



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Posgrado
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento

**MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**

Ing. Julio Roberto López González

Asesorado por el Msc. Ing. Javier Fidelino García

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. JULIO ROBERTO LÓPEZ GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. JAVIER FIDELINO GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA DE TESIS

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Mtra. Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

MANTENIMIENTO ESTANDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 27 de mayo de 2022.

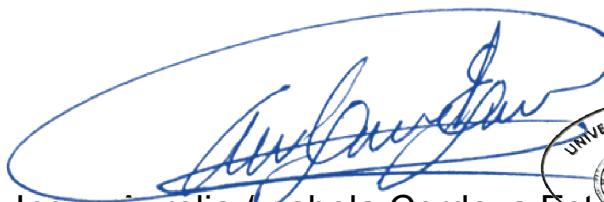
Ing. Julio Roberto López González

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.087.2023

La Decana 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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**, presentado por: **Ing. Julio Roberto López González**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
★

Decana

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, enero de 2023

LNG.EEP.OI.087.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001”

presentado por **Ing. Julio Roberto López González** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Edgar Damián Alvarez Cotí
Mtro. Ing. Edgar Damián Alvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala 27 de mayo 2022.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **Trabajo de Graduación** titulado: "**MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**" del estudiante **Julio Roberto López González** quien se identifica con número de carné **999000968** del programa de **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinadora
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 17 de mayo de 2022

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

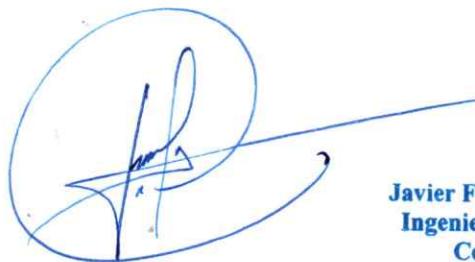
Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: "**MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE UNA PLANTA DE ALIMENTOS BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**" del estudiante **Julio Roberto López González** del programa de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento, identificado con número de carné: 999000968

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Javier Fidelino García Tetzaguec
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 14190

M.Sc. Ing. Javier Fidelino García

Colegiado No. 14190

Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido realizar una más de mis metas.
Mis padres	Por ser parte fundamental en mi vida, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
Mis hermanos	Vilma y Eduardo López, por su apoyo y compañía siempre.
Mi esposa	Por su apoyo en esta etapa de mi vida.
Mis hijos	Por ser la razón principal para alcanzar mis metas.
Familia y amigos	Por brindarme su apoyo y amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma <i>mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Fábrica de alimentos	Por haberme brindado la oportunidad para realizar este diseño de investigación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	Msc. Ing. Javier Fidelino García, por su apoyo y haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Catedrática	Dra. Aura Marina Rodríguez por su guía profesional para poder concluir el trabajo de graduación.
Familia y amigos en general	Por brindarme apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL	1
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Mantenimiento	11
2.2. Tipos de mantenimiento	12
2.2.1. Mantenimiento preventivo	12
2.2.2. Mantenimiento correctivo	13
2.2.3. Mantenimiento predictivo	13
2.2.4. Mantenimiento estándar	14
2.3. Sistema de tratamiento de agua potable	14
2.3.1. Tecnologías de tratamiento de agua	15
2.3.1.1. Tratamiento químico	16
2.3.1.2. Tratamiento biológico	17
2.3.2. Agua potable	17
2.3.2.1. Calidad del agua	18

2.3.2.1.1.	Indicadores de calidad de agua	19
2.3.3.	Agua dura	20
2.3.4.	Agua suave	20
2.3.5.	Agua contaminada	20
2.3.6.	Agua subterránea	21
2.3.7.	Componentes del sistema de tratamiento de agua potable	21
2.3.7.1.	Pozo mecánico	22
2.3.7.2.	Torre de sedimento	22
2.3.7.3.	Torre de carbón activado	23
2.3.7.4.	Torre de resina catiónica	23
2.3.7.5.	Tanque de salmuera	23
2.3.7.6.	Filtro de sedimento de 5 micras.....	23
2.3.7.7.	Lámpara UV	24
2.3.7.8.	Bomba dosificadora de cloro	24
2.3.7.9.	Válvulas de control	25
2.4.	Industria de alimentos	26
2.4.1.	Características de la industria alimentaria	28
2.5.	Coguanor NTG 29001	28
2.6.	Características físicas y organolépticas del agua	30
2.7.	Características químicas del agua	31
2.8.	Características microbiológicas del agua	33
2.9.	Límite máximo aceptable (LMA)	33
2.10.	Límite máximo permisible (LMP)	34
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	37
3.1.	Objetivo 1	42
3.2.	Objetivo 2	46

3.3.	Objetivo 3	53
3.4.	Objetivo 4	56
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	65
	REFERENCIAS	67
	APÉNDICE	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema de tratamiento de agua potable	15
2.	Bomba pulsatrón de 24 gpd	25
3.	Válvula F74A3/A1 de control automático para suavizador de agua...	26
4.	Válvula N74A3 de 3 posiciones para filtro	26
5.	Diagrama de Ishikawa	38
6.	Sistema de tratamiento de agua potable	40
7.	<i>Vicker</i> , recipiente y reactivo para medición en laboratorio	41
8.	Medidor de pH	41
9.	Medidor de color y dureza	42
10.	Filtro de cartucho de 5 µm	48
11.	Panel de control de bomba principal y sistema automático.....	48

TABLAS

I.	Fábrica de chocolates	27
II.	Ph en agua de consumo por tipo de punto de muestreo	30
III.	Características físicas y organolépticas	31
IV.	Características químicas del agua	32
V.	Toxicidad en el agua	33
VI.	Substancias no deseadas en el agua	34
VII.	Cloro al 5 % de concentración	35
VIII.	Características físicas y organolépticas	43
IX.	Características químicas del agua	44

X.	Relación de las substancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud,	45
XI.	Características microbiológicas	46
XII.	Especificaciones técnicas de pozo	47
XIII.	Medición de cloro de STAP muestreo inicial	49
XIV.	Medición del cloro de STAP segundo muestreo	49
XV.	Ánálisis de agua en salida del STAP por proveedor externo	50
XVI.	Monitoreo 1 en etapa de plan piloto	50
XVII.	Monitoreo 2 en etapa de plan piloto	51
XVIII.	Monitoreo 3 en etapa de plan piloto	52
XIX.	Beneficio obtenido de reactivar el sistema de tratamiento de agua potable de fábrica de alimentos.....	57

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Al	Aluminio
Ca	Calcio
CaCo₃	Carbonato de calcio (dureza total)
Q	Caudal
Cl	Cloro
Cu	Cobre
gpm	Galones por minuto
°C	Grados Celsius
Fe	Hierro
h	Horas
Mg	Magnesio
Mn	Manganoso
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
<i>m</i>³	Metro cúbico
µm	Micra
ppm	Partes por millón
pie³	Pie cúbico
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Si	Sílice
Zn	Zinc

GLOSARIO

Análisis	Estudio exhaustivo de las diversas partes de un elemento con el objeto de caracterizarlo y comprenderlo.
Bomba	Máquina que se usa para extraer, elevar o impulsar líquidos y gases de un lugar a otro.
Carbón activado	Forma porosa de carbón que puede fabricarse a partir de diversas materias primas carbonosas.
COGUANOR	Comisión Guatimalteca de Normas.
Injector	Dispositivo que abre, cierra y dirige el flujo de agua hacia un punto en específico.
LMA	Límite máximo aceptable.
LMP	Límite máximo permisible.
MARN	Ministerio de ambiente y recursos naturales.
NGO	Norma Guatimalteca Obligatoria.
NTG	Norma Técnica Guatimalteca.

OMS Organización mundial de la salud.

Parámetro Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

PTAP Planta de tratamiento de agua potable.

Recurso hídrico Agua.

SIRAS Sistema de información regional en agua y saneamiento.

STAP Sistema de tratamiento de agua potable.

UV Ultravioleta.

RESUMEN

En esta investigación el propósito fue describir el mantenimiento estándar del sistema de tratamiento de agua potable de una planta de alimentos basado en la norma COGUANOR NTG 29001.

El objetivo general fue la propuesta de brindar un mantenimiento estándar a un sistema de agua potable, de una fábrica de alimentos que esté en cumplimiento de la norma, para que pueda tener una operación y funcionamiento eficiente y así garantizar la calidad de agua que es utilizada como materia prima y que todo el personal bebe.

La metodología empleada en el trabajo de investigación tuvo un enfoque mixto, el diseño fue no experimental porque lo que se realizó es el monitoreo de parámetros del agua potable, a través de muestreos diarios para poder determinar las acciones de mantenimiento correctivo que debía aplicarse, y así recuperar las condiciones del sistema en general.

El principal aporte que se tuvo fue que se recuperó condiciones del sistema de tratamiento de agua potable y evitar suministrar a la planta con agua que proviene de la red municipal, ya que esto ocasiona un alto costo por servicio y por ende el costo de producción, aumenta.

La planta de alimentos ahora cuenta con un sistema de tratamiento de agua potable eficiente, estable y con el mantenimiento estándar que necesita para garantizar la operación, se recomienda realizar la medición por una empresa certificada por lo menos dos veces al año.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema de tratamiento de agua potable de la planta de alimentos no funciona correctamente derivado de la falta de mantenimiento, esto representa un riesgo para la salud, especialmente de todo el personal en la fábrica de alimentos, porque incide de manera directa en parámetros importantes que se encuentran fuera de rango contemplados en la norma COGUANOR NTG 29001.

El tratamiento de agua potable es de suma importancia para la industria de alimentos, prácticamente es una de las materias primas claves para muchas de las operaciones, formulaciones y procesos de limpieza y desinfección. Actualmente se utiliza agua potable abastecida por el circuito suministrado por la red municipal; in embargo, en el 2018 se realizó una inversión en un sistema de tratamiento de agua para un pozo propio de la fábrica. El sistema de tratamiento de agua potable se encuentra inactivo derivado de la falta de mantenimiento convirtiéndose en un activo que no agrega valor a la organización y por otro lado incrementa el costo de facturación de compra de agua potable a la red municipal. El presente estudio plantea la evaluación del sistema de agua potable y el mal funcionamiento, debido a falta de mantenimiento programado.

Al no tratarse de forma adecuada este vital líquido por medio de un sistema de tratamiento, y no cumplir con los parámetros establecidos en la norma COGUANOR 29001, no es útil el sistema y se sustituye con un suministro alterno de agua potable con un alto costo. El sistema muestra valores fuera de rango según los parámetros establecidos en la norma, por lo tanto, no es apta para consumo humano dado que podría poner en riesgo la salud de las personas que laboran en la fábrica. De aplicarse los mantenimientos correctivos y preventivos

programados del sistema de tratamiento de agua, se podrá habilitar y se evitará incurrir en costos innecesarios, además el cumplimiento en parámetros y suficiente suministro de agua en producción, al final da como resultado agua potable de calidad y mejora de los costos de producción.

El tratamiento de agua potable se identifica como una de las principales prioridades para la fábrica, donde se busca garantizar la producción y tratamiento de agua que cumpla con el estándar nacional, esto es COGUANOR NTG 29001 (2013), y que permita el uso dentro de los procesos, tratándose de un elemento principal utilizado en la fabricación de alimentos.

- Descripción del problema

El problema consiste en que el sistema de tratamiento de agua potable de la planta de alimentos no funciona adecuadamente, derivado de la falta de mantenimiento, esto representa un riesgo para la salud, especialmente de todos los colaboradores en la fábrica de alimentos, porque incide de manera directa en parámetros importantes que se encuentran fuera de rango contemplados en la norma (COGUANOR NTG 29001, 2013).

Como consecuencia de ello, se hace necesario suministrar agua potable a la planta, por medio de la segunda fuente de abasto que se tiene, y es agua proveniente de la red municipal, es importante mencionar que el agua de esta fuente cumple con los parámetros establecidos por la norma (COGUANOR NTG 29001, 2013). La razón por la que junta directiva y gerencia de manufactura, analizó el restablecimiento del sistema de abastecimiento propio, es porque el consumo de agua de la municipalidad, representa un costo mensual elevado, y en términos financieros no tiene ningún beneficio el tener el recurso de pozo propio, el cual, en términos generales, impacta en las utilidades.

- Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cuál es el mantenimiento necesario para el cumplimiento del sistema de tratamiento de agua potable para una planta de alimentos basado en la norma COGUANOR NTG 29001?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los requerimientos establecidos por COGUANOR NTG 29001 para cumplimiento de un sistema de tratamiento de agua potable, para uso en una planta de producción de alimentos?
 - ¿Cuál es la condición actual del sistema de tratamiento de agua potable para la planta de producción de alimentos en estudio?
 - ¿Cuáles deben de ser las actividades del mantenimiento estándar para un sistema de tratamiento de agua potable, con el fin de cumplir con los parámetros del agua potable basado en COGUANOR NTG 29001?

OBJETIVOS

- General

Proponer el mantenimiento estándar de un sistema de tratamiento de agua potable de una planta de alimentos basado en la norma COGUANOR NTG 29001.

- Específicos

- Identificar los requerimientos que establece la norma COGUANOR NTG 29001 para el agua potable, los cuales debe cumplir un sistema de tratamiento de agua potable.
- Determinar la condición actual del sistema de tratamiento de agua potable y las brechas para el cumplimiento contra norma COGUANOR NTG 29001.
- Establecer las actividades para el mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua potable en la planta de producción de alimentos para cumplir con los parámetros de operación contenidos en la norma COGUANOR NTG 29001.

RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

- Características del estudio

El enfoque de la investigación fue de tipo mixto, porque es un proceso que vincula datos cuantitativos y cualitativos en el presente trabajo, en el se buscó que el mantenimiento estándar de una planta de alimentos, brindara a través de una planificación establecida, las condiciones necesarias para que el sistema completo de tratamiento de agua sea eficiente y estable, de esta manera al lograr cumplir con los parámetros que contiene la norma, se garantizó que el agua sea libre de cualquier condición que atente contra la salud de las personas y que sencillamente sea confiable para beberla y utilizarla para cualquier proceso en producción de la planta de alimentos.

El alcance metodológico es descriptivo-explicativo, porque se realizó la propuesta del mantenimiento estándar de un sistema de tratamiento de agua potable en una planta de alimentos basado en COGUANOR NTG 29001, para asegurar que el sistema completo mejorara la eficiencia en general.

El diseño en la investigación no fue experimental, debido a que no se realizó ningún tipo de experimento para la obtención de resultados, sino que es una cadena de muestreos y mediciones diarios que se realizaron por 4 semanas y a través del laboratorio de control de calidad, para monitorear el comportamiento de parámetros de rutina que debe tener todo tratamiento al agua potable, posteriormente un muestreo compuesto se realizaba por medio de empresa externa.

El tipo de estudio fue descriptivo, ya que se realizó un análisis de datos que se originaron en los muestreos que se realizaron diariamente en el laboratorio de control de calidad de la fábrica, en este caso datos puntuales como: pH, dureza y cloro residual, realizado por medio de los equipos de medición, previamente calibrados, y que verifican el cumplimiento del agua potable.

- Fases de la investigación

A continuación, se realiza una descripción con detalle de actividades por cada fase desarrollada en el trabajo:

- Fase I: revisión

En esta fase se revisó la documentación seleccionada en libros, tesis, y varios tipos de documento que tiene relación con el tema de investigación.

- Fase II: desarrollo de la investigación

En la fase de desarrollo de la investigación, se realizó el muestreo de agua de forma continua por parte de control de calidad y proveedor externo, del sistema general de agua, para registrar las mediciones y observar comportamiento.

- Fase III: presentación y discusión de resultados

En esta fase se contempla la presentación y discusión de resultados, que compara los resultados obtenidos con los parámetros que contempla COGUANOR NTG 29001, todo esto se

da como resultado del plan piloto a lo largo de los últimos meses que ha estado en funcionamiento el sistema de tratamiento de agua potable.

- Fase IV: en la fase 4 está contemplada la propuesta del mantenimiento estándar del sistema de tratamiento de agua potable, para una planta de alimentos, basado en norma COGUANOR NTG 29001.

Para el desarrollo de la investigación, a través del plan piloto se realizó muestreo al agua que proviene de pozo propio y que es tratada por el STAP, este muestreo fue a nivel interno, a cargo del laboratorio de control de calidad y también se incluyó muestreo compuesto realizado por empresa externa. Los resultados obtenidos se compararon con COGUANOR NTG 29001, y junto con resultados de proveedor externo, sirvió para determinar los parámetros que debían mejorar.

Se realizó muestreo a partir de marzo de 2021, dicha información brindó datos que mostraron que el pH, dureza y concentración de cloro no estaban dentro de rango, según la norma. Se decidió realizar el mantenimiento correctivo en los elementos filtrantes, equipos y dispositivos, con fines de recuperar las condiciones normales de operación, posteriormente se muestra la propuesta de mantenimiento estándar que debe tener toda planta de tratamiento de agua potable, en este caso para alimentos

Con los resultados favorables luego de haber tratado el agua para posteriormente obtener agua potable, se logró el control del sistema, esto permitió proponer un mantenimiento estándar para plantas de tratamiento no solo en industria de chocolates, sino que de alimentos en general, ya que los procesos

son parecidos. Se logró monitorear por medio de bitácoras en las rutinas de monitoreo, los trabajos en sistema de filtrado, sistema de cloración y de recirculación, también anticiparse al pedido de los insumos químicos que se utilizan, fecha de cambio de elementos del sistema como carbón activado, resina catiónica, filtro de cartucho y cuarzo de la lámpara ultravioleta.

Al empezar con el plan piloto para el STAP se inició con los muestreos del agua tratada, esto se hizo por 5 días a la semana por un período de un mes, después se hacían tres muestreos por semana en donde se medía el pH, dureza y cloro para saber el comportamiento de los equipos y resultados de agua. Los equipos estaban funcionando de manera normal hasta que se logró estabilizar los parámetros que indican que el agua potable es apta para beber y que está en cumplimiento para fabricación de alimentos.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo presenta una propuesta de mantenimiento estándar para un sistema de tratamiento de agua potable de una planta de alimentos basado en la norma COGUANOR NTG 29001. Al citar la norma se refiere a que contiene las características que respaldan para considerar que el agua potable sea de buena calidad y apta para beber.

El problema radica en que el sistema de tratamiento de agua potable, no funciona de manera adecuada, por carecer de un plan de mantenimiento preventivo. Muestreando el agua que sale del sistema, las características del agua, como: dureza alta, pH alto y con poco o casi nada de cloro residual, son los parámetros principales en donde hay que enfocarse para considerarla potable y poder ser utilizada en procesos de alimentos y que también se pueda beber.

La importancia del estudio surgió hace 4 años, en donde la fábrica realizó una inversión para perforar un pozo propio, el cual tiene todas las características y elementos que satisfacen la demanda de agua en la planta; sin embargo, antes de contar con pozo propio ya existía suministro de agua por parte de la red municipal, la cual es importante mencionar que cumple con los parámetros principales, pero el costo de utilizar dicha fuente de agua, es muy elevado, razón por la cual al no tener en funcionamiento el sistema de tratamiento propio de agua, se hace necesario recuperar condiciones de operación para obtener agua potable.

La investigación tuvo un enfoque mixto, así mismo el diseño fue no experimental, el alcance y tipo de la investigación fue descriptivo-explicativo, y la

técnica de trabajar la información es a través de un plan piloto que se realiza por medio de monitoreo de parámetros que confirman si el agua es potable o no.

El resultado fue reactivar el STAP y hacer independiente el abastecimiento de agua de la fábrica, el aporte que se obtiene del trabajo de investigación es proponer el mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua, el beneficio es tener un sistema eficiente, que cumpla con la norma COGUANOR NTG 29001 en tema de agua potable y que satisfaga la demanda de agua para fabricar alimentos.

En el primer capítulo, se encuentra el marco referencial en donde se describen estudios relacionados con el sistema de tratamiento de agua potable en diferentes lugares y condiciones, sus componentes, se investigan las características físicas, químicas y organolépticas, así también los parámetros que debe tener el agua para que bajo la norma COGUANOR 29001, resulte en agua potable.

En el segundo capítulo, se encuentra el marco teórico, en donde se define el STAP, tipo de sistema, componentes y equipos, e información técnica.

En el tercer capítulo, se presentan los resultados que se obtienen de los muestreos realizados por el laboratorio de control de calidad, se muestran tablas en donde se registran los datos de las mediciones realizadas durante el monitoreo de plan piloto.

En el cuarto capítulo, se discuten los resultados obtenidos de la investigación, incluye un análisis interno y externo.

En la fase final, se presentan las conclusiones y recomendaciones propias del sistema de tratamiento de agua que, junto con el mantenimiento estándar propuesto, son un complemento para que el sistema de agua en general sea eficiente y rentable para la fábrica de alimentos.

1. MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se describen estudios realizados previamente en algunos lugares de Guatemala como en otros países que tienen relación al tema de tratamiento de agua potable, abarca sistemas en la industria, como también comunidades en donde se tiene como abasto principal el agua de la red municipal y sistemas propios.

El agua que es para consumo humano es un insumo vital para la vida y para muchas aplicaciones en el área industrial. En Guatemala a través del MINECO (Ministerio de Economía), se norman las características que establecen las condiciones necesarias del agua para consumo.

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962. Las funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República. (COGUANOR NTG 29001, 2013, p. 3)

“COGUANOR es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, la principal misión es la de proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización” (COGUANOR NTG 29001, 2013, p. 3).

“El proceso de normalización se realiza a través de Comités Técnicos de Normalización (CTN), lo que garantiza la participación de todos los sectores interesados” (COGUANOR NTG 29001, 2013 p. 3).

Se realizó una revisión de los trabajos desarrollados en sistemas de tratamiento de agua potable, tesis de Castañeda, (1996), y se desarrolló basado en norma COGUANOR, y que se tituló *evaluamiento y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable de San Raymundo Guatemala*, la cual describe las instalaciones de tratamiento que no aporta ningún beneficio para la purificación de agua, en este documento describe el panorama real de: canal de entrada, sedimentadores laminares y filtros lentos.

Dentro del análisis se consideró los aspectos sanitarios como los parámetros representativos del agua cruda y se comparó en distintos puntos de salida. Se evaluó turbiedad, color aparente, color verdadero, potencial de hidrógeno y coliformes totales.

Dentro de la propuesta planteó un floculador de medio poroso, la cámara de entrada de los sedimentadores se convertiría en sedimentadores laminares y la construcción de dos unidades de prefiltros de grava de flujo horizontal y la rehabilitación de los filtros lentos. Con esto se logró cumplir con lo que establece la norma COGUANOR 29001.

Por otro lado, se consulta un estudio realizado que tiene como objetivo verificar que sea eficiente el sistema que distribuye el agua, a través de acciones preventivas de todos los equipos, incluye la infraestructura por García, (2011). La propuesta consiste en la eficientización del sistema de distribución de agua potable, en el área urbana del municipio de Chicacao, departamento de Suchitepéquez, esta cubre y menciona que, al incrementarse la población del lugar, el consumo de agua crece y entonces el diseño inicial quedará atrás porque fue sobrepasado.

El método utilizado fue por medio de formatos y detalles de registros de actividades directamente relacionadas con la forma de operar y el mantenimiento del sistema que ha distribuido agua potable. La investigación se realizó en un municipio del área urbana de Chicacao, departamento de Suchitepéquez, con ello se plantea la mejora continua del sistema que distribuye agua potable, a través de la ejecución de mantenimiento de los equipos.

Como conclusión, por medio de análisis se mostró la eficiencia del sistema, que, ante los resultados, se buscó la manera de cumplir con la norma COGUANOR NTG 29001. En el documento una de las recomendaciones es el seguimiento en tema de mejoras del sistema de agua de distribución, para garantizar la salud de la población y ofrecer capacitar al personal para que, en temas de operación y mantenimiento, se obtenga buenos resultados.

Se consultó una guía de operación de un sistema que abastece agua potable, para aprender sobre manejo de válvulas de equipos y también para aprender sobre el mantenimiento que debe aplicarse en general. Barahona, (2016). El trabajo se tituló *operación del sistema de abastecimiento de agua potable de la parroquia Rio Negro, Cantón Baños, Provincia Tungurahua*. La creación del documento incide positivamente en la conservación de los elementos y el tiempo de vida que conforman la red, además se realizó la confirmación de parámetros para saber si se cumple con el Código Ecuatoriano que habla de la construcción.

El método utilizado fue estadístico, y se realizó a 320 habitantes en la población de la provincia de Tungurahua, Ecuador. El resultado mostró que la red de tuberías se encuentra en buenas condiciones, presiones y velocidades aceptables. Los datos obtenidos, permitieron un diagnóstico acertado de la red

que distribuye y conduce, también el manual contiene información del mantenimiento para que sea desarrollado de manera eficiente.

Como recomendación es importante la capacitación del personal técnico que opera el sistema, sobre todo temas puntuales de mantenimiento, también se recomienda utilizar el agua de manera responsable, por ser un elemento vital para la vida.

Se diseñó un sistema que abastece agua potable a Universidad de Piura. Caminati y Caqui, (2013), el cual se tituló *análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y la distribución en la universidad de Piura*. El tema generó ahorro e independencia del proveedor que en ese momento existía, pero sobre todo era mejorar el servicio de calidad de agua, tomó en cuenta que era necesario ejecutar mantenimiento correctivo y preventivo al sistema de agua.

La base del estudio se realizó por método científico, en 606 personas entre docente, obrero y administrativo en Universidad de Piura, Perú. El resultado muestra que el 93 % de los entrevistados si consumen agua que está disponible en el centro de estudios, por medio de bidón, y el 7 % no la consume porque no están satisfechos con el servicio por motivo de calidad del agua.

Como conclusión, el agua en la universidad no cumple con límites máximos permisibles de calidad, según Decreto Supremo No. 0321-2010-SA, lo cual evidencia la falta de mantenimiento a los filtros, membranas y tanques de almacenamiento. Se recomendó cumplir con los mantenimientos preventivos y que los elementos de los equipos sean reemplazados en base a la periodicidad establecida.

En otro estudio se hizo el análisis del estado real de la PTAP, se estableció el plan de operación-mantenimiento, las mejoras en la gestión del servicio y se garantizó la sostenibilidad permanente del sistema en general. Delgado y Falcón, (2019), se tituló *evaluación del abastecimiento de agua potable para gestionar adecuadamente la demanda poblacional utilizando la metodología siras 2010 en la ciudad de Chongoyape, Chiclayo, Lambayeque, Perú*. El estudio trata el estado del sistema, la gestión del servicio y la operación-mantenimiento del sistema actual.

La metodología fue a través de SIRAS (Sistema de información regional en agua y saneamiento). Se desarrolló este estudio en los habitantes del distrito de Chongoyape, Perú. En relación a resultados de análisis físico, químico y microbiológico se encontraron microorganismos que ponen en riesgo la salud de la población, pues el agua no tiene calidad microbiológica aprobada.

Como conclusión se evaluó el sistema para potabilizar el agua y se aplicó la metodología SIRAS 2010, también muestra que el sistema en los resultados obtenidos, es medianamente sostenible en el tiempo. Como primera recomendación está certificar los controles de calidad del agua del municipio de Chongoyape, para evitar el corte del servicio derivado del inadecuado mantenimiento que se da a las estructuras del sistema. Además, optimizar los trabajos desarrollados por las personas que están a cargo del área en general que abastece de agua potable.

Se diseñó la gestión de mantenimiento de la PTAP para los equipos en un área de Venezuela, realizado por Mendoza, (2014), el cual se le asignó el nombre de *diseño de un sistema de gestión de mantenimiento integral para los equipos de la planta de tratamiento de agua potable cupapuicito, acueducto-upata, municipio piar, estado Bolívar*. El diseño atiende la ausencia de acciones de

mantenimiento, que incluya el compromiso de alcanzar los objetivos para lo que fue creado como conservación del equipo, y mejorar condiciones del personal que labora en planta.

El método utilizado tiene descripción y trabajo de campo, el tema de estudio es el equipo existente en PTAP de Upata. Se logró identificar y asignar el equipo, por orden de importancia, así también el mantenimiento.

Como conclusión, se logró alimentar información de equipos basada en norma ISO 9001 – 2000. Además, se diseñó un mantenimiento preventivo que abarca todas las áreas. Se recomendó crear y aplicar un programa de mantenimiento, en donde se contemple el predictivo en la planta.

Como relata otra investigación, en donde se realizó el programa de validación de la PTAP de una farmacéutica, en el cual el mantenimiento es una fase importante que sirve para garantizar agua de calidad, y que se tituló *estudio técnico de validación del sistema de tratamiento de agua purificada grado farmacéutico, en un laboratorio farmacéutico*. Estrada, (2012), en este estudio el objetivo principal era cumplir con el informe 32 del MSPAS.

En cuanto al método, se realizó de forma experimental durante 2 meses. En el estudio como base principal de análisis, se toma todo lo relacionado al sistema de agua del laboratorio. Dentro de las conclusiones está que el sistema de agua es validado y cuenta con año y medio, para estar en cumplimiento con el informe 32 por solicitud del MSPAS. Se recomienda rediseñar el circuito de agua purificada-desmineralizada para contar con mejor distribución de la línea de tubería y puntos de abasto.

Según otro estudio realizado en Ecuador, existían deficiencias en la operación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua potable Barrera y Vicuña, (2019), se llamó *evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca*, el tema que atendió es poca atención a la operación y mantenimiento del sistema de agua potable que abastece la región, el método que utilizó es experimental, el estudio abarca seis sistemas del área rural del cantón Cuenca.

Una de las conclusiones es que cuando estos sistemas no se les presta atención, se genera un mayor gasto a largo plazo y, por ende, el servicio es ineficiente, otra conclusión es que los elementos metálicos no son sujetos a mantenimiento, es decir a la corrosión, entonces como recomendación hay que proteger de las condiciones climáticas los equipos.

Se analizó la calidad microbiológica del agua en una investigación, Santizo, (2017), le nombró *método práctico para la evaluación de la calidad microbiológica del agua para las aldeas del municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala*. El problema que atendió es la inexistencia de tratamiento de agua potable, el escaso servicio en tema de agua al usuario y la mala calidad microbiológica, en pozos municipales y comunales, derivado de que no recibe tratamiento. Se aplicó un método práctico para analizar las condiciones bacteriológicas de los suministros de agua, en las aldeas de Antigua Guatemala. Se logró el desarrollo de un manual práctico para que sirva de guía. Con la implementación de la metodología para el control que permitió analizar condiciones de 18 muestras y se determinó un nivel de riesgo en las muestras tomadas.

En otro trabajo de investigación, se realizó el *diagnóstico del estado de la gestión urbana del agua y mapeo de actores que contiene información general*

sobre el área institucional, de infraestructura y de servicio del agua en el casco urbano del municipio. El programa se refiere a nexos locales que apoya a las comunidades en el sur occidente del país, y así lograr un servicio que reúna la condición de calidad del agua a nivel urbano, mismo que aumentará un beneficio importante de dicha región, USAID, (2018). La metodología a través de DEMIN (desempeño municipal integrado), se realizó por entrevistas guiadas, conversaciones, recorridos técnicos, y análisis e interpretación de datos, en donde participaron la población y autoridades municipales. El análisis se hizo sobre el departamento de San Marcos en 43 municipios del conocido altiplano.

El resultado que se obtiene es de 20 indicadores de alto desempeño en distintos segmentos que dan un resultado de 76.63 de puntaje, en donde se concluyó que la calificación de la municipalidad y la gestión en el tema, es medianamente aceptable, además en infraestructura los componentes han sobrepasado el tiempo de vida y ahora son vulnerables. Se obtuvo recomendaciones importantes como crear conciencia y hacer efectiva la voluntad política en la toma de decisiones para el desarrollo de acciones ordenadas y coherentes en apoyo al fortalecimiento institucional en la gestión del agua en forma integral y sostenible (USAID, 2018, pág. 32).

En los trabajos de investigación que realizaron varios profesionales de diferentes países con el tema de planta de tratamiento de agua potable, hay factores ambientales en común que sobresalen, dentro de los cuales surge la necesidad del manejo de los recursos para tratar el agua y lograr que sea potable, un segundo factor se refiere a que el vital líquido es indispensable y debe llegar a todos las poblaciones, sobre todo porque es considerado necesario para la vida de todo ser humano.

Al profundizar en estudios de tesis acerca del agua potable, sirvió como base para confirmar la problemática que aqueja a la población en muchos lugares en el mundo, pero en particular, en Guatemala y sus departamentos para abastecerse del recurso hídrico, temas de distribución y de un tratamiento que garantice agua de calidad para consumo, por parte de las autoridades gubernamentales y municipales. Las alternativas que se trabajan hoy en día para tratar el problema del agua, está estrechamente relacionado con la necesidad existente desde hace casi 3 décadas, que es evaluar la forma en que estamos utilizando el agua, sabiendo que los estudios muestran que sólo el 4 % del agua existente en la tierra, es agua dulce, es decir la que se puede consumir.

En cada continente y cada país, este tema se aborda de manera diferente, pero los estudios en los últimos 40 años revelan distintas formas de contaminación de las grandes metrópolis, sobre todo por la sobre población que se tiene, la modernización de las ciudades y el crecimiento industrial, en este caso ciudades importantes de Guatemala que están enfrentando problemas de suministro del agua, por ende, se ha vuelto muy elevado el costo de tratamiento.

Las autoridades de gobierno pertinentes al tema de medio ambiente saben que es importante involucrar a todos los sectores sociales en tan delicado tema, para encontrar soluciones, pero sobre todo el sector industrial nacional está llamado a comprometerse a cumplir los reglamentos y acuerdos a través del MARN para que el tema de agua sea prioridad, en tema de conservación y tratamiento; sin embargo, como guatemaltecos, todos los sectores debemos seguir trabajando en conjunto para ir creando las estrategias que nos ayuden a enfrentar el problema de contaminación y falta de agua, sobre todo porque en estos modernos tiempos sabemos que existen los medios tecnológicos y económicos para realizarlo, es cuestión de trabajar juntos por un mismo objetivo.

2. MARCO TEÓRICO

El mantenimiento estándar que se aplica en la planta de tratamiento de agua de una fábrica de alimentos bajo la norma COGUANOR 29001 está orientado a cumplir con aspectos técnicos y de proceso para que el agua sea apta para consumo humano. El concepto de mantenimiento es amplio, pero en el estudio que se realizó está enfocado en la manera en que debe ejecutarse de forma estándar a un conjunto de elementos y equipos que forman el STAP, siempre basado en COGUANOR 29001 como respaldo en tema de las especificaciones que el agua debe poseer para ser considerada potable.

2.1. Mantenimiento

Se define el mantenimiento como “La reparación de los sistemas mecánicos, se realiza desde el punto de vista del ahorro de recursos humanos, materiales e incremento de la durabilidad de las máquinas” (Herrera y Cunalata, 2019, p. 18).

Los estándares de mantenimiento aportan evaluar el estado real de máquinas y los equipos, realizan inspección y pruebas, detiene el deterioro a través de una rutina de mantenimiento, y restablecen las condiciones de funcionamiento.

2.2. Tipos de mantenimiento

Depende del trabajo a realizar, existen distintas clases de mantenimiento que pueden y deben implementarse en un sistema de tratamiento de agua potable, en el estudio en desarrollo se aplican: preventivo, correctivo y estándar.

2.2.1. Mantenimiento preventivo

Todo sistema de tratamiento de agua potable a la hora de instalarlo, tiene establecido información guía, recomendaciones, manuales del fabricante para operar de manera correcta y continua. Dado que una estación de tratamiento de agua requiere de una demanda constante, existen actividades de rutina y programadas en fechas específicas, que verifican el estado funcional de los componentes y elementos críticos en el sistema.

“Es el mantenimiento preventivo el destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro” (Asociación Española para la Calidad, 2019, p. 3).

Derivado de este concepto el plan de mantenimiento preventivo será clave para el buen funcionamiento, eficiencia del sistema y además otorgará confiabilidad a la organización para evitar tener fallas en el sistema que ocasione tener que utilizar el suministro externo, o paros de producción por el incumplimiento de la norma, establecido para el suministro.

Dentro de las principales actividades de mantenimiento preventivo utilizados en planta de tratamiento de agua están: a) mantenimiento de la bomba de alimentación principal en el pozo, b) tablero de control automático, c) sistema de filtración, d) sistema de cloración, e) sistema de recirculación.

2.2.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo del STAP en la fábrica de alimentos, se hace necesario porque por un período largo de tiempo, el sistema estuvo sin uso, entonces fue importante la evaluación de equipo, para aplicar trabajos correctivos en elementos principales de los filtros en las torres, bomba de cloro, cambio de lámpara UV, filtro de sedimento entre otros, para recuperar condiciones normales de funcionamiento y buen desempeño.

“El mantenimiento correctivo se trata de un conjunto de tareas técnicas, destinadas a corregir las fallas del equipo que demuestren la necesidad de reparación o reemplazo” (Aner, 2019).

2.2.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo en este estudio no se va a aplicar, debido a que una vez reactivado el sistema de tratamiento, se utilizará la propuesta de mantenimiento estándar, porque en el caso del predictivo no se puede predecir la funcionalidad con certeza de los equipos, se toma en cuenta que el mantenimiento de cada elemento que compone el sistema, está basado en recomendaciones del fabricante y empresa que distribuye e instala los equipos, y el aspecto más importante es el que se origina en la lectura de los parámetros que se registren en las rutinas de medición y la cantidad de galones de agua que es filtrada y servida.

Se encuentra que el mantenimiento predictivo “Es el que monitorea el rendimiento y estado del equipo durante el funcionamiento normal para reducir la probabilidad de fallas” (Petroquímica, 2021, p. 1).

2.2.4. Mantenimiento estándar

En la planta de alimentos, en este caso en la fábrica de chocolates, el mantenimiento estándar se aplica al sistema de tratamiento de agua potable, el cual es de filtración directa. En tema de aplicar el mantenimiento estándar, se conoce el tiempo que debe transcurrir para que los elementos del tratamiento del vital líquido se sometan a mantenimiento, por ejemplo, está basado en horas de trabajo de los equipos, cantidad de agua que es filtrada, y tiempo o límite de vida de los elementos, según el fabricante.

El mantenimiento estándar significa establecer dinámicas de actuación repetitivas sobre el equipo. Los estándares de mantenimiento definidos deben respetarse y ejecutarse siempre de la misma manera.

“Los estándares de mantenimiento evalúan el estado de los equipos, indican los métodos para medir el deterioro de los equipos (inspección y prueba), detiene el progreso del deterioro (mantenimiento diario de rutina), y restablecen las condiciones de los equipos” (Blogger, 2015).

2.3. Sistema de tratamiento de agua potable

Los tipos de plantas para tratar agua potable más conocidos son: convencionales, compactas, de filtro lento y de tratamiento modular. El tipo de STAP que se estudia es de tipo de filtración directa y es de lecho profundo, y en esta ocasión se realizó con el fin primordial de mejorar las condiciones físicas del agua, químicas y bacteriológicas, para consumo humano.

El sistema de tratamiento de agua y las plantas de tratamiento de agua potable “Son el conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico-

químico, cuya finalidad es que, a través de los equipamientos, eliminar y reducir la contaminación o las características no deseables del agua” (Syner, 2020, p. 1).

“El agua es un compuesto muy importante en la vida diaria, se necesita para la subsistencia de todos los seres vivos. También se ha convertido en un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años” (Guix, 2014, p. 6).

Figura 1. Sistema de tratamiento de agua potable



Fuente: [Fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala 2021), Colección particular.
Guatemala.

2.3.1. Tecnologías de tratamiento de agua

Al abordar temas de tratamiento de agua, y con los avances tecnológicos que han sido desarrollados en las últimas décadas, es indispensable acceder y actualizarse en temas relacionados de agua potable, porque ofrecen soluciones a los principales problemas que implican retos y cambios que existen en Guatemala y en diferentes lugares en el mundo, que muestran dificultad para abastecer el vital líquido.

De acuerdo con SENA (1999), existen dos formas o tecnologías de tratamiento:

- Tratamiento de agua por medio químico.
- Tratamiento de agua por medio biológico.

La elección de tecnologías para tratamiento debe reunir los siguientes puntos, SENA, (1999):

- La calidad del agua cruda.
- El caudal a tratar.
- Disponibilidad de energía.
- Disponibilidad de recurso para invertir, asimismo operación y mantenimiento.
- Disponibilidad de recurso humano y que sea calificado para que funcione y brinde mantenimiento.
- Disponibilidad de materiales para construcción.
- Aceptabilidad de la comunidad y autoridades locales.

2.3.1.1. Tratamiento químico

El tratamiento químico del agua, en el caso de la fábrica de alimentos es a través de dos procesos, uno es cuando se disuelve la sal sin yodo tipo *pelet* para el retrolavado del suavizador o resina catiónica, y el segundo proceso es dosificar cloro de manera controlada y regulado con el fin de desinfectar el agua de bacterias o virus.

2.3.1.2. Tratamiento biológico

El tratamiento biológico del agua en la fábrica de alimentos se determinó en base al caudal de agua que se obtiene del pozo, este mantiene estabilidad, es decir parámetros como el pH, dureza y análisis de metales, las mismas están en cumplimiento, por eso las cantidades a tratar son consideradas normales y, además constantes. Otro aspecto relevante que se tomó en cuenta para determinar tratamiento biológico, se basó en el volumen de agua a tratar que es de un promedio de 25m³/ día.

Es una forma de mejorar la calidad del agua haciéndola pasar por filtros de grava y arena donde se retiene la contaminación que trae el agua sin la aplicación de productos químicos. Sólo se recomienda el uso de cloro como medio de protección del agua en la red de distribución. (SENA, 1999, p. 65)

En la forma de tratar el agua potable por medio biológico y se consideran procesos importantes, los cuales se mencionan a continuación:

- Filtración: etapa en donde se remueven sólidos suspendidos muy finos y de microorganismos básicamente.
- Clarificación: es remover sólidos suspendidos y sedimentales.
- La cloración: es indispensable para desinfección del agua de posteriores efectos por contaminación.

2.3.2. Agua potable

El agua a través del tiempo y en relación de los últimos 30 años, se ha vuelto tema vulnerable por muchas razones, como la disponibilidad, distribución, desinfección, pero un punto principal es la contaminación que emerge del

crecimiento de las áreas urbanas, industria y el comercio, principalmente en ciudad de Guatemala. Es importante describir el agua potable.

El agua potable es aquella que, por las características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representan un riesgo para la salud del consumidor y cumple con lo establecido según la norma COGUANOR 29001 y la norma de la Organización Mundial de la Salud. (Guix, 2014, pág. 6)

2.3.2.1. Calidad del agua

Cuando se refiere a la calidad de agua en la fábrica de alimentos, es el agua que tiene las características establecidas por medio de normas y estándares nacionales y algunos internacionales, para considerarla potable y sin ninguna prohibición para poder beberla (agua blanda), dentro de los principales e importantes parámetros a medir están pH, dureza y concentración de cloro, si estos parámetros están fuera de rango, según COGUANOR 29001, entonces se habla de agua dura. La calidad de agua tiene diversos conceptos, según Contributors (2020), “Un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y bienestar humano: de ello depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas” (p. 1).

Existen dos factores que inciden en el resultado de calidad del agua:

- Factores físicos: se refiere al tiempo, clima, radiación solar, temperatura del agua.
- Factores Químicos: entre los factores químicos están color aparente, color verdadero, turbidez.

2.3.2.1.1. Indicadores de calidad de agua

- Indicadores físicos

Dentro de los indicadores físicos contemplados para este caso en la fábrica de alimentos hay uno que es considerado principal:

- Temperatura: Esta debe estar en un rango de 26°C.

- Indicadores químicos

Dentro de este tipo de indicadores existen varios, pero hay dos que son considerados importantes para monitorear y obtener agua potable:

- pH: es una medida de acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución o sustancia (Significados, 2013-2022).

Según COGUANOR (1999), el pH debe estar entre 7 y 7.5 (p. 6).

- Cloro: por ser un parámetro importante en tratamiento de agua potable, la lectura de cloro residual a la hora de medir debe de ser mayor de 0.5 y menor de 1 mg/L. según (COGUANOR NTG 29001, 2013, p. 7).

2.3.3. Agua dura

Se conoce como dura porque al realizar análisis de laboratorio, contiene varios tipos de minerales, que provienen desde la fuente principal y que puede darse por múltiples razones.

Es agua que contiene cantidades importantes disueltas de sales de calcio y magnesio, que se combinan con el jabón forma sustancias insolubles y no permiten que el jabón forme espuma. Por eso existen métodos para depurar el agua de esos componentes, esto da lugar a las aguas ablandadas. (Agamez, 2014, p. 42)

2.3.4. Agua suave

Se le llama blanda, y se le denota lo contrario al agua dura, es decir contiene menor cantidad de minerales. “El agua blanda es donde se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales y minerales” (Benites, 2021, p. 1).

2.3.5. Agua contaminada

El agua normalmente está contaminada por diversos motivos, sin embargo, en la fábrica de alimentos el agua que se obtiene del pozo propio, a pesar de que la ubicación de la fábrica se localiza dentro del casco urbano, tiene un contenido de minerales y metales que, después de pasar por el sistema de tratamiento y al haberle realizado pruebas físico-químicas, cumple con parámetros contenidos en (COGUANOR NTG 29001, 2013). En otra definición se menciona importante concepto, “El agua contaminada es el agua que ha recibido bacterias o sustancias tóxicas que la hacen inadecuada para la bebida y aseo personal, aun cuando la apariencia sea de agua limpia” (SENA, 1999, p. 26).

2.3.6. Agua subterránea

Esta se encuentra de diferentes formas, pero en este caso se obtiene a través del pozo propio que abastece la fábrica y que se terminó de instalar en septiembre de 2018. “Es el agua que se infiltra en el suelo y forma depósitos o almacenamientos. Se capta a través de pozos o aljibes” (SENA, 1999, p. 23).

El agua subterránea está localizada en capas abajo del suelo, y varía según las condiciones meteorológicas del lugar. Son aguas captadas de los acuíferos subterráneos como: manantiales, pozos, etc. Esta agua en pocos casos puede consumirse directamente; generalmente, se someten a un proceso de desinfección para eliminar los metales como: manganeso, hierro y microorganismos principalmente (Agamez, 2014, pág. 43).

2.3.7. Componentes del sistema de tratamiento de agua potable

El STAP de la fábrica tiene los elementos a continuación:

- Pozo mecánico.
- Bomba principal.
- Torre de sedimento.
- Torre de carbón activado.
- Torre de resina catiónica.
- Tanque de salmuera.
- Filtro de 5 micras.
- Lámpara ultravioleta.
- Bomba dosificadora de cloro.
- Válvulas de control de 3 y 5 posiciones.

- Válvula actuada eléctrica.
- Bomba sumergible APEC de 1HP.
- Cisterna con volumen de 55m³.

2.3.7.1. Pozo mecánico

Por medio del pozo mecánico propio de la fábrica, se obtiene el agua que se necesita en todo el edificio de la fábrica, este tiene capacidad de bombeo un caudal de 53 GPM. Por definición “Es una perforación vertical en el subsuelo, el cual está diseñada para la explotación del agua subterránea, generalmente es de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que la profundidad” (Guzmán, 2014, pág. 19).

2.3.7.2. Torre de sedimento

En la planta de tratamiento existen 3 tanques (torres), de lecho profundo que están distribuidos de acuerdo a cada etapa de filtración necesaria para tratar el agua cruda, siendo el primer filtro que contiene zeolita fina.

Para HidroExpertos (2020), “Es el filtro que contiene un material filtrante dentro de un tanque” (párr. 4). Estos pueden ser:

- Filtros multimedia o multicama.
- Filtros de arena.
- Filtros de zeolita.

La etapa de sedimento es la etapa en la que los sólidos y material flotante se encuentran suspendidos en el agua y se separan en el fondo del tanque.

2.3.7.3. Torre de carbón activado

La torre de carbón está ubicada en el segundo tanque del circuito de filtración del agua. “El carbón activado es un elemento que se utiliza para atrapar compuestos, sobre todo orgánicos que están presentes en este caso, en el agua” (Carbotecnia, 2022, p. 1). Este medio filtrante es muy efectivo para eliminar el olor del agua que pasa por el material.

2.3.7.4. Torre de resina catiónica

La resina catiónica que se encuentra en la tercera torre del sistema de tratamiento, también se conoce como suavizador o descalcificador de agua, “Técnicamente es un poliestireno gel, fuertemente ácida, una de las principales aplicaciones es en ablandamiento industrial, cuenta con certificado por la WQA, estándar NSF ANSI 61” (Purolite, 2021).

2.3.7.5. Tanque de salmuera

Es el complemento que sirve para el proceso de regenerar la resina que se encuentra en la torre la cual es material de fibra de vidrio, la sal utilizada es de tipo *pellet*, debe disolverse en 80 litros de agua, que finalmente a través de proceso químico ayuda a la resina a recuperar su capacidad de intercambio iónico.

2.3.7.6. Filtro de sedimento de 5 micras

Este tipo de filtro es conocido como filtro de cartucho utilizado como una pantalla que detiene y atrapa cualquier partícula con un tamaño superior al diámetro de los poros internos, dentro de las especificaciones también es para

procesado de alimentos, es considerado de alta eficiencia y los hay de distintas marcas y tamaño. Aquafilt, (1998).

Este filtro llamado de cartucho, según recomendación del fabricante si existe alta demanda de agua que circula a través del filtro, debe considerarse cambiarlo cada 3, 6 o 12 meses.

2.3.7.7. Lámpara UV

En la planta de alimentos en el STAP se ubica una lámpara ultra violeta VIQUA, hay diferentes modelos y se eligen en función de cantidad de galones por minuto que pasan a través de la lámpara. En la investigación se define que, “La lámpara ultravioleta se le llama también un purificador que elimina microorganismos sin necesidad de utilizar químicos” (Carbotecnia, Lámpara UV, 2021).

El cuarzo que compone esta lámpara, por recomendación del fabricante se recomienda cambiarla cada año.

2.3.7.8. Bomba dosificadora de cloro

Es un dispositivo empleado para suministrar de forma continua y automática, cloro (hipoclorito de calcio), a una cisterna o tanque de agua. Es importante mencionar que cuando se realice mantenimiento a la bomba, se debe proporcionar al técnico guantes de caucho, mascarilla simple y lentes de protección.

Figura 2. **Bomba pulsatrón de 24GPD**



Fuente: WATER ZONE. (2022). *Bomba Dosificadora Pulsatron*. Consultado el 20 de marzo de 2022. Recuperado de <https://waterzone.mx/product/bombas-dosificadoras-pulsatron-marca-pulsafeeder/>.

2.3.7.9. Válvulas de control

En sistema de tratamiento de agua cuenta con 3 válvulas electrónicas programables para material filtrante y suavizador, ubicadas en cada torre o tanque y el trabajo es realizar las etapas de retrolavado y regeneración para la torre catiónica, las utilizadas en la fábrica de alimentos son:

Figura 3. Válvula F74A3/A1 de control automática para suavizador de agua



Fuente: AQUAREP (2021). *Válvula de control automática*. Consultado el 31 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://aquarep.com.ar/producto/valvula-de-control-automatica-ablandador-f74a3-controlador-por-volumen/>.

Figura 4. Válvula N74A3 de 3 posiciones para filtro



Fuente: FILTRO, MEU, 2020, *Válvula N74A3*. Consultado el 31 de agosto de 2021. Recuperado de

<https://www.lojameufiltro.com.br/valvulas/valvula-automatica-filtro-n75b1-f75b1-10-m-h-tempo>.

2.4. Industria de alimentos

La industria de alimentos en Guatemala es tan diversa, pero refiriéndonos al tratamiento de agua potable, vale mencionar que el tema de consumo de agua

se ha vuelto indispensable, primero por el consumo que cada planta de alimentos tiene en particular, luego el proceso del agua para llegar a ser apta para consumo y por último tratar el agua cuando ya es considerada agua residual. Los casos en mención de los procesos del agua, están dirigidos al sector productivo del país, cubre la etapa de producción, selección, procesado, logística y venta de alimentos. “La industria de alimentos tiene como propósito satisfacer las necesidades de alimentación de la población” (Concepto, 2021. p. 2).

El presente estudio se refiere a la industria de chocolates y se muestran las principales materias primas y procesos.

Tabla I. Fábrica de chocolates

La industria de chocolates, las materias primas y procesos					
Industria	Materiales elaborados	Requisitos de almacenamiento	Técnicas de elaboración	Técnicas de preservación	Empaquetado de productos terminados
Fábrica de chocolates	Azúcar de cacao, grasas	Silos, sacos, cámaras acondicionadas	Tostado, molienda, mezcla, conchado, moldeo	-----	Paquetes

Fuente: Berkowitz. *Industria alimentaria*. Consultado el 5 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+67.+Industria+alimentaria>.

2.4.1. Características de la industria alimentaria

- Utilizar productos de origen animal y vegetal, para luego producir alimentos con tendencia a cierto grado de proceso en tema de tecnología.
- Utilizar procesos semi o completamente automatizados de selección, manufactura, procesamiento y distribución.
- Fortalecer la producción para equilibrar la demanda de alimentos en todo lugar.

En esta investigación se resalta que el agua es considerada el principal elemento para poder producir alimento en la fábrica.

2.5. Coguanor NTG 29001

Para abordar el tema de normar el agua potable, han existido y conocido normas internacionales que han sido emitidas por la OMS, en favor de la gestión para temas desde acceso al agua potable que debe existir, los problemas que hay que resolver por tema de contaminación en muchos lugares y la potabilización que se ha vuelto obligatoria para prevenir daños a la salud de las personas, desde cualquier perspectiva.

La Comisión Guatimalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No.1523 del Congreso de la República del 5 de mayo de 1,962. Las funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República. (COGUANOR NTG 29001, 2013, pág. 3)

“Esta norma establece los valores de las características que definen la calidad del agua para consumo humano” (COGUANOR NTG 29001, 2013, pág. 4).

Dentro de las características establecidas, son 3 parámetros los cuales son medidos y monitoreados según Coguanor NTG 29001.

- pH: “Es la medida que indica grado de acidez o qué tan alcalina se encuentra el agua, la escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14” (SENA, 1999, pág. 35).
- Dureza del agua: “Son las aguas que no permiten que se disuelva el jabón, es decir no dejan hacer espuma. Esta afecta a procesos industriales y puede dar sabor al agua” (SENA, 1999, pág. 37). La dureza se origina en todos los minerales que contiene desde la fuente que proviene.
- Concentración de cloro: “El cloro es el agente más utilizado en el mundo como desinfectante en el agua de consumo. En 1902 se creó la primera planta de tratamiento de agua potable que empleaba cloro en el proceso de desinfección del agua” (ACQUATECNOLOGÍA, 2022, p. 1).

La concentración de cloro es una medición que muestra partes por millón de cloro que se encuentran en una cantidad determinada de agua. “COGUANOR es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, su principal misión es la de proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización” (COGUANOR NTG 29001, 2013, pág. 3).

Tabla II. pH en agua de consumo por tipo de punto de muestreo

<i>Tipo de PM</i>	<i>Media</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>DE</i>
<i>Tratamiento</i>	7.55	5.8	9.8	0.41
<i>Cisterna</i>	7.56	6.4	8.3	0.49
<i>Depósito</i>	7.74	2.0	10.5	0.49
<i>Red Distribución</i>	7.84	4	10.9	0.49
<i>Grifo</i>	7.64	4	10.4	0.58
	7.70	2	10.9	0.49

Fuente: Ambientalys. *Análisis de parámetros en aguas de consumo*. Consultado el 21 de agosto de 2021. Recuperado de <https://www.ambientalys.com/analisis-aguas-consumo-ph>.

2.6. Características físicas y organolépticas del agua

“Son aquellas que se detectan sensorialmente o por medios analíticos de laboratorio” (COGUANOR NTG 29001 2013, p. 5).

Tabla III. Características físicas y organolépticas

Características físicas y organolépticas del agua que debe tener el agua para consumo Humano		
Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1500 μ S/cm (d)
Potencial de hidrógeno	7. a 7.5	6.5 a 8.5 (c) (d)
Sólidos totales disueltos	500 mg/L	1000 mg/L

(a) Unidades de color en escala de platino-cobalto

(b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

(c) En unidades de pH

(d) Límites establecidos a temperatura de 25 °C

Fuente: COGUANOR NTG 29001 (2013). *Norma Técnica Guatimalteca.*

Consultado el 6 de septiembre de 2021. Recuperado de https://www.academia.edu/39517315/NORMA_TC3%89CNICA_GUATEMALTECA_COGUANOR_NTG_29001.pdf.

2.7. Características químicas del agua

“Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos” (COGUANOR NTG 29001, 2013, p. 5).

Tabla IV. Características químicas del agua

Características químicas que tiene que tener el agua para consumo humano		
Características	LMA	LMP
Cloro residual libre (1)(2)	0.5mg/L	1mg/L
Cloruro (Cl)	100mg/L	250mg/L
Dureza Total (CaCO ₃)	100mg/L	500mg/L
Sulfato (SO ₄)	100mg/L	250mg/L
Al	0.050 mg/L	0.1 mg/L
Ca	75000 mg/L	150000 mg/L
Zn	3000 mg/L	70000 mg/L
Cu	0.050 mg/L	1.5 mg/L
Mg	50000 mg/L	100000 mg/L
Mn	0.1 mg/L	0.4 mg/L
Fe	0.3 mg/L	---

Fuente: COGUANOR NTG 29001 (2013). *Norma Técnica Guatimalteca*. Consultado el 6 de septiembre de 2021. Recuperado de https://www.academia.edu/39517315/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_COGUANOR_NTG_29001.

Tabla V. Toxicidad en el agua

Límites de toxicidad	
Substancia	LMP, en mg/L
Arsénico	0.01
Bario	0.7
Boro	0.3
Cadmio	0.003
Cianuro	0.07
Cromo	0.05
Mercurio	0.001
Plomo	0.01
Selenio	0.01

Fuente: COGUANOR (1999). *Norma Técnica Guatimalteca*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://www.mineco.gob.gt/comisi%C3%B3n-guatemalteca-de-normas#:~:text=COGUANOR%20es%20un%20ente%20facilitador,t%C3%A9cnicas%20son%20de%20car%C3%A1cter%20voluntario>.

2.8. Características microbiológicas del agua

“Son aquellas que se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad” (COGUANOR NTG 29001, 2013, p. 5).

2.9. Límite máximo aceptable (LMA)

“Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor” (COGUANOR, 1999, p. 1).

2.10. Límite máximo permisible (LMP)

“Es el valor equivalente de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es apta para consumo humano” (COGUANOR NTG 29001, 2013, p. 1).

Tabla VI. Substancias no deseadas en el agua

Substancias no deseadas, LMA, LMP		
Característica	LMA en mg/L	LMP en mg/L
(F)		1.7
(Fe)	0.1	1
Manganoso	0.05	0.5
Nitrato		10
Nitrito		1

Fuente: COGUANOR (1999). *Norma Técnica Guatemalteca*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://www.mineco.gob.gt/comisi%C3%B3n guatemalteca-de-normas#:~:text=COGUANOR%20es%20un%20ente%20facilitador,t%C3%A9cnicas%20son%20de%20car%C3%A1cter%20voluntario>.

Tabla VII. **Cloro al 5 % de concentración**

Tabla para uso del cloro líquido si está al 5 % y se adiciona	
Volumen de agua	Cloro líquido comercial al 5 %
1 lt	1 gota
10 lt	10 gotas
20 lt	20 gotas
1 gl	4 gotas
5 gl	20 gotas

Fuente: Scribd (2021). *Tabla para dosificar cloro*. Consultado el 10 de septiembre de 2021.

Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/132697199/Tabla-Para-Dosificar-Cloro>.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos propuestos se presentan los siguientes resultados.

Se desarrolló un diagnóstico en el sistema de agua potable de la fábrica de alimentos, en el cual no se encontró ningún registro o documento que confirmara el mantenimiento preventivo realizado al equipo de tratamiento de agua, inclusive tampoco se encontraron manuales por parte de proveedores del equipo. Se aplicó mantenimiento correctivo para reactivar la planta de tratamiento de agua potable, después se ejecutó un plan piloto para operar la planta y muestrear, basándose en la norma COGUANOR NTG 29001, se alcanzó las especificaciones y parámetros de cumplimiento en el agua, que es considerada apta para procesos en la fabricación de alimentos y para beber.

El diagnóstico fue hecho en base a un diagrama de Ishikawa.

Figura 5. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, realizado en Excel.

El muestreo diario a partir de marzo de 2021, brindó datos que mostraron que el pH, dureza y concentración de cloro no estaban dentro de rango, según la norma. Se decidió realizar el mantenimiento correctivo específicamente en los materiales filtrantes, accesorios y dispositivos, y circuito de recirculación con fines de recuperar las condiciones normales de operación, posteriormente se propone el mantenimiento estándar que debe tener toda planta de tratamiento de agua potable, en este caso para alimentos.

Respecto al muestreo fue necesario establecer condiciones de operación, medición de parámetros y condiciones de seguridad para poder monitorear el equipo.

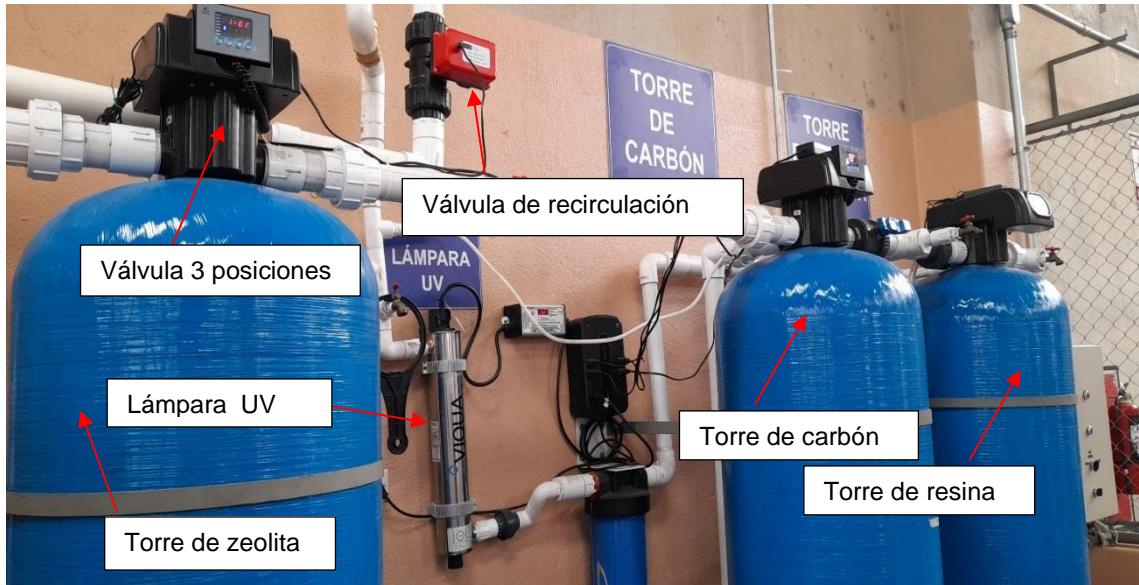
El equipo de protección personal que usó el personal técnico y operario del STAP es:

- Mascarilla.
- Guantes especiales para maniobrar sustancias químicas.
- Lentes o gafas de protección.
- Bota industrial de trabajo.

La imagen 6 muestra los equipos y elementos del sistema de tratamiento de agua.

- Tubería que sale del pozo por medio de bomba principal.
- Tubería de ingreso al sistema de tratamiento.
- Válvula de 3 posiciones para filtro de zeolita.
- Filtro de zeolita.
- Válvula de 3 posiciones para filtro de carbón activado.
- Filtro de carbón activado.
- Tanque de salmuera.
- Válvula de 5 posiciones para filtro suavizador.
- Filtro suavizador (resina).
- Bomba de cloro.
- Filtro de cartucho de 5 micras.
- Lámpara ultra violeta.
- Válvula de control para sistema de recirculación.
- Tubería de salida de agua tratada hacia cisterna.

Figura 6. Sistema de tratamiento de agua potable

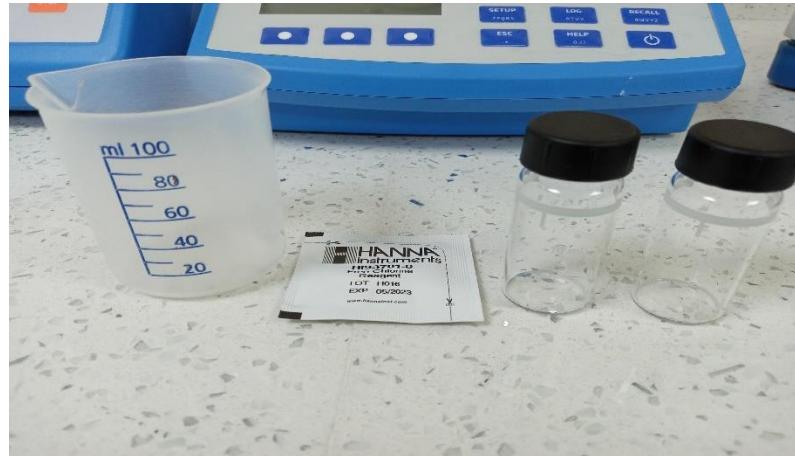


Fuente: [Fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular.
Guatemala.

- **Equipos y recipientes de medición utilizados en muestras**

El laboratorio de la fábrica utiliza un vaso plástico de 75 ml, para captar el agua en los puntos de muestreo, cuando se va a medir el pH se utiliza el medidor HI98107 de *HANNA instruments*, para el cloro se utiliza un medidor de cloro libre HI701, y para medir la dureza se utiliza un kit de prueba *Pentair r151276 1200*. Los análisis para detectar y medir metales y otras condiciones en el agua, son realizados por empresas externas y certificadas para ese tipo de trabajo.

Figura 7. Vicker, recipiente y reactivo para medición en laboratorio



Fuente: [Fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular.
Guatemala.

Figura 8. Medidor de pH



Fuente: [Fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular.
Guatemala.

Figura 9. Medidor de color y dureza



Fuente: [Fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular.
Guatemala.

De acuerdo a los objetivos propuestos en el desarrollo del tema, se presentan los requerimientos que establece la norma.

3.1. Objetivo 1

Identificar las características y especificaciones que establece la Norma COGUANOR NTG 29001 para agua potable, los cuales debe cumplir un sistema de tratamiento de agua potable.

Para referirse a las principales características y especificaciones del agua para considerarla potable, son: el, pH, dureza, y cloro libre, también hay otros parámetros como: el color, metales, conductividad, cantidad de coliformes, entre

otros, que se miden en un muestreo más completo y con el equipo específico utilizado en laboratorios que cuentan con esa gama de instrumentos.

Tabla VIII. Características físicas y organolépticas

Características físicas y organolépticas del agua que debe tener el agua para consumo humano

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (b)
Conductividad eléctrica	750 µS/cm	1500 µS/cm (d)
Potencial de hidrógeno	7. a 7.5	6.5 a 8.5 (c) (d)
Sólidos totales disueltos	500 mg/L	1000 mg/L

(a) Unidades de color en escala de platino-cobalto.

(b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

(c) En unidades de pH.

(d) Límites establecidos a temperatura de 25 °C.

Fuente: COGUANOR 29001 (2013). *Norma Técnica Guatimalteca*. Consultado el 6 de septiembre de 2021. Recuperado de

https://www.academia.edu/39517315/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_COGUANOR_NTG_29001.

Tabla IX. Características químicas del agua

Características químicas que tiene que tener el agua para consumo humano		
Características	LMA	LMP
Cloro residual libre (a)	0.5mg/L	1mg/L
Cloruro (Cl)	100mg/L	250mg/L
Dureza Total (CaCo3)	100mg/L	500mg/L
Sulfato (SO4)	100mg/L	250mg/L
Al	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Ca	75 mg/L	150 mg/L
Zn	3 mg/L	70 mg/L
Cu	0.050 mg/L	1.5 mg/L
Mg	50 mg/L	100 mg/L
Mn	0.1 mg/L	0.4 mg/L
Hierro total (b)	0.3 mg/L	---

Fuente: COGUANOR NTG 29001 (2013). *Norma Técnica Guatemalteca*. Consultado el 6 de septiembre de 2021. Recuperado de https://www.academia.edu/39517315/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_COGUANOR_NTG_29001.

De acuerdo a los datos de tabla IX, se confirma que el Ministerio De Salud Pública Y Asistencia Social es el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.

No se incluye el límite máximo permisible porque la organización mundial de la salud establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al límite máximo aceptable.

Tabla X. Relación de las substancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud

Substancia	LMP (mg/L)
Arsénico	0.010 mg/L
Bario	0.70 mg/L
Boro	0.30 mg/L
Cadmio	0.003 mg/L
Cianuro	0.070 mg/L
Cromo total	0.050 mg/L
Fluoruro	1.50 mg/L
Mercurio total	0.001 mg/L
Plomo	0.010 mg/L
Selenio	0.010 mg/L
Nitrato	50 mg/L
Nitrito	3 mg/L

Fuente: COGUANOR NTG 29001 (2013). *Norma Técnica Guatimalteca*. Consultado el 6 de septiembre de 2021. Recuperado de https://www.academia.edu/39517315/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_CO GUANOR_NTG_29001.

Tabla XI. Características Microbiológicas

Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Microorganismos	Límite máximo permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y E. Coli	No debe ser detectable en 100 mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y E. Coli	No debe ser detectable en 100 mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y E. Coli	No debe ser detectable en 100 mL de agua

Fuente: COGUANOR NTG 29001 (2013). *Norma Técnica Guatemalteca*. Consultado el 6 de septiembre de 2021. Recuperado de https://www.academia.edu/39517315/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_CO GUANOR_NTG_29001.

La norma también toma en cuenta aspectos radiológicos, método de análisis y muestreo.

3.2 Objetivo 2

Determinar la condición actual del sistema de tratamiento de agua potable y las brechas para el cumplimiento de la Norma COGUANOR NTG 29001.

Al realizar un análisis del sistema cuando estaba sin uso y se puso en marcha, se realizó a través de muestreos continuos, revisión del equipo, se investigó información técnica del equipo, en donde se encontró datos como: la capacidad del pozo mecánico, tipo de bomba principal, capacidad de los tanques filtrantes, características de válvulas electrónicas programables, y demás componentes que forman la tubería de agua hasta llegar a la cisterna que tiene

una capacidad de 54 m³ de almacenamiento; sin embargo, el sistema no funcionaba eficientemente, había materiales filtrantes dañados, equipo que debía recibir mantenimiento preventivo, una bomba y sistema de presurización no funcionaban y el agua no cumplía con los parámetros necesarios para ser agua potable.

Tabla XII. Especificaciones técnicas de pozo

Variables	Datos	Promedio
Q	53GPM	
Profundidad de bomba	930 '	
Presión	50PSI	
Arranques/día	3	
Duración de arranque	2 h	
	7 a. m.	12,000 lts
Pozo funcionando automáticamente	12:30	8,000 lts
	16:30 p. m.	6,000 lts
Motor sumergible de 6"	7.5HP o 5.5KW	
Voltaje	460/380	

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Filtro de cartucho de 5 µm



Fuente: [Fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular.
Guatemala.

Figura 11. Panel de control de bomba principal y sistema automático



Fuente: [fotografía de Julio López]. (Guatemala, Guatemala 2021). Colección particular.
Guatemala.

Tabla XIII. Medición del cloro de STAP muestreo inicial

Núm.	Fecha	pH (potencial de hidrógeno)	Resultado (ppm)
1	13/03/2021	7.05	0
2	23/03/2021	7	2.5
3	24/03/2021	7.09	2.5
4	24/03/2021	7.01	2.29
5	25/03/2021	6.99	1.48
6	25/03/2021	6.98	1.53
7	26/03/2021	7.3	0.72
8	29/03/2021	7	0
9	30/03/2021	6.9	0.03

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Medición del cloro de STAP segundo muestreo

Núm.	Fecha	pH (potencial de hidrógeno)	Resultado (ppm)
10	05/04/2021	6.8	0.31
11	06/04/2021	6.9	0.43
12	07/04/2021	6.9	0.22
13	08/04/2021	7	0.15
14	09/04/2021	6.8	0.33
15	12/04/2021	7.5	0
16	14/04/2021	7.1	0.03
17	15/04/2021	7.6	0.98
18	19/04/2021	7.8	1.68
19	21/04/2021	7.5	1.77
20	22/04/2021	7	1.21
21	23/04/2021	7.2	1.14
22	27/04/2021	7	0.58
23	28/04/2021	7.6	0.41
24	29/04/2021	7.5	0.43
25	30/04/2021	7	0.46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV Análisis de agua en salida del STAP por proveedor externo

Análisis	Alimentación
Conductividad	260
Sulfito	0
Fosfato	0
Dureza	274
Ph	7.9
Alcalinidad Parcial	-
Alcalinidad total	125
Alcalinidad OH	130
Hierro	0.07
Sílice	51

Fuente: elaboración por empresa Hoffmann con datos del STAP (2021).

Tabla XVI. Monitoreo 1 en etapa de plan piloto

Núm.	Fecha	Pto. Muestra	Dureza	pH	Cloro (ppm)
1	04/10/2021	Comedor	7.900	0.75	
2	05/10/2021	Comedor	7.800	1.18	
3	06/10/2021	Comedor	7.500	1	
4	07/10/2021	Piso 3	7.850	0.9	
5	08/10/2021	Piso 4	7.900	0.76	
6					
7					
8	11/10/2021	Piso 1	8.100	0.68	
9	12/10/2021	Piso 2	7.600	0.32	
10	13/10/2021	Comedor	7.800	0.63	
11	14/10/2021	Piso 1	7.900	0.35	
12	15/10/2021	Piso 3	7.700	0.38	
13					
14					
15	18/10/2021	Piso 4	8.000	0.53	
16	19/10/2021	Piso 2	7.850	0.81	
17	20/10/2021	Comedor	7.700	0.78	
18	21/10/2021	Piso 2	7.700	0.03	

Continuación de la tabla XVI.

19					
20					
21					
22	25/10/2021	Comedor	7.400	0.65	
23	26/10/2021	Piso 3	7.650	0.7	
24	27/10/2021	Comedor	7.500	0.54	
25	28/10/2021	Comedor	7.450	0.68	
26	29/10/2021	Comedor	7.400	0.71	
27					

Fuente: elaboración por laboratorio de control de calidad (2021).

En la tabla se registra el resultado de medir pH y cloro residual, realizado por el laboratorio de control de calidad al sistema de tratamiento de agua potable en puntos específicos, durante el mes de octubre del año 2021.

TABLA XVII. Monitoreo 2 en etapa de plan piloto

Núm.	Fecha	Pto. muestra	Dureza	pH	Cloro (ppm)
1	01/11/2021				
2	02/11/2021				
3	03/11/2021	Comedor	7.800	0.78	
4	04/11/2021	Comedor	7.650	0.49	
5	05/11/2021	Comedor	7.700	0.45	
6					
8	08/11/2021	Comedor	7.600	0.3	
9	09/11/2021	Comedor	7.600	0.64	
10	10/11/2021	Comedor	7.550	0.92	
11	11/11/2021	Comedor	7.550	1.05	
12	12/11/2021	Comedor	7.600	1	
13					
15	15/11/2021	Comedor	7.650	1.06	
16	16/11/2021	Comedor	7.500	1.16	
17	17/11/2021	Comedor	7.350	0.54	
18	18/11/2021	Comedor	7.300	0.8	

Continuación de tabla XVII.

19	19/11/2021	Comedor	7.200	1.01
20				
22	22/11/2021	Comedor	7.500	0.3
23	23/11/2021	Comedor	7.400	0.89
24	24/11/2021	Comedor	7.700	0.78
25	25/11/2021	Comedor	7.650	1.19
26	26/11/2021	Comedor	7.400	1.07
27				
29	29/11/2021	Comedor	7.220	1.22
30	30/11/2021	Comedor	7.150	1.1

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos por laboratorio de control de calidad 2021.

En la tabla se registra el resultado de medir pH y cloro residual, realizado por el laboratorio de control de calidad al sistema de tratamiento de agua potable en puntos específicos, durante el mes de noviembre del año 2021.

Tabla XVIII. Monitoreo 3 en etapa de plan piloto

Núm.	Fecha	Pto. Muestra	Dureza	pH	Cloro (ppm)
1	01/12/2021	Comedor	7.600	1.11	
2	02/12/2021	Comedor	7.400	1.07	
3	03/12/2021	Comedor	7.350	0.78	
4					
5					
6	06/12/2021	Comedor	7.400	1.01	
7	07/12/2021	Comedor	7.300	0.89	
8	08/12/2021	Comedor	7.200	0.94	
9	09/12/2021	Comedor	7.400	0.78	
10	10/12/2021	Comedor	7.200	1.08	
11					
12					
13	13/12/2021	Comedor	7.200	0.85	
14	14/12/2021	Comedor	7.500	1.03	

Continuación de tabla XVIII.

15	15/12/2021	Comedor	7.400	0.76
16	16/12/2021	Comedor	7.500	0.95
17	17/12/2021	Comedor	7.200	0.96
18				
19				
20	20/12/2021	Comedor	7.300	0.94
21	21/12/2021	Comedor	7.100	0.9
22	22/12/2021	Comedor	7.350	0.89
23	23/12/2021	Comedor	7.100	0.99
24				
25				
26				
27	27/12/2021	Comedor	7.100	0.81
28				

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos por laboratorio de control de calidad 2021.

En la tabla se registra el resultado de medir pH y cloro residual, realizado por el laboratorio de control de calidad al sistema de tratamiento de agua potable en puntos específicos, durante el mes de diciembre del año 2021.

3.3. **Objetivo 3**

Establecer las actividades para el mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua potable en la planta de alimentos para cumplir con los parámetros de operación contenidos en la norma COGUANOR NTG 29001.

Realizar muestreo diario de agua en el sistema de tratamiento, en donde debe cumplir con parámetros siguientes de acuerdo a la norma:

- El pH debe estar entre 6.5 y 8.5.

- El cloro residual debe estar entre 0.5 y 1 ppm.
- La dureza del agua debe estar entre 6.5 y 8.

Si el pH es menor a 6.5 entonces el agua es ácida y corrosiva y está comprobado que afecta las tuberías y accesorios que contienen agua.

En el caso del cloro residual que es tan importante para la desinfección total, si a la hora de realizar prueba de cloro, este es cero, entonces se encuentra fuera de parámetro. Si al medir cloro por medio del *kit* da resultado arriba de 1.0 entonces se considera que se encuentra fuera de parámetro, entonces finalmente si el resultado está entre 0.5 y 1.0 mg/L entonces se obtendrá agua apta para proceso de alimentos y para beber.

La dureza del agua se refiere a la cantidad de minerales que están presentes, entonces si se tiene dureza alta, es porque existen varios minerales disueltos, y si el agua es baja o llamada blanda, es porque hay pocos minerales disueltos en el agua.

Especificaciones guía para ubicar dureza en el agua:

- El agua se considera bastante blanda si se encuentra entre 0 a 79 mgCaCO₃/l.
- El agua se considera blanda si se encuentra entre 80 a 149 mgCaCO₃/l.
- El agua se considera semi dura si se encuentra entre 150 a 329 mgCaCO₃/l.
- Finalmente, si el agua muestra entre 330 a 549 mgCaCO₃/l, se considera agua dura.

Después de que se tiene los resultados de los muestreos en donde están contemplados 3 aspectos importantes, hay información fundamental que brindan los proveedores como son las recomendaciones generales:

- El carbón activado debe reemplazarse cada dos años
- La resina catiónica debe cambiarse cada dos años, obviamente esto puede variar, porque está relacionado con el volumen de agua tratada, de acuerdo con datos registrados en los documentos de control, el volumen de agua que pasa a través del suavizador en el sistema es aproximadamente 13248 m³.
- La bomba de cloro debe recibir mantenimiento por lo menos cada 3 meses.
- El filtro de 5 micras debe cambiarse cada año, y/o revisar a los 6 meses el estado del mismo.
- El cuarzo de la lámpara UV del modelo utilizado en la planta, debe cambiarse anualmente, según el fabricante.
- Las válvulas de 3 y 5 posiciones deben someterse a mantenimiento cada 6 meses.
- La válvula electrónica que activa el sistema de recirculación debe ser revisada cada 6 meses.

3.4. Objetivo 4

Proponer el mantenimiento estándar de un sistema de tratamiento de agua potable de una planta de alimentos basado en (COGUANOR, 1999).

La propuesta del mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua consiste en el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican al sistema, dichas acciones se respaldan en información técnica de fabricantes de los diferentes equipos, en este caso actividades preventivas y programadas para el sistema. También se cuenta como guía principal el monitoreo de parámetros en las mediciones que se realizan al agua, el cual determina si el agua está dentro de rangos, según la norma NTG 29001, para considerar que no existe ningún problema en algún medio filtrante, válvula de control, sistema de bombeo, deterioro en lámpara ultra violeta o filtro de sedimento de la planta de tratamiento, por el contrario si ya empieza a variar el resultado de pH, la dureza, o el cloro, significa que es hora de coordinar para que el personal designado realice el trabajo necesario de mantenimiento.

La información acerca de periodicidad para el mantenimiento que debe recibir cada equipo, así como la descripción, se encuentra a través de un procedimiento teórico en el apéndice 3.

Tabla XIX. Beneficio obtenido de reactivar el sistema de tratamiento de agua potable de fábrica de alimentos

Descripción	Cantidad	Relación Meses	Complemento	Total
Inversión de construcción de pozo propio y sistema de tratamiento de agua potable (STAP).	Q 800,000.00			
Facturación de agosto 2020 a mayo 2021 (9 meses), de suministro municipal de agua.	Q 90,847.70	11 %	9	72
Reestablecer el sistema de tratamiento de agua potable (marzo 2021).	Q 30,991.16	4 %		
Costo mensual de operación del sistema de tratamiento de agua potable, marzo 2021 a marzo 2022.	Q 1,000.00			

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del sistema de tratamiento de agua potable (2021).

La tabla que precede muestra el monto de la inversión inicial que tuvo la construcción de un pozo propio y sistema de tratamiento de agua potable (STAP), que equivale a Q 800 mil exactos. No obstante, lo anterior, se interrumpió la operación de dicho pozo durante 28 meses, por lo que se vio en la necesidad del suministro de agua potable por medio de la red municipal. Esto implicó una facturación mensual aproximada de Q 10,000.00.

Al restablecer el uso del pozo propio y STAP, se tuvo una inversión de Q 30,991.16 para su funcionamiento, lo cual redujo el costo mensual por el uso de agua potable con pozo propio 9 veces la facturación de la municipalidad,

es decir Q 9,000, mensuales. Resultado de ello, se obtiene un ahorro del 90 % mensual, tal y como se muestra en el siguiente análisis:

$$\frac{\text{Q 10 mil (Agua Municipal)} - \text{Q 1 mil (pozo propio)}}{\text{Q 10,000.00}} = \frac{\text{Q } 9,000.00}{\text{Q } 10,000.00} = 0.9 \text{ o } 90 \%$$

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio realizado tuvo como objetivo proponer el mantenimiento estándar que debe aplicarse al tratamiento de agua potable, que identifica claramente cuándo se debe realizar cambios de componentes del equipo, mantenimiento y la inspección técnica necesaria. Durante el desarrollo se realizó un análisis acerca de la validez interna y externa acerca de la investigación, así mismo de los resultados obtenidos.

- Análisis interno del estudio

El análisis del sistema de agua potable, surgió a raíz de que desde el inicio de la implementación del STAP, año 2018 no hubo ningún beneficio para la empresa, es decir el contar con pozo propio y sistema para tratar el agua, ya que se dependía del abastecimiento de la red municipal, entonces fue necesario que jefaturas de ingeniería y control de calidad, decidieran la revisión desde la etapa de diagnóstico, mantenimiento correctivo, así como el seguimiento en el monitoreo de parámetros para comparar con la norma. El personal que opera el sistema del agua potable cuenta con el conocimiento técnico en temas de cómo se utilizan los instrumentos de medición y reactivos, el uso correcto de formato que contiene la información de parámetros y lo más importante cómo aplicar el mantenimiento estándar del sistema.

El desarrollo del mantenimiento propuesto viene a ser la solución que necesita el tratamiento de agua potable, el monitoreo constante a través de muestreos, la verificación de funcionamiento de todos los equipos y elementos,

así como la intervención de los mismos, hace que se tenga un tratamiento de agua, confiable y que responda a las necesidades de agua tratada en la fábrica.

- Análisis externo del estudio

En un trabajo de investigación realizado por Castañeda (1996), que fue el tema de evaluación y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable en San Raymundo, Guatemala, en la cual enfatiza que, si los componentes de un sistema no están en buenas condiciones, entonces no se puede obtener agua libre de contaminantes. Dentro de los análisis se profundizó en parámetros importantes como color, color verdadero, pH y uno que es imprescindible eliminar durante el tratamiento al agua, es que no tenga coliformes.

En la fábrica de alimentos al realizar desde el inicio del estudio, la evaluación del sistema que trata el agua, se determinó que parámetros como pH, color, nivel de metales y otros, están en cumplimiento; sin embargo, el cloro a veces se encontraba inestable, es importante mencionar que se realiza dos veces al año el tipo de muestreo compuesto, en donde se incluye información completa del agua.

La investigación realizada por Barahona (2016) para la operación en un sistema que abastece agua potable, también incluyó aprender el manejo de válvulas de los equipos y sobre todo el mantenimiento que debe aplicarse en general a una planta de tratamiento, coincide con la creación de un procedimiento de operación porque esto favorece la conservación de los elementos y el tiempo de vida, además de asegurar el cumplimiento de la norma que rige los parámetros de cada ciudad y país. También incluye aspectos importantes desde el diagnóstico del sistema y la capacitación técnica que el personal que opera debe tener en tema de monitoreo y mantenimiento estándar de los equipos.

El estudio que desarrolló Caminati y Caqui (2013), es acerca del sistema de tratamiento de agua para el consumo de las personas, coincide con que hubo ahorro e independencia de proveedor externo para suministrar el vital líquido, refiriéndose a fábrica de alimentos, con la recuperación del sistema luego de estar sin funcionamiento, el costo de abastecimiento de agua es favorable y el abastecimiento de agua es independiente de Empagua, tener mejor control a través de rutinas, en los parámetros de agua y el mantenimiento que debe aplicarse para cuando llegue el momento de realizar cambios en elementos principales y la intervención de mantenimiento en otros equipos.

Se llevó a cabo otro estudio por Estrada (2012) a la planta de tratamiento de agua potable en una farmacéutica, era orientado a cumplir con informe 32 de MSPAS por un lapso de tiempo de año y medio, es el tiempo mínimo para que las autoridades pertinentes vuelvan a auditar, pero el objetivo es demostrar que el mantenimiento del sistema es lo que garantiza un sistema eficiente y duradero para proveer agua potable. Dentro de la investigación en la fábrica de alimentos se estableció que el mantenimiento estándar, debe existir como garantía para obtener agua de calidad, todo el proceso estuvo acompañado por el laboratorio interno de la fábrica a través del personal de control de calidad, ya que dicho departamento tiene una incidencia directa en toda industria de alimentos.

Según otro estudio realizado por Santizo (2017), se tuvo enfoque en la calidad microbiológica del agua para el departamento de Sacatepéquez, en orden de favorecer aldeas de Antigua Guatemala, la tendencia se dio para atender el problema de inexistencia de tratamiento de agua potable, escasa agua para el usuario y deficiente calidad del agua, derivado de falta de tratamiento correcto y ausencia de mantenimiento. Este estudio se relaciona con el tema de investigación, porque se buscó mejorar la calidad de agua potable, ya que se pueden presentar problemas incluso con el suministro municipal, es

imprescindible tener plantas para tratar agua en excelente condición, ya que si la población que va en aumento, sobre todo en las grandes ciudades como Guatemala, y sumado a esto la disminución en rendimiento de los recursos hídricos, se corre el riesgo de que el agua no cuente con los parámetros aceptables y traiga consecuencia a la salud de las personas.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron los requerimientos que establece la norma COGUANOR NTG 29001, dentro de los cuales está el índice de pH, dureza y cloro libre, para tratar el agua potable y que sea apta para procesos en la industria de alimentos como también para consumo humano.
2. La condición del sistema de tratamiento de agua potable para la fábrica de alimentos se determinó por una revisión y diagnóstico realizado al equipo en general, y complementado por el muestreo del agua a través del laboratorio interno, en donde se confirmó que era necesario realizar trabajos de mantenimiento correctivo para reactivar el sistema en general.
3. Se propuso en base al tipo de sistema de tratamiento de agua y la demanda de agua que tiene la fábrica, las actividades de mantenimiento de cada equipo, con el objetivo de mantener el sistema funcionando en forma eficiente y que esté en cumplimiento con la norma COGUANOR 29001.
4. De acuerdo al estudio piloto, se presenta un mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua potable de la fábrica de alimentos, a través de un procedimiento que contempla la información técnica necesaria para guiar la operación, así como períodos de aplicar los mantenimientos programados.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere que para que el agua en la fábrica de alimentos sea potable, se utilice siempre la guía de norma COGUANOR NTG 29001, ya que tiene los lineamientos para garantizar la calidad del agua.
2. Se hace necesario incluir capacitaciones tanto a técnicos operadores del sistema, como al personal que realiza los mantenimientos a dicho equipo, sobre todo porque siempre hay cambios y novedades en los avances de tan importante tema.
3. Se propone continuar con la implementación de nuevas formas o herramientas que permitan tener un mejor control del funcionamiento y monitoreo del sistema de agua potable.
4. Se debe implementar el mantenimiento estándar del sistema de tratamiento de agua potable en base a la propuesta realizada, además buscar la mejora continua, que puede ser a través de modelos de automatización que se utilizan en la industria de alimentos de hoy en día.

REFERENCIAS

1. Acquatecnología. (2022). *Cloro residual*. (A. TECNOLOGÍA, Ed.) Recuperado el 21 de agosto de 2021, de ACQUA TECNOLOGÍA: <http://acquatecnologiacolombia.com/cloro-residual.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20Cloro%20Residual,compuestos%20causantes%20de%20malos%20sabores>.
2. Agamez, C. (2014). Diseño de Un Sistema de Intercambio Catiónico de Lecho Fijo Para la Potabilización de Agua en el Corregimiento de Malagna (Bolívar). Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena. Cartagena de Indias, D. T. Y C, Colombia. Recuperado el 28 de agosto de 2021, de <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/41f1ccfb-eed4-4251-b99f-70452f30ccfc/content>.
3. Ambientalys. (s.f.). Qué es el pH. *Análisis de parámetros en agua de consumo*. Recuperado el 21 de agosto de 2021, de <https://www.ambientalys.com/analisis-aguas-consumo-ph>.
4. Aquafilt. (1998 - 2021). *Filtros Purikor*. (Aquafilt, Editor) Recuperado el 5 de Septiembre de 2021, de <https://aquafilt.mx/producto/purikor/>.
5. Aquarep. (2021). *Válvula de control Automatica Ablandador F74A3 Controlador por volumen*. (AQUAREP, Editor) Recuperado el 31 de agosto de 2021, de <https://aquarep.com.ar/producto/válvula-de-control-automatica-ablandador-f74a3-controlador-por-volumen/>.
6. Asociación Española para la Calidad. (2019). *Mantenimiento preventivo*. (AEC, Productor) Obtenido de AEC: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>.
7. Barahona, Á. B. (2016). Operación Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable De La Parroquia Rio Negro, Cantón Baños, Provincia Tungurahua. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador. Recuperado el 18 de julio

- de 2021, de
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24447/1/Tesis%201081%20-%20Chafla%20Barahona%20Angel%20Vladimir.pdf>.
8. Barrera, J., y Vicuña , E. (24 de abril de 2019). Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32519>
 9. Benites, A. (2021). Agua suave. *Agua blanda*. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de AQUA BENITES: <http://www.aquabenites.com/project/agua-blanda/>.
 10. Berkowitz, D. (s.f.). *Industria Alimentaria*. (E. d. Trabajo, Ed.) Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de Industria Alimentaria: <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+67.+Industria+alimentaria>
 11. Blogger. (20 de septiembre de 2015). Estándares de Mantenimiento. *Administración de los Recursos y Función Informática*. Recuperado el septiembre de 2021, de <http://afiyuyuvillanueva.blogspot.com/2016/07/55-estandares-de-mantenimiento.html>.
 12. Caminati, A., y Caqui, R. (abril de 2013). Análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado el 18 de julio de 2021, de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1738/ING_526.pdf?sequence=1.
 13. Carbotecnia. (5 de Octubre de 2021). *Lámpara UV*. Obtenido de Carbotecnia: <https://www.carbotecnia.info/categoría-producto/equipo-para-tratamiento-de-aguas/lamparas-ultravioleta-uv/>.
 14. Carbotecnia. (2022). *Carbón activado*. (Carbotecnia, Editor) Recuperado el 5 de octubre de 2021, de

- <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>.
15. Castañeda, F. (noviembre de 1996). Evaluamiento y mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable de San Raymundo Guatemala. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala. Recuperado el 18 de julio de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0069_MT.pdf.
 16. COGUANOR. (1999). Norma Técnica Guatemalteca Coguanor NTG 29001. 12. Guatemala, Guatemala. Recuperado el 10 de septiembre de 2021, de <https://www.mineco.gob.gt/comisi%C3%B3n-guatemalteca-de-normas#:~:text=COGUANOR%20es%20un%20ente%20facilitador,t%C3%A9cnicas%20son%20de%20car%C3%A1cter%20voluntario>.
 17. COGUANOR NTG 29001. (8 de 09 de 2013). *COGUANOR NTG 29001*. (N. T. 29001, Editor) Recuperado el 6 de septiembre de 2021, de Norma Técnica Guatemalteca NTG 29001: https://www.academia.edu/39517315/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_COGUANOR_NTG_29001.
 18. Concepto. (16 de julio de 2021). *Características de la industria alimentaria*. Obtenido de Industria alimentaria: <https://concepto.de/industria-alimentaria/>.
 19. Contributors, E. (5 de junio de 2020). *Calidad del agua*. (ECURed, Editor) Recuperado el 31 de agosto de 2021, de https://www.ecured.cu/index.php?title=Calidad_del_agua&oldid=3696643.
 20. Delgado, C., y Falcón, J. (2019). Evaluación Del Abastecimiento De Agua Potable Para Gestionar Adecuadamente La Demanda Poblacional Utilizando La Metodología SIRAS 2010 En La Ciudad De Chongoyape, Chiclayo, Lambayeque, Perú. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de San Martín De Porres, Lima, Perú. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5195/delgado-falc%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

21. Estrada, A. (15 de febrero de 2012). Estudio técnico de validación del sistema de tratamiento de agua purificada grado farmacéutico, en un laboratorio farmacéutico. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/02/13/Estrada-Ana.pdf>.
22. Filtro, M. (2020). *Válvula Automática FILTRO N75Q1*. (M. FILTRO, Editor) Recuperado el 31 de agosto de 2021, de MI FILTRO: <https://www.lojameufiltro.com.br/valvulas/valvula-automatica-filtro-n75b1-f75b1-10-m-h-tempo>.
23. Filtro, MEU. (2020). *Válvula N74A3*. (M. Filtro, editor) Recuperado el 31 de agosto de 2021, de <https://www.lojameufiltro.com.br/valvulas/valvula-automatica-filtro-n75b1-f75b1-10-m-h-tempo>.
24. García, C. (noviembre de 2011). Propuesta De Eficientización Del Sistema De Distribución De Agua Potable, En El Área Urbana Del Municipio De Chicacao, Departamento de Suchitepéquez. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Chicacao, Suchitepéquez, Guatemala. Recuperado el 18 de julio de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2458_IN.pdf.
25. Google. (s.f.). Estándar de mantenimiento. *Estándares de mantenimiento*. Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de <https://www.google.com/search?q=estandar+de+mantenimiento&oq=Estandar+de+mantenimiento&aqs=chrome.0.0i19i512l2j0i19i22i30l4j0i390l4.5978j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
26. Guix, A. (julio de 2014). *Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua agua de distribución municipal en el municipio de Patzite del departamento de el Quiché*. (A. Guix, Ed.) Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de http://www.repositorio.usac.edu.gt/2024/1/06_3643.pdf.
27. Guzmán, J. (2014). Diseño de investigación para el estudio del diseño de pozos mecánicos de acuerdo con las unidades hidrogeológicas más importantes del departamento de Guatemala. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de San Carlos De Guatemala,

- Guatemala. Recuperado el 28 de agosto de 2021, de Google: http://www.repositorio.usac.edu.gt/1092/1/08_3708_C.pdf.
28. Herrera, W., y Cunalata, O. (2019). *Aplicados en la Ingeniería Mecánica*. Recuperado el 18 de julio de 2021.
 29. HidroExpertos. (2020). *Filtros de lecho profundo*. Obtenido de Definición de filtro de sedimento: <https://hidroexpertos.com/agua/filtros/filtros-sedimentos/>.
 30. Lámpara UV. (5 de agosto de 2020). Obtenido de https://www.google.com/search?q=qu%C3%A9+es+lampara+uv+para+agua+potable&biw=1366&bih=667&sxsrf=ALEKk00TWqSAvEGhYyvNnlot-h3m08dvSg%3A1629178556365&ei=vEobYdndFbmPwbkPndOS8Aw&oq=Qu%C3%A9+es+l%C3%A1mpara+ultravioleta+para+agua&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2I6EAMYAjIICCE: www.google.com.
 31. Mendoza, N. (19 de mayo de 2014). Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral Para los Equipos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Cupapuicito, Acueducto-Upata, Municipio Piar, Estado Bolívar. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Guayana, Venezuela. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <https://es.scribd.com/presentation/258449393/Diseno-Sistema-Gestion-Mantenimiento-Integral-Equipos-Planta-Tratamiento-Agua-Potable>.
 32. MSPAS. (1999). Obtenido de <https://www.google.com/search?q=norma+coguanor+ntg+29001&oq=No&aqs=chrome.0.69i59j69i57j69i59j46i67j0i512l6.2442j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
 33. Mundial, E. M. (s.f.). Estandares de mantenimiento. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5580/Capitulo5.pdf>.
 34. Petroquímica, M. (2021). *Mantenimiento Predictivo*. (M. PETROQUÍMICA, Editor) Obtenido de Mantenimiento: <https://www.mantenimientopetroquimica.com/mantenimientopredictivo.html>.

35. Purolite. (2021). *Resina catiónica*. (Purolite, Editor, y Purolite) Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de <https://www.purolite.com/product/sstc60>.
36. Real Academia Española. (2022). *Diccionario de lengua española*. Recuperado el 08 de 05 de 2022, de Parámetro: <https://dle.rae.es/par%C3%A1metro>.
37. Santizo, S. (diciembre de 2017). Método Práctico Para la Evaluación de la Calidad Microbiológica del Agua Para las Aldeas del Municipio de Antigua Guatemala Sacatepéquez Guatemala. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Rafael Landívar, Guatemala, Guatemala. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/02/02/Santizo-Sergio.pdf>.
38. Scribd Inc. (2022). *Tabla para dosificar cloro*. Recuperado el septiembre de 10 de 2021, de <https://es.scribd.com/doc/132697199/Tabla-Para-Dosificar-Cloro>.
39. SENA, S. N. (1999). *Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua*. (2. E. Económico, Ed.) Recuperado el 14 de agosto de 2021, de <http://co.creativecommons.org/tipos-de-licencias/>; <http://biblioteca.sena.edu.co>.
40. Significados. (2013-2022). Significado de pH. Obtenido de <https://www.significados.com/ph/>.
41. Syner, T. (2020). *Plantas de tratamiento de agua potable*. (S. W. Technologies, Editor) Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de SYNERTECH: <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/tratamiento-de-agua-potable>.
42. USAID. (julio de 2018). *Diagnóstico del estado de la gestión urbana del agua y mapeo de actores y plan de sostenibilidad del agua*. Recuperado el 18 de julio de 2021, de USAID: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=<https://pdf.usaid.gov/docs/FPA00TCWW.pdf&chunk=true>.

43. Water Zone. (2022). *Bombas dosificadoras Pulsatron*. Recuperado el 20 de marzo de 2022, de WATER ZONE: <https://waterzone.mx/product/bombas-dosificadoras-pulsatron-marca-pulsafeeder/>.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Matriz de consistencia**

**TÍTULO: MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA UNA PLANTA DE ALIMENTOS
BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**

PROBLEMA	OBJETIVOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
PROBLEMA PRINCIPAL	GENERAL	PREGUNTA GENERAL
Consiste en que el sistema de tratamiento de agua potable de la fábrica no funciona adecuadamente, por lo que se encuentra fuera de parámetros que contiene COGUANOR NTG 29001.	Establecer el mantenimiento estándar de un sistema de tratamiento de agua potable de una planta de alimentos basado en COGUANOR NTG 29001.	¿Cuál es el mantenimiento necesario para el cumplimiento del sistema de tratamiento de agua potable para una planta de alimentos basado en COGUANOR NTG 29001?
PROBLEMAS SECUNDARIOS	ESPECÍFICO	PREGUNTAS ESPECÍFICAS
No se ha establecido cuáles son los requerimientos que exige COGUANOR 29001 para tratamiento de agua en fábrica de chocolates.	Identificar las características y especificaciones que establece COGUANOR NTG 29001, para agua potable, los cuales debe cumplir un sistema de tratamiento de agua potable.	¿Cuáles son los requerimientos establecidos por COGUANOR NTG 29001 para cumplimiento de un sistema de tratamiento de agua potable, para uso en una planta de producción de alimentos?
No se ha establecido cuáles es la condición actualmente del sistema de tratamiento de agua para la fábrica de chocolates.	Determinar la condición actual del sistema de tratamiento de agua potable y las brechas para el cumplimiento de COGUANOR NTG 29001.	¿Cuál es la condición actual del sistema de tratamiento de agua potable para la planta de producción de alimentos en estudio?

Continuación del apéndice 1.

PROBLEMAS SECUNDARIOS	ESPECÍFICO	PREGUNTAS ESPECÍFICAS
No se han determinado las actividades del mantenimiento estándar para la planta de tratamiento de agua potable, para cumplimiento de la norma	Establecer las actividades para el mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua potable en la planta de producción de alimentos para cumplir con los parámetros de operación contenidos en COGUANOR NTG 29001.	¿Cuáles deben de ser las actividades del mantenimiento estándar para un sistema de tratamiento de agua potable, con el fin de cumplir con los parámetros del agua potable basado en COGUANOR NTG 29001?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Matriz de consistencia**

**TÍTULO: MANTENIMIENTO ESTÁNDAR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA UNA PLANTA DE ALIMENTOS
BASADO EN LA NORMA COGUANOR NTG 29001**

METODOLOGÍA	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque en la investigación: mixto. • Diseño de la investigación: no experimental. • Tipo de investigación: descriptiva-explicativa. 	<p>Se identificaron los requerimientos que establece la COGUANOR NTG 29001, dentro de los cuales está el índice de pH, dureza y cloro libre, para tratar el agua potable y que sea apta para procesos en industria de alimentos como también para consumo humano.</p>	<p>Se sugiere que para que el agua en la fábrica de alimentos sea potable, se utilice siempre la guía de COGUANOR NTG 29001, ya que tiene los lineamientos para garantizar la calidad del agua.</p>
	<p>La condición del sistema de tratamiento de agua potable para la fábrica de alimentos se determinó por una revisión y diagnóstico realizado al equipo en general, y complementado por el muestreo del agua a través del laboratorio interno, en donde se confirmó que era necesario realizar trabajos de mantenimiento correctivo para reactivar el sistema en general.</p>	<p>Se hace necesario incluir capacitaciones tanto a técnicos operadores del sistema, como al personal que realiza los mantenimientos a dicho equipo, sobre todo porque siempre hay cambios y novedades en los avances de tan importante tema.</p>
	<p>Se propuso en base al tipo de sistema de tratamiento de agua y la demanda de agua que tiene la fábrica, las actividades de mantenimiento de cada equipo, con el objetivo de mantener el sistema funcionando en forma eficiente y que esté en cumplimiento con la norma COGUANOR 29001.</p>	<p>Se propone continuar con la implementación de nuevas formas o herramientas que permitan tener un mejor control del funcionamiento y monitoreo del sistema de agua potable.</p>

Continuación del apéndice 2.

METODOLOGÍA	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
	<p>De acuerdo al estudio piloto, se presenta un mantenimiento estándar para el sistema de tratamiento de agua potable de la fábrica de alimentos, a través de un procedimiento que contempla la información técnica necesaria para guiar la operación, así como períodos de aplicar los mantenimientos programados.</p>	<p>Se debe implementar el mantenimiento estándar del sistema de tratamiento de agua potable en base a la propuesta realizada, además buscar la mejora continua, que puede ser a través de modelos de automatización que se utilizan en la industria de alimentos de hoy en día.</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Procedimiento de operación y mantenimiento estándar de un sistema de tratamiento de agua potable para una planta de alimentos basado en la norma COGUANOR NTG 29001

FÁBRICA DE ALIMENTOS

Procedimiento de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua potable

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

Continuación del apéndice 3.

Procedimiento de operación del STAP para realizar mantenimiento

- **Objetivo**

El objetivo del procedimiento operativo de sistema de tratamiento de agua es establecer y documentar la operación del mismo para obtener agua potable.

- **Alcance**

Este procedimiento operativo aplicará para el equipo de sistema de tratamiento de agua ubicado en área de parqueo interno de la planta, se refiere a pozo mecánico, torre de grava, torre de carbón y torre de suavizador, tanque de salmuera, sistema de cloración, de recirculación, bomba de clorificación, lámpara UV, válvulas programables, panel de control.

- **Responsables**

- Jefe de Ingeniería
- Operarios de sistema de tratamiento de agua potable

- **Definiciones**

- **Pozo mecánico:** Es la perforación ubicada a 90 metros en donde se encuentra la bomba principal que abastece la fábrica de chocolates, tiene una capacidad de 53GPM
- **Bomba principal:** Es el dispositivo mecánico-eléctrico que realiza trabajo para hacer que el agua llegue a la superficie del pozo y sea conducida por medio de tubería de hierro galvanizado.
- **Torre de carbón:** Es un material utilizado en la purificación de agua potable, se utiliza para eliminar mal olor en el agua.
- **Torre de sedimento:** Es un material, en este caso es grava que se utiliza como soporte de medios filtrantes.

Continuación del apéndice 3.

- Torre de suavizador: Material que hace pasar el agua dura a través de una cama de resinas de intercambio catiónico, y como resultado a la salida obtenemos agua con baja dureza.
- Salmuera: Concentración de sal (cloruro de sodio o NaCl) disuelta en agua, que se utiliza en proceso de tratamiento de agua.
- Bomba dosificadora de cloro: Tipo de bomba cuyo objetivo es inyectar cloro líquido al agua en cantidades controladas, antes de ser depositada en la cisterna.
- Lámpara UV: Elemento utilizado para la esterilización de agua, su objetivo es impedir que se reproduzcan microorganismos.
- Filtro de sedimento: Elemento que atrapa partículas y sedimentos que pueden encontrarse en el caudal de agua, con una capacidad de 5 micrones.
- Válvula de 3 posiciones: Dispositivo que por medio de programación realiza un lavado y retrolavado a medios filtrantes como grava y carbón activado.
- Válvula de 5 posiciones: Dispositivo que, por medio de programación, realiza un lavado, retrolavado, y enjuague a la resina catiónica.
- Sistema de recirculación: Es el sistema conformado por bomba APEC, tanque de presurizado, válvula de control y tubería de pvc, que sirve para abastecer de agua al sistema de tratamiento cuando se activa una de las etapas de los medios filtrantes para cuando corresponde lavado, retrolavado y regeneración.

- **Funcionamiento**

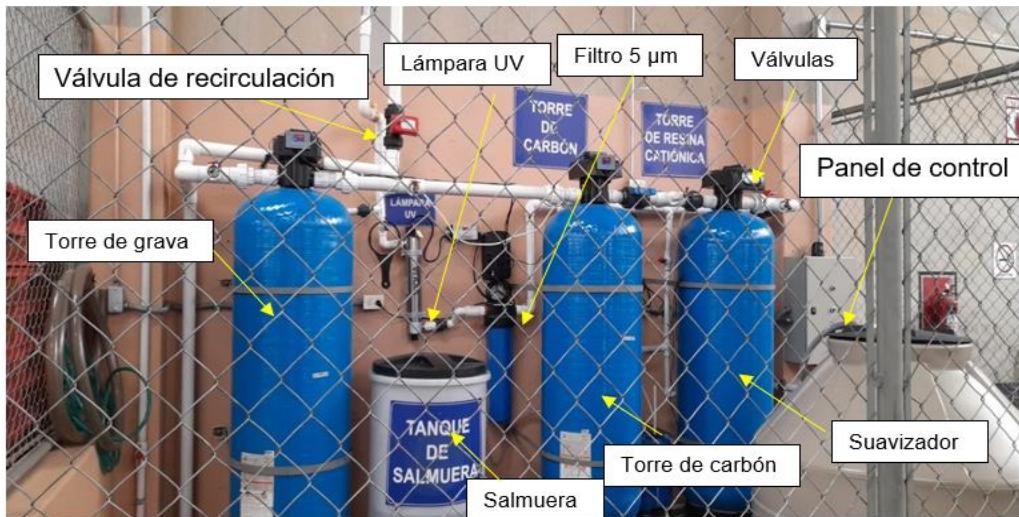
En fábrica Granada el sistema cuenta con tres torres de fibra de vidrio con capacidad de 7p³ cada una que forman un sistema automático de tratamiento de agua para que finalmente sea potable, el cual es alimentado por el pozo mecánico que abastece agua, dichas torres en su interior tienen elementos filtrantes, que tienen diferente función y etapas, por medio de unas válvulas electrónicas programables colocadas en cada una de las torres, se realiza un proceso en el cuál, al finalizar las etapas, generan condiciones para obtener agua potable de calidad para consumo y uso en los diferentes procesos utilizados en la fabricación de chocolates.

El sistema cuenta con otros elementos y dispositivos que le agregan valor a la calidad del agua (pulido), el agua que pasa a través de tubería pvc en el circuito. Finalmente es bombeada

Continuación del apéndice 3.

hacia la cisterna principal de almacenamiento ubicada en primer nivel, en donde luego por medio de otra bomba es enviada en dirección hacia el sexto piso, y distribuida hacia los pisos de abajo y todas las áreas de la planta. El sistema de tratamiento tiene varios ciclos que se repiten según la programación del sistema en general y demanda de agua en producción y el resto del edificio.

Imagen 1. Sistema de tratamiento de agua potable



Fuente: elaboración propia.

- **Arranque**

Para iniciar la operación del sistema, primero se debe asegurar el suministro de agua por medio del pozo mecánico, suministro de energía eléctrica, válvulas en circuito de tuberías que estén abiertas según corresponda. También verificar que la manija principal ubicada en panel de control, esté en posición *On* y en modo automático, una vez cumplido con lo anterior el abastecimiento iniciará de forma automática hasta que esté llena la cisterna principal ubicada en primer nivel.

Continuación del apéndice 3.

Imagen 2. Tablero de control



Fuente: elaboración propia.

- **Operación**

Durante la operación, el técnico debe asegurarse que cada uno de los procesos, elementos en el tren de filtros, componentes y dispositivos estén funcionando correctamente y que ninguno presente algún inconveniente. Se debe realizar una revisión periódica de las válvulas electrónicas y válvulas de bola, para asegurarse que no existan fugas, se debe de comprobar el accionamiento del proceso de lavado y regeneración en las distintas etapas y tiempos según horario programado en válvulas de 3 y 5 posiciones.

- **Seguridad**

En tema de seguridad, si se detecta un problema durante el sistema esté funcionando, en el panel de control se encuentra un pulsador de color rojo (*stop*), es un botón de emergencia el cual, al ser presionado, detendrá toda la operación del equipo.

Continuación del apéndice 3.

- **Apagado**

Es necesario apagar el sistema de tratamiento de agua cuando se ejecute un mantenimiento preventivo y correctivo, para eso debemos posicionar la manija principal del panel de control en posición *Off*.

- **Mantenimiento**

El sistema de tratamiento de agua potable necesita un mantenimiento estándar en base a horas de funcionamiento en el caso de lámpara UV, cantidad de galones que son tratados en todo el sistema, por ejemplo, se hace necesario cambio de filtro de sedimento, cambio de carbón activado y de acuerdo a parámetros que constantemente se monitorean, como el pH, considerar el cambio de la resina catiónica contenida en la tercera torre.

Durante el mantenimiento al STAP, se hace necesario suministrar agua a través del sistema de la municipalidad, y así desarrollar los trabajos programados en alguna sección del sistema.

Se le hace un muestreo al sistema semanal, en donde se quiere saber el comportamiento del pH, dureza y cloro.

Se deben revisar los componentes como el manómetro de presión, las válvulas de seguridad, las bombas de llenado de agua.

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 4. Programa de mantenimiento a desarrollar en los equipos
en base a tiempos establecidos por el fabricante**

Nombre de equipo o componente	Mantenimiento de los componentes del sistema de tratamiento de agua potable						Observaciones
	Semanal	Mensual	Bimestral	Semestral	Anual	Cada dos años	
Bomba principal del pozo					X		Es recomendable revisarla cuando se detecte falla en la operación o disminución de caudal, realizar aforo
Tablero de control y mando				X			Revisar funcionamiento de dispositivos de fuerza y mando
Torres de fibra de vidrio				X			Revisar para descartar posibles fisuras y / o deformaciones que terminen ocasionando daño a las torres
Tanque de salmuera				X			Limpieza del tanque como en manguera que conecta a torre de suavizador para evitar obstrucción, también válvula Venturi
Válvulas de 3 y 5 posiciones		X		X			Revisar funcionamiento mensual. Detalle de mecanismos y <i>kit de oring</i> de sellado, anual
Bomba de cloro			X				Dar mantenimiento a diafragma, <i>fittings</i> , cheque de succión, sellos, <i>oring</i> y demás partes internas
Filtro de 5 µm				X	X		Depende de cantidad de agua filtrada, tiempo máximo 1 año
Lámpara UV					X		Tiene un tiempo de vida de 1 año, hay que cambiarla
Carbón activado					X	X	En base a la cantidad de agua filtrada, es recomendable cada año o a los dos años
Resina catiónica					X	X	Este cambio depende de que la calidad de agua está disminuyendo, se puede detectar a través de pH alto
Manómetro principal		X					Revisar estado de la unidad
Válvula de recirculación				X			Revisar funcionamiento
Bomba de recirculación					X		Revisar funcionamiento y pruebas de aforo

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Documentos asociados

Formato para control mensual de parámetros

Fuente: elaboración propia.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Formato para realizar mantenimiento de un componente del STAP

Mantenimiento SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE						
Información			Fecha de realización:	Hora de ejecución:		
Técnico(s) Responsable:			Firma:			
Listado de equipo						
1.- Bomba principal del pozo	4.- Torre de suavizador	7.- Filtro de 5 µm				
2.- Torre de grava	5.- Tanque de salmuera	8.- Lampara UV				
3.- Torre de carbón	6.- Bomba de cloro	9.- Válvula (tipo)				
10. Bomba de recirculación	11. Panel de Control					
Mantenimiento por período	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	
Amperaje:	Voltaje:					
L1:	L2:	L3:				
Inspección			Si	No	N/A	Observaciones
Ruidos extraños:						
Vibraciones anormales:						
Revisar estado general exterior:						
Revisar válvulas programables y/o recirculación						
Revisión de panel de control(contactores, relés, fuente, conexiones)						
Faltan tornillos de sujeción						
Revisar estado de torre						
Cambio de filtro (tipo)						
Revisión de mangueras de conexión (cambio si es necesario)						
Realizar pruebas de funcionamiento						
Describir el detalle de mantenimiento realizado						
Vo. Bo. Jefe de ingeniería			Vo.Bo. Supervisor de control de calidad			

Fuente: elaboración propia.