

208-81



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

**TRATAMIENTO DE AGUAS EN UNIDADES
HOSPITALARIAS**



EXAMENES PRO...NALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a :

Jorge Luis de los Santos Rovira

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

R E S U M E N

- 1.- INTRODUCCION**
- 2.- GENERALIDADES**
- 3.- IMPUREZAS EN EL AGUA**
- 4.- PRETRATAMIENTO**
- 5.- TRATAMIENTOS EXTERNOS**
- 6.- TRATAMIENTOS INTERNOS**
- 7.- TRATAMIENTOS DIVERSOS**
- 8.- METODOS ANALITICOS**
- 9.- CONCLUSIONES**
- 10.- BIBLIOGRAFIA**

1.- INTRODUCCION

La presente trata de mostrar la manera en que se lleva a cabo el tratamiento del agua para los diferentes servicios de las unidades hospitalarias del país, esto incluye desde vigilar la potabilización del agua de uso general, tratamientos externos e internos de los generadores de vapor, albercas de tratamiento médico, sistemas de agua caliente y agua helada.

Trataremos de mostrar la forma en que lleva a cabo los tratamientos y control de los mismos en los diversos usos de agua, así como también mencionaremos las reacciones químicas que se suscitan en cada uno de los tratamientos y los métodos de análisis normados.

2.- GENERALIDADES

El agua es un líquido insípido, incoloro e inodoro. Se trata de un compuesto químico representado por la fórmula H_2O , se encuentra en la naturaleza en sus tres fases, vapor, agua líquida y sólida (hielo); y en forma de mares, ríos, lagos, corrientes subterráneas. Sin embargo el agua químicamente pura es muy escasa y difícil de obtener, debido precisamente a que es un solvente casi universal y en el que prácticamente todas las sustancias son solubles hasta en cierto grado. A causa de esta propiedad, el agua se contamina frecuentemente por las sustancias con las que entra en contacto.

La industria en su generalidad emplea grandes volúmenes de agua, la cual por lo general la acondiciona para satisfacer los requerimientos y especificaciones de los servicios donde es utilizada.

El objetivo de esta tesis es exponer la manera en que se trata el agua en las unidades hospitalarias, así como los problemas que presentan los diferentes tratamientos.

Tomando en cuenta que el agua cruda posee un contenido de sales solubles y oxígeno disuelto, así como también sustancias en suspensión, estas obstruyen e incrustan los equipos y acceso

rios, aunado a los cambios térmicos generados en la caldera y sistemas de calentamiento, originando cambios en sales solubles y produciendo sales insolubles incrustables, las cuales se depositan en las paredes metálicas ocasionando adherencias en las superficies donde se transfiere el calor e impiden la eficiente transferencia y por consecuencia un mayor gasto de combustible, aunado al rápido deterioro del equipo.

3.- IMPUREZAS EN EL AGUA

El agua para usos en hospitales y clínicas, tiene por lo general dos orígenes:

- Redes municipales.
- Pozos profundos.

Las Impurezas de estos Suministros son:

1.- **SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA.**- Que por lo general son lodos, humus, productos provenientes de aguas negras o residuos industriales.

2.- **SOLIDOS EN SOLUCION.**- Se encuentran cloruro de sodio, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, hidróxido de sodio, sulfato de sodio y nitrato de sodio. Estas sales son solubles y por lo general no incrustables, el cloruro de sodio o sal común se encuentran ampliamente distribuidas en el mundo y prácticamente todas las aguas contienen algo de ella, no forma incrustaciones y no es corrosiva, pero en presencia de compuestos de magnesio, se forma cloruro de magnesio, que es una sustancia corrosiva en potencia; el bicarbonato de sodio es una sustancia que al ser calentada en un generador de vapor pasa a carbonato de sodio, llamada soda ASH; el carbonato de sodio es emplea

do en el ablandamiento como agente para transformar el sulfato de calcio a carbonato cálcico; el hidróxido de sodio se halla siempre presente cuando el agua de alimentación contiene carbonato o bicarbonato de sodio, debido a la hidrólisis que se produce en los generadores de vapor a altas presiones y temperatura, aunque hay soluble y no produce incrustaciones, una concentración excesiva de sosa caústica en las calderas ocasiona corrosión y fragilización del acero; sulfato de sodio, frecuentemente no incrustable, pero contamina al vapor a altas concentraciones.

3.- SOLIDOS EN SOLUCION QUE CAUSAN INCRUSTACION.- La dureza del agua obedece principalmente a las sales de calcio y magnesio disueltas en ella, también se le llama dureza a la demanda de jabón sin embargo las sales de hierro, aluminio, ácidos orgánicos y minerales, así como también otros minerales, el sílice también forma incrustación de las mas difíciles de desincrustar.

4.- GASES EN SOLUCION.- Existen varios gases que ocasionalmente pueden encontrarse disueltos en el agua, con excepción del bióxido de carbono, oxígeno y amoníaco. Estos gases son la causa principal de la corrosión encontrada en líneas y generadores de vapor, el CO_2 disuelto en agua forma el ácido carbónico- H_2CO_3 y como tal ataca activamente el metal de los equipos, así mismo el oxígeno disuelto acelera considerablemente la co-

rosión, y la remoción de este gas corrige en gran parte la corrosión.

La importancia de los tratamientos de agua para los diversos servicios es mantener un suministro de agua en forma confiable y segura tanto química como biológicamente y también como consecuencia obtener una vida útil más larga en la población y en los equipos de centrales de servicio.

Se debe tener presente que el éxito del tratamiento está dado por la conjunción de varios factores como son:

- a) Correcta selección de los productos químicos requeridos.
- b) Buena dosificación de los mismos.
- c) Buen control del tratamiento.
- d) Buena manipulación de los equipos.
 - a.1. La buena selección de productos se realiza en base a contar con datos de operación de cada equipo de análisis físicoquímicos del agua.
 - a.2. Lugar de toma de muestra.
 - a.3. Que sea la toma de muestra antes del purgado.

b.1. Cantidad adecuada de productos químicos.

b.2. Método correcto de dosificación (se sugiere que sea -
continua).

c.1. Análisis de las aguas.

Aguas Potables.	Cloro residual.
	Análisis bacteriológico.

Aguas de servicio.	Dureza
	Fosfatos.
	Sulfitos.
	Silice.
	Alcalinidad "N".
	Alcalinidad "F".
	pH.
	Aminas.

d.1. Manipulación de los equipos. Instruir a los encarga--
dos de casa de máquinas, la importancia de estos tra--
tamientos, métodos de análisis, criterio necesario pa--
ra la realización de purgas y precalentamientos de -
los generadores de vapor.

4.- PRETRATAMIENTOS

El agua de suministro o cruda de las unidades médicas, tiene por lo general dos fuentes, la primera de las redes municipales y otra de pozos profundos o yacimientos naturales como en el caso de Oaxtepec, Mor., esto es cuando las redes municipales de agua potable no suministran la cantidad del líquido requerido.

Los pretratamientos que se le efectúan a las aguas de pozo profundo o yacimientos naturales es hacerlos circular a través de una torre de venteo para aerear el líquido, provocando una oxidación de materia orgánica. Eliminación de gases que por lo general producen mal olor, y oxidación de las sales ferrosas y manganosas en férricas o mangánicas que se precipitan formando un lodo rojo obscuro.

Siguiendo el curso al agua ya aereada se almacena en cisternas para que se sedimenten las sales insolubles formando lodos.

La filtración es el siguiente punto del agua cruda oxidada a través de filtros de tierra diatomacea y se vuelve a almacenar en otra cisterna aplicándosele cloro gas o hipoclorito previa estancia en la cisterna, en este punto obtenemos una agua -

potable de buena calidad que se distribuye a través de la red - hidráulica interior.

El agua proveniente de las redes municipales, posee una - concentración de cloro residual bajo, por lo que es necesario - ajustar con la adición de hipoclorito o clor gas según sea el - volumen de agua para mantener una concentración de cloro resi-- dual de 0.5 a 1.0 ppm que nos ofrece la seguridad de tener un - grado de potabilización eficiente; esta dosificación se efectua directamente en los sistemas de distribución de agua con dosifi cadores de líquidos o gases de los modelos V-100 de Wallace & - Tiernan o similar.

5.- TRATAMIENTO EXTERNO

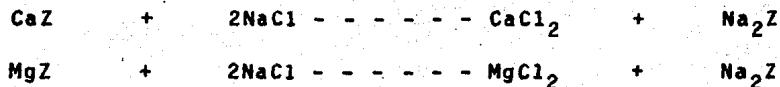
Los generadores de vapor necesitan para su buen funcionamiento de agua tratada que no deposite sustancias incrustantes, no corroa el metal de que esta hecha la caldera y que no ocasione arrastres ni espumas. Este tipo de agua es difícil de obtener excepto purificaciones, con la cual las impurezas capaces de originar incrustaciones, corrosión y otros efectos negativos, se eliminan o se cambian por sustancias menos perjudiciales.

Como el agua de uso generalizado en los hospitales y clínicas es la llamada agua tratada, esta ya casi no posee sólidos en suspensión, pero si un grado de oxidación considerable, por la aplicación del cloro, el agua se somete al proceso de suavización a través de resinas catiónicas del tipo estirenica de alta capacidad (amberlite IR-120) (estireno-polivinilo) para poder retener en su resina los iones metálicos de calcio y magnesio; ya sea provenientes de carbonatos, bicarbonatos, cloruros o sulfatos; tratando de mantener como máximo en la alimentación del generador de una concentración de 20 ppm de dureza determinada con el versanato de sodio valorado con solución buffer amoniacal con indicador de eriocromo negro T, para evitar la incrustación de estas sales en las partes internas a la caldera.

El proceso de suavización se describe de acuerdo a la siguiente ecuación:



La zeolita de calcio y de magnesio se queda atrapada en la resina que la contiene, la cual se regenera con salmuera en contracorriente, regenerando la zeolita de acuerdo a la siguiente ecuación:



La suavización con zeolita consiste en pasar el agua a través de un lecho de material que posee la propiedad de remover el calcio y el magnesio del agua y reemplazar estos iones con sodio y potasio. El intercambio tiene lugar rápidamente, de tal manera que el agua cruda, a su paso por el lecho de zeolita, puede ser ablandada casi completamente, independientemente de las variaciones en dureza. En la literatura recomiendan la realización de las purgas o regeneración de la resina un poco mas arriba de las 10 ppm para obtener una economía de sal, y algunos otros lo expresan que se regenera tan pronto como ya no se

puede obtener el valor de "cinco gotas" en la prueba de jabón.- La realidad en el proceso de regeneración la zeolita no se regenera a 100%, quedando combinados en los gránulos trazas de calcio y magnesio, lo cual no interfiere la utilidad práctica del proceso. La regeneración de las resinas de intercambio iónico- la amberlite IR-120 se regenera con salmuera por ser un producto de bajo costo y fácil de obtener en cualquier sitio.

6.- TRATAMIENTO INTERNO

Este procedimiento es el que mas se emplea ademas de ser el mas antiguo, viene siendo complemento del tratamiento externo.

Este tratamiento está indicado por:

- I.- Tamaño reducido del generador de vapor.
- II.- Presiones moderadas de trabajo.
- III.- Buena calidad de agua en el abastecimiento.

Dentro de este tipo de tratamiento existen cuatro procedimientos requeridos en el agua de alimentación que son:

- a) Incrustaciones.
- b) Corrosión.
- c) Contaminación del vapor.
- d) Fragilización del acero de la caldera.

El tratamiento interno de los generadores de vapor por medio de compuestos químicos fue el primer método y más extensamente usado para corregir las dificultades provenientes de agua de alimentación, se han empleado, para este propósito gran va--

riedad de sustancias con diferente composición. Los productos químicos para el uso en el tratamiento interno de los generadores de vapor, los orgánicos e inorgánicos los cuales se detallan en la tabla siguiente:

Clasificación de las Funciones de los Productos Químicos para Tratamiento Secundario y de Aguas para Alimentación de Calderas.

TRATAMIENTO CORRECTIVO REQUERIDO	TIPO DE PRODUCTO
Mantenimiento del pH del agua para alimentación y de la alcalinidad del agua de calderas para control de incrustaciones y corrosión.	Sosa cáustica Carbonato de sodio Acido sulfúrico
Prevención de incrustaciones en las calderas por ablandamiento interno del agua.	Fosfatos Carbonato de sodio Aluminato de sodio Alignatos Silicato de sodio
Acondicionamiento de los lodos para prevenir adherencias a las superficies internas de las calderas.	Taninos Derivados de lignina Almidón Derivados de glucosa
Prevención de incrustaciones por agua caliente líneas de tubería, calentadores, de etapas, economizadores, etc..	Polifosfatos Taninos Derivados de lignina Derivados de glucosa
Prevención de corrosión por el oxígeno mediante desaeración química del agua para alimentación de calderas.	Sulfitos Taninos Hidróxido ferroso Derivados de glucosa Hidracina
Prevención de corrosión mediante formación de películas protectoras.	Taninos Derivados de lignina Derivados de glucosa
Prevención de corrosión por condensados.	Compuestos de aminas Amoníaco
Prevención de espuma en el agua de calderas.	Poliamidas Polialquén-Glicoles
Inhibición de fragilización cáustica.	Sulfato de sodio Fosfatos Taninos Nitratos

Las incrustaciones que generalmente se presentan en los generadores de vapor son ocasionadas por sales de calcio y magnesio, y sílice; por lo que el proceso de suavización trata de eliminar estas sales metálicas, substituyendola por sales sódicas más solubles y no incrustables.

De acuerdo al tipo de producto que recomienda la tabla anterior, se emplean en las unidades hospitalarias los fosfatos, los cuales se pueden encontrar en el comercio como: fosfato mono, di o tri sódico, ácido fosfórico, ortofosfatos, hexametáfosfatos y pirofosfatos. Los fosfatos antes mencionados se emplean dependiendo de las concentraciones de sólidos disueltos totales, así como también pH y alcalinidades a la fenolftaleína y naranja de metilo.

La precipitación de las sales de calcio y magnesio se efectúa por la adición de fosfatos de acuerdo a la reacción:



Que se encuentra gobernada por la ecuación del producto de solubilidad.

$$(\text{Ca})^3 \times (\text{PO}_4)^2 = \text{Pk } \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

La adición de fosfato al agua de la caldera, cuando esta - controlada apropiadamente, remueve completamente el calcio y - magnesio y pueden evitarse incrustaciones de sulfato de silicato de calcio. El precipitado resultante de la adición del fosfato es el fosfato tricálcico o hidroxapatito; por lo que las adiciones de este producto se realizan por un dosificador de líquidos directamente al generador de vapor, además de controlar efectivamente las concentraciones del agua de la caldera.

Ya que la literatura establece que el fosfato monosódico - es ácido, y el hexamefosfato de sodio aunque neutro atacará los tanques de productos químicos, por lo que se sugiere emplear tanques o depósitos de plásticos. Así como también bombas dosificadoras de líquidos resistentes a la corrosión; estos fosfatos deben de tener suficiente caústico para hacer alcalina la solución, dando el vire de color rosa pálido a la fenolftaleína. La concentración puede mantenerse con seguridad entre 20 y 40 ppm., puede mantenerse una concentración superior cuando no existe un tratamiento externo previo, cosa que se presenta con generadores de vapor con sistema externo en mal estado o equipos menores de 40 HP.

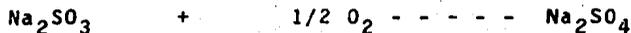
La incrustación que ocasionan los silicatos se evitan manteniendo en el interior del generador de vapor un pH de 10.5 a 11.5, debiéndose vigilar también los sólidos disueltos totales,

procurando que la alcalinidad no sea muy por encima de los 11.5, ya que se puede tener fragilización del acero de las partes del generador.

La corrosión se presenta por la presencia de gases disueltos en el agua de alimentación, pero fundamentalmente el oxígeno y el ácido carbónico son los que producen este fenómeno. La forma en que se controla la corrosión en el tratamiento interno es por la adición de sulfitos de sodio, que es el más recomendable, el cual es un producto inorgánico que se encuentra en el mercado y que realiza una desaereación eficiente del agua y basta mantener una concentración de 10 a 20 ppm en el agua interna de la caldera para obtener una buena protección anticorrosiva.

Algunos autores hacen referencia que el sulfito de sodio es necesario reponerlo, no en base a los volúmenes de purgas, ya que por lo general se recupera parte del condensado de vapor, sino que el producto presenta autooxidación, explicada por la lenta desaparición del sulfito.

La reacción del sulfito de sodio en presencia de oxígeno es:



La velocidad de reacción del sulfito de sodio con oxígeno y de la autooxidación son acelerados o retardados notablemente por ciertos catalizadores, entre las que se encuentran las sales de cobalto, de cobre y otros metales pesados, los catalizadores son útiles como se desea desaerear a bajas temperaturas o bajas concentraciones de sulfito y oxígeno; en el comercio se encuentran productos para el tratamiento de aguas que son una mezcla de estas sales, que lo catalizan y estabilizan la autooxidación llamados sulfitos de sodio catalizado.

Los productos químicos llamados aminos, dentro de las que se conocen con amina filmica y amina neutralizante o morfolina, no son empleadas en las unidades hospitalarias, ya que los límites de toxicidad de estos productos no nos permiten emplearlos, ya que los generadores de vapor alimentan a las autoclaves o esterilizadores con vapor, en los que este producto estaría en contacto con alimentos, substancias y equipos quirúrgicos. Sin embargo en sistemas cerrados como son las lavanderías u otros sistemas herméticos se emplea con buenos resultados obteniéndose protección en líneas de vapor y retorno de condensados, así como también el tanque de condensados.

El tratamiento químico para corregir el pH y alcalinidad es de gran importancia, así también las consideraciones de mantener arriba de 8.5 el pH para proteger las bombas de alimenta-

ción y líneas; el pH deberá ser mantenido en el agua concentrada de la caldera dentro de un intervalo de 10.5 a 11.5, ya que usamos fosfatos para el ablandamiento interno. El pH deberá ser suficiente alto para asegurar la formación del fosfato tricálcico insoluble.

El mantenimiento de una alcalinidad adecuada en el agua de generador ayuda a mantener la sílice en solución y prevenir por ello la incrustación del silicato de calcio; el control de la alcalinidad no solo debe estar basado en el control del pH sino también en los datos de alcalinidad "F" y "N" las cuales se establecen como siguen:

Alcalinidad a la fenolftaleína "F" 250 - 500 mg/l

Alcalinidad a la naranja de metilo "N" 350 - 700 mg/l

La contaminación del vapor.- La formación de espumas en los domos del generador de vapor ocasiona el arrastre de sustancias que se encuentran en solución, que quedan en suspensión y son transportadas por el vapor generado; los vómitos que pueden ser generados por una variación brusca de presión o también se demanda de vapor, ocasionan arrastres; los sólidos disueltos totales, cuando es excesiva su concentración ocasiona que se puedan dar arrastres, sin embargo hay que cuidar la concentración del sulfato de sodio. Los tratamientos antiespumantes es-

tan dirigidos a reducir la tendencia a producir espuma, generalmente generados por la alta concentración de sosa caústica y otras sales, particularmente en presencia de aceites saponificables y otros contaminantes orgánicos. Aunque las aguas empleadas para nuestro consumo al ser de pozos o bien de suministros de agua potables de redes municipales y no poseen grasas y productos orgánicos, se previene manteniendo los sólidos disueltos totales mejores a 3000 mg/l o ppm mediante purgas requeridas. El uso de poliamidas o polialquén - glicol no es común por la posible contaminación en alimentos o artículos empleados en cirugía, además que el vapor generado es de baja presión.

La fragilización caústica del acero de que están constituidos los generadores de vapor, también llamado estrellamiento intercristalino del acero se observa por: las fracturas ocurren por debajo de la línea de agua y parecen iniciarse sobre la superficie seca de las uniones, las fallas ocurren en placas laminadas, las fracturas son irregulares, no aparecen en áreas de posible efecto de la presión, se presentan en uniones a tope, se encuentra presente el óxido de hierro negro o sulfuro en las áreas fragilizadas; es causada por la excesiva alcalinidad en que trabaja el generador, cuando es superior a 350 ppm de sosa caústica, así también las altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos de sodio, denominadas "F" y "N" pueden por hidrólisis

sis generar una alcalinidad que cause este fenómeno, por lo que nuestro caso en lugar del empleo de aditivos químicos, preferimos mantener un pH de 11.5 como máximo y unas concentraciones de alcalinidades a la fenolftaleína "F" de 250-500 ppm y una alcalinidad al naranja de metilo "N" de 350-700 ppm además de tratar de emplear productos como los fosfatos neutros o ácidos en su caso para evitar una excesiva alcalinidad perjudicial para el generador de vapor.

7.- TRATAMIENTOS DIVERSOS

Dentro de los tratamientos empleados en las unidades hospitalarias nos encontramos que se realizan varios tratamientos al agua como son:

- Sistemas de agua caliente de acondicionamiento de aire.
- Sistemas de agua helada de acondicionamiento de aire.
- Sistemas de enfriamiento en torres de enfriamiento.
- Sistemas de enfriamiento de motores de combustión interna.
- Obtenciones de aguas destiladas y estériles para uso médico.
- Tratamiento de agua de tanques terapéuticos (albercas agua caliente).
- Cisternas.

En el sistema de agua caliente para la calefacción de aire acondicionado, es recomendable el uso de agua previamente suavizada cuando se cuenta con equipo de esta índole o en su defecto la adición a la solución de fosfatos, esto es para evitar la incrustación de sales de calcio y magnesio fundamentalmente en el intercambiador, lo que reduce la transferencia de calor, los lodos formados es necesario que en un depósito sean retirados por

medio de purgas, la corrosión que producen los gases disueltos es conveniente reducirla para aumentar la vida útil de nuestros equipos e instalaciones, por lo que es posible adicionar cromatos o sulfitos, en ambos casos es necesario tener en consideración que los sulfitos por su lado presentan autooxidación, por lo que es necesario estar drenado y adicionado para mantener una protección efectiva, por lo concerniente a los cromatos o dicromatos de potasio, estos producen una buena protección anti corrosiva, pero su manejo por el personal debe de ser cuidadoso principalmente por lo agresivo del producto.

El sistema recirculador de agua helada para el acondicionamiento del aire que se emplea en hospitalización y en quirófanos, se emplean generalmente anticongelantes y el mas difundido es el etilen glicol ademas de la salmuera, estos productos bajan el punto de congelación; el uso de la salmuera no es muy común aunque también baja el punto crioscópico, presenta ciertas complejidades su empleo, ya que es necesario adicionar dicromatos de potasio para evitar la corrosión, sin embargo el etilen glicol no necesita inhibidores de oxidación.

Dentro del tratamiento de agua de los sistemas de enfriamiento con torres de tiro forzado, en este caso hay que considerar la corrosión incrustación de sales, empleo de inhibidores del crecimiento de algas; la corrosión del acero soluciones

acuosas con alto contenido de gases disueltos, como en los sistemas de circulación forzada utilizada para el enfriamiento, debe de analizarse las reacciones anódicas y catódicas primarias, las diferencias de temperatura, las celdas de concentración de líquidos, la incrustación de sales de calcio y magnesio puede evitarse usando inhibidores orgánicos que dispersan al calcio, retardan la precipitación y previenen la formación de incrustación cristalina, debe mantenerse una alcalinidad de sodio alta u otros sólidos que tienden a aumentar la solubilidad de los iones de calcio, se emplean fosfatos de sodio para precipitar los iones de calcio y arrastrándolos por medio de purgas de fondo en la torre de enfriamiento, así también es recomendable que se tenga una purga continúa a nivel para desechar parte del agua concentrada en sales, ya que una concentración alta de sales originaria incrustación fundamentalmente en las rejillas de madera de que esta formada la torre de enfriamiento. Gran parte de las obstrucciones en los equipos y líneas son debidas a la presencia en los sistemas de algas y limos, el control de estas plantas puede efectuarse por la adición de sales cuaternarias de amonio, con defecto de formación de espumas, sin embargo la aplicación de hipoclorito es imperativo para el control satisfactorio, manteniéndose una concentración de 0.8 a 1.0 ppm, se recomienda realizar periódicamente choques de cloro manteniéndose se por lo menos durante cuatro horas una concentración de cloro residual de 7 ppm, si se emplean metafosfatos es necesario man-

tener un pH por debajo de 7 para que efectue la reacción con las sales de calcio. El empleo de cromatos que como ya anticipadamente habíamos mencionado es riesgoso su empleo por su toxicidad ya que daña principalmente al personal, aunque se puede considerar en este caso que puede por arrastre de aire contaminar la zona destinada al hospital, pero las concentraciones que pueden recomendarse en ciertas circunstancias son de 300 a 500-ppm.

Sin embargo dentro de los radiadores de enfriamiento de los motores de combustión interna de las plantas de emergencia de generación de energía eléctrica, se sugiere el empleo de cromatos o dicromatos de potasio para evitar la corrosión de los radiadores, así como partes en contacto con la solución del monoblok del motor, manteniendo las precauciones con el personal, en este caso es posible emplearlo por el pequeño volumen y también por ser un sistema de enfriamiento cerrado.

El empleo del agua destilada y esterilizada para usos en laboratorios y quirófanos, se obtienen la primera de retorno de condensado de intercambiador de los tanques de agua caliente, en los que se procura tener los frascos perfectamente limpios y un manejo aseado, el agua destilada es sometida a esterilización en la autoclaves de vapor a una presión de 14.7 lb/in^2 (1 kg/cm^2).

Dentro de las unidades hospitalarias en las áreas de medicina física y rehabilitación suele haber una sección de hidroterapia, que a grandes términos consiste en tratamientos médicos-utilizando como base el agua caliente, para lo que se emplean -tinas de remolinos, tinas de hubbard y tanques terapéuticos (albercas de agua caliente); las tinas de hubbard y de remolinos - solo emplean agua potable del sistema hospitalario no así el -tanque terapéutico, necesita mantenerse aparte de una temperatura de 36°C una concentración de cloro residual de 0.5 a 1.0 ppm, el pH es muy importante mantenerlo cercano al pH de 7 para evitar molestias en la piel por lo que frecuentemente se le adiciona al agua ácido muriático o soda ASH según sea el caso, un pH - alcalino produce dermatitis en la piel además de presentar molestias en las mucosas principalmente en los ojos, en este tipo de albercas es frecuente que el agua se recircule para ahorro - de agua, productos y calor, por lo que se le procesa a través - de un filtro los cuales pueden ser de filtración rápida de arena o bien de tierra diatomacea, ambos ayudados por coagulantes- como el alumbre (sulfato de aluminio); la aplicación de algicidas como las sales cuaternarias de amonio o sales de sulfato de cobre, estas no son muy recomendables, ya que la temperatura a- que trabaja este tanque y substancias agresivas a la piel puede producir en algunos casos dermatitis, por lo que es preferible- efectuar choque de cloro cuando el tanque se encuentra fuera de servicio, además realizar limpieza a las paredes y filtros de -

esta especie de alberca.

Las cisternas o depósitos de agua de servicio son con el fin de almacenar agua y de reposar al agua clorinada para que se oxide mejor el agua, el procedimiento que se posee para su limpieza es lavado con agua y cepillos de raíz, lo referente a su desinfección se realiza aplicando una solución diluida de benzal (cloruro de benzalconio) al 5% aproximadamente, sin embargo es mas eficiente realizar esta desinfección con hipoclorito o dióxido de cloro.

8.- METODOS ANALITICOS

DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL.

Cuando se agrega cloro al agua, reacciona con sustancias orgánicas y otras que destruyen su poder desinfectante. Por este motivo se necesita agregar una cantidad de cloro que sea suficiente para que reaccione con todas las diversas sustancias y aun quede un exceso o cantidad residual, si se quiere destruir las bacterias. Este cloro residual puede quedar disponible en estado libre, el cual tiene un rápido poder desinfectante; puede quedar combinado con amoníaco formando cloraminas, que son menos activas; o puede quedar absorbido por la materia orgánica formando compuestos orgánicos clorados relativamente inactivos con poco o nulo poder desinfectante.

Cuando el agua se ha tratado con cloro o soluciones de hipoclorito para ayudar a la coagulación, o para prevenir el crecimiento de limo en los filtros, ablandadores, superficies de tubos, fluxes de intercambiadores de calor y similares, es necesario regular la dosificación determinando el cloro residual. Frecuentemente se prefiere un método de valoración exacto, pero si no existen cantidades apreciables de sustancias que interfieran el color, puede aplicarse una prueba sencilla de color, usando un comparador colorimétrico que incluye celdas de compa-

ración, patrones de color y soluciones de ortotolidina.

R E A C T I V O.

Indicador de Ortotolidina.

E Q U I P O.

Comparador Taylor y escala colorimétrica para cloro residual. -
Rango 0.0 a 7.0 ppm mg/l.

M E T O D O.

-Colorimétrico.- Consiste en comparar la intensidad del color de la solución problema, con una serie de soluciones patrón coloridas de una concentración conocida, colocadas en una escala graduada en mg/l de cloro residual.

P R O C E D I M I E N T O.

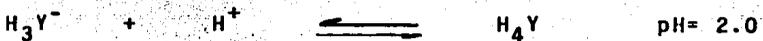
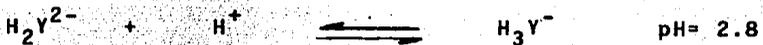
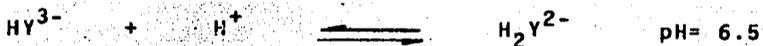
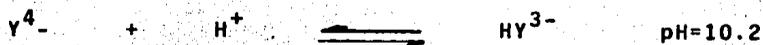
- 1.- Enjuague 3 tubos de 5 ml. con la muestra de agua.
- 2.- Llenelos con la muestra de agua hasta la marca de 5 ml. y coloquelos en el comparador.
- 3.- Agregue al tubo central 5 gotas de ortotolidina, coloque el tapón de hule e invierta el tubo para que tome una coloración homogénea de color amarillo (si no toma coloración el valor es cero ppm), espere 3 min. para obtener un valor mínimo.

- 4.- Tape el comparador Taylor y coloque la escala de cloro residual.
- 5.- Lea directamente la cantidad de cloro residual igualando la intensidad con el color estándar que corresponda a la escala colorimétrica.
- 6.- Reporte el resultado.

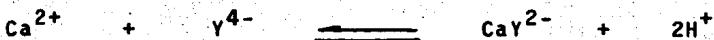
DETERMINACION DE DUREZA TOTAL.

La dureza del agua es debida principalmente a la presencia de calcio y magnesio y en menor proporción por el hierro, aluminio, magnesio y zinc, los cuales vienen disueltos en ella. También se definen como la resistencia que oponen los iones de calcio y magnesio a la formación de espuma en agua con el jabón.

La determinación de la dureza total del agua esta basada en la formación de complejos entre el quelato de la EDTA (etilendiamino tetraacético) y el ion metálico del calcio y magnesio en una solución con un pH mayor que 9. Para asegurar una reacción completa como lo exponen las siguientes reacciones de equilibrio.

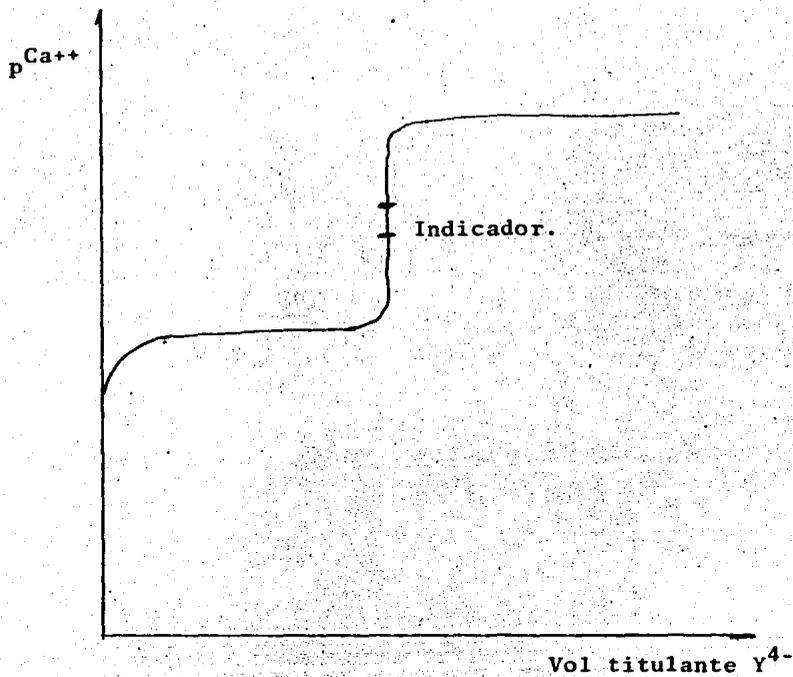


Siendo la reacción de titulación:



Se establece que para evitar precipitaciones o disociaciones que alterarían el curso del análisis deseado es necesario - mantener un pH mayor que 9 para asegurar la formación del Y^{4-} .

LA GRAFICA DE TITULACION SERIA:



El indicador cuando se valoran los iones de calcio y magnesio en el agua, es el eriocromo negro T o F241, un ácido triequivalente H_3In , donde In es el ion indicador, el indicador para la reacción debe revelar la presencia de un ligero exceso del titulante (Tritlipex III o versanato de sodio).

REACTIVOS.

- a).- Solución valorada de sal disódica de EDTA (tritriplex III o versanato de sodio). 1 ml=1 mg de $CaCO_3$ 1 n.
- b).- Solución reguladora tampon de $NHCl/NH_3$ (6.8 g de NH_4Cl 57-ml de NH_3 y se afora a 100 ml.).
- c).- Polvo indicador de eriocromo negro T (mezcla de ericromo negro T con cloruro de sodio en sal en proporción de 10% de ericromo y 90% de sal).

EQUIPO.

- Bureta automática de 10 ml.
- Matraz Erlenmeyer 125 ml.
- Probeta de 50 ml.

METODO VOLUMETRICO.

Este método consiste en agregar un volumen de una solución valorada de Edta, hasta lograr un cambio de coloración del indicador (eriocromo negro T) en la muestra a un pH mayor de 9.0 para que no compita, precipite o forme algun otro complejo que alteraría el resultado.

OBJETIVO.

El control de la dureza en el agua por el análisis del agua a la salida del suavizador entre un rango de cero a 20 ppm de dureza total, verifica el buen funcionamiento del suavizador y protege la incrustación a el generador de vapor y otros equipos.

PROCEDIMIENTO.

- 1.- Mida 50 ml de la muestra de agua en probeta.
- 2.- Viertase en el matraz.
- 3.- Agregue 10 gotas de la solución reguladora tampon en el matraz y agítelo.
- 4.- Agregue un poco de polvo de eriocromo negro T (indicador) al matraz y agítelo.

- 5.- Llene la bureta automática con la solución de EDTA.
- 6.- Principie a gotear hasta obtener el cambio de coloración - de solferino a azul cielo. Al obtenerlo suspenda el goteo.
- 7.- Léase los ml consumidos de titulante en la bureta.
- 8.- Para obtener la dureza total multiplique los ml consumidos de titulante Edta por el mEq.=20 dando el resultado como - mg/l. o ppm.

DETERMINACION DE pH.

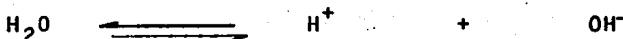
El valor de pH del agua generalmente se emplea en el control de los tratamientos químicos que se dan al agua cruda, - agua de alimentación de calderas y agua interna de las calderas. Los datos son también útiles para el control de los respiraderos de los calentadores y en la interpretación de las pruebas - de conductibilidad y de alcalinidad.

Como el valor de pH es una medida de la actividad de la - acidez o alcalinidad en el agua, es de interés especial en la - investigación e inhibición de corrosión o fragilización del metal en el sistema. Proporciona una indicación de si se han - efectuado o no en el agua ciertas reacciones químicas, o si se-

efectuaran, o no.

El pH adecuado en el agua de la caldera es de 10.5 a 11.5, con lo que evita la acción corrosiva del bióxido de carbono y - la incrustación del sílice, y procurando que la alcalinidad no sea excesiva para que no se presente fragilización del metal de los generadores de vapor, es también de importancia mantener un pH cercano a 7.0 en el agua de las albercas y tanques de hidroterapias mediante la adición de ácidos o soda ASH para evitar - dermatitis en los pacientes o usuarios.

El agua pura puede disociarse según la reacción de:



A esta disociación es debido que el agua conduce débilmente la corriente eléctrica. En la ionización del agua la constante de equilibrio se expresa:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K.$$

Tratándose de soluciones acuosas, la concentración de las moléculas de agua no disociadas, puede considerarse como constante, por lo que la igualdad anterior toma la forma:

$$[H^+] [OH^-] = [H_2O] K = K_w.$$

K_w referida a temperatura constante se denomina producto de ionización del agua y este varía según la temperatura, pero generalmente se toma como base se valor a 25°C y corresponde a 1×10^{-14} .

Como de cada molécula de agua se produce un ion H^+ y uno OH^- , tenemos:

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Por lo tanto:

$$[H^+] [OH^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

Es decir en un litro de agua pura hay 10^{-7} iones-gramo de H^+ y 10^{-7} iones-gramo de OH^- , provenientes de la disociación de 10^{-7} moles-gramo.

Para evitar el uso de exponentes negativos, la concentración de los iones H^+ y OH^- se expresa más fácilmente por medio del logaritmo.

El logaritmo del inverso de la concentración de los iones-

H^+ o el logaritmo con signo negativo de la concentración de los iones H^+ , se indica como pH.

El logaritmo del inverso de la concentración de los iones OH^- , es decir el logaritmo con signo negativo de la concentración de los iones OH^- , se indica como pOH.

Por lo cual tenemos:

$$pH = \text{Log} \frac{1}{[H^+]} = - \text{Log}[H^+] = - \text{Log} 10^{-7} = - (-7) = 7$$

$$pOH = \text{Log} \frac{1}{[OH^-]} = - \text{Log}[OH^-] = - \text{Log} 10^{-7} = - (-7) = 7$$

De aquí:

$$pH + pOH = 7 + 7 = 14$$

Por lo tanto tendremos las siguientes soluciones acuosas - solución neutra:

$$pH = pOH = 7 \quad \text{o sea:} \quad [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Solución ácida:

$$[H^+] \text{ es } > [OH^-] \quad \text{o sea:} \quad [H^+] > 10^{-7} \quad \text{o bien} \quad pH < 7$$

Solución básica o alcalina:

$$[H^+] < 10^{-7} \quad \text{o sea:} \quad \text{pH} > 7$$

MATERIAL NECESARIO:

Estuche de papel potenciométrico (0-14)

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Saque una tira de plástico del estuche.
- 2.- Humedezca la tira sumergiéndola en la muestra de agua problema.
- 3.- Retírela de la solución problema y sacuda el exceso de agua.
- 4.- Compare los colores desarrollados en la tira, contra los colores patrones del estuche.
- 5.- Haga la lectura en donde la serie de colores sea semejante.
- 6.- Reporte el resultado.

DETERMINACION DE ALCALINIDADES "F" Y "N".

La alcalinidad a la fenoftalefina nos permite cuantificar la cantidad de hidróxido y carbonatos presentes en el agua, y la alcalinidad al naranja de metilo nos determina la cantidad de carbonatos y bicarbonatos existentes en el agua.

La finalidad principal de estas determinaciones es mantener una alcalinidad de los hidróxidos apropiados para que la reacción química entre el fostato y las sales de calcio sean efectivas para formar un lodo no adherente y precipitable que pueda ser expulsado por la fuga de fondo.

Los límites óptimos en el agua de los generadores de vapor para la alcalinidad "F" (a la fenoftalefina), se consideran entre 250-500 ppm como carbonato de calcio. Los límites para la alcalinidad "N" (al anaranjado de metilo) entre 350-700 ppm como carbonato de calcio.

En una reacción volumétrica de neutralización, lo fundamental es conocer con exactitud el punto en el cual la cantidad del ácido ha neutralizado a la cantidad equivalente de la base; ese punto llamado neutro o de equivalencia, no corresponde siempre a un $\text{pH}=7$, sino que puede ser también mayor o menor según la sal formada tienda a hidrolizarse; ese valor dependerá de la

concentración de la solución y de la naturaleza de los iones del ácido y de la base.

El punto de equivalencia puede ser conocido por ciertos compuestos llamados indicadores que son sustancias orgánicas de carácter ácido o básico muy débil, que tienen la propiedad de cambiar de coloración cuando el medio pasa de un pH determinado a otro.

Cambio de estructura de iones indicadores.- Fenoftaleína.- Esta sustancia orgánica tiene carácter ácido muy débil, al estado no disociado es incolora, en general la fenoftaleína es un indicador propio para la titulación de ácidos orgánicos e inorgánicos, así como de bases fuertes, pero no de bases débiles; su zona de viraje esta entre 8.3 y 10. En el compuesto se sufre un cambio en su estructura y uno de los anillos pasa de tipo bencenoide a otra de tipo quinoideo (cromoforo)



Naranja de Metilo.- En soluciones de iones OH^- este compuesto tiene color amarillo o sea el color que corresponde a la molécula disociada. Si por la adición de un ácido se aumenta la

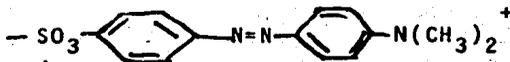
concentración de iones (hidrógeno), la molécula restringe su ionización y adquiere el color rojo.

Este indicador es usado en la titulación de bases fuertes y bases débiles, así como de ácidos fuertes pero no de ácidos débiles la zona de viraje se encuentra entre 3.1 y 4.4.

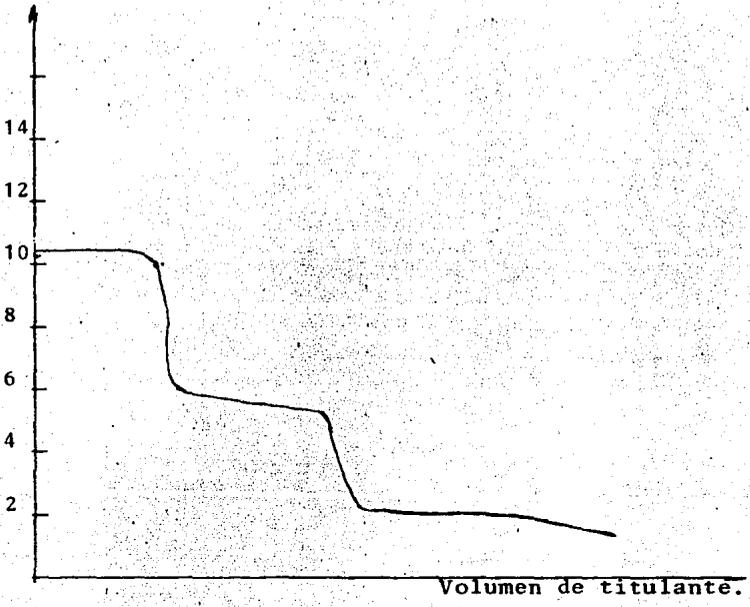
La estructura sufre un cambio, forma alcalina amarilla.



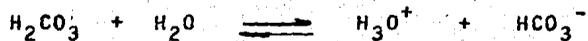
Forma ácida roja:



Considerando el H_2CO_3 como un ácido poliprótico típico se puede observar que la ionización tiene lugar en dos etapas.



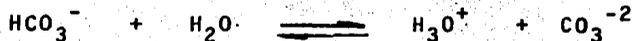
Primera etapa:



La constante de ionización para la primera etapa se expresa por K_1 y es:

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 3.1 \times 10^{-7}$$

Segunda etapa:



La constante de ionización para esta segunda etapa se expresa por K_2 y es:

$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.2 \times 10^{-11}$$

Los valores de 3.1×10^{-7} y 4.2×10^{-11} para K_1 y K_2 , respectivamente se tomaron de una tabla de ionizaciones de ácidos y bases.

La curva de titulación muestra dos puntos de inflexión uno en cada punto de equivalencia, en I, se tiene una inflexión mas marcada que el segundo punto de equivalencia, en II la solubilidad del ácido carbónico es demasiado pequeña para poderlo valorar directamente.

pH en el punto de equivalencia para los ácidos polipróticos, una derivación proporciona la concentración aproximada de iones hidronio de dicha solución.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_1 K_2$$

En donde K_1 y K_2 son las dos constantes de ionización para el H_2CO_3 .

pH en el segundo punto de equivalencia.- En la valoración del HCO_3^- con un ácido fuerte no existe un buen viraje. Dado que el HCO_3^- es un ácido demasiado débil solamente se tiene un cambio gradual en el pH. Su constante de ionización es 4.2×10^{-11} y su valor esta demasiado cerca del de la constante del agua.

$$\frac{K_2}{K_W} = \frac{4.2 \times 10^{-11}}{1 \times 10^{-14}} = 4.2 \times 10^3$$

Esta cifra está justamente por debajo de los límites de lo valorable.

REACTIVOS.

- a) Solución valorada de ácido sulfúrico 0.02 N.
- b) Indicador de fenoftaleína.
- c) Indicador de anaranjado de metilo.

EQUIPO.

- 1.- Bureta automática de 25 ml.
- 2.- Probeta de 50 ml.
- 3.- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.

METODO VOLUMETRICO.**Procedimiento.**

- 1.- Mida 50 ml. de la muestra de agua en la probeta.
- 2.- Viértase en el matraz.
- 3.- Agregue cuatro gotas del indicador de fenoftalefina. La muestra de agua tomará una coloración rosa, si la muestra no toma ninguna coloración continúe con el punto No. 8 y reporte que la alcalinidad "F" es igual a cero.
- 4.- Llene la bureta automática con ácido sulfúrico 0.002 N.
- 5.- Titule hasta que la coloración rosa desaparezca, siempre agite el matraz cuando realice la titulación.
- 6.- Lea los ml. gastados en la bureta.
- 7.- Para obtener la alcalinidad "F" multiplique los ml. consumidos por 20 y el resultado de esta operación serán los mg/1 de alcalinidad "F" como CaCO_3 , reporte el resultado.

- 8.- A la misma muestra agregue cuatro gotas del indicador anaranjado de metilo, agite la muestra y tomará una coloración amarilla.
- 9.- Sin volver a llenar la bureta automática prosiga agregando gota a gota la solución de ácido sulfúrico 0.02 N y agite continuamente la muestra, detenga el goteo cuando la muestra tome una coloración canela.
- 10.- Lea los ml. gastados en la bureta.
- 11.- Para obtener la alcalinidad total "N" multiplique los ml. gastados totales por 20 y el resultado de esta operación serán los mg/l (ppm) de alcalinidad "N" como CaCO_3 . (20 es el miliequivalente del carbonato de calcio).
- 12.- Reporte el resultado como alcalinidad "N".

DETERMINACION DE SOLIDOS DISUELTOS TOTALES.

La determinación de los sólidos disueltos totales, que se encuentran en el agua del interior de los generadores de vapor, tiene la finalidad de obtener una concentración tal que no sean arrastrados por el vapor y formen depósitos en las líneas y equipos, esta concentración es variable, teniendo el máximo per

misible de sólidos disueltos totales es de 3000 mg/l para generadores de vapor que operan hasta una presión de operación de - 200 lb/in².

METODO.

El metodo básico consiste en uso de un solidómetro, el cual habrá de usarse con una temperatura de la muestra que osci le entre 16°C y 38°C (60°F - 100°F).

PROCEDIMIENTO.

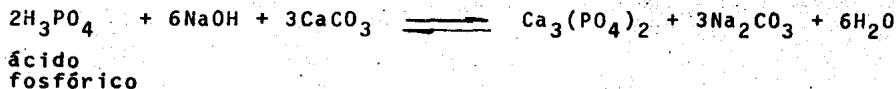
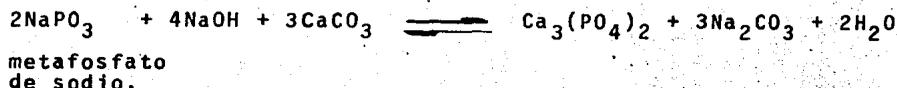
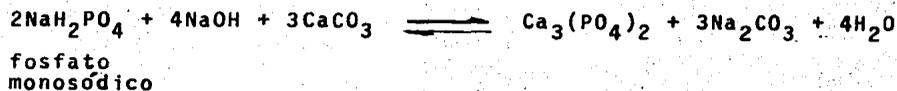
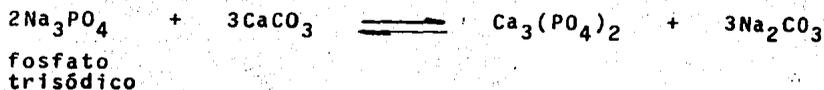
- 1.- Enfrie el agua de la muestra del generador de vapor a una temperatura entre 16°C y 38°C.
- 2.- Llene la probeta de vidrio con el agua de muestra, agite dos o tres veces para que el vidrio de la probeta tome la temperatura del agua.
- 3.- Sumerja el solidómetro cuidando que no golpee con el fondo de la probeta de vidrio girando hasta que se estabilice.
- 4.- Anote la lectura de la escala flotante sobre la superficie del líquido.

- 5.- Lea en la escala adicional inferior la lectura de la columna, es una corrección por temperatura.
- 6.- La lectura de la escala flotante menos la lectura de corrección por temperatura, multipliquelos por 100 = mg/l de sólidos disueltos totales.
- 7.- Reporte el resultado.

DETERMINACION DE FOSFATOS.

La determinación de fosfatos (PO_4) nos indica si la cantidad adicionada de este producto es suficiente para proteger el interior de los generadores de vapor, contra la incrustación de las sales de calcio y magnesio, ya que estas reaccionan con los fosfatos produciendo un compuesto precipitable no adherente y que puede desalojarse por las purgas de fondo.

Los fosfatos son compuestos usados en las calderas para ablandamiento interno, pero como un precipitante específico del calcio; tenemos varios compuestos como sería el uso del fosfato trisódico, así como de fosfatos menos alcalinos, los que necesitan caústico para completar la reacción, la causticidad la proporciona la alcalinidad del agua de la caldera. Podemos tener las siguientes reacciones:



La adición de fosfato al agua del generador de vapor, cuando está controlada, remueve el calcio completamente y pueden evitarse las incrustaciones de sulfato y silicato de calcio. El precipitado resultante de la adición de fosfato, es el fosfato tricálcico o hidroxapatito, si el contenido de hidrato del agua en la zona de reacción es suficientemente alto. El último compuesto es menos adherente y constituye, por lo tanto, un tipo preferible de lodo.

El fosfato de magnesio, también precipitado por este tratamiento, aumenta la adherencia de los lodos de los generadores - de vapor.

Los resultados de la determinación de fosfato se utilizan para regular el tratamiento químico del agua y para interpretar el efecto de los fosfatos sobre la alcalinidad del agua interna de los generadores de vapor.

REACTIVOS.

- a) Molibdato de amonio para fosfatos.
- b) Cloruro estanoso concentrado.
- c) Solución cloruro estanoso diluido al 2.5%.

EQUIPO.

- 1.- Tubo analítico para fosfatos.
- 2.- Comparador Taylor.
- 3.- Escala colorimétrica para fosfatos (0-100 ppm)
- 4.- Piseta 250 ml.
- 5.- Embudo tallo largo 9 cm de diámetro.

6.- Papel filtro Whatman No. 5 de 15 cm de diámetro.

7.- Tapón de hule del doble cero.

METODO COLORIMETRICO.

Este método esta basado en la formación del ácido fosfomolibdico, el cual reducido por el cloruro estanosó, para dar un color azul, cuya intensidad es proporcional a la concentración de fosfatos presentes en la muestra de agua.

PROCEDIMIENTO.

- Tome el gotero, introduzcalo en el frasco con solución de cloruro estanosó concentrado y succione hasta la marca que tiene el gotero (1 ml).
- Vierta el contenido del gotero en su frasco de plástico.
- Llene el frasco de plástico con agua destilada hasta el hombro. Esta solución debe de hacerse cada tres días.
- Llene hasta la marca de 5 ml. con agua filtrada de muestra en el tubo analítico de 17.5 ml. Nota: si la muestra no es clara, deberá filtrarse con papel Whatman No. 5, desechan-

dose los primeros 10 ml. ya que el papel absorbe los fosfatos presentes en la muestra.

- Llene el tubo analítico hasta la marca de 15 ml. con solución de molibdato de amonio. Tape el tubo y mezcle la solución agitando.
- Agregue la solución de cloruro estanoso hasta la marca de 17.5 ml.
- Agite nuevamente colocando el tapón de hule en el tubo, si la muestra contiene fosfato tomará una coloración azul.
- Llene el tubo central del comparador con la muestra coloreada contenida en el tubo de 17.5 ml. hasta la marca de 5 ml.
- Los dos tubos laterales se llenan hasta la marca de 5 ml. con el agua filtrada colocándolos nuevamente en el comparador. Espere 5 min. para que la reacción sea completa y se desarrolle el color azul, pero no mas de 10 min.
- Tape el comprador, coloque la escala colorimétrica para fosfatos en la corredera del comprador.

- Iguale los colores de la escala colorimétrica con el color de la muestra que se encuentra en el comparador.
- El color más parecido indicará los miligramos por litro de fosfatos que existen en la muestra. Reporte resultados.

DETERMINACION DE SULFITOS.

La determinación de sulfitos (SO_3) nos indica si la cantidad adicionada de este producto es suficiente, para proteger el interior de los generadores de vapor, contra la corrosión que causa el oxígeno disuelto, ya que este reacciona con los sulfitos formando un compuesto de sulfato soluble en el agua, evitando así el problema.

Desaeración Química.- El reconocimiento del papel desempeñado por el oxígeno disuelto en la corrosión condujo primero al uso de calentadores para la desaeración del agua para alimentación como práctica general y, posteriormente al uso de agentes químicos reductores para absorber oxígeno, en calderas de baja presión, toda la desaeración puede efectuarse químicamente, pero en las calderas de alta presión, los productos químicos desoxigenantes se emplean solamente para remover las pequeñas cantidades de oxígeno no eliminadas completamente por desaeración térmica.

Varios compuestos de azufre absorben oxígeno. Se considera al sulfito de sodio como un producto químico inorgánico efectivo para la desaereación, el sulfito puede ser destruido por autooxidación, la cual, en la forma más simple, es la oxidación a sulfato de algunas moléculas por otras, que son reducidas a azufre elemental en el proceso. Esto puede explicar la lenta desaparición del sulfito del agua de los generadores de vapor en sistemas de estaciones centrales en los que las pérdidas por purgas y consumo por el oxígeno deberían ser prácticamente cero.

El sulfito de sodio catalizado, estabilizado contra la autooxidación, puede adquirirse en el comercio.

METODO VOLUMETRICO.

Está basado en la titulación de una muestra de agua que contiene sulfitos mediante una solución de yoduro yodato valorada, los sulfitos son oxidados por esta solución a sulfatos, desprendiéndose yodo cuando todos los sulfitos presentes han sido oxidados. La solución toma un color azul por la presencia de almidón como indicador.

REACTIVOS.

a.- Solución de ácido clorhídrico al 50%.

b.- Solución de almidón.

c.- Solución yoduro yodato 0.025 N.

EQUIPO.

1.- Bureta automática de 10 ml.

2.- Matraz Erlenmeyer 250 ml.

3.- Probeta 50 ml.

PROCEDIMIENTO.

- Mida 50 ml. de la muestra en la probeta, la cual se ha decantado previamente en el frasco de muestreo cerrado.
- Vierta cuidadosamente en el matraz no exponiéndola mucho al aire.
- Agregue de 4 a 6 gotas de ácido clorhídrico al 50% y agítelo.
- Agregue 20 gotas de solución de almidón soluble y agítelo.
- Llene la bureta automática con la solución de yoduro yodato 0.025 N.

- Comience a gotear hasta que presente el vire de color al azul intenso.
- Lea los ml. de yoduro yodato consumidos en la bureta.
- Para obtener la cantidad de sulfitos presentes en la muestra multiplique por 20 los ml. consumidos en la bureta y reporte en partes por millón de SO_3^- .

DETERMINACION DE SILICE.

La determinación de sílice en el agua tiene por objeto controlar y evitar su incrustación en los generadores de vapor.

Los métodos colorimétricos son aplicables a la determinación de sílice soluble (no coloidal), en aguas limpias de generadores de vapor. Para determinar sílice se dispone de métodos adecuados.

En estos métodos, la sílice soluble en la muestra produce, en primer lugar, un color amarillo cuando se agregan molibdato de amonio y ácido. Se desarrolla entonces un color azul cuando se agrega un agente reductor como el sulfito de sodio. La intensidad del color azul es proporcional a la concentración de sílice.

REACTIVOS.

- a.- Solución valorada de ácido clorhídrico 0.24 N.
- b.- Solución de molibdato de amonio al 11%.
- c.- Solución de sulfito de sodio anhidro al 16%.

EQUIPO.

- 1.- Comparador Hellige.
- 2.- Disco colorimétrico para sílice (0-120 mg/l).
- 3.- Probeta graduada en 4 marcas para sílice.
- 4.- Dos celdas de vidrio.

METODO COLORIMETRICO.**Procedimiento.**

- Mida 5 ml. de muestra clara hasta la primera marca, si el agua está turbia se filtra. La muestra de agua y reactivos deberán estar a temperatura ambiente.
- Agregue 5 ml. de ácido clorhídrico 0.24 N hasta la segunda marca y agítelo suavemente.

- Añada 5 ml. de molibdato de amonio para sílice hasta la tercera marca y vuelva a agitar. La solución tomará una coloración ligeramente amarilla, espere dos minutos.
- Agregue 10 ml. de sulfito de sodio hasta la cuarta marca y agítelo, la solución tomará una coloración azul cuya intensidad será directamente proporcional a la cantidad de sílice en el agua. Hay que esperar 5 min. a que se desarrolle el color azul máximo.
- Coloque el disco para sílice dentro del comprador, tome las dos celdas de vidrio limpias, llene una de ellas con la solución azul que se encuentra en la probeta, hasta la marca superior y colóquela en el lado derecho del comparador. La otra celda llénela con el agua de la muestra filtrada y colóquela al lado izquierdo del comprador.
- Haga la lectura verificando el color desarrollado con los colores del comprador girando el disco hasta obtener una igualdad de colores standar.
- Reporte el resultado en ppm de sílice SiO_2 .

CONCLUSIONES

El agua constituye en la actualidad uno de los elementos más necesarios para la vida y es fundamental su uso en la industria; en la vida en sociedad dentro de las unidades hospitalarias esta tiene múltiples usos, como puede ser para uso humano, médico o de servicios diversos, donde se incluyen las centrales de servicios; estos servicios requieren diferentes calidades de este líquido, los cuales se les establecen en base a los resultados que arrojen los análisis practicados al agua sin tratamiento.

El agua de alimentación de las unidades hospitalarias puede tener varios orígenes, pero por lo general es suministrada por las redes municipales de abastecimiento de aguas potables y también el uso de pozos profundos.

En el primer caso es prácticamente recomendado mantener un control del cloro residual con que nos abastecen las redes municipales.

En el caso del agua que se extrae por el empleo de bombas de pozo profundo; aquí se recomienda emplear procedimientos de aereación para eliminar gases disueltos y oxidar las probables sales de Fe y Mn que se encuentren en el agua usando torres de

aereación; estas sales se depositan en el fondo de las cisternas por decantación; como esta agua arrastra partículas diversas se recomienda el empleo de la filtración con el uso de filtro ayudas, o tierras diatomáceas (filtros de bolsas), a continuación para prevenir la presencia de microorganismos patógenos se le procede a efectuar una clorinación (con cloro o hipocloritos), para así tener calidad de agua potable en todos los servicios.

El agua de alimentación a los generadores de vapor se somete a suavización con resinas de intercambio iónico (Amberlite - IR-120) para efectuar lo que se le llama tratamiento externo, es conveniente en algunos tipos de aguas efectuar la desmineralización, pero esto aumenta los costos de producción, la concentración a que debe salir el agua suavizada para uso en los generadores de vapor debe de ser menor a 20 ppm, el tratamiento interno de los generadores consiste en adicionar en base a los análisis efectuados previamente los sulfitos o fosfatos que se requieran para mantener los estándar en solución del agua interna del generador de vapor.

El agua que se emplea en otros servicios o sistemas como son los de calefacción o refrigeración, se trata de emplear si es factible el agua suavizada para eliminar las posibles incrustaciones en líneas y equipos de sales de calcio y magnesio, pe-

ro en las torres de enfriamiento es conveniente el empleo de algicidas, es recomendable el empleo de sales cuaternarias de amonio y no los fosfonatos que se venian empleando, ya que estos producen daños al personal que esta en contacto con estos equipos.

El agua para uso quirúrgico debe de ser agua libre de bacterias, por lo que se emplea agua esterilizada, la cual se procesa en cantidades necesarias en los autoclaves (esterilizados) a una temperatura arriba de 125°C.

El agua general de servicios en toda la unidad se mantiene con un cloro residual entre 0.5 - 1.0 ppm para garantizar la potabilización de este líquido.

TRATAMIENTO.

Las diferentes fases de los tratamientos efectuados al agua en las unidades hospitalarias está definido por los requerimientos de este líquido en cada uno de los diversos servicios de que consta la unidad Vgr: quirófanos, banco de leches, cocinas, generadores de vapor, equipos de aire acondicionado, agua para uso general.

Considerando que tenemos como en su mayor parte del país -

alimentación de agua de la red municipal, esta tiene ciertas características permisibles como agua potable y posee una pequeña parte de cloro residual o remanente; esto se muestra mediante el análisis de cloro residual (prueba de la ortotolidina) y se determina la cantidad de cloro o hipoclorito que sea necesario agregar para mantener entre 0.5 y 1.0 ppm de cloro residual y poder garantizar en todos los servicios la potabilidad del agua.

Ya en los servicios como en casa de máquinas esta agua destinada a la generación de vapor, se procede a suavizarla o sea reducir o eliminar las sales de calcio y magnesio que tiene en solución.

El generador de vapor alimentado con agua suavizada es sometido también a la adición de sulfitos como secuestrante de oxígeno libre y así evitar la corrosión en las paredes y fluxes del generador de vapor; la aplicación de fosfatos es para precipitar los restos de sales incrustantes de calcio y magnesio.

En algunas ocasiones se les agrega sosa cáustica para incrementar el pH arriba de 10.5 para evitar que las sales de sílice se depositen en las paredes de intercambio de calor del generador de vapor; es recomendable el uso de fosfatos que en solución acuosa proporcionen un pH alcalinos de preferencia;

los lodos y acumulamiento de sólidos se desalojan a través de las purgas de fondo y también las de superficie.

No es recomendable el uso de aminas (morfolinas) en el tratamiento de aguas en unidades hospitalarias, por la posible contaminación de artículos o alimentos que se sometan a esterilización en autoclaves.

Sin embargo las sales cuaternarias de amonio si se recomienda emplearlos en las albercas y tanques de hidroterapia conjuntamente con un control de pH y concentración de cloro residual, aunado a un filtrado continuo.

Se procura que la adición de productos químicos sea continua, por lo que se emplean equipos de dosificación continua de líquidos en los casos de hipoclorito o soluciones de sulfitos, fosfatos o dosificadores de gases en el caso del cloro gas.

IMPORTANCIA DEL ANALISIS.

Esta radica en mantener lo mejor posible las calidades de agua en los diferentes usos en que se emplean, así es importante mantener en condiciones higiénicas el agua potable de contaminación tanto de pacientes como de personal que atiende las unidades hospitalarias, por lo que es práctica establecida el

control químico aunado a un control bacteriológico del agua en las distintas partes donde se emplea esta, ya que un descuido - en el control de este vital líquido puede originar epidemias intrahospitalarias.

En lo referente al uso, tratamiento y control del agua mediante análisis en las centrales de servicios, esto representa una especie de mantenimiento preventivo que nos ofrece la posibilidad de mayor vida útil de los equipos, menos posibilidad de suspensión de los servicios, menor mantenimiento correctivo y - disminución de costos de operación.

IMPORTANCIA DEL TRABAJO.

El presente trabajo muestra la manera de tratar químicamente el agua que se emplea en las unidades hospitalarias del país y las recomendaciones que son convenientes para que este líquido llega a cada una de las áreas con la calidad requerida para los diferentes servicios que se prestan; también muestra los métodos analíticos con que generalmente se emplean y su fundamento teórico, para mantener una calidad lo mas uniforme del suministro de este líquido, cabe hacer notar que se emplean técnicas prácticas para que los encargados de operar los generadores de vapor realicen estos análisis y puedan tener una interpretación simple de los datos.

B I B L I O G R A F I A

- Análisis Cuantitativo de Ray U. Brumblay, Cía Editorial Continental, S.A. de C.V. México 1972.
- Análisis Químico Cuantitativo de Fernando Orozco D. Editorial Porrúa, S.A. 1985, Decimosexta Edición.
- Química Analítica Cuantitativa de Arthur I. Vogel, Volúmen I y II, Editorial Kapelusz, Buenos Aires 1960, Segunda Edición.
- Química Analítica Cualitativa de Antonio Araneo, Editorial Mc. Graw-Hill, México 1981, Primera Edición.
- Acondicionamiento de Agua para la Industria de Sheppard T. Powell, Editorial Limusa, México 1981, Cuarta Impresión.
- Análisis Químico Cuantitativo de Gilbert H. Ayres, Ediciones del Castillo, S.A. 1968 por Harper & Row Publishers, Inc.
- Química Inorgánica Básica de F. Albert Cotton y Geoffrey Wilkinson, Ed. Limusa, México 1978.
- Normas Internas de Tratamiento de Aguas, Depto. de Capacitación del Instituto Mexicano del Seguro Social, México 1968.

- Manual de Tratamiento de Aguas Editado por el Departamento -
Sanitario del Estado de Nueva York.

- Manual para Instalaciones y Productos de Consumo para Trata-
mientos de Aguas del Instituto Mexicano del Seguro Social, -
México, D.F. 1978.