PROTOCOLO LAVADO Y DESINFECCIÓN DE TANQUES DE RESERVA PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

AVAL QUIMICO
FIRMA 
NOMBRE: WILLIAM ALEJANDRO ANDRADE
C.c. 79.387.938.
PROFESIONAL EN: INGENIERÍA QUÍMICA
TARJETA PROFESIONAL No.: 4173
NÚMERO DE CONTACTO: 320 271 56 95
FECHA: Mayo de 2020

Tabla de contenido

1. OBJETIVO..... 3

2. ALCANCE 3

3. DEFINICIONES 3

4. NORMATIVIDAD..... 4

5. TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO 5

6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD A USAR DE ACUERDO A LA UBICACIÓN DEL TANQUE (aéreos nivel o subterráneos) 8

7. PROCEDIMIENTO DE CHEQUEO Y VERIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD A UTILIZAR..... 10

8. DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE LAS CONDICIONES FISICAS DEL TANQUE... 10

9. PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA INICIAL DEL TANQUE CON EL PASO A PASO 12

10. PROCEDIMIENTO DESINFECCIÓN DE TANQUES Y TUBERIAS..... 17

11. Procedimiento de habilitación de operación del tanque..... 26

12. Medición de gases para tanques espacios confinados..... 27

13. DESCRIPCIÓN DEL KIT CLORO y PH..... 28

1. OBJETIVO

Procedimiento para realizar de forma segura y en cumplimiento de la normatividad legal vigente que aplica, las actividades de lavado y desinfección de tanques de reserva para almacenamiento de agua de potable.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a la ejecución de las actividades lavado y desinfección de tanques de reserva para almacenamiento de agua de potable, dando cumplimiento con los requerimientos de las especificaciones técnicas, estándares HSEQ y requerimientos escritos por normatividad vigente.

3. DEFINICIONES

Abrasivo: Es una sustancia que tiene como finalidad actuar sobre otros materiales con diferentes clases de esfuerzo mecánico.

Acción Mecánica: Procedimiento de apoyo con el cual se busca optimizar la limpieza por medio del uso de elementos (escobas, cepillos, etc.) en movimientos circulares de adentro hacia fuera.

Limpieza (Aseo): Procedimiento por medio del cual se busca retirar partículas, grasa o impurezas de cualquier superficie donde halla contacto con los alimentos, manipuladores o procesos y equipos involucrados de los mismos.

Microorganismos: Seres vivos de tamaño tan reducido solo visibles con un microscopio que de acuerdo a su origen y clasificación, pueden afectar la salud humana. (Incluyen parásitos, hongos, bacterias y virus.

Desinfección: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los microorganismos patógenos presentes en cualquier alimento o superficie, en este caso en los tanques de almacenamiento de agua domiciliaria.

Desinfectante: Sustancia que tiene el poder de destruir los microorganismos patógenos alterando la membrana celular y ocasionando su muerte; también se considera desinfectante la acción física de algunas sustancias como el agua en condiciones termodinámicas apropiadas (agua a temperatura superior de 92ºC con un contacto apropiado sobre la superficie a desinfectar).

Higiene: Conjunto de técnicas y procedimientos que deben ser utilizados para mantener la salud pública y así evitar en la comunidad enfermedades o

epidemias. También se refiere al hábito desarrollado por las personas para mantenerse aseado y limpio

Agua potable: Agua tratada exenta de contaminantes, considerada apta para el consumo humano.

Cloro libre: Cantidad de cloro libre o combinado que permanece activo tras un tiempo de contacto determinado.

Corrosión: Desgaste no deseado, originado por la reacción química entre el fluido contenido y/o procesado y el material de construcción del equipo en contacto con el mismo

Elementos de protección personal: Dispositivos destinados para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o salud en el trabajo.

Hipoclorito De Sodio: Compuesto químico, fuertemente oxidante, cuya composición le permite actuar como agente desinfectante; estas propiedades se aprovechan para el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos.

Lavado: El lavado es una de las formas de conseguir la limpieza.

Solución: Combinación de un sólido o de un producto concentrado con agua, para obtener una distribución homogénea de cada uno de los componentes.

Tanque: Deposito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión relativamente baja.

4. NORMATIVIDAD

- Ley 373 de 1997: Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- **Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Guía técnica No. 3** – Revisión mayo
2009. Organización Mundial d la Salud OMS.
- **RESOLUCIÓN 1096 DE 2000**: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS
- **RESOLUCIÓN 414 DE 2002:** Por la cual se adoptan metodologías analíticas alternas para análisis físico químico y bacteriológico de aguas para consumo humano
- **Decreto 1575 del 2007:** Por el cual se establece el Sistema para la Protección y

Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
- **Resolución 2115 del 2007:** Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- **Resolución 1409 del 2012:** por la cual se establece el Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas.
- **OHSAS 18001: 2007:** Requisitos de Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.
- **RESOLUCIÓN 811 DE 2008:** Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.
- **RESOLUCIÓN 0330 DE 2017**: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
- **Resolución 273 DE 2018** LAVADO Y DESINFECCIÓN DE TANQUES
- **Resolución 738 DE 2018** aclara y modifica el LAVADO Y DESINFECCIÓN DE TANQUES
- **NTC 4576:** Desinfección de Instalaciones de Almacenamiento de Agua Potable.

5. TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de agua, según el uso:

Públicos, cuando están localizados de forma tal en la ciudad que pueden abastecer a un amplio sector de esta

Privados, cuando se encuentran al interior de las viviendas, o en el terreno de un edificio de apartamentos, y sirven exclusivamente a los moradores de este.

Según su localización:

Subterráneos, enterrado del nivel de la superficie	

A nivel sobre la superficie donde no aplique trabajo en alturas o descensos	
Aéreos aplican trabajo en alturas, resolución 1409/19	

Según su capacidad:

Los tanques varían, según el diseño se pueden encontrar;

Cilíndricos	 Fuente:https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.eduardono.com%2Fambiental&psig=AOvVaw1K_93neT7D1mVzcADCu6_N&ust=1582665926348000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCOjsxJqQ6-cCFQAAAAAdAAAAABAV
Cúbicos	
Esféricos	 Fuente:https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.tfwarren.com%2Fsp%2Ftarsco-mexico-sp2%2Fproductos%2Fesferas-almacenamiento-asme&psig=AOvVaw1q45U7ECipipa_xv90vqq3&ust=1582664876198000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCIDV266M6-cCFQAAAAAdAAAAABAy

Por tal motivo las capacidades serán encontradas de acuerdo a las dimensiones de cada unidad

6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD A USAR DE ACUERDO A LA UBICACIÓN DEL TANQUE (aéreos nivel o subterráneos)

ACTIVIDAD	EQUIPOS	PROTECCIÓN	REFERENCIA	IMAGEN	MANTENIMIENTO	ALMACENAMIENTO	REPOSICIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
LAVADO DE TANQUES	ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	Cabeza	Casco tipo I con barbuquejo		Limpiar parte externa con	Lugar seco y libre de	Condiciones de uso	Residuo ordinario
		Ojos	Gafas de protección		Lavar todos los días con agua a chorro secar con paño limpio.	Lugar seco y libre de contaminantes	Condiciones de uso	Residuo ordinario
		Corporal	Overol Tychem QC		Debe lavarse bien con detergente y agua caliente.	Mantener en bolsa de cierre hermético	Tiempo	Residuo peligroso
		Manos	Guantes de nitrilo resistentes a químicos		Lavar con agua y jabón neutro y dejar secar muy bien con ventilación natural.	Lugar seco	Condiciones de uso	Residuo peligroso
		Pies	Botas de caucho antideslizantes		Limpiar con paño húmedo	N/A	Condiciones de uso	Residuo ordinario
		Respiratoria	Respirador de media cara doble cartucho referencia 6009		Lavar con agua y jabón neutro, dejar secar muy bien con ventilación natural, desinfectar con paño limpio.	Mantener en bolsa de cierre hermético	Condiciones de uso	Residuo peligroso

ACTIVIDAD	EQUIPOS	PROTECCIÓN	REFERENCIA	IMAGEN	MANTENIMIENTO	ALMACENAMIENTO	REPOSICIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
LAVADO DE TANQUES	EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA CAIDAS Y ESPACIOS CONFINADOS	Corporal	Eslingas graduable posicionamiento 1-5m		Limpiar las reatas con una solución de agua y jabón. Enjuague con agua limpia. Limpie los herrajes con un paño limpio.	Lugar seco, libre de sustancias químicas peligrosas y corrosivas, superficies filosas o abrasivas.	Condiciones de uso	Residuo Especial
			Eslinga de posicionamiento con absorbedor de choque 1.8m		Limpiar las reatas con una solución de agua y jabón. Enjuague con agua limpia. Limpie los herrajes con un paño limpio.	Lugar seco, libre de sustancias químicas peligrosas y corrosivas, superficies filosas o abrasivas.	Condiciones de uso	Residuo Especial
			Eslinga doble		Limpiar las reatas con una solución de agua y detergente suave. Enjuague con agua limpia. Limpie los herrajes con un paño limpio y seco. Y deje que sequen al aire.	Lugar fresco, seco y limpio, sin exposición a la luz solar directa y libre de vapores de sustancias químicas.	Condiciones de uso	Residuo Especial

ACTIVIDAD	EQUIPOS	PROTECCIÓN	REFERENCIA	IMAGEN	MANTENIMIENTO	ALMACENAMIENTO	REPOSICIÓN	DISPOSICIÓN FINAL
LAVADO DE TANQUES	EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA CAIDAS Y ESPACIOS CONFINADOS	Corporal	Arnés 4 y 6 argollas		Limpiar con agua y jabón suave. Dejar secar a la sombra. Limpie los componentes metálicos y la reata con un paño seco y limpio.	Lugar limpio, fresco y seco, libre de la incidencia de la luz solar, libre sustancias químicas peligrosas y corrosivas,	Condiciones de uso	Residuo Especial
			Kit de arnés y eslinga		Limpiar con agua y jabón suave. Dejar secar a la sombra. Limpie los componentes metálicos y la reata	Lugar limpio, fresco y seco, libre de la incidencia de la luz solar, libre sustancias	Condiciones de uso	Residuo Especial
			Adaptador de anclaje		Limpiar con solución de agua y jabón. Enjuague con agua limpia.	Lugar seco, libre de sustancias químicas	Condiciones de uso	Residuo Especial
			Kit de rescate		Limpiar la cuerda con solución de agua y jabón. Enjuague con agua limpia. Limpie los herrajes con un paño limpio.	Lugar seco, libre de sustancias químicas peligrosas y corrosivas, superficies filosas o abrasivas.	Condiciones de uso	Residuo Especial

7. PROCEDIMIENTO DE CHEQUEO Y VERIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD A UTILIZAR

Para los elementos de protección personal, como los equipos utilizados control de caídas, espacios confinados y rescate, se debe:

- ✓ Contar con registro de compra (elemento de protección personal)
- ✓ Contar con registro de compra o alquiler de equipo protección contra caídas, espacios confinados y rescate
- ✓ Certificación de fabricación cumplimiento de los estándares normativos aplicables
- ✓ Certificación de inspección (cuando el equipo lleve más de un año de fabricación/ uso)
- ✓ Hoja de vida del equipo
- ✓ Fecha en etiqueta del inicio de uso
- ✓ Fecha en etiqueta de inspección anual por una persona calificada
- ✓ Formato de inspección pre-operacional

8. DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE LAS CONDICIONES FISICAS DEL TANQUE

8.1. Visita de diagnóstico reconocimiento



Para todos los casos se recomienda realizar una visita diagnóstica, (previo a intervención) a la(s) unidad(es) del(os) cliente(s) para conocer (se debe registrar en una orden de visita de cotización):

- ✓ Ubicación
- ✓ Acceso
- ✓ Capacidad
- ✓ Medidas
- ✓ Tipo material
- ✓ En listar los equipos, herramientas, insumos para el desarrollo de la actividad
- ✓ Entrega de recomendaciones al cliente, antes, durante y después de la actividad

8.2. Visita de diagnóstico en ejecución



- ✓ Información de las actividades a realizar
- ✓ Entrega de documentación soporte de equipos, herramientas, procedimientos, insumos y todos los que el cliente requiera de acuerdo a la normatividad legal vigente para el desarrollo de las actividades.
- ✓ Señalización del área
- ✓ Alistamiento y ubicación de los equipos, herramientas, insumos para el desarrollo de la actividad en el punto de trabajo
- ✓ Medición de gases (uso equipo medidor atmosferas peligrosas)
- ✓ Ventilación de la unidad de almacenamiento:

- **Ventilación artificial** Con equipos (de acuerdo a ficha técnica del equipo)
- **Ventilación natural** apertura de la unidad con paso de corriente aire con tiempo mínimo recomendado 30 min

8.3. Verificación estado de la unidad, (se recomienda realizar registro fotográfico, validar con el cliente la posibilidad del registro, en todos los casos se debe diligenciar, el **formato de diagnóstico**), se deben evaluar;

- **Condiciones locativas**

- ✓ Ubicación (elevado, subterráneo o superficie)
- ✓ Acceso (fácil o difícil)
- ✓ Punto energía
- ✓ Punto abastecimiento y registro de ingreso agua

- **Condiciones físicas**

- ✓ Tapas
- ✓ Tipo material
- ✓ Paredes
- ✓ Pisos
- ✓ Tuberías
- ✓ Accesorios (Flotador)

- ✓ Punto de desagüe
- ✓ Punto de ventilación
- ✓ Poceta
- ✓ Residuos

- **Condiciones ambientales**

- ✓ Temperatura
- ✓ Prueba de gases
- ✓ Análisis físicos
- ✓ Análisis químicos
- ✓ Análisis microbiológicos

9. PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA INICIAL DEL TANQUE CON EL PASO A PASO

9.1. Tipo y cantidad detergente

No se autoriza el uso de detergentes por trazas o residualidad de los mismos, en caso del uso de los mismos se deberá evaluar el producto a utilizar

9.2. Equipos;

Los equipos deben contar: hoja de vida, registro de mantenimiento y formato de inspección pre-operacional

- ✓ Bomba sumergible
- ✓ Hidrolavadora
- ✓ Maquina aspersor manual (ver calibración)





Calibración maquina manual

1. Marque un área (1 m²) sobre el terreno donde va realizar la aplicación.
2. Determine el ancho o cobertura de la boquilla
3. Llene la maquina con un volumen conocido de agua
4. Genere acción de presión a la bomba.
5. Realice un aspersión manteniendo una presión constante y al paso al cual va a efectuar la aplicación.

6. Tome el tiempo que gasto para cubrir dicha área
7. En un balde descargue el contenido restante de la bomba.
8. Repita la operación tres veces y obtenga un promedio

Con esta operación se determina el factor de calibración, el cual siempre se multiplicara por el área para determinar la cantidad de líquido requerida para cubrir el área a intervenir Las unidades están dadas en (L/m2).

9.3. Herramientas;

Evaluar y garantizar que el uso de las herramientas, **NO** deben afectar las condiciones físicas del tanque.

- ✓ Valdé(s)
- ✓ Cepillo(s)
- ✓ Trapero(s)
- ✓ Escoba(s)
- ✓ Recogedor(es)



9.4. PASO A PASO DE LAS ACTIVIDADES

1. Alistar los insumos, hojas de seguridad de las sustancias a utilizar, herramientas, equipos y productos necesarios para realizar el lavado y desinfección de tanques programado.(se debe garantizar que ningún elemento afecte la hermeticidad del tanques o genere una contaminación cruzada)



2. Si el tanque que se va a intervenir implica Trabajo en alturas o en Espacios confinados, alistar los equipos de protección contra caídas y los elementos de protección personal necesarios para la actividad.(VER CUADRO ELEMENTOS PROTECCION)



3. Realizar las inspecciones preoperacionales a los equipos de protección contra caídas y los elementos de protección personal a utilizar.(USO LISTADOS DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS)

4. Entregar al cliente los documentos de soporte como; fichas técnicas y hojas de seguridad de las sustancias a utilizar y aquellos necesarios para realizar el lavado y desinfección de tanques.

5. Una vez se encuentren en las instalaciones del cliente, realizar el Análisis de Trabajo Seguro en caso de que el lavado de tanques implique una tarea de alto riesgo (trabajo en alturas o espacios confinados si se requiere).

6. Tramitar el permiso de trabajo ante el cliente en caso de que se requiera y adjuntar los soportes que se exijan en el mismo.

7. Para tanques impliquen trabajo en alturas o en espacios (Permiso para Trabajos de Alto Riesgo y Análisis de Trabajo Seguro-ATS)

8. Cuando ya hayan sido validados los permisos de trabajo ante el cliente y este otorgue el aval para realizar el lavado y la desinfección del tanque, trasladar al sitio de ubicación de los tanques los insumos, herramientas, equipos y

productos.

9. Señalizar y delimitar el área de trabajo informando la labor que se está realizando y la restricción de acceso al área.

11. Colocarse los elementos de protección según Anexo 2 (Elementos de protección personal)

14. Colocarse los equipos de protección contra caídas requeridos de acuerdo con las condiciones del área del tanque a intervenir.

15. Realizar una charla de 5 minutos en la que se aclare cómo se va a realizar el trabajo y hacer recomendaciones generales.

16. Verificar que el tanque se encuentre desocupado como se le recomendó al cliente.(se debe evacuar con equipos el remanente almacenado que se recomienda no ser mar de una altura de 10 cm)

17. Verificar el estado del tanque: presencia de grietas y fisuras, empaques, válvulas y tuberías, hermeticidad del tanque.

18. Tomar registro fotográfico del estado del tanque antes y después del lavado y desinfección.

19. Nota 1; Si el tanque contenía sustancias volátiles, o líquidos orgánicos, no intente ingresar al tanque pues los gases despedidos por los líquidos pueden ser peligrosos. Colocar cepillo en la punta de un palo largo posibilita la limpieza del tanque sin tener que entrar en él.



20. Nota 2; Desinfectar con solución desinfectante, como se indica en la formulación relacionada para la desinfección de la unidad, a los equipos y herramientas a emplear, los cuales se utilizan exclusivamente para la limpieza de tanques de agua potable y deben ser desinfectadas antes de cada uso

21. PROCESO DE LAVADO

- Antes de realizar el lavado inspeccionar la unidad en caso de encontrar materiales extraños como objetos, animales muertos, utilizar los contenedores (bolsa plástica) Respel para su disposición final ya sea por entierro o un gestor de residuos
- Para el lavado se usara la dilución del Hipoclorito recomendado



- Se realiza enjuague en el siguiente orden; primero techos, segundo paredes y pisos
- Se procede a realizar acción mecánica por techos, paredes y pisos





- Se lava nuevamente lavado en el mismo orden; primero techos, segundo paredes y pisos
- Se realiza secado de la unidad



10. PROCEDIMIENTO DESINFECCIÓN DE TANQUES Y TUBERIAS

TIPO DE DESINFECTANTE Y CANTIDAD A UTILIZAR

El desinfectante a utilizar es hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%, diluido en agua según la capacidad de almacenamiento del tanque (volumen de agua que puede almacenar) o con el uso de ecuaciones el área total de las superficie del tanque. Llegando a una concentración de 1200 ppm (solución madre) según el estudio de Inactivación secuencial de oocistos de Cryptosporidium parvum con dióxido de cloro seguido de cloro libre o monocloramina, Sequential inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts with chlorine dioxide followed by free chlorine or monochloramine, se determina esta concentración para el control efectivo de los organismos mediante la desinfección con el uso del hipoclorito en las instalaciones de Almacenamiento de Agua Potable.

CÁLCULOS DE CONCENTRACIÓN

Con la siguiente fórmula se indica el volumen de hipoclorito a emplear teniendo en cuenta concentraciones y volúmenes de agua a desinfectar:

Ecuación;

$$V\ Hipoclorito = \frac{Vr\ Agua * ppm}{C.C * 10}$$

Donde:

V Hipoclorito: es el volumen de hipoclorito de sodio que se debe agregar a la dilución en mililitros o centímetros cúbicos.

Vr Agua: volumen de agua que se utilizara en el procedimiento de desinfección

ppm: concentración de hipoclorito que se recomienda para desinfección

C.C. concentración conocida de hipoclorito

10: es una constante

Para conocer el volumen requerido de agua o mezcla agua desinfectante por metro cuadrado a utilizar con un equipo con aspersor manual, se debe aplicar la siguiente ecuación

$$Vr = At * Cb$$

Donde:

Vr: es volumen requerido de agua o mezcla agua desinfectante por metro cuadrado (Lt)

At: Área del tanque o instalación a desinfectar (m2)

Cb: cobertura de la boquilla en un metro cuadrado (lt/m2)

Ejemplo: Se requiere un litro para dar cobertura al área del tanque

$$V\ Hipoclorito = \frac{Vr\ Agua * ppm}{C.C * 10}$$

$$V\ hipoclorito = \frac{1\ Litro * 1200\ ppm}{5\% * 10} = 24\ ml$$

NOTA: Si el hipoclorito inicial del 5% recomendado, es cambiado a 10% o 15%, las cantidades a utilizar serían las que se relacionan en la tabla

Tabla 1. Dosificación del Hipoclorito recomendado

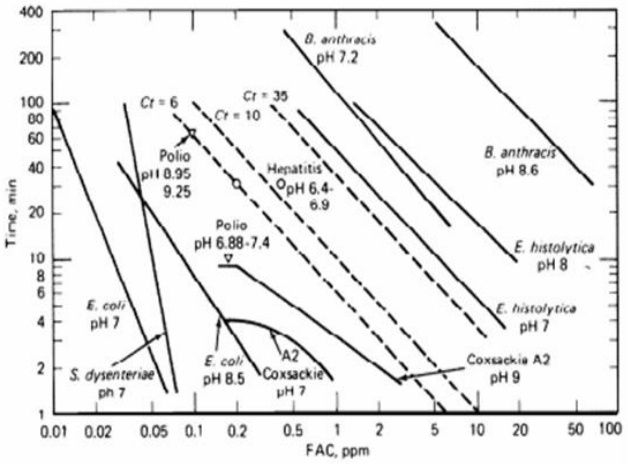
Capacidad del Tanque (L)	Área del Tanque (m^3)	Área del Aproximaddel Tanque (m^2)	Solución desinfectante a 1200 ppm (L)	Cantidad de hipoclorito a 5% de concentración (ml)	Cantidad de hipoclorito a 10% de concentración (ml)	Cantidad de hipoclorito a 15% de concentración (ml)
1.000	1	6	0,9	24	12	8
10.000	10	28	4,2	100	50	33.3
20.000	20	46	6,9	166	83	55.3
30.000	30	59	8,9	214	107	71.3
40.000	40	72	10,8	260	130	86.7
50.000	50	85	12,8	308	154	102.7
100.000	100	145	21,8	524	262	174.7

TIEMPO DE CONTACTO

El proceso de desinfección depende del número de microorganismos vivos en un momento determinado, tiempos de contacto, temperatura, pH y concentración del desinfectante.

En la gráfica 1. Concentración de cloro Vs tiempo para diferentes rangos de PH, los microorganismos evaluados a diferentes pH, se presenta que a mayor concentración menor tiempo de contacto requerido para inactivación.

Grafica 1. Concentración de cloro Vs tiempo para diferentes rangos de PH.



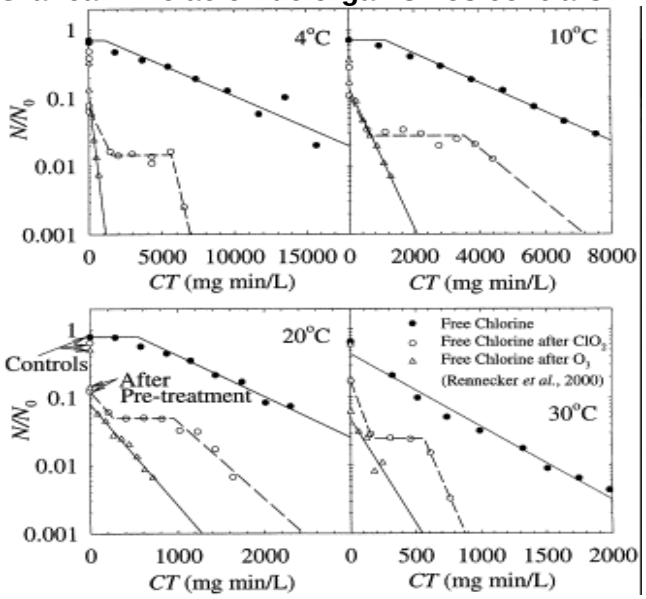
Fuente;https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401002457

Análisis grafica 1; Considerando el efecto de la temperatura sobre la constante, se presenta que a temperaturas elevadas, mayor es la velocidad de reacción. por lo tanto la degradación del cloro será más rápida.

Recomendación, Según la **gráfica 1,** se tomó 20 minutos, porque la mayoría de los organismos serian eliminados con este tiempo.

Con estos datos, lo mencionado en la norma técnica colombiana 4576 y el articulo Sequential inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts with chlorine dioxide followed by free chlorine ormonochloramine,https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401002457.

Grafica 2. Relación de organismos contra CT



Fuente; https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401002457

El análisis de la gráfica 2 es la siguiente:
Según la gráfica anterior si tomamos una concentración de 1200 ppm y lo multiplicamos por el tiempo obtenemos un CT = de 24000, lo cual nos indica que la temperatura con referente a este CT asegura la eliminación de los diferentes organismos

En conclusión, se recomienda;
A temperaturas menores de 10 grados centígrados un tiempo de contacto de 30 minutos
A temperaturas superiores de 10 grados centígrados un tiempo de contacto de 20 minutos

Sustentación de los datos de la grafica 2.
Chick y Watson propusieron que el proceso de desinfección del agua se puede representar así:

$$\frac{dN}{dt} = -kCN$$

donde N= número de microorganismos vivos en el instante t.
t= tiempo de contacto.
K= constante de inactivación (es función del desinfectante, temperatura y pH)
C= concentración del desinfectante (mg/L; ppm)

Integrando se llega a

$$\ln \frac{N}{N_0} = -kCt$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kCt}$$

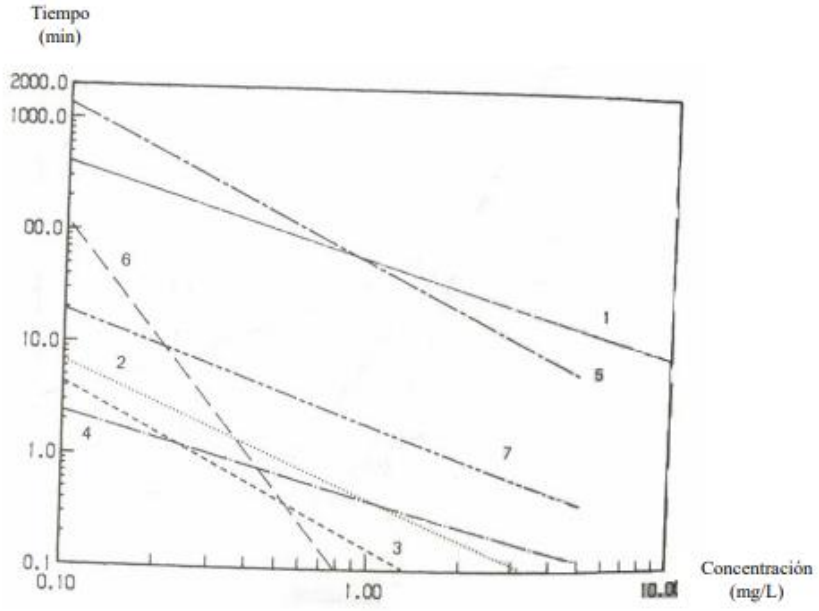
donde N_0 es el número de microrganismos vivos en t=0

$$Ct = \int_{t_0}^{t} Cdt$$

Ct es el parámetro de diseño y por lo tanto la variable más importante en el proceso de desinfección. Es el producto de la concentración del desinfectante (mg/L) por el tiempo en que se debe exponer el agua al residuo desinfectante (min.). Por lo tanto se mide en mg·min/L o mg/L/min. Se deriva de la ley de Chick. Al aumentar ya sea la concentración o el tiempo de contacto, y manteniendo la otra variable constante, la efectividad en el proceso de inactivación de los microorganismos es mayor.

Grafica 3. Función entre tiempo y concentración final de la solución

Para cada microorganismo existe una relación concentración-tiempo necesaria para realizar la desinfección, como lo muestra la siguiente figura:



Relación *Ct* para 99% de inactivación de diversos microorganismos. (1) Giardia lamblia, cloro libre, 5°C, pH 6.0. (2) E. coli, cloro libre, 2-5°C, pH 8.5. (3) E. coli, cloro libre, 20-25°C, pH 8.5. (4) Poliovirus 1 (Mahoney), cloro libre, 2°C, pH 6. (5) E. coli, cloro combinado, 3-5°C, pH 7. (6) Poliovirus 1 (Mahoney), ozono, 20°C, pH 7.2. (7) Giardia muris, ozono, 5°C, pH 7 (AWWA, 1999)

Fuente;http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/capitulo5.pdf

Análisis; Para la mayoría de los organismos el tiempo recomendado esta dentro de los

parámetros para cumplir con el 99 % de la inactivación.

Sustentación de una concentración de 1200 ppm de la solución madre hipoclorito de sodio acido hipocloroso;

Obtención química del HClO:

1.Hidrólisis de gas de cloro ($Cl_2 + H_2O$ --- > $HOCl + H^+ + Cl^-$)
2.Electrolisis de solución de sal ($2Cl^-$> $Cl2 + 2e^-$) y ($Cl_2 + H_2O$ > $HClO + H^+ + Cl^-$)
3.Acidificación de hipoclorito ($OCl^- + H^+$ ---- > $HOCl$)

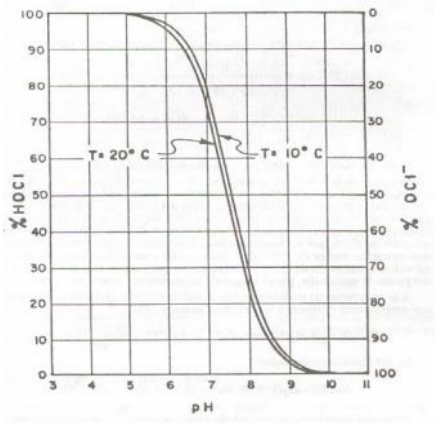
$NaClO + H_2O \rightarrow HClO + Na^+ + OH^-$ (Ecuación 1)

Entonces se propone una concentracion de 1200 ppm. (NaClO= peso molecular 74,44g/mol)
1200 mg/L * 1g/1000mg * 1mol/ 74,44 g = 0,01612 M (concentración molar mol/L), según Ec 1) la disolución total formaria 0,01612 M de H ClO.
Debido a que el acido hipocloroso es un acido debil cuya constante de acidez es de 2,9 $*10^{-8}$ y su disociación parcial es.

H ClO<----> $H^+ + ClO^-$ (Ecuación 2)
0,01612M 0 0 Concentraciones iniciales.
0,01612 -X X X Concentración en el equilibrio.

Ka= Concentracion de los productos / concentración reactantes.
$2,9 *10^{-8} = X *X / (0,01612 -X)$.
Desarrollando esta expresión se tiene.
$0= X^2 + 2,9*10^{-8} X - 4,6748*10^{-10}$ y resolviento por expresión cuadratica.
$X_1= 2,1606*10^{-5}$ **Se selecciona el $X_1= 2,1606*10^{-5}$**
$X_2= -2,1635*10^{-5}$ (el negativo no es lógico masa negativa).
El valor de X es la cantidad de H^+ que se tiene en la solución.
De esta manera al aplicar -Log[H+] = pH. Entonces pH= 4,66 que es un pH ligeramente acido.

Grafica 4 . Especies químicas vs pH.



Porcentaje de HOCl y OCl^- para distintos valores del pH (Arboleda, 2000)

Teniendo en cuenta la grafica. Con un pH de 4,6 aseguramos que el % de H ClO sea el cercano al 100%.

El % de HOCl tambien se puede obtener a partir de la formula siguiente:

Ecuación 3

$$(\%HOCl) = \frac{100}{1 + K \cdot 10^{pH}}$$

donde K es la constante para diferentes Temperaturas (Fuente Arboleda (2000)

Para nuestro caso si el pH es de 4,66.

Temperatura (°C)	0	5	10	15	20	25
$K \times 10^{-8}$	2.0	2.3	-2.6	3.0	3.3	3.7

Se puede calcular usando la ecuación 3. y para una temperatura de 5°C.

%H ClO = 100/ (1+ $2{,}3*10^{-8}*10^{4{,}66}$)

%H ClO = 99,90.

Como afecta el PH al añadir hipoclorito de sodio al agua?

Debido a la presencia de soda cáustica en el hipoclorito de sodio, el valor del PH aumenta. Cuando el hipoclorito de sodio se disuelva en agua, se generan dos substancias, que juegan el papel de oxidantes y desinfectantes. Estos son acido hipocloroso (HOCl) y el ion de hipoclorito el cual es menos activo (OCl-). El Ph del agua determina la cantidad de acido hipocloroso que se forma. Cuando se utiliza hipoclorito de sodio, se utiliza el acido acético para disminuir el PH.

El acido sulfúrico (H2SO4) se puede usar como alternativa al acido acético. Cuando se utiliza acido sulfúrico la producción de gases dañinos es menor. El acido sulfúrico es un acido fuerte que reacciona vigorosamente con bases y esto es muy corrosivo.

ESPACIO

EN

BLANCO

La siguiente figura muestra la distribución de las tres posibles especies de cloro según su pH, para una temperatura de 25°C:

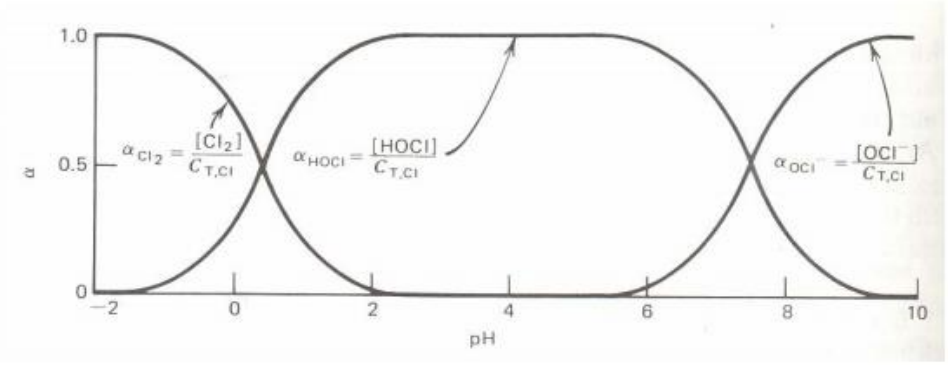


Figura 5.1 Diagrama de distribución de las especies de cloro a 25°C para distintos valores del pH (Snoeyink y Jenkins, 1980)

Fuente;http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/capitulo5.pdf

Sustentación; Cabe anotar que según la figura 5.1, encontrada en los libros de tratamiento de agua. El pH de 4,6 es un valor aceptable para contenido de H ClO.

Ventajas

El hipoclorito de sodio es un desinfectante que tiene la siguientes ventajas: Puede ser fácilmente transportado y almacenado cuando se produce en el sitio. El almacenamiento y transporte del hipoclorito de sodio es seguro. El hipoclorito de sodio es tan efectivo como el gas cloro para la desinfección. El hipoclorito de sodio produce desinfección residual.

Fuente: https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm#ixzz6OPif3hqC

ESPACIO EN BLANCO

Tabla 1. Efectividad de desinfectantes de agua potable

Agente desinfectante	Eficacia como biocida			Residual en el sistema
	Bacteria	Virus	Quistes protozoarios	
HClO	Excelente	Excelente	Moderada	Bueno
OCL^-	Bueno	Moderado	DNR	
Ozono	Excelente	Excelente	Excelente	No tiene
ClO_2	Excelente	Excelente	DNR	Bueno*
Cloraminas	Moderado	Bajo	Bajo	Excelente

*Puede tener efecto tóxico.
DNR: datos no registrados.
Fuente: Handbook of public water system, 1986.

Tabla 2. Comparación de eficiencia de desinfectantes para inactivación del 99% de bacterias en sistemas libres de demanda oxidante

	Escherichia coli			Heterotrophic bacteria		
Disinfectant	pH	Temp (°C)	CT mg/min l^{-1}	pH	Temp (°C)	CT mg/min l^{-1}
Hypochlorous acid	6.0	5	0.04	7.0	1–2	0.08 ± 0.02
Hypochlorite ion	10.0	5	0.92	8.5	1–2	3.3 ± 1.0
Chlorine dioxide	6.5	20	0.18	7.0	1–2	0.13 ± 0.02
	6.5	15	0.38	8.5	1–2	0.19 ± 0.06
	7.0	25	0.28			
Monochloramine	9.0	15	64	7.0	1–2	94.0 ± 7.0
				8.5	1–2	278 ± 46.0

Source: Adapted from LeChevallier, Cawthon & Lee (1988)

Como se evidencia en las tablas anteriores algunas bacterias presentan altos niveles de resistencia al cloro libre, con las formas esporadas de bacterias como Bacilus o Clostridium, los cuales son altamente resistentes cuando se diseminan como esporas.

Estudio demostró que casi todas las bacterias que sobreviven a la desinfección cloro eran gram positivas posiblemente debido a que éstas tienen paredes más delgadas que las gram negativas (Norton & LeChevallier,2000).

Con el estudio Sequential inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts with chlorine dioxide followed by free chlorine or monochloramine, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401002457.

En conclusión, se comprende que las bacterias como Bacilus o Clostridium, se pueden tratar con un hipoclorito llevado a 1200 ppm con un tiempo de contacto de 20 min, para garantizar el control efectivo de estos organismos.

10.1. Método de aplicación del desinfectante

De acuerdo a la formulación, la aplicación del desinfectante se debe realizar con un equipo aspersor manual, considerando que este debe ser utilizado únicamente para la actividad de desinfección de tanques

El proceso se debe realizar en el siguiente orden;

- ✓ Preparación de la solución antes del ingresar al tanque
- ✓ Aplicación desde adentro hacia afuera
- ✓ Aplicación de arriba hacia abajo
- ✓ Por todas las paredes de la unidad

10.2. Método de remoción del desinfectante

En tuberías:

- ✓ Antes de realizar las actividades el cliente debe realizar un cierre del suministro de agua
- ✓ Después del lavado y desinfección de la unidad se recomiendan dejar correr el agua por la red interna 5 min, por punto de uso o muestreo

En la unidad,

- ✓ Se debe realizar el enjuague de la unidad con agua potable, en el siguiente orden;
  - Aplicación desde adentro hacia afuera
  - Aplicación de arriba hacia abajo
  - Por todas las paredes de la unidad
  - Secado de la unidad

11. Procedimiento de habilitación de operación del tanque

Una vez terminada las actividades, se procede al llenado de la(s) unidades, se deben entregar las recomendaciones al cliente:

- ✓ Apertura de registros de abastecimiento
- ✓ Verificación de llenado
- ✓ Verificación funcionamiento de accesorios
- ✓ Verificación funcionamiento de equipos
- ✓ Medición de parámetros

DESPUÉS DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO



1. El cliente debe realizar la verificación del lavado de tanque y posteriormente realizar la apertura de la llave para el respectivo llenado y control del mismo.

2. Una vez finalicen los trabajos de desinfección y dependiendo de la indicación del técnico esperar en lugares cálidos (más de 20 grados centígrados) mínimo entre 8 y 12 horas para dar apertura a llaves. En lugares fríos mínimo 14 y 19 horas.
3. Informar si se encuentra algún tipo de olor una vez los usuarios inicien la apertura de las llaves.

4. Realizar la disposición final de los residuos sólidos, vegetales y lodos encontrados dentro del tanque.

5. Tener presente la próxima revisión en 6 meses

12. Medición de gases para tanques espacios confinados

La empresa contratara un alquiler de equipo de medición de gases, con los siguientes soportes;

- ✓ Certificado de calibración
- ✓ Lista de chequeo de medición

13. DESCRIPCIÓN DEL KIT CLORO y PH



- Se debe utilizar un equipo electrónico que cumpla con los parámetros establecidos;

Lo puede adquirir compra o alquiler se debe tener presente;

Certificado de calibración
Parámetros de medición

Descripción del kit o equipo de medición con sus respectivos registros de calibración (en los casos que aplique):

- Desinfectante (precisión mínima; ± 0.1 mg/l)
- pH (precisión mínima ± 0.2 unidades)
- Temperatura (precisión mínima ± 0.5 °C)

AVAL QUIMICO
FIRMA William A Andrade P
NOMBRE: WILLIAM ALEJANDRO ANDRADE
C.c. 79.387.938.
PROFESIONAL EN: INGENIERÍA QUÍMICA
TARJETA PROFESIONAL No.: 4173
NÚMERO DE CONTACTO: 320 271 56 95
FECHA: