relay activation times.



WDIS410 Series | Disinfection Controllers

» Versatile relay configuration

- Control outputs can be set as high or low set points via keypad. Auxiliary outputs can be set as:
 - High alarm
 - Low alarm
 - In-range output
 - Probe wash
 - Out of range alarm

» Probe wash feature

- For applications that require frequent electrode cleaning, automatic probe wash extends the time between maintenance interruptions

» Programmable access code

- Secures set point parameters and prevents unauthorized use. Program any four digit access number or disable the code requirement.

» Display status at a glance

- Look at any set point without interrupting control or entering an access code. Top level view:
 - Analog graph relative to set point
 - Disinfection sensor values
 - Status of alarms, outputs

» Self diagnostics

- Software and electronics are constantly monitored without having to take the controller off-line. Any error messages are clearly displayed. A fifth relay is activated by any diagnostic failures.

» USB Flashstick Support

- Standard for data logs, event/relay and reset logs, and user configuration file import/export

Standard Disinfection Sensors | Free Chlorine/Bromine • Chlorine Dioxide • Peracetic Acid • Ozone

» Long-lasting amperometric electrode with rugged membrane

» Integrated temperature compensation

Free Chlorine /Bromine

Chlorine and Bromine are the most common disinfectants used in water treatment. They're readily available, inexpensive, and typically used in drinking water, swimming pools, cooling towers and process water applications.

Chlorine Dioxide

Chlorine dioxide is a very strong oxidant that is often used for disinfection in drinking water, food & beverage, and cooling tower applications. It's preferred for some uses since it doesn't affect the taste and odor of the water being treated.

» Relatively insensitive to changes in sample flow rate

» Large openings in flow cell prevent clogging

» Excellent long-term stability

Peracetic Acid

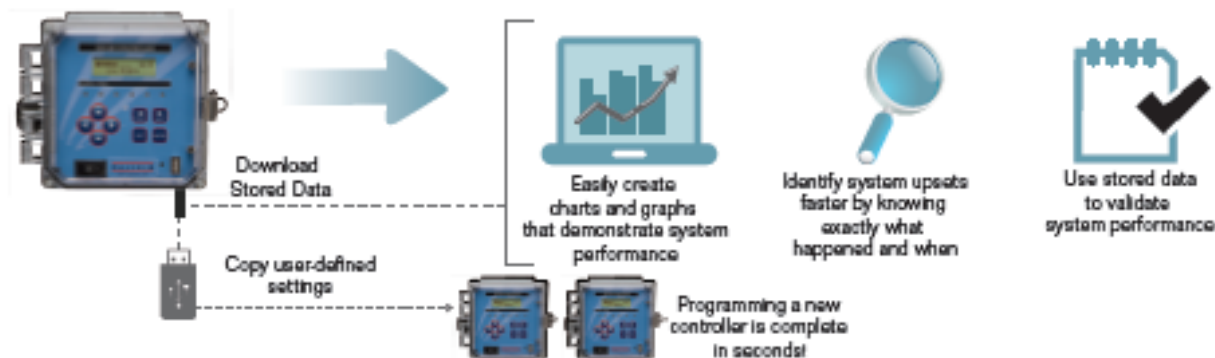
Peracetic acid has been used for decades as a disinfectant in the food & beverage industry. Its use has grown to many other applications including bottling, CIP (Clean In Place), laundry, pulp & paper, and agriculture.

Ozone

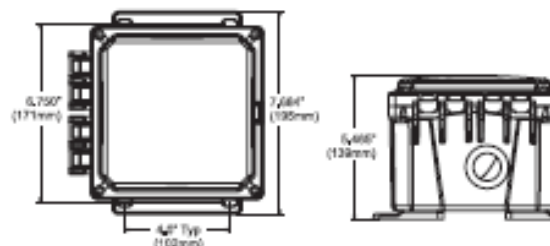
Ozone is the strongest oxidant used in water treatment. It is commonly used in drinking water (disinfection, oxidation, taste and odor control), food & beverage, swimming pools (therapy pools), zoos and aquariums.

USB Features

» Integrated datalogging collects analytical measurements at 10 minute intervals and captures all relay activations.



Dimensions



Inputs

Input Power 100-240 VAC, 50/60 Hz, 8A
Fuse: 1.0 ampere, 5 x 20 mm

Input Signals
Sensor ± 2000 mV

Interlock (Optional)
Isolated, dry contact closure required
(i.e. flow, level)

Mechanical (controller)

Enclosure Polycarbonate
NEMA Rating NEMA 4X (IP66)
Display 2 x 16 character backlit liquid crystal
Ambient Temperature 32 to 122°F (0 to 50°C)
Shipping weight 7 lbs (3 kg) (approximately)

Outputs

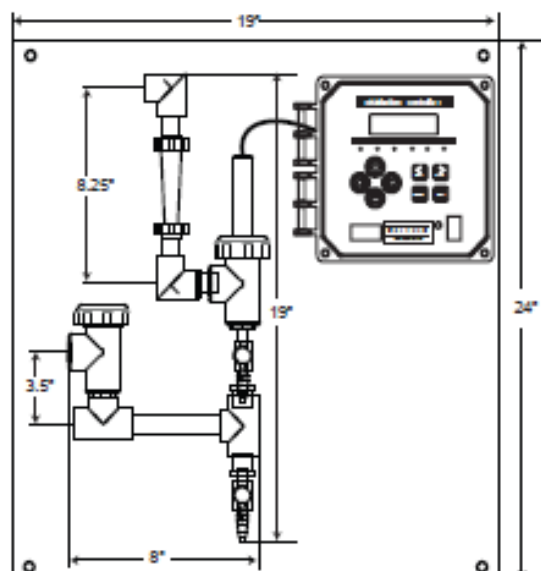
Control 1, Control 2 (On/Off)
Two internally powered relays
6A (resistive), 1/8 HP

All relays are fused together as one group, total current for this group must not exceed 6A

Control 3, Control 4, Alarm
Dry contact relays
6A (resistive), 1/8 HP

4-20 mA 1 or 2 (optional)
Internally powered, Fully isolated
600 Ohm max resistive load
Resolution .001% of span
Accuracy $\pm 1\%$ of reading

Sensor Power ± 5 VDC, 5 mA



Sensor Specifications

Mechanical

Operating Temperature Chlorine Dioxide, Peroxy Acid, Ozone:
0 to 60°C (32 to 122°F)
Chlorine/Bromine: 0 to 45°C (32 to 113°F)

Operating pressure 0 to 1 atm (0 to 14.7 psi)

Storage temperature 0 to 60°C (32 to 122°F)

Shelf life 1 year

Flow cell inlet 1/4" NPTF

Flow cell outlet 1/4" NPTF

Electrical

Power requirements ± 5 VDC, 5 mA maximum

Signal 0 to -2000 mVDC

Max cable length 305 m (1000 ft)

Cable required 2 twisted pair, 24 AWG shielded,

Materials of Construction (Sensor)

Sensor Body PVC, Polycarbonate

Membrane Chlorine Dioxide, Peroxy Acid,
Ozone: Silicone
Chlorine/Bromine: PTFE

Flow cell body Isoplast

O-ring FKM

	Chlorine Dioxide	Peroxy Acid	Ozone	Free Chlorine/Bromine	Free Chlorine/Bromine Extended pH Range
Range	0-16.75 mg/l	0-1675 mg/l	0-16.75 mg/l	0-13.25 mg/l	0-12.50 mg/l
Resolution	0.01 mg/l	1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Cross sensitivity	Free chlorine (5%), Ozone		Free chlorine (5%)	Ozone, ClO ₂	Ozone, ClO ₂
Flow rate of sample	30 to 100 liters/hr (7.9 to 26.4 gallons/hr)				
pH range of sample	1.0 to 14.0			6.8 to 8.0	4.0 to 12.0
Conductivity range of sample	50 to 10,000 μ S/cm				
Response time	30 seconds	3 minutes	30 seconds	30 seconds	2 minutes

ORDER INFORMATION

WDIS410 —    
voltage output sensor USB

VOLTAGE

1 = 120 VAC, prewired w/ USA power cord & 6" pigtails
5 = Hardwired, cable glands

OUTPUT

N = No data output
4 = One (1) Isolated 4-20 mA output
2 = Two (2) Isolated 4-20 mA outputs

SENSOR (consult factory for other sensor types & ranges)

N = No sensor
1 = Free chlorine/bromine sensor with flow cell & 20 ft. cable
2 = Chlorine dioxide sensor with flow cell & 20 ft. cable
3 = Ozone sensor with flow cell & 20 ft. cable
4 = Peroxy acid sensor with flow cell & 20 ft. cable
5 = Free chlorine/bromine sensor with flow manifold & 5 ft. cable on panel
6 = Chlorine dioxide sensor with flow manifold & 5 ft. cable on panel
7 = Ozone sensor with flow manifold & 5 ft. cable on panel
8 = Peroxy acid sensor with flow manifold & 5 ft. cable on panel
A = Free chlorine/bromine sensor, extended pH range with flow cell & 20 ft. cable
B = Free chlorine/bromine sensor, extended pH range with flow cell & 5 ft. cable on panel

USB FEATURES

U = Integrated datalogging, event/reset logging, and configuration file import/export

Note: Refer to the Disinfection Sensor brochure for additional sensor options. Order the WDIS controller with sensor option "N" then order the appropriate sensor separately.

AGENCY CERTIFICATIONS

UL	ANSI/UL 61010-1:2004, 2nd Edition*
CAN/CSA	C22.2 No.61010-1:2004 2nd Edition*
CE Safety	EN 61010-1 2nd Edition (2001)*
CE EMC	EN 61326 :1998 Annex A*

Note: For EN61000-4-6,-3 the controller met performance criteria B.

*Class A equipment: Equipment suitable for use in establishments other than domestic, and those directly connected to a low voltage (100-240 VAC) power supply network which supplies buildings used for domestic purposes.



WebMaster®ONE

WebMasterONE is the most advanced online cooling tower and boiler controller in the water treatment industry. The flexible multi-I/O platform allows you to control multiple cooling towers, boilers, closed loops, and condensate lines with just one controller. An extensive assortment of integrated communications and data handling features are included that enable water treatment professional to provide more effective water management services to their customers.



Metering Pumps

The E-Class is the most innovative and comprehensive metering pump product line in the world. Over 50 years of pump experience and a commitment to superior mechanical design has led to development of many industry firsts, including 300 stroke-per-minute technology, IP67 waterproof construction, and the world's highest capacity solenoid metering pumps.



WIND WebMaster® Industrial Water Controllers

Walchem's WebMaster Industrial (WIND) Controller sets a new standard for Industrial Water Treatment Controllers. WIND has a flexible multi-I/O platform, a wide range of analytical sensor measurement capabilities, and an extensive assortment of integrated communications and data handling features.



WebAlert® Remote Monitor

Walchem's WebAlert is the first stand alone remote monitoring device that can web enable your installed equipment without having to replace or upgrade it.

ABOUT US

Walchem integrates its advanced sensing, instrumentation, fluid pumping and communications technologies to deliver reliable and innovative solutions to the global water treatment market

Our in-house engineering is driven by quality, technology and innovation. For more information on the entire Walchem product line, visit: www.walchem.com

WALCHEM

An Invali America Company

Walchem, An Invali America Incorporated Company
Five Baynton Road Hopping Brook Park
Holliston, MA 01746 USA
Phone: 508-429-1110
Fax: 508-429-7433
www.walchem.com

180374.F May 2011

Anexo C

INFLACIÓN TOTAL
RITMO INFLACIONARIO
AÑOS 1996 - 2013
PORCENTAJES

Periodo	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	9.76	10.80	7.29	6.29	5.27	6.05	8.85	6.20	6.21	9.04	8.08	6.22	8.39	7.88	1.43	4.90	5.44	3.86
Febrero	10.83	12.66	5.45	5.17	6.62	5.99	9.01	6.00	6.26	9.04	7.26	6.62	8.76	6.50	2.48	5.24	5.17	4.18
Marzo	11.48	11.51	6.11	3.99	8.28	5.42	9.13	5.78	6.57	8.77	7.28	7.02	9.10	5.00	3.93	4.99	4.55	4.34
Abril	11.95	10.13	6.94	3.47	9.07	4.87	9.25	5.67	6.65	8.88	7.48	6.40	10.37	3.62	3.75	5.76	4.27	4.13
Mayo	11.02	9.61	7.32	3.73	7.36	6.05	9.31	5.56	7.27	8.52	7.62	5.47	12.24	2.29	3.51	6.39	3.90	4.27
Junio	10.34	8.97	7.43	4.22	7.23	6.30	9.14	5.24	7.40	8.80	7.55	5.31	13.56	0.62	4.07	6.42	3.47	
Julio	11.60	7.98	7.27	5.22	6.14	6.97	9.10	4.65	7.64	9.30	7.04	5.59	14.16	-0.30	4.12	7.04	2.86	
Agosto	12.03	8.05	6.31	6.03	4.71	8.79	7.73	4.96	7.66	9.37	7.00	6.21	13.69	-0.73	4.10	7.63	2.71	
Septiembre	11.77	8.33	5.49	6.79	4.29	8.99	7.10	5.68	8.05	9.45	5.70	7.93	12.75	0.03	3.76	7.25	3.28	
Octubre	10.64	8.48	4.97	7.57	3.84	9.47	6.60	5.84	8.64	10.29	3.85	7.72	12.93	-0.65	4.51	6.65	3.35	
Noviembre	10.44	7.66	7.35	5.15	4.17	9.51	6.34	5.84	9.22	9.25	4.40	9.13	10.85	-0.61	5.25	6.05	3.11	
Diciembre	10.85	7.13	7.48	4.92	5.08	8.91	6.33	5.85	9.23	8.57	5.79	8.75	9.40	-0.28	5.39	6.20	3.45	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).