


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a saint in a red robe and white collar, holding a book. Above the saint is a golden crown with a cross. To the left is a golden castle tower, and to the right is a golden lion rampant. Below the saint is a knight in blue and orange armor riding a white horse. The background is a blue sky with white clouds. The entire seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "CETERA SPES ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMMA ENSIS INTER".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN  
EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

**KEILY GABRIELA MORALES RODAS**

GUATEMALA, MAYO 2021



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN  
EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**KEILY GABRIELA MORALES RODAS**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**EN**

**GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL  
EN EL GRADO DE ACADÉMICO DE  
LICENCIADA**

**GUATEMALA, MAYO 2021**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR EN FUNCIONES**

Dr. Gustavo Enrique Taracena Gil

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>DECANO</b>     | ING. ARG. WALDERMAR NUFIO REYES           |
| <b>VOCAL I</b>    | DR. MARVIN ROBERTO SALGUERO BARAHONA      |
| <b>VOCAL II</b>   | DRA. GRICELDA LILY GUTIERREZ ALVAREZ      |
| <b>VOCAL III</b>  | ING. AGR. M.A. JORGE MARIO CABRERA MADRID |
| <b>VOCAL IV</b>   | P. AGR. MARLON ESTUARDO GONZÁLEZ ÁLVAREZ  |
| <b>VOCAL V</b>    | BR. SERGIO WLADIMIR GONZÁLEZ PAZ          |
| <b>SECRETARIO</b> | ING. AGR. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA   |

GUATEMALA, MAYO 2021

Guatemala, mayo de 2021

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A, como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Gestión Ambiental Local, en grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**Keily Gabriela Morales Rodas**



## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS**

Por sus bendiciones de cada día, por la salud y sabiduría que hasta el día de hoy me ha dado; y por permitirme culminar con éxito esta etapa.

**MIS PADRES**

Rosely y Alfredo, que con su amor, trabajo y enorme paciencia me educaron y apoyaron en toda mi formación profesional. Gracias por su apoyo incondicional, su valioso esfuerzo y oraciones.

**MI HERMANA**

Andrea, por sumar momentos de felicidad en mi vida, sus muestras de cariño, su inagotable paciencia y por ser un excelente ejemplo de superación profesional y personal.

**MI ABUELITA**

Elsy, por enseñarme con su ejemplo el significado de una mujer valiente, esforzada y amorosa.

**A MI TIA**

Betty, por su apoyo incondicional, sus muestras de cariño y regaños que me motivan a ser mejor persona cada día.

**A MI TIA**

Carlita (QEPD), su ausencia duele pero su sonrisa y recuerdos de amor vivirán siempre en mi corazón.





## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS,

AL PUEBLO DE GUATEMALA

MI ALMA MÁTER, LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MIS PROFESORES

MI QUERIDA Y APRECIADA FAMILIA

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS



## AGRADECIMIENTOS

**A:**

**Mi supervisor** Dr. Hugo Cardona, por su motivación y ejemplo a seguir de realizar las cosas con excelencia; gracias por su valioso apoyo y colaboración en el enriquecimiento de este documento.

**Mi asesor** Dr. Eddy Vanegas, por ser un excelente guía en este gran desafío, por su constante motivación a seguir adelante y por su valiosa contribución al enriquecimiento de este documento.

**Industria Alimenticia S.A** Por brindarme la oportunidad de desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado, al Ing. Edgar Zabala, Ing. Julio Lopez, Ing. Junior y a los operarios de las distintas jornadas por su amabilidad y apoyo. Hanna, Michelle, Anita y Percy gracias por su apoyo y por los buenos momentos fuera y dentro de la industria; y un especial agradecimiento al Ing. Jacinto Pérez por su excelente atención, buenos momentos, risas y valioso apoyo en dicha investigación.

**A mi familia, amigos y compañeros** sus muestras de afecto nunca han pasado por alto, agradezco a Dios por cada una de sus vidas, gracias por sus ánimos y apoyo para culminar esta etapa.



## ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO  | PÁGINA |
|--|--------|
| RESUMEN .....  | 1      |
| CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A,<br>GUATEMALA, GUATEMALA, C.A. ....   | 3      |
| 1.1. PRESENTACIÓN .....  | 4      |
| 1.2. OBJETIVOS .....   | 6      |
| 1.2.1. General.....  | 6      |
| 1.2.2. Específicos .....   | 6      |
| 1.3. METODOLOGÍA.....  | 7      |
| 1.3.1. Reconocimiento del área de estudio .....  | 7      |
| 1.3.2. Recopilación de información .....   | 7      |
| 1.3.3. Recopilación de información secundaria .....  | 7      |
| 1.3.4. Análisis de la información.....   | 7      |
| 1.4. RESULTADOS .....  | 8      |
| 1.4.1. Descripción general de la Industria Alimenticia S.A. ....   | 8      |
| 1.4.2. Antecedentes de la industria .....  | 8      |
| 1.4.3. Recursos .....  | 8      |
| 1.4.4. Actividades productivas .....   | 9      |
| A. Producción .....  | 9      |
| B. Sistema de gestión ambiental .....  | 11     |
| 1.4.5. Análisis F.O.D.A .....  | 12     |
| 1.4.6. Descripción de la problemática .....  | 15     |
| 1.5. CONCLUSIONES.....   | 16     |
| 1.6. RECOMENDACIONES .....   | 17     |
| 1.7. BILIOGRAFÍA.....  | 18     |
| CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS<br>PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS<br>RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A. .. | 19     |

| <b>CONTENIDO</b>  | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| 2.1. PRESENTACIÓN .....   | 20            |
| 2.2. MARCO TEÓRICO .....  | 23            |
| 2.2.1. Marco conceptual .....   | 23            |
| A. Agua residual .....  | 23            |
| B. Agua residual industrial.....  | 23            |
| C. Sistemas de gestión ambiental .....  | 24            |
| D. Planta de tratamiento de agua residual .....   | 26            |
| E. Parámetros de calidad del agua residual .....  | 26            |
| a. Potencial de hidrógeno.....  | 26            |
| b. Demanda química de oxígeno.....  | 27            |
| F. Técnica de muestreo.....   | 30            |
| G. Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de las aguas<br>residuales y la disposición de lodos ..... | 31            |
| H. Industrias alimenticias y tratamientos de agua residual.....   | 33            |
| J. Industria Alimenticia S.A, derrames y contaminación ambiental .....  | 35            |
| 2.2.2. Marco referencial.....   | 38            |
| A. Ubicación .....  | 38            |
| B. Descripción de la empresa.....   | 39            |
| C. Descripción de los procesos .....  | 40            |
| D. Planta de tratamiento de agua residual .....   | 41            |
| E. Proceso de tratamiento .....   | 41            |
| a. Levantamiento inicial .....  | 42            |
| b. Criba.....   | 43            |
| c. Tanque de acumulación (homogenización del efluente) .....  | 43            |
| d. Tratamiento biológico con MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor).....   | 44            |
| e. Tratamiento biológico, tanque de lodos activados.....  | 45            |
| f. Sedimentador .....   | 45            |
| g. Espesador de lodos.....  | 46            |
| h. Deshidratación de lodos .....  | 46            |

| <b>CONTENIDO</b>  | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| 2.3. OBJETIVOS .....  | 49            |
| 2.2.2. Objetivo general .....   | 49            |
| 2.2.3. Objetivos específicos.....   | 49            |
| 2.4. METODOLOGÍA.....   | 50            |
| 2.4.1. Análisis de demanda química de oxígeno y potencial de hidrógeno en los distintos productos.....                        | 50            |
| 2.4.1.1. Principales productos muestreados .....  | 50            |
| 2.4.1.2. Equipo, materiales y reactivos de laboratorio .....  | 51            |
| 2.4.1.3. Proceso para prueba de demanda química de oxígeno y potencial de hidrógeno .....                                     | 52            |
| 2.4.2. Comparación de los análisis con valores críticos promedio de entrada de la planta de tratamiento .....                 | 56            |
| 2.4.3. Identificación de un posible impacto de los distintos productos en relación a los resultados obtenidos .....           | 57            |
| 2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 58            |
| 2.5.1. Resultados de análisis de productos mediante la DQO y pH .....   | 58            |
| 2.5.2. Comparación de resultados obtenidos de los análisis con valores críticos promedio de entrada de PTAR.....              | 62            |
| 2.5.3. Identificación de un posible impacto en los distintos productos en relación a resultados de análisis de DQO y pH ..... | 66            |
| 2.6. CONCLUSIONES.....  | 72            |
| 2.7. RECOMENDACIONES .....  | 73            |
| 2.8. BIBLIOGRAFÍA .....   | 75            |
| 2.9. ANEXOS .....   | 81            |
| 2.9.1. Prueba de cubetas .....  | 81            |
| 2.9.2. Equipo de laboratorio .....  | 82            |
| 2.9.3. Resultados de prueba en cubetas.....   | 84            |
| 2.9.4. Derrame de producto.....   | 86            |
| CAPÍTULO II: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A. ....                | 87            |

| <b>CONTENIDO</b>   | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| 3.1. PRESENTACIÓN .....  | 88            |
| 3.2. OBJETIVOS .....   | 89            |
| 3.2.1. Objetivo General .....  | 89            |
| 3.2.2. Objetivos Específicos .....   | 89            |
| 3.3. Servicio 1: Propuesta metodológica para derrames de producto en Industria Alimenticia S.A. ....   | 90            |
| 3.3.1. Metodología.....  | 90            |
| 3.4. Servicio 2: Propuesta de los procedimientos de los principales muestreos para los diferentes análisis de la Planta de tratamiento de agua residual..... | 93            |
| 3.4.1. Metodología.....  | 93            |
| 3.5. CONCLUSIONES.....   | 96            |
| 3.6. BIBLIOGRAFÍA .....  | 97            |



## ÍNDICE DE FIGURAS

| CONTENIDO  | PÁGINA |
|--|--------|
| Figura 1. Proceso de producción línea de jugos .....   | 9      |
| Figura 2. Proceso de producción línea de tomate .....  | 10     |
| Figura 3. Proceso de producción línea de frijoles.....   | 10     |
| Figura 4. Esquema general de la planta de tratamiento de aguas residuales de<br>Industria Alimenticia S.A. ....                              | 11     |
| Figura 5. Mapa de ubicación de Industria Alimenticia S.A. ....   | 39     |
| Figura 6. Diagrama de flujo de fases de planta de tratamiento de agua residual de<br>Industria Alimenticia S.A. ....                         | 42     |
| Figura 7. Toma de muestras. ....   | 52     |
| Figura 8. Proceso de dilución. ....  | 53     |
| Figura 9. Diagrama de flujo de proceso para prueba de demanda química de oxígeno. ....   | 54     |
| Figura 10. Procedimiento de prueba de demanda química de oxígeno. ....   | 55     |
| Figura 11. Potenciómetro midiendo el pH en muestras.....   | 56     |
| Figura 12. Gráfica de valores DQO promedio de DQO de los productos versus el valor<br>crítico promedio de la DQO de entrada en la PTAR. .... | 63     |
| Figura 13. Gráfica de valores promedio del pH de los productos versus el valor crítico<br>promedio del pH de entrada de la PTAR. ....        | 65     |
| Figura 14A.Kit para determinación de DQO en los distintos productos.....   | 81     |
| Figura 15A.Fotómetro. ....   | 82     |
| Figura 16A.Termorreactor .....   | 83     |
| Figura 17A.Prueba de cubetas de néctar de melocotón y coctel de vegetales mes de<br>marzo 2019.....  | 84     |
| Figura 18A.Prueba de frijol volteado y salsa ketchup mes de marzo 2019. ....   | 85     |
| Figura 19A.Derrame de salsa ketchup en planta de producción. ....  | 86     |
| Figura 20A. Propuesta de procedimiento metodológico a seguir en caso de un derrame. ....   | 91     |
| Figura 21A.Registro de derrame. ....   | 92     |
| Figura 22A.Muestreo de agua residual de entrada (levantamiento inicial) .....  | 93     |

| <b>CONTENIDO</b>   | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| Figura 23A. Muestreo de agua residual de salida .....                                | 94            |
| Figura 24A. Muestreo para prueba de solidos sedimentables mediante conos imhoff..... | 95            |

## ÍNDICE DE CUADROS

| CONTENIDO   | PÁGINA |
|---|--------|
| Cuadro 2. Formato de entrevista basada en la Norma Internacional ISO 14001:2015 numeral 6 inciso 6.1.2 abordando generalidades y aspectos ambientales adaptándolos hacia la planta de tratamiento de agua residual para la realización del FODA. .... | 13     |
| Cuadro 3. Muestreo de Agua de entrada del mes de julio a noviembre de 2018.....   | 46     |
| Cuadro 4. Muestreo de Agua de salida del mes de julio a noviembre de 2018.....  | 47     |
| Cuadro 5. Muestreo de Agua de entrada del mes de enero a noviembre 2019. ....   | 48     |
| Cuadro 6. Muestreo de Agua de salida del mes de enero a noviembre 2019.....   | 48     |
| Cuadro 7. Total de pruebas realizadas de febrero a septiembre.....  | 52     |
| Cuadro 8. Resultados análisis de frijol volteado negro.....   | 58     |
| Cuadro 9. Resultados análisis de bebida de néctar de melocotón.....   | 59     |
| Cuadro 10. Resultados análisis de salsa kétchup. ....   | 60     |
| Cuadro 11. Resultados análisis de coctel de vegetales. ....   | 61     |
| Cuadro 12. Cumplimiento de resultados de análisis con valores críticos promedio de entrada.....   | 66     |



## RESUMEN

La contaminación ambiental es un problema que aumenta junto con el desarrollo de la civilización humana; a medida que la población aumenta, también, la contaminación se hace crítica que llega a niveles que pueden alterar la salud humana y ecosistemas (Valladares, 2018). El agua es uno de los factores involucrados en este problema, en los procesos de producción de alimentos, conlleva riesgos físicos, químicos y biológicos que hacen necesario un estricto control que garantice su calidad y evite riesgos en la salud de la población. Industria Alimenticia S.A es una empresa dedicada a la fabricación de alimentos procesados y bebidas no carbonatadas, cuenta con un sistema de gestión ambiental, el cual se integra por un centro de transferencia de residuos en donde se realizan actividades como la clasificación de residuos, trituración de materiales y su disposición final, y en donde opera una planta de tratamiento de agua residual aerobia encargada de dar la gestión adecuada al agua residual proveniente de los procesos productivos.

El diagnóstico realizado en Industria Alimenticia S.A. detectó dos situaciones dentro de la industria, las cuales se pueden mejorar mediante acciones específicas, siendo estos la realización de una propuesta metodológica para el control de derrames de los distintos productos y la realización de propuestas de los manuales de las principales mediciones de los parámetros fisicoquímicos que se realizan en la planta de tratamiento de aguas residuales. En la actualidad no se cuenta con un manejo adecuado del vertimiento que le dan a los derrames de los distintos productos que llegan hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que se desconoce el impacto que se está generando en dicha planta. Por lo que al momento de dicho evento, no se tiene algún procedimiento establecido para verter los derrames. Debido a la falta del procedimiento, se planteó una propuesta metodológica para el control adecuado de los derrames que se dan en Industria Alimenticia S.A.

A pesar de la eficiencia que se tiene en la planta de producción, existen ocasiones en donde se tiene como resultado un producto fermentado, cristalizado o un producto que no haya

pasado las pruebas sensoriales en los laboratorios de la industria, o ya sea que no cumpla con los parámetros de control y calidad requeridos. Estos productos llegan a ser derramados en recipientes industriales dentro de la planta de producción, en donde posteriormente son llevados a la PTAR, en donde son destinados como alimento animal o lo que nos lleva al problema ambiental principal de este documento, el cual es el vertimiento de dicho derrame en el levantamiento inicial de la PTAR, causando un impacto negativo en el proceso de depuración debido a los altos contenidos de materia orgánica. La planta de tratamiento de agua residual de Industria Alimenticia S.A establece ciertos parámetros de entrada, dichos parámetros manejan valores críticos permisibles que se deben cumplir para un adecuado tratamiento acorde a su diseño. En esta investigación se identificaron valores altos representativos de la contaminación orgánica mediante distintos análisis realizados con las pruebas de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno en los distintos productos de Industria Alimenticia S.A, dichos parámetros indicaron valores altos de entrada.

Una mejora continua consiste en obtener la mejor calidad posible de los procesos, productos y servicios de una industria. Para poder implementar una mejora continua en el sistema de gestión ambiental de Industria Alimenticia S.A, la información obtenida en esta investigación aportará información necesaria para la implementación de un control adecuado en los derrames ocasionados en la planta de producción, evitando un posible impacto negativo en el tratamiento al momento de verter un producto y manteniendo estables los parámetros que maneja la planta de tratamiento de agua residual. De igual manera esto ayudara a poder optimizar el cumplimiento del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236 - 2006.

Es importante que la industria alimenticia trabaje por la búsqueda de la sostenibilidad ambiental, realizando o apoyando investigaciones que permitan reincorporar los residuos al ciclo económico y productivo de manera eficiente, no solamente cuando se ostentan certificaciones desde el ámbito ambiental, sino como una responsabilidad adquirida para la protección del planeta. Claudia Ardila (2017)

**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A,  
GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

## 1.1. PRESENTACIÓN

Acorde a Julia Flores, educadora ambiental del MARN, los recursos naturales son bienes de la naturaleza que son utilizados por el ser humano para satisfacer sus necesidades de subsistencia y de desarrollo. “Es un hecho que cualquier acción que haga el ser humano tendrá un impacto en el ambiente, así que cada persona debe elegir entre aquellas actividades que dañen lo menos posible” MARN (2016). Toda actividad del ser humano deja una huella en el planeta en forma de residuos, líquidos, gaseosos y sólidos.

Según el Informe Ambiental del Estado de Guatemala, presentado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016), Guatemala es relevante en la región mesoamericana por ser un país mega diverso, multicultural, multiétnico y con muchas tradiciones ancestrales vinculadas al uso, manejo y conservación de los recursos naturales y ambiente.

A pesar que actualmente los dueños de Industria Alimenticia S.A son costarricenses, sus actividades productivas se desarrollan en el sector industrial del país guatemalteco, por lo que es su responsabilidad velar por la contaminación que generan hacia el medio ambiente, dentro y fuera de sus instalaciones.

El presente diagnóstico tuvo como fin conocer la situación actual en que se encuentra ambientalmente la Industria Alimenticia S.A, se pudieron identificar varios aspectos de la industria que pueden ser mejorados desde un punto medioambiental.

En este documento se presentan datos generales sobre la planta de producción y del sistema de gestión ambiental de la Industria Alimenticia S.A. y de manera general, todos los temas relacionados con las actividades productivas, tales como el proceso de producción de los distintos productos y del sistema de gestión ambiental que manejan. Con base a esta información, se elaboró un análisis FODA con enfoque ambiental de la industria en donde se identificaron y priorizaron los principales problemas ambientales de la industria.



Toda la información recabada en este documento puede servir como guía para todo aquel que esté interesado en conocer como una industria alimenticia puede mejorar ambientalmente varios aspectos, y poder dar seguimiento a una mejora continua dentro del sistema de gestión ambiental.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. General**

Conocer la situación ambiental actual de Industria Alimenticia S.A, ubicada en ciudad de Guatemala, para detectar los principales problemas observados en la planta de producción y en el sistema de gestión ambiental que manejan.

### **1.2.2. Específicos**

1. Describir las actividades productivas que se llevan a cabo en Industria Alimenticia S.A.
2. Identificar los principales problemas ambientales que afectan a Industria Alimenticia S.A.
3. Priorizar y determinar el problema ambiental de mayor importancia de Industria Alimenticia S.A.

### **1.3. METODOLOGÍA**

#### **1.3.1. Reconocimiento del área de estudio**

Para reconocer el área de estudio, se dividió el recorrido en dos partes, una se realizó en el área de la planta de producción, con el jefe de turno correspondiente a la mañana y posteriormente se realizó un reconocimiento del sistema de gestión ambiental que manejan en la industria, con el jefe de Saneamiento y el técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales –PTAR-.

#### **1.3.2. Recopilación de información**

Para la recopilación de dicha información, se realizaron entrevistas informales con los operarios de la planta de producción, jefes de turno y con el técnico de la PTAR. Con la información recabada, se pretendía conocer las generalidades de las actividades durante el ciclo de producción de los distintos productos, así como las actividades del sistema de gestión ambiental y los problemas ambientales derivados de dichas actividades.

#### **1.3.3. Recopilación de información secundaria**

Se recurrió a los documentos técnicos de la empresa para conocer de mejor manera las actividades productivas y ambientales de la Industria Alimenticia S.A.

#### **1.3.4. Análisis de la información**

Se realizó un análisis con la información obtenida, luego se desarrolló un análisis F.O.D.A de la Industria Alimenticia S.A en donde se identificaron y priorizaron los problemas ambientales.

## **1.4. RESULTADOS**

### **1.4.1. Descripción general de la Industria Alimenticia S.A.**

La Industria Alimenticia S.A es una empresa costarricense ubicada en carretera al Atlántico, ciudad de Guatemala, la cual se ha posicionado en el mercado de bebidas y alimentos naturales, cuenta con una planta de producción en donde se fabrica una variedad de alimentos procesados y bebidas, dicha producción genera residuos orgánicos e inorgánicos los cuales son transportados al centro de transferencia de residuos para su debido manejo, dicha producción requiere del consumo de agua, la cual se ve afectada en su calidad luego del uso que se le da en los diferentes procesos de producción, la cual llega como agua residual a la PTAR, recibiendo tratamiento primario y secundario, la cual cumple con los criterios y requisitos establecidos en el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236 – 2006.

### **1.4.2. Antecedentes de la industria**

La empresa inicio en California, Estados Unidos con la producción de jugo de frutas teniendo el propósito de producir bebidas con sabor fresco para los hogares de la región. En los años treinta, la compañía introdujo los néctares.

Posteriormente, a finales de la década de los cincuenta, la empresa abrió una subsidiaria en Guatemala. En 1959 nació la Industria de Alimentos y Bebidas en Guatemala, como una empresa agroindustrial. En el año 2006 la Industria fue comprada por una empresa costarricense.

### **1.4.3. Recursos**

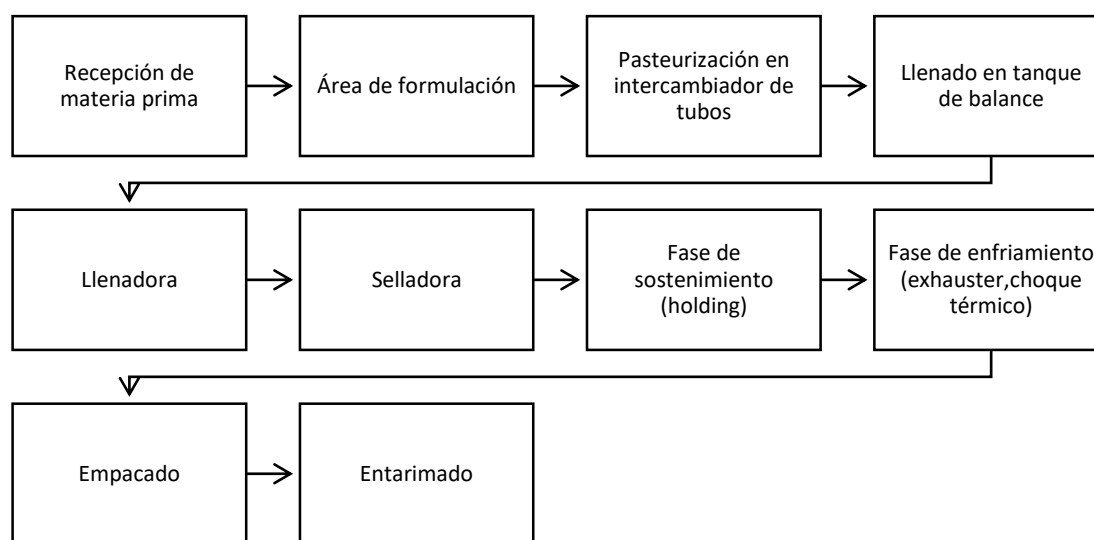
Cuenta con un pozo de agua para el abastecimiento de la planta de producción. Las instalaciones de la industria tienen un área aproximada de 1,500 mts<sup>2</sup>. Las instalaciones de la industria constan de un comedor, una clínica médica, área de calderas, una lavandería,

sanitarios, edificio administrativo, la planta de producción, laboratorios, bodega de materia prima y producto terminado, taller de mantenimiento, un sistema de gestión ambiental que se divide en la PTAR y el centro de transferencia de residuos y parqueos. La información de los recursos financieros fue negada, clasificándolos como confidenciales.

#### 1.4.4. Actividades productivas

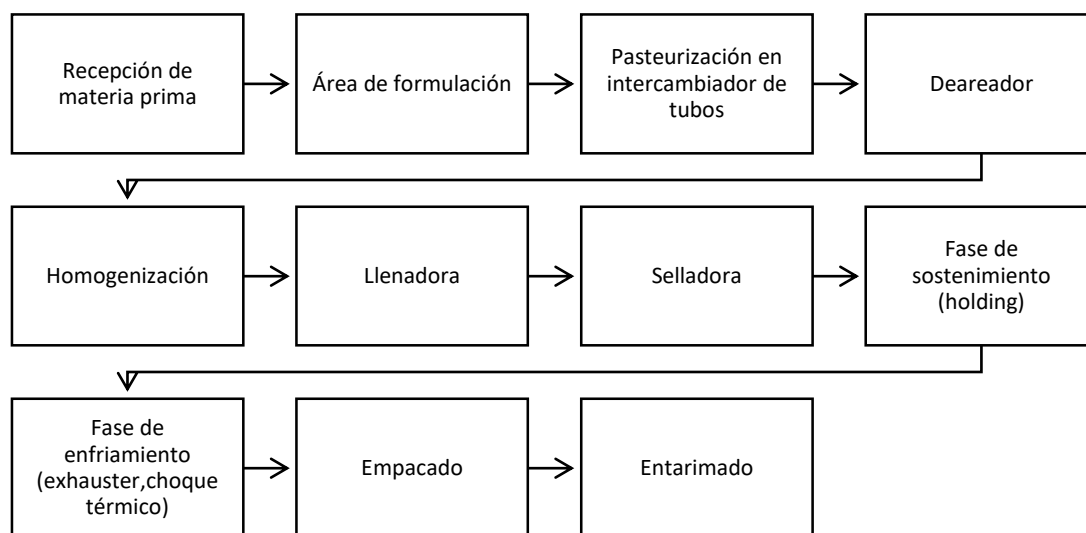
##### A. Producción

La industria se centra en dos líneas, una de producción de alimentos procesados y otra de bebidas. La línea de alimentos procesados se subdivide en salsas de tomate (kétchup y pastas) y en frijoles (volteados y precocidos); la producción de líneas de bebidas se centra en néctares y jugos.



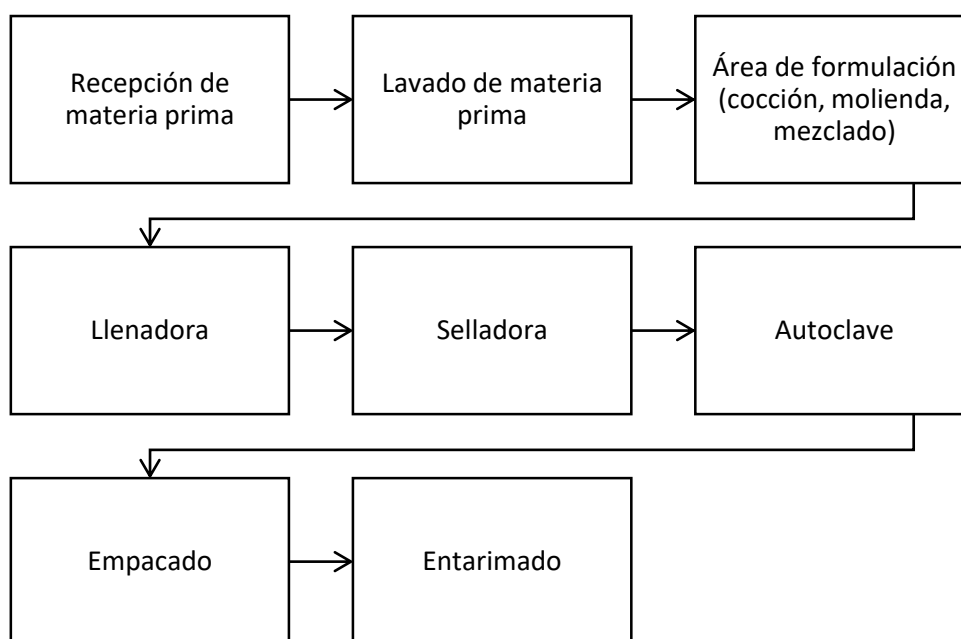
Fuente: elaboración propia, 2019.

**Figura 1. Proceso de producción línea de jugos**



Fuente: elaboración propia, 2019.

**Figura 2. Proceso de producción línea de tomate**

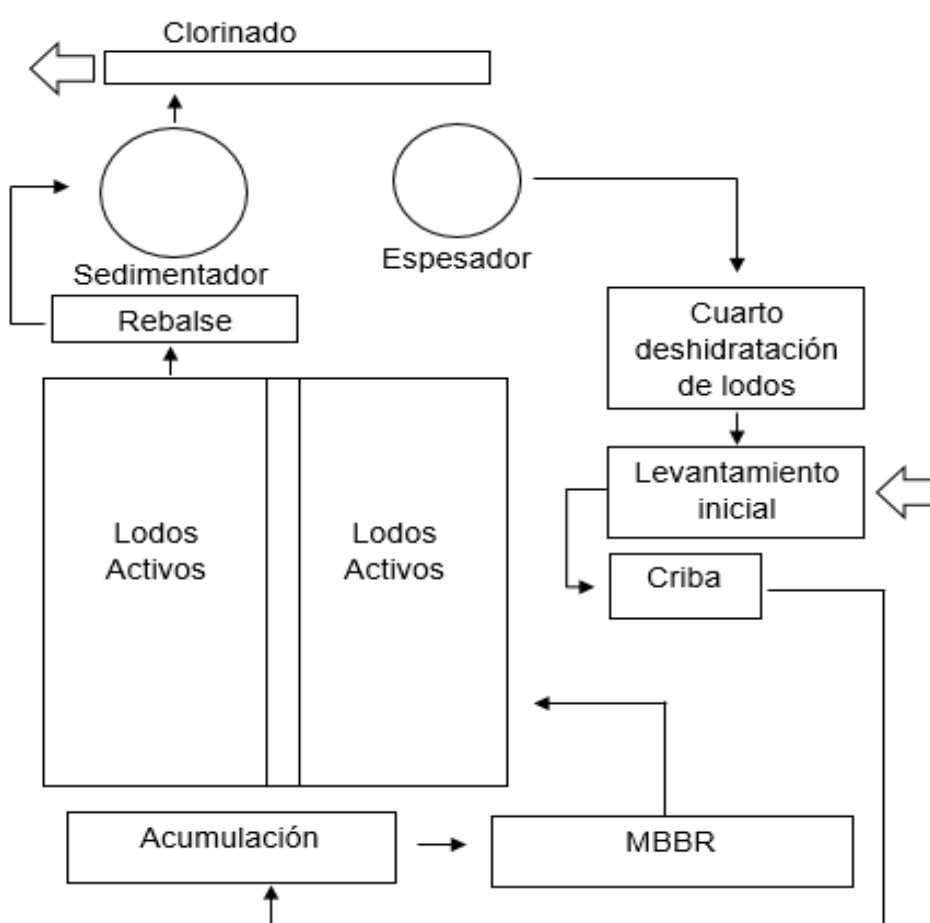


Fuente: elaboración propia, 2019.

**Figura 3. Proceso de producción línea de frijoles**

## B. Sistema de gestión ambiental

Dicho sistema está integrado por una PTAR, construida en el año 2006, encargada de tratar las aguas residuales de la industria y que cumple con los parámetros de salida establecidos por el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236 - 2006, así mismo está integrado por un centro de transferencia de residuos en donde todos los residuos de la industria reciben un tratamiento adecuado para su disposición final.



Fuente: elaboración propia, 2019.

**Figura 4. Esquema general de la planta de tratamiento de aguas residuales de Industria Alimenticia S.A.**

### 1.4.5. Análisis F.O.D.A

Con la información obtenida, se desarrolló un análisis FODA para la Industria Alimenticia S.A., el cual se presenta en el cuadro 1.

**Cuadro 1. FODA para Industria Alimenticia S.A**

|   |   |
|---|---|
| <p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales, que cumple con el AG 236-2006.</li> <li>-Manejan un sistema de reciclaje que ayuda a que el centro de transferencia de residuos sea eficiente.</li> </ul> | <p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mejora continua en el SGA.</li> <li>-Disponibilidad de técnicos calificados, jefes y personal proactivo dispuestos a una mejora ambiental de la industria.</li> </ul> |
| <p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de un proceso adecuado de la descarga de derrames.</li> <li>-Falta de interés sobre el tema de derrames y el impacto negativo de los distintos productos.</li> </ul>  | <p><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Impacto negativo en el proceso de la PTAR al momento de los derrames.</li> <li>-Falta de implementación de la Norma ISO 14001, SGA.</li> </ul>                             |

Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se puede observar en el cuadro anterior, las debilidades y amenazas manifiestan problemas a los que se les debería de poner interés, esto nos indica que se debe trabajar en potenciar todos estos aspectos, con la ayuda de las fortalezas y oportunidades que tiene actualmente la industria, para mejorar su calidad e imagen.



**Cuadro 2. Formato de entrevista basada en la Norma Internacional ISO 14001:2015 numeral 6 inciso 6.1.2 abordando generalidades y aspectos ambientales adaptándolos hacia la planta de tratamiento de agua residual para la realización del FODA.**

| <b>Industria Alimenticia S.A</b><br><b>Lugar: Planta de tratamiento de aguas residuales</b><br><b>Fecha:</b><br><b>Nombre:</b><br><b>Cargo:</b><br>A continuación encontrará una serie de preguntas enfocadas a la planta de tratamiento de agua residual: |  |              |                      |
|--|--|--------------|----------------------|
| <b>NUMERAL DE LA NORMA</b>   | <b>REQUISITOS</b>  | <b>SI/NO</b> | <b>OBSERVACIONES</b> |
| <b>6</b>   | <b>PLANIFICACIÓN</b>   |              |                      |
| <b>6.1.2</b>   | Aspectos Ambientales   |              |                      |
|  | ¿La PTAR determina las situaciones de emergencia potenciales, incluidas las que pueden tener un impacto ambiental?         |              |                      |
|  | ¿Mantiene información documentada de sus riesgos y oportunidades que son necesarios abordar?                               |              |                      |
|  | ¿La PTAR determina los aspectos ambientales de sus actividades que puede controlar y de aquellos en los que puede influir? |              |                      |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | ¿La PTAR determina aquellos aspectos que tengan o puedan tener un impacto ambiental significativo mediante el uso de criterios establecidos? |  |  |
|  | ¿Comunica sus aspectos ambientales significativos entre los diferentes niveles y funciones de la misma?                                      |  |  |
|  | ¿La PTAR mantiene información documentada de sus aspectos ambientales e impactos ambientales asociados?                                      |  |  |
|  | ¿Mantiene información documentada de los criterios para determinar sus aspectos ambientales significativos?                                  |  |  |
|  | ¿Mantiene información documentada de sus aspectos ambientales significativos?  |  |  |

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Norma ISO 14001:2005 (2019).

#### **1.4.6. Descripción de la problemática**

A pesar de la eficiencia que se tiene en la planta de producción, existen ocasiones en donde se tiene como resultado un producto fermentado, cristalizado o un producto que no haya pasado las pruebas sensoriales en los laboratorios de la industria, o ya sea que no cumpla con los parámetros de control y calidad requeridos.

Estos productos llegan a ser derramados en recipientes industriales dentro de la planta de producción, en donde posteriormente son llevados a la PTAR, en donde son destinados como alimento animal o lo que nos lleva al problema ambiental principal de este documento, el cual es el vertimiento de dicho derrame en el levantamiento inicial de la PTAR, causando un impacto negativo en el proceso de depuración debido a los altos contenidos de materia orgánica.

Mediante este contexto y con la información del FODA y entrevistas, los principales problemas que se detectaron en la Industria Alimenticia S.A., fueron los siguientes:

- Falta de información sobre el impacto negativo de los distintos productos que se tiene en la PTAR.
- Ausencia de procedimiento o manejo adecuado para el vertimiento de los derrames.
- Falta de la implementación de la Norma ISO 14001, sistema de gestión ambiental.

## 1.5. CONCLUSIONES

Según la priorización de los problemas ambientales de la planta de producción de Industria Alimenticia S.A, se concluye lo siguiente:

1. Como principal problema se obtuvo que no se conoce la significancia del impacto negativo generado por el grado de contaminación de los derrames que se descargan hacia la planta de tratamiento de aguas residuales –PTAR-, por lo que existe un riesgo que al momento de dicho evento, el proceso de depuración del tratamiento de la PTAR se vea afectado por la cantidad de producto derramado, lo que nos lleva al siguiente problema; la falta de una metodología o proceso adecuado para descargar el derrame de producto.
2. La falta de una metodología o de algún proceso adecuado para los derrames es de vital importancia para poder tener un control sobre el problema que se tiene en la PTAR al momento de una descarga de producto.
3. En la actualidad las Normas ISO son necesarias en cualquier organización, ya que según menciona Pérez y Bejarano (2008) implican la toma de conciencia por parte de la organización en el tema ambiental, en Industria Alimenticia S.A se debería tomar en cuenta poder implementar la Norma ISO 14001, ya que esta permitirá una mejora continua en el sistema de gestión ambiental que actualmente manejan.

## **1.6. RECOMENDACIONES**

1. Implementar una unidad de investigación que priorice el tema de los impactos negativos que se tienen en la entrada de la PTAR, la cual genere información para la toma de decisiones en cuanto al manejo interno de dicha planta al momento del vertimiento de un derrame.
2. Desarrollar un procedimiento adecuado para poder manejar el vertimiento de los derrames de una mejor manera, sin afectar el tratamiento de las aguas residuales de la Industria de Alimentos S.A.
3. Implementar la ISO 14001 al sistema de gestión ambiental que actualmente manejan, para poder certificarse y mejorar la calidad e imagen de la industria.

## 1.7. BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez Uribe, Rafael; Bejarano, Alexander. Sistema de gestión ambiental: Serie ISO 14000 Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 62, enero-abril, 2008, pp. 89-105 Universidad EAN Bogotá, Colombia. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20611457007>
2. MARN. 2017. Informe Ambiental del Estado 2016- Guatemala. Guatemala. 274pp. Consultado 10 nov. 2019. Disponible en: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/8879.pdf>
3. Flores, Julia; Ríos, Luis. MARN. 2016. Guatemala, un país aun con poca conciencia ambiental. Guatemala. Consultado 7 enero. 2020. Disponible en: [https://www.marn.gob.gt/noticias/noticia/Guatemala\\_un\\_pas\\_an\\_con\\_poca\\_conciencia\\_ambiental](https://www.marn.gob.gt/noticias/noticia/Guatemala_un_pas_an_con_poca_conciencia_ambiental)

**CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR  
LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

**CHAPTER II: CONTAMINATION ASSESSMENT OF THE WASTEWATER TREATMENT  
PLANT OF INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A, IN GUATEMALA GENERATED BY FOOD  
PRODUCTS.**

## 2.1. PRESENTACIÓN

La contaminación ambiental es un problema que aumenta junto con el desarrollo de la civilización humana; a medida que la población aumenta, también, la contaminación se hace crítica que llega a niveles que pueden alterar la salud humana y ecosistemas (Valladares, 2018). El agua es uno de los factores involucrados en este problema, en los procesos de producción de alimentos, conlleva riesgos físicos, químicos y biológicos que hacen necesario un estricto control que garantice su calidad y evite riesgos en la salud de la población.

El cuidado del ambiente como menciona Gómez (2014) es uno de los grandes desafíos de todas las organizaciones para mejorar su competitividad; por ello, dependiendo de las actividades humanas que se realicen estas tienen alguna repercusión ambiental, que en muchos casos son importantes. Debido a ello, las organizaciones tienen la necesidad de administrar de una manera adecuada el ambiente con el objeto de minimizar problemas y asegurar un equilibrio ecológico de los ecosistemas.

Industria Alimenticia S.A es una empresa dedicada a la fabricación de alimentos procesados y bebidas no carbonatadas, cuenta con un sistema de gestión ambiental, el cual se integra por un centro de transferencia de residuos en donde se realizan actividades como la clasificación de residuos, trituración de materiales y su disposición final, y en donde opera una planta de tratamiento de agua residual aerobia encargada de dar la gestión adecuada al agua residual proveniente de los procesos productivos.

Uno de los objetivos principales de la planta de tratamiento de agua residual es que los procesos llevados a cabo no produzcan malos olores o algún inconveniente en el proceso de depuración del agua, por lo que es vital que la planta de agua residual funcione de manera adecuada y los procesos no se vean afectados por la alteración de algún parámetro.

El sistema de gestión ambiental en Industria Alimenticia S.A tiene como objetivo facilitar que la organización controle todas sus actividades, servicios y productos que puedan causar



algún impacto sobre el medio ambiente, ayudando a minimizar todos los impactos ambientales que genera en su operación, teniendo como resultado una mejora continua de la calidad del ambiente, evitando la contaminación ambiental por medio de un manejo responsable de los desechos generados por las actividades de la planta de producción.

El cuidado del ambiente es uno de los grandes desafíos de toda organización y dependiendo de las actividades que realicen, estas tienen repercusiones ambientales importantes. En la actualidad Industria Alimenticia S.A no cuenta con información del impacto que tienen los productos al momento en que son derramados hacia la planta de tratamiento de agua residual, esto se debe a que no existen estudios iniciales sobre el efecto de los productos hacia la planta de tratamiento de agua residual que en algún momento llegan a verter debido a un derrame (figura 15A) ocasionado en la planta de producción.

La planta de tratamiento de agua residual de Industria Alimenticia S.A establece ciertos parámetros de entrada, dichos parámetros manejan valores críticos permisibles que se deben cumplir para un adecuado tratamiento acorde a su diseño. La presente investigación se realizó con el propósito de obtener datos sobre las implicaciones que los derrames (figura 15A) puedan causar en la planta de tratamiento de agua residual ya que en la actualidad Industria Alimenticia S.A no cuenta con información del impacto que tienen los productos hacia el tratamiento.

Se identificaron valores altos representativos de la contaminación orgánica mediante distintos análisis realizados con las pruebas de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno en los distintos productos de Industria Alimenticia S.A, dichos parámetros indicaron valores altos de entrada.

Una mejora continua consiste en obtener la mejor calidad posible de los procesos, productos y servicios de una industria. Para poder implementar una mejora continua en el sistema de gestión ambiental de Industria Alimenticia S.A, la información obtenida en esta investigación aportará información necesaria para la implementación de un control adecuado en los

derrames ocasionados en la planta de producción, evitando un posible impacto negativo en el tratamiento al momento de verter un producto y manteniendo estables los parámetros que maneja la planta de tratamiento de agua residual. De igual manera esto ayudara a poder optimizar el cumplimiento del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236 - 2006.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Marco conceptual**

#### **A. Agua residual**

Valladares (2018) hace referencia al concepto de agua residual como “toda aquella agua que tomada por el hombre y que posterior de su utilización en los hogares y procesos industriales, es descargada en forma de desecho hacia los alcantarillados municipales o cuerpos receptores”. Es decir, el agua de calidad potable es modificada debido a la adición de otros elementos que cambian la composición física, química y biológica del agua para ser desechada por su poca o nula reutilización.

Así mismo Valladares (2018) hace mención que el agua residual por sus características físicas, químicas y biológicas es contaminante para la naturaleza, los ecosistemas y los organismos vivos. Debido a esto es necesario conocer sus propiedades y características para considerar un tratamiento adecuado y definir una forma adecuada de descarga hacia un cuerpo receptor, el cual puede ser sensible a determinados parámetros o características de las aguas residuales.

#### **B. Agua residual industrial**

Según menciona Valladares (2018) son las aguas de desecho provenientes de los procesos industriales, los cuales pueden recolectarse y disponerse aisladamente de las aguas residuales domesticas o formar parte en el tratamiento de estas. Estos desechos, según sea la caracterización de la industria, pueden representar serios problemas en los sistemas de tratamiento, ya que no están acondicionados para el tratamiento de las diferentes cargas por estas actividades.

Las aguas residuales acorde a Da Cámara, L., Hernández (2014) son aquellas vertientes provenientes de procesos post-industriales. Son aguas que han sido utilizadas en los diferentes sistemas de fabricación, producción o manejo industrial y que para ser desechadas necesitan ser tratadas previamente.

### **C. Sistemas de gestión ambiental**

La normativa internacional en sistemas de gestión ambiental se publicó en septiembre de 1996 por la organización internacional para la normalización, se originó como respuesta hacia la preocupación mundial por el medio ambiente, y la necesidad de un indicador universal para poder evaluar los esfuerzos de una empresa por alcanzar una protección ambiental, confiable y adecuada.

Amaya, Cañón y Avilés (2004) señalan que esta norma es una norma en eco-gerencia que se ha convertido en un requerimiento tanto para la competitividad como para la permanencia de empresas, la cual establece herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción en el interior de una empresa, y de los efectos o externalidades que de estos deriven al medio ambiente.

Para que un sistema de gestión ambiental funcione correctamente es de vital importancia tomar en cuenta los lineamientos de la política ambiental de la empresa, la cual establece compromisos de mejora continua y de prevención de la contaminación.

Para fines de esta investigación, se tomaron en cuenta los siguientes lineamientos de Industria Alimenticia S.A: se compromete a evitar la contaminación ambiental por medio de la eliminación o disminución de las emisiones sólidas, líquidas y atmosféricas originadas en todas sus actividades, se compromete a desarrollar una gestión integrada del recurso hídrico, orientada a su protección, uso racional y tratamiento adecuado.

Uno de los objetivos principales de un sistema de gestión ambiental es el de evitar la contaminación ambiental mediante un manejo responsable de los desechos generados por la industria, ya que el tratamiento de agua residual es parte del sistema de gestión ambiental, y según menciona la normativa ISO 14001, se debe mantener una mejora continua en dicho sistema para mejorar la calidad de sus diferentes etapas, cumpliendo con la depuración de la contaminación en las aguas residuales.

La mejora continua consiste en obtener la mejor calidad posible de los procesos, productos y servicios de una industria. Dicho esto, una mejora continua del tratamiento de agua residual para Industria Alimenticia S.A, se podría obtener mediante la información que genere esta investigación, logrando una línea base para poder llevar un control adecuado de los derrames (figura 15A) y un control para evitar el posible impacto negativo que se genere en el tratamiento al momento de verter un derrame y mantener estables los valores críticos promedio de la planta.

La norma no impone una metodología concreta para el desarrollo de un sistema de gestión ambiental, como menciona Granero J., Ferrando M (2010), lo que le da cierta libertad a las organizaciones. Lo que si es necesario que tenga una organización son los siguientes requisitos:

Contar con una estructura organizada del sistema, definiendo funciones y responsabilidades que tengan relación con el medio ambiente, tener los recursos humanos y materiales para conseguir los objetivos propuestos, también deben disponer de un soporte documental donde se desarrolle la metodología que van a utilizar y una planificación de actividades y mejoras, enmarcadas dentro de una política, objetivos y metas ambientalmente adecuadas.

#### **D. Planta de tratamiento de agua residual**

El tratamiento de aguas residuales, es un proceso de tratamiento que incorpora transformaciones físicas, químicas, y biológicas, con el objetivo de tratar y remover los contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua, efluente del uso humano.

Uno de los objetivos principales de las plantas de tratamiento de agua residual, es que los procesos llevados a cabo no produzcan malos olores o algún inconveniente en el proceso de depuración del agua, por lo que es vital que una planta de tratamiento de agua residual funcione de manera adecuada y los procesos no se vean afectados por la alteración de algún parámetro.

#### **E. Parámetros de calidad del agua residual**

Las propiedades y características en el agua residual según indica Valladares, 2018 se clasifican en físicas, químicas y biológicas. Las físicas son los que no reaccionan con el agua, pero pueden dañar la vida de los ecosistemas. Las químicas son aquellos que alteran la composición del agua y/o reacciona con esta. Las biológicas son organismos o microorganismos directamente dañinos o que se encuentran en excesos indeseables.

Los parámetros que reflejan el grado de contaminación y que fueron utilizados para esta investigación, son:

##### **a. Potencial de hidrógeno**

Conagua hace referencia al pH como logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en el agua ( $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ). Cuando se presenta una mayor concentración de iones  $[\text{H}^+]$  el pH del agua se dice que es ácido y su valor será menor a 7, pero mayor o igual a 0. Por otra parte, cuando el ion  $[\text{OH}^-]$  es el que abunda, entonces se dice que el agua es básica o alcalina y el valor del pH será mayor a 7, pero menor a catorce.

Es un parámetro de la materia ionizable presente en el agua y puede ser un indicador del vertido de ácidos, bases o sales, y depende del aporte de materia orgánica. Valladares, 2018 menciona que el pH debe mantenerse en un rango de 7.0 a 8.5 para evitar que los microorganismos necesarios para la estabilización de la materia orgánica en los sistemas de tratamiento de aguas residuales mueran.

La medida del pH indica el grado de acidez o de alcalinidad de una sustancia específica. Todas las sustancias pueden clasificarse en un rango de 0 a 14 en esta escala. Si una sustancia posee un pH de 7 es considerada como sustancia neutra ya que se encuentra en el centro de la escala.

Para garantizar un rango de acidez que impida elevados niveles de toxicidad en el fluido final, y evitar la contaminación del agua a descargar, se requiere de un nivel constante de pH en la planta de tratamiento de agua residual. Los valores menores a un pH 7 corresponden a sustancias ácidas, mientras que si poseen valores mayores se consideran sustancias básicas, por lo que un pH de 7 hace referencia a un valor neutro.

#### **b. Demanda química de oxígeno**

Existen métodos analíticos indirectos que miden la cantidad de oxígeno requerida para la transformación de la materia orgánica. Los métodos de mayor uso son: la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

Según Conagua, la demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas en medio ácido, en presencia de un oxidante fuerte (dicromato o permanganato de potasio) y con aplicación de calor, en un equipo de reflujo. Bajo tales condiciones se oxida toda la materia oxidable presente en la muestra, incluso aquella que los microorganismos son incapaces de degradar. Por ello, la demanda química de oxígeno será mayor a la demanda bioquímica de oxígeno.

Acorde a Burgos y Bazúa (2008) la demanda química de oxígeno es un parámetro químico, que representa una medida de toda la materia orgánica e inorgánica presente en disolución y/o suspendida que puede ser químicamente oxidada, por la acción de agentes oxidantes, bajo condiciones ácidas y se mide como miligramos de “oxígeno” equivalentes a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de disolución (agua residual). Así mismo describen que la importancia de la demanda química de oxígeno radica en que es un parámetro importante y lo suficientemente rápido para determinar el grado de contaminación del agua y puede ser empleada para estimar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Burgos y Bazúa (2008) mencionan en su estudio sobre la demanda química de oxígeno, que en la naturaleza no se generan desperdicios ya que los residuos de un proceso biológico se aprovechan como insumos en otro. Sin embargo, los seres humanos desarrollan actividades y procesos productivos ineficientes que consumen grandes cantidades de energía, agua o materias primas, que producen grandes cantidades de residuos ya que no son aprovechados para otros procesos. Hacen referencia de la demanda química de oxígeno como una prueba que se realiza en muchos laboratorios, ya que es uno de los parámetros más usados para establecer la concentración de materia orgánica en muestras de aguas y aguas residuales.

La prueba de la demanda química de oxígeno se utiliza para medir la carga orgánica de los desechos domésticos e industriales según indican Sawyer, Mc Carty y Parkyn (2003). Esta prueba mide un desecho en términos de la cantidad total de oxígeno requerido para la oxidación, es utilizado por la facilidad de obtener los resultados de manera rápida.

Como se menciona en el artículo escrito por Hanna Instruments (2019), es importante evaluar la materia orgánica presente en una muestra, para determinar la cantidad presente. Los residuos con alto contenido orgánico requieren de un tratamiento que reduzca su cantidad antes de ser descargados en aguas receptoras.



Si las instalaciones para el tratamiento de aguas no reducen el contenido orgánico de las aguas residuales antes de ingresar a las aguas naturales, los microbios que se encuentran en el agua receptora consumirán esta materia orgánica. Por consiguiente, estos microbios también consumirán el oxígeno en el agua receptora como parte de la descomposición de los desechos orgánicos.

El agotamiento del oxígeno, junto con las condiciones ricas en nutrientes, se denomina eutrofización, la cual es una condición del agua natural que puede llevar a la muerte de la vida animal. Las plantas de tratamiento de agua residual reducen la demanda química de oxígeno usando estos mismos microbios bajo condiciones controladas. Estas instalaciones airean cámaras con bacterias especiales que pueden descomponer la materia orgánica en un entorno que no haga daño a las aguas naturales.

Boyles (1997), indica que la demanda química de oxígeno se determina midiendo la cantidad de oxidante consumido mediante un termorreactor (figura 12A) y un fotómetro (figura 11A). Los datos de las pruebas están disponibles de 2 a 3 horas, proporcionando una evaluación y un proceso más rápido de la calidad del agua a controlar. Cuando la muestra de la demanda química de oxígeno excede el rango establecido, se debe diluir la muestra con agua libre de compuestos orgánicos para su lectura, las pruebas de la demanda química de oxígeno no determinan la concentración de una sustancia específica, sino que miden el efecto de una combinación de sustancias y condiciones.

Según menciona Hanna Instruments (2019), la demanda química de oxígeno es una medición importante para el tratamiento de residuos en muchos sectores industriales, desde sistemas municipales hasta el flujo de residuos de fábricas de alimentos, también señala que debido a que el análisis de la demanda bioquímica de oxígeno requiere 5 días para completarse, la demanda química de oxígeno se usa para monitorear el proceso de tratamiento en operaciones diarias y solo toma unas horas para completarse. La demanda bioquímica de oxígeno representa la cantidad de materia orgánica biodegradable, mientras

que la demanda química de oxígeno representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

En la presente investigación no se consideró la demanda bioquímica de oxígeno debido a que este valor mantiene una relación directamente proporcional con la demanda química de oxígeno en donde, la demanda bioquímica de oxígeno siempre es menor a la demanda química de oxígeno, ya que la demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y materia oxidable presente en un agua residual y representa la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

#### **F. Técnica de muestreo**

En la presente investigación se recurrió al muestreo por conveniencia, el cual es una técnica del muestreo no probabilístico en donde los individuos son seleccionados por la accesibilidad y proximidad para el investigador.

Este muestreo no solo fue utilizado porque es fácil de usar, tiene otras ventajas de investigación como en los estudios piloto, la muestra de conveniencia generalmente se usa porque permite al investigador obtener datos básicos y tendencias con respecto a su estudio sin las complicaciones de usar una muestra aleatoria. Esta técnica de muestreo también es útil para documentar una cantidad particular de una sustancia o fenómeno que ocurre dentro de una muestra dada.

Se utilizó para determinar el número de muestras, empleando el conocimiento y opinión personal ya que resultó imposible recurrir a todos los productos de Industria Alimenticia S.A debido a que la producción es muy variable y fue imposible realizar análisis de todos los individuos de la población. Fue utilizada para ahorrar tiempo, dinero y esfuerzos durante la investigación.

López y González (2017) mencionan que el muestreo por conveniencia es donde se utiliza el conocimiento y la opinión personal para identificar aquellos elementos de la población que deben incluirse en la muestra.

#### **G. Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos**

Este reglamento establece el cumplimiento nacional de comparación para los parámetros de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos. Para fines de este estudio y según el reglamento se entenderá por:

- **Afluente:** el agua captada por un ente generador.
- **Efluente de aguas residuales:** las aguas residuales descargadas por un ente generador.
- **Entes generadores:** la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial y cuyo efluente final de descarga sea un cuerpo receptor.
- **Aguas residuales:** las aguas que han recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas.
- **Aguas residuales de tipo especial:** las aguas generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.
- **Alcantarillado público:** el conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas de tipo especial, que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.

- **Caracterización de una muestra:** la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reúso de lodos.
- **Dilución:** el proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.
- **Límite máximo permisible (LMP):** el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales, aguas de reúso y lodos.
- **Lodos:** los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.
- **Muestra:** la parte representativa a analizar, de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.
- **Parámetro:** la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.
- **Eutrofización:** el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.
- **Tratamiento de aguas residuales:** cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.
- **Caracterización del agua:** antes de tratar las aguas debemos conocer su composición, esto es lo que se llama caracterización del agua, lo que permite conocer

elementos químicos y biológicos que están presentes y dan la información necesaria para diseñar una planta de tratamiento apropiada al agua servida que se está produciendo.

- Se hace mención del reglamento para poder entender la importancia de un funcionamiento adecuada en una planta de tratamiento de agua residual, ya que si se llegaran a alterar las distintas fases del tratamiento podría existir la posibilidad de un incumplimiento con la descarga final disminuyendo la calidad del agua al final del tratamiento.

## **H. Industrias alimenticias y tratamientos de agua residual**

Un sistema de tratamiento está compuesto por una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos constituyentes del agua residual a un nivel aceptable.

Mediante la revolución industrial fue creciendo, los problemas ambientales se fueron haciendo evidentes, sus impactos comenzaron a afectar la salud y el medio de convivencia en regiones urbanas. Como cita López, Garbayo y Díaz (2014) la relación entre el aumento de la industrialización y el incremento constante de la contaminación prevalece no solo en Cuba sino, también en varios países y regiones del mundo. Así mismo su artículo sobre caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL, encargada de actividades que se realizan con materia prima como carne de pollo, pavo, pescado y camarones; insumos como aceite, harina y pan, realizado en el municipio de Regla, La Habana, mencionan parámetros de demanda química de oxígeno con valores elevados de hasta 30,000 mg/L.

La industria alimentaria no solo requiere de grandes cantidades de agua para operar, también genera aguas residuales contaminantes, en su mayoría de origen orgánico. Es necesario tratar estas aguas, ya sea para verterlas en cuerpos de agua, drenaje, o alcantarillado sin generar contaminación, o bien para dar un segundo uso, en riego, limpieza

de equipos, sanitarios, etc., o incluso para reutilizar en ciertas etapas de la elaboración de alimentos. Domos Agua (2020) menciona que los procesos de limpieza de equipos, restos de leche, lacto suero o aguas de refrigeración, producen gran cantidad de agua residuales con altas cargas contaminantes, con una alta proporción de materia orgánica elevada, como lo es la demanda química oxígeno, junto con aceites, grasas y nitratos, que constituyen un considerable peligro para el medio ambiente. Resaltan que disponer de un tratamiento de agua residual eficiente genera numerosos beneficios como una disminución de costos, reducción de la contaminación y garantiza un mejor estándar de calidad.

Así mismo menciona que contar con una planta de tratamiento de agua residual eficiente permite ahorrar recursos, optimizar los procesos de producción y cumplir con las normativas, protegiendo el medio ambiente y la salud pública.

El procesamiento de uno de los condimentos más populares del mundo, como se menciona en FRC (2015) genera agua residual con restos de tomate y jugos que contribuyen a una alta concentración de demanda química de oxígeno.

El problema medioambiental más importante según Lucas y García (2016) de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica). El proceso de elaboración y sistema de limpieza, mantenimiento y conservación de la maquinaria y preparación del personal son aspectos determinantes en la composición de las aguas residuales. Las operaciones de limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos, pérdidas del producto, lacto suero o salmuera tienen unas características específicas con pH extremos, alto contenido en demanda bioquímica y química de oxígeno. El origen principal de la contaminación es debido a las pérdidas de producto en las diferentes etapas del proceso.

Según Pito y Parra (2018) la demanda química de oxígeno indica el contenido en materias orgánicas oxidables en el agua y también se expresa en ppm de O<sub>2</sub>. Las aguas con valores

elevados de demanda química de oxígeno, pueden dar lugar a interferencias en ciertos procesos industriales.

Los vertidos de los procesos de elaboración de productos alimenticios normalmente contienen materia orgánica en distintos estados de concentración, como menciona Da Cámara, L., Hernández (2014). Estos vertidos difieren de las aguas residuales en las características generales y también, específicamente, por su materia orgánica, se requiere un pre tratamiento para producir un efluente equivalente.

Adicionalmente mencionan que es necesario realizar ajustes frecuentes en la alimentación continua, como el pH y demás aditivos necesarios, con el fin de proporcionar las condiciones ambientales correctas para los microorganismos de los cuales depende el tratamiento biológico. Entre los tratamientos biológicos aerobios o anaeróbicos existentes, los métodos más eficaces e importantes son los lodos activos, filtros bacterianos, digestión anaerobia, lagunas de oxidación y riego por aspersión. Pero el tipo de tratamiento que se emplee dependerá de la naturaleza del vertido.

#### **J. Industria Alimenticia S.A, derrames y contaminación ambiental**

En Industria Alimenticia S.A, los derrames (figura 15A) son eventos imprevistos que ocurren en las líneas de producción, estos eventos dan lugar a un producto que es vertido en un recipiente industrial como lo podemos observar en la figura 15, que luego es descargado en la fase inicial de la planta de tratamiento de agua residual sin ningún procedimiento adecuado, generando alteraciones en las distintas fases y afectando el proceso de depuración de la planta de tratamiento de agua residual.

Según Rajinikanth (2013) los efluentes que son descargados al ambiente sin ningún tipo de tratamiento de aguas residuales de muchas industrias agroalimentarias, son un peligro para el medio ambiente y requieren un enfoque de gestión apropiado e integral, por lo que en varias partes del mundo las autoridades reguladoras ambientales establecen criterios estrictos para la descarga de aguas residuales de las industrias. En Guatemala existe el

Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236 - 2006, que establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

Lo anterior no hace referencia a Industria Alimenticia S.A, ya que actualmente la industria cumple con el reglamento de descargas, pero debido a los derrames (figura 15A) que suceden ocasionalmente en la planta de producción, la carga orgánica que entra a la planta de tratamiento de agua residual aumenta. Debido a esto se debería implementar un enfoque apropiado e integral para la descarga de derrames (figura 15A) hacia la planta de tratamiento y evitar posibles alteraciones en sus fases que lleven a un posible incumplimiento con dicho reglamento.

A medida que las regulaciones se vuelven más estrictas, ahora existe la necesidad de tratar y utilizar estos desechos de manera rápida y eficiente. Valladares (2018) hace referencia que para una industria de alimentos pueden esperarse cargas orgánicas elevadas debido a las grasas y aceites en la producción.

En varios países de Latinoamérica el desarrollo industrial es acelerado, lo que significa un incremento en la contaminación ambiental. Un claro ejemplo es en Perú, que según menciona el artículo de Lannacone y Molano-Linares (2018) se ha notado un crecimiento en los niveles de contaminación ambiental, dañando ecosistemas acuáticos por la descarga de los efluentes industriales sin tratamiento previo, como lo es en la industria alimentaria que produce soya, que se elabora mediante cuatro ingredientes básicos: soya, trigo, sal y agua, los cuales aportan gran carga orgánica a los efluentes industriales de esta industria, hacen necesaria la implementación de un tratamiento adecuado.

Asimismo el artículo hace mención que para que la transformación biológica se haga efectiva y de manera eficiente, deben existir condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano, como una temperatura entre 30°C - 40°C, oxígeno disuelto y un pH adecuado



(6.5 - 8.0), entre otros, en otras palabras significa cero alteraciones en el proceso de las distintas fases de la planta de tratamiento de agua residual para un tratamiento efectivo.

El principal indicador de la planta de tratamiento de agua residual que utiliza Industria Alimenticia S.A para conocer el estado de dicho tratamiento, es la demanda química de oxígeno. Boyles (1997) indica que la demanda química de oxígeno o es un contaminante, no plantea una amenaza directa para peces u otra vida. Sin embargo, puede plantear una amenaza indirecta para los organismos vivos al reducir el nivel de oxígeno disuelto. Es un parámetro importante para determinar la cantidad de contaminación orgánica en el agua, es una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente, siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos.

El concepto de contaminación ambiental que Stiftung (2004) cita es: “una alteración indeseable de las características físicas, químicas o biológicas del aire, el agua y del suelo, provocada por la emisión o vertimiento de desechos sólidos, líquidos o gaseosos, que afectan la salud humana, la supervivencia de los seres vivos y perturban el equilibrio ecológico”.

Según menciona Gómez (2014), en la actualidad el ambiente es una de las grandes preocupaciones que tiene la sociedad, siendo su protección y conservación objeto de tratados internacionales, políticas públicas, investigaciones científicas y programas de organismos no gubernamentales, entre otros. Es por ello que existe la demanda por productos ecológicos o productos verdes donde el proceso de fabricación disminuya sus impactos negativos sobre el ambiente desde su origen. La gestión ambiental ha tomado estas consideraciones dentro de las empresas, ordenando conceptos y prácticas asociados a la generación de sus productos y sus efectos en el ambiente.

Lenntech (2016), define la contaminación del agua como cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consume esa agua. Valladares (2018) menciona que adicional a los contaminantes

naturales que suceden durante el ciclo hidrológico; también, se produce la contaminación antropogénica que ha ido incrementando de concentración, características y calidad de la mano del desarrollo de las civilizaciones.

Así como se menciona que las actividades propias de demandar recursos, disponer de estos y desecharlos como residuos son el principal problema de la contaminación del agua que aporta grandes cantidades de contaminantes como el nitrógeno, fosforo, contaminantes orgánicos persistentes y contaminación microbiológica. Algunos de estos contaminantes en cantidades ordinarias de generación no presentan problemas ambientales como lo es el nitrógeno y fosforo, los cuales poseen un ciclo biogeoquímico en la tierra; sin embargo, con el desarrollo de las actividades humanas hacen que la cantidad de desechos generados sobrepase la curva de sostenibilidad o de incorporación a los ciclos de la tierra.

### **2.2.2. Marco referencial**

#### **A. Ubicación**

La investigación se llevó a cabo en Industria Alimenticia S.A., ubicada en el kilómetro 6.3 de carretera al atlántico del departamento de Guatemala.

En la figura 5 se muestra la localización geográfica de la Industria Alimenticia S.A.



Fuente: elaboración propia con imágenes obtenidas de Esri, Digital Globe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. 2019.

**Figura 5. Mapa de ubicación de Industria Alimenticia S.A.**

## **B. Descripción de la empresa**

La empresa desarrolla sus actividades en la zona 17 de la ciudad capital, su principal actividad es la fabricación de alimentos procesados y bebidas no carbonatadas, que incluye: jugos y néctares de diferentes frutas, frijoles refritos y diferentes productos de tomate (pastas, ketchup, salsas y purés). Además del mercado local, sus productos son exportados a todos los países de Centroamérica.

La empresa inició sus actividades en el año de 1960, con aporte de capital extranjero y nacional. Los procesos que desarrolla la empresa están en función de la naturaleza de los

productos como, la formulación que consiste en la mezcla de los diferentes ingredientes, la pasteurización que es el proceso por medio del cual se esterilizan los productos a través de la aplicación de ciclos de calentamiento y enfriamiento; y el envasado de los productos en diferentes presentaciones.

### **C. Descripción de los procesos**

La empresa desarrolla procesos específicos para cada uno de los productos que elabora. Las etapas para la producción de jugos, néctares y productos de tomate son similares, los productos de frijol difieren principalmente por el lavado y cocción de grano. A continuación se describen las principales etapas del proceso descritas por la empresa:

- **Recepción de materia prima, insumos y materiales de empaque.** La empresa cuenta con bodegas para el almacenamiento de materias primas, materia de empaque, insumos y materiales en general.
- **Formulación.** Esta es una de las etapas más importantes del proceso y consiste en la mezcla de los diferentes ingredientes que componen cada uno de los productos elaborados. Estos ingredientes incluyen concentrados, agua y otras sustancias de acuerdo a cada una de las fórmulas específicas que se realizan en marmitas.
- **Inspección de producto formulado.** Antes de que el producto formulado sea enviado al área de envasado, se somete a una rigurosa evaluación para determinar si cumple con los parámetros de calidad establecidos. Si cumple con todos los requisitos, se informa al departamento de producción para que se proceda con su envasado. En caso de que se incumpla con algún requisito, se aplican medidas correctivas que sean necesarias para que el producto alcance los estándares de calidad requeridos.
- **Envasado de producto.** Los productos se envasan utilizando diferentes tipos de empaque (vidrio, lata, tetra- brick, doy pack y sachet).

- **Pasteurización.** Es una operación que permite reducir la población de microorganismos presentes, para prolongar la vida de los mismos por medio de la elevación de la temperatura durante un tiempo determinado.
- **Embalaje y almacenamiento en bodega de producto terminado.** Este proceso varía dependiendo del tipo de producto y empaque, y consiste en agrupar cierta cantidad de unidades de producto, las que se trasladan a la bodega de producto terminado en donde se almacenan hasta el momento de su despacho.

Para la elaboración de los productos de frijol se incluye al proceso anterior lo siguiente:

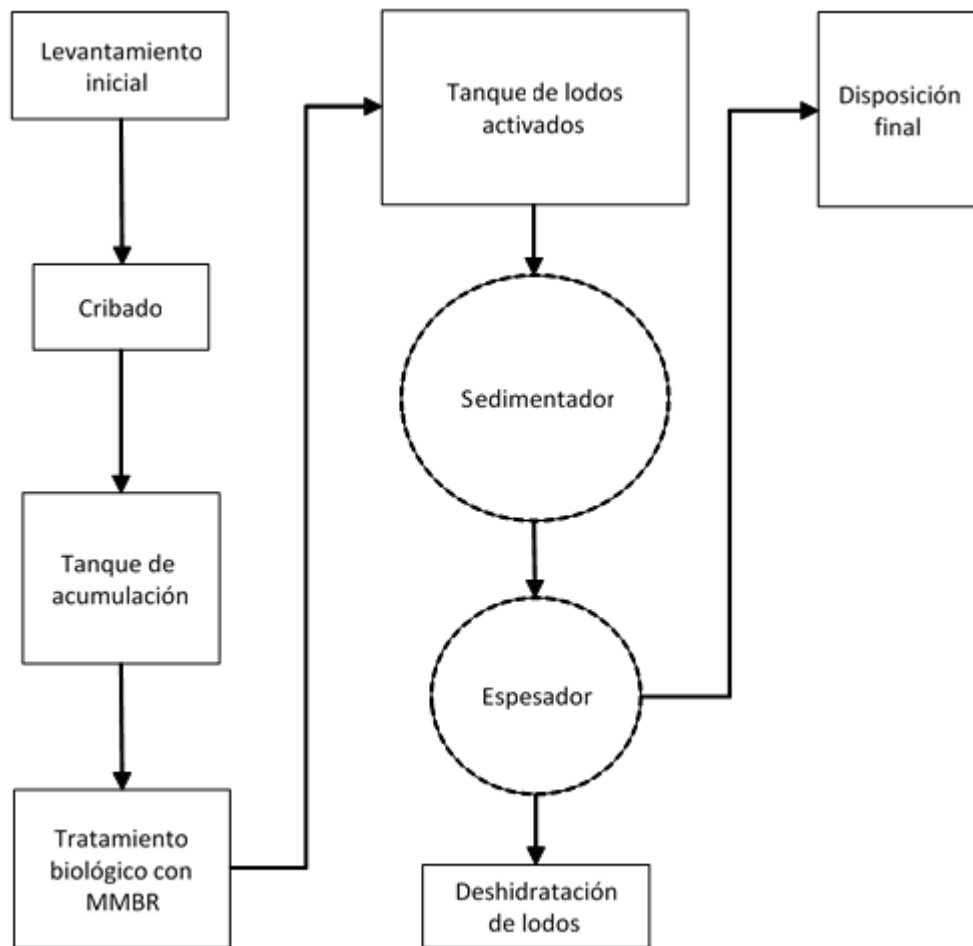
- **Limpieza de grano.** Se desarrolla en una lavadora automática y el objetivo es eliminar cualquier material extraño que pueda afectar la calidad del producto final.
- **Cocción y molienda.** El grano limpio se traslada a una marmita en donde se mezcla con agua y se somete al proceso de cocción. El frijol cocido se muele para obtener la pasta para utilizarla en formulación.

#### **D. Planta de tratamiento de agua residual**

Industria Alimenticia S.A cuenta con un tratamiento de agua residual el cual está conformado por una planta aerobia con un volumen de 1,500 m<sup>3</sup>/día de acuerdo al manual de la planta.

#### **E. Proceso de tratamiento**

El proceso de tratamiento es mostrado mediante el esquema de la figura 6.



Fuente: elaboración propia con información obtenida de Industrias Alimenticias S.A., 2019.

**Figura 6. Diagrama de flujo de fases de planta de tratamiento de agua residual de Industria Alimenticia S.A.**

#### **a. Levantamiento inicial**

El caudal de entrada de las aguas residuales llega a través de la alcantarilla principal, entrando al levantamiento inicial en donde permanece hasta que es bombeada a la criba.

**b. Criba**

Esta etapa se considera un pre tratamiento e inicia con el proceso de cribado el cual tiene el fin de separar el material grueso y fino antes de que ingrese al sistema de tratamiento, con el objetivo de eliminar sólidos gruesos que podrían ocasionar taponamientos en tuberías y bombas.

**c. Tanque de acumulación (homogenización del efluente)**

Luego de la etapa de cribado, la descarga se conduce al tanque de acumulación y homogenización. El objetivo de esta etapa es garantizar un suministro continuo y homogéneo del agua residual al sistema de tratamiento, en esta etapa el agua se mantiene en agitación a través de un sistema mecánico y por la inyección de micro burbujas de aire, lo que ayuda a evitar malos olores. Este tanque tiene un volumen de 1,518 m<sup>3</sup>, con un volumen útil de 1,401 m<sup>3</sup>, lo que permite el almacenamiento del agua que se genera en 24 horas. El suministro de agua al sistema de tratamiento es fundamental para garantizar su eficiencia, una reducción en el volumen de suministro puede afectar la eficiencia del sistema, principalmente en los reactores aeróbicos.

Ya que las aguas efluentes están sometidas a cambios en el valor del pH, el sistema de tratamiento cuenta con dosificadores de ácido y soda, con el objetivo de mantener un nivel neutro de pH.

La neutralización es fundamental en los sistemas biológicos de tratamiento ya que valores extremos de pH pueden eliminar las poblaciones de bacterias responsables de la depuración de las descargas, por lo que se necesita que el líquido en llegada tenga un pH neutro o ligeramente alcalino y lo más constante posible. La neutralización es automática, por lo que el sistema incluye una sonda para medición de pH la cual envía una señal a las válvulas de los tanques de dosificación de soda o ácido, que se accionan en función del pH de la descarga.

#### **d. Tratamiento biológico con MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)**

MBBR por sus siglas en inglés, Moving Bed Biofilm Reactor, significa una depuración biológica de aguas residuales con soportes plásticos móviles. Este tratamiento garantiza la remoción de las sustancias de naturaleza orgánica que están presentes en la descarga de aguas residuales, la planta de tratamiento cuenta con dos etapas biológicas; en la primera el agua entra en un tanque de reacción biológica que cuenta con sopladores y difusores que garantizan un suministro de oxígeno a través de micro burbujas y la segunda consiste en un tratamiento de lodos activados.

La primer etapa hace referencia al Moving Bed Biofilm Reactor hace referencia a que en esta etapa se utilizan dispositivos plásticos movibles sobre los cuales se adhieren las bacterias responsables de la depuración. Esto permite una reducción eficiente de carga contaminante, en un espacio reducido; por medio de la acción de las bacterias sobre la carga contaminante se desarrolla la depuración del agua.

El proceso anteriormente descrito, depura naturalmente la carga contaminante en donde la materia orgánica es metabolizada por las bacterias presentes en los cuerpos de agua, utilizando también el oxígeno disuelto que se obtiene del intercambio agua-aire. Sin embargo, este proceso de depuración es poco eficiente cuando los niveles de materia orgánica son muy altos, ya que no es posible obtener un suministro adecuado de oxígeno a la velocidad que demandan estos procesos.

La planta de tratamiento es muy eficiente ya que concentra la población de bacterias en un espacio reducido, además de contar con un suministro adecuado de oxígeno que es proporcionado por los motores sopladores que lo inyectan en el agua a la velocidad que lo demandan los procesos.



#### **e. Tratamiento biológico, tanque de lodos activados**

En el proceso de tratamiento de aguas residuales, el tratamiento primario no puede eliminar toda la materia orgánica. Por lo tanto, se requiere un tratamiento biológico para eliminar los componentes restantes. Todos los procesos biológicos se basan en microorganismos que se alimentan de los contaminantes orgánicos en el agua.

En el tratamiento de lodos activados, las bacterias se mezclan continuamente con las aguas residuales y digieren los contaminantes orgánicos, debido a la alta concentración de sustancias orgánicas, el reactor cuenta con un sistema para el suministro de aire a través de motores sopladores y difusores que inyectan micro burbujas desde el fondo del reactor.

Se inyecta aire con el fin de satisfacer la demanda de oxígeno de los microorganismos y mantener los sólidos en suspensión y en contacto con las bacterias. A medida que las bacterias crecen, se agrupan y crean partículas más grandes que se depositan en el fondo del tanque, esto se conoce como lodos activados.

#### **f. Sedimentador**

Consiste en la separación de sólidos por gravedad, es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita al fondo del tanque. El agua proveniente de los tratamientos biológicos anteriormente descritos, se envía al Sedimentador que permite la separación de los lodos biológicos que se acumulan en el fondo.

Esta etapa del tratamiento tiene el objetivo de clarificar el agua en salida del depósito de oxidación y permite la recirculación de los lodos sedimentados.

### g. Espesador de lodos

Los lodos que se obtienen del Sedimentador presentan un nivel alto de agua, por lo que antes de ser enviados al tratamiento de centrifugado, se someten a un proceso de espesamiento por medio de un puente rascador especial que permite la compactación del lodo. El agua clarificada se envía finalmente al tratamiento de desinfección, antes de su vertido final en el alcantarillado. El agua que sale de la planta se mezcla con hipoclorito de sodio para eliminar las bacterias que aún quedan.

### h. Deshidratación de lodos

El espesamiento genera un lodo que presenta un nivel significativo de humedad. Por esta razón, se debe someter a una deshidratación por centrifugación, con el objetivo de obtener la menor cantidad posible de lodos para simplificar su manejo y descarte. El lodo seco se coloca en camiones y es transportado por una empresa privada.

En los siguientes cuadros se muestran los análisis de entrada y salida de la PTAR del mes de julio 2018 al mes de noviembre 2019, no se incluye el mes de diciembre, ya que en dicho mes no se produce.

**Cuadro 3. Muestreo de Agua de entrada del mes de julio a noviembre de 2018**

| AGUA DE ENTRADA                          |                       |         |         |          |         |         |
|--|-----------------------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Parámetro                                | Dimensional           | Jul '18 | Ago '18 | Sept '18 | Oct '18 | Nov '18 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (estimada) | mg/L - O <sub>2</sub> | 1,901.2 | 4,048.8 | 3,556.0  | 2,709.8 | 3,572.0 |
| Demanda Química de Oxígeno               | mg/L - O <sub>2</sub> | 2,377   | 5,061   | 4,445    | 3,387   | 4,465   |
| Nitrógeno Total                          | mg/L - N              | 11      | 47      | 36       | 38      | 54      |
| Fósforo Total                            | mg/L - P              | 72.5    | 16.0    | 11.2     | 10.1    | 12.0    |
| Materia Flotante                         | -                     | Ausente | Ausente | Ausente  | Ausente | Ausente |
| pH                                       | -                     | 6.29    | 6.62    | 7.48     | 7.47    | 7.38    |
| Temperatura                              | °C                    | 29.15   | 28.45   | 28.39    | 29.48   | 28.54   |

Fuente: Archivo de laboratorio de PTAR Industria Alimenticia S.A, 2019.

Se muestran los distintos análisis de agua de entrada que se realizaron en los meses de julio 2018 a noviembre 2018 en la planta de tratamiento de Industria Alimenticia S.A. Para efectos de la presente investigación se enfatizará en la DQO y pH. Estos datos no muestran valores tan elevados como los resultados obtenidos en esta investigación, pero muestran resultados que sobrepasan los valores críticos de entrada de la PTAR, esto se debe a un posible manejo inadecuado de las descargas hacia la planta de tratamiento, a pesar que la planta fue construida para dichas características de las aguas residuales que se obtienen del área de producción, los parámetros conforme al tiempo han ido en aumento, teniendo como resultado estos valores que afectan en el proceso del tratamiento. Dichos valores se deben a que la demanda de producción va en aumento por lo que las descargas de agua hacia la PTAR son mayores, lo que quiere decir, un aumento en la carga orgánica.

El pH presentado en el cuadro anterior de los meses de julio a noviembre 2018, se mantiene en un rango de 6.29 a 7.48, y el valor crítico permisible de entrada a la PTAR es de 7, esto nos indica que en esos meses se manejaron valores de pH variados, causando un posible efecto negativo de entrada en el tratamiento de agua residual.

**Cuadro 4. Muestreo de Agua de salida del mes de julio a noviembre de 2018.**

| AGUA DE SALIDA                           |                       |         |         |          |         |         |
|--|-----------------------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Parámetro                                | Dimensional           | Jul '18 | Ago '18 | Sept '18 | Oct '18 | Nov '18 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (estimada) | mg/L - O <sub>2</sub> | 75.6    | 56.0    | 28.6     | 48.6    | 81.4    |
| Demanda Química de Oxígeno               | mg/L - O <sub>2</sub> | 95      | 70      | 36       | 61      | 102     |
| Nitrógeno Total                          | mg/L - N              | 7.3     | 6.1     | 0.9      | 2.7     | 4.3     |
| Fósforo Total                            | mg/L - P              | 11.13   | 3.01    | 0.12     | 0.16    | 0.81    |
| Materia Flotante                         | -                     | Ausente | Ausente | Ausente  | Ausente | Ausente |
| pH                                       | -                     | 7.54    | 7.85    | 7.86     | 7.57    | 7.36    |
| Temperatura                              | °C                    | 28.16   | 27.79   | 28.24    | 27.80   | 27.42   |

Fuente: Archivo de laboratorio de PTAR Industria Alimenticia S.A, 2019.

En el cuadro anterior se muestran valores de salida de la DQO y de pH, los cuales muestran resultados satisfactorios de salida, ya que cumplen con lo establecido en el Acuerdo 236-2006.

**Cuadro 5. Muestreo de Agua de entrada del mes de enero a noviembre 2019.**

|  |                       | AGUA DE ENTRADA |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |
|--|-----------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Parámetro                                | Dimensional           | Ene '19         | Feb '19 | Mar '19 | Abr '19 | May '19 | Jun '19 | Jul '19 | Ago '19 | Sept '19 | Oct '19 | Nov '19 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (estimada) | mg/L - O <sub>2</sub> | 4,928.0         | 3,201.6 | 3,531.8 | 2,643.2 | 4,343.4 | 2,757.6 | 3,498.6 | 3,758.4 | 2,548.2  | 1,507.4 | 3,374.4 |
| Demanda Química de Oxígeno               | mg/L - O <sub>2</sub> | 6,160           | 5,003   | 5,519   | 4,130   | 5,429   | 4,309   | 4,373   | 5,873   | 3,982    | 1,884   | 5,273   |
| Nitrógeno Total                          | mg/L - N              | 16              | 39      | 38      | 43      | 57      | 52      | 39      | 48      | 73       | 30      | 40      |
| Fósforo Total                            | mg/L - P              | 13.2            | 10.0    | 13.7    | 10.8    | 12.3    | 7.7     | 11.1    | 10.8    | 11.0     | 4.8     | 8.5     |
| Materia Flotante                         | -                     | Ausente         | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente  | Ausente | Ausente |
| pH                                       | -                     | 7.10            | 7.34    | 7.51    | 7.60    | 7.50    | 6.54    | 7.16    | 7.47    | 7.47     | 7.43    | 8.00    |
| Temperatura                              | °C                    | 29.84           | 28.37   | 28.38   | 29.58   | 29.97   | 28.00   | 29.21   | 31.35   | 31.35    | 29.22   | 29.35   |

Fuente: Archivo de laboratorio de PTAR Industria Alimenticia S.A, 2019.

En el cuadro anterior se muestran datos de entrada de la PTAR del año 2019, los cuales indican valores elevados en comparación a los valores críticos promedio de entrada establecidos para la PTAR. Como se indicó para los resultados obtenidos en el año 2018, estos parámetros conforme al tiempo han ido en aumento, teniendo como resultado estos valores que afectan en el proceso del tratamiento. Dichos valores se deben a que la demanda de producción va en aumento por lo que las descargas de agua hacia la PTAR son mayores, lo que quiere decir un aumento en la carga orgánica.

El pH presentado en el cuadro anterior de los meses de julio a enero 2019, se mantiene en un rango de 6.54 a 8, y el valor crítico permisible de entrada a la PTAR es de 7, esto nos indica que en esos meses se manejaron valores de pH variados, causando un posible efecto negativo de entrada en el tratamiento de agua residual.

**Cuadro 6. Muestreo de Agua de salida del mes de enero a noviembre 2019.**

|  |                       | AGUA DE SALIDA |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |
|--|-----------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Parámetro                                | Dimensional           | Ene '19        | Feb '19 | Mar '19 | Abr '19 | May '19 | Jun '19 | Jul '19 | Ago '19 | Sept '19 | Oct '19 | Nov '19 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (estimada) | mg/L - O <sub>2</sub> | 92.7           | 49.1    | 54.7    | 59.5    | 94.7    | 52.2    | 93.0    | 69.6    | 44.3     | 53.9    | 51.0    |
| Demanda Química de Oxígeno               | mg/L - O <sub>2</sub> | 116            | 77      | 86      | 93      | 119     | 82      | 118     | 109     | 69       | 67      | 80      |
| Nitrógeno Total                          | mg/L - N              | 16             | 2       | 1       | 3       | 7       | 3       | 5       | 5       | 5        | 1       | 2       |
| Fósforo Total                            | mg/L - P              | 5.1            | 1.4     | 0.4     | 0.5     | 2.0     | 1.3     | 2.0     | 1.5     | 1.7      | 0.8     | 0.7     |
| Materia Flotante                         | -                     | Ausente        | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente  | Ausente | Ausente |
| pH                                       | -                     | 7.59           | 7.61    | 7.53    | 7.66    | 7.61    | 7.47    | 7.47    | 7.62    | 7.45     | 7.40    | 7.45    |
| Temperatura                              | °C                    | 27.14          | 27.20   | 26.89   | 26.93   | 28.00   | 27.20   | 27.37   | 28.00   | 27.61    | 27.73   | 26.75   |

Fuente: Archivo de laboratorio de PTAR Industria Alimenticia S.A, 2019.

En el cuadro anterior se muestran valores de salida de la DQO y pH, los cuales muestran resultados satisfactorios de salida, ya que cumplen con lo establecido en el Acuerdo 236-2006.

## **2.3. OBJETIVOS**

### **2.2.2. Objetivo general**

Evaluar los parámetros fisicoquímicos en los distintos productos con el propósito de determinar si existe un impacto negativo hacia la planta de tratamiento de agua residual de Industria Alimenticia S.A.

### **2.2.3. Objetivos específicos**

1. Analizar el frijol volteado negro, salsa kétchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales de Industria Alimenticia S.A, mediante las pruebas de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno.
2. Comparar los resultados obtenidos de las pruebas de demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno del frijol volteado negro, salsa kétchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales, con los valores críticos promedio de entrada de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de la planta de tratamiento de industria alimenticia S.A.
3. Identificar un posible impacto del frijol volteado negro, salsa kétchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales de Industria Alimenticia S.A., en relación a los resultados obtenidos de los análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno.

## **2.4. METODOLOGÍA**

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de investigación de Industria Alimenticia S.A, es una investigación de tipo experimental, con técnicas cuantitativas y cualitativas, ya que se planteó un problema de estudio delimitado y concreto, que requirió ser estudiado por no contar en la actualidad con trabajos previos que traten la temática en cuestión.

Se consideraron dos variables, el potencial de hidrógeno y la demanda química de oxígeno, dichos análisis se realizaron en cuatro de los principales productos de Industria Alimenticia S.A, ambos análisis se consideraron como criterios para obtener referencias sobre una posible alteración o un posible impacto negativo en el tratamiento de la planta de agua residual al momento de verter cierta cantidad de producto sin un manejo adecuado.

### **2.4.1. Análisis de demanda química de oxígeno y potencial de hidrógeno en los distintos productos**

#### **2.4.1.1. Principales productos muestreados**

Se muestrearon cuatro de los principales productos de Industria Alimenticia S.A, los cuales fueron:

- Frijol volteado negro.
- Salsa kétchup.
- Bebida de melocotón.
- Bebida de coctel de vegetales.

#### **2.4.1.2. Equipo, materiales y reactivos de laboratorio**

Para el análisis de la demanda química de oxígeno se utilizó un recipiente para coleccionar la muestra inicial del producto, una pipeta de 10 mL, probeta de 100 mL, una pizeta con agua destilada y un Erlenmeyer de 50 mL, materiales que se utilizaron para poder obtener la dilución de 1:100, la cual se analizó por medio del kit en cubetas de la demanda química de oxígeno (figura 10A). Se utilizó un termo reactor en donde se calentaron las muestras que luego se midieron en un fotómetro (figura 11A).

En el análisis del potencial de hidrógeno se utilizó un potenciómetro en el cual se midió el pH de cada producto.

Para ambos análisis fue necesario el uso de bata, lentes, cofia, mascarilla y guantes látex. Para la investigación se recurrió al muestreo por conveniencia, el cual es una técnica del muestreo no probabilístico, en donde se reunieron, organizaron, presentaron, analizaron e interpretaron los datos recolectados. Las muestras fueron tomadas de forma mensual, una muestra por producto cada mes, iniciando en el mes de febrero y finalizando en el mes de septiembre del año 2019, obteniendo así ocho muestras en total de cada producto.

Se obtuvieron datos mediante las pruebas de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno, obteniendo un dato mensual por cada producto, teniendo un total de ocho datos por producto como se muestra en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Total de pruebas realizadas de febrero a septiembre**

| Producto                      | febr. | mzo. | abr. | my. | jun. | jul. | ag. | Sept. | Total análisis |
|-------------------------------|-------|------|------|-----|------|------|-----|-------|----------------|
| Frijol volteado negro         | 1     | 1    | 1    | 1   | 1    | 1    | 1   | 1     | 8              |
| Salsa kétchup                 | 1     | 1    | 1    | 1   | 1    | 1    | 1   | 1     | 8              |
| Néctar de melocotón           | 1     | 1    | 1    | 1   | 1    | 1    | 1   | 1     | 8              |
| Bebida de coctel de vegetales | 1     | 1    | 1    | 1   | 1    | 1    | 1   | 1     | 8              |

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### **2.4.1.3. Proceso para prueba de demanda química de oxígeno y potencial de hidrógeno**

Para la prueba de la demanda química de oxígeno, se inició con el ingreso al área de formulación de cada producto (salsa kétchup, jugos, cocteles y de frijol) en donde se le solicitó al operario encargado una muestra del producto formulado (figura 7).



Muestra de coctel de  
vegetales

Muestra de néctar de  
melocotón

Fuente: imágenes obtenidas del área de formulación de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 7. Toma de muestras.**



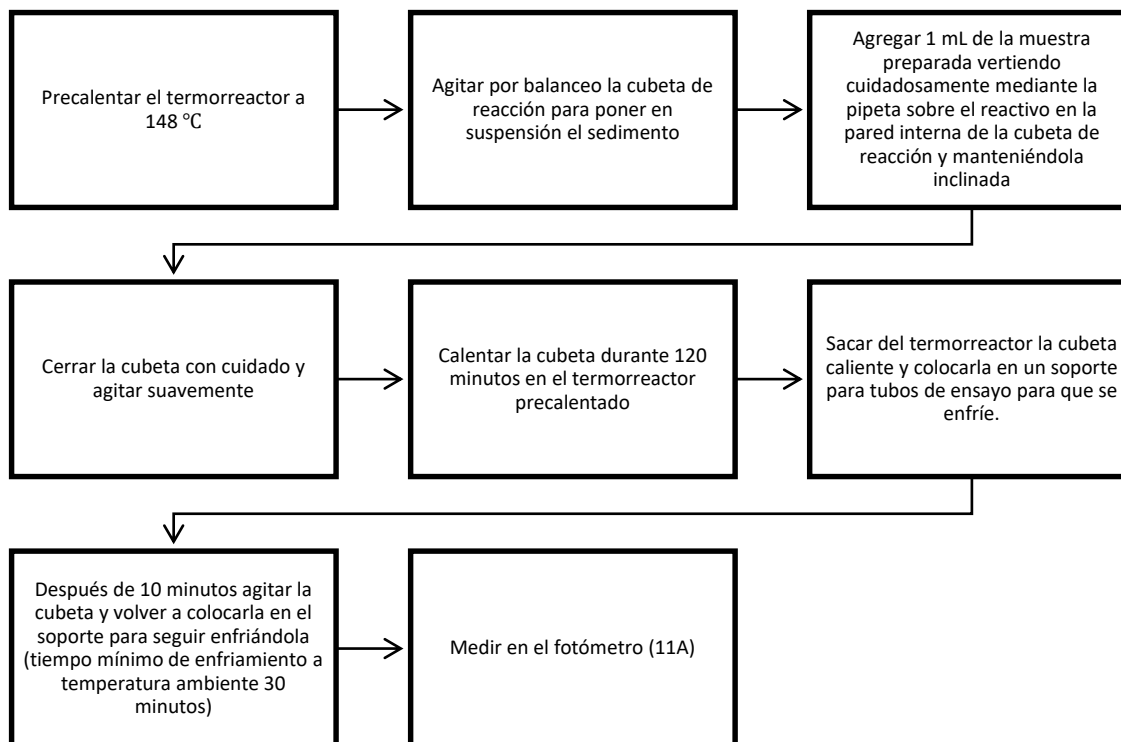
Luego la muestra se trasladó al laboratorio para realizar la dilución, en este paso es importante mencionar que para el análisis de la demanda química de oxígeno fue necesaria realizar una dilución del producto con agua destilada (1:100) ya que el intervalo de medida del test de cubetas es de 500 mg/L – 100 mg/L y el fotómetro (figura 11A) no permite leer cantidades mayores a 10,000 mg/L (figura 8).



Fuente: imágenes obtenidas del área de formulación de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 8. Proceso de dilución.**

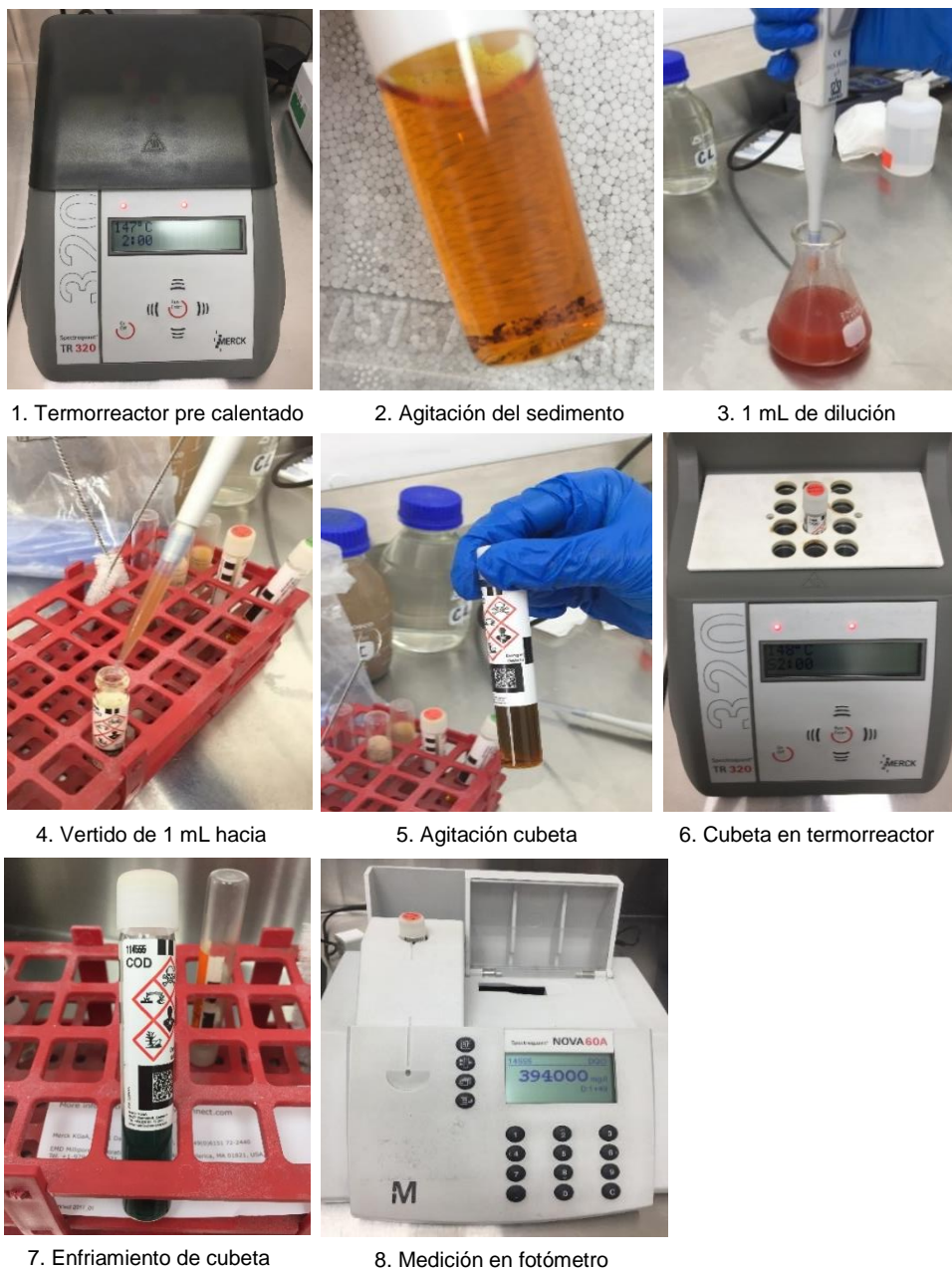
Posterior a la dilución se procedió con la prueba de cubetas, que a continuación se muestra mediante un diagrama de proceso (figura 9):



Fuente: elaboración propia con información obtenida de Industrias Alimenticias S.A., 2019.

**Figura 9. Diagrama de flujo de proceso para prueba de demanda química de oxígeno.**

A continuación se muestra mediante imágenes, el proceso que se realizó para la prueba de demanda química de oxígeno (figura 10).



Fuente: elaboración propia con información obtenida de Industrias Alimenticias S.A., 2019.

**Figura 10. Procedimiento de prueba de demanda química de oxígeno.**

La prueba del potencial de hidrógeno se realizó mediante la muestra previamente recolectada, de los distintos productos formulados, se extrajo una parte de dicha muestra y se colocó en un recipiente de vidrio para medir el pH de cada producto con el potenciómetro de alimentos y bebidas (figura 11).



Fuente: Imágenes obtenidas del laboratorio de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 11. Potenciómetro midiendo el pH en muestras.**

#### **2.4.2. Comparación de los análisis con valores críticos promedio de entrada de la planta de tratamiento**

Se realizó un análisis integral de los resultados obtenidos mediante gráficas y tablas comparando los resultados obtenidos de las pruebas de demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno, realizados en el frijol volteado negro, salsa ketchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales, con los valores críticos promedio de entrada de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de la planta de tratamiento de Industria Alimenticia S.A.

### **2.4.3. Identificación de un posible impacto de los distintos productos en relación a los resultados obtenidos**

Se identificaron posibles impactos del frijol volteado negro, salsa kétchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales de Industria Alimenticia S.A., en relación a los resultados obtenidos de los análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno, mostrando los valores promedio analizados y comparándolos con los valores críticos promedio de entrada para poder evaluar si cumplen o no cumplen.

## 2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.5.1. Resultados de análisis de productos mediante la DQO y pH

Los cuadros que se presentan a continuación muestran los valores obtenidos de los análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno que se realizaron en los distintos productos.

En el cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de frijol volteado negro.

**Cuadro 8. Resultados análisis de frijol volteado negro.**

| <b>Producto: frijol volteado negro</b> |                   |           |
|--|-------------------|-----------|
| <b>Mes</b>                             | <b>DQO (mg/L)</b> | <b>pH</b> |
| Febrero                                | 472,000           | 6.09      |
| Marzo                                  | 540,000           | 6.02      |
| Abril                                  | 542,000           | 5.89      |
| Mayo                                   | 480,000           | 5.85      |
| Junio                                  | 543,000           | 6.07      |
| Julio                                  | 499,000           | 5.09      |
| Agosto                                 | 514,000           | 6.04      |
| Septiembre                             | 491,000           | 5.99      |
| Media muestral                         | 510,125 mg/L      | 5.98      |

Como se pudo observar en el cuadro 8, los valores de los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) y del potencial de hidrogeno (pH) del producto de frijol volteado negro, realizados en los meses de febrero a septiembre son valores altos, mostrando para la DQO en el mes de febrero un valor de 472,000 mg/L, un valor de 540,000 mg/L para el mes de marzo, 542,000 mg/L en el mes de abril, 480,000 mg/L en el mes de mayo, 543,000 mg/L en el mes de junio, 499,000 mg/L en julio, 514,000 mg/L en agosto y 491,000 mg/L para el mes de septiembre. Así como muestran para el pH un valor de 6.09 en el mes de febrero,

6.02 en el mes de marzo, 5.89 en el mes de abril, 5.85 en mayo, 6.07 en junio, 5.09 en julio, 6.04 en agosto y por último un valor de 5.99 en el mes de septiembre.

La media muestral nos proporciona un valor por arriba del valor promedio crítico de entrada de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), siendo este de 510,125 mg/L, y para el pH nos proporciona una media muestral de 5.98 el cual hace referencia a un pH ácido.

En el cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de la bebida de néctar de melocotón.

**Cuadro 9. Resultados análisis de bebida de néctar de melocotón.**

| <b>Producto: néctar de melocotón</b> |              |      |
|--------------------------------------|--------------|------|
| Mes                                  | DQO (mg/L)   | pH   |
| Febrero                              | 133,000      | 3.39 |
| Marzo                                | 125,000      | 3.49 |
| Abril                                | 131,000      | 3.05 |
| Mayo                                 | 132,000      | 3.51 |
| Junio                                | 121,000      | 3.31 |
| Julio                                | 120,000      | 3.39 |
| Agosto                               | 135,000      | 3.04 |
| Septiembre                           | 129,000      | 3.03 |
| Media muestral                       | 341,625 mg/L | 3.41 |

Como se pudo observar en el cuadro 9, los valores de los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) y del potencial de hidrogeno (pH) del producto de la bebida de néctar de melocotón, realizados en los meses de febrero a septiembre son valores altos, mostrando para la DQO en el mes de febrero un valor de 133,000 mg/L, un valor de 125,000 mg/L para el mes de marzo, 131,000 mg/L en el mes de abril, 132,000 mg/L en el mes de mayo, 121,000 mg/L en el mes de junio, 120,000 mg/L en julio, 135,000 mg/L en agosto y 129,000 mg/L para el mes de septiembre. Así como muestran para el pH un valor de 3.39 en el mes

de febrero, 3.49 en el mes de marzo, 3.05 en el mes de abril, 3.51 en mayo, 3.31 en junio, 3.39 en julio, 3.04 en agosto y por último un valor de 3.03 en el mes de septiembre.

La media muestral nos proporciona un valor por arriba del valor promedio crítico de entrada de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), siendo este de 341,625 mg/L, y para el pH nos proporciona una media muestral de 3.41 el cual hace referencia a un pH ácido.

En el cuadro 10 se presentan los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de salsa kétchup.

**Cuadro 10. Resultados análisis de salsa kétchup.**

| <b>Producto: salsa kétchup</b> |                   |           |
|--------------------------------|-------------------|-----------|
| <b>Mes</b>                     | <b>DQO (mg/L)</b> | <b>pH</b> |
| Febrero                        | 256,000           | 3.83      |
| Marzo                          | 305,000           | 3.79      |
| Abril                          | 331,000           | 3.86      |
| Mayo                           | 340,000           | 3.88      |
| Junio                          | 451,000           | 3.85      |
| Julio                          | 405,000           | 3.82      |
| Agosto                         | 395,000           | 3.77      |
| Septiembre                     | 250,000           | 3.71      |
| Media muestral                 | 128,250 mg/L      | 3.81      |

Como se pudo observar en el cuadro 10, los valores de los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) y del potencial de hidrogeno (pH) del producto de salsa kétchup, realizados en los meses de febrero a septiembre son valores altos, mostrando para la DQO en el mes de febrero un valor de 256,000 mg/L, un valor de 305,000 mg/L para el mes de marzo, 331,000 mg/L en el mes de abril, 340,000 mg/L en el mes de mayo, 451,000 mg/L en el mes de junio, 405,000 mg/L en julio, 395,000 mg/L en agosto y 250,000 mg/L para el mes de septiembre. Así como muestran para el pH un valor de 3.83 en el mes de febrero,



3.79 en el mes de marzo, 3.86 en el mes de abril, 3.88 en mayo, 3.85 en junio, 3.82 en julio, 3.77 en agosto y por último un valor de 5.99 en el mes de septiembre.

La media muestral nos proporciona un valor por arriba del valor promedio crítico de entrada de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), siendo este de 128,250 mg/L, y para el pH nos proporciona una media muestral de 3.81 el cual hace referencia a un pH ácido.

En el cuadro 11 se presentan los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de coctel de vegetales.

**Cuadro 11. Resultados análisis de coctel de vegetales.**

| <b>Producto: coctel de vegetales</b> |                   |           |
|--------------------------------------|-------------------|-----------|
| <b>Mes</b>                           | <b>DQO (mg/L)</b> | <b>pH</b> |
| Febrero                              | 79,000            | 3.76      |
| Marzo                                | 89,000            | 3.51      |
| Abril                                | 70,000            | 3.75      |
| Mayo                                 | 100,000           | 3.83      |
| Junio                                | 95,000            | 5.52      |
| Julio                                | 88,000            | 3.41      |
| Agosto                               | 111,000           | 3.75      |
| Septiembre                           | 86,000            | 3.71      |
| Media muestral                       | 89,750 mg/L       | 3.65      |

Como se pudo observar en el cuadro 11, los valores de los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) y del potencial de hidrogeno (pH) del producto de coctel de vegetales, realizados en los meses de febrero a septiembre son valores altos, mostrando para la DQO en el mes de febrero un valor de 79,000 mg/L, un valor de 89,000 mg/L para el mes de marzo, 70,000 mg/L en el mes de abril, 100,000 mg/L en el mes de mayo, 95,000 mg/L en el mes de junio, 88,000 mg/L en julio, 111,000 mg/L en agosto y 86,000 mg/L para el mes de septiembre. Así como muestran para el pH un valor de 3.76 en el mes de febrero, 3.51

en el mes de marzo, 3.75 en el mes de abril, 3.83 en mayo, 5.52 en junio, 3.41 en julio, 3.75 en agosto y por último un valor de 3.71 en el mes de septiembre.

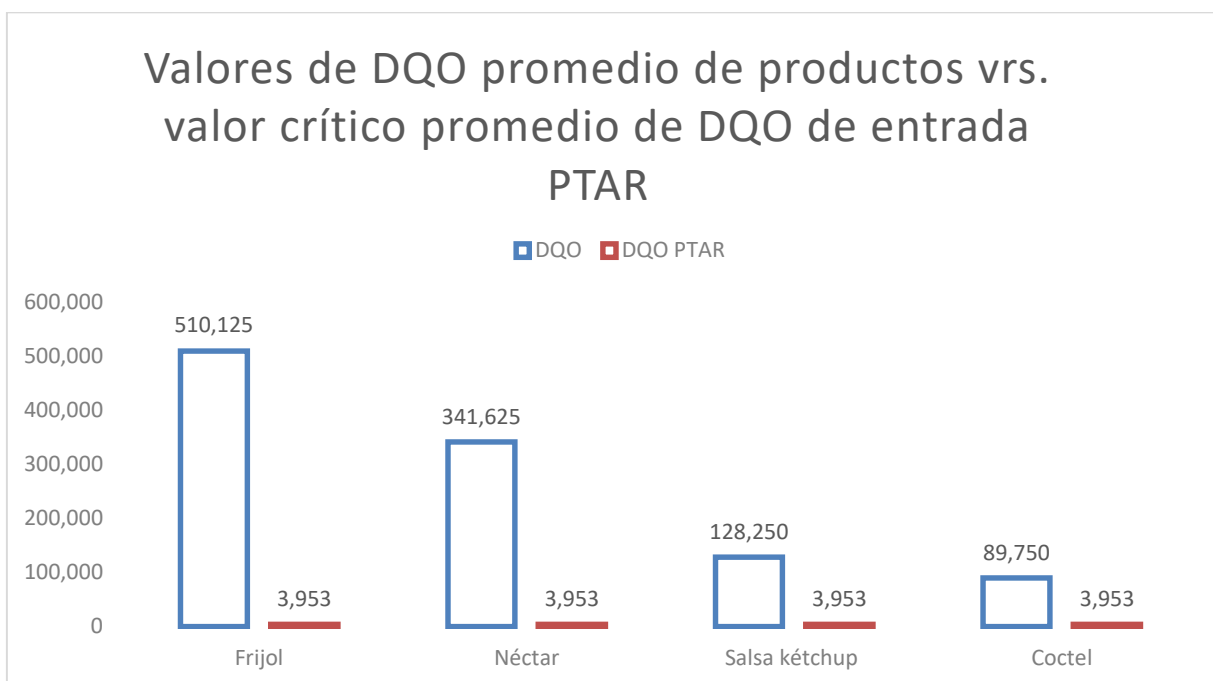
La media muestral nos proporciona un valor por arriba del valor promedio crítico de entrada de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), siendo este de 89,750 mg/L, y para el pH nos proporciona una media muestral de 3.65 el cual hace referencia a un pH ácido.

Estas tablas nos muestran valores que no cumplen con los valores críticos promedio de entrada para los que fue diseñada la planta, por lo que al momento de un derrame de cualquier de los productos analizados, se espera un impacto negativo hacia la PTAR.

#### **2.5.2. Comparación de resultados obtenidos de los análisis con valores críticos promedio de entrada de PTAR**

A continuación se hace un análisis integral de los resultados obtenidos mediante gráficas y tablas comparando los resultados obtenidos de las pruebas de demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno del frijol volteado negro, salsa kétchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales, con los valores críticos promedio de entrada de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno de la planta de tratamiento de industria alimenticia S.A.

La figura 12 muestra los valores promedio de los productos en función de la DQO.



**Figura 12. Gráfica de valores DQO promedio de DQO de los productos versus el valor crítico promedio de la DQO de entrada en la PTAR.**

Los resultados mostraron que el frijol tiene el valor más alto, dando un valor de 510,125 mg/L, seguido por el néctar de melocotón con un valor de 341,625 mg/L, luego la salsa ketchup con 128,250 mg/L y por último el coctel de vegetales con un valor de 89,750 mg/L, a pesar de que cada producto tiene un valor distinto, estos exhiben un grado bastante elevado de contaminación ya que sobrepasan el valor crítico promedio de entrada de la PTAR, que es de 3,953 mg/L.

Según los análisis obtenidos del archivo de laboratorio de PTAR, los valores que llegan a la PTAR son mayores al valor crítico promedio de entrada. Esto nos indica que la PTAR está recibiendo una carga orgánica mucho más elevada para lo que está diseñada, y durante un derrame de producto estaría recibiendo un exceso de carga orgánica el cual estaría generando un impacto negativo en el tratamiento de agua residual de la industria.

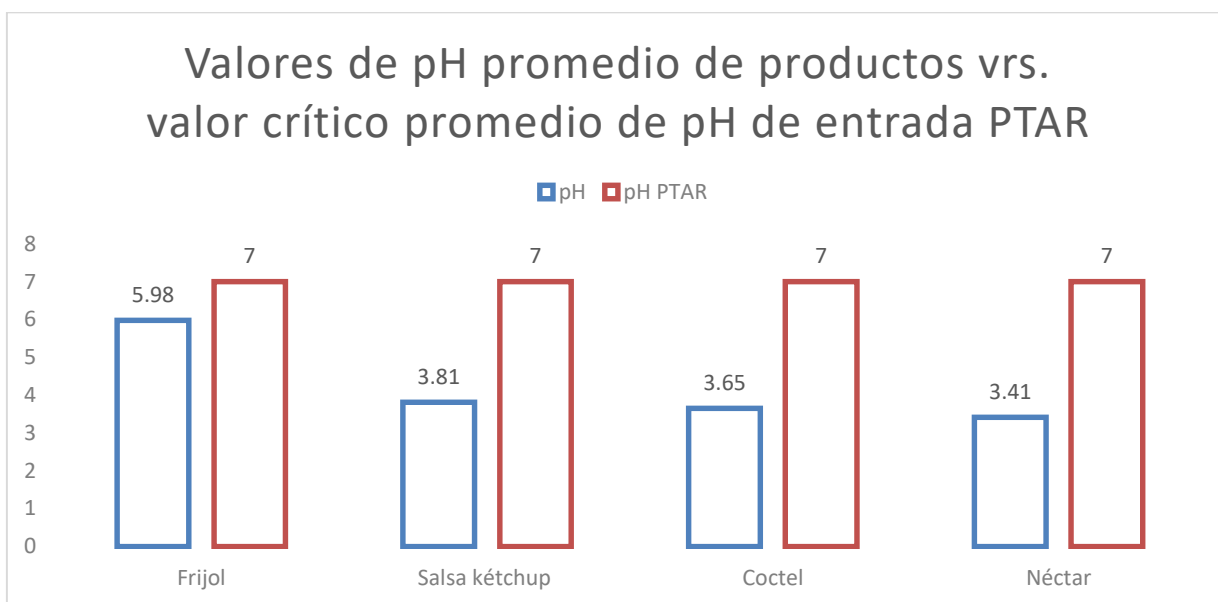
Valladares (2018) hace referencia que para una industria de alimentos pueden esperarse cargas orgánicas elevadas debido a las grasas y aceites en la producción.

Como previamente se ha mencionado, la prueba de la demanda química de oxígeno se utiliza para medir la carga orgánica de los desechos domésticos e industriales Sawyer, McCarty y Parkyn (2003). El procesamiento de uno de los condimentos más populares del mundo, como se menciona en FRC (2015) genera agua residual con restos de tomate y jugos que contribuyen a una alta concentración de demanda química de oxígeno.

Acorde a Burgos y Bazúa (2008) la importancia de la demanda química de oxígeno es un parámetro importante y lo suficientemente rápido para determinar el grado de contaminación del agua y puede ser empleada para estimar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Garbayo y Díaz (2014) hacen referencia a la relación entre el aumento de la industrialización y el incremento constante de la contaminación prevalece no solo en Cuba sino, también en varios países y regiones del mundo. Así mismo acorde al artículo sobre caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL, encargada de actividades que se realizan con materia prima como carne de pollo, pavo, pescado y camarones; insumos como aceite, harina y pan, realizado en el municipio de Regla, La Habana, mencionan parámetros de demanda química de oxígeno con valores elevados de hasta 30,000 mg/L.

La figura número 13 muestra los valores promedio de los distintos productos en función del pH, se puede observar que el pH promedio de los distintos productos es menor a 7, lo que quiere decir que son valores ácidos, al igual que muestra el valor crítico promedio de entrada de la planta de tratamiento que es 7, lo que quiere decir que es un pH neutro.



**Figura 13. Gráfica de valores promedio del pH de los productos versus el valor crítico promedio del pH de entrada de la PTAR.**

Esta gráfica nos muestra valores promedio ácidos de pH, ya que son menores que un pH 7, obteniendo como resultado un valor de pH 5.98 en frijol volteado negro, un pH de 3.81 en salsa ketchup, un pH de 3.65 en coctel de vegetales y un pH de 3.41 en bebida de néctar de melocotón. Los análisis obtenidos del archivo de laboratorio de la PTAR nos muestran valores de entrada de pH con un rango de 7 a 8, esto nos indica según Amaya (2004), que se procura mantener un pH de 8 a la entrada para optimizar el comportamiento del floculante y oxidante, pero al momento de un derrame puede que estos resultados varíen debido a los resultados obtenidos del pH en cada producto analizado.

Según menciona Valladares (2018), el pH debe mantenerse en un rango de 7.0 a 8.5 para evitar que los microorganismos necesarios para la estabilización orgánica en los sistemas de tratamiento de aguas residuales mueran.

Los vertidos de los procesos de elaboración de productos alimenticios normalmente contienen materia orgánica en distintos estados de concentración, como menciona Da

Cámara, L., Hernández (2014). Estos vertidos difieren de las aguas residuales en las características generales y también, específicamente, por su materia orgánica, se requiere un pretratamiento para producir un efluente equivalente.

Según Da Cámara, L., Hernández (2014) Es necesario realizar ajustes frecuentes en la alimentación continua, como el pH y demás aditivos necesarios, con el fin de proporcionar las condiciones ambientales correctas para los microorganismos de los cuales depende el tratamiento biológico.

### **2.5.3. Identificación de un posible impacto en los distintos productos en relación a resultados de análisis de DQO y pH**

A continuación se identificó un posible impacto en el frijol volteado negro, salsa ketchup, bebida de melocotón y bebida de coctel de vegetales de Industria Alimenticia S.A., en relación a los resultados obtenidos de los análisis de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno. Mostrando en el cuadro 12 el cumplimiento de los valores promedio analizados, comparándolos con los valores críticos promedio de entrada para poder evaluar su impacto hacia la planta de tratamiento.

**Cuadro 12. Cumplimiento de resultados de análisis con valores críticos promedio de entrada.**

| Producto              | Media muestral DQO | Valor de DQO crítico promedio de entrada | ¿Cumple? | Media muestral pH | Valor de pH crítico promedio de entrada | ¿Cumple? |
|-----------------------|--------------------|--|----------|-------------------|---|----------|
| Frijol negro volteado | 510125 mg/L        | 3,953 mg/L                               | No       | 5.98              | 7                                       | No       |
| Néctar de melocotón   | 341625 mg/L        | 3,953 mg/L                               | No       | 3.41              | 7                                       | No       |
| Salsa ketchup         | 128250 mg/L        | 3,953 mg/L                               | No       | 3.81              | 7                                       | No       |
| Coctel de vegetales   | 89750 mg/L         | 3,953 mg/L                               | No       | 3.65              | 7                                       | No       |

Como se mencionó anteriormente los resultados obtenidos son significativamente altos, los resultados de la demanda química de oxígeno en los distintos productos, pueden relacionarse a la composición de cada producto, ya que son productos alimenticios formulados por materia prima compuesta por materia orgánica y distintos aditivos de origen natural que mantienen su seguridad microbiológica y su preservación. Según señala FRC systems, 2015 este tipo de materia prima crece en la tierra, por lo que sus aguas residuales generadas en la empresa, incluyen grandes cantidades de contenido orgánico y un

tratamiento adecuado es de vital importancia para su depuración. Así mismo FRC systems, (2015) menciona que la industria de alimentos Del Monte genera aguas residuales con restos de tomate y jugos que contribuyen a una alta concentración de demanda química de oxígeno.

Domos Agua (2020) menciona que los procesos de limpieza de equipos, restos de leche, lacto suero o aguas de refrigeración, producen gran cantidad de agua residuales con altas cargas contaminantes, con una alta proporción de materia orgánica elevada, como lo es la demanda química oxígeno, junto con aceites, grasas y nitratos, que constituyen un considerable peligro para el medio ambiente.

La demanda química de oxígeno es una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente, y es un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos. En Industria Alimenticia S.A., este parámetro cumple con los límites máximos permisibles de descarga definidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, a pesar de dicho cumplimiento es importante mencionar que debido a los resultados obtenidos en esta investigación de la demanda química de oxígeno, es necesario un monitoreo periódico en las distintas fases del tratamiento al momento de un derrame y poder comprobar la efectividad de la depuración del tratamiento.

Los resultados de los análisis realizados de febrero a septiembre del Potencial de Hidrógeno, reportaron al frijol volteado negro con un valor de 5.98, seguido de la bebida de melocotón con 3.81, luego el coctel de vegetales con 3.65 y por último la salsa ketchup con un valor de 3.41. Estos valores manifiestan un pH menor a 7, lo que significa que son sustancias ácidas y un pH ácido puede generar diferentes problemas en las distintas fases de la planta de tratamiento, como lo es con los lodos que son parte del proceso de la recirculación de lodos, que es una fase esencial de todo el ciclo de depuración, al igual que evita el empobrecimiento del contenido en seco en el depósito biológico.

En la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales de Industria Alimenticia S.A., se procura mantener un pH de 7 para optimizar el comportamiento del tratamiento. El pH ácido en el proceso de oxidación biológica tiene un efecto negativo en los microorganismos, ya que las condiciones en que deben vivir las bacterias que degradan la materia orgánica ya no son óptimas y mueren. Esto produce notables inconvenientes para la gestión, porque determina un empeoramiento de la sedimentación del lodo y como consecuencia una reducción del rendimiento de depuración. Además, un repentino cambio de pH en las fases del tratamiento puede disminuir de manera importante la actividad de respiración de la biomasa.

El manual interno de la planta de tratamiento de aguas residuales de Industria Alimenticia S.A, hace mención a los valores críticos promedio de entrada; de la demanda química de oxígeno debe ser de 3,953 mg/L y del potencial de hidrógeno debe ser de 7, para un tratamiento eficiente, tomando como referencia lo mencionado de Pito y Parra (2008) las aguas con valores elevados de demanda química de oxígeno, pueden dar interferencias en ciertos procesos de la planta, principalmente en la disminución de oxígeno.

Como hace mención el artículo de Lannacone y Molano-Linares (2018) la industria alimentaria que produce soya en Perú aporta gran carga orgánica a los efluentes industriales de esta industria, lo que hace necesario la implementación de un tratamiento adecuado. Para que la transformación biológica se haga efectiva y de manera eficiente, deben existir condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano, como oxígeno disuelto y un pH adecuado (6.5 – 8.0), entre otros, en otras palabras significa cero alteraciones en el proceso de las distintas fases de la planta de tratamiento de agua residual para un tratamiento efectivo.

Acorde a Wilson, Cañon y Avilés, 2004 el pH es una magnitud de mucha importancia en un sin número de procesos biotecnológicos, como por ejemplo en la neutralización de desperdicios alimenticios. También ha cobrado gran relevancia en el control de la contaminación, como es el caso de la neutralización de desechos industriales. El control de



esta variable es en general difícil de realizar debido a la dependencia altamente de contaminantes que ingresan al sistema de tratamiento y el pH que se establece en la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales de Industria Alimenticia S.A.

Los valores de los análisis presentados de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrógeno no cumplen con los valores críticos promedio de entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales para ninguno de los cuatro productos analizados de Industria Alimenticia S.A. Lo anterior indica que puede existir un posible impacto negativo que afecte, altere o disminuya la eficiencia en los procesos de las distintas fases de la planta de tratamiento de aguas residuales al momento de un derrame de volumen significativo.

Los resultados obtenidos muestran la posible contaminación y el potencial impacto negativo que estarían causando los derrames (figura 15A) de los productos en la planta de tratamiento de aguas residuales. Como previamente se ha mencionado, la demanda química de oxígeno es la necesidad de oxígeno para oxidar la materia orgánica presente en el agua, es un problema de gran importancia que exige una solución inminente puesto que claramente afecta a los recursos naturales de esta, debido a esto los resultados con alta carga contaminante encontrados no pueden ser tratados de manera convencional, deberán ser tratados con una metodología específica para su vertimiento.

Lannacone y Molano-Linares (2018) hacen mención que para que la transformación biológica se haga efectiva y de manera eficiente, deben existir condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano, como una temperatura entre 30°C - 40°C, oxígeno disuelto y un pH adecuado (6.5 - 8.0), entre otros, en otras palabras significa cero alteraciones en el proceso de las distintas fases de la planta de tratamiento de agua residual para un tratamiento efectivo.

Es fundamental poder lograr un mejoramiento del tratamiento de agua y poder establecer una mejora continua que permita proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad de la industria, establecer mecanismos de evaluación, control

y seguimiento como hace referencia la Norma ISO 14001, para promover la conservación y mejoramiento del recurso hídrico dentro de la industria y en un futuro poder certificarse con un sistema de gestión ambiental acorde a esta normativa.

Domos Agua (2020), menciona que contar con una planta de tratamiento de agua residual eficiente permite ahorrar recursos, optimizar los procesos de producción y cumplir con las normativas, protegiendo el medio ambiente y la salud pública.

La industria alimenticia depende directamente del medio ambiente natural para garantizar un suministro de materias primas que permitan obtener productos libres de contaminantes adecuados para el consumo humano. Debido al amplio proceso de elaboración de un gran volumen de materiales, la capacidad de repercutir en el medio ambiente es considerable, debido a esto se deben tomar en cuenta los resultados que la presente investigación expone, ya que es de vital importancia un correcto y eficaz tratamiento de las distintas fases de la planta de agua residual de Industria Alimenticia S.A, ya que el agua tratada llega al medio ambiente.

E. Berkowitz menciona que en un contexto ecológico, el interés respecto a la industria alimentaria se centra más en las cargas contaminantes orgánicas que en el efecto de las sustancias tóxicas. Si estas cargas no se previenen o controlan adecuadamente, pondrán en apuros las infraestructuras comunitarias o afectarán de manera negativa a los ecosistemas locales. Al igual que Valladares, 2018 hace referencia que en condiciones de elevada contaminación, las bacterias y los compuestos químicos y orgánicos demandan el uso de oxígeno que reduce su disponibilidad para los seres vivos y ocasiona problemas ambientales.

Los derrames (figura 15A) tienen repercusiones en varias etapas del tratamiento, pero principalmente se tienen en la concentración de oxígeno disuelto de las distintas etapas o tanques, ya que el oxígeno desciende. Si un derrame llega a ocurrir cuando la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales está pasando por otro problema, se tendría

consecuencias significativas en la calidad del agua de salida. Al momento de un derrame en la planta, se monitorean las distintas fases del tratamiento y dependiendo de su estado, se aumenta la inyección de aire para mantener el nivel de oxígeno y evitar repercusiones en la calidad del agua de salida.

Sin embargo en ciertas ocasiones es difícil mantener la concentración de oxígeno por la concentración de contaminación que se está agregando al tratamiento, en estos casos según la experiencia del técnico de la planta de tratamiento, si se nota el impacto en la calidad del agua, teniendo como resultado un aumento de N, P y en la turbidez, afectando todo el proceso del tratamiento. Actualmente no se han obtenido datos de salida al momento de un derrame ya que los derrames (figura 15A) son ocasionales.

El cuidado del ambiente es uno de los grandes desafíos de todas las organizaciones para mejorar su competitividad; por ello, dependiendo de las actividades humanas que se realicen, estas tienen alguna repercusión ambiental, que en muchos casos son importantes. Debido a ello, las organizaciones tienen la necesidad de administrar de una manera adecuada el ambiente con el objetivo de minimizar problemas y asegurar su equilibrio ecológico de los ecosistemas (Granero J., Ferrando M., 2010).

## 2.6. CONCLUSIONES

1. Se analizaron los distintos productos de Industria Alimenticia S.A, mediante la prueba de la demanda química de oxígeno, la cual presento valores promedio por arriba del valor crítico promedio de entrada de la PTAR, 3,953 mg/L, y mediante la medición del potencial de hidrógeno el cual presento valores promedio por debajo de un pH 7 siendo estos valores ácidos.
2. Se compararon los resultados obtenidos de las pruebas de la demanda química de oxígeno y del potencial de hidrogeno de los distintos productos, con los valores críticos promedio de entrada de la DQO y del pH de la PTAR, mediante graficas las cuales mostraron valores significativos de los resultados obtenidos.
3. Se identificó un posible impacto de los distintos productos de Industria Alimenticia S.A, en relación a los resultados obtenidos de los análisis de la DQO y del pH, teniendo para ambos parámetros un incumplimiento en la entrada de la planta de tratamiento.

## 2.7. RECOMENDACIONES

1. Se debe tomar en cuenta que la demanda química de oxígeno y el potencial de hidrógeno no dependen entre sí, lo que debe permitir mejoras por separado en cuanto al control adecuado que se les puede dar en las distintas fases de la planta de tratamiento de aguas residuales, manejando por separado los aditivos como la dosificación de fosforo, nitrógeno y urea al momento de una descarga de producto, o ya sea un pre tratamiento como trampas de grasa o un tratamiento nuevo en la planta, que permita cumplir con los valores críticos promedio de entrada. Así mismo se recomienda establecer un control del vertido mediante una metodología o protocolo que requiera la participación del encargado de la planta de tratamiento de agua residual y los encargados de la planta de producción para poder establecer un procedimiento efectivo de un vertido adecuado de los derrames (figura 15A) de producto.
2. Estructurar un plan o procedimiento adecuado para el vertimiento de los productos y así minimizar, mitigar o prevenir el impacto negativo que se tiene hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, y así la planta trabaje conforme al flujo y parámetros de diseño establecidos, así mismo se recomienda la implementación de un indicador de derrames (figura 15A) el cual permita tener un control sobre estos acontecimientos, generar más información sobre este tema y así poder tener un mejor manejo en la planta de tratamiento de aguas residuales de Industria Alimenticia S.A al momento de dicho acontecimiento.
3. En Industria Alimenticia S.A., ambos parámetros cumplen con los límites máximos permisibles de descarga definidos en el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236 - 2006, a pesar de dicho cumplimiento es importante mencionar que debido a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda monitorear las distintas fases del tratamiento al momento de un derrame para tener conocimiento del estado de cada fase y poder generar más data que permita el estudio más profundo de estos acontecimientos.

4. En cuanto al sistema de gestión ambiental, para el logro de un desarrollo sostenible en Industria Alimenticia S.A., se deberán seguir incorporando mejoras en cuanto a la actuación ambiental por parte de todos los trabajadores en la industria y en el cumplimiento de la normativa ambiental, para identificar, controlar y prevenir los impactos ambientales de las actividades, procesos y productos o servicios de la industria. Al igual que es recomendable poder evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales bajo un análisis de ciclo de vida completo.

## 2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Amaya, W. F., Cañón, Ó. A., & Avilés, Ó. F. (2004). Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 14, 86-85. Obtenido de <https://doi.org/10.18359/rcin.1271>
2. Berkowitz, E. (2010). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Subdirección General de Publicaciones. 42 p. <https://www.insst.es/documents/94886/161958/Sumario+del+Volumen+I/18ea3013-6f64-4997-88a1-0aadd719faac>
3. Botero Pito, A. M., & Benavides Parra, L. C. (2018). Formulación de estrategias de control interno en una industria de producción de alimentos para aerolíneas con la finalidad de reducir cargas contaminantes en los vertimientos. (Tesis Ing. Amb. Sanit., Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Ambiental y Sanitaria: Colombia). [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1794&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1794&context=ing_ambiental_sanitaria)
4. Boyles, W. (1997). The science of chemical oxygen demand. (pp. 1-24). USA: Hach Company, Serie de Información Técnica, Folleto no. 9. <https://www.hach.com/assetget.download.jsa?id=7639984471>
5. Brenes Leandro N. (2009). Control de pH constante en planta de tratamiento de aguas residuales de Sigma Alimentos. (Tesis Ing. Elec., Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), Escuela de Ingeniería en Electrónica: Cartago, Costa Rica). [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2592/Informe\\_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2592/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
6. Da Cámara, L., Hernández, M., Paz, L. (2014). Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias. Venezuela: Universidad Simón Bolívar,

Coordinación de Ingeniería Química, Departamento de Fenómenos de Transporte. [https://www.academia.edu/35569956/MANUAL\\_DE\\_DISEÑO\\_PARA\\_PLANTAS\\_DE\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_ALIMENTICIAS](https://www.academia.edu/35569956/MANUAL_DE_DISEÑO_PARA_PLANTAS_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_ALIMENTICIAS)

7. Domos Agua, México. (2020). Plantas de tratamiento de agua en la industria de alimentos y bebidas. <https://www.domosagua.com/recursos/ptar-industriaalimentos-bebidas#13>

8. Espigares García, G., & Pérez López, J. A. (1985). Aguas residuales composición. Salamanca, España: Universidad de Salamanca, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua. [https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

9. Ezequiel López, E. A., & González, B. H. (2017). Principios de muestreo estadístico, fundamentos y aplicaciones en agronomía y ciencias afines. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. [https://archive.org/stream/PrincipiosDeMuestreoEstadisticoEd.Agosto2017/Principios%20de%20muestreo%20estad%C3%ADstico%20Ed.%20Agosto%202017\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/PrincipiosDeMuestreoEstadisticoEd.Agosto2017/Principios%20de%20muestreo%20estad%C3%ADstico%20Ed.%20Agosto%202017_djvu.txt)

10. Fabbricazione Impianti Carpenterie Industriali Termici, Italia (FICIT). (2013). Industrias Alimenticias: Ciudad de Guatemala, Guatemala; Planta de tratamiento de agua residual; Manual de conducción de tratamiento biológico; Memoria de diseño; Memoria de operación y mantenimiento. Italia. 44 p.

11. Fabián, W; Cañon, O; Avilés, O. F. (2004). Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, no. 14, 86-95. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1271/1008>

12. Fernández, J., & Curt, M. D. (s.f.). Métodos analíticos para aguas residuales. In J. Fernández, E. De Miguel, J. De Miguel & M.D. Curt. Manual de fitodepuración. Filtros de



macrofitas en flotación. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.  
<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/manual-de-fitodepuracionfiltro-de-macrofitas-en-flotacion>

13. FRC Systems International. (2015). Aplicaciones para el tratamiento de agua residual en las industrias de alimentos y bebidas. Cumming, Georgia. <https://frcsystems.com/food-beverage-wastewater-treatment/?lang=es>

14. Gibbs, R; Klein, L; Hach, C. (1997). Introduction to biochemical oxygen demand. Technical Information Series. Booklet, no. 7, 3-21. Disponible en: <http://bixbydental.com/resources/intro-to-bod.pdf>

15. Gobierno de Guatemala. (2006). Acuerdo Gubernativo no. 236-2006: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Guatemala: EcoSistemas. Recuperado de <https://www.ecosistemas.com.gt/wpcontent/uploads/2015/07/07-Acuerdo-gubernativo-236-2006-Reglamentodescargas-y-reuso.pdf>

16. Gomez, G. (2014). Propuesta de un sistema de gestion ambiental, basado en la norma ISO 14001:2004, para Profrutas Cía. Ltda., Guayaquil. Guayaquil. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7431/1/UPS-GT000730.pdf>

17. Granero, J., & Ferrando, M. (2010). Cómo implantar un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2004. Madrid, España: Fundación Confemetal. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7431/1/UPS-GT000730.pdf>

18. HANNA Instruments, Colombia. (2019). Guía para el análisis de la demanda química de oxígeno (DQO). <https://www.hannacolombia.com/blog/post/115/guia-para-el analisis-la-demanda-quimica-oxigeno-dqo>

19. International Organization for Standardization (ISO). (2005). Sistema de gestión ambiental; Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo según ISO 14004. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14004:ed-2:v1:es>
  
20. Konrad Adenauer Stiftung, Guatemala (KAS). (2004). Gestión ambiental municipal. Guatemala: KAS.
  
21. Lennetech, Países Bajos. (2020). FAQ de la contaminación del agua. Recuperado el 10 de Mayo de 2020. <https://www.lenntech.es/faq-contaminacion-agua.htm>
  
22. Linares, J. (2016). Tratamiento de efluentes de la industria alimentaria por coagulación-floculación utilizando almidón de *Solanum tuberosum* L. 'papa' como alternativa al manejo convencional. (Tesis Lic. Biol., Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ciencias Biológicas: Lima, Perú). [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/911/Molano\\_jd.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/911/Molano_jd.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
23. Muñoz Lucas, S., Sánchez García, R. (2018). El agua en la industria alimentaria. Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica, 33(2), 157-171. [http://hidromed.org/hm/images/pdf/BSEHM%202018\\_33\(2\)157-171\\_Mu%C3%B1oz-S.pdf](http://hidromed.org/hm/images/pdf/BSEHM%202018_33(2)157-171_Mu%C3%B1oz-S.pdf)
  
24. Pazán Gómez, G. (2014). Propuesta de un sistema de gestión ambiental, basada en la norma ISO 14001:2004, para Profrutas Cía. Ltda., Guayaquil. (Tesis MSc., Universidad Politécnica Salesiana: Ecuador). <http://bibliotecavirtual.ups.edu.ec/Record/dspace-7431>
  
25. Pérez Potro, J., & Medino, M. (2019). Definición de: Derrame. Definicion.de. <https://definicion.de/derrame/>

26. Rajagopal, R., Saady, N.M.C., Torrijos, M., Thanikal, J.V., Hung, Y. T. (2013). Sustainable agro-food industrial wastewater treatment using high rate anaerobic process. *Water*, 5, 292-311. <https://www.mdpi.com/2073-4441/5/1/292/htm>
27. Ramírez Burgos, L. I., Durán Domínguez de Bazúa, M. Del C. (2008). Demanda química de oxígeno de muestras acuosas. (3 Ed.). México: UNAM, Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf)
28. Romero López, T de J., Santiso Garbayo, P., & González Díaz, O. A. (2014). Caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL, Cuba. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 35(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382014000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382014000300007)
29. Samayoa Hernández, H. A. (2017). Elaboración e implementación de un manual de procesos estándar principales dentro laboratorio de aseguramiento de calidad de una industria de alimentos guatemalteca. Guatemala. 2017. (Tesis Lic. Nutric., Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud: Guatemala). Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/09/15/SamayoaHugo.pdf>
30. Santos Altes, A. (2018). Reducción DQO & DBO. Aguas residuales. España: iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/alejandro-santos-altes/reduccion-dqo-dbo-aguas-residuales>
31. Sawyer, C., McCarty, P., & Parkin, G. (2003). Chemistry for environmental engineering and science. USA: Mc Graw Hill Education.
32. United States Environmental Protection Agency (EPA). (1998). How wastewater treatment works, the basics. United States. <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>

33. Villatoro Valladares, G. A. (2018). Formulación de un plan de realización de estudios técnicos de aguas residuales en municipalidades urbanas. (Tesis Ing. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química: Guatemala).<http://www.repositorio.usac.edu.gt/9576/1/Gustavo%20Adolfo%20Villatoro%20Valladares.pdf>

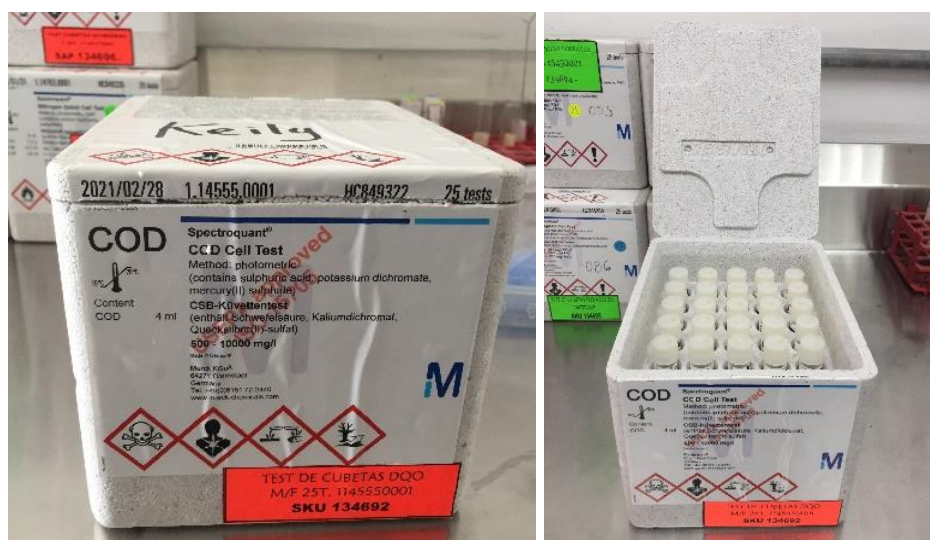
32. United States Environmental Protection Agency (EPA). (1998). How wastewater treatment works, the basics. United States. <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>

33. Villatoro Valladares, G. A. (2018). Formulación de un plan de realización de estudios técnicos de aguas residuales en municipalidades urbanas. (Tesis Ing. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química: Guatemala).<http://www.repositorio.usac.edu.gt/9576/1/Gustavo%20Adolfo%20Villatoro%20Valladares.pdf>

## 2.9. ANEXOS

### 2.9.1. Prueba de cubetas

En el anexo 9.1 se presenta el kit de cubetas para la demanda química de oxígeno, el cual se puede observar en la figura 14A.



Fuente: Imágenes obtenidas del laboratorio de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 14A. Kit para determinación de DQO en los distintos productos.**

### 2.9.2. Equipo de laboratorio

En el anexo 2.9.2, figura 15A se muestra el fotómetro que se utilizó para medir los valores de las distintas muestras.



Fuente: Imágenes obtenidas del laboratorio de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 15A. Fotómetro.**

En la figura 16A se puede observar el termorreactor, en el cual se calentaron las cubetas.



Fuente: Imágenes obtenidas del laboratorio de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 16A. Termorreactor**

### 2.9.3. Resultados de prueba en cubetas

En el anexo 2.9.3, se muestran los resultados finales que se obtuvieron de las pruebas en cubetas que se realizaron en los distintos productos (figura 17A).



Fuente: elaboración propia con imágenes obtenidas del laboratorio de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 17A. Prueba de cubetas de néctar de melocotón y coctel de vegetales mes de marzo 2019.**





Fuente: elaboración propia con imágenes obtenidas del laboratorio de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 18A. Prueba de frijol volteado y salsa kétchup mes de marzo 2019.**

#### **2.9.4. Derrame de producto**

En el anexo 2.9.4, figura 19A se muestra un derrame de salsa kétchup ocurrido en la planta de producción.



Fuente: elaboración propia con imágenes obtenidas de la planta de producción de Industria Alimenticia S.A, 2019.

**Figura 19A. Derrame de salsa kétchup en planta de producción.**

**CAPÍTULO II: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN INDUSTRIA  
ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

### **3.1. PRESENTACIÓN**

En la actualidad no se cuenta con un manejo adecuado del vertimiento que le dan a los derrames de los distintos productos que llegan hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que se desconoce el impacto que se está generando en dicha planta. Por lo que al momento de dicho evento, no se tiene algún procedimiento establecido para verter los derrames. Debido a la falta del procedimiento, se planteó una propuesta metodológica para el control adecuado de los derrames que se dan en Industria Alimenticia S.A.

El diagnóstico realizado en Industria Alimenticia S.A. detectó dos situaciones dentro de la industria, las cuales se pueden mejorar mediante acciones específicas, siendo estos la realización de una propuesta metodológica para el control de derrames de los distintos productos y la realización de propuestas de los manuales de las principales mediciones de los parámetros fisicoquímicos que se realizan en la planta de tratamiento de aguas residuales.

La planta de tratamiento de aguas residuales forma parte del Sistema de Gestión Ambiental de Industria Alimenticia S.A., dicha planta no se cuenta con manuales de las principales mediciones de los parámetros fisicoquímicos que realizan semanalmente para medir su calidad y buen funcionamiento, por esta razón y porque para una certificación a la ISO 14001 SGA, necesitan de un manejo integrado de todo el sistema, por lo que las propuestas de estos manuales son un paso más hacia este logro.

## **3.2. OBJETIVOS**

### **3.2.1. Objetivo General**

Colaborar en las distintas actividades ambientales que Industria Alimenticia S.A. tiene en la planta de producción y en la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **3.2.2. Objetivos Específicos**

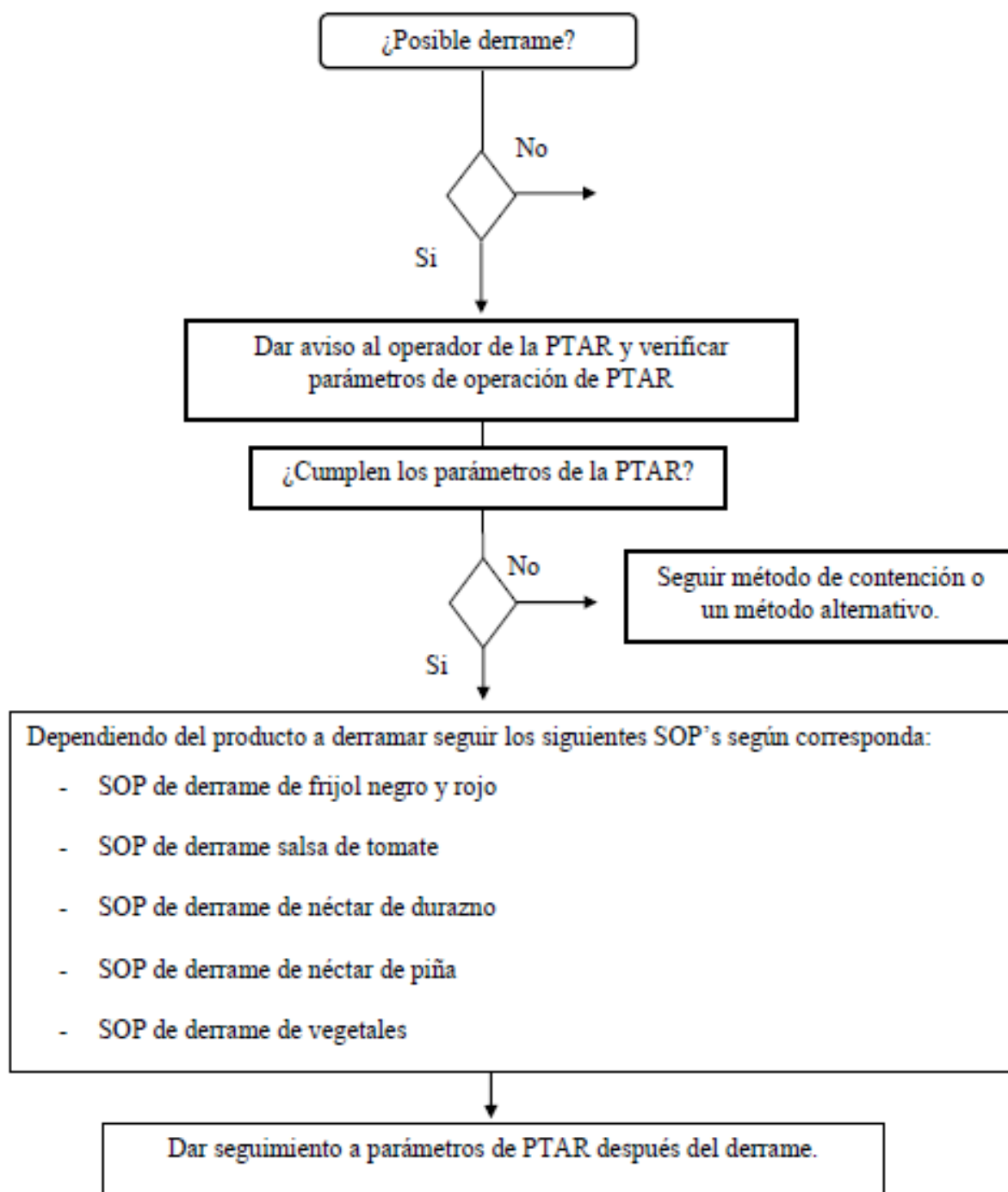
1. Realizar propuestas metodológicas para un adecuado vertimiento de derrame de los distintos productos hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de Industria Alimenticia S.A.
2. Elaborar propuestas de manuales de los principales muestreos para la planta de tratamiento de aguas residuales.
3. Observar los distintos procedimientos actuales en la planta de producción y en la planta de tratamiento de aguas residuales.
4. Recopilar información necesaria en la planta de producción y en la planta de tratamiento de aguas residuales para elaborar procedimientos y validarlos.

### **3.3. Servicio 1: Propuesta metodológica para derrames de producto en Industria Alimenticia S.A.**

#### **3.3.1. Metodología**


En la planta de producción ocurren derrames de producto, los cuales deben ser desechados hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, y que no se realizan de manera controlada, afectando el tratamiento a falta de un manejo adecuado.

La metodología que se presenta a continuación se trabajó por medio de una entrevista no estructurada sobre lo que actualmente realizan al momento de un derrame, y se establecieron pasos mediante un diagrama de árbol de decisiones.



Fuente: elaboración propia, 2019.

**Figura 20A. Propuesta de procedimiento metodológico a seguir en caso de un derrame.**

|  |  |                |                             |            |            |            |  |
|--|--|----------------|-----------------------------|------------|------------|------------|--|
|   | <b>Florida Bebidas S.A.</b><br>Departamento de Producción<br>Industrias Alimenticias Kern's<br>& Cia., S.C.A |                | <b>Registro de derrames</b> |            |            |            | <b>Código: R-DP-xxx</b><br><b>Versión:</b><br><b>Página:</b> |
|  | <b>Responsable</b>   |                |                             |            |            |            | <b>Turno</b>   |
|  | <b>Primer</b>  | <b>Segundo</b> | <b>Tercer</b>               | <b>Día</b> | <b>Mes</b> | <b>Año</b> |  |
|  |  |                |                             |            |            |            |  |
| <b>Producto:</b>   |  |                |                             |            |            |            |  |
| <b>Tanque de formulación:</b>  |  |                |                             |            |            |            |  |
| <b>Línea de producción:</b>  |  |                |                             |            |            |            |  |
| <b>Volumen de producto derramado:</b>  |  |                |                             |            |            |            |  |
| <b>Causa de derrame:</b>   |  |                |                             |            |            |            |  |
| <b>Plan de acción:</b>   |  |                |                             |            |            |            |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div>           _____<br/> <b>Vo. Bo. Supervisor de saneamiento</b> </div> <div>           _____<br/> <b>Vo. Bo. Supervisor de turno</b> </div> <div>           _____<br/> <b>Vo. Bo. Jefe de turno</b> </div> </div> |  |                |                             |            |            |            |  |

**Figura 21A. Registro de derrame.**



### 3.4. Servicio 2: Propuesta de los procedimientos de los principales muestreos para los diferentes análisis de la planta de tratamiento de agua residual.

#### 3.4.1. Metodología

Actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales, no cuenta con procedimientos actualizados de los diferentes muestreos, por lo que se trabajó en la propuesta de procedimientos de los principales muestreos de agua residual, los cuales fueron: levantamiento inicial, muestreo de agua residual de salida y prueba de sólidos Sedimentables

Se realizaron mediante la observación del técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales para poder establecer los pasos en orden que luego se validaron.


|     |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
|-----|---|------------|----------------------|---------|--|-------------------|---|---|---|----------|---|---|---|
| P18 |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
|     | A   | B          | C                    | D       | E  | F                 | G   | H | I | J        | K | L | M |
| 1   |    |            | Florida Bebidas S.A. |         | Muestreo de agua residual de entrada<br>(Llevantamiento inicial) para análisis DQO, II y P |                   |   |   |   | Código:  |   |   |   |
| 2   |   |            | Industrias           |         |  |                   |   |   |   | Versión: |   |   |   |
| 3   |   |            | Kern's y Cia., S.C.A |         |  |                   |   |   |   | Página:  |   |   |   |
| 4   | Tiempo  | Frecuencia |                      |         | Responsable  | Tipo de Operación | Materiales  |   |   |          |   |   |   |
| 5   |   | Diario     | Semanal              | Mensual | Operario   | Manual            | Guantes de látex, lentes, muestreador, recipiente<br>para muestra, cubeta con agua, probeta de 100 ml |   |   |          |   |   |   |
| 6   | 3 horas y 30 minutos  |            | x                    |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 7   | <div> <div> 1: Tomar del cuarto de deshidratación de todos los utensilios y cristalería (un muestreador, un frasco de muestreo, una probeta de 100 ml y una cubeta con agua para mantener la muestra a temperatura ambiente). </div> <div> 2: Levantar la rejilla de la canaleta del área de levantamiento inicial. </div> </div> |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 8   |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 9   |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 10  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 11  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 12  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 13  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 14  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 15  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 16  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 17  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 18  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 19  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 20  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 21  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 22  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 23  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 24  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 25  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 26  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |
| 27  |   |            |                      |         |  |                   |   |   |   |          |   |   |   |

Figura 22A. Muestreo de agua residual de entrada (levantamiento inicial)









| A  |   | B                               | C       | D       | E   | F                 | G  | H | I | J        | K | L | M |
|----|---|---------------------------------|---------|---------|---|-------------------|--|---|---|----------|---|---|---|
| 1  |    | Florida Bebidas S.A.            |         |         | Muestreo de agua residual del área de salida<br>para análisis de DQO, N, P y Cl |                   |  |   |   | Código:  |   |   |   |
| 2  |   | Mantenimiento                   |         |         |   |                   |  |   |   | Versión: |   |   |   |
| 3  |   | Industrias Kern's y Cia., S.C.A |         |         |   |                   |  |   |   | Página:  |   |   |   |
| 4  | Tiempo  | Frecuencia                      |         |         | Responsable   | Tipo de Operación | Materiales   |   |   |          |   |   |   |
| 5  |   | Diario                          | Semanal | Mensual |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 6  | 5 minutos   |                                 | x       |         | Operario  | Manual            | Guantes de látex,<br>Muestreador, recipiente para muestra. |   |   |          |   |   |   |
| 7  | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="background-color: #4a7c9c; color: white; padding: 10px; width: 30%;"> 1: Introducir el muestreador en la canaleta de salida, enjuagarlo y coleccionar una muestra de agua. </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="background-color: #00b050; color: white; padding: 10px; width: 30%;"> 2: Enjuagar el recipiente de muestreo introduciendo el agua recolectada. </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%;"></div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 8  |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 9  |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 10 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 11 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 12 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 13 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 14 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 15 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 16 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 17 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 18 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 19 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 20 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 21 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 22 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 23 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 24 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 25 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 26 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 27 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 28 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 29 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 30 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 31 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 32 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |
| 33 |   |                                 |         |         |   |                   |  |   |   |          |   |   |   |

Figura 23A. Muestreo de agua residual de salida


|                                 |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|----------------------|--|---------|--|--|--|-------------------|--|------------|--|--|--|---------|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| Portapapeles                    |  | Fuente  |  | Alineación           |  | Número  |  | Estilos  |  | Celdas            |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| P27                             |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| A                               |  | B   |  | C                    |  | D       |  | E  |  | F                 |  | G          |  | H  |  | I       |  | J |  | K |  | L |  | M |  |
| 1                               |  |  |  | Florida Bebidas S.A. |  |         |  | Prueba Sólidos Sedimentables mediante Conos Imhoff en tanques de acumulación, MBBR, lodos activos y de recirculación |  |                   |  |            |  |  |  | Código: |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| Mantenimiento                   |  |   |  | Versión:             |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| Industrias Kern's y Cia., S.C.A |  |   |  | Página:              |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 3                               |  |   |  | Frecuencia           |  |         |  | Responsable  |  | Tipo de Operación |  | Materiales |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 4                               |  | Tiempo  |  | Diano                |  | Semanal |  | Mensual  |  | Operario          |  | Manual     |  | Guantes de latex, Muestreador, recipientes para muestras, conos Imhoff |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 5                               |  | 1 hora  |  |                      |  | x       |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 6                               |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 7                               |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 8                               |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 9                               |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 10                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 11                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 12                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 13                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 14                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 15                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 16                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 17                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 18                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 19                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 20                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 21                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 22                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 23                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 24                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 25                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 26                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 27                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |
| 28                              |  |   |  |                      |  |         |  |  |  |                   |  |            |  |  |  |         |  |   |  |   |  |   |  |   |  |

1: Tomar muestras en los tanques de acumulación, MBBR, lodos activos y de recirculación, introduciendo el muestreador en los tanques y agregando la muestra en los recipientes de muestreo.






2: Limpiar los recipientes de muestreo con agua y jabón para evitar contaminación entre las muestras.



3: Trasladar las muestras al laboratorio.



**Figura 24A. Muestreo para prueba de solidos sedimentables mediante conos imhoff**

### **3.5. CONCLUSIONES**

1. Se estableció la propuesta metodológica mediante un árbol de decisiones en el cual se especifica que hacer en caso de un derrame.
2. Se elaboró una propuesta de registro de derrames para poder llevar un control adecuado al momento de dichos sucesos.
3. Mediante la observación de los procedimientos de operadores al momento de realizar los muestreos, se establecieron tres propuestas de procesos para los principales muestreos de aguas residuales que se realizan en la planta de tratamiento.

### **3.6. BIBLIOGRAFÍA**

1. Veolia Water Technologies. (2017). Proceso MBBR para depuración biológica: AnoxKaldnes. Obtenida de: <http://www.veoliawatertechnologies.es/tecnologias/mbbr/>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 62/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"EVALUACIÓN DEL GRADO DE  
CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA  
S.A., GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE:

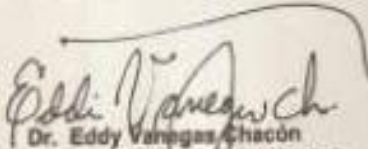
KEILY GABRIELA MORALES RODAS

CARNE:

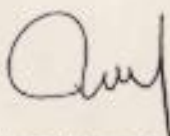
201210818

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Pedro Armira Atz  
Dr. Eddy Vanegas Chacón  
Dr. Hugo Cardona Castillo

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

  
Dr. Eddy Vanegas Chacón  
ASESOR ESPECÍFICO

  
Dr. Hugo Cardona Castillo  
DOCENTE-ASESOR EPS



Keily Gabriela Morales Rodas



  
Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro  
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm  
c.c. Archivo



Ref. SAIEPSA.20.2021

Guatemala, 12 marzo de 2021

**TRABAJO DE GRADUACIÓN:** EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, C.A.

**ESTUDIANTE:** KEILY GABRIELA MORALES RODAS

**No. CARNÉ** 201210818

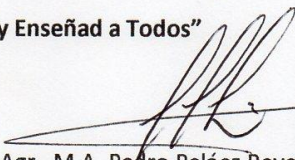
Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Pedro Armita Atz  
Dr. Eddy Vanegas Chacón  
Dr. Hugo Cardona Castillo

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”

  
Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes  
Coordinador Area Integrada – EPS



cc.archivo  
PPR/azud



No. 22.2021

Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIA ALIMENTICIA S.A., GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Keily Gabriela Morales Rodas

Carné: 201210818

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
DECANO

 The official seal of the University of San Carlos of Guatemala, Faculty of Agronomy, is visible. It is a circular emblem with a sun and rays in the center, surrounded by the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" and "FACULTAD DE AGRONOMIA". A blue ink signature is written over the seal and the text "Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes DECANO".