Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES

Shirley Patricia Chaclán Veliz
Asesorado por el Ing. Miguel Lemus

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SHIRLEY PATRICIA CHACLÁN VELIZ
ASESORADA POR EL ING. MIGUEL LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdoba
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 de julio de 2015

Shirley Patricia Chaclán Veliz

Guatemala, 22 de Junio de 2016

Ing. Carlos Guillermo Wong

Director Escuela de Ingeniería Química

USAC

Presente.

Por medio de la presente yo: Ing. Miguel Arnoldo Lemus Gudiel, hago de su conocimiento que la estudiante Shirley Patricia Chaclán Veliz que se identifica con carné No. 200914967 de la Facultad de Ingeniería, USAC, de la Carrera de Ingeniería Química, ha presentado el informe final con título: **"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES"**, por lo que **APRUEBO** el informe final de trabajo de graduación presentado.

Por lo anterior quedo suscrito.

(f)_____

Ing. Miguel Arnoldo Lemus Gudiel

Asesor Técnico

Colegiado: 569

Miguel Lemus Gudiel
INGENIERO QUIMICO
MAESTRIA EN ALIMENTOS
COLEGIADO No. 569

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 20 de julio de 2016.
Ref.EPS.D.270.07.16.

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Wong Davi.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria Shirley Patricia Chaclán Veliz, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ingeniero **Sergio Alejandro Recinos.**

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCION
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CdRCdP/ra

Ref.EIQ.TG.062.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado **(EPS final)** de la estudiante **SHIRLEY PATRICIA CHACLÁN VELIZ** titulado: **"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES "** Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECTOR
ESCUELA
INGENIERIA QUIMICA
U. S. A. C.

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, octubre de 2016

Cc: Archivo
CSWD/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 519.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE SANITIZACIÓN PARA FILTROS DE CARBÓN Y SUAVIZADORES COMO PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA AL MONITOREAR, CONTROLAR Y MEJORAR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN UNA INDUSTRIA ENVASADORA, BASADO EN LAS NORMAS HACCP Y POES,** presentado por la estudiante universitaria: **Shirley Patricia Chaclán Veliz,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme dado las fuerzas, valentía y coraje para salir adelante ya que sin Él nada hubiese conseguido.
Mis padres	Teresa Veliz por haberme enseñado a soñar. Timoteo Chaclán por haberme educado para luchar y seguir adelante.
Mis abuelos	Juan José Veliz y Rudilia Reyes por haber sido unos segundos padres en mi vida y haberme apoyado en todo momento.
Mis hermanas	Anna Chaclán y Yadira Chaclán por haber compartido todos los momentos y logros de mi vida.
Mis tías y tíos	Por haber sido parte de mi vida y estar pendientes en cada momento y por su apoyo incondicional.
Mis primos	Por ser como mis hermanos y su cariño incondicional además de su apoyo.

Mi sobrino	Benedith T. Chaclán por ser una inspiración y el motivo para dar un buen ejemplo.
Amigos	Por su apoyo incondicional y ser parte del ejército para luchar en la batalla de la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme abierto las puertas a la casa de estudios y mostrarme las oportunidades que se presentan al ampliar mis conocimientos.
La Facultad de Ingeniería	Por haber sido quien me instruyera en el camino hacia un mejor futuro.
La Industria Envasadora	Ing. Raúl Figueroa, Ing. Carlos Coronado e Inga. Barbara Martínez por su apoyo y guianza para la realización de la tesis.
Ing. Miguel Lemus	Por ser una importante influencia en mi carrera al poder asesorarme.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
GLOSARIO XI
RESUMEN XIII
OBJETIVOS XV
HIPÓTESIS XVII
INTRODUCCIÓN XIX
1. MARCO CONCEPTUAL 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Justificación 2
1.3. Determinación del problema 6
1.3.1. Definición 6
1.3.2. Delimitación 6
2. MARCO TEÓRICO 9
2.1. Agua pura 9
2.1.1. Contaminantes del agua 10
2.2. Agua industrial 11
2.3. Filtro de carbón activado 14
2.4. Filtro de arena 19
2.5. Filtro suavizador 21
2.6. Ósmosis 23
2.6.1. Ósmosis 23
2.6.2. Ósmosis inversa 24
2.7. Rayos ultra violeta 25
2.8. Norma COGUANOR 29001:99 27

2.9. Sistema HACCP: análisis peligros y puntos críticos de control 30
2.10. Practicas operativas estandarizadas sanitarias (POES) 31
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO 33
3.1. Variables 33
3.1.1. Variables independientes 33
3.1.2. Variables dependientes 34
3.2. Delimitación del campo de estudio 34
3.3. Recolección y ordenamiento de la información 38
3.3.1. Validar procedimiento alterno de saneamiento en filtros de carbón y suavizadores 38
3.3.2. Validez del ácido vortex para sanear suavizadores 40
3.3.3. Validez de un nuevo ácido CERFACT PA para sanear suavizadores 43
3.3.4. Análisis microbiológico de la salmuera para determinar si contamina o no los suavizadores 44
3.3.5. Análisis microbiológico para determinar en qué momento empieza la contaminación en los suavizadores 45
3.3.6. Análisis fisicoquímico para determinar en qué momento empieza la dureza en el agua de los suavizadores 48
3.4. Tabulación y Procesamiento de la información 48
3.5. Análisis estadístico 48
3.5.1. Histograma 48
3.5.2. Eficiencia de procedimiento 49
3.6. Plan de análisis de los resultados 49
3.6.1. Presentación técnica 49

3.6.2. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables 50
3.6.3. Programas utilizados para análisis de datos..... 50
4. RESULTADOS 51
4.1. Propuesta de instructivos de saneamiento para filtros de carbón..... 51
4.1.1. Sanitización de los filtros de carbón de metal..... 51
4.1.2. Sanitización de los filtros de carbón fibra de vidrio 53
4.2. Propuesta de instructivo de saneamiento para suavizadores 57
4.2.1. Sanitización del suavizador de metal..... 57
4.2.2. Sanitización de los suavizadores de fibra de vidrio 60
4.3. Instructivo para la preparación de la salmuera 64
4.3.1. Contenido 64
4.4. Instructivo de procedimiento para análisis microbiológico 66
4.4.1. Procedimiento de análisis microbiológico 66
4.5. Frecuencia de saneamiento para suavizadores, tuberías, filtros de carbón y tanques..... 70
4.6. Validar procedimiento alterno de saneamiento en filtros de carbón y suavizadores..... 76
4.7. Validez del ácido vortex para sanear suavizadores..... 78
4.8. Validez de un nuevo ácido cerfact pa para sanear suavizadores 80
4.9. Análisis microbiológico de la salmuera para determinar si contamina o no los suavizadores 81
4.10. Análisis microbiológico para determinar en qué momento empieza la contaminación en los suavizadores..... 83

4.11. Análisis fisicoquímico para determinar en qué momento empieza la dureza en el agua de los suavizadores.....84
4.12. Prueba para determinar el mejor método de esterilización de frascos utilizados para análisis microbiológico y forma de esterilizar tomas de muestra 85
4.13. Código de las válvulas en el área de tratamiento de agua para filtros de carbón y suavizadores del área de fabricación y envasado.....86
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....95
CONCLUSIONES.....101
RECOMENDACIONES 103
BIBLIOGRAFÍA.....105
APÉNDICES.....107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Filtros de carbón 19
2. Filtro de arena 20
3. Filtros suavizadores 22
4. Equipo de Ósmosis 24
5. Filtro Ultra Violeta 27
6. Histograma 49
7. Análisis microbiológico de recuento total antes de realizar algunos cambios en filtros de carbón 91
8. Análisis microbiológico de coliforme total antes de realizar algunos cambios en visualizadores 91
9. Análisis microbiológico de recuento total después de realizar algunos cambios en filtros de carbón 93
10. Análisis microbiológico de recuento total después de realizar algunos cambios en suavizadores 93
11. Análisis microbiológico de coliforme total después de realizar algunos cambios en suavizadores 94

TABLAS

I. Contaminación y métodos clásicos 13

II. Sustancias químicas. Límites máximos aceptables y límites máximos permisibles 22

III. Características sensoriales, límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) del agua potable 28
IV. Sustancias químicas. Límites máximos aceptables y límites máximos permisibles 29
V. Variables independientes 33
VI. Variables dependientes 34
VII. Técnica cualitativa 37
VIII. Análisis microbiológico después de la primera prueba alterna sugerida de saneamiento 38
IX. Análisis microbiológico cinco días después del saneamiento por el método sugerido 39
X. Análisis microbiológico, ocho días después del saneamiento por el método sugerido 39
XI. Secuencia de comportamiento de la sanitización 40
XII. Análisis microbiológico de los equipos sanitizados con nuevo ácido 40
XIII. Saneamiento del MASU06. 41
XIV. Análisis microbiológico de los equipos después del saneamiento 41
XV. Equipos sanitizados con el nuevo ácido 42
XVI. Análisis microbiológico del MASU007 antes y después de utilizar otro ácido “CERFACT PA” para sanear el equipo 43
XVII. Análisis microbiológico del MASU007 después de sanearlo, cinco días después de sanear con el ácido “CERFACT PA” 43
XVIII. Análisis microbiológico de la salmuera 44
XIX. Análisis microbiológico para determinar el comportamiento de la salmuera con el método alternativo y comparado con el método actual 44
XX. Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores al dejar el agua estancada después de sanear con ácido vortex 45

XXI. Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores después de sanearlos con el ácido peracético (oxonia) 46
XXII. Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores al dejar el agua estancada después de sanear con ácido peracético (oxonia) 47
XXIII. Prueba para determinar en qué instante empieza la dureza en los suavizadores después de regenerarlos con la salmuera 48
XXIV. Frecuencia de saneamiento sugerida para suavizadores 70
XXV. Frecuencia sugerida de saneamiento para filtros de carbón..... 71
XXVI. Puntos críticos de control 71
XXVII. Análisis microbiológico después de la primera prueba alterna sugerida de saneamiento 76
XXVIII. Análisis Microbiológico cinco días después del saneamiento por el método sugerido 76
XXIX. Análisis Microbiológico, ocho días después del saneamiento por el método sugerido 77
XXX. Secuencia de comportamiento de la sanitización del 14 de mayo 77
XXXI. Análisis microbiológico de los equipos que fueron sanitizados con nuevo ácido, vortex 78
XXXII. Con la salvedad de que un día antes se regeneró con salmuera 78
XXXIII. Análisis microbiológico de los equipos después del saneamiento realizado el sábado 4 de julio con el nuevo ácido vortex 79
XXXIV. Equipos sanitizados con el nuevo ácido vortex. La muestra se tomó el viernes 10 de julio..... 79
XXXV. Análisis microbiológico del MASU007 antes y después de utilizar el nuevo ácido “CERFACT PA” para sanear el equipo. El saneamiento se realizó el sábado 11 de julio y la microbiología se realizó ese mismo día 80

XXXVI. Análisis microbiológico del MASU007 después de sanearlo, cinco días después de sanear con el ácido CERFACT PA 80
XXXVII. Análisis microbiológico de la salmuera, se preparó el 1 de julio y se analizó el viernes 3 de julio 81
XXXVIII. Análisis microbiológico de la salmuera, se preparó el martes 14 de julio y se analizó el 16 de julio 81
XXXIX. Análisis microbiológico para determinar el comportamiento de la salmuera con el método alternativo y comparado con el método actual 82
XL. Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores al dejar el agua estancada después de sanear con ácido vortex 83
XLI. Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores después de sanearlos con el ácido peracético (oxonia) 84
XLII. Prueba para determinar en qué instante empieza la dureza en los suavizadores después de regenerarlos 84
XLIII. Análisis de muestras duplicadas para evaluar frascos esterilizados con diferente método 85
XLIV. Validación de la prueba de recolección de muestra para análisis microbiológico 85
XLV. Código de válvulas para MASU01, MASU02, MASU03, MASU04, MASU05, MASU06 MASU07, MAFI04, MAFI05, MAFI06 y MAFI07 86
XLVI. Código de válvulas para el equipo de ósmosis 87
XLVII. Código de válvulas para el MAFI 08 88
XLVIII. Análisis microbiológico mensual de los filtros de carbón antes de realizar algunos cambios 89
XLIX. Análisis microbiológico mensual de los filtros de carbón después de realizar algunos cambios 92

L. Análisis microbiológico mensual de los suavizadores después de realizar algunos cambios..... 92

GLOSARIO

Carbón activado	Carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado.
Coliforme total	Entero bacterias lactosa-positivas que constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos.
Conductividad eléctrica	Medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar libremente la corriente eléctrica.
HACCP (APPCC)	Análisis de peligros y puntos críticos de control.
MAFI	Mantenimiento filtros de carbón.
Mantenimiento Preventivo	Se realiza de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de averías en los artefactos.
MASU	Mantenimientos suavizadores.

MATA	Mantenimiento tanques.
Ósmosis	Contacto entre dos fluidos con diferentes concentraciones de sólidos disueltos que se mezclan hasta que la concentración sea uniforme, separados por una membrana permeable y el de menor concentración se moverá a través de la membrana de tal forma que pasa al fluido de mayor concentración.
Ósmosis inversa	Presión superior a la presión osmótica produciendo el efecto contrario al ósmosis y los fluidos se presionan a través de la membrana.
POES	Prácticas operativas estandarizadas sanitarias.
Sanitización	Proceso por el cual se elimina la mayor cantidad de carga microbiana utilizando medios físicos o químicos
Suavizadores	Equipo que remueve minerales del agua a través de un proceso de intercambio iónico.

RESUMEN

El trabajo presenta un análisis de cómo controlar la contaminación en el proceso de tratamiento de agua en la industria envasadora. Se desea cambiar, actualizar y mejorar algunos procedimientos.

El objetivo principal es erradicar el problema detectando puntos críticos en el proceso y con base en esta información, atacar directamente el problema. Se espera realizar análisis microbiológicos y fisicoquímicos para cumplir con este objetivo y al determinar los puntos críticos se actualizarán y mejorarán los procedimientos de ser necesario.

Se harán pruebas para validar propuestas de mejora por medio de análisis microbiológicos de recuento total y coliformes totales. Después de cierto tiempo si se demuestra que las propuestas lograrán controlar la contaminación, los análisis darán la información y se concluirá con una solución.

Se plantea al inicio un monitoreo y control de todo el proceso de tratamiento de agua, que incluye filtros de carbón y suavizadores de resina catiónica. Se estudiará por separado cada uno y así serán las propuestas de mejora para controlar la contaminación en el agua. Se evalúan los instructivos de saneamiento, operación, metodología de análisis microbiológico desde la toma de muestra hasta los resultados finales, propuestas de químicos para sanear suavizadores y controlar la salmuera que se utiliza para regenerar las resinas catiónica y se espera determinar la frecuencia adecuada para sanitizar cada equipo del proceso de tratamiento de agua.

Se espera controlar la contaminación atacando los puntos críticos y mejorarlos o actualizarlos de ser posible, todas las propuestas de cambio se validarán con análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

En el presente informe se detallan las actividades de trabajo que se realizarán en la industria envasadora durante seis meses, como parte del ejercicio profesional supervisado de graduación, EPS. Entre las actividades de trabajo, se detalla la realización de distintos tipos de análisis: químicos, fisicoquímicos, así como estudios de costos y aceptación.

OBJETIVOS

General

Controlar la contaminación microbiológica en los equipos del proceso de tratamiento de agua.

Específicos

1. Proponer, actualizar y mejorar los procesos de operación en el tratamiento de agua.

2. Proponer métodos alternos para el proceso de saneamiento en los filtros de carbón, suavizadores y equipo de ósmosis.

3. Establecer la frecuencia adecuada de saneamiento para tuberías, filtros de carbón, suavizadores, equipo de ósmosis y tanques.

4. Controlar y monitorear el proceso de tratamiento de agua, por medio de análisis microbiológico y fisicoquímico.

5. Determinar puntos críticos de control en el proceso de tratamiento de agua.

6. Implementar un plan de saneamiento determinando la frecuencia de saneamiento y mantenimiento preventivo de los equipos.

7. Comparar análisis microbiológicos previos a los cambios necesarios con los análisis después de realizar mejoras.

8. Proponer mejoras para el proceso de la salmuera.

9. Monitorear el procedimiento de regeneración para suavizadores y retro lavados para filtros de carbón.

10. Determinar la eficiencia de los procedimientos de saneamiento real y propuesta.

Hipótesis

Hipótesis científica

La contaminación en los filtros de carbón y suavizadores de resina catiónica podrá controlarse al monitorear los puntos críticos que se detectarán al realizar un análisis microbiológico, y con esta información se propondrán cambios para mejorar algunos procesos y así controlar la contaminación en los equipos.

Hipótesis nula (Ho)

La frecuencia de saneamiento para los filtros de carbón y suavizadores no afectará en los resultados de análisis microbiológico, por lo que no es necesario establecer la adecuada para erradicar la contaminación microbiológica.

Hipótesis alternativa (Ha)

La frecuencia de saneamiento para filtros de carbón y suavizadores es indispensable para controlar la contaminación microbiológica, por lo que es necesario establecer la frecuencia adecuada.

INTRODUCCIÓN

La empresa presenta un problema microbiológico en el proceso de tratamiento de agua. El agua sale del pozo y no muestra mayor contaminación, seguidamente es inyectada con cloro líquido al 12 % de NaOCl (hipoclorito de sodio), que pasa por una bomba y se dirige al filtro de arena para eliminar sedimentos del agua. Después es enviada hacia un tanque donde permanece en reposo, el agua sale del tanque clorada y se dirige a un filtro de carbón donde elimina color, sabor, olor y cloro que son los componentes principales en solución para este caso.

Después del filtro de carbón el agua se dirige hacia los suavizadores para eliminar dureza como calcio y magnesio. Posterior a este proceso, el agua se mantiene en otro tanque de agua suave y cuando se requiere utilizarla se manda agua a producción.

Se ha detectado contaminación microbiológica en los filtros de carbón y en suavizadores que no se tenía en años anteriores y se desea eliminar por completo.

Para erradicar este problema se tiene que monitorear los filtros de carbón y suavizadores realizando análisis microbiológicos y fisicoquímicos para estudiar a fondo las características que el agua presente en el proceso. Se plantean estrategias de mejora que buscan soluciones al problema y de ser necesario implementar nuevos mecanismos para trabajar en el proceso de sanitización, toma de muestra, análisis de laboratorio, incluso mantenimiento a los filtros y equipos necesarios para controlar el proceso

Se evaluarán nuevas condiciones de trabajo que se han sugerido para erradicar contaminación microbiológica. Se presentan metodologías de trabajo que se harán durante los seis meses del ejercicio profesional supervisado (EPS).

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes

La empresa con la que se ha decidido trabajar se dedica a embotellar un producto que ofrece a los consumidores nacionales e internacionales la mejor calidad y se ha decidido buscar elementos para este objetivo.

El tratamiento de agua en la industria envasadora cuenta con un sistema de cinco filtros de carbón en el proceso y siete filtros suavizadores distribuidos en distintas áreas: fabricación, envasado y equipo de ósmosis inversa. Cada una de las áreas tiene objetivos diferentes por lo que cuentan con el tratamiento completo, filtros de carbón, filtros UV y filtros suavizadores. Después de cada etapa el agua es enviada para lo que se requiera.

Hasta hace unos dos años aproximadamente, la empresa no presentaba una contaminación microbiológica en todo el proceso. Se cuentan con los mismos filtros de carbón y suavizadores; además, el pozo ha sido el mismo desde entonces. De hecho, no contaban con sanitización en los filtros de carbón y suavizadores, y debido a la problemática presentada empezaron a interesarse en el asunto para tratar de eliminar la contaminación de microorganismos.

Se han instalado filtros UV al salir de los filtros de carbón y se ha cambiado algunos químicos para sanitizar filtros de carbón y suavizadores para una mejor eficiencia. Se han aislado las áreas donde se encuentran los filtros

de carbón y suavizadores; se techaron los lugares y se circuló para evitar contaminación del ambiente.

Sin embargo, a pesar de todas las precauciones necesarias aún se presenta la contaminación microbiológica y es necesario un estudio profundo para determinar las causas. Por eso se desea monitorear todo el proceso de tratamiento de agua, específicamente los filtros de carbón y suavizadores, ya que es donde está centrado el problema debido a muchos factores que serán de estudio para el proyecto.

Los procedimientos de sanitización y de operación no han cambiado desde entonces, por lo que es necesaria alguna propuesta de mejora según normas establecidas para el agua purificada para erradicar el problema que esté ocasionando la contaminación.

1.2. Justificación

La contaminación microbiológica en el proceso de tratamiento de agua se da específicamente en los filtros de carbón y suavizadores donde será necesario un estudio detallado para mejorar el proceso de los filtros de carbón y suavizadores de resina catiónica. El tratamiento de agua tiene un sistema de cinco filtros de carbón y siete suavizadores que trabajan en serie, esto significa que después del filtro de carbón el agua pasa a los suavizadores para eliminar dureza del agua.

Se planea monitorear todo el proceso en especial el filtro de carbón y los suavizadores, esto con el fin de determinar en qué parte del proceso ocurre la contaminación, si es solamente en los filtros de carbón y suavizadores o si el agua arrastra los microorganismos desde otro punto crítico.

Para determinar los puntos críticos de contaminación será necesario un análisis microbiológico, ya que estos resultados reflejarán el tiempo de reacción de los contaminantes y el área específica donde se dará el problema de contaminación.

Los análisis microbiológicos se harán con una frecuencia determinada, empezando una vez a la semana para comprobar si los filtros siguen siendo efectivos después de la sanitización realizada. En caso de presentarse la contaminación en ese tiempo, el análisis microbiológico se hará cada dos días para determinar el tiempo de aparición de los microorganismos, esto con el fin de implementar la frecuencia de sanitización correcta para los filtros. La sanitización puede darse diaria o incluso cada dos meses, esto dependerá de cada empresa y del uso que se le dé; por esta razón el análisis microbiológico es necesario para establecer la frecuencia ideal de monitoreo.

Cuando se implemente la frecuencia correcta de sanitización para los filtros, seguirá haciéndose el análisis microbiológico para establecer si el proceso de sanitización utilizada es el correcto; de lo contrario, se propondrá una mejora en el procedimiento. Para este estudio se tendrán propuestas de sanitización de las que se experimentarán y se llevará un control microbiológico para analizar si es efectivo el procedimiento; de ser así basándose en normas de calidad, se implementará el procedimiento, por lo que también son necesarias pruebas fisicoquímicas para verificar que la sanitización haya sido la adecuada. Se tendrá que sanitizar con ácido y base para llevar a extremos el pH en los filtros de carbón, y es necesaria la prueba para comprobar que el pH se encuentra en el rango requerido después del proceso de sanitización.

En el caso de los suavizadores, el estudio de sanitización se hará de la misma forma que en los filtros de carbón; claro que el proceso para sanitizarlos

es diferente, pero se harán pruebas microbiológicas y fisicoquímicas que determinan la eficiencia de la sanitización. Se realizarán pruebas fisicoquímicas para determinar la conductividad eléctrica ya que se espera que se encuentre menor a 350 μS/cm. Se determinarán otros factores como la regeneración de las resinas catiónicas, de las cuales por medio de análisis fisicoquímicos diarios se establecerá la frecuencia ideal para regenerar los suavizadores de resina catiónica.

Se sabe que la posibilidad de contaminación puede o no estar en los filtros mencionados (filtros de carbón y suavizadores), por lo que el análisis microbiológico se hará en todos los puntos del tratamiento de agua para verificar que la contaminación no sea arrastrada desde otro punto crítico.

Se propondrá mejoras de sanitización, monitoreo, análisis químicos, aspectos físicos de diseño en caso de ser necesaria alguna instalación o mejora, y la frecuencia para realizar estos cambios.

Se estudiará otras posibilidades de contaminación del agua, como toma de muestra o si es necesario la instalación de algún equipo o cambio de material en el caso de tuberías o válvulas. Además, se esperan implementar procesos de mantenimiento preventivo.

Cada propuesta o alternativa deberá ser experimentada para validar procedimientos, alguna instalación o simplemente algún cambio para mejora.

Todos los análisis microbiológicos, fisicoquímicos o de procedimiento de sanitización serán realizados propiamente para validar los resultados.

El proyecto se basa en la norma de calidad HACCP (análisis de riesgos y de puntos críticos de control *(Hazard Analysis and Critical Control Points*) para determinar puntos críticos de control y POES (prácticas operativas estandarizadas sanitarias) de sanitización. Por lo que se espera cumplir con siete principios:

1. Desarrollar el análisis de peligros
2. Identificar puntos críticos de control
3. Establecer límites críticos
4. Establecer monitoreo
5. Establecer acciones correctivas
6. Establecer procedimientos de verificación
7. Establecer sistema de registro

Además, debe cumplirse una rutina que garantice la efectividad del proceso en sí mismo y arreglar de la siguiente manera:

- Procedimiento de limpieza y desinfección que se ejecutará antes, durante y después de la elaboración.
- Frecuencia de ejecución y verificación de los responsables de la actividad.
- Vigilancia periódica del cumplimento de los procesos de sanitización.
- Evaluación constante de las POES y sus procedimientos para asegurar la prevención de todo tipo de contaminación.
- Implementar medidas correctivas cuando se verifica que los procedimientos no logran prevenir la contaminación.

1.3. Determinación del problema

1.3.1. Definición

En la empresa envasadora es muy importante presentar un producto de calidad; aún cuando al final del proceso no se presente la contaminación, es muy importante que el proceso del agua sea el adecuado por los distintos usos que se le da dentro de la empresa. Si no se logra controlar la contaminación el presupuesto aumentará en distintas formas.

La problemática abarca muchos factores que deben tomarse en cuenta; por eso se espera determinar puntos críticos y al detectarlos tratar de eliminarlos o solucionarlos de una vez, y con esto se controlará la contaminación y en el mejor de los casos eliminarla por completo.

El problema principal es que existe una contaminación en el proceso de tratamiento de agua y está centrada básicamente en filtros de carbón y suavizadores; por lo que es necesario controlarla para erradicarla, lo cual se detectará por medio de análisis microbiológicos que evalúan características principales que la empresa necesita erradicar, coliformes totales y recuentos totales.

1.3.2. Delimitación

El problema al efectuar el proyecto es básicamente el tiempo del personal al realizar actividades y el presupuesto que pueda aumentar por el costo de ácido que se utiliza para sanear equipos de suavizadores y filtros de carbón. Mientras se establece una frecuencia adecuada de saneamiento, se hará análisis microbiológicos.

Las personas encargadas del área disponen de poco tiempo para realizar pruebas ya que tienen otras actividades en el campo del trabajo. Por lo que después del estudio se tendrán conclusiones acertadas y se dejarán las propuestas de trabajo a la empresa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Agua pura

El agua es esencial para la vida. Los recursos naturales como el agua se han vuelto escasos con el crecimiento poblacional mundial.

La hidrósfera es el total de agua presente en el planeta en todas sus formas. El agua cubre ¾ partes de la superficie de la tierra, de lo cual el 97 % es agua salada ubicada principalmente en océanos y mares, solo el 3 % de su volumen es dulce. De esto solo un 1 % en estado líquido. El 2 % restante se encuentra en estado sólido en las latitudes próximas a los polos. Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente en humedades y subterráneamente en acuíferos. En estado líquido compone masas de agua como océanos, mares, lagos, ríos, arroyos, canales, manantiales y estanques.

El término calidad del agua está relacionado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es apta o no para el consumo humano. El mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo es una gestión integrada y preventiva en la que colaboren todos los organismos pertinentes. El acceso al agua potable es un derecho fundamental. Sin acceso al agua no hay vida, sin acceso al agua potable no hay existencia a salvo de la enfermedad.

La calidad del agua potable es una cuestión que afecta a países en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población que puede ser por agentes infecciosos, productos químicos tóxicos, contaminación

radiológica, etc. La experiencia pone de manifiesto el valor de los enfoques de gestión preventivos que abarcan desde los recursos hídricos al consumidor.

Se calcula que el agua no potable y los hábitos de saneamiento e higiene insalubres cobran cada año la vida de 1,5 millones de niños menores de cinco años. La falta de acceso al agua, saneamiento e higiene inciden negativamente en la salud, seguridad, los medios de subsistencia y la calidad de vida.

2.1.1. Contaminantes del agua

La calidad del agua potable ha sido un factor determinante del bienestar humano. El agua insalubre contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando grandes problemas a las personas que se ven obligadas a usarla. Epidemias han sido causadas por bacterias y virus infecciosos transportados en agua potable. Actualmente la seguridad del agua abarca también la presencia potencial de contaminantes químicos, tanto orgánicos como inorgánicos y metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de la escorrentía urbana.

Las fuentes de contaminación biológicas se inician por desechos de origen humano y/o animal, ya que estos pueden contener una gran cantidad de bacterias, virus y protozoarios patógenos, así como helmintos parásitos.

A través de las excretas de seres humanos y animales, en particular de las heces, se transmiten las enfermedades infecciosas. Los patógenos que representan un riesgo grave para la salud humana que se pueden encontrar en el agua son: *Salmonella spp, Shigella spp, Escherichia coli O157:H7, Vibrio cholerae, Yersinia enterocolítica, Campylobacter jejuni y Campilobacter coli.*

También hay otro tipo de contaminación de la cual se debe proteger las fuentes de agua y es la producida por desechos químicos tóxicos provenientes de industrias, fertilizantes y/o desinfectantes químicos. Aunque químicamente son pocas las sustancias presentes en el agua que pueden causar problemas de salud agudos, solo si se da la contaminación accidental masiva del abastecimiento, los problemas relacionados con las sustancias químicas en el agua se deben, sobre todo, a que éstas pueden afectar negativamente la salud tras exposición prolongados. Las sustancias más peligrosas son los contaminantes con propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias cancerígenas, problemas del hígado o riñones y/o dificultades en la reproducción.

2.2. Agua industrial

El agua a nivel industrial tiene usos diversos que van desde materia prima hasta su aplicación como parte importante en los sistemas de producción, por ejemplo, los sistemas de enfriamiento.

A nivel industrial el agua se clasifica en:

a. Agua cruda: el agua que se obtiene de fuentes naturales como ríos, lagos, nacimientos o pozos, la cual no ha sufrido ningún tratamiento.

b. Agua potable: es la que llena un grado de calidad, establecido por especificaciones sobre niveles y tipos de contaminación permitidos, que la hacen apta para el consumo humano, lo que se logra por el tratamiento del agua cruda por diversos procesos físicos y químicos, tal como filtración, floculación y clorinación, dependiendo de las condiciones iniciales del agua.

c. Agua suave: Se denomina agua suave aquella a la cual los cationes (carga positiva) de calcio y magnesio que conforman la denominada dureza, son removidos por sustitución con iones de sodio, logrando por intercambio iónico con zeolitas.

d. Agua purificada: se obtiene por destilación, intercambio iónico, ósmosis inversa o tratamiento similar; además, debe cumplir con las especificaciones gubernamentales sobre agua pura.

La U.S. Pharmacopeia 2 002 indica como especificaciones básicas para el agua purificada como pH entre 5,00 y 7,00, pasar las pruebas de sulfatos, amoniaco, cloruros, sustancias oxidables y sólidos totales; además, no debe presentar dureza y cloro. A nivel microbiológico el agua purificada no debe tener un conteo mayor a 100 unidades formadora de colonias (UFC)/mililitro de bacterias mesófilas, no debe presentar presencia de bacterias del grupo coliforme ni presencia de *Pseudomonas spp.*

e. Sistema de purificación de agua: el diseño del sistema de agua es factor de éxito o fracaso de los productos. El diseño de un sistema de agua depende del buen conocimiento de la operación, la identificación de los puntos de uso en la fábrica, un programa de mantenimiento riguroso y técnicas apropiadas de muestreo y ensayo. La capacidad del sistema se calcula con base al plan de ventas para 5-10 años y la producción planeada para el mismo período.

Es importante que el sistema instalado no supere en más del 10 % la demanda diaria del agua. El tiempo en que un sistema de purificación está parado puede ser crítico promoviendo el crecimiento de microorganismos.

Métodos clásicos de purificación del agua:

Tabla I. **Contaminación y métodos clásicos**

Contaminantes	**Remoción por:**
Sales inorgánicas disueltas, eje: calcio, magnesio, cloruros, sulfatos.	Intercambio iónico, ósmosis inversa, combinación de ambos.
Compuestos orgánicos disueltos, ejemplo: taninos, ligninas, otros productos de descomposición animal o vegetal.	Absorción por carbón activado, resina de tipo aniónico.
Material particulado, ejemplo: óxidos metálicos de la tubería, finos de carbón y resinas, sílice y otras partículas amorfas.	Filtración, ósmosis inversa, destilación.
Bacterias	Filtración, ósmosis inversa, destilación.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

f. Operaciones de un sistema de purificación de agua

El agua debe seguir una serie de pasos para purificarse y el funcionamiento de cada uno de ellos debe estar debidamente detallado en manuales, instructivo o procedimiento estándar de operación (PEO).

- Desinfección: es la operación de destruir agentes infecciosos sobre superficies. En un sistema de agua generalmente se utilizan agentes químicos para este proceso, ya que son más fáciles de manejar y su costo es relativamente bajo.

Los desinfectantes más comúnmente utilizados son:

- Hipoclorito
- Ozono
- Formaldehído
- Filtración
- Pre filtro de arena
- Remoción del cloro
- Carbón activado
- Bisulfito de sodio

✓ Sanitización: es el proceso por el cual se elimina la mayor cantidad de carga microbiana utilizando medios físicos o químicos; a nivel de la industria cosmética se utiliza solo los primeros ya que los medios químicos son difíciles de eliminar del agua corriendo riesgo de contaminar los productos.

✓ Verificación: puede ser definida como un medio que asegura que los equipos, sistemas o procesos funcionan de acuerdo como fueron diseñados o cumpliendo con los requerimientos previamente establecidos.

2.3. Filtro de carbón activado

El carbón activado es un material que se obtiene por carbonización de distintos tipos de maderas o productores vegetales, que luego son molidos hasta el tamaño deseado y finalmente activados mediante procesos de alta temperatura en atmósfera libre de oxígeno para evitar la combustión del carbón.

De esta forma se habla de carbones activados de origen bituminoso, de lignito, de cáscara de coco, de turba, etc.

Una de las características principales de los carbones activados es su gran superficie de contacto en relación al volumen o a la masa del mismo. Esto favorece aquellas reacciones químicas o fenómenos de superficie, tal como la adsorción.

Si bien en distintas aplicaciones es posible encontrar carbones activados de muy distinta granulometría, en el tratamiento del agua se usa habitualmente el carbón activado granular con tamaños de partículas comprendidos entre 0,5 y 1,5 mm.

La aplicación más común del carbón activado es para la decloración del agua. La cloración del agua es uno de los procesos más utilizados para la desinfección de la misma en los procesos de potabilización. En otros procesos industriales también se utiliza para destruir materia orgánica. El problema aparece cuando existen procesos donde el cloro resulta inaceptable (el cloro es un oxidante fuerte), ya sea porque produce un mal gusto, ataca componentes del producto, o ataca materiales tales como las resinas de intercambio iónico o las membranas de ósmosis inversa o electrodiálisis.

La decloración consiste en un mecanismo complicado que puede seguir distintos caminos de reacción en los que el carbón activado puede intervenir como reactivo o como catalizador.

Cuando el carbón se expone al cloro libre se llevan a cabo reacciones en las que el ácido HOCl o el OCl- se reducen a ión cloruro (Cl-). Dicha reducción es el resultado de distintos caminos de reacción posibles. En dos de los más

comunes, el carbón activado granular actúa como un agente reductor, de acuerdo con las siguientes reacciones:

$$HOCl + C^* \longrightarrow C^*O + H^+ + Cl^-$$

$$2HOCl + C^* \longrightarrow C^*O_2 + 2H^+ + 2Cl^-$$

Donde C* representa al carbón activado. C*O y C^*O_2 son óxidos superficiales que poco a poco van ocupando espacios, que al quedar bloqueados ya no participan en la reacción. Algunos de estos óxidos se liberan hacia la solución como CO y CO_2. Esto vuelve a dejar espacios disponibles que, por lo tanto, aumentan la capacidad del carbón activado granular para esta reacción de reducción. En cuanto al Cl-, también se acumula en la superficie del carbón durante los primeros momentos de operación. Al seguir llegando HOCl o OCl- a la superficie del carbón, la reacción se hace un poco más lenta y entonces se empieza a liberar el Cl-. Esta disminución de velocidad se debe al envenenamiento del carbón con los óxidos superficiales. Dicho envenenamiento continúa de manera gradual, mientras disminuye la capacidad, tanto de adsorción como de decloración del carbón activado.

En las reacciones anteriores puede intervenir OCl- en lugar de HOCl, con la diferencia que no se produce H^+. Puede observarse que el carbón reacciona y por lo tanto desaparece. Si no hubiera acumulación de óxidos superficiales, la reacción continuaría hasta la desaparición completa del carbón.

Otra aplicación frecuente es la eliminación de trazas de materia orgánica que puede transmitirle gustos desagradables al agua. Esta materia orgánica también puede producir problemas en las resinas de intercambio iónico, sobre todo en las aniónicas y favorecer los desarrollos microbiológicos, lo que

constituye un problema no solo desde el punto de vista sanitario, sino también por el ensuciamiento de membranas de ósmosis inversa, entre otros problemas.

La capacidad de un carbón activado para retener una sustancia determinada no solo está dada por su área superficial, sino por la proporción de poros cuyo tamaño sea el adecuado; es decir, de una a cinco veces el diámetro de la molécula de dicha sustancia. Si se cumple esta condición, la capacidad de un carbón activado puede ser de entre el 20 % y el 60 % de su propio peso, es decir, 1 Kg. de carbón retendrá entre 200 y 600 gr del contaminante.

En contra de lo que suele creerse, la capacidad de un carbón activado no aumenta por más pequeño que sea tu tamaño de partícula. Esto se debe a que, por más fino que se muela un carbón, su área superficial prácticamente no aumenta (el área superficial se da a un nivel molecular inafectable por métodos mecánicos). No obstante, la cinética (velocidad de adsorción) si aumenta sustancialmente al disminuir el tamaño de partícula del carbón. Esto se traduce en que, mientras menor es el tamaño de partícula de un carbón, se requieren lechos más pequeños para lograr un determinado desempeño. Por otro lado, mientras menor es el tamaño de partícula de un carbón granular, mayor es la caída de presión y, por lo tanto, aumenta el costo para lograr el flujo a través del mismo. De lo anterior se concluye que en todos los casos debe usarse el menor tamaño de carbón, siempre y cuando sea mayor el beneficio de requerir una cama pequeña que el costo de hacer circular el fluido a través de la misma.

Independientemente de su función específica, el carbón activado es un material granular y como tal actúa como medio filtrante reteniendo partículas sólidas. Por ello resulta necesario efectuar contra lavados periódicos de estos filtros para la eliminación de las partículas retenidas. Cuando el agua a tratar ya está filtrada y no tiene sólidos en suspensión, el filtro de carbón activado puede

trabajar mucho tiempo sin que la pérdida de carga aumente, exigiendo un contra lavado del mismo. Sin embargo, trabajar mucho tiempo sin contravalarlo puede llevar a una compactación del manto, con producción de canalizaciones, que afecta seriamente el resultado del tratamiento. Por esa razón resulta conveniente contra lavarlos periódicamente, independientemente de que no se eleve la pérdida de carga. En algunas industrias como la de bebidas, es norma contra lavarlos al menos una vez por día. En otras industrias este período se alarga. No es aconsejable dejar pasar más de una semana sin contra lavar el equipo.

Otra cuestión importante es la sanitización de los filtros de carbón activado. En efecto, el carbón activado elimina el cloro, lo que permite los desarrollos microbiológicos que se ven favorecidos por la gran superficie del material. Por esa razón, periódicamente es necesario sanitizarlos (eliminar los microorganismos que puedan haberse desarrollado). El método más usado para la sanitización es la alta temperatura; para lo cual se utiliza agua caliente o vapor, asegurando temperaturas entre 85 y 100°C durante un cierto tiempo (una a dos horas).

La carrera de un filtro (tiempo entre sanitizaciones) depende del origen del agua y varía mucho de una instalación a otra. Es posible encontrar instalaciones donde se sanitiza cada 15 días o más, y otras donde hay que hacerlo día por medio, o con más frecuentemente.

Figura 1. **Filtros de carbón**

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

2.4. Filtro de arena

La función de este filtro es detener las impurezas grandes (sólidos hasta 30 micras) que trae el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle lo turbio al agua, estos filtros se limpian periódicamente, se le da un retro lavado a presión para ir desalojando las impurezas retenidas que quedan adentro al momento de filtrar. La filtración de la arena se utiliza con frecuencia y es un método muy robusto para separar los sólidos suspendidos del agua. La filtración media consiste en una capa múltiple de la arena con una variedad en tamaño y gravedad específica. Los filtros de arena se pueden proveer en diversos tamaños y ambos pueden ser manejados manualmente o de forma totalmente automática. Aplicaciones para la filtración de arena:

- Preparación de agua fría
- Tratamiento de aguas residuales
- Producción de agua potable
- Filtración en piscinas
- Pre filtración para sistemas de membrana

- Filtración de agua gris o de superficie

Una aplicación especial del filtro de arena es la separación del hierro en la superficie, en el suelo o con el agua limpia. La instalación de la separación del hierro consiste en la aereación, oxidación y precipitación del hierro y el manganeso seguido por una separación de las partículas precipitadas con el filtro de arena.

Cuando los filtros se cargan con las partículas, la dirección del flujo es invertida y el volumen del flujo se aumenta para limpiar el filtro de nuevo. El tiempo para la limpieza es determinado por los siguientes criterios:

- Volumen
- Presión de la gota sobre el filtro
- Tiempo

Figura 2. **Filtro de arena**

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

2.5. Filtro suavizador

El agua dura contiene minerales disueltos en la forma de calcio, magnesio y hierro. La remoción de estos minerales se logra por medio de la suavización del agua a través de un proceso de intercambio iónico. Al paso del agua a través del filtro de resina de intercambio catiónico, los minerales disueltos son atrapados. El uso del suavizador disminuye las sales disueltas antes de pasar al equipo de ósmosis inversa, lo cual aumenta la vida de las membranas del equipo (los minerales no se incrustarán en las membranas de ósmosis inversa evitando daño en poco tiempo). Se encargan de suprimir la dureza en el agua (sales y minerales). Con el uso de estos equipos se elude incrustación de sarro en tuberías, calderas, enfriadores, torres de refrigeración y cualquier grupo que esté en contacto con el H_2O. Los suavizadores son equipos que eliminan la dureza del agua por medio de intercambio iónico. Normalmente se componen de un tanque que incluye resina catiónica, una válvula de control multipuerto y un tanque de salmuera adyacente que incluye cloruro sódico popular. La dureza del agua es causante de bastantes contrariedades de incrustación y taponamiento de tuberías, manchas, sarro, vestimenta áspera por el lavado, pelo crespo y piel reseca a posteriori del baño, etc. A nivel industrial, calderas, torres de refrigeración, intercambiadores de calor y otros equipos son severamente dañados por incrustación que se debe a la dureza.

Figura 3. **Filtros suavizadores**

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla II. **Sustancias químicas. Límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Características	**Límite máximo aceptable**	**Límite máximo permisible**
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad eléctrica	----	<de 350 µS/cm
Dureza total ($CaCO_3$)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.00-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Sulfato (SO_4^-)	100.00 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0 °C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

Continuación Tabla II

(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99 % la concentración de Eschericha coli y ciertos virus. (2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.00 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua. (3) En unidades de pH.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

2.6. Ósmosis

2.6.1. Ósmosis

El fenómeno del ósmosis está basado en la búsqueda del equilibrio. Cuando se ponen en contacto dos fluidos con diferentes concentraciones de sólidos disueltos se mezclarán hasta que la concentración sea uniforme. Si estos fluidos están separados por una membrana permeable (la cual permite el paso a través de uno de los fluidos), el fluido que se moverá a través de la membrana será el de menor concentración de tal forma que pasa al fluido de mayor concentración.

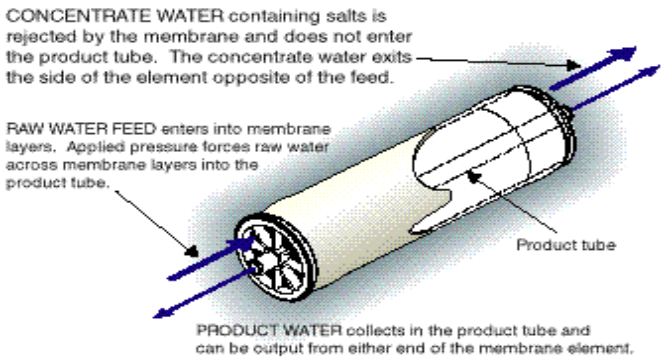
Al cabo de un tiempo el contenido en agua será mayor en uno de los lados de la membrana. La diferencia de altura entre ambos fluidos se conoce como presión osmótica.

2.6.2. Ósmosis inversa

Si se utiliza una presión superior a la presión osmótica, se produce el efecto contrario. Los fluidos se presionan a través de la membrana, mientras que los sólidos disueltos quedan atrás.

Para purificar el agua se necesita llevar a cabo el proceso contrario al del ósmosis convencional, es lo que se conoce como ósmosis inversa. Se trata de un proceso con membranas. Para poder forzar el paso del agua que se encuentra en la corriente de salmuera a la corriente de agua con baja concentración de sal, es necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica. Como consecuencia de este proceso, la salmuera se concentrará más.

Figura 4. **Equipo de Ósmosis**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

2.7. Rayos ultra violeta

Los sistemas de tratamiento y desinfección de agua mediante luz ultra violeta (UV), garantizan la eliminación de entre el 99,9 % y el 99,99 % de agentes patógenos. Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que la luz ultravioleta debe poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar.

Los purificadores de agua por ultravioleta funcionan mediante la radiación o iluminación del flujo de agua con una o más lámparas de silicio cuarzo, con unas longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros. Por lo tanto, el agua fluye sin detenerse por el interior de los purificadores que contienen estas lámparas.

La luz UV no cambia las propiedades del agua o aire, no altera químicamente la estructura del fluido tratado. Al contrario de las técnicas de desinfección química, que implican el manejo de sustancias peligrosas y reacciones que dan como resultado subproductos no deseados, la luz UV ofrece un proceso de desinfección limpio, seguro, efectivo y comprobado a través de varias décadas de aplicaciones exitosas.

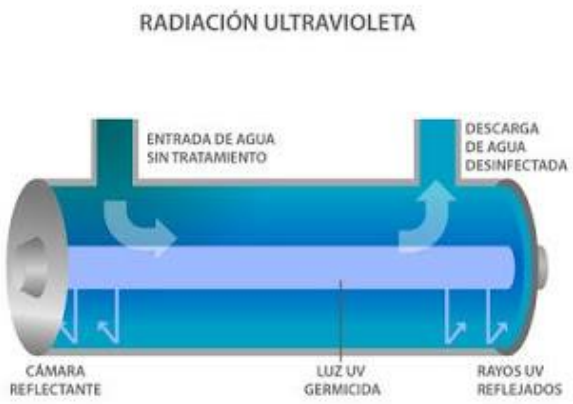
De todos los métodos de desinfección actual, la luz ultravioleta es el más eficiente, económico y seguro. Más aún, su acción germicida se realiza en segundos o en fracciones de estos, además es ambientalmente el método más adecuado, utilizado mundialmente a lo largo de varias décadas. La luz UV se produce naturalmente dentro del espectro electromagnético de las radiaciones solares conocido como UV-C, el cual resulta letal para los microorganismos.

El uso de luz ultravioleta para la purificación de agua potable no es reciente, es un concepto que ha existido por más de cientos de años; a pesar de sus principios tempranos, la ciencia detrás de la desinfección UV es compleja. Para entender los fundamentos de cómo la luz UV purifica el agua, requiere una comprensión relativamente profunda de física, química y biología.

La generación artificial de la luz UV se realiza a través de un emisor de cuarzo puro, el cual contiene un gas inerte que es el encargado de proveer la descarga inicial, y conforme se incrementa la energía eléctrica, el calor producido por el emisor también aumenta junto con la presión interna del gas, lo cual genera la excitación de electrones que se desplazan a través de las diferentes líneas de longitud de onda, produciendo la luz UV.

La propiedad que tiene el ADN, presente en el núcleo de las moléculas de todos los microorganismos de absorber la radiación UV produce el efecto de rompimiento de las cadenas de los aminoácidos de proteínas, causando una disrupción metabólica afectando su mecanismo reproductivo y logrando así su inactivación, eliminando sus propiedades para producir enfermedades y de crecimiento microbiológico. Uno de los principales beneficios al aplicar luz UV con propósitos de desinfección es que no se utilizan ningún tipo de químico para ello.

Figura 5. **Filtro Ultra Violeta**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

2.8. Norma COGUANOR 29001:99

En Guatemala, se encuentran tabulados los máximos aceptables y límites permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, biocidas y límites bactereológicos en la Norma COGUANOR 29001:99 primera revisión del Ministerio de Economía. Dicha normativa es de cumplimiento nacional y es el estándar de comparación para los parámetros de calidad de agua.

El LMA es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño en la salud del consumidor.

El LMP es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

Tabla III. **Características sensoriales, límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) del agua potable**

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.00 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.00 UNT (2)

(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto.

(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Conductividad eléctrica: el agua potable deberá tener una conductividad de 100 µS/cm a 350 µS/cm a 25°C.

Tabla IV. **Sustancias químicas. Límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Características	**Límite máximo aceptable**	**Límite máximo permisible**
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad eléctrica	----	<de 1500 µS/cm
Dureza total ($CaCO_3$)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.00-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Sulfato (SO_4^-)	100.00 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0 °C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

(4) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99 % la concentración de Eschericha coli y ciertos virus.

(5) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.00 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

(6) En unidades de pH.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

2.9. Sistema HACCP: análisis peligros y puntos críticos de control

El análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) involucra a todos los procedimientos cuyo objetivo es garantizar la seguridad alimentaria a través de la identificación y evaluación de la escala de la amenaza desde el punto de vista de la calidad sanitaria de los alimentos, así como el riesgo de peligros que pueden ocurrir en el curso de todas las etapas del proceso de producción y la circulación de alimentos. Además, el sistema también tiene por objeto determinar los métodos de limitar riesgos y el establecimiento de las medidas correctivas.

El sistema HACCP se basa en siete principios que, al mismo tiempo, constituyen etapas consecutivas de su aplicación:

- Análisis de riesgos, es decir, la identificación y evaluación de las amenazas y posibles riesgos de su ocurrencia y la determinación de medidas de control y métodos de contrarrestar estas amenazas.
- Determinación de los puntos críticos de control (PCC) con el fin de eliminar o reducir al mínimo la ocurrencia de peligros.
- Establecer límites críticos para los puntos de control críticos identificados.
- Determinación y aplicación de un sistema para el seguimiento de los puntos críticos con puntos de control.
- Establecimiento de acciones correctivas, si un punto crítico de control no cumple los requisitos necesarios.
- Establecimiento de procedimientos de verificación para confirmar si el sistema es efectivo en su aplicación y actúa de acuerdo con el plan.
- Elaboración y mantenimiento de la documentación del sistema HACCP correlativo a estadios de su aplicación y determinación del método de registro y el archivado de la documentación del sistema.

2.10. Practicas operativas estandarizadas sanitarias (POES)

POES, prácticas operativas estandarizadas sanitarias, se refiere a uno de los tres sistemas de aseguramiento de la calidad sanitaria en la alimentación, junto con BPF (buenas prácticas de fabricación) y HACCP (análisis de riesgo de los puntos críticos de control).

Por definición, las POES establecen las tareas de saneamiento necesarias para la conservación de la higiene en el proceso productivo de alimentos. Esto incluye la definición de los procedimientos de sanidad y la asignación de responsables.

El sistema POES contempla la ejecución de las tareas antes, durante y después del proceso de elaboración, y se divide en dos procesos diferentes que interactúan entre sí:

- La limpieza: consiste en la eliminación de toda materia objetable (polvo, tierra, residuos diversos).
- La desinfección: consiste en la reducción de los microorganismos a niveles que no constituyan riesgo de contaminación en el proceso productivo.

Las POES deben cumplir con una rutina que garantice la efectividad del proceso en sí mismo y se compone de los siguientes pasos:

- Procedimiento de limpieza y desinfección que se ejecutará antes, durante y después de la elaboración.
- Frecuencia de ejecución y verificación de los responsables de las tareas.
- Vigilancia periódica del cumplimiento de los procesos de limpieza y desinfección.

- Evaluación continua de la eficacia de las POES y sus procedimientos para asegurar la prevención de todo tipo de contaminación.
- Ejecución de medidas correctivas cuando se verifica que los procedimientos no logran prevenir la contaminación.
- Dado que la misión de las POES es preservar la higiene en la elaboración alimentaria, debe asimismo contemplar factores externos que pongan en riesgo dicho propósito. En tal sentido, las plagas constituyen un factor de riesgo importante, ya que, en caso de incidentes por insectos o roedores, estas contaminaciones no podrán ser controladas a través de los procesos ejecutivos contemplados en este sistema.
- Por regla general, todo sector cercano a áreas de elaboración que propicie la proliferación de plagas es, para dichas áreas, un PCC (punto crítico de control). Así, la gestión preventiva del control de plagas se basa en un tratamiento indirecto que preserve la eficacia de POES.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1. Variables

3.1.1. Variables independientes

Tabla V. **Variables independientes**

Variable	Dimensión	Descripción
Conteo de colonias en cajas Petri	UFC (unidades formadoras de colonias)	Análisis microbiológicos a la muestra.
Costo de materia prima	Q	Costos de materia prima, reactivos y materiales a utilizar para los análisis.
Tiempo	días	Frecuencia establecida para saneamiento y mantenimiento preventivo.
Volumen	Litros	Cantidad de agua a utilizar para preparar batch o agua de descarga de los filtros de carbón.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.1.2. Variables dependientes

Tabla VI. **Variables dependientes**

Variable	Dimensión	Descripción
Ph	Adimensional	pH que se desea llevar el agua después de sanear con químicos.
Temperatura	°C (Celsius)	Temperatura a la que se desea llevar el filtro de carbón para sanear.
Presión	Psi	Presión a la que se lleva el filtro de carbón para sanear con vapor.
Concentración	Adimensional	Cantidad de ácido a utilizar para sanear filtros de carbón y suavizadores.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El estudio se limitará en el proceso de tratamiento de agua de una industria envasadora, específicamente en filtros de carbón y suavizadores de resina catiónica. Se debe tomar en cuenta que son cinco filtros de carbón y siete suavizadores de resina catiónica. Se pretende controlar la contaminación del agua que ha surgido por ciertos puntos críticos de los que se debe monitorear e investigar. Todos los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se realizarán en el laboratorio de control de calidad de la industria así mismo las pruebas cualitativas se harán en el área del tratamiento de agua.

- Área: tratamiento de agua.
- Industria: Industria Envasadora.

- Proceso: Controlar la contaminación en el proceso de tratamiento de agua.
- Etapa del proceso: filtros de carbón y suavizadores.

- **Recursos humanos disponibles**

  - Investigadora: Shirley Patricia Chaclán Veliz.
  - Jefe de control de calidad de la industria: Ing. Raúl Figueroa.
  - Jefe de mantenimiento: Ing. Carlos Coronado.
  - Operarios del área de tratamiento de agua: Byron Villegas y Mynor Tzul.
  - Asesor técnico: Ing. Qco. Miguel Lemus.

- **Análisis Microbiológico**

  - Cajas Petri
  - Agar para siembra de análisis microbiológico
  - Papel filtro
  - Pinzas
  - Botes para toma de muestra
  - Guantes estériles
  - Mascarillas
  - Alcohol a 95 %
  - Bomba al vacío
  - Earlenmeyer
  - Incubadora
  - Autoclave
  - Alcohol al 95 %
  - Servilletas de papel

- Agua esterilizada

- **Saneamientos**

  - Cloro al 12 % (hipoclorito de cloro)
  - Potenciómetro
  - Mangueras
  - Tanque para preparar batch
  - Filtros de carbón
  - Suavizadores
  - Carbón
  - Resina catiónica
  - Graba
  - Ácido clorhídrico
  - Soda cáustica
  - Ácido peracético
  - Sal

- **Dureza y conductividad eléctrica**

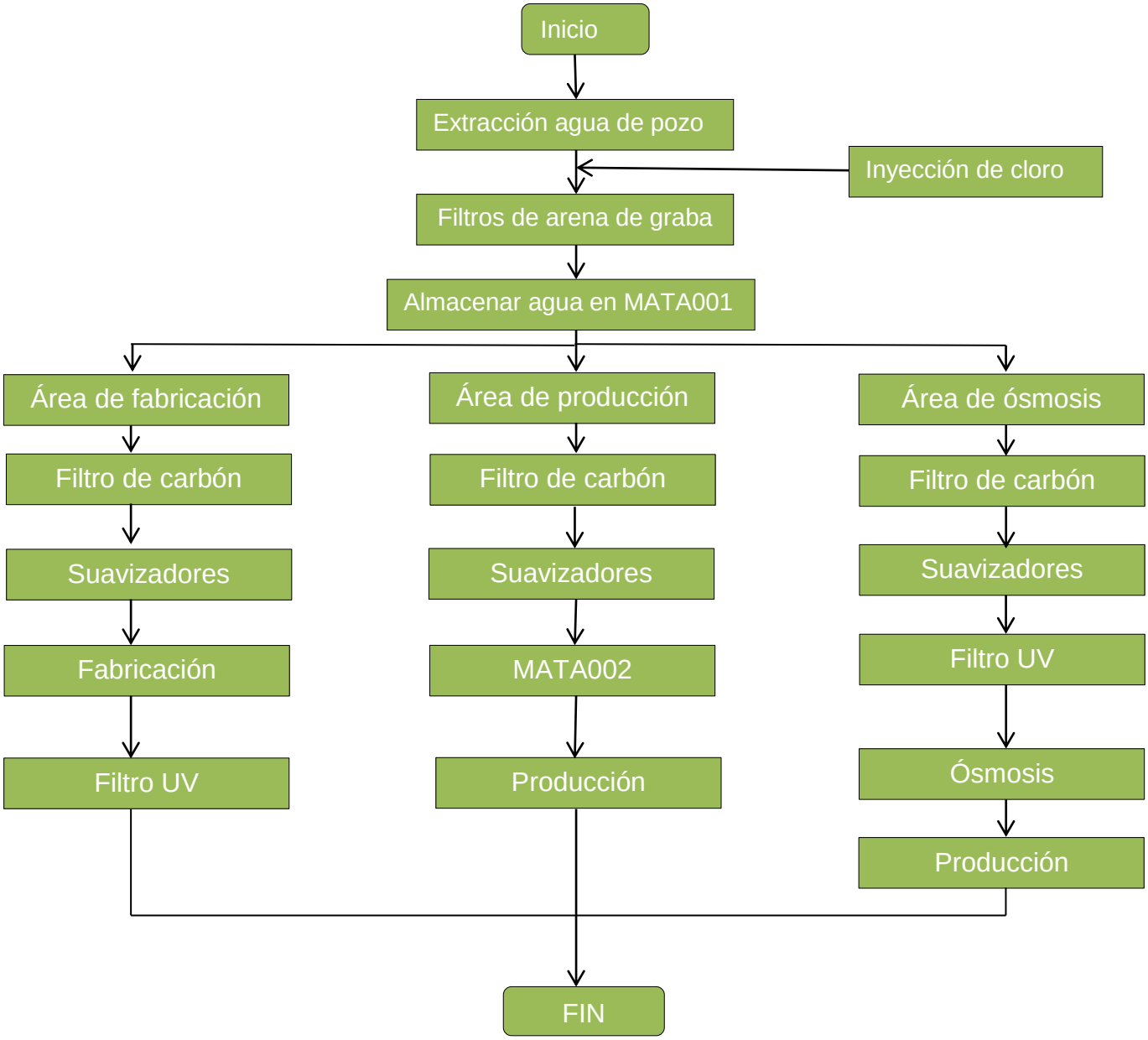
  - Negro eriocromo
  - Solución bofer
  - EDTA

- **Equipo extra**

  - Computadora
  - Calculadora
  - Papel

- Lápiceros

Tabla VII. **Técnica cualitativa**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

.

3.3. Recolección y ordenamiento de la información

El estudio iniciará con la recolección de análisis microbiológicos de todo el proceso de tratamiento de agua y se llevará un control del proceso para determinar puntos críticos. Después de localizar estos puntos se llevará a cabo los métodos para erradicarlos hasta controlar la contaminación del tratamiento de agua. Este estudio se basará por medio de las normas HACCP y POES para puntos críticos y saneamientos.

3.3.1. Validar procedimiento alterno de saneamiento en filtros de carbón y suavizadores

Tabla VIII. **Análisis microbiológico después de la primera prueba alterna sugerida de saneamiento**

Equipo	**Recuento total**	**Coliformes totales**	**Conclusión**
MAFI07			
MAFI06			
MASU03			
MASU04			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla IX. **Análisis microbiológico cinco días después del saneamiento por el método sugerido**

Equipo	Recuento total	Coliformes totales	Conclusión
MAFI07			
MAFI06			
MASU03			
MASU04			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla X. **Análisis microbiológico, ocho días después del saneamiento por el método sugerido**

Equipo	Recuento total	Coliformes totales	Conclusión
MAFI06			
MAFI07			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XI. **Secuencia de comportamiento de la sanitización**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Conclusión
MASU03			
MASU04			
MAFI06			
MAFI07			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.3.2. Validez del ácido vortex para sanear suavizadores

Tabla XII. **Análisis microbiológico de los equipos sanitizados con nuevo ácido**

Equipo	Recuento total	Coliformes totales	Conclusión
MASU03			
MASU04			
MASU06			
MAFI06			
MAFI07			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XIII. **Saneamiento del MASU06.**

Equipo	Recuento total	Coliforme totales	Conclusión
MASU06			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XIV. **Análisis microbiológico de los equipos después del saneamiento**

Equipo	Recuento total	Coliforme totales	Conclusión
MASU03			
MASU04			
MASU05			
MASU06			
MAFI06			
MAFI07			
MAFI08			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Los suavizadores del área de producción se regenerarán al día siguiente del saneamiento. Los MASUS del área de fabricación se regenerarán, después

de la toma de muestra. Los MASUS del área de ósmosis inversa no se regenerarán hasta un día después de la lectura microbiológica.

Tabla XV. **Equipos sanitizados con el nuevo ácido**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Fecha de saneamiento
MATA04			
MATA10			
MATA14			
MASU03			
MAFI06			
MAFI07			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.3.3. Validez de un nuevo ácido CERFACT PA para sanear suavizadores

Tabla XVI. **Análisis microbiológico del MASU007 antes y después de utilizar otro ácido "CERFACT PA" para sanear el equipo**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo	Conclusión
MASU07				
MASU07				

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XVII. **Análisis microbiológico del MASU007 después de sanearlo, cinco días después de sanear con el ácido "CERFACT PA"**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo	Conclusión
MASU007				

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.3.4. Análisis microbiológico de la salmuera para determinar si contamina o no los suavizadores

Tabla XVIII. **Análisis microbiológico de la salmuera**

Muestra	Recuento total	Coliforme total	Conclusión
Salmuera			

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XIX. **Análisis microbiológico para determinar el comportamiento de la salmuera con el método alternativo y comparado con el método actual**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Método	Conclusión	Tiempo
Salmuera					
Salmuera					
Salmuera					
Salmuera					

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.3.5. Análisis microbiológico para determinar en qué momento empieza la contaminación en los suavizadores

Tabla XX. **Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores al dejar el agua estancada después de sanear con ácido vortex**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo transcurrido	Conclusión
Agua de suavizador			0 horas	
Agua de suavizador			24 horas	
Agua de suavizador			48 horas	
Agua de suavizador			72 horas	

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXI. **Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores después de sanearlos con el ácido peracético (oxonia)**

Equipo	**Recuento total**	**Coliforme total**	**Tiempo transcurrido**	**Conclusión**
Agua de suavizador			0 horas	
Agua de suavizador			24 horas	
Agua de suavizador			48 horas	
Agua de suavizador			72 oras	

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXII. **Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores al dejar el agua estancada después de sanear con ácido peracético (oxonia)**

Equipo	**Recuento total**	**Coliforme total**	**Tiempo transcurrido**	**Conclusión**
Agua de suavizador			0 horas	
Agua de suavizador			24 horas	
Agua de suavizador			48 horas	
Agua de suavizador			72 oras	

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.3.6. Análisis fisicoquímico para determinar en qué momento empieza la dureza en el agua de los suavizadores

Tabla XXIII. **Prueba para determinar en qué instante empieza la dureza en los suavizadores después de regenerarlos con la salmuera**

Equipo	Dureza	Tiempo transcurrido	Conclusión
Agua de suavizador		0 horas	
Agua de suavizador		24 horas	
Agua de suavizador		48 horas	
Agua de suavizador		72 horas	

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.4. Tabulación y Procesamiento de la información

El software a utilizar es Microsoft Office Excel para la tabulación de datos y el proceso de información cuantitativa.

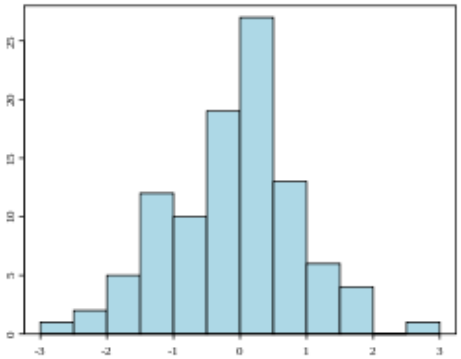
3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Histograma

En estadística, un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados, ya sea en forma diferencial o acumulada. Sirven para obtener una primera vista general, o panorama, de la

distribución de la población, o la muestra, respecto a una característica, cuantitativa y continua, de la misma y que es de interés para el observado.

Figura 6**.** **Histograma**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

3.5.2. Eficiencia de procedimiento

En organización industrial o en organización general la eficiencia de un recurso mide el grado de aprovechamiento del mismo en relación a su especificación.

Eficiencia = Productividad real / Productividad estándar

3.6. Plan de análisis de los resultados

3.6.1. Presentación técnica

En esta etapa se presentarán todos los resultados que se obtendrán de acuerdo a los objetivos establecidos después de un análisis riguroso de

microbiología, fisicoquímica y propuestas de procesos mejorados como frecuencia, saneamiento, entre otros.

3.6.2. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

- Análisis microbiológico: recuento total y coliformes totales.
- Análisis fisicoquímicos: prueba de conductividad térmica, pH y dureza del agua.

3.6.3. Programas utilizados para análisis de datos

- Microsoft Excel 2010: hoja de cálculo electrónica que se utilizará para diversos cálculos con base en los resultados obtenidos en distintos análisis, así como gráficos de comparación.

4. RESULTADOS

4.1. Propuesta de instructivos de saneamiento para filtros de carbón

4.1.1. Sanitización de los filtros de carbón de metal

- **Objetivos**

  - Aplicar a los filtros de carbón de metal
  - Eliminar contaminación en los filtros de carbón

- **Responsabilidades**

Es responsabilidad del:

  - Jefe de mantenimiento: asegurar que se lleve a cabo este instructivo.
  - Supervisor de servicios: verificar la ejecución de este instructivo.
  - Operador de servicios y/o auxiliares de mantenimiento: seguir las actividades de limpieza y sanitización establecidas en este procedimiento.
  - Analista de laboratorio: realizar la confirmación de ausencia de químicos y realizar los análisis microbiológicos de la sanitización.

- **Procedimiento**

  - Cerrar válvula de entrada y salida de agua A y B.
  - Abrir válvula E de venteo para sacar el agua en la tubería.

- Sacar el agua del interior del filtro abriendo válvula G de vapor para vaciar.
- Tapar tubería que conecta al drenaje.
- Abrir válvula de drenaje D.
- Abrir válvula de vapor G en el área de calderas.
- Abrir válvula de vapor G en el área de filtros.
- Cerrar válvulas D y E cuando empiece a salir vapor.
- Esperar que la presión dentro del filtro se eleve a 70 psi.

Nota: la intención es llevar el filtro de carbón a dos temperaturas: máxima de 100°C y mínima de 85°C. La temperatura máxima estará en la parte superior del filtro y la mínima en la parte inferior del filtro debido al condensado de vapor esto disminuirá la temperatura en la parte baja.

- Cerrar válvula G de entrada de vapor en el área de fiiltros.
- Cerrar válvula G de vapor del área de calderas.
- Esperar de 1 horas de presurizado.
- Dejar reposando el vapor durante 40 minutos.
- Cambio de válvula de 3 vías C para que la flecha quede hacia abajo.
- Abrir válvula de drenaje D.
- Abrir válvula A entrada de agua poco a poco hasta abrirla completamente para evitar que el agua entre con fuerza.
- Retrolavar hasta que no salgan partículas en la tubería de drenaje.
- Cerrar válvula A de entrada de agua.
- Cerrar válvula D de drenaje.
- Cambio de válvula de 3 vías C hacia arriba.
- Ponerlo en servicio, abriendo válvula A.
- Abrir válvula E de venteo.

- Verificar que ya no salga aire en la línea de venteo.
- Cerrar válvula E de venteo cuando salga agua.
- Abrir válvula B, salida del agua del filtro de carbón.
- Limpiar área de trabajo.

Nota: durante el proceso de sanitización procurar abrir válvulas F de toma de muestra para esterilizar el área durante 10 minutos aproximadamente.

- **Equipo de seguridad**

  - Guantes contra quemaduras
  - Lentes protectores
  - Uniforme respectivo
  - Proceso de sanitizado solo por el personal especializado
  - Botas de hule
  - Redecilla

4.1.2. Sanitización de los filtros de carbón fibra de vidrio

Debido a que los depósitos de estos filtros son de fibra de vidrio no se les puede aplicar temperatura solo producto químico, en este caso soda cáustica y ácido clorhídrico

- **Objetivo y alcance**

  - Establecer los lineamientos a seguir para la limpieza y sanitización de filtros de carbón.
  - Aplicar a los filtros de fibra de vidrio.

- **Responsabilidades**

  - Jefe de mantenimiento asegurar que se lleve a cabo este instructivo.
  - Supervisor de servicios verificar la ejecución de este instructivo.
  - Operador de servicios y/o auxiliares de mantenimiento seguir las actividades de limpieza y sanitización establecidas en este procedimiento.
  - Analista de laboratorio realizar la confirmación de ausencia de químicos y realizar los análisis microbiológicos de la sanitización.

- **Procedimiento**

  - Aislar los suavizadores para no contaminarlos con la soda que se va a utilizar para sanitizar los filtros de carbón.
  - Cerrar válvula de entrada y salida A y B del agua del sistema de los filtros de carbón.
  - Abrir válvula F de toma de muestra para sacar el agua en la tubería.
  - Cerrar válvula F de toma de muestra.
  - Acoplar un adaptador en la tubería de entrada de agua para conectar la manguera.
  - Conectar una manguera en el adaptador que sería la entrada en el filtro de carbón y conectar la misma manguera en la salida de la bomba.
  - Conectar otra manguera en la entrada del tanque y en la salida del filtro de carbón.
  - Conectar otra manguera en la salida del tanque con la entrada de la bomba.

- Abrir la válvula A, entrada de agua de los suavizadores y salida de agua de los filtros de carbón.
- Llenar el batch hasta 65 galones de agua dura.
- Cerrar válvula A de entrada de agua de los suavizadoresEncender la bomba para empezar a recircular dentro del filtro de carbón.
- Agregar al batch 3 galones de soda cáustica. [aplica a MAFI06]
- Agregar al batch 3 galones de soda cáusitca. (aplica a MAFI07]
- Recircular en el filtro de carbón durante 2 horas.
- Abrir válvula F de toma de muestra por 1 minutos y cerrar.
- Desbloquear cabezales para retrolavado.
- Activar retrolavado 1 minuto.
- Cerrar retrolavado.
- Agregar 4 galones de HCl (ácido clorhídrico) al batch, para filtro MAFI07.
- Agregar de 4 galones de HCl (ácido clorhídrico) al batch, para filtro MAFI06.
- Recircular hasta que el agua tenga un pH: 6.5 a 8. De ser necesario dosificar ácido clorhídrico o soda cáustica en el caso que aplique para neutralizar.
- Desmontar accesorios.
- Dejar limpia el área.
- Poner tapones en las tuberías de entrada general de los suavizadores y salida de los filtros de carbón.
- Programar retrolavado en los cabezales con agua dura hasta que baje la conductividad en un rango de ≤350 µS. Aproximadamente 20 minutos.
- Abrir válvula A de entrada de agua.
- Dejar en servicio.

- **Equipo de protección**

  - Botas de hule industriales
  - Guantes especiales para manipular químicos
  - Lentes
  - Mascarilla
  - Ropa adecuada
  - Gabacha

- **Herramientas utilizadas**

  - Bombas
  - Mangueras
  - Acoples para manguera

- **Precauciones de seguridad**

  - Utilización de guantes especiales contra químicos
  - Lentes de protección transparentes
  - Botas de hule especial para la sanitización
  - Evitar la presencia de personal ajeno a la sanitización mascarilla

- **Al finalizar la sanitización**

  - Guardar equipo en área especial para la sanitización.
  - Dejar limpia el área libre de objetos, materiales, etc.

4.2. Propuesta de instructivo de saneamiento para suavizadores

4.2.1. Sanitización del suavizador de metal

- **Objetivos**

  - Eliminar todo tipo de contaminación microbiológica dentro de los filtros suavizadores.
  - Aplicar a los suavizadores de la planta de tratamiento de agua.

- **Personas responsables involucradas**

  - Jefe de mantenimiento
  - Supervisor de suministros
  - Operador del proceso de tratamiento de agua
  - Analista de laboratorio de Control de Calidad

- **Equipos e insumos a utilizar**

  - Ácido perasético al 10 %.
  - Suavizadores.
  - Mangueras.
  - Bombas.
  - Tanque.
  - Cabezales.
  - Instrumentos de laboratorio para análisis de pH y conductividad eléctrica.

- **Procedimiento**

Para realizar la sanitización, el encargado debe seguir las siguientes operaciones:

- Aislar el suavizador que se va a sanitizar cerrando válvula A de entrada y válvula B salida de agua.
- Se prepara un batch de 65 galones de agua.
- Conectar una manguera que una el batch con la tubería de salida de agua del suavizador abriendo válvula M. Esta será la salida de la solución.
- Conectar una manguera que una la bomba con la tubería de entrada del agua, del suavizador, válvula I. Esta será la entrada de la solución.
- Se procede a conectar la bomba al batch para recircular la solución, por medio de una manguera.
- Agregar 4Lt. de ácido perasético.
- Se procede a arrancar la bomba para recircular la solución.
- Recircular la solución del ácido perasético en el suavizador durante 1 hora.
- Abrir válvula E de venteo y válvula F de toma de muestra 1 minuto para sanitizar el área.
- Cerrar válvulas de venteo E y válvula F de toma de muestra.
- Sanitizar las tuberías conectadas al suavizador.
- Apagar la bomba que activa la recirculación.
- Cerrar la válvula I y M de las mangueras de recirculación.
- Dejar en reposo el suavizador con la solución de ácido perasético y agua durante 1 hora.

- **Retrolavado**

  - Presionar botón de retrolavado.
  - Abrir válvula A de entrada de agua del suavizador y retrolavar por (20 minutos).
  - Descargar solución al drenaje.
  - Abrir válvula E de venteo y válvula F de muestreo por un minuto.
  - Lavar tapones de entradas del suavizador.

- **Ciclo de rinser (enjuague rápido)**

  - Presionar botón para programar enjuague rápido en el tiempo estipulado por el cabezal.
  - Análisis de pH y conductividad térmica para verificar que ya no hay químico en el suavizador. Aproximadamente un pH de 6.5 a 8 y una conductividad eléctrica máxima de 350µS.

- **Frecuencia de sanitización**

La sanitización de los filtros suavizadores se realiza cada semana. Si es necesario una sanitización por contaminación microbiológica se hará nuevamente la sanitización.

- **Método de verificación**

Para verificar que la sanitización haya cumplido con su objetivo se hará un análisis microbiológico de parte del laboratorio de control de calidad.

- **Medidas de precaución**

  - Tomar en cuenta las medidas de seguridad del ácido perasético cuando se utiliza en la sanitización.
  - Mantener mangueras y accesorios en su lugar respectivo.
  - Evitar el ingreso de personas ajenas al área de sanitización.

- **Equipo de seguridad para el personal**

  - Lentes
  - Guantes
  - Botas de hule
  - Gabacha
  - Mascarilla
  - Redecilla para el pelo

4.2.2. Sanitización de los suavizadores de fibra de vidrio

- **Objetivos**

  - Eliminar todo tipo de contaminación microbiológica dentro de los filtros suavizadores.
  - Aplicar a los suavizadores de la planta de tratamiento de agua.

- **Personas responsables involucradas**

  - Jefe de mantenimiento
  - Supervisor de suministros
  - Operadores del proceso de tratamiento de agua

- Analista de laboratorio de control de calidad

- **Equipos e insumos a utilizar**

  - Salmuera.
  - Ácido perasético al 10 %.
  - Mangueras.
  - Bombas.
  - Tanque.
  - Agua.
  - Instrumentos de laboratorio para análisis de pH y conductividad eléctrica.

- **Procedimiento**

Para realizar la sanitización, el encargado debe seguir las siguientes operaciones:

  - Aislar el suavizador que se va a sanitizar cerrando válvula A de entrada y válvula B de salida del agua.
  - Se prepara un batch de 65 galones de agua.
  - Conectar una manguera que una la bomba con la tubería de entrada del agua al suavizador. Esta será la entrada de la solución.
  - Conectar una manguera que una la salida de agua del suavizador a la entrada del tanque de batch.
  - Agregar 3 Lt. de ácido perasético al batch.
  - Se procede a arrancar la bomba a utiliza para la recirculación.

- Recircular la dilución del ácido perasético en el suavizador durante 1 hora.
- Abrir válvula F de toma de muestra durante 1 minuto para sanitizar el área.
- Cerrar válvula F de toma de muestra.
- Apagar la bomba que activa la recirculación.
- Cerrar la válvula M del tanque.
- Dejar en reposo el suavizador con la solución de ácido perasético y agua durante 1 hora.

- **Retrolavado**

  - Lavar tapones de entradas del suavizador.
  - Presionar botón de retrolavado en el cabezal.
  - Abrir válvula A de entrada de agua del sistema y retrolavar durante 14 minutos.
  - Descargar solución al drenaje.

- **Ciclo de rinser (enjuague rápido)**

  - Presionar el botón para enjuague rápido en el tiempo estipulado por el cabezal. Ciclo de rinser durante 16 minutos.
  - Análisis de pH y conductividad térmica para verificar que ya no hay químicos en el suavizador. Aproximadamente un pH de 6.5 a 8 y una conductividad eléctrica máxima de 350µS.

- **Frecuencia de sanitización**

La sanitización de los suavizadores se realiza cada semana. Si es necesario una sanitización por contaminación microbiológica se hará nuevamente la sanitización.

- **Método de verificación**

Para verificar que la sanitización haya cumplido con su objetivo se hará un análisis microbiológico de parte del laboratorio de control de calidad.

- **Medidas de precaución**

  - Tomar en cuenta las medidas de seguridad del ácido perasético cuando se utiliza en la sanitización.
  - Mantener mangueras y accesorios en su lugar respectivo.
  - Evitar el ingreso de personas ajenas al área de sanitización.

- **Equipo de seguridad para el personal**

  - Lentes
  - Guantes
  - Botas de hule
  - Gabacha
  - Mascarilla
  - Redecilla para el pelo

4.3. Instructivo para la preparación de la salmuera

- **Objetivo y alcance**

  - Establecer los lineamientos a seguir para la preparación de la salmuera para la regeneración de los suavizadores.
  - Aplicar a los suavizadores de la planta de tratamiento de agua del Centro de Producción Mixco.

- **Responsabilidades**

  - Jefe de mantenimiento: asegurar que se lleve a cabo este instructivo.
  - Supervisor de servicios: verificar la ejecución de este instructivo.
  - Operador de servicios y/o auxiliares de mantenimiento: seguir las actividades establecidas en este instructivo para la preparación de la salmuera.
  - Analista de laboratorio: realizar los análisis para determinar la concentración de sal.

4.3.1. Contenido

- **Equipo de seguridad**

  - Usar guantes adecuados para evitar contacto con superficies calientes.
  - Utilizar calzado adecuado: botas de hule.

- **Pasos para la preparación de salmuera**

1. El operador de servicios antes de la preparación de la salmuera debe tener el equipo y accesorios sanitizados. Luego puede realizar las siguientes actividades:

1.1. Verter 10 000 libras de sal industrial en el interior del tanque de preparación de salmuera MATA 004. Luego se le aplican 1 600 litros de agua dura clorada.

1.2. Se enciende el agitador y se abren las válvulas de vapor que alimentan el serpentin de calentamiento hasta llegar a una temperatura mayor de 105°C, permaneciendo a esta temperatura por un tiempo de aproximadamente 2 horas. (debe seguir alimentando vapor para mantener la temperatura).

1.3. Luego de transcurrido el tiempo, se apaga el agitador y se cierran las válvulas de alimentación de vapor.

1.4. Luego se espera un día aproximadamente para que la temperatura disminuya aproximadamente a unos 60°C.

1.5. Después se vierten 400 litros de agua para enfriar la salmuera hasta que se llegue a una temperatura de 40°C. (el motivo por el que debe bajarse la temperatura es que a altas temperaturas no se puede agregar salmuera a los suavizadores).

1.6. Se procede al traslado respectivo a los tanques de preparación MATA 010 y MATA 014 que son los utilizados en la regeneración de suavizadores de agua de ósmosis y agua suave de fabricación.

1.7. En el caso de los suavizadores MASU 001 y MASU 002 y MASU 007 la succión de la salmuera se hace de forma directa ya que se encuentra cerca el tanque de preparación de salmuera.

Nota: se espera que la salmuera se utilice un día después de iniciar la preparación para evitar que permanezca varios días en el tanque y se contamine.

- **Precauciones de seguridad**

  - Los agitadores y las partes giratorias siempre deben tener instalado su cobertor.
  - Mantener mangueras y accesorios en su lugar respectivo.
  - Evitar el ingreso de personas ajenas al área de preparación de salmuera.

4.4. Instructivo de procedimiento para análisis microbiológico

4.4.1. Procedimiento de análisis microbiológico

- **Alcance**

Aplica a muestras de agua, alcoholes o productos alcohólicos de muestras superficiales.

- **Reactivos y equipo a utilizar**

  - Equipo de filtración.
  - Pinza esterilizable.
  - Mechero.
  - Cajas Petri.
  - Membranas cuadriculares de nitrocelulosa con poros de 0.45 micras.
  - Agar TTC.

- Agar EDTA.
- Alcohol a 90° gl.
- Autoclave.

- **Procedimiento**

a. Toma de muestra

1. Esterilizar con alcohol al 90 % cada punto de toma de muestra.
2. Flamear el área.
3. Abrir las válvulas de toma de muestra y dejar correr agua de los puntos aproximadamente 3 minutos.
4. Recolectar la muestra de agua en frascos estériles.
5. Sellar los frascos inmediatamente y etiquetarlos.
6. Cerrar todas las válvulas de toma de muestra.

b. Análisis microbiológico

1. Desinfectar el área de trabajo con alcohol al 95 %.
2. Instalar el sistema de filtración al vacío con un Erlenmeyer y una bomba por medio de una manguera que conectará a ambos y el embudo.
3. Tomar 2 cajas Petri por cada muestra a analizar.
4. Hidratar las cajas Petri donde se va a sembrar para analizar coliforme total y recuento total.
5. Encender el mechero.
6. Esterilizar el embudo y asentar en la boca del Erlenmeyer.

7. Esterilizar la boca del vaso y colocarlo en la parte de arriba del embudo.
8. Por medio de un sujetador fijar las dos partes del vaso y embudo.
9. Agregar suficiente alcohol al 95% al vaso para esterilizar las paredes.
10. Encender la bomba.
11. Filtrar el alcohol.
12. Apagar la bomba.
13. Tomar la primera muestra y agregar 20 ml de agua al vaso.
14. Encender la bomba y tapar la muestra 1.
15. Filtrar para limpiar el sistema con la muestra a utilizar Apagar la bomba.
16. Quitar el sujetador y el vaso.
17. Esterilizar la pinza en el mechero.
18. Con la pinza esterilizada tomar una membrana filtradora y colocarla en el embudo para filtrar.

Nota: evitar el contacto con las manos u objetos que puedan contaminar la membrana.

19. Apagar la bomba.
20. Agregar 100 mL de la muestra 1 al vaso.
21. Encender la bomba.
22. Filtrar los 100 Ml.
23. Apagar la bomba.
24. Quitar la parte superior del vaso.
25. Esterilizar la pinza.
26. Sacar la membrana y colocarla en la caja Petri de coliforme total y taparla.
27. Repetir pasos del 6 al 25.

28. Sacar la membrana y colocarla en la caja Petri de recuento total y taparla.
29. Dejar las cajas petri en una incubadora a 37°C por un tiempo de 24 horas.
30. Limpiar el área de trabajo.
31. Esterilizar los frascos y guardarlos en una refrigeradora cubriéndolos de papel.
32. Al transcurrir 22 horas mínimo ya se pueden leer y observar la cantidad de colonias que hay en cada caso de coliforme total y recuento total.

Nota: si se utilizó medio EDTA, las colonias moradas indican coliforme total y las colonias beige indican recuento total al utilizar TTC.

- **Equipo de seguridad**

  - Guantes estériles
  - Mascarilla
  - Bata
  - Redecilla
  - Botas industriales
  - Ropa adecuada
  - Lentes

4.5. Frecuencia de saneamiento para suavizadores, tuberías, filtros de carbón y tanques

Tabla XXIV. **Frecuencia de saneamiento sugerida para suavizadores**

C	PROCESO	FRECUENCIA SUGERIDA
1	Sanitización de tanque de preparación de salmuera Mata 004	1/vez a la semana
2	Sanitización de tanques de alimentación de salmuera Mata 010 al Mata 012	1 vez a la semana
3	Sanitización de suavizadores Masu 001 al Masu 002	2 veces a la semana
4	Sanitización de suavizadores Masu 003 al Masu 004	2 veces a la semana
5	Sanitización de suavizadores Masu 005 al Masu 006	2 veces a la semana
6	Regeneración de resinas en los suavizadores	Cada 3 días

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXV. **Frecuencia sugerida de saneamiento para filtros de carbón**

No.	PROCESO	FRECUENCIA SUGERIDA
1	Sanitización de filtros de graba MAFI 001, MAFI 002, MAFI 003	2 veces al año
2	Sanitización de filtros de carbón MAFI 004 y MAFI 005 (metal)	2 veces a la semana
3	Sanitización de filtros de carbón MAFI 006 y MAFI 007 (vidrio)	1 vez a la semana
4	Sanitización de filtro de carbón MAFI 008	2 veces a la semana
5	Retrolavados a los filtros de carbón	Cada días

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXVI. **Puntos críticos de control**

Equipo	Punto crítico	Solución
Suavizadores	• Frecuencia de saneamiento. • Etapa de regeneración. • Tuberías de trasiego de salmuera. • Tuberías que conducen el agua para distribución. • Concentración de ácido en el saneamiento. • El agua permanece estática varios días.	• Programar saneamientos y monitorear para que se cumpla con lo estipulado. Se aconseja lunes y jueves. • Aplicarle ácido peracético a los suavizadores después de regenerarlos con salmuera. • Programar saneamiento de tuberías con una frecuencia mínima. Se propone los días jueves y viernes para sanear

		tuberías. • Análisis químicos para controlar contaminación y dureza. • Diseñar un sistema que permita al agua mantenerse en recirculación.
Filtros de carbón de fibra de vidrio	• Frecuencia de saneamiento. • Tuberías entre filtros de carbón y suavizadores. • Frecuencia de retro lavados. • Carbón activado. • El agua permanece. estática varios días	• Programar saneamientos y controlar que se cumpla con lo establecido. • Definir el periodo adecuado para realizar retro lavados y procurar que se cumpla. • Los retro lavados seguidos ayudan a desaparecer la sobresaturación de Cl^-, ayudando a que el carbón sea más eficiente. • Diseñar un sistema que permita al agua mantenerse en recirculación.
Filtros de Carbón de metal	• Frecuencia de saneamiento • Tuberías entre filtros de carbón y suavizadores • Frecuencia de retrolavados • Carbón activado • El agua permanece estática	• Programar saneamientos y controlar que se cumpla con lo establecido. • Definir el periodo adecuado para realizar retrolavados y procurar que se

	varios días	cumpla. • Los retrolavados seguidos ayudan a desaparecer la sobresaturación de Cl^- , ayudando a que el carbón sea más eficiente. • Diseñar un sistema que permita al agua mantenerse en recirculación.
MATA001	• El agua aparece sin cloro. • El saneamiento se realiza cuando hay un paro largo.	• Diseñar un sistema que permita una recirculación para mezclar el agua y el cloro, evitando una separación de fases.
MATA002	• El agua está contaminada. • Generación de contaminación. • Frecuencia de saneamiento.	• Sanear las tuberías de trasiego. • Eliminar contaminación en los suavizadores. • Implementar un sistema que recircule el agua, alimentando así con oxígeno. • Sanear el tanque con más frecuencia.
Tuberías de trasiego de Salmuera	• Tuberías contaminadas por acumulación de residuos. • Frecuencia de saneamiento	• Reducir el intervalo de frecuencia de saneamiento.
Tubería trasiego de	• Tuberías contaminadas por acumulación de residuos.	• Aumentar el saneamiento constante de las tuberías,

agua	• Frecuencia de saneamiento.	aproximadamente una o dos veces a la semana. • Las tuberías deben tener una inclinación para evitar residuos de agua. • Cambiar todas las tuberías a acero inoxidable.
Tuberías entre suavizadores y filtros de carbón	• La tubería presenta contaminación.	• Sanear las tuberías frecuentemente. • Sanear primero los filtros de carbón, tuberías y suavizadores, sin dejar pasar mucho tiempo.
Salmuera	• La salmuera está contaminada. • La salmuera pasa más de un día en reposo después de prepararla.	• Utilizar sal no contaminada. • No dejar en reposo la salmuera, preparando la salmuera el mismo día y utilizarla en menos de 12 horas.
MATA004	• Contaminación. • Residuos de sal. • Frecuencia de saneamiento.	• Utilizar sal no contaminada. • Sanear con más frecuencia.
MATA010	• Contaminación en el tanque. • Residuos de sal • Frecuencia de saneamiento.	• Sanear con más frecuencia el tanque y las tuberías de trasiego.
MATA014	• Contaminación en el tanque.	• Sanear con más

	• Residuos de sal. • Frecuencia de saneamiento.	frecuencia el tanque y las tuberías de trasiego.
Laboratorio	• Toma de muestra. • Esterilización de frascos. • Análisis. microbiológico poco frecuente. • No realizan análisis microbiológico para validar. procedimiento de saneamiento en los equipos inmediatamente después de sanitizar.	• Cambiar y actualizar los instructivos de análisis microbiológico en la toma de muestra. • Alternativa de procedimiento para esterilizar frascos que se usarán en el análisis microbiológico. • Realizar análisis microbiológico para validar procedimiento de saneamiento • Realizar frecuentemente análisis microbiológico para llevar un control del agua en el proceso de tratamiento de agua.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

El análisis microbiológico se encuentra en un rango de recuento total con máximo de 200 UFC y 0 UFC para coliforme total. (UFC: unidad formadora de colonias).

4.6. Validar procedimiento alterno de saneamiento en filtros de carbón y suavizadores

Tabla XXVII. **Análisis microbiológico después de la primera prueba alterna sugerida de saneamiento**

Equipo	Recuento total	Coliformes totales	Conclusión
MAFI07	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MAFI06	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MASU03	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MASU04	Aceptado	Aceptado	Aceptado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXVIII. **Análisis Microbiológico cinco días después del saneamiento por el método sugerido**

Equipo	Recuento Total	Coliformes Totales	Conclusión
MAFI07	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MAFI06	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MASU03	Aceptado	Rechazado	Rechazado
MASU04	Rechazado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXIX. **Análisis Microbiológico, ocho días después del saneamiento por el método sugerido**

Equipo	Recuento Total	Coliformes Totales	Conclusión
MAFI06	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MAFI07	Aceptado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXX. **Secuencia de comportamiento de la sanitización del 14 de mayo**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Conclusión
Masu03	Rechazado	Rechazado	Rechazado
Masu04	N/a	N/a	N/a
Mafi06	Aceptado	Rechazado	Aceptado
Mafi07	Aceptado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.7. Validez del ácido vortex para sanear suavizadores

Tabla XXXI. **Análisis microbiológico de los equipos que fueron sanitizados con nuevo ácido, vortex**

Equipo	Recuento total	Coliformes totales	Conclusión
MASU03	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MASU04	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MASU06	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MAFI06	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MAFI07	Rechazado	Rechazado	rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXXII. **Con la salvedad de que un día antes se regeneró con salmuera**

Equipo	Recuento Total	Coliforme Totales	Conclusión
MASU06	Aceptado	Rechazado	Rechazado.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXXIII. **Análisis microbiológico de los equipos después del saneamiento realizado el sábado 4 de julio con el nuevo ácido vortex**

Equipo	Recuento total	Coliforme totales	Conclusión
MASU03	Rechazado	Aceptado	Rechazado
MASU04	Aceptado	Rechazado	Rechazado
MASU05	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MASU06	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MAFI06	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MAFI07	Aceptado	Aceptado	Aceptado
MAFI08	Aceptado	Aceptado	Aceptado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXXIV. **Equipos sanitizados con el nuevo ácido vortex. La muestra se tomó el viernes 10 de julio**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Fecha de saneamiento
MATA04	Aceptado	Rechazado	Jueves 9 de julio
MATA10	Aceptado	Aceptado	Jueves 9 de julio
MATA14	Aceptado	Aceptado	Jueves 9 de julio
MASU03	Rechazado	Rechazado	Jueves 9 de julio
MAFI06	Aceptado	Rechazado	Lunes 6 de julio
MAFI07	Aceptado	Aceptado	Lunes 7 de julio

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.8. Validez de un nuevo ácido cerfact pa para sanear suavizadores

Tabla XXXV. **Análisis microbiológico del MASU007 antes y después de utilizar el nuevo ácido "CERFACT PA" para sanear el equipo. El saneamiento se realizó el sábado 11 de julio y la microbiología se realizó ese mismo día**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo	Conclusión
MASU07	Rechazado	Rechazado	Antes de sanear	Rechazado
MASU07	Aceptado	Aceptado	Después de sanear	Aceptado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXXVI. **Análisis microbiológico del MASU007 después de sanearlo, cinco días después de sanear con el ácido CERFACT PA**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo	Conclusión
MASU007	Rechazado	Rechazado	16 de julio	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.9. Análisis microbiológico de la salmuera para determinar si contamina o no los suavizadores

Tabla XXXVII. **Análisis microbiológico de la salmuera, se preparó el 1 de julio y se analizó el viernes 3 de julio**

Muestra	Recuento total	Coliforme total	Conclusión
Salmuera	Rechazado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXXVIII. **Análisis microbiológico de la salmuera, se preparó el martes 14 de julio y se analizó el 16 de julio**

Muestra	Recuento total	Coliforme total	Conclusión
Salmuera	Rechazado	Rechazado	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XXXIX. **Análisis microbiológico para determinar el comportamiento de la salmuera con el método alternativo y comparado con el método actual**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Método	Conclusión	Tiempo
Salmuera	Rechazado	Rechazado	Actual	Rechazado	Se preparó el 14 de julio y se analizó el 16 de julio.
Salmuera	Aceptado	Aceptado	Alternativo / sugerido	Aceptado	Se preparó el martes 21 de julio y se analizó el 23 de julio.
Salmuera	Aceptado	Aceptado	Alternativo / sugerido	Aceptado	Se preparó el martes 4 de agosto y se analizó el 6 de agosto.
Salmuera	Aceptado	Aceptado	Alternativo / sugerido	Aceptado	Se preparó el lunes 24 de agosto y se analizó el 26 de agosto.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.10. Análisis microbiológico para determinar en qué momento empieza la contaminación en los suavizadores

Tabla XL. **Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores al dejar el agua estancada después de sanear con ácido vortex**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo transcurrido	Conclusión
Agua de suavizador	Aceptado	Aceptado	0 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Aceptado	Aceptado	24 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Rechazado	Aceptado	48 horas	Rechazado
Agua de suavizador	Rechazado	Rechazado	72 horas	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XLI. **Prueba para determinar en qué instante empieza la contaminación en los suavizadores después de sanearlos con el ácido peracético (oxonia)**

Equipo	Recuento total	Coliforme total	Tiempo transcurrido	Conclusión
Agua de suavizador	Aceptado	Aceptado	0 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Aceptado	Aceptado	24 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Rechazado	Aceptado	48 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Rechazado	Rechazado	72 horas	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.11. Análisis fisicoquímico para determinar en qué momento empieza la dureza en el agua de los suavizadores

Tabla XLII. **Prueba para determinar en qué instante empieza la dureza en los suavizadores después de regenerarlos**

Equipo	Dureza	Tiempo transcurrido	Conclusión
Agua de suavizador	Aceptado	0 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Aceptado	24 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Aceptado	48 horas	Aceptado
Agua de suavizador	Aceptado	72 horas	Aceptado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.12. Prueba para determinar el mejor método de esterilización de frascos utilizados para análisis microbiológico y forma de esterilizar tomas de muestra

Tabla XLIII. **Análisis de muestras duplicadas para evaluar frascos esterilizados con diferente método**

Equipo	Método	Recuento total	Coliforme total	Conclusión
MASU03	Tradicional	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MAFI06	Tradicional	Aceptado	Rechazado	Rechazado
MASU03	Alternativo	Rechazado	Rechazado	Rechazado
MAFI06	Alternativo	Aceptado	Aceptado	Aceptado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XLIV. **Validación de la prueba de recolección de muestra para análisis microbiológico**

Equipo	Recuento Total	Coliforme Total	Método	Conclusión
Mafi006	Aceptado	Rechazado	Actual	Rechazado
Mafi006	Aceptado	Aceptado	Propuesto	Aceptado
Masu002	Rechazado	Rechazado	Actual	Rechazado
Masu002	Aceptado	Rechazado	Propuesto	Rechazado

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

4.13. Código de las válvulas en el área de tratamiento de agua para filtros de carbón y suavizadores del área de fabricación y envasado

Tabla XLV. **Código de válvulas para MASU01, MASU02, MASU03, MASU04, MASU05, MASU06 MASU07, MAFI04, MAFI05, MAFI06 y MAFI07**

VÁLVULA	ETIQUETA/CÓDIGO
Entrada de agua	A
Salida de agua	B
Válvula de 3 vías o pasos	C
Válvula de drenaje	D
Válvula de venteo	E
Válvula toma de muestra	F
Válvula de vapor	G
Entrada de ácido	I
Salida de ácido	M
Salida alterna de agua en filtros de carbón (conectar manguera)	N
Presión	P
Válvula de entrada de salmuera a los suavizadores	S
Descarga de agua de la bomba	L
Bypass	Q
Succión de agua de la bomba	R
Válvula de condensado	K

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XLVI. **Código de válvulas para el equipo de ósmosis**

Válvula	**Etiqueta/código**
Tubería principal de agua suave	1
Válvula de paso	2
Válvula de entrada de bomba CIP	3
Válvula de salida de agua permeada	4
Válvula de salida de la bomba CIP y agua concentrada	5
Válvula de salida de agua concentrada al Mata 013	6
Válvula de salida para el drenaje del agua concentrada	7
Válvula de salida permeada para regresar al CIP	8
Válvula reguladora de flujo de agua a la entrada de Housing 1	9
Válvula de salida del Mata 013 al drenaje	10
Válvula de purga	11
Válvula de paso de agua permeada	12
Válvula de paso de agua concentrada	13
Válvula de entrada de cloro	14

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XLVII. **Código de válvulas para el MAFI 08**

Válvula	**Código/etiqueta**
Entrada de agua	A
Salida de agua	B
Venteo	C
Válvula de paso	D
Salida de agua opcional	E
Válvula de paso	F
Vapor	G
Descarga de agua	R
Toma de muestra	T

Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XLVIII. **Análisis microbiológico mensual de los filtros de carbón antes de realizar algunos cambios**

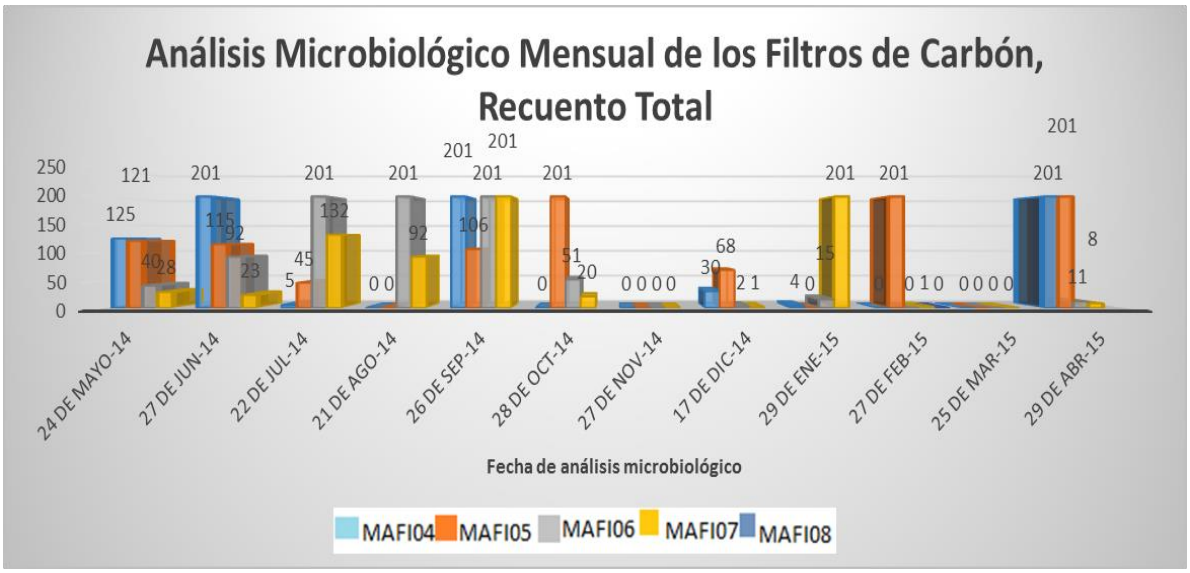
Fecha	Problema	MAFI 04	MAFI 05	MAFI 06	MAFI 07	MAFI 08
24 de may-14	Recuento total	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	Aceptado	N.A.
27 de jun-14	Recuento total	**Rechazado**	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.
22 de jul-14	Recuento total	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.
21 de ago-14	Recuento total	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.
26 de sep-14	Recuento total	**Rechazado**	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.
28 de oct-14	Recuento total	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.
27 de nov-14	Recuento total	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
17 de dic-14	Recuento total	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	N.A.
29 de ene-15	Recuento Total	Aceptado	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	N.A.
	Coliformes T.	**Rechazado**	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	N.A.
27 de feb-15	Recuento total	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	Aceptado	Aceptado
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado

Continuación Tabla XLVIII

25 de mar-15	Recuento total	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.
29 de abr-15	Recuento total	**Rechazado**	**Rechazado**	Aceptado	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	N.A.

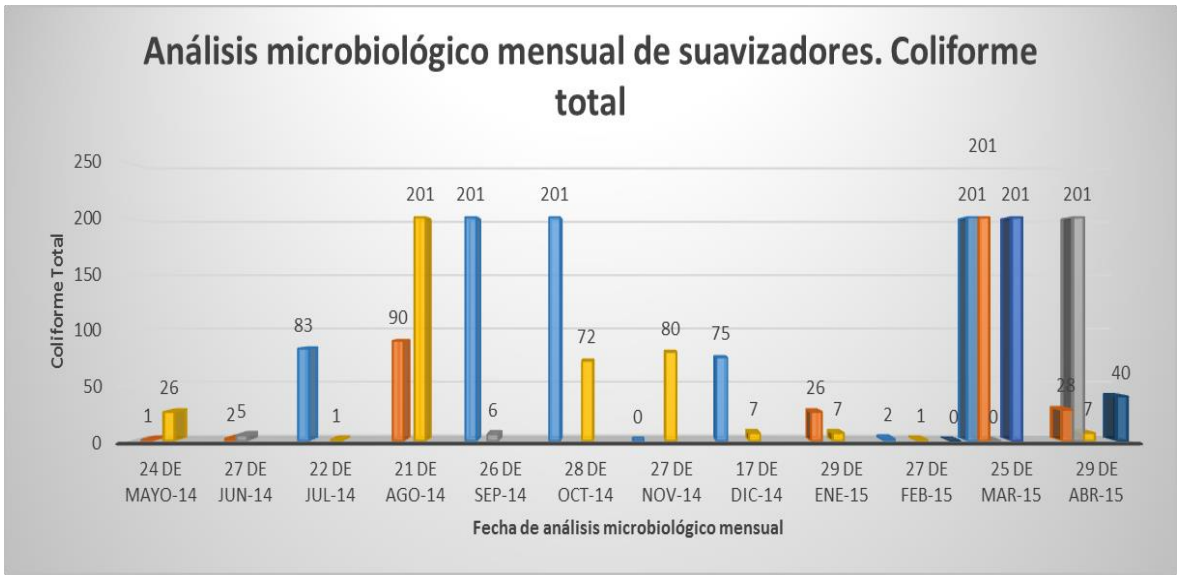
Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Figura 7. **Análisis microbiológico de recuento total antes de realizar algunos cambios en filtros de carbón**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Figura 8. **Análisis microbiológico de coliforme total antes de realizar algunos cambios en visualizadores**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla XLIX. **Análisis microbiológico mensual de los filtros de carbón después de realizar algunos cambios**

FECHA	Problema	Mafi04	Mafi05	Mafi06	Mafi07	Mafi08
26 de sep-15	Recuento total	N.A.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
	Coliformes T.	N.A.	Aceptado	Aceptado	**Rechazado**	**Rechazado**
23 de oct-15	Recuento total	N.A.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
	Coliformes T.	N.A.	**Rechazado**	**Rechazado**	**Rechazado**	Aceptado
21 de nov-15	Recuento total	N.A.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
	Coliformes T.	N.A.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado

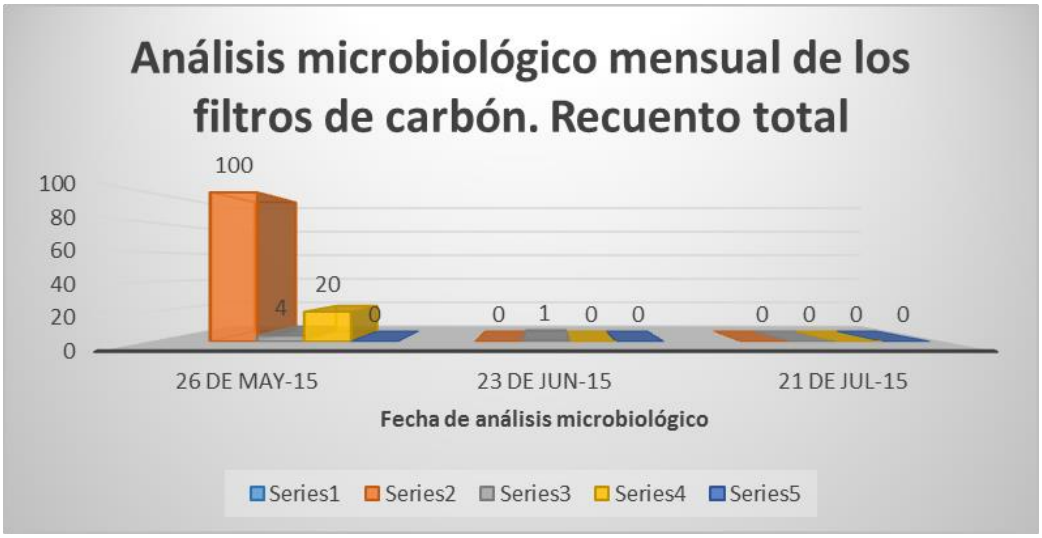
Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Tabla L. **Análisis microbiológico mensual de los suavizadores después de realizar algunos cambios**

FECHA	Problema	Masu04	Masu03	Masu01	Masu02	Masu07	Masu05	Masu06
26 de sept-15	Recuento total	N.A.	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.	**Rechazado**	N.A.	N.A.
	Coliformes T.	N.A.	**Rechazado**	Aceptado	N.A.	Aceptado	N.A.	N.A.
23 de oct-15	Recuento total	**Rechazado**	**Rechazado**	Aceptado	N.A.	**Rechazado**	N.A.	Aceptado
	Coliformes T.	**Rechazado**	**Rechazado**	Aceptado	N.A.	**Rechazado**	N.A.	**Rechazado**
21 de nov-15	Recuento total	Aceptado	**Rechazado**	Aceptado	N.A.	**Rechazado**	Aceptado	N.A.
	Coliformes T.	**Rechazado**	**Rechazado**	**Rechazado**	N.A.	**Rechazado**	Aceptado	N.A.

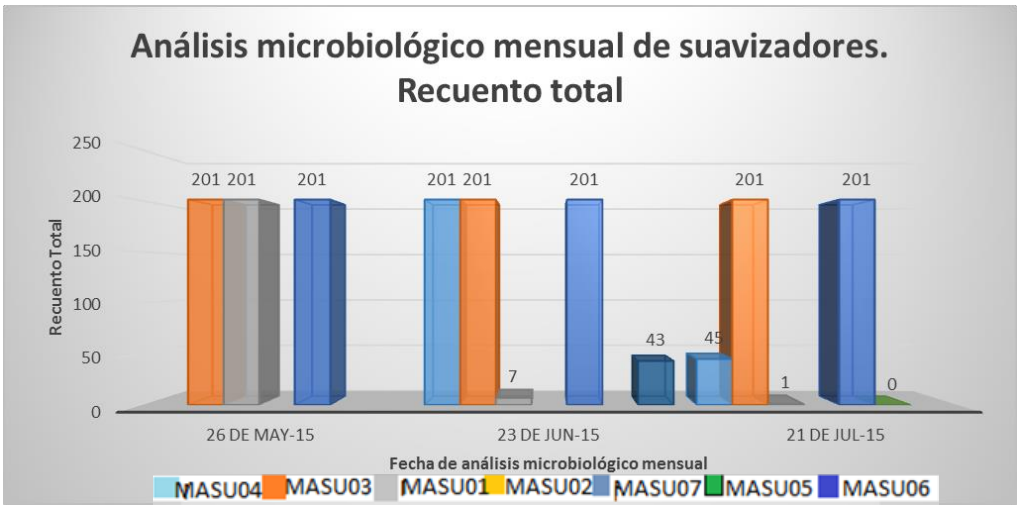
Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Figura 9. **Análisis microbiológico de recuento total después de realizar algunos cambios en filtros de carbón**



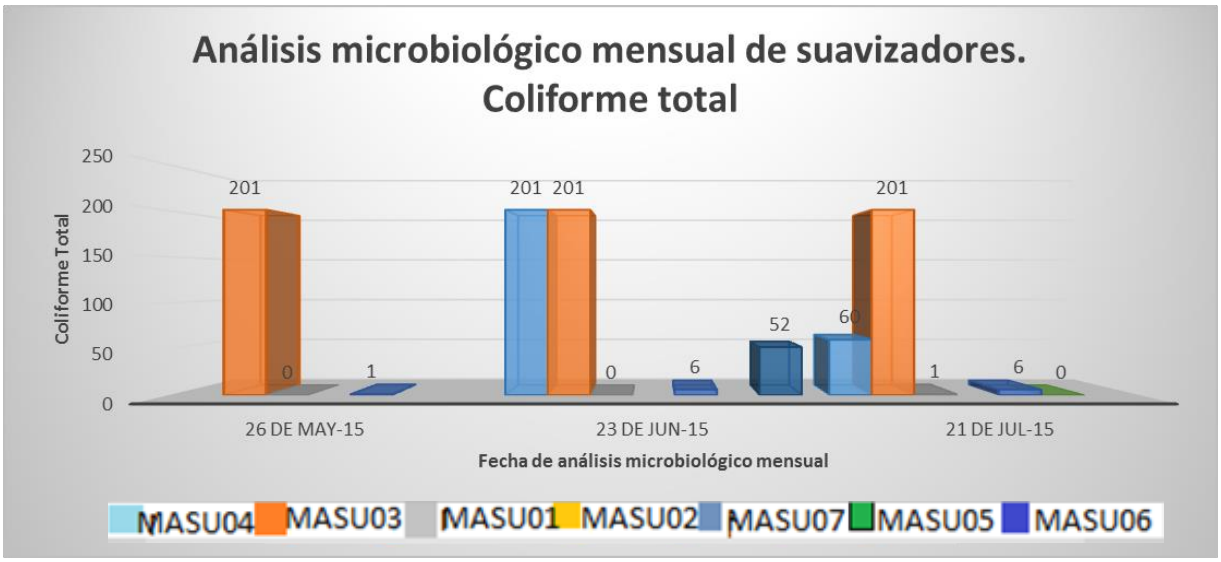
Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Figura 10. **Análisis microbiológico de recuento total después de realizar algunos cambios en suavizadores**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora.

Figura 11. **Análisis microbiológico de coliforme total después de realizar algunos cambios en suavizadores**



Fuente: Laboratorio de Calidad, Industria Envasadora

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El proceso de tratamiento de agua en la empresa envasadora cuenta con cinco filtros de carbón, siete suavizadores, dos tanques donde reposa el agua, equipo de ósmosis inversa y tres filtros de graba de arena. El agua sale directamente del pozo y pasa por cada uno de los equipos ya mencionados.

El problema principal es que existe contaminación a nivel microbiológico, cosa que en el pasado no se presentaba y los análisis microbiológicos que siempre han sido mensual es permanecían en los parámetros establecidos; sin embargo, hasta hace aproximadamente dos años el problema empieza a atacar y no se ha determinado la razón por la que permanece el agua con recuento total y coliformes totales.

El estudio básicamente inicia con un análisis microbiológico de todo el proceso de tratamiento de agua; y con base en la norma HACCP para determinar puntos críticos de control se puede señalizar que los puntos más grabes a controlar son los filtros de carbón y suavizadores de resina catiónica.

Los filtros de carbón están hechos de dos materiales: fibra de vidrio y metal. La forma de sanear estos equipos depende del material que está expuesto, ya que los de fibra de vidrio no soportan altas temperaturas y no es posible sanitizarlos con vapor por lo que se ha trabajado con soda cáustica y ácido clorhídrico para cumplir con su función y neutralizar después de sanitizar.

Los filtros de carbón de metal son sanitizados con vapor hasta llegar a una presión aproximadamente de 70 psi. Al inyectar vapor y cumplir con el parámetro establecido de presión se deja presurizado a modo que el vapor cumpla su función y sanitice las partículas de carbón.

Sin embargo, hay que recordar que el carbón entre sus principales objetivos buscan eliminar el color, olor, sabor y cloro, pero a la hora de realizar retrolavados que sirven para eliminar la sobresaturación en las partículas de carbón se hace con agua dura que a la vez contiene cloro; así que esto solo sobresatura las partículas de carbón, disminuyendo constantemente la función de las partículas.

Los suavizadores están hechos de igual manera de fibra de vidrio y de metal, pero la forma de sanitizar los equipos es la misma por lo delicado que son las resinas de intercambio iónico. Se sanitizan principalmente con ácido acético, componente principal del ácido que utilizan para la función siendo este el ácido peracético. Al finalizar la recirculación del ácido peracético se aplican retrolavados para neutralizar el pH del agua y normalizar la conductividad eléctrica según norma COGUANOR 29001.

Los puntos críticos principales a atacar que fueron determinados por medio de análisis microbiológico han sido en los filtros de carbón y suavizadores. Se determinó que la frecuencia de saneamiento para ambos no es la correcta, ya que según estudios realizados y validados por medio de análisis microbiológico se establece el tiempo en el que la contaminación empieza a generar en los equipos. Para los suavizadores se determina que es entre tres a cuatro días en el que la contaminación inicia. En los filtros de carbón se concluye que es aproximadamente en cinco días donde inicia la contaminación. Con estos resultados se pude determinar que los saneamientos deben ser dos veces a la semana para los suavizadores y para filtros de carbón. Además de procurar cambiar filtros de carbón de fibra de vidrio por los de metal y con esto la frecuencia de saneamiento puede ser más constante.

Se hizo un estudio de monitoreo y control para determinar el procedimiento adecuado, instructivos de saneamiento para los diferentes equipos y al evaluar se proponen cambios de mejora para sanear filtros de carbón y suavizadores, se basó por medio de las POES que son específicas para procedimientos de sanitización.

Un punto crítico que se evalúo en los suavizadores fue la salmuera, el procedimiento de preparación se determina que no es la adecuada, ya que el cocimiento no se lleva en el tiempo adecuado para permitir que la temperatura elimine los microorganismos que la sal contiene desde el inicio; por lo que se sugiere mejorar el procedimiento al sugerir dejar la salmuera en ebullición cuando llegue a la temperatura de 105°C durante aproximadamente 15 minutos. Se corta la inyección de vapor y se utiliza la salmuera un día después mientras la temperatura disminuye hasta poderla utilizar.

Un punto muy importante que debe mejorar y no se ha hecho es sanitizar las tuberías como mínimo una vez a la semana, ya que el agua al permanecer estancada genera bacterias que pueden contaminar el agua en los equipos del proceso de tratamiento de agua. Lo ideal es hacerlo cada dos o tres días y es lo que se propone para un mejor resultado en análisis microbiológico.

El procedimiento de análisis microbiológico es otra razón que se toma como punto crítico, la forma de tomar la muestra de agua en los puntos de toma de muestra no es esterilizada de la mejor forma; se recomienda flamear después de desinfectar con cloro para que la llama pueda esterilizar por completo la bujilla y que no contamine la muestra.

El problema de contaminación puede perdurar si no se establece un programa para controlar los puntos críticos más importantes, debe establecerse

un tiempo y día programado para sanitizar o realizar cambios de mejora que puedan ayudar a eliminar esta contaminación. Si no se logra controlar básicamente es por falta de coordinación entre áreas ya que el día que se asigne para sanitizar los equipos o tuberías debe cumplirse para no retrasarlos y perder la frecuencia establecida; lo ideal es que ninguna área se vea afectada por los cambios establecidos, por lo que se sugiere realizar sanitización de los equipos y tuberías a una hora donde no se interfiera con el suministro de agua.

Procurar realizar análisis microbiológicos para monitorear el proceso de tratamiento de agua por lo menos una vez a la semana ya que ocurren cambios durante el mes y no son programados para controlar el tratamiento de agua.

La contaminación puede controlarse si atacan los puntos que se han determinado para mejorar. Realmente los problemas vistos en el proceso desde el inicio son por falta de atención al problema; si se procura llevar un estricto control en todo el proceso, la contaminación puede controlarse, pero es necesario que las áreas de laboratorio, fabricación y suministros industriales puedan programar fechas establecidas para generar los procedimientos.

Los procedimientos se han mejorado y de acuerdo a las propuestas establecidas y validadas por medio de análisis microbiológico se determinan a partir de pruebas que establecen la mejor opción. Se probaron con distintos ácidos que puedieran sanitizar los suavizadores y se concluye que el ácido peracético es mejor opción que el ácido vortex porque este genera demasiada espuma con la posibilidad de dejar residuos en el agua y se debe utilizar bastante agua para retro lavar; incluso el Cerfact Pa puede ser una opción sin embargo, aún queda el estudio de ver la reacción de sanitizar con ácido clorhídrico y soda cáustica para luego sanitizar con oxonia.

Otra opción sugerida es regenerar el suavizador utilizando la preparación sugerida de mejora y luego sanitizar el suavizador, esto se recomienda hacerlo aproximadamente tres veces a la semana para aprovechar el momento de regenerar las resinas y sanitizarlas al mismo tiempo.

Es muy importante reiterar el hecho de que si no se cumple con un programa establecido y coordinado entre áreas el problema puede seguir si no se controla, si no hay un estricto y minucioso control pueden no funcionar los métodos establecidos y validados.

El producto final afortunado no muestra resultados de contaminación microbiológica ya que por el alto contenido de alcohol esto elimina por completo cualquier bacteria u otro que pueda contaminar.

Es importante realizar análisis fisicoquímicos ya que esto puede controlar que el saneamiento o regeneración sean correctos, pH para suavizadores y filtros de carbón verifican que no hay residuos de ácido después de sanitizar. Conductividad eléctrica va de la mano con la dureza de agua en los suavizadores, sin embargo, esto depende de la descarga del agua que tenga cada suavizador. Se recomienda programar la cantidad de litros de agua descargados ya que al regenerar y luego sanitizar disminuye los litros de agua que el suavizador puede descargar antes de iniciar la dureza en el agua.

En conclusión, cada hipótesis fue validada por medio de análisis microbiológico y esto comprueba que, si es posible controlar la contaminación, pero es necesario que cada encargado de área esté dispuesto a ceder para que todas las áreas puedan trabajar. Si se establece que cierto día se hará una sanitización procurar cumplirla, sin dejar pasar más tiempo. No solo cumple para los equipos, sino también para las tuberías.

Procurar instalar filtros UV en la salida de los suavizadores o filtros de carbón, de preferencia en suavizadores para disminuir la contaminación. La salmuera se debe prepara un día antes como ya se mencionó, por supuesto que esto debe seguir para disminuir costos y evitar en lo posible que permanezca estancada.

En filtros de carbón, continuar con la sanitización de vapor, así que se decidió cambiar los filtros de fibra de vidrio por los de metal para sanitizar con vapor, siendo esta la mejor opción para esterilizar las partículas de carbón.

En los MASU005 y MASU006 debe instalarse tomos de muestras directas y no seguir con la misma que también es la entrada de ósmosis y salida del MAFI008.

Cada área determina su punto crítico y debe controlarlo, invertir un poco más de tiempo para cumplirlo y lo más importante no descuidar cada etapa.

La gráfica representada en resultados demuestra el comportamiento de la contaminación microbiológica que se había trabajado desde abril del 2014, y esto se compara con los últimos resultados del año 2015, sin embargo, parte de las gráficas tituladas “antes de realizar cambios”, los últimos meses en la gráfica ya se había estado trabajando con algunos cambios para mejorar, pero en las gráficas tituladas “después de realizar cambios” ya fueron procedimientos mejorados. Esto es para gráficas No. 7, 8, 9, 10, 11 en el área de resultados.

El análisis microbiológico se encuentra en un rango de recuento total con máximo de 200 UFC y 0 UFC para coliforme total. (UFC: unidad formadora de colonias)

CONCLUSIONES

1. Se plantean propuestas de mejora en procesos de operación del tratamiento de agua para retro lavados en filtros de carbón y regeneración en suavizadores. Se comparan procedimientos reales y propuestos para atacar puntos críticos en cada equipo y mejorarlos.

2. Se plantea propuesta de mejora en método para el proceso de saneamiento en los filtros de carbón, suavizadores y equipo de ósmosis. Se comparan procedimientos reales y se trató de atacar puntos críticos en cada equipo para mejorarlos.

3. La frecuencia adecuada de saneamiento se ha reducido en comparación de la establecida anteriormente, se hizo por medio de análisis microbiológico y fisicoquímico para determinar el punto real de contaminación o generación de dureza en el agua.

4. Se realizó un análisis microbiológico para determinar puntos críticos y se demuestra que la contaminación se origina principalmente en filtros de carbón y suavizadores; y el análisis fisicoquímico para controlar el tiempo de dureza que depende de la descarga de agua en litros de cada suavizador.

5. Se establece la mejor opción entre los ácidos y se determina que el ácido per acético (oxonia) es factible en cuestión de presupuesto ya que en costo es menor que el ácido vortex y se utiliza menos agua para realizar retro lavados después de cada sanitización.

6. Al monitorear el proceso de regeneración se establece que la adecuada frecuencia es cada tres días y los retro lavados diarios.

7. Al atacar directamente los puntos débiles en el proceso de tratamiento de agua se establece que se puede controlar la contaminación en el proceso de purificación del agua.

8. Se implementa la POES para estandarizar y mejorar procesos de sanitización en filtros de carbón y suavizadores.

9. El ácido vortex queda descartado porque genera demasiada espuma y el pH no se logra establecer.

10. La contaminación en el agua se establece que inicia aproximadamente en cuatro días después de sanitizar los suavizadores.

11. Se pretende reactivar las partículas de carbón eliminando el exceso de Cl^- realizando retro lavados periódicos a los filtros de carbón utilizando agua sin cloro.

12. El agua de los filtros UV es la adecuada para realizar retro lavados en los filtros de carbón.

RECOMENDACIONES

1. Cambiar el material de las mangueras que se estén utilizando o periódicamente renovar las mangueras para evitar la oxidación.

2. El equipo para el batch y equipos auxiliares que tengan contacto con soluciones de sanitización para el filtro de carbón y suavizadores deberían ser exclusivos para los filtros.

3. Monitorear constantemente con análisis microbiológicos los filtros de carbón y suavizadores, por lo menos una vez a la semana.

4. Regenerar los filtros de carbón cambiando el carbón una vez al año.

5. Limpiar las paredes internas de los filtros de carbón y suavizadores por lo menos dos veces al año.

6. Evitar dejar llenos de agua los filtros de carbón y suavizadores durante más de 48 horas.

7. Sanitizar las tuberías de los filtros de carbón y suavizadores por lo menos una vez a la semana.

8. Velar porque se cumplan los instructivos al pie de la letra, capacitando a la persona encargada de su función y haciéndole ver que es necesario seguir cada paso para mejorar y evitar la contaminación.

9. Mantener rotuladas las válvulas de los equipos para diferenciarlas una de otra para que cualquier persona que pueda utilizarlas sepa distinguirlas.

10. Utilizar agua de la salida de los filtros UV para sanitizar filtros de carbón y suavizadores para eliminar la opción de sanitizarlos con agua clorada.

11. Cuando se saniticen los suavizadores debe hacerse por separado la circulación de la salmuera y el ácido.

12. Sanitizar el filtro de carbón antes de sanitizar los suavizadores.

13. Pasteurizar la salmuera en la preparación para que no contamine los suavizadores.

14. Implementar filtros UV en la salida de los suavizadores.

15. Debe llevarse el control y monitoreo del programa de saneamiento donde puedan cumplir las mejoras a realizar y que no se vean afectadas las áreas involucradas, estableciendo un plan de control.

BIBLIOGRAFÍA

1. HACCP. *Análisis de peligros y control de puntos críticos para la inocuidad de alimentos.* [en línea.] [http://consultoresdeguatemala.com/industria-alimentaria-guatemala/consultores-haccp-guatemala/sistema-haccp-analisis-de-peligros-y-puntos-criticos-de-control/] [Consulta: 15 de agosto 2015.]

2. MANCILLA OVANDO, Carlos. *Verificación de un sistema de purificación de agua para producción en una industria cosmética.* Químico biólogo. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2004. 23 p

3. MONROY GARCÍA, Elia Melina. *Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y microbiológica en agua de suministro potable para 6 aldeas y cabecera municipal en el municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla conforme a la norma Coguanor NGO 29001:99.* Maestría en Gestión de la Calidad con Especialidad en Inocuidad de Alimentos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias químicas y farmacia 2012. 34 p

4. Organización Mundial para la Salud. *Guías para la calidad del agua potable.* [en línea] [http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf] [Consulta: 15 de agosto 2015.] *105 p*

5. POES. *prácticas operativas estandarizadas sanitarias.* [en línea.] [http://www.entolux.com/page.php?id=64] [Consulta: el 15 de agosto 2015.]

6. U.S. Pharmacopeia. The Official Compendia of Standards. Enero 1, 2002. 166 p

APÉNDICES

Apéndice 1**. Cronograma**

Guía de actividades en el proceso de tratamiento de agua en una industria envasadora durante los seis meses del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

No.	Actividad	1° Mes	2° Mes	3°Mes	4°Mes	5° Mes	6°Mes
1	Observar proceso de tratamiento de agua en la industria.	X					
2	Investigar posibles causas de contaminación del agua en el proceso.	X	X				
3	Analizar el agua a nivel microbiológico y fisicoquímico en cada etapa del proceso.		X	X			
4	Monitorear y controlar el proceso de tratamiento de agua.		X	X	X	X	
5	Proponer soluciones al problema de contaminación microbiológica en el agua.			X			
6	Realizar pruebas para comprobar soluciones planteadas al problema de contaminación.			X	X	X	
7	Mejorar y actualizar procesos del tratamiento de agua.				X	X	X
8	Presentar resultados e informe sobre la investigación a la empresa.						X

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Presupuesto aproximado para análisis microbiológico**

Producto	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
ENDO	150	Q.399,84	Q.1 199,52
TTC	150	Q.300,00	Q.900,00
Cajas Petri	300	Q.450,25	Q.900,50
Papel filtro	300	Q.230,16	Q.460,32
			Q.3 459,84

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Presupuesto aproximado para saneamiento de filtros de carbón**

Producto	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
Ácido clorhídrico	5 Gal	Q.50,00	Q.250,00
Soda cáustica	5 Gal	Q.45,00	Q.225,00
			Q.475,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Presupuesto aproximado para saneamiento y regeneración de suavisadores de resina catiónica**

Producto	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
Ácido peracético (oxonia)	240 Lt.	Q.215,00	Q.13 650,00
Ácido peracético vortex	240 Lt.	Q.297,00	Q.18 857,14
Sal	13 Kg	Q.150,00	Q.970,00
			Q.33 477,14

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Costo de insumos utilizados en el laboratorio**

Producto	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
ENDO	150	Q.399,84	Q.1 199,52
TTC	150	Q.300,00	Q.900,00
Cajas Petri	300	Q.450,25	Q.900,50
Papel filtro	300	Q.230,16	Q.460,32
			Q.3 459,84

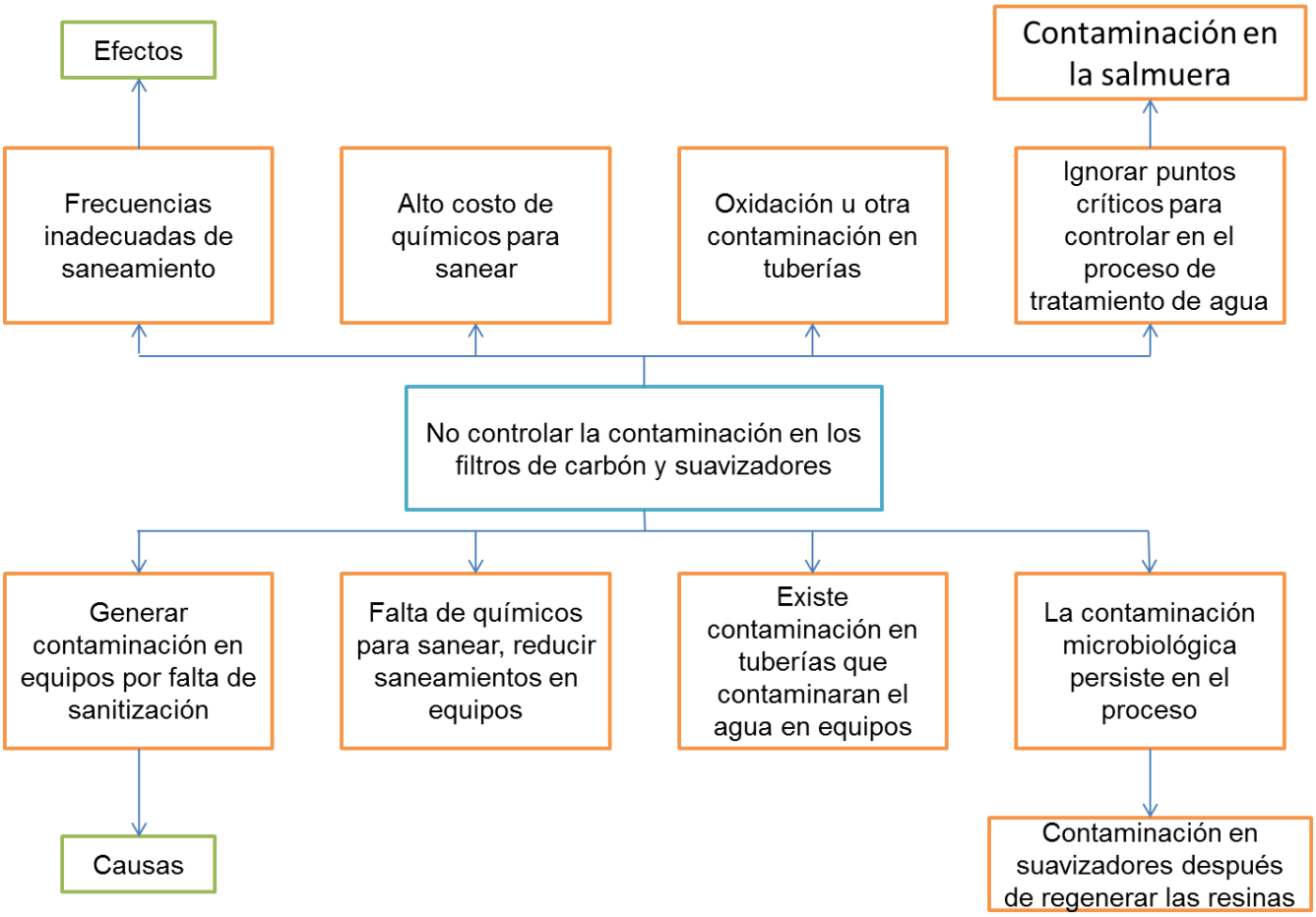
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Total del presupuesto aproximado**

Q.37 456,98

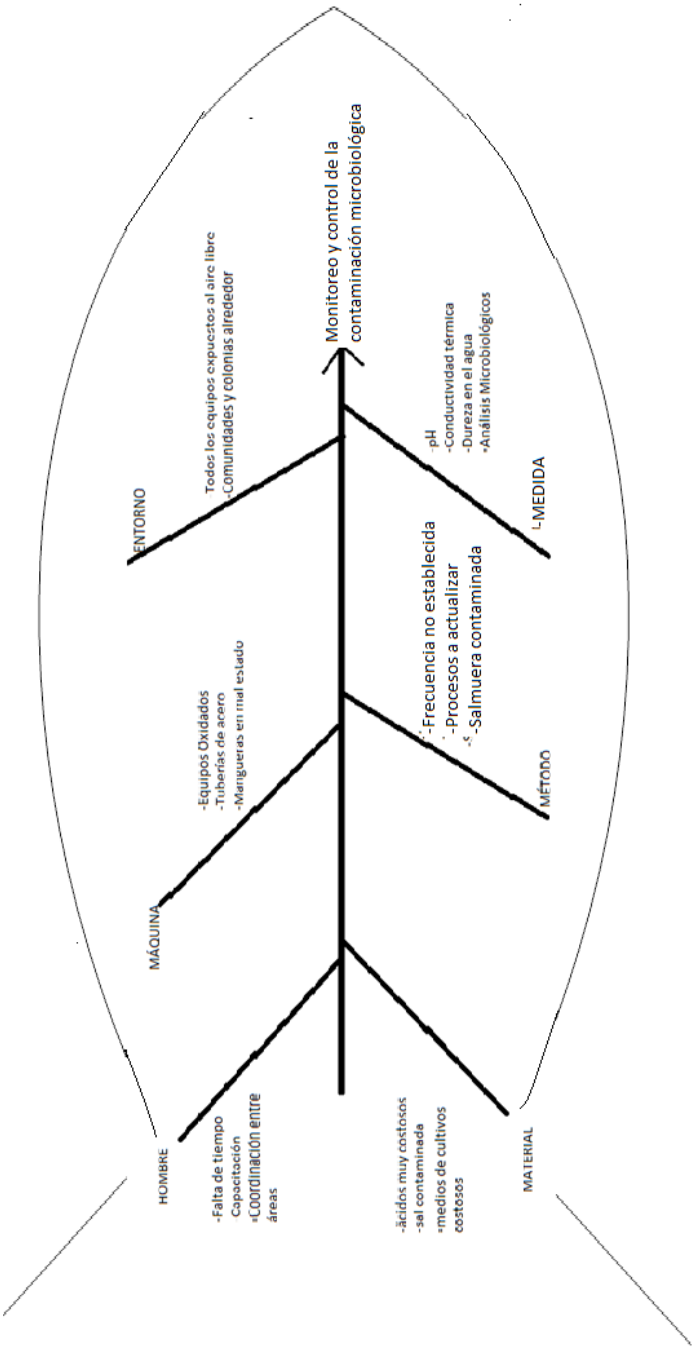
Fuente: elaboración propia

Apéndice 7. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia

Apéndice 8. **Diagrama de Ishikawa**



Fuente: elaboración propia