



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

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA
A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

Juan Pablo Martinez Castañeda

Asesorado por MSc. Ing. Zenón Much Santos

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA
A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN PABLO MARTINEZ CASTAÑEDA
ASESORADO POR MSC. ING. ZENÓN MUCH SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
SECRETARIO	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:

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA
A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 30 de septiembre de 2015.


Juan Pablo Martínez Castañeda



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 28 de enero de 2016


Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetado Ing. Wong:

Por medio de la presente hago constar que he revisado y dado mi aprobación del informe final del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- titulado "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12", del estudiante de Ingeniería Química Juan Pablo Martínez Castañeda quien se identifica con el carné número 2009-15028.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


M. Sc. Ing. Zenón Much Santos
Asesor
Jefe del Laboratorio Unificado de
Química y Microbiología Sanitaria



ZENON MUCH SANTOS
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria



Guatemala, 20 de enero de 2016.
Ref.EPS.DOC.18.01.16.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Usac.

Ing. Rodríguez Serrano:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Pablo Martínez Castañeda** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **200915028**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12”**.

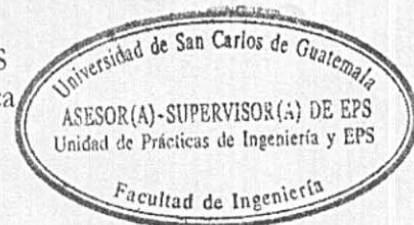
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Alejandro Recinos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Química



c.c. Archivo
AR/ra



Guatemala, 20 de enero de 2016.
Ref.EPS.D.23.01.16.

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

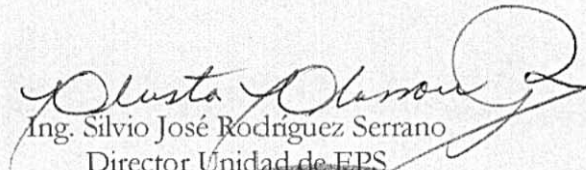
Estimado Ingeniero Wong Davi.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12"** que fue desarrollado por el estudiante universitario Juan Pablo Martínez Castañeda, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Alejandro Recinos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

X 
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





Guatemala, 25 de febrero de 2016.
 Ref. EIQ.TG-IF.008.2016.

Ingeniero
 Carlos Salvador Wong Davi
 DIRECTOR
 Escuela de Ingeniería Química
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **079-2015** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado -

Solicitado por el estudiante universitario: **Juan Pablo Martínez Castañeda**.
 Identificado con número de carné: **2009-15028**.
 Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

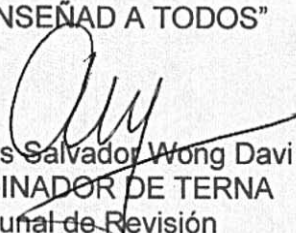
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Zenon Much Santos**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


 Ing. Carlos Salvador Wong Davi
 COORDINADOR DE TERNA
 Tribunal de Revisión
 Trabajo de Graduación



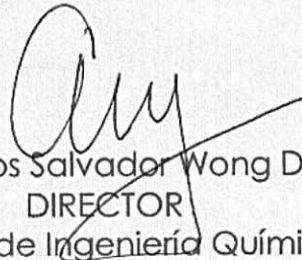
C.c.: archivo



Ref.EIQ.TG.020.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado (**EPS final**) del estudiante **JUAN PABLO MARTÍNEZ CASTAÑEDA** titulado: **"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12"** Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Salvador Wong Davila
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril de 2016

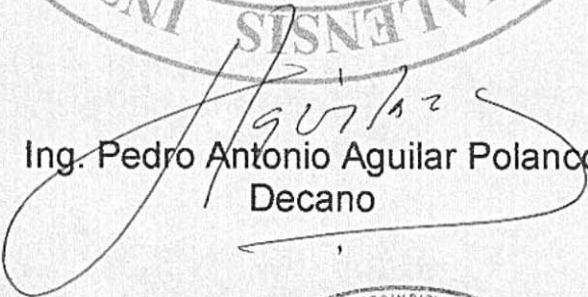
Cc: Archivo
CSWD/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA SUMINISTRADA A LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Pablo Martínez Castañeda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril 2016

/cc



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1. Definición de agua.....	3
2.1.1. Calidad	3
2.1.2. Impurezas.....	4
2.2. Comisión Guatemalteca de Normas (Coguanor).....	4
2.3. Procedimiento para la recolección de una muestra de agua.....	5
2.3.1. Presentación de los frascos.....	6
2.3.2. Punto de muestreo	6
2.3.3. Toma de la muestra.....	6
2.3.4. Conservación y almacenaje.....	6
2.4. Análisis fisicoquímico.....	7
2.4.1. Alcalinidad	7
2.4.2. Amoníaco.....	7
2.4.3. Calcio.....	7
2.4.4. Cloruros	8
2.4.5. Color	8

2.4.6.	Conductividad eléctrica	8
2.4.7.	Dureza.....	8
2.4.8.	Fluoruros	9
2.4.9.	Hierro.....	9
2.4.10.	Magnesio.....	10
2.4.11.	Manganeso.....	10
2.4.12.	Nitratos	10
2.4.13.	Nitritos	11
2.4.14.	Olor	11
2.4.15.	pH.....	12
2.4.16.	Sólidos disueltos	12
2.4.17.	Sulfatos	12
2.4.18.	Temperatura.....	12
2.4.19.	Turbiedad	13
2.5.	Examen bacteriológico del agua	14
2.5.1.	Prueba presuntiva	14
2.5.2.	Prueba confirmativa	15
2.5.2.1.	Prueba confirmativa verde bilis brillante.....	15
2.6.	Enfermedades transmitidas por el agua.....	15
3.	METODOLOGÍA	17
3.1.	Variables	17
3.1.1.	Parámetros fisicoquímicos	17
3.1.2.	Análisis bacteriológicos	19
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	19
3.3.	Recursos humanos disponibles	19
3.4.	Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos).....	20

3.4.1.	Equipo y cristalería	20
3.4.2.	Reactivos	21
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	22
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	22
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	23
3.8.	Análisis estadístico	24
4.	RESULTADOS	25
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	33
5.1.	Purificador primer nivel edificio T-3	33
5.2.	Purificador planta baja edificio T-3	33
5.3.	Oasis primer nivel edificio T-4	33
5.4.	Purificador Auditorio Francisco Vela.....	34
5.5.	Purificador segundo nivel edificio T-7.....	34
5.6.	Purificador primer nivel edificio S-11	34
5.7.	Purificador primer nivel edificio T-5	35
5.8.	Lavamanos Laboratorio de Microbiología edificio T-5	35
	CONCLUSIONES	37
	RECOMENDACIONES.....	39
	BIBLIOGRAFÍA.....	41
	ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Parámetros físicos evaluados I	18
II.	Parámetros químicos evaluados II	18
III.	Exámenes bacteriológicos	19
IV.	Ficha de recolección	22
V.	Hoja de control	23
VI.	LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001	24
VII.	Resultados de los análisis del purificador primer nivel edificio T-3	25
VIII.	Resultados de los análisis del purificador planta baja edificio T-3	26
IX.	Resultados de los análisis del oasis primer nivel edificio T-4.....	27
X.	Resultados de los análisis del purificador Auditorio Francisco Vela.....	28
XI.	Resultados de los análisis del purificador segundo nivel edificio T-7 ...	29
XII.	Resultados de los análisis del purificador primer nivel edificio S-11	30
XIII.	Resultados de los análisis del purificador primer nivel edificio T-5	31
XIV.	Resultados de los análisis del lavamanos Laboratorio de Microbiología, segundo nivel T-5	32

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm³	Centímetros cúbicos
°C	Grados Celsius
µS/cm	Microsiemens por centímetro
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
NTU	Unidades de Turbiedad Nefelométricas

GLOSARIO

Agua potable	Es aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor.
Coliformes fecales	Son bacterias que se encuentran en los intestinos de los mamíferos y los suelos, su presencia en el agua es un indicador de contaminación de origen fecal. Son fáciles de identificar y contar debido a su capacidad de fermentar la lactosa.
Coliformes totales	Grupo de bacterias que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas.
Límite máximo aceptable	Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
Límite máximo permisible	Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.

NMP/100cm³

Es el número más probable de microorganismos coliformes que se pueden encontrar estadísticamente en una muestra de agua de 100 cm³.

RESUMEN

El trabajo consiste en la realización de un diagnóstico y propuesta de línea de tratamiento del agua suministrada a los edificios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objetivo de evaluar la calidad del agua para consumo humano.

Para el muestreo y el análisis de la calidad del agua, se utilizaron ocho puntos de abastecimiento, cada quince días. Se efectuaron análisis físicos, como color, pH, turbiedad, entre otros. Además, se realizaron análisis químicos, como, el contenido de calcio, dureza, fluoruros, magnesio, nitratos, entre otros. Por último se realizó el examen bacteriológico a través de la técnica de los tubos de fermentación de dilución múltiple.

Entre los resultados obtenidos se indica que los parámetros físicos y químicos se encuentran debajo del límite máximo permisible, según lo establece la Norma Coguanor NTG 29 001; mientras que en el examen bacteriológico se detectó la presencia de coliformes totales y fecales en los puntos de recolección, por lo que no es apta para el consumo humano según esta misma Norma.

Se concluye que el agua analizada no necesita un tratamiento químico previo con respecto al examen bacteriológico, cuyos resultados fueron positivos. Es necesario cambiar los cartuchos que poseen los purificadores o darle un tratamiento de desinfección con cloro a una concentración de 1 mg/L.

OBJETIVOS

General

Analizar los parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y proponer una línea de tratamiento de las aguas que abastecen los edificios de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Recolectar muestras de agua para el análisis físico, químico y examen bacteriológico.
2. Analizar los parámetros físicos: aspecto, color, conductividad eléctrica, olor, pH, sólidos totales disueltos, temperatura y turbiedad.
3. Analizar los parámetros químicos: alcalinidad, amoníaco, calcio, cloruros, dureza, fluoruros, hierro, magnesio, manganeso, nitratos, nitritos y sulfatos.
4. Detectar la presencia de coliformes totales y coliformes fecales.
5. Comparar los parámetros físicos, químicos y exámenes bacteriológicos obtenidos, con la Norma Coganor NTG 29 001.

6. Realizar una propuesta de línea de tratamiento para el agua que se suministra a los edificios de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, Ciudad Universitaria zona 12.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural, compuesto químicamente de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es imprescindible para el desarrollo del ser humano y el de toda forma de vida existente en el planeta Tierra. Sirve como fuente de hidratación, aseo personal, cocción de los alimentos, limpieza, riego, medio de transporte, generación de energía, materia prima para la industria, entre otros usos.

La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución de educación superior con un rápido crecimiento en su población estudiantil, por tanto uno de los aspectos que tienen que planificar e implementar, las autoridades, es un programa de salud preventivo en el manejo del suministro del agua.

Este proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado consistió en muestrear, analizar y proponer un tratamiento al sistema de aguas suministradas, de los edificios de la Facultad de Ingeniería, ya que es necesario que el agua se encuentre apta para el consumo humano y así, evitar enfermedades gastrointestinales.

La metodología empleada para los análisis de los parámetros físicos, químicos y exámenes bacteriológicos, fue descrita en el *Standard Methods for examination of water & wastewater, 21st edition*. Dichas técnicas se realizaron en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina”, ubicado en el segundo nivel del edificio T-5, Ciudad Universitaria, zona 12.

1. ANTECEDENTES

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, existen estudios realizados sobre el agua distribuida a los edificios y puntos específicos, los cuales son:

Según Suasnávara (ver núm. 28 en la bibliografía su proyecto de graduación a nivel de licenciatura titulado *Determinación de la calidad del agua de los laboratorios de la Universidad de San Carlos de Guatemala y sus posibles tratamientos*, se llevó a cabo para determinar si la calidad del agua cumple con las especificaciones para el uso en laboratorios. La investigación concluyó en que ningún laboratorio contaba con agua de buena calidad que cumpliera con los estándares requeridos, por lo que recomendó a las autoridades correspondientes los tratamientos correspondientes.

CYASA, realizó un proyecto de *Estudio de acondicionamiento del sistema de bombeo, abastecimiento, tratamiento y red de distribución de agua potable y de la adecuación, habilitación, construcción y reconstrucción para la red de drenajes de los edificios de la Facultad de Ingeniería y su área de influencia, ubicados en la ciudad universitaria, zona 12, de esta ciudad capital*. En este proyecto se realizó un diagnóstico del sistema de agua, se actualizaron los planos de las remodelaciones realizadas en el sistema de agua, se adecuaron las conexiones de aguas que provocaban pérdida de presión en el suministro de agua; se repararon las cajas de registro dañadas por las raíces de los árboles, se determinó la calidad del agua mediante los análisis fisicoquímicos y exámenes bacteriológicos.

Hidalgo Mendoza realizó un estudio de evaluación del agua potable de los edificios de la Facultad de Ingeniería, con el objetivo de conocer las diferentes pérdidas que se dan en la red de distribución y observar sus consecuencias técnicas y económicas, para poder plantear una solución. En la investigación se encontró que las fugas del agua del sistema de distribución, no se atribuyen solo a los desperfectos en los servicios sino a una conexión que se realizó al ampliar el edificio T-5. Los resultados de los exámenes químicos y bacteriológicos realizados apuntan a resultados de potabilidad, pero el mal mantenimiento del tanque atenta con la calidad del agua distribuida. Todas estas observaciones fueron notificadas a las autoridades de la Facultad de Ingeniería.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Definición de agua

“El agua es considerada como el disolvente universal, ya que casi todas las sustancias minerales y orgánicas son solubles en ella. El agua que bebemos no es pura. La capacidad que tiene el agua para disolver todo tipo de sustancias es la razón porque no es posible encontrarla en estado puro.

En 1804 Gay Lussac y Alexander Von Humboldt, explicaron que la molécula del agua estaba formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de ahí que su fórmula es H₂O.”¹

2.1.1. Calidad

En 1988, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se refiere a la calidad de agua, “cuando es adecuada para el consumo humano, para todo uso doméstico habitual, incluyendo la higiene personal.”²

“Aquella que al ser consumida, no causa daño a la salud de los usuarios, para lo cual debe de cumplir con requisitos físico-químicos y microbiológicos establecidos por la respectiva norma nacional de calidad del agua potable”.³

La calidad obedece a su fuente e historia. Las aguas naturales manifiestan, universalmente, las calidades más peculiares de sus nacimientos.

¹ PERERA MERINO, Ricardo. *El agua, alimento vital para sus células*. p 3-5.

² Organización Panamericana de la Salud. *Guías para la calidad del agua potable, Control de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades*. p 1.

³ MORA ALVARADO, Darner. *Agua*. p. 107.

No obstante, varios factores provocan diferenciaciones en la calidad de las aguas obtenidas del mismo tipo de nacimiento. Estas variaciones descienden de la circunstancia que tiene el agua de absorber sustancias en forma de solución o tenerlas en suspensión. Los contextos climatológicos, geográficos y geológicos son factores muy significativos para establecer la calidad del agua. ⁴

2.1.2. Impurezas

No hay sustancia química que se encuentre en un estado de pureza bastante alto, ya sea en su forma natural o preparada en un laboratorio. Por lo anteriormente mencionado, se puede inferir que cualquier agua es impura y el trabajo principal del analista de agua es precisar estas impurezas, mostrar las especificaciones para cada impureza, admisibles para el uso que se le va a dar al agua posteriormente del tratamiento, y buscar métodos económicos de tratamiento para alcanzar los límites de calidad establecidos.

Las impurezas disueltas en el agua se pueden catalogar en una forma amplia como sales inorgánicas disueltas, que son los minerales de las formaciones geológicas que contiene el nacimiento de agua, así mismo las impurezas del agua también incluyen la materia orgánica respectiva de la vida acuática y el revestimiento vegetal de los lechos acuíferos. En la mayoría de las aguas dulces, la materia disuelta es principalmente inorgánica. ⁵

2.2. Comisión Guatemalteca de Normas (Coguanor)

Es el Organismo Nacional de Normalización, es responsable de proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización en Guatemala. Esta comisión fue creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962, adscrita al Ministerio de Economía. Sus funciones están definidas en el marco

⁴ American Water Works Association . *Agua, Su calidad y tratamiento*. p. 1.

⁵ KEMMER, Frank N y McCALLION, John. 1989. *Manuela del Agua, Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. p. 3-3.

de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República.

La Norma Coguanor NTG 29 001, Agua para consumo humano (agua potable), establece los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano.

Se aplica a toda agua para consumo humano, destinada para alimentación y uso doméstico, que provenga de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, etc. El agua podrá estar ubicada en una red de distribución, en reservorios o depósitos.

Se excluyen a las aguas purificadas envasadas y aguas carbonatadas, las cuales son cubiertas por normas específicas.⁶

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, mediante el Acuerdo Ministerial No. 523-2013, decretó el *Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano*. En el capítulo I, Disposiciones Generales, artículo 3. Norma indica que para efectos de la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano, se establece como norma de referencia la Norma Técnica Guatemalteca Coguanor NTG 29001 “Agua para consumo humano (agua potable) especificaciones”.

2.3. Procedimiento para la recolección de una muestra de agua

El procedimiento para el muestreo de agua potable, estipulado por el *Standard methods for the examination of water and wastewater*, que a continuación se presentará, es una compilación y adaptación de obras publicadas por diferentes autores del libro titulado: *Manual de métodos*

⁶ Norma técnica guatemalteca Coguanor NTG 29 001. *Agua para consumo humano (agua potable): especificaciones*. p. 3.

analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas.

2.3.1. Presentación de los frascos

Los frascos deben estar identificados y contener los siguientes datos: el lugar de recolección de la muestra; fecha y hora de recolección, olor, concentración de cloro residual y cualquier observación que contribuya a esclarecer las condiciones de la muestra.

2.3.2. Punto de muestreo

Una vez seleccionado el lugar de recolección, se procede a abrir completamente el grifo y dejar correr el agua por al menos un minuto; si la apariencia del agua lo requiere, se puede extender el tiempo, pero no más de 5 minutos. Luego se procede a recolectar la muestra.

2.3.3. Toma de la muestra

Se recolecta en un envase de plástico, este se lava dos o tres veces con el agua seleccionada para la muestra y finalmente se llena y tapa.

2.3.4. Conservación y almacenaje

“Prontamente recolectadas, las muestras se almacenan en una hielera para su traslado al Laboratorio”.⁷

⁷ SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; CASTILLO BERTEL, Marlon Enrique; ACEVEDO BARRIOS, Rosa Leonor. *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas.* p. 10.

2.4. Análisis fisicoquímico

Los análisis fisicoquímicos que se realizan en el agua potable, determinan la concentración de cada compuesto presente en la misma, para poder evaluar su calidad. A continuación se describen los principales parámetros físicos y químicos.

2.4.1. Alcalinidad

“Es la disposición amortiguadora del agua; es decir, la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido.”⁸

2.4.2. Amoníaco

“El amoníaco en el medio ambiente proviene de procesos metabólicos, agropecuarios, industriales y de la degradación natural de sustancias orgánicas tales como plantas o animales en proceso de descomposición.”⁹

2.4.3. Calcio

“En las aguas se encuentra en mayor concentración que el magnesio, excepto en raras ocasiones, el catión más abundante. A las aguas pasa por simple disolución, cuando tiene su origen en los yesos o los silicatos, o bien por ataque de las calizas o dolomitas, por la acción del anhídrido carbónico.”¹⁰

⁸ RAMOS MALDONADO, Francisco Josué. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escuintla*. p. 20.

⁹ MONROY GARCÍA, Elia Melina. *Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y microbiológica en agua de suministro potable para 6 aldeas y cabecera municipal en el municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla conforme a la Norma Coguanor NGO 29001:99*. p. 13.

¹⁰ RODRÍGUEZ ZAMORA, Johel. *Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las*

2.4.4. Cloruros

“La determinación de este análisis fisicoquímico es de suma importancia para determinar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento, regularmente la contaminación se da por excretas humanas.”¹¹

2.4.5. Color

El color en el agua es generalmente dado por hojas, semillas o sustancias orgánicas. El color verdadero del agua se debe a la presencia de material en solución, pero este logra cambiar a un color aparente por el efecto de partículas que están en suspensión.

2.4.6. Conductividad eléctrica

“Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones. Proviene de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones. La conductividad y la dureza son dos parámetros cuyos valores están relacionados y reflejan el grado de mineralización (sales disueltas) de las aguas.”¹²

2.4.7. Dureza

“El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio.

Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. p. 128.

¹¹ SOLÓRZANO PONCE, Rita Yesenia. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala. p. 36.*

¹² Bureau Veritas. *Manual para la formación en medio ambiente. p. 207.*

Son las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales.

El agua dura contiene iones que forman precipitados con el jabón o por ebullición. Algunas veces, tiene un sabor desagradable.”¹³

2.4.8. Fluoruros

Estos pueden presentarse en forma natural en el agua subterránea o superficial. El fluor en las aguas procede de los minerales fluorados, como la fluorina (CaF_2) la criolita, el fluorapatito. En las aguas que se utilizan para consumo humano se mantiene un nivel de 1,0 mg/L de fluoruros para prevenir la caries dental, ya que puede producir en el esmalte de los dientes unas motas colorantes en amarillo, y son especialmente sensibles a las dentaduras de niños.¹⁴

2.4.9. Hierro

Se encuentra disuelto en muchas aguas naturales, fundamentalmente en las aguas subterráneas, ya que las sales solubles son en general las ferrosas. Principalmente se encuentra disuelto en forma de bicarbonato ferroso $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. La presencia de acumulaciones de óxido férrico en las canalizaciones y en los depósitos puede ser motivo de crecimiento de bacterias ya que este elemento es una fuente de energía para las bacterias sobre todo para las fijadoras de hierro. Es un constituyente normal del organismo y sus sales no son tóxicas en pequeñas cantidades. Comunica al agua un sabor astringente, aunque este sabor no quiere decir que el agua sea impotable.¹⁵

¹³ RODRÍGUEZ ZAMORA, Johel. *Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela.* p 129.

¹⁴ RAMOS MALDONADO, Francisco Josué. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escauintla.* p. 13.

¹⁵ PENSAMIENTO VARGAS, Jennipher Aymé. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano que suministra la municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso.* p. 21.

2.4.10. Magnesio

El magnesio se encuentra combinado como carbonato, $MgCO_3$, constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Se halla en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica radica en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo.¹⁶

2.4.11. Manganeso

El manganeso es uno de los metales de mayor cantidad en la corteza terrestre y, comúnmente, se presenta junto con hierro. Las concentraciones de manganeso disuelto en las aguas subterráneas y superficiales carentes en oxígeno pueden alcanzar varios miligramos por litro. En presencia de oxígeno, el manganeso formará óxidos insolubles que pueden causar problemas de color en los sistemas de distribución. Las concentraciones de manganeso inferiores a 0,1 mg/L resultan totalmente aceptables para los consumidores, esto puede variar según las circunstancias locales. En concentraciones superiores a 0,1 mg/L, el manganeso contenido en el agua mancha las instalaciones de fontanería y la ropa lavada y da a las bebidas un sabor desagradable.¹⁷

2.4.12. Nitratos

Son sales químicas derivadas del nitrógeno que, en concentraciones bajas, se encuentra de forma natural en el agua y en el suelo. La presencia de nitratos en las aguas de abastecimiento público es debida a la contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados. Sanitariamente los nitratos solos son

¹⁶ RODRÍGUEZ ZAMORA, Johel. *Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela*. p. 23.

¹⁷ SOLÓRZANO PONCE, Rita Yesenia. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala*. p. 12, 13.

peligrosos para ciertos niños menores de un año. La ingestión del agua con nitratos en concentración superior a 45 mg/L puede producir metahemoglobinemia infantil. En razón de la pequeña cantidad de agua que suelen consumir los niños directamente como tal o indirectamente en la preparación de sus alimentos, no será difícil encontrar para ellos agua de otra procedencia con un contenido bajo de nitratos.¹⁸

2.4.13. Nitritos

“Son una etapa intermedia en el ciclo de nitrógeno. Pueden estar en el agua como resultado de la descomposición biológica de los materiales proteicos, cuando está correlacionada con otros tipos de nitrógeno puede indicar contaminación orgánica. Sanitariamente indica que existe la presencia de materia orgánica.”¹⁹

2.4.14. Olor

El olor del agua se debe a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles orgánicos, aunque también producen olores algunos inorgánicos como el hidrógeno sulfurado. Generalmente las causas de olores en el agua se deben a:

- La descomposición de la materia orgánica proveniente de escurrimientos superficiales.
- Desechos industriales.
- La adición de cloro al agua (algunos olores se intensifican).²⁰

¹⁸ PENSAMIENTO VARGAS, Jennipher Aymé. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano que suministra la municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso.* p. 20, 21.

¹⁹ *Íbid.*

²⁰ LEE ALMENGOR, Jorge Luis. 19. *Calidad del agua para consumo humano que suministra la Empresa Municipal de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA) : determinaciones, análisis e índices de calidad.* p. 56.

2.4.15. pH

“La evaluación del pH se utiliza para caracterizar un agua, dar seguimiento a un proceso (neutralización, biológico, anaerobio, corrosión), o bien, para monitorear las condiciones de operación (precipitación, floculación, sistemas biológico anaerobios, desinfección) ya que la velocidad de las reacciones depende de él. El pH del agua natural varía entre 5 y 9 “. ²¹

2.4.16. Sólidos disueltos

“Los sólidos disueltos es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, dado por la evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Los sólidos disueltos pueden originarse de forma orgánica e inorgánica, tanto en aguas subterráneas como superficiales.” ²²

2.4.17. Sulfatos

“Puede estar presente en el agua natural en un extenso rango de concentraciones. Las aguas provenientes de minas o efluentes industriales contienen altas concentraciones de sulfato, debido a la oxidación de la pirita y el uso del ácido sulfúrico. La presencia en exceso de sulfatos en el agua de suministro público tiene efectos laxantes. Por otra parte, también causa corrosión en los materiales que se utilizan en la fabricación de tuberías y piezas de equipo.”²³

2.4.18. Temperatura

“La temperatura influye en el crecimiento biológico, reacciones químicas, solubilidad en los contaminantes. La temperatura no tiene efectos directos en la

²¹ JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca Elena. 2001. *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. p. 133.

²² RIGOLA LAPEÑA, Miguel. *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. p. 32.

²³ SOLÓRZANO PONCE, Rita Yesenia. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala*. p. 46.

salud, sin embargo, una mayor temperatura 40 °C genera la proliferación de microorganismos y por ende acrecienta los problemas de sabor, olor, color y corrosión del agua”²⁴

“La temperatura afecta directamente al consumidor, pero no es de importancia sanitaria. Se considera que una temperatura arriba de 10 °C es satisfactoria pero más de 16 °C no es aceptable para consumo humano”²⁵

Debido a que esta propiedad influye directamente en las propiedades del agua es imperativo su análisis, ya que a diferentes temperaturas se pueden presentar distintos parámetros organolépticos, crecimiento bacteriano y que al no tomar en cuenta la temperatura, estas variaciones no tendrían explicación.

2.4.19. Turbiedad

La turbiedad de las aguas se debe a la presencia de sólidos suspendidos, tales como arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida, algas y otros organismos microscópicos. Se debe entender claramente que la turbiedad es una expresión de la propiedad óptica de una muestra, que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que transmitan en línea recta a través de ella.

La turbiedad es el parámetro que mide la absorción o dispersión de luz por la materia suspendida (sedimentable y coloidal).

La turbiedad provocada por material coloidal se da por la presencia de detergentes en agua, los cuales generan daños a la salud del ser humano.²⁶

²⁴ JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca Elena. *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. p 124.

²⁵ SOLÓRZANO PONCE, Rita Yesenia. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala*. p. 6.

²⁶ JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca Elena. *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. p. 124.

Por ende es imperativo su análisis en la determinación de la calidad del agua, ya que esta propiedad afecta de manera directa a la salud del consumidor. El agua con un alto parámetro de turbiedad no podría considerarse de calidad.

2.5. Examen bacteriológico del agua

La indagación de microorganismos patógenos como Salmonella y Shigella se dificulta porque normalmente estos aparecen en escasa cantidad ya que es un medio desfavorable para su crecimiento. La falta de técnicas sencillas y rápidas, llevan a que su sondeo no sea eficaz, especialmente cuando se hallan en número reducido.

“A raíz de estos inconvenientes se ha buscado un procedimiento más seguro para instituir la salubridad de las aguas, que se basa en la detección de bacterias coliformes y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal.”²⁷

2.5.1. Prueba presuntiva

“Consiste en sembrar alícuotas apropiadas de la muestra de agua en tubos, con un medio de cultivo de caldo lactosado y observar si se produce gas después de un tiempo de incubación de 24 a 28 horas a 35 °C. La ausencia de gas después de 48 horas es indicativo de que no hay presencia de bacterias coliformes en las muestras analizadas, constituyendo un resultado negativo. La presencia de gas en los tubos de caldo lactosado indica un resultado positivo, pero no necesariamente confirma la presencia de coliformes, ya que está la posibilidad que la formación de gas se deba

²⁷ HERNÁNDEZ CASTILLO, Jackeline Haydee. *Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula*. p. 16.

a otro tipo de microorganismo no patógeno, y por eso, es necesario que se lleve a cabo la prueba confirmativa.”²⁸

2.5.2. Prueba confirmativa

“Consiste en transferir una alícuota de cada uno de los tubos que den un resultado positivo en la prueba presuntiva, en un medio de cultivo apropiado, que dependerá del grupo coliforme a indagar. Las restricciones en las cuales se llevan a cabo estos análisis, son las mismas que las del grupo coliforme anteriormente descrito. Al igual que la prueba presuntiva, la ausencia de gas después del período de incubación constituye una prueba negativa y la presencia de gas una prueba positiva, lo que confirma la presencia del grupo coliforme que se haya investigado.”²⁹

2.5.2.1. Prueba confirmativa verde bilis brillante

“En el medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, y la lactosa es el hidrato de carbono fermentable. Es una propiedad del grupo coliforme, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas.”³⁰

2.6. Enfermedades transmitidas por el agua

“Los microorganismos patógenos que llegan a los depósitos de agua, proceden de las descargas intestinales de hombres y animales. Además, ciertas especies de bacterias, particularmente *Escherichia coli*, y varios microorganismos similares, denominados coliformes, estreptococos fecales (como *Streptococcus faecalis* y

²⁸ RAMOS MALDONADO, Francisco Josué. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escuintla*. p. 78.

²⁹ RAMOS MALDONADO, Francisco Josué. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escuintla*. p. 78.

³⁰ *Laboratorios Britania*. [en línea] [Consulta: 9 de marzo de 2016]. <http://www.britanialab.com.ar/esp/productos/b02/verdebilis.htm>.

Clostridium perfringens), son habitantes normales del intestino grueso del hombre y animales y en consecuencia siempre están en las materias fecales. Así pues, la presencia de cualquiera de estas especies en el agua es evidencia de contaminación fecal y el camino está abierto a los patógenos ya que se encuentran en las materias fecales.³¹

Las enfermedades transmitidas por el agua pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

Enfermedades provocadas por microorganismos patógenos:

- Ocasionadas por bacterias: fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, disentería bacilar, cólera morbus.
- Ocasionadas por virus: hepatitis infecciosa, poliomiélitis, ECHO y Coxsackie.
- Ocasionados por protozoos: amebiasis, giardiasis y balantidiasis.
- Ocasionados por nematelmintos: ascaridiasis, trichuriasis, oxiuriasis, necatoriasis.
- Ocasionadas por platelmintos: teniasis.³²

³¹ GRAMAJO CIFUENTES, Byron Marel. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco, Guatemala.* p. 5.

³² GÓMEZ ESCOBAR, Carlos. *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la colonia Primero de Julio y la aplicación de un proceso de desinfección.* p. 9.

3. METODOLOGÍA

La metodología consistió en el muestreo y el análisis del agua que se suministra en los edificios de la Facultad de Ingeniería de la ciudad universitaria zona 12, tomando en cuenta los métodos descritos en el *Standard Methods for examination of wáter & wastewater, 21st edition de la AWWA, WEF, APHA*.

Los datos de los parámetros físicos y químicos sanitarios obtenidos en el laboratorio, se compararon con los Límites Máximos Permisivos (LMP) de la Norma Coguanor NTG 29 001. Se verificó que se encontraran dentro de los límites estipulados por la Norma, y se determinó si el agua es idónea para el consumo humano.

3.1. Variables

A continuación se explicarán las variables.

3.1.1. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros físico-químicos analizados en la red de control de calidad del agua en los edificios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla I. **Parámetros físicos evaluados I**

Núm.	Variable	Dimensional	Cualitativo	Cuantitativo
01	Aspecto		X	
02	Color	Unidades de color		X
03	Conductividad eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$		X
04	Olor	Niveles de Intensidad	X	
05	pH	Unidades		X
Núm.	Variable	Dimensional	Cualitativo	Cuantitativo
06	Sólidos totales disueltos	mg/L		X
07	Temperatura	Grados Celsius		X
08	Turbiedad	Unidades de Turbiedad Nefelométricas (NTU)		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Parámetros químicos evaluados II**

Núm.	Variable	Dimensional	Cualitativo	Cuantitativo
01	Alcalinidad	mg/L		X
02	Amoníaco	mg/L		X
03	Calcio	mg/L		X
04	Cloruros	mg/L		X
05	Dureza	mg/L		X
06	Fluoruros	mg/L		X
07	Hierro	mg/L		X
08	Magnesio	mg/L		X
09	Manganeso	mg/L		X
10	Nitratos	mg/L		X
11	Nitritos	mg/L		X
12	Sulfatos	mg/L		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Análisis bacteriológicos

A continuación se explicarán los análisis bacteriológicos.

Tabla III. Exámenes bacteriológicos

Núm.	Parámetros	Dimensional	Cualitativo	Cuantitativo
01	Coliformes fecales	-----		X
02	Coliformes totales	-----		X

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El estudio se realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería. Los puntos muestreados fueron los siguientes:

- Purificador primer nivel edificio T-3
- Purificador planta baja edificio T-3
- Oasis primer nivel edificio T-4
- Purificador Auditorio Francisco Vela
- Purificador segundo nivel edificio T-7
- Purificador primer nivel edificio S-11
- Purificador primer nivel edificio T-5
- Lavamanos Laboratorio de Microbiología segundo nivel edificio T-5

3.3. Recursos humanos disponibles

- Practicante: Juan Pablo Martínez Castañeda

- Asesor: M. Sc. Ing. Zenón Much Santos
- Personal técnico del laboratorio

3.4. Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos)

A continuación se explicarán los recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos).

3.4.1. Equipo y cristalería

- Celdas para espectrofotómetro
- Espectrofotómetro
- Frascos Erlenmeyer
- Gradilla de tubos de ensayo
- Incubadora
- Lápiz de succión
- Pinzas para soporte universal
- Pipetas de Mohr o graduadas de (1 cm³, 2 cm³, 5 cm³, 10 cm³, de capacidad).
- Piseta
- Potenciómetro
- Probetas de 10 cm³, 25 cm³, 100 cm³
- Soporte universal
- Tubos de ensayo
- Turbidímetro
- Vasos precipitados

3.4.2. Reactivos

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N
- Agua desmineralizada
- *Buffer powder pillows citrate type*
- Caldo Verde Brillante con bilis de buey al 3 %
- Caldo EC
- Caldo lactosado
- Cloruro de bario (BaCl_2)
- Cromato de potasio (K_2CrO_4)
- EDTA (ácido etilendiaminotetraacético)
- Fenolftaleína
- FerroVer
- Hidroxicloruro de amonio
- Hidróxido de sodio (NaOH) 1,0 N
- Indicador de ericromo negro T
- Indicador Murexida
- Murexida
- Naranja de metilo
- Negro de eriocromo T
- Nessler
- Nitrato de Plata (AgNO_3)
- NitraVer 5
- NitriVer 3
- Peryodato de sodio
- Spands
- SulfaVer 4

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

El enfoque del estudio es mixto, porque se utilizaron tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Desde el punto de vista cualitativo se realizó un análisis de las propiedades organolépticas del agua, es decir, que se describió el aspecto y el olor del agua. Desde el punto de vista cuantitativo se recolectaron datos como los exámenes bacteriológicos, parámetros químicos y físicos del agua potable.

El carácter del estudio es transversal porque los datos recolectados solo hacen referencia a un tiempo determinado, que es el tiempo que duró el estudio.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Se identificaron las muestras y se registraron las condiciones de recolección. Los frascos fueron rotulados indicando el sitio de recolección de la muestra, la fecha y la hora.

Tabla IV. Ficha de recolección

Lugar	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Muestreo 5	
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora
Purificador primer nivel edificio T-3	27/07	09:37	10/08	09:56	31/08	09:35	21/09	09:41	05/10	11:05
Purificador planta baja edificio T-3	27/07	09:44	10/08	10:00	31/08	09:42	21/09	09:49	05/10	11:14
Oasis primer nivel edificio T-4	27/07	09:50	10/08	10:10	31/08	09:51	21/09	09:58	05/10	11:25
Purificador Auditorio Francisco Vela	-----	-----	10/08	10:14	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Purificador segundo nivel edificio T-7	27/07	10:01	10/08	10:30	31/08	10:04	21/09	10:10	05/10	11:41
Purificador primer nivel edificio S-11	27/07	10:18	10/08	10:55	31/08	10:23	21/09	10:27	05/10	10:36
Purificador primer nivel edificio T-5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	21/09	10:43	05/10	11:57
Lavamanos Laboratorio de Microbiología segundo nivel T-5	27/07	10:38	10/08	11:10	31/08	10:45	21/09	10:52	05/10	12:06

*Las líneas punteadas corresponden a las fechas en los que los filtros de agua se encontraban fuera de servicio.

Fuente: elaboración propia.

En la recolección de datos se utilizó una hoja de control, en la cual se registraron los puntos de recolección, los parámetros físicos, químicos y análisis bacteriológico. Esta recolección se realizó cada quince días, durante en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del 2015.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación se explicará la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.

Tabla V. Hoja de control

MUESTREO	1	2	3	4	5
PARÁMETRO					
PARÁMETROS FÍSICOS					
Aspecto					
Color (unidades de color)					
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)					
Olor					
pH					
Sólidos totales disueltos (mg/L)					
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)					
Turbiedad (UNT)					
PARÁMETROS QUÍMICOS					
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)					
Amoníaco (NH_3 mg/L)					
Calcio (Ca mg/L)					
Cloruros (Cl^- mg/L)					
Dureza (CaCO_3 mg/L)					
Fluoruros (F^- mg/L)					
Hierro (Fe mg/L)					
Magnesio (Mg mg/L)					
Manganeso (Mn mg/L)					
Nitratos (NO_3^- mg/L)					
Nitritos (NO_2^- mg/L)					
Sulfatos (SO_4^{2-} mg/L)					
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Totales (NMP/100cm ³)					
Coliformes Fecales (NMP/100cm ³)					

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

Se utilizó la Norma Coguanor NTG 29 001, Agua para consumo humano (agua potable), para verificar que las concentraciones de los analitos presentes en el agua de los filtros ubicados en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, cumplan con los Límites Máximos Permisibles (LMP), que se presentan en la tabla VI.

Tabla VI. **LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001**

PARÁMETRO	LMP
PARÁMETROS FÍSICOS	
Aspecto	Clara
Color (unidades de color)	35
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1 500
Olor	Inodora
pH	6,5; 8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	1 000
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	
Turbiedad (UNT)	15.0
PARÁMETROS QUÍMICOS	
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)	
Amoniaco (NH_3 mg/L)	
Calcio (Ca mg/L)	150
Cloruros (Cl^- mg/L)	250
Dureza (CaCO_3 mg/L)	500
Fluoruros (F^- mg/L)	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	100
Manganeso (Mn mg/L)	0,4
Nitratos (NO_3^- mg/L)	50
Nitritos (NO_2^- mg/L)	3,00
Sulfatos (SO_4^{2-} mg/L)	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO	
Coliformes Totales (NMP/100 cm^3)	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm^3)	No deben ser detectables en 100 mL de agua
*La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.	

Fuente: Norma Coguanor NTG 29 001.

4. RESULTADOS

En este apartado se presentan los datos obtenidos de los parámetros físicos y químicos y de los análisis bacteriológicos, realizados en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre de 2015.

Tabla VII. **Resultados de los análisis del purificador primer nivel edificio T-3**

MUESTREO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	3	1	1	16	1	35
Conductividad eléctrica (µS/cm)	278	275	276	270	277	1 500
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH	6,6	6,6	6,7	6,7	6,7	6,5, 8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	147	146	146	143	147	1 000
Temperatura (°C)	23,5	24,2	235	2,34	23,5	
Turbiedad (UNT)	1,2	0,3	0,4	0,2	0,3	15
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO ₃ mg/L)	114	118	118	120	128	
Amoníaco (NH ₃ mg/L)	0,02	0,03	0,05	< 0,01	0,21	
Calcio (Ca mg/L)	24	22	28	37	28	150
Cloruros (Cl ⁻ mg/L)	10	17	19	12	13	250
Dureza (CaCO ₃ mg/L)	170	84	112	122	140	500
Fluoruros (F ⁻ mg/L)	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,09	0,01		0,0 6	0,07	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	27	7	10	7	17	100
Manganeso (Mn mg/L)	0,1	0,035	< 0,01	0,041	0,038	0,4
Nitratos (NO ₃ ⁻ mg/L)	35	34	35	39	32	50
Nitritos (NO ₂ ⁻ mg/L)	0,02	0,03	0,05	< 0,01	0,02	3
Sulfatos (SO ₄ -2 mg/L)	7	9	7	7	7	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm ³)	< 1,1	5,1	< 1,1	5,1	<1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm ³)	< 1,1	1,1	< 1,1	<1,1	<1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
* La NORMA COGUANOR NTG 29 001 no incluye el LMP debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla VIII. **Resultados de los análisis del purificador planta baja edificio T-3**

MUESTREO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETRO						
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	3	1	1	14	1	35
Conductividad eléctrica (µS/cm)	278	276	276	270	277	1500
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH	6,8	6,7	6,7	6,6	6,8	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	147	146	146	143	147	1 000
Temperatura (°C)	23,1	24,3	23,6	23,2	23,9	
Turbiedad (UNT)	1,2	0,2	0,3	0,2	0,2	15
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO ₃ mg/L)	112	118	122	116	122	
Amoníaco (NH ₃ mg/L)	0,03	0,01	< 0,01	< 0,01	0,2	
Calcio (Ca mg/L)	24	22	28	30	26	150
Cloruros (Cl ⁻ mg/L)	10	16	19	11	14	250
Dureza (CaCO ₃ mg/L)	152	90	118	112	140	500
Fluoruros (F ⁻ mg/L)	0,2	0,2	0,4	0,0	0,2	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,08	0,03		0,12	0,06	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	22	8	12	9	18	100
Manganeso (Mn mg/L)	< 0,01	0,052	< 0,01	0,056	0,031	0,4
Nitratos (NO ₃ ⁻ mg/L)	36	35	43	35	30	50
Nitritos (NO ₂ ⁻ mg/L)	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	3
Sulfatos (SO ₄ ⁻² mg/L)	6	8	7	4	8	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm ³)	< 1,1	< 1,1	2,2	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm ³)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla IX. Resultados de los análisis del oasis primer nivel edificio T-4

MUESTREO PARÁMETRO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	4	1	1	17	1	35
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	307	302	388	305	305	1 500
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH	7	6,8	6,9	6,9	6,8	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	163	160	205	161	161	1 000
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,6	24,3	23	23	23,8	
Turbiedad (UNT)	0,7	0,3	0,4	0,5	0,4	15
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)	132	134	162	136	146	
Amoníaco (NH_3 mg/L)	0,02	0,01	< 0,01	0,02	0,22	
Calcio (Ca mg/L)	30	24	37	34	36	150
Cloruros (Cl^- mg/L)	11	19	29	17	14	250
Dureza (CaCO_3 mg/L)	160	90	152	148	176	500
Fluoruros (F^- mg/L)	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,08	0,05		0,02	0,06	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	20	7	15	16	21	100
Manganeso (Mn mg/L)	< 0,01	0,025	0,014	0,051	0,043	0,4
Nitratos (NO_3^- mg/L)	24	38	34	20	20	50
Nitritos (NO_2^- mg/L)	0,01	0,04	0,08	0,01	0,03	3
Sulfatos (SO_4 -2 mg/L)	9	11	18	9	7	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm^3)	>23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm^3)	2,2	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP, debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla X. Resultados de los análisis del purificador Auditorio Francisco Vela

MUESTREO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETRO						
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	-----	Clara	-----	-----	-----	Clara
Color (unidades de color)	-----	1	-----	-----	-----	35
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	-----	279	-----	-----	-----	1 500
Olor	-----	Inodora	-----	-----	-----	Inodora
pH	-----	6,7	-----	-----	-----	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	-----	148	-----	-----	-----	1 000
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	-----	24,1	-----	-----	-----	
Turbiedad (UNT)	-----	0.3	-----	-----	-----	15
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)	-----	116	-----	-----	-----	
Amoniaco (NH_3 mg/L)	-----	0,01	-----	-----	-----	
Calcio (Ca mg/L)	-----	23	-----	-----	-----	150
Cloruros (Cl^- mg/L)	-----	20	-----	-----	-----	250
Dureza (CaCO_3 mg/L)	-----	90	-----	-----	-----	500
Fluoruros (F^- mg/L)	-----	0,3	-----	-----	-----	1,5
Hierro (Fe mg/L)	-----	0,04	-----	-----	-----	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	-----	8	-----	-----	-----	100
Manganeso (Mn mg/L)	-----	0,028	-----	-----	-----	0,4
Nitratos (NO_3^- mg/L)	-----	41	-----	-----	-----	50
Nitritos (NO_2^- mg/L)	-----	0,03	-----	-----	-----	3
Sulfatos (SO_4 -2 mg/L)	-----	8	-----	-----	-----	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm^3)	-----	>23	-----	-----	-----	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm^3)	-----	2,2	-----	-----	-----	No deben ser detectables en 100 mL de agua
<p>* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP, debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA. Los espacios con líneas punteadas corresponden a fechas en las que el filtro se encontraba fuera de servicio.</p>						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla XI. Resultados de los análisis del purificador segundo nivel edificio T-7

MUESTREO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETRO						
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	1	1	1	15	1	35
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	278	275	282	270	276	1 500
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH	6,9	6,8	6,6	6,6	7	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	148	146	149	143	147	1 000
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23	23,4	23	22,6	23,5	
Turbiedad (UNT)	0,4	0,6	0,4	0,2	0,3	15,0
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)	114	114	120	106	126	
Amoníaco (NH_3 mg/L)	0,01	0,01	< 0,01	0,07	0,28	
Calcio (Ca mg/L)	26	20	29	28	26	150
Cloruros (Cl^- mg/L)	11	17	20	13	13	250
Dureza (CaCO_3 mg/L)	168	90	110	118	150	500
Fluoruros (F^- mg/L)	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,13	0,06		0,01	0,08	0,3 (LMA)
Magnesio (Mg mg/L)	25	10	9	12	21	100
Manganeso (Mn mg/L)	< 0,01	0,024	0,009	0,081	0,034	0,4
Nitratos (NO_3^- mg/L)	38	37	41	37	31	50
Nitritos (NO_2^- mg/L)	0,02	0,05	0,02	0,01	0,02	3,00
Sulfatos (SO_4^{2-} mg/L)	7	9	8	9	8	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm^3)	5,1	< 1,1	< 1,1	2,2	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm^3)	3,6	< 1,1	< 1,1	2,2	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla XII. **Resultados de los análisis del purificador primer nivel edificio S-11**

MUESTREO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	1	1	1	18	1	35
Conductividad eléctrica (µS/cm)	350	356	355	356	363	1 500
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH	6,9	7,2	6,8	6,7	6,6	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	185	189	188	189	192	1 000
Temperatura (°C)	23,5	24,4	23,5	23,2	23,9	
Turbiedad (UNT)	0,4	0,6	0,2	0,2	0,2	15,0
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO₃ mg/L)	140	152	150	152	160	
Amoniaco (NH₃ mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,07	0,32	
Calcio (Ca mg/L)	28	27	34	35	26	150
Cloruros (Cl⁻ mg/L)	16	24	24	20	18	250
Dureza (CaCO₃ mg/L)	148	130	144	164	172	500
Fluoruros (F⁻ mg/L)	0,2	0,2	0,4	< 0,01	0,3	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,14	0,02	-----	0,05	0,02	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	19	15	14	18	26	100
Manganeso (Mn mg/L)	< 0,01	0,033	< 0,01	0,048	0,034	0,4
Nitratos (NO₃⁻ mg/L)	28	25	28	32	25	50
Nitritos (NO₂⁻ mg/L)	0,14	0,04	0,05	0,02	0,01	3,00
Sulfatos (SO₄-2 mg/L)	10	14	13	10	12	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm³)	> 23	9,2	< 1,1	6,9	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm³)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla XIII. Resultados de los análisis del purificador primer nivel edificio T-5

PARÁMETRO \ MUESTREO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	----	----	----	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	----	----	----	15	1	35
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	----	----	----	279	293	1500
Olor	----	----	----	Inodora	Inodora	Inodora
pH	----	----	----	6,6	6,6	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	----	----	----	148	155	1 000
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	23,2	24	
Turbiedad (UNT)	----	----	----	0,2	0,3	15,0
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)	----	----	----	118	138	
Amoníaco (NH_3 mg/L)	----	----	----	0,24	0,23	
Calcio (Ca mg/L)	----	----	----	29	29	150
Cloruros (Cl^- mg/L)	----	----	----	13	13	250
Dureza (CaCO_3 mg/L)	----	----	----	136	146	500
Fluoruros (F^- mg/L)	----	----	----	0,08	0,23	1,5
Hierro (Fe mg/L)	----	----	----	0,03	0,06	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	----	----	----	16	18	100
Manganeso (Mn mg/L)	----	----	----	0,051	0,028	0,4
Nitratos (NO_3^- mg/L)	----	----	----	30	27	50
Nitritos (NO_2^- mg/L)	----	----	----	0,03	0,02	3,00
Sulfatos (SO_4^{2-} mg/L)	----	----	----	6	7	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm^3)	----	----	----	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm^3)	----	----	----	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
<p>* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP, debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA. Los espacios con líneas punteadas corresponden a fechas en las que el filtro se encontraba fuera de servicio.</p>						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

Tabla XIV. Resultados de los análisis del lavamanos Laboratorio de Microbiología, segundo nivel T-5

MUESTREO PARÁMETRO	1	2	3	4	5	LMP
PARÁMETROS FÍSICOS						
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Color (unidades de color)	1	1	1	24	1	35
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	283	287	290	271	297	1 500
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH	6,8	6,6	6,7	6,7	6,5	8,5
Sólidos totales disueltos (mg/L)	151	152	154	144	147	1 000
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,3	24,1	23,3	23,3	24,2	
Turbiedad (UNT)	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	15,0
PARÁMETROS QUÍMICOS						
Alcalinidad (CaCO_3 mg/L)	114	120	122	114	124	
Amoníaco (NH_3 mg/L)	0,01	0,01	0,06	0,46	0,21	
Calcio (Ca mg/L)	25	24	30	28	27	150
Cloruros (Cl^- mg/L)	10	17	18	14	12	250
Dureza (CaCO_3 mg/L)	176	92	122	126	152	500
Fluoruros (F^- mg/L)	0,26	0,25	0,34	0,14	0,08	1,5
Hierro (Fe mg/L)	0,16	0,01		0,02	0,01	0,3*
Magnesio (Mg mg/L)	28	8	12	14	20	100
Manganeso (Mn mg/L)	< 0,01	0,068	< 0,01	0,038	0,026	0,4
Nitratos (NO_3^- mg/L)	32	45	43	39	28	50
Nitritos (NO_2^- mg/L)	0,02	0,09	0,03	0,04	0,01	3,00
Sulfatos (SO_4^{2-} mg/L)	7	8	8	5	7	250
EXAMEN BACTERIOLÓGICO						
Coliformes Totales (NMP/100 cm^3)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Coliformes Fecales (NMP/100 cm^3)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	No deben ser detectables en 100 mL de agua
* La Norma Coguanor NTG 29 001 no incluye el LMP debido a que la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.						

Fuente: elaboración propia y Norma Coguanor NTG 29 001.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Purificador primer nivel edificio T-3

En la tabla VII se puede apreciar que los parámetros físicos y químicos se encuentran por debajo del límite máximo permisible (LMP) de la Norma Coguanor NTG 29 001; en la cual se puede observar un valor máximo de la conductividad eléctrica de 278 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el muestreo 1, una concentración de calcio de 37 Ca mg/L en el muestreo 4, no obstante los resultados de los exámenes bacteriológicos dieron positivo para coliformes totales y fecales en los muestreos 2 y 4.

5.2. Purificador planta baja edificio T-3

En la tabla VIII se observa que los parámetros físicos y químicos se encuentran por debajo del LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001; entre los analitos presentes en el agua analizada, se tiene una concentración máxima de la dureza de 152 CaCO_3 mg/L en el muestreo 1 y una concentración de fluoruros de 0,4 F^- mg/L en el muestreo 3, sin embargo, los resultados de los exámenes bacteriológicos dieron positivo para coliformes totales en el muestreo 3.

5.3. Oasis primer nivel edificio T-4

La tabla IX muestra las concentraciones de los parámetros físicos y químicos, los cuales están por debajo del LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001. Entre los analitos presentes en el agua analizada, se encuentra un

valor máximo del color de 17 unidades de color en el muestreo 4 y una concentración de magnesio de 21 Mg mg/L en el muestreo 5, asimismo, los resultados de los exámenes bacteriológicos dieron positivo para coliformes totales y fecales en el muestreo 1.

5.4. Purificador Auditorio Francisco Vela

La tabla X refiere que los parámetros físicos y químicos se encuentran por debajo del LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001, entre los analitos presentes en el agua analizada, se tiene un valor para los sulfatos de 8 SO_4^{-2} mg/L en el muestreo 2, una concentración de calcio de 23 Ca mg/L en el muestreo 3, no obstante los resultados de los exámenes bacteriológicos dieron positivo para coliformes totales y fecales en el muestreos 2.

5.5. Purificador segundo nivel edificio T-7

En la tabla XI se puede apreciar que los parámetros físicos y químicos se encuentran por debajo del LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001, entre los analitos presentes en el agua analizada, se tiene un valor máximo de los cloruros de 20 Cl^- mg/L en el muestreo 3 y una concentración de calcio de 29 Ca mg/ en el muestreo 3, asimismo, los resultados de los exámenes bacteriológicos dieron positivo para coliformes totales y fecales en los muestreos 1 y 4.

5.6. Purificador primer nivel edificio S-11

La tabla XII presenta las concentraciones de los parámetros físicos y químicos, los cuales están por debajo del LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001, entre los analitos presentes en el agua analizada, se tiene un valor

máximo de la dureza de 172 CaCO₃ mg/L en el muestreo 5 y una concentración de manganeso de 0,05 mg/L en el muestreo 4, sin embargo, los resultados de los exámenes bacteriológicos, dieron positivo para coliformes totales en los muestreos 1 y 4.

5.7. Purificador primer nivel edificio T-5

La tabla XIII indica que los parámetros físicos y químicos se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible de la Norma Coguanor NTG 29 001, entre los analitos presentes en el agua analizada, se tiene un valor máximo de los sólidos totales disueltos de 155 mg/L en el muestreo 5, una concentración de nitritos de 0,03 NO₂⁻ mg/L en el muestreo 4, no obstante los resultados de los exámenes bacteriológicos fueron <1,1 NMP/cm³ para coliformes totales y fecales en los muestreos 2 y 4.

5.8. Lavamanos Laboratorio de Microbiología edificio T-5

La tabla XIV denota que los parámetros físicos y químicos se encuentran por debajo del LMP de la Norma Coguanor NTG 29 001, entre los analitos presentes en el agua analizada, se tiene un valor máximo de los nitratos de 45 NO₃⁻ mg/L y para el manganeso de 0,07 Mn mg/L en el muestreo 2, sin embargo, los resultados de los exámenes bacteriológicos fueron <1,1 NMP/cm³ para coliformes totales y fecales en los muestreos 3 y 4.

CONCLUSIONES

1. Los parámetros físicos y químicos se encontraron dentro de los límites máximos permisibles de la Norma Coguanor NTG 29001, en los siguientes lugares: purificador primer nivel edificio T-3; purificador planta baja edificio T-3; oasis primer nivel edificio T-4; purificador Auditorio Francisco Vela, purificador segundo nivel edificio T-7, purificador primer nivel edificio S-11; purificador primer nivel edificio T-5 y el lavamanos Laboratorio de Microbiología segundo nivel T-5.
2. Se detectó la presencia de coliformes totales y fecales en los siguientes sitios de recolección: purificador planta baja edificio T-3; oasis primer nivel edificio T-4; purificador Auditorio Francisco Vela; purificador segundo nivel edificio T-7; purificador primer nivel edificio S-11, purificador primer nivel edificio T-5 y el lavamanos Laboratorio de Microbiología segundo nivel T-5; por lo que esta agua no es potable para el consumo humano según lo indicado en la Norma Coguanor NTG 29001.

RECOMENDACIONES

1. Que la Unidad de Planificación estime un período adecuado para el cambio de los cartuchos de los filtros o la desinfección del agua con cloro a una concentración de 1 mg/L, debido a que se detectó la presencia de coliformes totales y fecales en ella.
2. El agua distribuida en los edificios de la Facultad de Ingeniería, no necesita de un tratamiento químico previo, debido a que el contenido de los analitos en la misma se encuentran en concentraciones no dañinas para el consumo humano.
3. Se exhorta a involucrar a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería a realizar monitoreos del agua de los pozos que abastecen a los edificios de la Ciudad Universitaria zona 12.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Ed. USA: APHA, 2005. 360 p.
2. American Water Works Association. *Agua, su calidad y tratamiento*. México DF: Hispano-Americano, 1968. 120 p.
3. BADILLA, H.; VÍQUEZ, C.; E., ZAMORA. *Evaluación de las fuentes de agua potable de la ciudad de Grecia*. s.l.: Taller de Diseño Escuela de Ingeniería Civil, 2005. 148 p.
4. Bereau Veritas. *Manual para la formacion en medio ambiente*. España: Lex Nova, 2008. 207 p.
5. CANO, F. *Técnicas de análisis microbiológico de alimentos y agua*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1995. Doc. Tec. Núm. 102.
6. FAIR, Gordon; GEYER, John; OKUN, Daniel. *Ingeniería sanitaria y de aguas residueales, purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. México: Limusa, 1973. 158 p.

7. GÓMEZ ESCOBAR, Carlos. *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la colonia Primero de Julio y la aplicación de un proceso de desinfección*. Trabajo de graduacion de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 1993. 51 p.
8. GRAMAJO CIFUENTES, Byron Marel. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco*. Trabajo de graduacion de Ingeniero Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 2004. 50 p.
9. HERNÁNDEZ CASTILLO, Jackeline Haydee. *Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduacion de Ingeniera Química Bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 2012. 130 p.
10. HIDALGO MENDOZA, Amilcar Ramiro. *Evaluación del sistema de agua potable de los edificios T-1 y T-3 de la facultad de ingeniería y propuesta de soluciones*. Trabajo de graduacion de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 2001. 196 p.
11. JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca Elena. *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. Mexico: Limusa; Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C.; Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA, 2001. 156 p. 968-18-6042-X.

12. KEMMER, Frank N.; McCALLION, John. *Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, tomo 1*. México DF: McGraw-Hill, 1989. 189 p.
13. *Laboratorios Britania*. [en línea]. <<http://www.britanialab.com.ar/esp/productos/b02/verdebribilis.htm>>. [Consulta: 9 de marzo de 2016].
14. LEE ALMENGOR, Jorge Luis. *Calidad del agua para consumo humano que suministra la Empresa Municipal de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA) : determinaciones, análisis e índices de calidad*. Trabajo de graduacion de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 1999. 97 p.
15. MONROY GARCÍA, Elia Melina. *Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y microbiológica en agua de suministro potable para 6 aldeas y cabecera municipal en el municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla conforme a la Norma Coganor NGO 29001:99*. Trabajo de graduacion de Maestro en Artes de la Maestría en Gestión de la Calidad con Especialidad en Inocuidad de Alimentos, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 2012. 69 p.
16. MORA ALVARADO, Darner. *Agua*. San José: EUNED Universidad Estatal a Distancia, 2009. 236 p.
17. Norma Técnica Guatemalteca Coganor NTG 29 001. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala:Ministerio de Economía. 58 p.

18. Organización Panamericana de la Salud. *Guías para la calidad del agua potable, control de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades*. Washington, D. C.: OPS, 1988. 154 p.
19. RODRÍGUEZ ZAMORA, Johel. *Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela*. 1 Grecia, cantón de Alajuela: Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica, 2009, 140 p.
20. PELCZAR, Michael; REID, Roger; CHAN. E.C.S., *Microbiología*. México: McGraw-Hill, 1995. 684 p.
21. PENSAMIENTO VARGAS, Jennipher Aymé. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano que suministra la Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso*. Trabajo de graduación de Ingeniera Química Bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 105 p.
22. PERERA MERINO, Ricardo. *El agua, alimento vital para sus células*. Estados Unidos de Norte America: Palibrio, 2011. 398 p.
23. RAMOS MALDONADO, Francisco Josué. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de

Ingeniero Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 73 p.

24. RIGOLA LAPEÑA, Miguel. *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Alfaomega, 1990. 267 p.
25. SAPIÑA, Fernando. *¿Un futuro sostenible? El cambio global visto por un científico preocupado*. Valencia: sin fronteras, PUV, Catedra de Divulgacion de la Ciencia, 2006. 378 p.
26. SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; CASTILLO BERTEL, Marlon Enrique; ACEVEDO BARRIOS, Rosa Leonor. *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013. 126 p.
27. SOLÓRZANO PONCE, Rita Yesenia. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala*. Trabajo de graduacion de Ingeniera Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 105 p.
28. SUASNÁVAR GAVILÁN, María María Montserrat. *Determinación de la calidad del agua de los laboratorios de la Universidad de San Carlos de Guatemala y sus posibles tratamientos*. Trabajo de graduacion de Ingeniera Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 102 p.

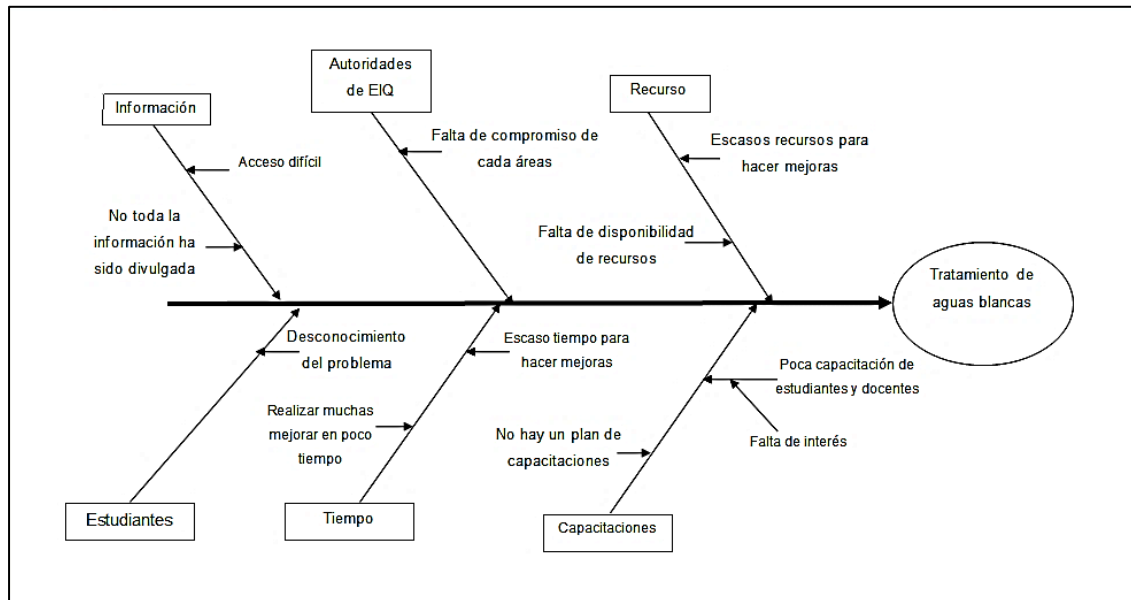
ANEXOS

Anexo 1. **Tabla de requisitos académicos**

Con base en la definición del pénsum de la carrera de Ingeniería Química, de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, determina que se ocupa de la planificación, diseño, montaje, operación, mantenimiento y administración de procesos y plantas industriales, para la producción comercial. En la línea de estudio se debe contar con la aprobación de los cursos:

- Bioquímica
- Calidad del agua
- Cinética de procesos químicos
- Físico Química 2
- Microbiología
- Ingeniería de la producción
- Laboratorio de Físico Química 1
- Laboratorio de Físico Química 2
- Laboratorio de Ingeniería Química 2
- Laboratorio de Química 1

Anexo 2. Diagrama de Ishikawa o árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.