

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS
PROVENIENTES DEL FAENADO DE FRIGORÍFICOS BLE LTDA.**

**PAULA ANDREA DÍAZ DÍAZ
SARA CATALINA SOLARTE QUIROGA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2017**

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS
PROVENIENTES DEL FAENADO DE FRIGORÍFICOS BLE LTDA.**

**PAULA ANDREA DÍAZ DÍAZ
SARA CATALINA SOLARTE QUIROGA**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil**

**Director
FELIPE SANTAMARIA ALZATE
Ingeniero Sanitario MsC.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2017**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciente (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

La vida siempre nos va a traer retos y sin duda alguna para mí el estar en la universidad ha sido un gran reto y más en mi carrera, donde cada día trajo su afán, este trabajo de grado, se lo dedico principalmente a Celia Isabel Díaz Guarín, mi madre, porque sin ella esto no habría sido posible, gracias por estar siempre ahí apoyándome económicamente, emocionalmente, por creer en mí y en mis capacidades, incluso por las muchas veces que trasnochaste a mi lado, por acompañarme en mis momentos de estrés con entregas, parciales, notas, entre otras, a ti de debo todo lo que soy y este trabajo te lo dedico con todo mi amor, es solo una pequeña parte de este proceso, te amo madre.

También va dedicado a mis hermanos, Juanita, Carlos Arturo, Andrés Arturo y María Alejandra, a Uds. se las dedico como símbolo de que todo lo que quieran hacer en la vida lo pueden hacer, sin límite alguno, los límites solo los ponemos nosotros, pero nada es imposible en la vida si en verdad lo queremos hacer, deseo que en sus vidas sean muy felices y que el día de mañana se puedan desempeñar en lo que les aporte a su felicidad, espero poder estar al lado de uds para apoyarlos y guiarlos si así lo desean. Los amo.

Finalmente doy gracias a Dios por darme la oportunidad de estudiar y siempre estar presente en cada paso y semestre, no tengo duda de su presencia en esta etapa de mi vida, inmensamente agradecida.

Paula Andrea Díaz Díaz

A Dios por darme la oportunidad de culminar un logro más. A mis padres y hermano, Laureano Liguthy Solarte Arias, Clara Inés Quiroga Padilla y Juan Felipe Solarte Quiroga, por ser la motivación e inspiración cada día, por su amor inigualable y apoyo incondicional.

Sara Catalina Solarte Quiroga

AGRADECIMIENTOS

Paula Andrea Díaz Díaz

Sara Catalina Solarte Quiroga

Primeramente, queremos dar nuestro agradecimiento a la Universidad Católica de Colombia, por habernos permitido ser parte de ella y poder formarnos como profesionales integrales, a cada uno de los docentes por brindarnos sus conocimientos, apoyo para nuestro crecimiento personal día tras día.

Agradecemos también a nuestro Asesor de Trabajo de grado el Ing. MsC Felipe Santamaría Álzate, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento en proyectos de ingeniería, así mismo por la paciencia, dedicación y guía durante la elaboración del trabajo de grado.

Nuestro agradecimiento también es para Frigoríficos Ble y su Gerente propietario el Ing. Enrique Uribe, por abrirnos las puertas de su empresa y permitirnos realizar las visitas necesarias, adquirir información privada y por su amabilidad, para poder realizar los estudios requeridos para la elaboración del Trabajo de grado, de igual forma agradecemos al Ing. Sergio Valencia encargado del manejo ambiental, por su tiempo y dedicación en cada una de las visitas, el compartirnos sus conocimientos y experiencia en el manejo de la PTAR del frigorífico, sin duda alguna esto no habría sido posible sin Uds.

Para finalizar agradecemos a Lyda Carolina Quiroga y Arnulfo Reina, por la colaboración en la elección pertinente del lugar, apoyo y ayuda para hacer posible el trabajo de grado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	26
1. GENERALIDADES	28
1.1. ANTECEDENTES.....	28
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	28
1.2.1. Descripción del problema.....	28
1.2.2. Formulación del problema.....	28
1.3. OBJETIVOS.....	29
1.3.1. Objetivo general.....	29
1.3.2. Objetivos específicos.....	29
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	29
1.5. DELIMITACIÓN	31
1.5.1. Espacio.....	31
1.5.2. Tiempo.....	31
1.5.3. Contenido.....	31
1.5.4. Alcance.....	31
1.6. MARCO REFERENCIAL	31
1.6.1. Marco teórico.....	31
1.6.2. Marco conceptual.....	32
1.6.3. Marco legal.....	34
1.7. METODOLOGÍA	35
1.7.1. Tipo de Estudio.....	35
1.7.2. Fuentes de información.....	35
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO	35
1.8.1. Recolección de información en las entidades pertinentes.....	35
1.8.2. Análisis de los datos.....	35
1.8.3. Visita de campo.....	35
1.8.4. Diagnostico por componente del sistema.....	35
1.8.5. Propuesta de mejora.....	36
1.8.6. Diseño básico de la propuesta.....	36
1.8.7. Recomendaciones y conclusiones.....	36

2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	37
2.1.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	37
2.1.1.	Reseña.....	37
2.1.2.	Visión.....	38
2.1.3.	Misión.....	39
2.2.	PRODUCTOS.....	39
2.2.1.	Carne en canal Bovina.....	39
2.2.2.	Carne en canal porcina.....	39
2.2.3.	Víscera bovina y porcina.....	39
2.2.4.	Harina de Sangre.....	39
2.2.5.	Compost.....	40
2.2.6.	Bilis.....	40
2.3.	PLANTA DE BENEFICIO Y CAPACIDAD INSTALADA.....	40
2.4.	ACTIVIDADES DE SACRIFICIO Y FAENADO DEL GANADO	42
2.5.	GENERACIÓN DE EFLUENTES DURANTE EL PROCESO DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO	45
2.5.1.	Clasificación de efluentes en la planta bovinos.....	45
2.5.2.	Zonas procesos de sacrificio de ganado bovino y los efluentes generados.....	45
2.6.	GENERACIÓN DE EFLUENTES DURANTE EL PROCESO DE SACRIFICIO DE GANADO PORCINO.....	46
2.6.1.	Clasificación de efluentes en la planta bovinos.....	46
2.6.2.	Zonas procesos de sacrificio de ganado porcino y los efluentes generados.....	46
3.	ANÁLISIS DE DATOS	48
3.1.	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	48
3.2.	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	50
3.3.	pH.....	53
3.4.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	55
3.5.	GRASAS Y ACEITES	57
3.6.	TEMPERATURA DEL AGUA.....	59
3.7.	RELACIÓN DBO/DQO.....	61
4.	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	62
4.1.	DISTRIBUCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	62
4.2.	TRATAMIENTOS EMPLEADOS EN LA PTAR.....	62

4.2.1.	Pre-tratamiento.....	63
4.2.2.	Tratamiento Primario.....	63
4.2.3.	Tratamiento secundario.....	63
4.3.	DESCRIPCIÓN DE CADA PROCESO	63
4.3.1.	Pre- tratamiento	65
4.3.2.	Tratamiento primario.....	68
5.	DIAGNOSTICO POR COMPONENTE DEL SISTEMA	80
5.1.	REJILLA.....	80
5.1.1.	Rejilla 1.....	80
5.1.2.	Rejilla 2.....	82
5.2.	TAMIZADO	84
5.3.	SEDIMENTADOR PRIMARIO	85
5.4.	MEZCLA RÀPIDA.....	87
5.5.	MEZCLA LENTA.....	90
5.6.	UNIDAD DAF.....	92
5.7.	FILTRO PERCOLADOR.....	95
5.8.	SEDIMENTADORES SECUNDARIOS	98
5.9.	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	100
6.	PROPUESTA DE DISEÑO.....	105
6.1.	CAUSA DE LA ELIMINACIÓN DE PROCESOS.....	105
6.1.1.	Homogenización y aireación.....	105
6.1.2.	Coagulación y floculación.....	106
6.1.3.	Remoción de grasas y aceites	107
6.1.4.	Lagunas de estabilización.....	108
6.2.	DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	109
6.2.1.	Cribado.....	110
6.2.2.	Tamizado.....	110
6.2.3.	Sedimentación primaria.....	110
6.2.4.	Canaleta Parshall.....	115
6.2.5.	Lagunas anaeróbicas.....	115
6.2.6.	Filtro percolador.	119
6.2.7.	Sedimentación secundaria.....	121
7.	CONCLUSIONES.....	124

8. RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA.....	128
ANEXOS.....	132

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación planta de beneficio animal.	41
Tabla 2. Capacidad máxima de sacrificio.	41
Tabla 3. Valores entrada, salida y eficiencia de DQO.....	49
Tabla 4. Media, valor mínimo y máximo de entrada y salida de DQO.	50
Tabla 5. Valores entrada, salida y eficiencia de DBO ₅	51
Tabla 6. Estadística de datos de entrada y salida de DBO.	53
Tabla 7. Valores entrada, salida y eficiencia de pH	53
Tabla 8. Estadística de datos de entrada y salida de PH.....	55
Tabla 9. Valores entrada, salida y eficiencia de SST	55
Tabla 10. Estadística de datos de entrada y salida de SST.....	57
Tabla 11. Valores entrada, salida y eficiencia de grasas y aceites.	57
Tabla 12. Estadística de datos de entrada y salida de grasas y aceites.	59
Tabla 13. Valores entrada, salida y eficiencia de temperatura.	59
Tabla 14. Estadística de datos de entrada y salida de temperatura.	61
Tabla 15. Dimensiones rejilla	65
Tabla 16. Dimensiones tamiz	67
Tabla 17. Dimensiones sedimentadores primario	68
Tabla 18. Dimensiones tanque de homogenización	69
Tabla 19. Características canaleta Parshall.....	70
Tabla 20. Dimensiones tanque de mezcla rápida y lenta.....	71
Tabla 21. Dimensiones estándar unidad DAF	73
Tabla 22. Dimensiones filtro percolador.....	75
Tabla 23. Dimensiones sedimentadores secundarios.....	76
Tabla 24. Dimensiones del espesador de lodos	77
Tabla 25. Especificaciones de lagunas de oxidación.....	78
Tabla 26. Características de la primera rejilla	81
Tabla 27. Características rejilla 2.....	83
Tabla 28. Características del Tamiz.....	84
Tabla 29. Características sedimentador primario.....	86
Tabla 30. Tiempos de retención.....	86
Tabla 31. Características del mezclador rápido	88
Tabla 32. Evaluación de las relaciones de Richter	89
Tabla 33. Evaluación mezcla rápida, tiempo de retención y gradiente	89
Tabla 34. Características del mezclador lento	91
Tabla 35. Evaluación de las relaciones inglesas para mezcla	91
Tabla 36. Evaluación mezcla lenta, tiempo de retención y gradiente	92
Tabla 37. Características unidad DAF	93
Tabla 38. Evaluación unidad DAF.....	94
Tabla 39. Características filtro percolador	95
Tabla 40. Evaluación filtro percolador, por ecuaciones NRC.....	96
Tabla 41. Características sedimentador secundario	99

Tabla 42 Evaluación sedimentador secundario	99
Tabla 43. Características laguna primaria	101
Tabla 44. Evaluación laguna primaria	101
Tabla 45. Características de laguna secundaria	103
Tabla 46. Evaluación laguna facultativa	104
Tabla 47. Datos de entrada, diseño para sedimentado primario	111
Tabla 48 Diseño sedimentador primario	112
Tabla 49. Datos de entrada, diseño laguna anaeróbica.....	115
Tabla 50. Propuesta laguna anaeróbica	116
Tabla 51. Datos de entrada, diseño segunda laguna anaeróbica.....	117
Tabla 52. Propuesta segunda laguna anaeróbica.....	118
Tabla 53. Datos de entrada, diseño del filtro percolador.....	119
Tabla 54. Propuesta de diseño del filtro percolador.....	120
Tabla 55. Datos de entrada sedimentación secundaria	122
Tabla 56. Parámetros evaluados para sedimentación secundaria.....	123

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Frigoríficos Ble Ltda.	37
Figura 2. Ubicación Frigoríficos Ble Ltda. Con respecto a Av importantes.	38
Figura 3. Distribución general de la PTAR.....	62
Figura 4. Canal y rejillas	66
Figura 5. Tamices	67
Figura 6. Sedimentadores primarios	68
Figura 7. Tanque de homogenización.....	69
Figura 8. Canaleta Parshall	70
Figura 9. Mezcla rápida	72
Figura 10. Mezcla lenta.....	72
Figura 11. Unidad DAF vista lateralmente	73
Figura 12. Unidad DAF vista en planta.	74
Figura 13. Filtro percolador.....	75
Figura 14. Sedimentadores secundarios	76
Figura 15. Espesador de lodos	77
Figura 16. Laguna 1	79
Figura 17. Laguna 2.....	79
Figura 18. Relaciones de Richter.....	88
Figura 19. Zonas muertas tanque homogenizador	106
Figura 20. Salida mezcla lenta.....	107
Figura 21. Burbujas unidad DAF.....	108

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Valores de entrada y salida de DQO.....	49
Gráfica 2. Salida vs Normatividad DQO.....	50
Gráfica 3. Valores de entrada y salida de DBO	52
Gráfica 4. Salida vs Norma DBO	52
Gráfica 5. Valores de entrada y salida de pH	54
Gráfica 6. Salida vs norma PH.....	54
Gráfica 7. Valores de entrada y salida de SST	56
Gráfica 8. Salida vs norma SST.....	56
Gráfica 9. Valores de entrada y salida de grasas y aceites	58
Gráfica 10. Salida vs norma grasas y aceites	58
Gráfica 11. Valores de entrada y salida de temperatura del agua.	60
Gráfica 12. Salida vs norma temperatura.	60

LISTA DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 1. Pasos de proceso e identificación de zonas, Planta bovinos	43
Diagrama 2. Pasos de proceso e identificación de zonas, Planta porcinos	44
Diagrama 3. Diagrama de flujo, procesos de la PTAR.....	64
Diagrama 4. Diagrama de flujo, propuesta procesos de la PTAR.....	109

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Normas que por lo menos, debe cumplir todo vertimiento a un cuerpo de agua, según el decreto 1594 de 1984, artículo No. 72.	132
Anexo 2. Parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Resolución 0631 del 2015, con valores aplicados especialmente al Frigorífico.	133
Anexo 3. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 07 de octubre de 2010.	134
Anexo 4. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 07 de diciembre de 2010.	135
Anexo 5. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 12 de enero de 2012 - muestra 1.	136
Anexo 6. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 12 de enero de 2012 – muestra 2.	137
Anexo 7. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 19 de junio de 2012.	138
Anexo 8. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 01 de diciembre de 2012.	139
Anexo 9. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 14 de marzo de 2013 – muestra 1.	140
Anexo 10. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 14 de marzo de 2013 – muestra 2.	141
Anexo 11. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 28 de abril de 2014.	142
Anexo 12. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 25 de septiembre de 2014.	143
Anexo 13. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 10 de abril de 2015.	144
Anexo 14. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 02 de diciembre de 2015.	145

Anexo 15. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 30 de junio de 2016 y el 28 de septiembre de 2016. 146

GLOSARIO

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. Son aquellas que provienen de los procedimientos realizados en fábricas y establecimientos industriales, las cuales contiene aceites, ácidos, materia orgánica, jabones, productos de origen mineral, químico, vegetal o animal. La composición es variable dependiendo de las actividades industriales que se realice.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO). Cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. El DBO es uno de los parámetros más usados para la evaluación de la calidad del aguas residuales y superficiales, determinar la cantidad de oxígenos requerido en tratamiento biológico, diseño de unidades biológicas, eficiencias en procesos de tratamiento y fijar cargas orgánicas permisibles en cuerpos receptores.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Es usada para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente, mediante un agente químico oxidante fuerte. El DQO es útil como parámetro de concentración en aguas residuales industriales o municipales tóxicos a la vida biológica.

FAENADO. Proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal bovino, con el fin de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano.

GRASAS Y ACEITES. Se considera grasas y aceites los compuestos de hidrogeno, carbono y oxígeno presente en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan problemas en el mantenimiento, interfieren en la actividad biológica, siendo difíciles de biodegradar.

PH. Mide la cantidad de alcalinidad o acidez que contiene una sustancia, según los iones de hidrogeno que esta contenga, es una de las formas más sencillas para manejar cifras de alcalinidad. El valor adecuado de pH en aguas residuales para diferentes procesos de tratamiento puede ser restrictivo y critico generalmente esta entre 6,5 y 8,5.

PROCESOS BIOLÓGICOS. El proceso biológico en el tratamiento de aguas residuales consiste en la utilización de microorganismos, para llevar a cabo la eliminación de componentes solubles en el agua: los procesos biológicos son los más utilizados en tratamiento de agua residual no solo doméstica, sino industrial por su sencillez y bajo costo.

PROCESOS FÍSICOS. Eliminación de materia insoluble como arenas, grasas, sólidos suspendidos, y espumas del agua.

PROCESOS QUÍMICOS. La eliminación de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos.

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. Indica la cantidad de sólidos suspendidos presentes en una sustancia en unidades de mg/L, los cuales pueden ser separados por medios de filtración o mecánicamente. Este parámetro es utilizado para la clasificación de la calidad del agua y tratamiento de aguas residuales

TEMPERATURA. Es uno de los parámetros importantes para el manejo del agua residual, por el efecto que causa en las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento. La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de oxígeno disuelto, velocidad de las reacciones químicas y la actividad bacteriana.

RAE

TITULO: PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS PROVENIENTES DEL FAENADO DE FRIGORÍFICOS BLE LTDA.

AUTOR (ES):

Paula Andrea DÍAZ DÍAZ

Sara Catalina SOLARTE QUIROGA

MODALIDAD: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

PAGINAS: No. 146 **TABLAS:** No. 56 **FIGURAS:** No. 21 **ANEXOS:** No. 15

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

3. ANÁLISIS DE DATOS

4. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

5. DIAGNOSTICO POR COMPONENTE DEL SISTEMA

6. PROPUESTA DE DISEÑO

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PALABRAS CLAVES: AGUA RESIDUAL, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO), DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO), PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, GRASAS Y ACEITES, PH, PROCESOS BIOLÓGICOS, PROCESOS FÍSICOS, PROCESOS QUÍMICOS, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, TEMPERATURA.

DESCRIPCIÓN: LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA CÁRNICA, GENERAN ALTA CARGA CONTAMINANTE, LA CUAL ES VERTIDA A UN CUERPO RECEPTOR, BIEN SEA UN ALCANTARILLADO O RÍO. LAS

INDUSTRIAS ESTAN SOMETIDAS A LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE DE VERTIMIENTO. POR ESTA RAZÓN, SE DEBE DAR UN ADECUADO MANEJO A LOS RESIDUOS LÍQUIDOS, POR MEDIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

METODOLOGÍA: LA METODOLOGÍA CON LA QUE SE VA A REALIZAR EL TRABAJO ES CUANTITATIVA, YA QUE ESTARÁ BASADO EN ESTUDIOS HISTÓRICOS DE LABORATORIO DE FRIGARÍFICOS BLE, PRESENTADOS A LA CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR).

CONCLUSIONES: SE DISEÑÓ UNA PTAR SEGÚN LA NECESIDAD REQUERIDA, DE ACUERDO AL SACRIFICIO QUE SE REALIZA EN LA ACTUALIDAD; MANTENIENDO UN PROCESO NETAMENTE FÍSICO Y BIOLÓGICO, DANDO PRIORIDAD A LOS PROCESOS BIOLÓGICOS, BASADO EN LA RELACIÓN DBO/DQO. SE ERRADICO EL USO DE QUÍMICOS, BUSCANDO VOLVER EL PROCESO LO MÁS SENCILLO POSIBLE, OPTIMO Y EFICIENTE, SIMPLIFICÁNDOLO SIN IMPLEMENTAR NUEVAS ESTRUCTURAS AL SISTEMA EXISTENTE, SEGUIDO DE UN MANTENIMIENTO ADECUADO.

FUENTES:

ACERO, René; RIAÑO, Guillermo y CARDONA, Diego. Evaluación del sistema de gestión ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia. En: Criterio libre. Junio-Diciembre , 2013. vol. 11, no. 19, p. 93-123.

ARGARWAL, Anil. Do-It-Yourself Recycle and reuse wastewater. New Delhi.: Souparno Banerjee and Ajit Chak, 2008. 94 p.

BECERRA LIZARAZO, Jenny Milena y ORJUELA GUTIÉRREZ, Martha Isabel. Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Monografía de Especialización en Administración en Salud Pública. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina, 2013. 82 p .

BENAVIDES ARTEGA, Sebastian. Análisis sobre la utilización de subproductos en la central ganadera de Medellín. Trabajo de grado Industrial Pecuario. Medellín.: Corporación Universitaria La Sallista. Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias, 2011. 53 p.

BONILLA PADILLA, Mauricio. Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales. México D.F.: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2007. 21 p. ISBN 970-721-402-3.

Calidad de la canal del cerdo [En línea], Buenos Aires: Universo Porcino, junio 2008- [Citado 07 septiembre, 2007]. Disponible en internet: http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/carne_porcina_calidad_de_la_canal_de_cerdo.html

Canal bovino (proceso y rendimiento [En línea]. Bogotá D.C. Garcia Montaña, H David, junio 2017 [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <http://hdavidgarciam.blogspot.com.co/2012/01/en-primer-lugar-que-entendemos-por-una.html>.

CASTAÑEDA GALVIS, Edwin y OSORIO AGUDELO, Gilberto Andrés. Ingeniería básica a nivel industrial para el rehuso de agua de vertimiento de la PTAR del frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingenierp Químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. 2010. 200 p.

COLOMBIA. EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE - DAMA. Resolución 1074. (28, Octubre 1997). Por el cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. (17, Marzo 2015). Por medio de la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017.

COLOMBIA. LOS MINISTROS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, Junio 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPUBLICA. Decreto 3930. (25, Octubre 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017. Artículo 28.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Decreto 1594. (26, Junio 1984). or el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Decreto 2278. (02, Agosto 1982). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979 en cuanto al sacrificio de animales de abasto publico o para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de su carne. Bogotá, 2017.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2011). Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

ESPIGARES GARCIA, Miguel; PÉREZ LÓPEZ, José Antonio y GÁLVEZ VARGAS, R. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Granada.: Universidad de Granada, 1985. 215 p. ISBN 8433802995 9788433802927.

Faenamiento en Bovinos [En línea], Quito: Daisy Paez, diciembre 2012- [citado 13 marzo, 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/DaisyPaez/proceso-de-faenado-en-bovinos> .

FRIGORIFICO SAN MARTIN PORRAS LTDA [En línea], Bogotá D.C.: Frigorífico San Martin LTDA, ENERO 2001- [Citado 07 septiembre. 2017]. Disponible en internet: <http://www.empresario.com.co/sanmartin/>

GOOGLE [En línea], Google maps [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <https://www.google.com.co/maps/search/frigorificos+ble/@4.6582725,-74.1412952,1434a,35y,310.05h/data=!3m1!1e3?hl=es>.

GURCHARAN, Singh, Water Supply And Sanitary Engineering. 5 ed. New York: Standard Publishers Distributors, 2007. 968 p. ISBN 9788180140297.

Harina de sangre [En línea], Argentina: Osvaldo Enrique Ricci, junio 2012- [citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/harina-de-sangre-t29408.htm>

MACKENZIE L, Davis. Water and Wastewater Engineering. 7 ed. New York.: McGraw-Hill, 2010. 28-36 p. ISBN 978-0-07-171385-6.

Marco teórico [En línea]. España: Aguas Residuales, octubre 2013- [citado 13 marzo, 2017]. Disponible en Internet: <https://aguasservidas.wikispaces.com/Marco+Te%C3%B3rico#discussion>.

Minambiente presenta nueva norma de vertimiento que permitirá mejorar la calidad agua del país [En línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, marzo 2015- [citado 28 febrero, 2017]. Disponible en Internet: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.: RAS, 2000.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía empresarial plantas de beneficio ambiental. 1 ed. Bogotá D.C.: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003. 100 p. ISBN 958-97548-13.

PABÓN, Sandra Liliana y SUÁREZ GÉLVEZ, John Hermógenes. Arranque y operación a escala real de un sistema de tratamiento. En: Ingeniería e Investigación. Agosto, 2009. vol. 29, no. 2, p. 53-58.

PÉREZ CARRIÓN, José; CÁNEPA DE VARGAS, Lidia. Tratamiento filtración rápida. Manual V: Criterios de diseño. Tomo I. Lima: CEPIS, 1992. 106 p.

ROLIM MENDONÇA, Sergio; Sistemas de Lagunas de Estabilización. Colombia: McGRAW-HILL, 2000. 370 p. ISBN 9584100904.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. 299 p. ISBN 958-8060-50-8.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Purificación del agua. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2006. 474 p. ISBN 958-8060-66-4.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. 1248 p. ISBN 958-8060-13-3.

LISTA DE ANEXOS:

Anexo 1. Normas que por lo menos, debe cumplir todo vertimiento a un cuerpo de agua, según el decreto 1594 de 1984, artículo No. 72.

Anexo 2. Parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Resolución 0631 del 2015, con valores aplicados especialmente al Frigorífico.

Anexo 3. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 07 de octubre de 2010.

Anexo 4. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 07 de diciembre de 2010.

Anexo 5. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 12 de enero de 2012 - muestra 1.

Anexo 6. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 12 de enero de 2012 – muestra 2.

Anexo 7. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 19 de junio de 2012.

Anexo 8. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 01 de diciembre de 2012.

Anexo 9. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 14 de marzo de 2013 – muestra 1.

Anexo 10. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 14 de marzo de 2013 – muestra 2.

Anexo 11. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 28 de abril de 2014.

Anexo 12. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 25 de septiembre de 2014.

Anexo 13. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 10 de abril de 2015.

Anexo 14. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 02 de diciembre de 2015.

Anexo 15. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 30 de junio de 2016 y el 28 de septiembre de 2016.

INTRODUCCIÓN

La industria cárnica emplea tecnologías encargadas de la gradual desinfección y tratamiento del agua residual, con ayuda de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Dado que en sus procesos tiene que involucrar el agua como recurso de limpieza, tal como en el lavado de materia orgánica en los corrales, sangrado, extracción de eviscerado hasta llegar al abastecimiento. Si el agua desechada que es utilizada para los anteriores procesos solo se vertiera al alcantarillado o fuente receptora, los índices de máxima carga contaminante permisible se verían perjudicados, lo que impactaría sobre la calidad de agua del cuerpo receptor.

El enfoque que se mostrará en este trabajo de grado, será para la industria cárnica, orientado al frigorífico Ble, ubicado en la ciudad de Bogotá en la Av. Ciudad de Cali con calle 13, el cual realiza el proceso y comercialización de ganado y carne de bovino y porcino, cuenta con maquinaria de punta, sistema de pesado y sacrificio automático para 20.000 reses y 10.000 porcinos por mes, aproximadamente.

Frigoríficos Ble tiene en la actualidad una planta de tratamiento de agua residual, donde maneja diversos procesos para el tratamiento del residuo líquido. El proceso inicia con la recolección del efluente y residuos sólidos gruesos provenientes de los procesos industriales, por medio del canal de entrada que cuenta con dos rejillas. Seguido se realiza un tamizado para la remoción de materia orgánica, su efluente es llevado a 3 sedimentadores primarios y posterior a ello a un tanque homogeneizador para la regulación de caudal. Se procede a pasar a una canaleta Parshall donde se mide el respectivo caudal y luego a los tanques de mezclado rápido y lento, en los cuales se adicionan el coagulante y el floculante. Seguido a ello, se dirige a la Unidad DAF para la remoción de grasas y luego al filtro percolador y espesador de lodos, después de realizar este proceso el agua pasa a un sedimentador secundario en donde se realiza la remoción más fina y finalmente ser enviada a dos lagunas de estabilización, donde se recogen los sobrenadantes, lodos deshidratados y demás contaminantes, para luego realizar el vertimiento final al cuerpo receptor. Es importante reconocer, que los lodos extraídos de la Unidad DAF, espesador de lodos, lagunas, entre otros procesos, son llevados a compostaje para ser vendido como abono.

Frigoríficos Ble. debe entregar un informe semestral a la Corporación autónoma regional de Cundinamarca, donde se exponen los resultados obtenidos de las muestras tomadas a la entrada y salida de la planta de tratamiento de agua residual, las cuales deben dar cumplimiento a la resolución 0631 del 2015 – Normatividad aplicada al frigorífico sobre vertimiento. Teniendo en cuenta esos parámetros, se realiza una comparación de los resultados de calidad de vertimiento, procedentes de Frigoríficos Ble en el año 2016; indicando que no se está presentando acatamiento en diferentes parámetros como: Demanda química de oxígeno (DQO) con valores de 2042 mg/L superando los 450 mg/L permitidos, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con valores de 262 mg/L superando los 150 mg/L permitidos, los

sólidos suspendidos totales (SST) no deberían ser mayores a 200 mg/L presentando valores de 490mg/L, las grasas y aceites no pueden ser mayores a 30 mg/L y arrojan valores de 90 mg/L. A partir de esta necesidad, se propone realizar una optimización en el diseño presente en la planta de tratamiento de agua residual industrial, y de esta manera, lograr cumplir con la normatividad vigente y así mismo ayudar a que la contaminación en la fuente hídrica, en este caso el río Fucha sea menor a lo que se presenta hoy en día.

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

El agua es un recurso vital para la supervivencia humana, llevándola a incrementar su uso debido al progreso tanto comercial como industrial. Luego de ser utilizada se genera el agua residual que al no tener un buen tratamiento conlleva a la contaminación de la fuente hídrica receptora. La industria cárnica, especialmente Frigoríficos Ble, tiene gran peso en la contaminación mencionada, al generar grandes volúmenes de materia orgánica, grasas, aceites, sólidos suspendidos, entre otros.

Es por ello, que estudiantes de la universidad de América se vieron interesados en Frigoríficos Ble (Industria cárnica), con un planteamiento del reúso del agua de vertimiento de la planta de tratamiento de Frigoríficos Ble (PTAR) realizando un estudio y análisis del proceso cárnico desde el inicio hasta su final, logrando identificar el problema y buscando la mejor solución por medio de un diagnóstico, planteando una recirculación del efluente proveniente de la PTAR al proceso productivo y seleccionando un proceso de nanofiltración, el cual tiene alta eficiencia en la remoción de sólidos¹.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema. Los frigoríficos generan un impacto en la calidad del agua debido al proceso industrial de faenado que realizan, causando contaminación en las fuentes de agua por alto contenido de: sólidos totales, sólidos suspendidos, contenidos de aceites, grasas y materia orgánica (DBO Y DBQ). A pesar de que se realiza un proceso de tratamiento de aguas residuales, este no es suficiente para mitigar el daño que se genera al momento de verter las aguas residuales.

1.2.2. Formulación del problema. Los frigoríficos son causantes del impacto negativo en las fuentes hídricas, por ello se va a evaluar la carga contaminante en el vertimiento de las aguas. ¿Frigoríficos Ble cumple en su totalidad la legislación de vertimientos en Bogotá? ¿Cómo se puede mejorar el manejo de las aguas residuales con la estructura ya existente? ¿Por qué

¹ CASTAÑEDA GALVIS, Edwin y OSORIO AGUDELO, Gilberto Andrés. Ingeniería básica a nivel industrial para el reúso de agua de vertimiento de la PTAR del frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingenierp Químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. 2010. 23 p.

se le debe dar importancia al tratamiento de residuos líquidos generados por un frigorífico, cómo Frigoríficos Ble?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general.

Proponer una alternativa de manejo en las aguas residuales provenientes del proceso industrial de faenado en Frigoríficos Ble, mediante el diseño de una planta de tratamiento residual industrial.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Identificar el manejo actual de las aguas residuales industriales generadas en Frigoríficos Ble.
- Evaluar el proceso actual de la PTAR, según los datos históricos del análisis de la calidad del agua, una posible solución al tratamiento de las aguas residuales industriales.
- Diseñar una planta de tratamiento de agua residual industrial que permita remoción de contenido por materia orgánica, para cumplir con la normatividad vigente.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Una de las industrias que ha crecido es la del faenado, entendiéndose por faenado al “proceso higiénico de animales para la obtención de carne para el consumo humano; que inicia con la recepción de las especies hasta el despacho de la carne”².

Sino no se hace un manejo adecuado de los residuos líquidos generados por la producción cárnica, el medio ambiente se vería afectado negativamente en especial las fuentes hídricas que reciben el agua residual.

Frigoríficos Ble abastece un 42 por ciento del mercado de Bogotá, siendo uno de los más grandes e importantes, el cual se caracteriza por tener alta calidad en sus productos y proceso industrial, ya que cuenta con tecnología de punta. En la actualidad Frigoríficos Ble cuenta con la certificación de calidad ISO 9011 VERSIÓN 2000, otorgada por ICONTEC.

² Faenamamiento en Bovinos [En línea], Quito: Daisy Paez, diciembre 2012- [citado 13 marzo, 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/DaisyPaez/proceso-de-faenado-en-bovinos>.

Actualmente Frigoríficos Ble tiene un sancionamiento por disminución de 1.91ml en la altura del jarillón izquierdo del canal Río Fucha, ya que está presentando un riesgo inminente de inundación al Frigorífico como a las comunidades adyacentes de la localidad de Kennedy. Frigoríficos Ble ha estado realizando obras de canalización del río Fucha para recuperar este corredor y alcanzar en su totalidad el cumplimiento de los requerimientos ambientales³.

En cuanto a parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, son regidos por la resolución 0631 del 2015. Teniendo en cuenta esos parámetros se realiza una comparación de los resultados de calidad de vertimiento procedentes de Frigoríficos Ble en el año 2016; indican que no se está presentando cumplimiento en diferentes parámetros como: Demanda química de oxígeno (DQO) con valores de 2042 mg/L superando los 900 mg/L permitidos, los sólidos suspendidos totales (SST) no deberían ser mayores a 200 mg/L presentando valores de 1120 mg/L, Las grasas y aceites no pueden ser mayores a 50 mg/L y arrojan valores de 90 mg/L. (Ver anexo 15), lo que quiere decir Frigoríficos Ble no está cumpliendo con la normatividad vigente, en cuanto a DQO, SST y grasas y aceites.

Por ello, se quiere analizar los procesos realizados para el tratamiento del agua residual, específicamente en Frigoríficos Ble, ubicado en la ciudad de Bogotá. Para mejorar las condiciones actuales de la PTAR, logrando una eficiencia en los procesos con la ayuda del análisis de las características fisicoquímicas del agua de la industria cárnica. Generando un aporte positivo a la disminución de contaminación en la fuente hídrica encargada de albergar los residuos sólidos vertidos en ella.

La investigación beneficiará a Frigoríficos Ble para el cumplimiento de la legislación ambiental local y regional, mejorando su proceso respecto a los vertimientos de residuos líquidos. Este contribuirá con la recuperación del Río Fucha en el cual son vertidos los residuos industriales de Frigoríficos Ble.

³Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2011). *Expediente 8001-6301-35679*. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

1.5. DELIMITACIÓN

1.5.1. Espacio. Alberga a lo que compete con la industria de Frigoríficos Ble, ubicado en la ciudad de Bogotá, directamente en la Avenida Ciudad de Cali con Calle 13. Con temas respecto al manejo y tratamiento del agua residual industrial que generan, específicamente dentro de su planta de tratamiento de agua residual (PTAR).

1.5.2. Tiempo. Demarca un tiempo total de 7 meses aproximados para la realización de proyecto que van desde marzo hasta el mes de octubre.

1.5.3. Contenido. Tiene en cuenta lo relacionado con el análisis y evaluación de los procesos pertinentes realizados en el manejo de aguas residuales, exponiendo las propuestas realizadas a los procesos que se consideren necesarios.

1.5.4. Alcance. El trabajo se apoyará en el análisis de las aguas residuales producto de las actividades de faenado de ganado de Frigoríficos Ble, por lo cual contaremos con información suministrada por las entidades competentes ambientales (Secretaría de ambiente y CAR), para fijar las características fisicoquímicas del agua a través de los últimos 7 años.

Se realizará el planteamiento de un mejor proceso en cuanto al manejo de aguas residuales en la planta de tratamiento residual basándose en los datos obtenidos, verificando que cumplan a la luz del marco legal vigente.

1.6. MARCO REFERENCIAL

1.6.1. Marco teórico. Hoy en día se está desarrollando la importancia de la conciencia ambiental, por lo tanto, se han visto personas involucradas e interesadas en la realización de investigaciones y búsqueda de soluciones en la contaminación que generan las industrias frigoríficas, dichas soluciones servirán como base para dar ideas al problema que presente Frigoríficos Ble; destacándose entre ellos:

Díaz Baex, María Consuelo, quien ha trabajado en Tratamiento de aguas residuales de matadero mediante reactores anaerobios de lecho empacado. Describe las etapas del trabajo: operación de reactores de película fija de flujo ascendente, a nivel de laboratorio, posteriormente comparó el

comportamiento a diferentes temperaturas y evaluó la capacidad del sistema para asimilar cargas choque a temperatura ambiente⁴.

También Malina, Joseph F.; Pohland, Frederick G. en su trabajo Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes. Trata conceptos fundamentales y aplicaciones del tratamiento anaerobio. Presenta aspectos de diseño sobre procesos anaerobios de crecimiento suspendido y en película fija. Incluye información referente al diseño de reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales⁵.

Martínez, Javier; Borzacconi, Liliana; Mallo, M.; Viñas, María, en su trabajo Tratamiento de aguas residuales de frigorífico. Presenta el estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de frigorífico donde se procesan 650 bovinos por día. Evalúa un sistema de tratamiento realizado en base a instalaciones existentes, sin introducir modificaciones significativas. Concluye que la presencia de sólidos suspendidos y grasas ocasiona problemas en los tratamientos biológicos ⁶.

1.6.2. Marco conceptual.

1.6.2.1. Aguas residuales industriales. El agua se utiliza durante el proceso de una actividad.

1.6.2.2. Tratamiento de aguas residuales en mataderos.

- **Procesos Físicos.** Eliminación de materia insoluble como arenas, grasas, sólidos suspendidos, y espumas del agua.
- **Procesos Químicos.** La eliminación de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos.
- **Procesos Biológicos.** En este se lleva a cabo la eliminación de contaminantes gracias a la actividad biológica.

1.6.2.3. Características físicas del agua.

- **Temperatura.** A mayor temperatura mayor olor.
- **Turbidez.** Efecto óptico de la luz.

⁴ MUÑOZ MUÑOZ, Deyanira. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Matadero. En Grupo de Investigación en Diseño, Proceso y Energía. Febrero, 2005. Vol. 3, 95 p.

⁵ *Ibíd.*, p. 95.

⁶ *Ibíd.*, p. 95 – 96.

- **Color.** Suele ser gris o pardo, por procesos biológicos es negro.
- **Sólidos.** Totales (residuos por evaporación y secado), fijos (residuos después de la evaporación) y Volátiles (diferencia entre sólidos totales y fijos).

1.6.2.4. Características químicas del agua.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua⁷.
- **Demanda química de oxígeno (DQO).** Mide la cantidad de materia orgánica del agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidar⁸.

1.6.2.5. Materia orgánica.

- **PH.** Un aspecto importante del pH es la agresividad de las aguas ácidas.
- **Cloruros.** Indicador de contaminación fecal e infiltración de aguas marinas.
- **Alcalinidad.** Mide la cantidad de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos presentes en el agua.
- **Grasas y aceites.** Son sustancias que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas.
- **Nitrógeno y fósforo.** Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes.
- **Agentes patógenos.** Son organismos que son capaces de producir o transmitir enfermedades.
- **Proteínas.** Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios.
- **Carbohidratos.** Son azúcares, almidones y fibras celulósicas.
- **Bacterias.** Se pueden clasificar como eubacterias procariontas unicelulares.

⁷ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. 38p.

⁸ *Ibíd.*, p. 54.

1.6.3. Marco legal.

Las normas que se encuentran vigentes en Colombia relacionadas con la calidad de vertimientos a cuerpos de agua de alcantarillado son:

- 1.6.3.1. **Artículo 28 del Decreto 3930 de 2010.** Actualiza el decreto 1594 de 1984. Norma de vertimientos. La resolución es de obligatorio cumplimiento para todas aquellas personas que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales, que serán vertidas en un cuerpo de agua superficial o al alcantarillado público. El control se realizará a partir de la medición de la cantidad de sustancias descargadas, que es lo que impacta en la calidad del agua, y no el proceso de tratamiento. Ahora esta medición se realizará en carga= $c(Q)$ ⁹.
- 1.6.3.2. **Resolución 1074 de 1997.** “Resolución expedida por el Departamento Técnico Administrativo Del Medio Ambiente (DAMA) por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos, quien vierta a la red de alcantarillado y/o a cuerpos de agua localizado área de Jurisdicción del DAMA deberá registrar sus vertimientos ante este Departamento”¹⁰.
- 1.6.3.3. **Resolución 2115 de 2007.** Esta resolución fue expedida por el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; en donde se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano¹¹.
- 1.6.3.4. **Resolución 1096 de 2000.** Resolución expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico para la adopción en el país de un reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000), en el cual se regulan los requisitos técnicos que se deben cumplir en los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica. Puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo. Con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado,

⁹ Minambiente presenta nueva norma de vertimiento que permitirá mejorar la calidad agua del país [En línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, marzo 2015- [citado 28 febrero, 2017]. Disponible en Internet: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>.

¹⁰ CASTAÑEDA GALVIS, Edwin y OSORIO AGUDELO, Gilberto Andrés. Ingeniería básica a nivel industrial para el rehuso de agua de vertimiento de la PTAR del frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingenierp Químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. 2010. 42 – 43 p.

¹¹ *Ibíd.*, p. 44.

eficiencia y sostenibilidad dentro de un nivel de complejidad determinado¹².

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1. Tipo de Estudio. La metodología con la que se va a realizar el trabajo es cuantitativa, ya que estará basado en estudios históricos de laboratorio realizados por Frigoríficos Ble, desde el año 2011 al 2016.

1.7.2. Fuentes de información. Los estudios históricos de laboratorio han sido solicitados a la corporación autónoma regional (CAR). Los datos del 2017 fueron brindados por Frigoríficos Ble. Se hará un correspondiente análisis estadístico de estos.

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación, se enseñan las fases que se llevarán a cabo, para el desarrollo del trabajo.

1.8.1. Recolección de información en las entidades pertinentes. En esta fase se conseguirán todos los datos necesarios sobre las características del agua residual a la entrada y a la salida de la PTAR, con ayuda de entidades como la Secretaría de ambiente, la CAR. Datos sobre cada proceso que manejen en el tratamiento del agua residual, para ello es necesario contar con la información que suministre Frigoríficos Ble.

1.8.2. Análisis de los datos. Una vez se tengan los datos correspondientes, se comenzará con el análisis de la información, comparando los resultados de vertimiento con la legislación vigente y analizando si cada proceso está funcionando como corresponde.

1.8.3. Visita de campo. Se realizará una visita a Frigoríficos Ble, para obtener información sobre las condiciones actuales y características físicas de las estructuras correspondientes a la PTAR. Para el diagnóstico se identificará el actual manejo de aguas residuales provenientes del faenado, sustentado con evidencia fotográfica.

1.8.4. Diagnostico por componente del sistema. Estará basado en la información recolectada en la visita de campo e informes de laboratorio

¹² CASTAÑEDA GALVIS, Edwin y OSORIO AGUDELO, Gilberto Andrés. Ingeniería básica a nivel industrial para el rehuso de agua de vertimiento de la PTAR del frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingenierp Químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. 2010. 47 p.

entregados a la CAR por parte del frigorífico en los últimos años, realizando una comparación con la resolución 0631 para el vertimiento a cuerpos de aguas superficiales y la RAS 2000 para condiciones de diseño según parámetros hidráulicos.

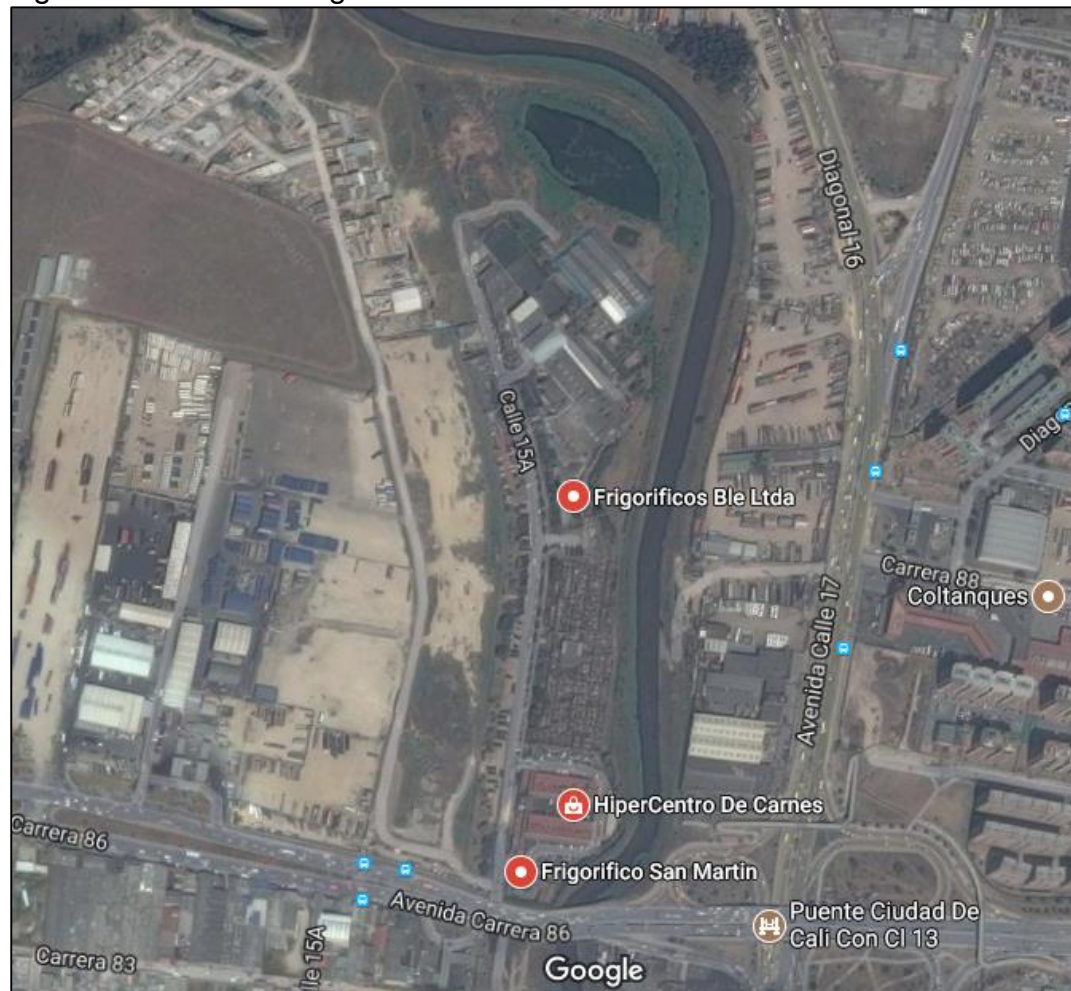
- 1.8.5. Propuesta de mejora.** Según los resultados obtenidos en el diagnóstico de la PTAR, se planteará una mejora al sistema, ya sea manteniendo las mismas estructuras o modificando todo el proceso en el manejo del agua residual.
- 1.8.6. Diseño básico de la propuesta.** Se realizará el diseño de las estructuras que se van a cambiar o en tal caso la modificación de las ya existentes, según se decida, con el fin de cumplir con los parámetros de diseño establecidos por la RAS 2000 y así mismo los valores estipulados para el vertimiento según la resolución 0631.
- 1.8.7. Recomendaciones y conclusiones.** Por último, se concluirá por medio de las anteriores fases realizadas, para llegar a una estimación última y al cumplimiento de los objetivos propuestos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

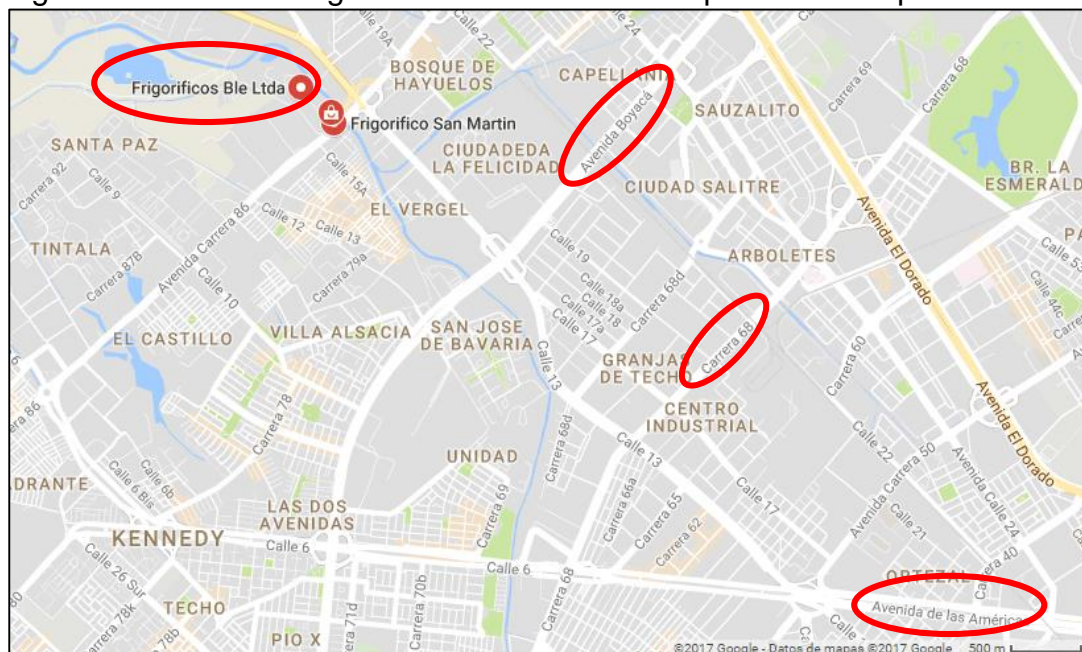
2.1.1. Reseña. Frigoríficos Ble Ltda. conocido también como Frigorífico San Martín de Porres se fundó en el año 1964 en la zona localizada en el barrio la Floresta, años después fue trasladado a la Av. Ciudad de Cali con calle 13 (ver figura 1), específicamente en la Avenida carrera 86 # 15A – 91, cerca de importantes avenidas como: Av. Boyacá, Av. 68, Av. de las Américas (ver figura 2), por lo cual su condición geográfica es inmejorable tanto para la afluencia de ganado como para la distribución de carne en canal.

Figura 1. Ubicación Frigoríficos Ble Ltda.



Fuente: GOOGLE [En línea], Google maps [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <https://www.google.com.co/maps/search/frigorificos+ble/@4.6582725,-74.1412952,1434a,35y,310.05h/data=!3m1!1e3?hl=es>

Figura 2. Ubicación Frigoríficos Ble Ltda. Con respecto a Av importantes.



Fuente: GOOGLE [En línea], Google maps [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <https://www.google.com.co/maps/search/frigorificos+ble/@4.6582725,-74.1412952,1434a,35y,310.05h/data=!3m1!1e3?hl=es>

“Cuenta con una extensión, maquinaria y sistemas Europeos suficientes para sacrificar con holgura más de 20000 reses y 10000 porcinos por mes, así como un moderno sistema de pesaje y sacrificio automático”¹³.

2.1.2. Visión. Espera ser el líder en el procesamiento y comercialización de ganado en pie y carne fresca Bovino y Porcino. Es una organización conformada por Frigoríficos Ble Ltda. y los diferentes actores del mercado como son Ganaderos, Comisionistas, colocadores de carne, y dueños de expendio a nivel nacional.

Frigoríficos Ble Ltda. Será la planta más avanzada en tecnología del país, cumpliendo con todos los estándares nacionales e internacionales en sacrificio y procesamiento de carne fresca¹⁴.

¹³ FRIGORIFICO SAN MARTIN PORRAS LTDA [En línea], Bogotá D.C.: Frigorífico San Martin LTDA, ENERO 2001- [Citado 07 septiembre. 2017]. Disponible en internet: <http://www.empresario.com.co/sanmartin/>

¹⁴ Ibíd.

2.1.3. Misión. Frigoríficos Ble provee a todos sus usuarios un servicio con una relación costo beneficio más favorable para cada uno de ellos¹⁵.

2.2. PRODUCTOS

La actividad principal dentro del Frigorífico es el sacrificio de animales (bovinos y porcinos), comercializando en gran medida la carne de ellos, pero también involucran productos que se generan en actividades como lavado, corte y por último distribución de carne.

2.2.1. Carne en canal Bovina. “Representa aproximadamente un 50% del peso del animal en pie. Una canal bovino está representado por las estructuras anatómicas que quedan luego de que un bovino vivo se ha sacrificado bajo procedimientos estándares establecidos, desollado (eliminado de la piel completa), eviscerado y desprendido de la cabeza, lo mismo que las manos, las patas, y la cola”¹⁶.

2.2.2. Carne en canal porcina. “ La Canal de cerdo es el cuerpo entero del animal sacrificado tal y como se presenta después de las operaciones de sangrado, eviscerado y desollado, entero o partido por la mitad, sin lengua, cerdas, pezuñas, órganos genitales, manteca, riñones ni diafragma”¹⁷.

2.2.3. Víscera bovina y porcina. “Son los despojos que se encuentren en las cavidades torácicas, abdominal y pélvica, incluyendo la tráquea y el esófago”¹⁸.

2.2.4. Harina de Sangre. “La harina de sangre es un producto de la industria cárnica con un alto contenido proteico, se obtiene por la deshidratación de la sangre del animal sacrificado. La harina de sangre puede ser de baja calidad dependiendo el procesamiento por el cual se obtenga, sobre todo la temperatura. Cuando se obtiene por bajas temperaturas contiene alta

¹⁵ FRIGORIFICO SAN MARTIN PORRAS LTDA [En línea], Bogotá D.C.: Frigorífico San Martin LTDA, ENERO 2001- [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet: <http://www.empresario.com.co/sanmartin/>

¹⁶ Canal bovino (proceso y rendimiento [En línea]. Bogotá D.C. Garcia Montaña, H David, junio 2017 [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <http://hdavidgarciam.blogspot.com.co/2012/01/en-primer-lugar-que-entendemos-por-una.html>.

¹⁷ Calidad de la canal del cerdo [En línea], Buenos Aires: Universo Porcino, junio 2008- [Citado 07 septiembre, 2007]. Disponible en internet: http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/carne_porcina_calidad_de_la_canal_de_cerdo.html.

¹⁸ *Ibíd.*

cantidad de proteína no degradable en el rumen y buena degradación intestinal”¹⁹.

2.2.5. Compost. Un abono orgánico, solido, que se obtiene cuando los microorganismos degradan los residuos orgánicos vegetales o animales en condiciones aeróbicas (con aire) y anaeróbicos (en ausencia de aire). Es un producto asimilable por las plantas²⁰.

2.2.6. Bilis. “La vesícula biliar produce los cálculos, son limpiados y pesados luego son almacenados en un lugar de ambiente controlado. Los cálculos son uno de los subproductos más costosos, utilizados en la Industria farmacéutica como materia prima para unos 650 tipos de medicamentos en el continente asiático, de amplia distribución y aceptación”²¹.

2.3. PLANTA DE BENEFICIO Y CAPACIDAD INSTALADA

La Planta de Beneficio Animal -PBA- es el conjunto de infraestructura, equipos y recursos humanos donde se sucede el intercambio de relaciones que se dan a su interior, dentro del proceso de sacrificio, como al exterior, en las actividades previas al beneficio y las posteriores de distribución y comercialización. Igualmente, se tienen diferentes relaciones entre los resultados y habilidades, conocimientos y aptitudes de los trabajadores, que permiten identificar los aspectos sustanciales para un adecuado comportamiento empresarial²².

Cada planta de beneficio animal está clasificada según lo indica el Decreto Ley 1036 de 1991. Dependerá de la capacidad de sacrificio diario, disponibilidad de técnicas y dotación y turnos, la siguiente tabla muestra en detalle la clasificación.

¹⁹ Harina de sangre [En línea], Argentina: Osvaldo Enrique Ricci, junio 2012- [citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/harina-de-sangre-t29408.htm>

²⁰ RON, Alexander. Field Guide to compost Use. North Carolina: E&A Environmental Consultants, Inc, 2001. 94 p.

²¹ BENAVIDES ARTEGA, Sebastian. Análisis sobre la utilización de subproductos en la central ganadera de Medellín. Trabajo de grado Industrial Pecuario. Medellín.: Corporación Universitaria La Sallista. Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias, 2011. 23 p.

²² MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía empresarial plantas de beneficio ambiental. 1 ed. Bogotá D.C.: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003. 9 p.

Tabla 1. Clasificación planta de beneficio animal.

Clase de Planta de beneficio	Turnos (horas)	Capacidad de sacrificio diario
I	8	Más de 480 reses y más de 400 cerdos
II	8	Más de 320 reses y más de 240 cerdos
III	8	Más de 160 reses y más de 120 cerdos
IV	8	Más de 40 reses y más de 40 cerdos
Mínimo	Hasta 2000 habitantes	2 reses y 2 cerdos (por hora)
Planchones		No considerado en el decreto

Fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía empresarial plantas de beneficio ambiental. 1 ed. Bogotá D.C.: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003. 5 p.

La PBA debe prestar el servicio de sacrificio y faenado de animales (en este caso especial bovinos y porcinos) para proveer al consumidor carne y subproductos aptos para el consumo y manejos humanos aplicando procesos técnicos, sanitarios, ambientales y laborales sin deterioro del ambiente y entorno que lo rodea. Dentro de este mapa funcional se distinguen los siguientes aspectos esenciales: Gestión Empresarial, Gestión de Tecnología de Transformación, Beneficio de Animales, Manejo Sanitario y Control Ambiental²³.

Teniendo en cuenta las especificaciones dadas por la Ley 1036 de 1991, Frigoríficos Ble Ltda. Se cataloga como una planta de beneficio animal de clase I, porque este trabaja con turnos de 8 horas, 7 días a la semana, durante el transcurso del año. La capacidad de sacrificio diario acoge la clase I, al ser ésta la que presenta valores mayores, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 2. Capacidad máxima de sacrificio.

Especie	Hora	Día	Meses
Bovinos	125	1500	42000
Porcinos	126	1400	39200

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2011). Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

²³ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía empresarial plantas de beneficio ambiental. 1 ed. Bogotá D.C.: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003. 9 p.

2.4. ACTIVIDADES DE SACRIFICIO Y FAENADO DEL GANADO

Las plantas de sacrificio del Frigorífico cuentan con procesos zonificados según lo indica el decreto No. 2278/82²⁴, pasando de la zona sucia que consiste en el área de la sala de sacrificio en donde se lleva a cabo la conmoción, volteo, suspensión y sangría de los animales²⁵, zona intermedia siendo el área de la sala de sacrificio en donde se realizan las operaciones posteriores a la sangría de los animales, hasta aquellas que Incluyen su eviscerado²⁶, hasta llegar a la limpia que es el área de la sala de sacrificio en donde se realizan las operaciones posteriores al eviscerado de los animales, hasta la salida de las carnes de dicha sala²⁷. El siguiente diagrama muestra esquemáticamente cada zona con sus respectivos procesos tanto para bovinos como para porcinos.

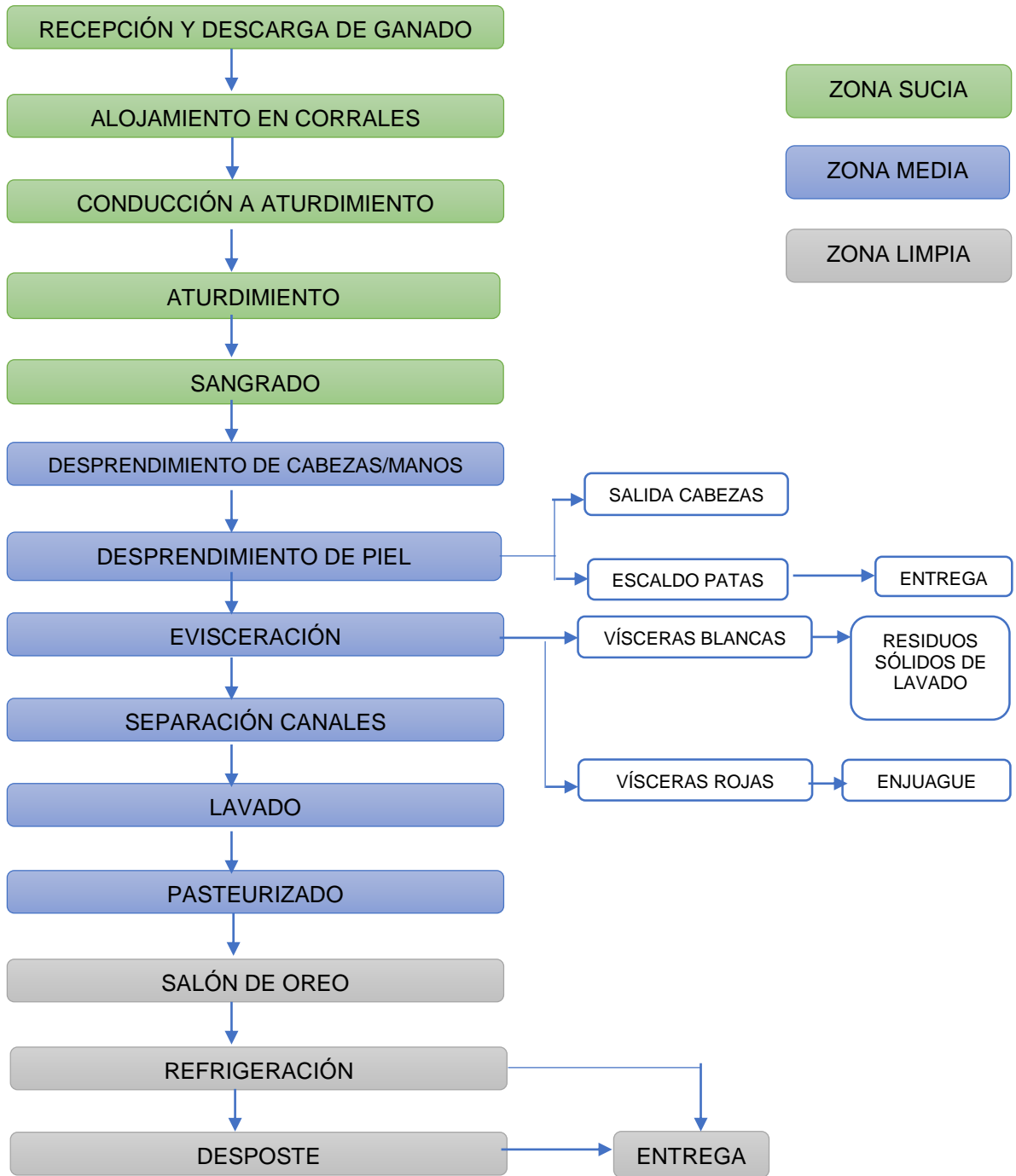
²⁴ COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Decreto 2278. (02, Agosto 1982). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979 en cuanto al sacrificio de animales de abasto publico o para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de su carne. Bogotá, 2017.

²⁵ *Ibíd.*, artículo 21.

²⁶ *Ibíd.*, artículo 22.

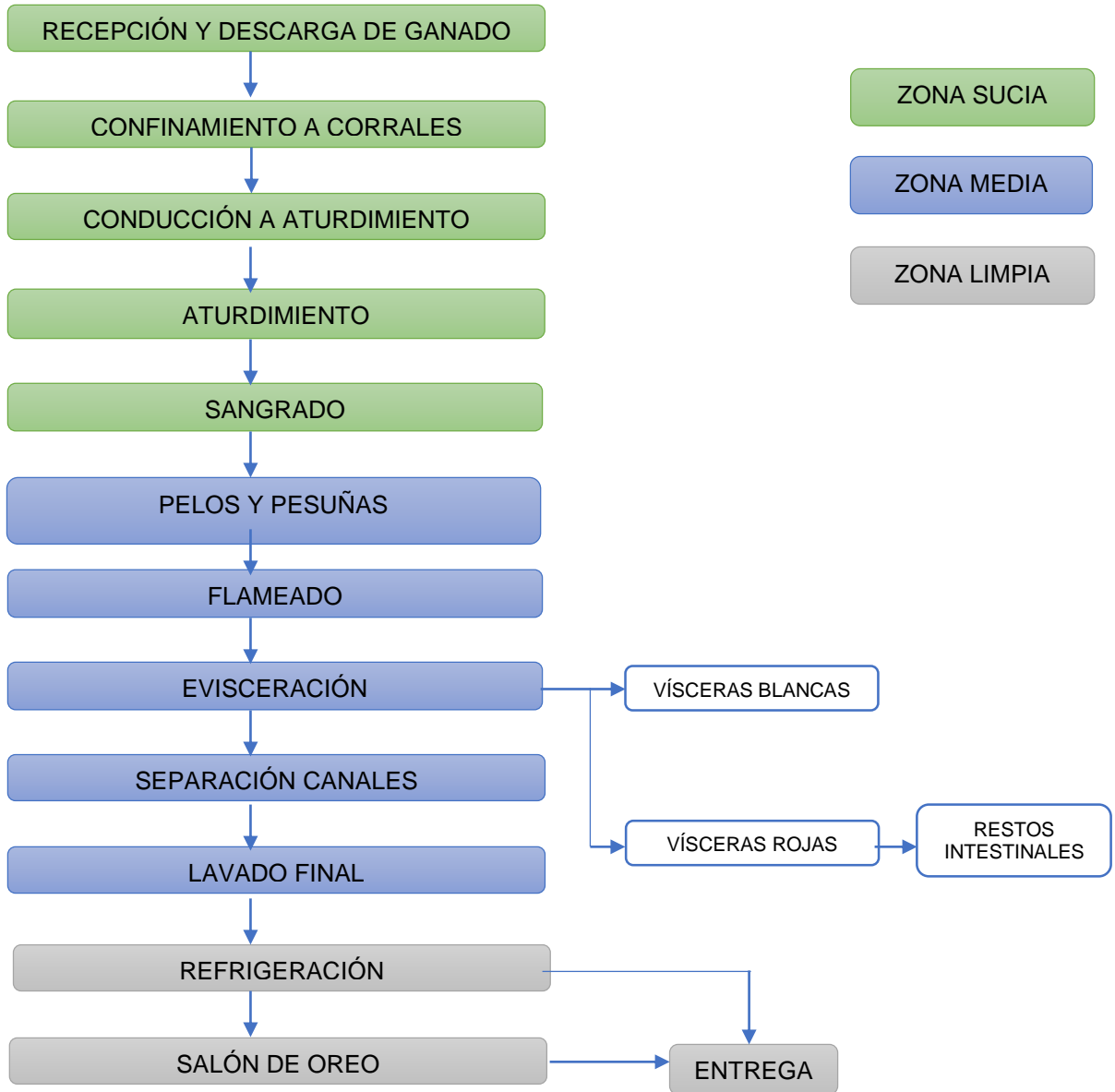
²⁷ *Ibíd.*, artículo 23.

Diagrama 1. Pasos de proceso e identificación de zonas, Planta bovinos



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

Diagrama 2. Pasos de proceso e identificación de zonas, Planta porcinos



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

2.5. GENERACIÓN DE EFLUENTES DURANTE EL PROCESO DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO

2.5.1. Clasificación de efluentes en la planta bovinos.

En la planta de sacrificio de bovinos se encuentran tres tipos de efluentes de acuerdo a la contaminación natural que se genere como:

- Los provenientes de los corrales, de las mangas de conducción, de la ducha, compuestos principalmente por agua, estiércol, orín y algunos patógenos de los animales de establo.
- Los que contienen sangre, efluentes grasos provenientes de la sala de sacrificio y sus dependencias, principalmente evisceración y desposte.
- Los provenientes de servicios sanitarios y restaurantes.

2.5.2. Zonas procesos de sacrificio de ganado bovino y los efluentes generados.

- 2.5.2.1. Zona de animales en pie.** Surge de la necesidad de que los animales se encuentren en reposo como mínimo 12 horas, antes de hacer el sacrificio. Se generan efluentes en la manga de conducción, al estar equipado con un sistema de ducha por aspersión, la cual además de ayudar a la disminución de patógenos, logra una buena sangría en las reses. Este efluente con algunos contenidos de patógenos, orín y estiércol, es conducido a la PTAR.
- 2.5.2.2. Zona de Sacrificio.** Cuenta con la dotación para el sacrificio y faenado, con áreas especiales de sangrado (aturdido y sangrado de animales), área intermedia (desprendimiento de cabeza, manos, piel y eviscerado) y área de faenado (Corte, separación y desposte). El residuo líquido que genera esta zona se da por lavado simultáneo en la actividad de sacrificio con contenido de sangre. Este es direccionado a la planta de tratamiento de agua residual.
- 2.5.2.3. Zona de cuartos fríos.** Cuando ya se tiene seleccionada la carne en canal apta para el consumo humano, se direcciona ya sea a los cuartos fríos o al salón de oreo según necesidades. En el cuarto frío se refrigera a temperaturas y humedades apropiadas para su conservación. El efluente es generado al momento de realizar el respectivo lavado de los cuartos fríos, dicha agua residual es generada a la PTAR.

2.5.2.4. Zona de despacho. Cuando ya se tiene seleccionada la carne en canal apta para el consumo humano, se direcciona ya sea a los cuartos fríos o al salón de oreo según necesidades. En el salón de oreo la canal permanece un tiempo en maduración. El lavado del salón de oreo genera otro efluente que se conduce a la planta de tratamiento de agua residual.

2.5.2.5. Otras zonas. Son actividades extras producto de las materias primas ya obtenidas por el animal. Se encuentra el almacenamiento de la sangre denominado Cooker, sala de patas y cabezas, sala de viseras blancas y sala de viseras rojas. Cada uno de ellos genera un contenido de residuo líquido direccionado a la PTAR, debido al lavado respectivo de cada sala.

2.6. GENERACIÓN DE EFLUENTES DURANTE EL PROCESO DE SACRIFICIO DE GANADO PORCINO

2.6.1. Clasificación de efluentes en la planta bovinos.

En la planta de sacrificio de bovinos se encuentran tres tipos de efluentes de acuerdo a la contaminación natural que se genere como:

- Los provenientes de los corrales, de las mangas de conducción, de la ducha, compuestos principalmente por agua, estiércol, orín y algunos patógenos de los animales de establo.
- Los que contienen sangre, efluentes grasos provenientes de la sala de sacrificio y sus dependencias, principalmente evisceración y desposte.
- Otros efluentes como: agua caliente proveniente del escaldado, agua de lavado del tracto gastrointestinal, agua proveniente del pelado, flameado, retocado y enjuague.

2.6.2. Zonas procesos de sacrificio de ganado porcino y los efluentes generados.

2.6.2.1. Zona de animales vivos. Surge de la necesidad de que los animales se encuentren en reposo como mínimo 12 horas, antes de hacer el sacrificio. Cuenta con muelles de llegada, corrales y mangas de conducción. Se generan efluentes en el lavado de los corrales, la manga de conducción, al estar equipado con un sistema de ducha por aspersion, la cual además de ayudar a la disminución de patógenos, logra una buena sangría en las reses. Este efluente con algunos contenidos de patógenos, orín y estiércol, es conducido a la PTAR.

- 2.6.2.2. Zona de Sacrificio.** Cuenta con la dotación para el sacrificio y faenado, con áreas especiales de sangrado (aturdido con CO₂ y sangrado de animales), área intermedia (sangrado, escaldado, pelado y flameado) y área de proceso industrial (evisceración, corte y lavado). El residuo líquido que genera esta zona se da por lavado simultáneo en la actividad de sacrificio con contenido de sangre y por la actividad de escalado. Este es direccionado a la planta de tratamiento de agua residual.
- 2.6.2.3. Zona de cuartos fríos.** Cuando ya se tiene seleccionada la carne en canal apta para el consumo humano, se direcciona ya sea a los cuartos fríos o al salón de oreo según necesidades. En el cuarto frío se refrigera a temperaturas y humedades apropiadas para su conservación. El efluente es generado al momento de realizar el respectivo lavado de los cuartos fríos, dicha agua residual es generada a la PTAR.
- 2.6.2.4. Zona de despacho.** Cuando ya se tiene seleccionada la carne en canal apta para el consumo humano, se direcciona ya sea a los cuartos fríos o al salón de oreo según necesidades. En el salón de oreo la canal permanece un tiempo en maduración. El lavado del salón de oreo genera otro efluente que se conduce a la planta de tratamiento de agua residual.
- 2.6.2.5. Otras zonas.** Son actividades extras producto de las materias primas ya obtenidas por el animal. Se encuentra el área de recolección de sangre, sala de recolección de subproductos (pezuñas y pelo), sala de viseras blancas y sala de viseras rojas. Cada uno de ellos genera un contenido de residuo líquido direccionado a la PTAR, debido al lavado respectivo de cada sala. El residuo de la mucosa intestinal generado por el lavado y escaldado de panzas se recoge en canastillas en la misma sala, evitando su llegada a la PTAR.

3. ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de la planta de tratamiento de agua residual es fundamental tener en cuenta parámetros físico-químicos de la calidad del agua, dentro de los principales que se analizarán son DQO, DBO, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, pH y temperatura. La información es suministrada por la corporación autónoma regional (CAR), expediente 8001-6301-35679²⁸, correspondiente a los años donde se hayan presentado informes técnicos y valores de entrada y salida de la PTAR. Los anexos 3 – 15 evidencian los resultados de laboratorio, cuando se repiten las fechas de un determinado año, indica que se entregaron dos muestras al respecto.

Al frigorífico lo rige dos normas de vertimiento, la primera es el decreto 1594 de 1984²⁹ (anexo 1) y la segunda es la resolución 0631 de 2015³⁰, esta última establece valores fijos de calidad de agua, según las necesidades del frigorífico establece valores nuevos a aplicar (anexo 2). Este trabajo se registrará bajo la segunda normatividad, al presentar menor carga contaminante en el punto de vertimiento final.

3.1. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

A continuación, en la tabla 3, se presentan los valores de entrada y salida de DQO, correspondiente a once periodos de entrega de informes de laboratorio, entre los años 2010 y 2017. Según la resolución expuesta y valores aplicados al frigorífico, la demanda química de oxígeno debe ser menor a 450 mg/L O₂.

²⁸ Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2011). Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

²⁹ COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Decreto 1594. (26, Junio 1984). or el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá, 2017.

³⁰ COLOMBIA. EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. (17, Marzo 2015). Por medio de la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017.

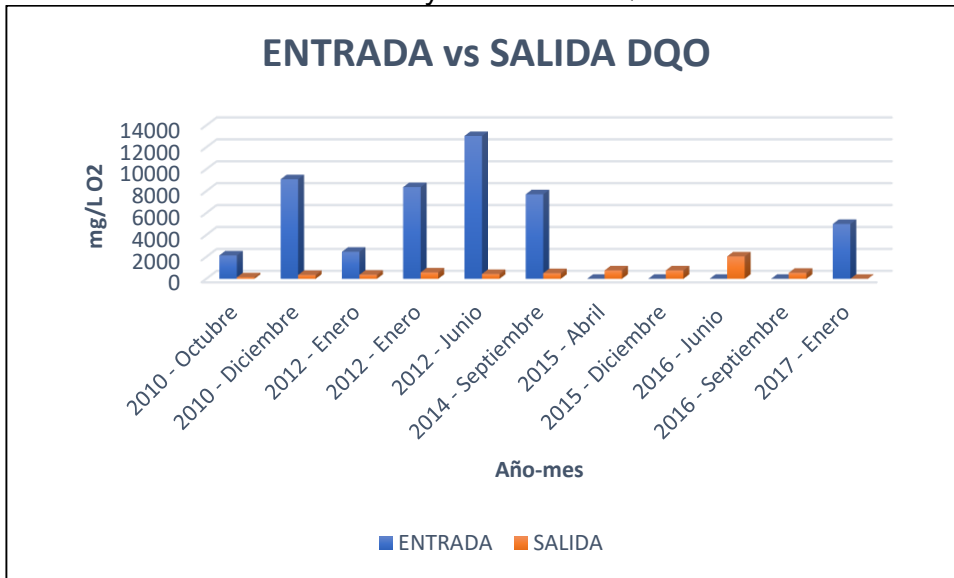
Tabla 3. Valores entrada, salida y eficiencia de DQO.

AÑO	DQO mg/L O ₂		%EFICIENCIA
	ENTRADA	SALIDA	
2010 - Octubre	2133	138	93.53
2010 - Diciembre	9086	352	96.13
2012 - Enero	2467	372	84.92
2012 - Enero	8368	587	92.99
2012 - Junio	13032	442	96.61
2014 - Septiembre	7711	515	93.32
2015 - Abril	No presenta	765	No verificable
2015 - Diciembre	No presenta	773	No verificable
2016 - Junio	No presenta	2042	No verificable
2016 - Septiembre	No presenta	545	No verificable
2017 - Enero	5000	7.72	99.85

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

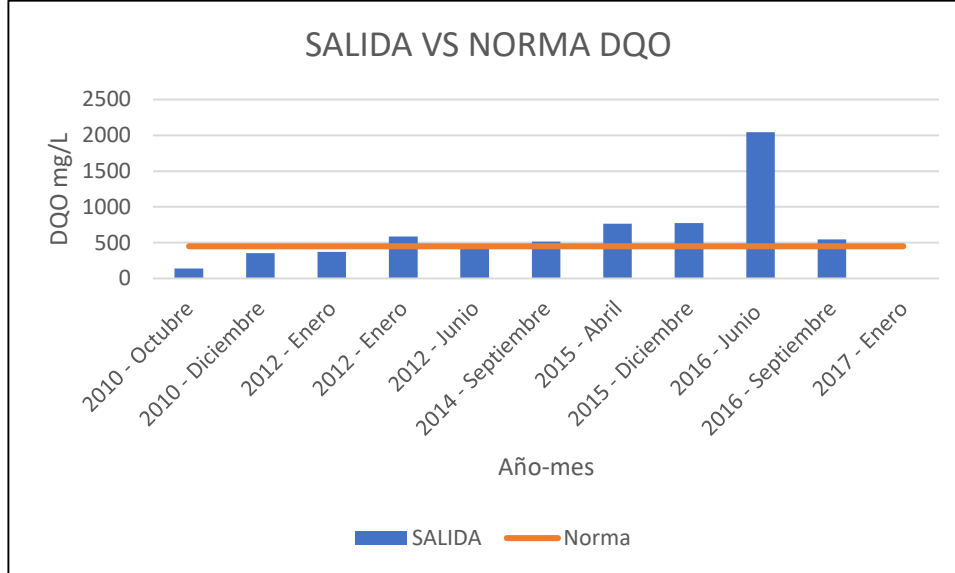
La gráfica 1 presenta el resumen de datos de la tabla 3, la gráfica 2 representa la salida vs la normatividad actual vigente aplicada al frigorífico. No se cuenta con datos correspondientes a la entrada en los años 2015 – 2016, siendo estos los periodos donde menor remoción se da. La mayor remoción se presentó en el periodo de enero del 2017 y la menor en junio del 2016. De once periodos solo cinco presentan cumpliendo a la norma, siendo más de la mitad los que no.

Gráfica 1. Valores de entrada y salida de DQO.



Fuente: Autores.

Gráfica 2. Salida vs Normatividad DQO



Fuente: Autores.

Los valores mínimos, máximos y media se presentan en la tabla 4, el valor medio dado según la estadística, será el utilizado para los respectivos cálculos de la evaluación y diseño.

Tabla 4. Media, valor mínimo y máximo de entrada y salida de DQO.

ESTADÍSTICA	ENTRADA	SALIDA
Media	6828.14	594.43
Valor mínimo	2133.00	7.72
Valor máximo	13032.00	2042.00

Fuente: Autores.

3.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

En seguida (tabla 5), se presentan los valores de entrada y salida de DBO₅, correspondiente a quince periodos, entre los años 2010 y 2017. Según la resolución expuesta y valores aplicados al frigorífico, la demanda biológica de oxígeno debe ser menor a 150 mg/L O₂.

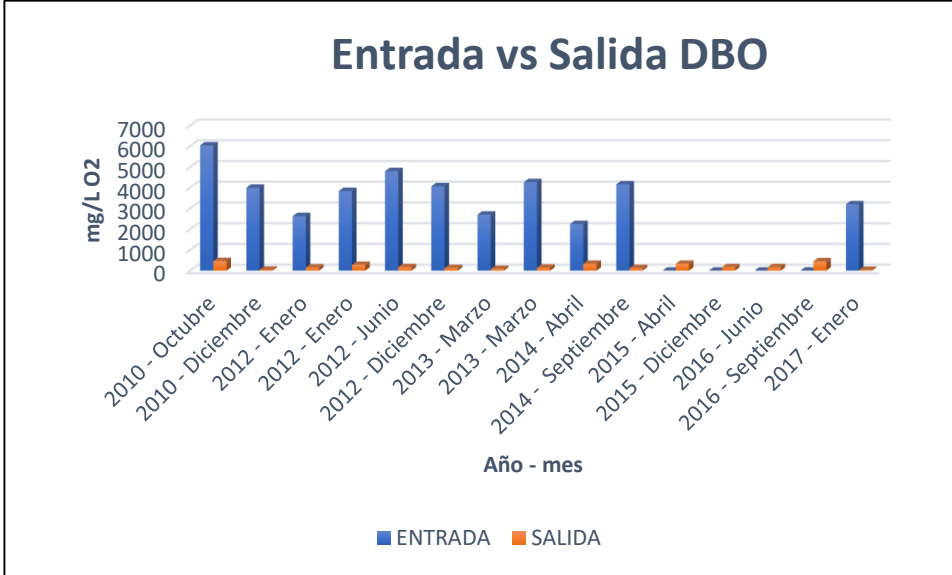
Tabla 5. Valores entrada, salida y eficiencia de DBO₅

AÑO	DBO ₅ mg/L O ₂		%EFICIENCIA
	ENTRADA	SALIDA	
2010 - Octubre	6040	464	92.32
2010 - Diciembre	4000	41	98.98
2012 - Enero	2630	155	94.11
2012 - Enero	3840	280	92.71
2012 - Junio	4800	171	96.44
2012 - Diciembre	4066	124	96.95
2013 - Marzo	2700	83	96.93
2013 - Marzo	4267	144	96.63
2014 - Abril	2248	331	85.28
2014 - Septiembre	4160	122	97.07
2015 - Abril	No presenta	334	No verificable
2015 - Diciembre	No presenta	170	No verificable
2016 - Junio	No presenta	167	No verificable
2016 - Septiembre	No presenta	450	No verificable
2017 - Enero	3200	34	98.94

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

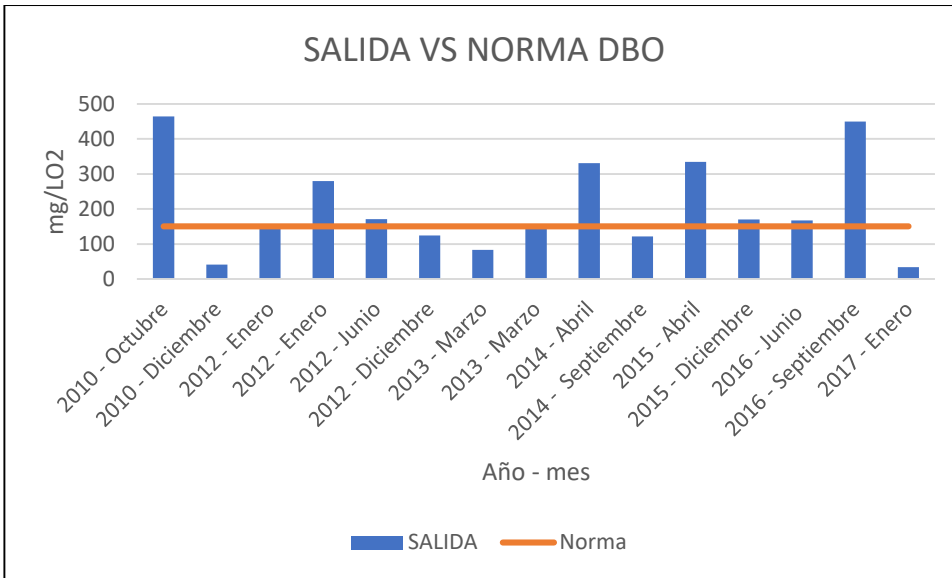
La gráfica 3 presenta el resumen de datos de la tabla 5, la gráfica 4 representa la salida vs la normatividad aplicada al frigorífico. No se cuenta con datos correspondientes a la entrada en los años 2015 – 2016. La mayor remoción se presentó en el periodo de enero del 2017 y la menor en octubre del 2010. De quince periodos solo seis dan cumpliendo a la norma, siendo más de la mitad los que no.

Gráfica 3. Valores de entrada y salida de DBO



Fuente: Autores.

Gráfica 4. Salida vs Norma DBO



Fuente: Autores.

Los valores mínimos, máximos y media se presentan en la tabla 6, el valor medio de la entrada según la estadística, será el utilizado para los respectivos cálculos de la evaluación y diseño, siendo uno de los más importantes.

Tabla 6. Estadística de datos de entrada y salida de DBO.

ESTADÍSTICAS	ENTRADA	SALIDA
Media	3813.73	204.67
Valor mínimo	2248.00	34.00
Valor máximo	6040.00	464.00

Fuente: Autores.

3.3. pH

En la tabla 7 se presentan los valores de entrada y salida de pH, correspondiente a once periodos de informes de laboratorios, entre los años 2010 y 2017. Según la resolución expuesta y valores aplicados al frigorífico, el pH debe estar entre 6,00 a 9,00.

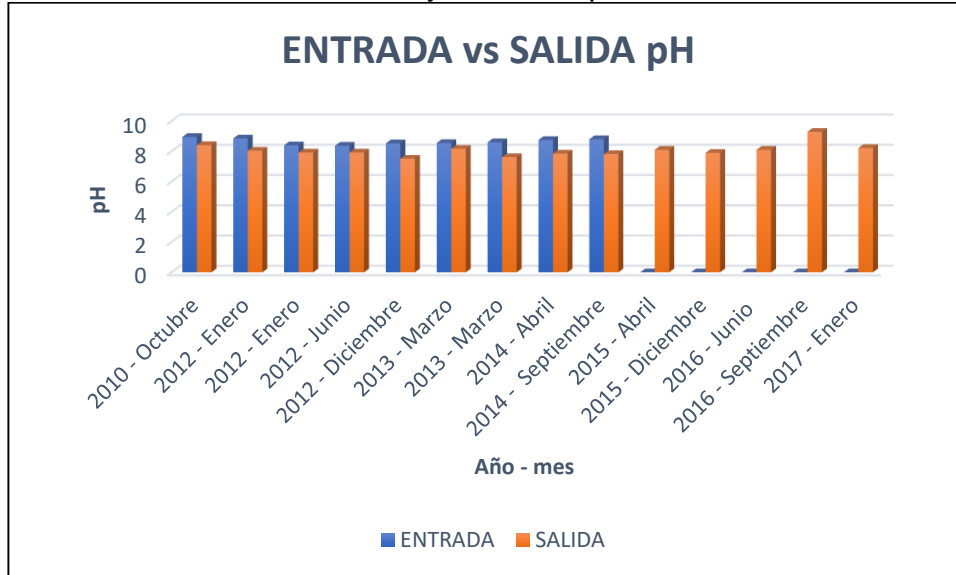
Tabla 7. Valores entrada, salida y eficiencia de pH

pH			
AÑO	ENTRADA	SALIDA	%EFICIENCIA
2010 - Octubre	8,95	8,41	6.03
2012 - Enero	8,85	8,04	9.15
2012 - Enero	8,4	7,92	5.71
2012 - Junio	8,37	7,92	5.38
2012 - Diciembre	8,53	7,51	11.96
2013 - Marzo	8,55	8,17	4.44
2013 - Marzo	8,6	7,62	11.40
2014 - Abril	8,75	7,85	10.29
2014 - Septiembre	8,8	7,82	11.14
2015 - Abril	No presenta	8,1	No verificable
2015 - Diciembre	No presenta	7,9	No verificable
2016 - Junio	No presenta	8,1	No verificable
2016 - Septiembre	No presenta	9,29	No verificable
2017 - Enero	No presenta	8,22	No verificable

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

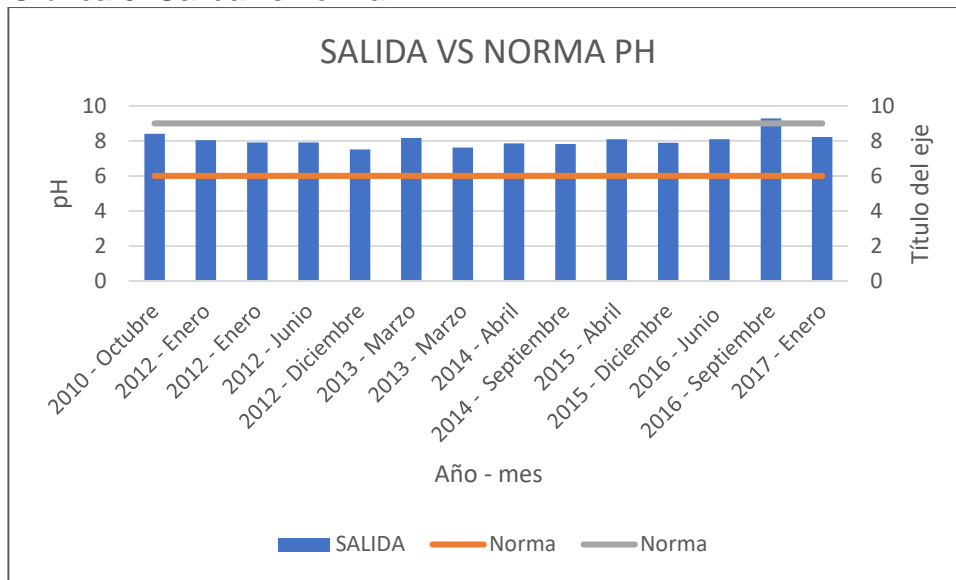
La gráfica 5 presenta el resumen de datos de la tabla 7, la gráfica 6 muestra la salida vs norma aplicada al frigorífico. No se cuenta con datos correspondientes a la entrada en los años 2015 – 2017. El pH se mantuvo estable durante todos los periodos analizados, exceptuando el año 2016 septiembre.

Gráfica 5. Valores de entrada y salida de pH



Fuente: Autores.

Gráfica 6. Salida vs norma PH



Fuente: Autores.

Los valores mínimos, máximos y media se presentan en la tabla 4, el valor medio dado en la estadística, será el utilizado para los respectivos cálculos de la evaluación y diseño, según se requieran.

Tabla 8. Estadística de datos de entrada y salida de PH.

ESTADÍSTICAS	ENTRADA	SALIDA
Media	8.64	8.06
Valor mínimo	8.37	7.51
Valor máximo	8.95	9.29

Fuente: Autores.

3.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

A continuación, se presentan los valores de entrada y salida de SST, correspondiente a quince periodos, entre los años 2010 y 2017. Según la resolución expuesta y valores aplicados al frigorífico, los sólidos totales sedimentables deben ser menores a 200 mg/L. Ver tabla 9.

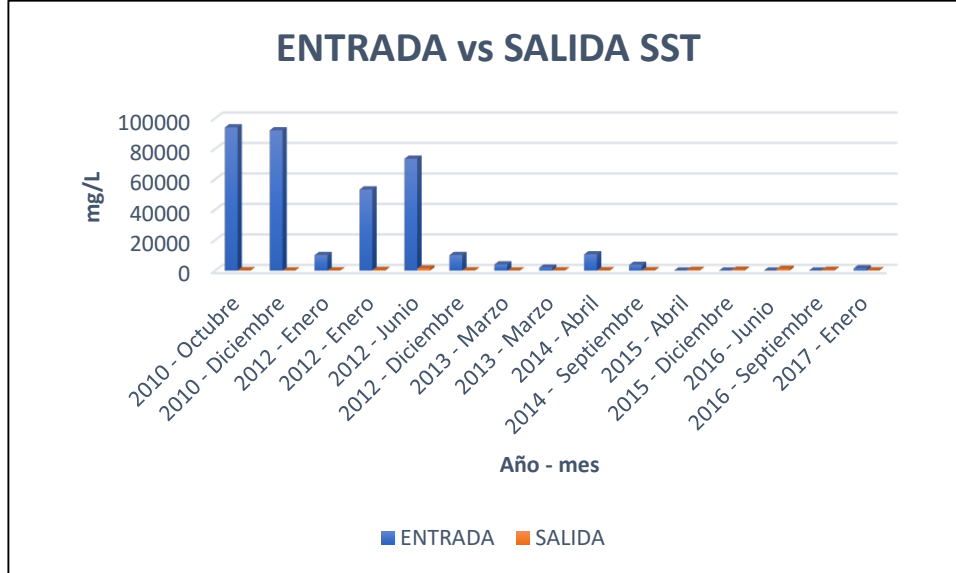
Tabla 9. Valores entrada, salida y eficiencia de SST

AÑO	SST mg/L		%EFICIENCIA
	ENTRADA	SALIDA	
2010 - Octubre	94020	268	99.71
2010 - Diciembre	92122	60	99.93
2012 - Enero	10190	178	98.25
2012 - Enero	53260	374	99.30
2012 - Junio	73477	1449	98.03
2012 - Diciembre	10183	203	98.01
2013 - Marzo	4000	71	98.23
2013 - Marzo	1902	190	90.01
2014 - Abril	10685	255	97.61
2014 - Septiembre	3750	244	93.49
2015 - Abril	No presenta	440	No verificable
2015 - Diciembre	No presenta	543	No verificable
2016 - Junio	No presenta	1120	No verificable
2016 - Septiembre	No presenta	490	No verificable
2017 - Enero	1530	207	86.47

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

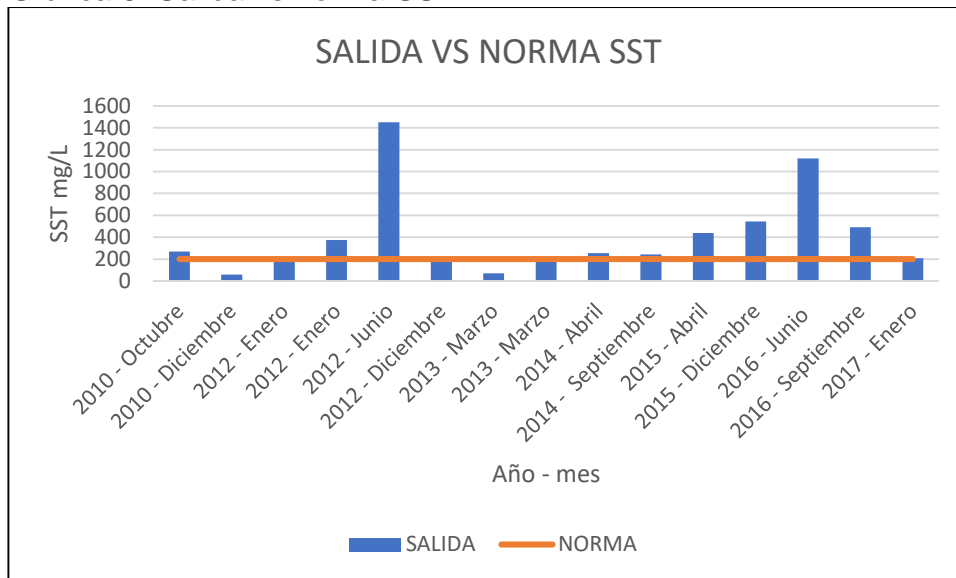
La gráfica 7 presenta el resumen de datos de la tabla 9, la gráfica 8 representa la salida vs la normatividad actual vigente aplicada al frigorífico. No se cuenta con datos correspondientes a la entrada en los años 2015 – 2016. La mayor remoción se presentó en el periodo de diciembre del 2010 y la menor en junio del 2012. De quince periodos solo cuatro presentan cumpliendo a la norma, siendo más de la mitad lo que no cumplen.

Gráfica 7. Valores de entrada y salida de SST



Fuente: Autores.

Gráfica 8. Salida vs norma SST



Fuente: Autores.

Los valores mínimos, máximos y media se presentan en la tabla 10, el valor medio de la entrada dado en la estadística, será el utilizado para los respectivos cálculos de la evaluación y diseño.

Tabla 10. Estadística de datos de entrada y salida de SST.

ESTADÍSTICAS	ENTRADA	SALIDA
Media	32283.55	406.13
Valor mínimo	1530.00	60.00
Valor máximo	94020.00	1449.00

Fuente: Autores.

3.5. GRASAS Y ACEITES

Los valores de entrada y salida de grasas y aceites se presentan en la tabla 11, correspondiente a quince periodos de entrega de informes de laboratorios entre los años 2010 y 2017. Según la resolución expuesta y valores aplicados al frigorífico, las grasas y aceites deben ser menores a 30 mg/L.

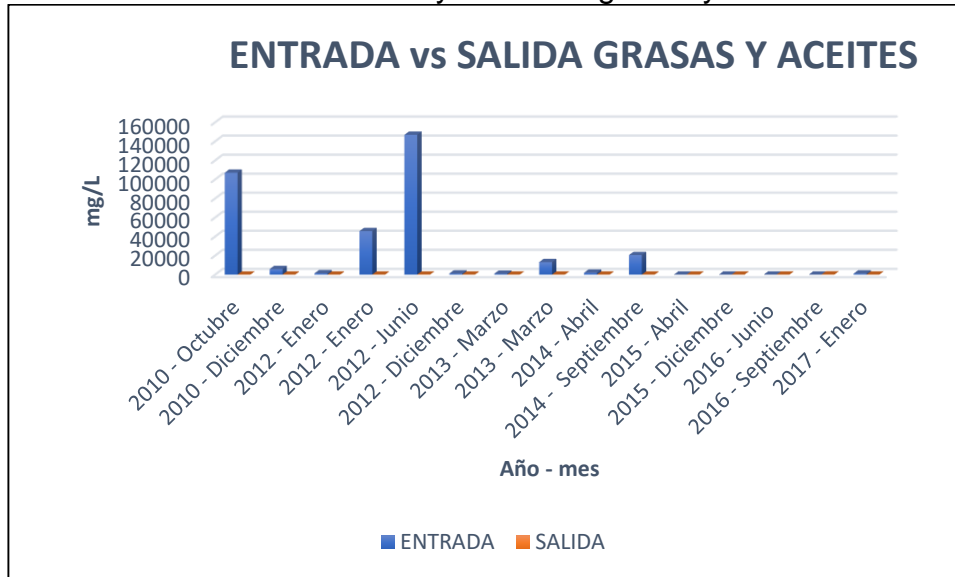
Tabla 11. Valores entrada, salida y eficiencia de grasas y aceites.

AÑO	GRASAS Y ACEITES		mg/L
	ENTRADA	SALIDA	%EFICIENCIA
2010 - Octubre	107059	15	99.99
2010 - Diciembre	5840	11	99.81
2012 - Enero	1361	9	99.32
2012 - Enero	45693	22	99.95
2012 - Junio	146936	71	99.95
2012 - Diciembre	1186	32	97.30
2013 - Marzo	919	9	99.03
2013 - Marzo	13109	7	99.94
2014 - Abril	2010	10	99.50
2014 - Septiembre	20537	38	99.81
2015 - Abril	No presenta	14	No verificable
2015 - Diciembre	No presenta	18	No verificable
2016 - Junio	No presenta	14	No verificable
2016 - Septiembre	No presenta	90	No verificable
2017 - Enero	1129	28	97.52

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

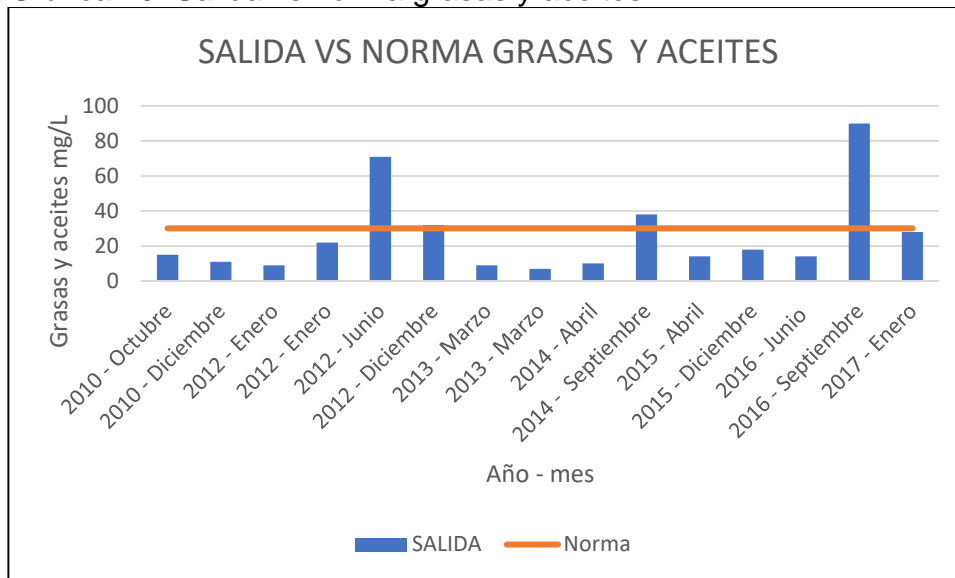
La gráfica 9 presenta el resumen de datos de la tabla 11, la gráfica 10 representa la salida vs la normatividad actual vigente aplicada al frigorífico. No se cuenta con datos correspondientes a la entrada en los años 2015 – 2016. La mayor remoción se presentó en el periodo de marzo del 2013 y la menor en septiembre del 2016. De quince periodos once presentan cumpliendo a la norma, en este caso más de la mitad cumple.

Gráfica 9. Valores de entrada y salida de grasas y aceites



Fuente: Autores.

Gráfica 10. Salida vs norma grasas y aceites



Fuente: Autores.

Los valores mínimos, máximos y media se presentan en la tabla 12, el valor medio de la entrada según la estadística, será el utilizado para los respectivos cálculos de la evaluación y diseño.

Tabla 12. Estadística de datos de entrada y salida de grasas y aceites.

ESTADÍSTICAS	ENTRADA	SALIDA
Media	31434.45	25.88
Valor mínimo	919.00	7.40
Valor máximo	146936.00	90.00

Fuente: Autores.

3.6. TEMPERATURA DEL AGUA

En esta parte, se presentan los valores de entrada y salida de la temperatura del agua, correspondiente a diez periodos de entrega de informes de laboratorios, entre los años 2010 y 2015. Según la resolución expuesta y valores aplicados al frigorífico, la temperatura del agua debe ser menor a 40°C. Ver tabla 13.

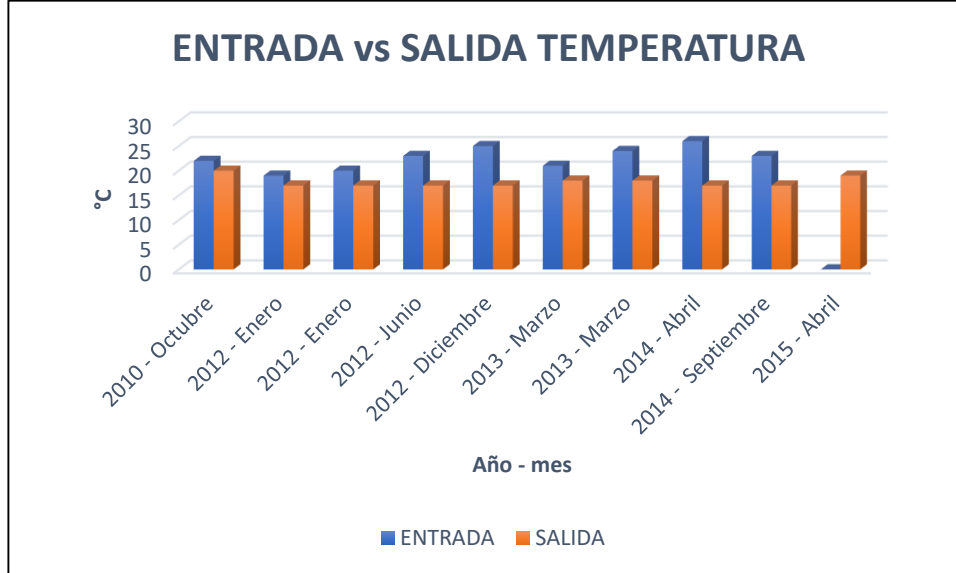
Tabla 13. Valores entrada, salida y eficiencia de temperatura.

TEMPERATURA		
AÑO	ENTRADA	SALIDA
2010 - Octubre	22	20
2012 - Enero	19	17
2012 - Enero	20	17
2012 - Junio	23	17
2012 - Diciembre	25	17
2013 - Marzo	21	18
2013 - Marzo	24	18
2014 - Abril	26	17
2014 - Septiembre	23	17
2015 - Abril	No presenta	19

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

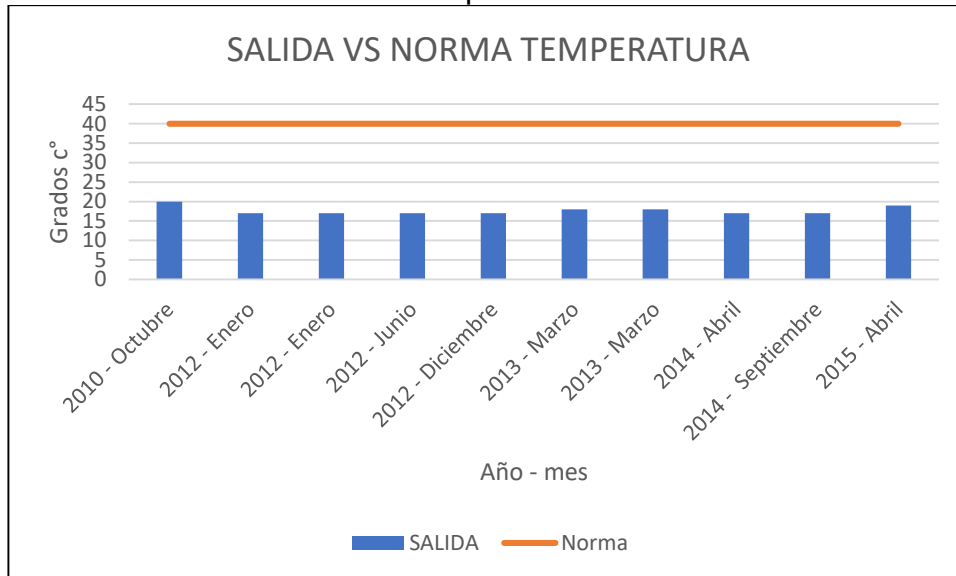
La gráfica 11 presenta el resumen de datos de la tabla 13, la gráfica 12 representa la salida vs la normatividad actual vigente aplicada al frigorífico. No se cuenta con datos correspondientes a la entrada en el año 2015. La temperatura más alta en la salida fue en octubre del 2010 y la más baja en todo el año 2012 y 2014. Todos los periodos evidencian cumplimiento del valor establecido.

Gráfica 11. Valores de entrada y salida de temperatura del agua.



Fuente: Autores.

Gráfica 12. Salida vs norma temperatura.



Fuente: Autores.

Los valores mínimos, máximos y media se presentan en la tabla 14, el valor mínimo en la salida, será el utilizado para los respectivos cálculos de la evaluación y diseño. Se toma el menor al ser la temperatura crítica para el crecimiento bacteriano.

Tabla 14. Estadística de datos de entrada y salida de temperatura.

ESTADÍSTICAS	ENTRADA	SALIDA
Media	22.50	17.61
Valor mínimo	19.20	17.00
Valor máximo	25.90	20.00

Fuente: Autores.

3.7. RELACIÓN DBO/DQO

La relación entre DBO/DQO determina el tipo de tratamiento que se debe realizar en planta, a continuación, se evidencia el cálculo con ayuda de los datos medios correspondientes de DBO y DQO.

RELACIÓN DBO/DQO

≥ 0,5 Biológico

≤ 0,5 Físico Químico

$$\text{ENTRADA} \frac{\text{DBO}}{\text{DQO}} = \frac{3813,72727}{6828,14286} = 0,5585 \quad \text{Biológico}$$

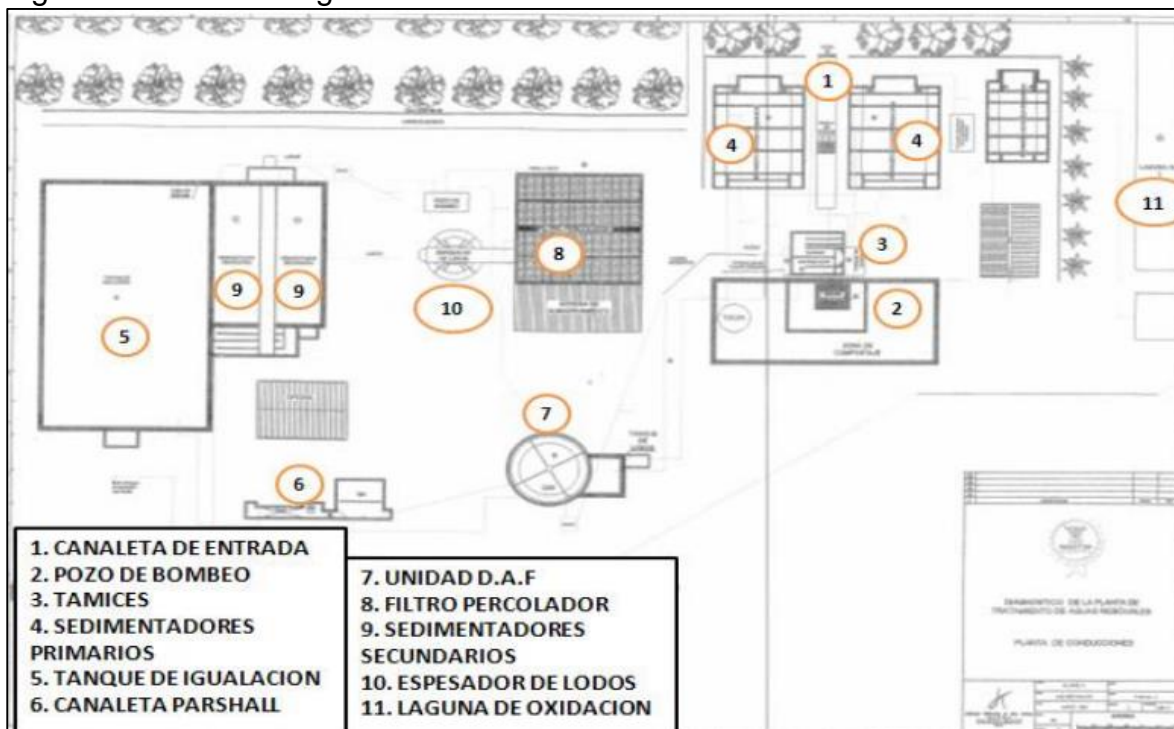
Según la relación DBO/DQO, la PTAR debe tener un proceso biológico, sin necesidad de inducir procesos químicos.

4. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

4.1. DISTRIBUCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Los procesos con los que cuenta la planta de tratamiento de agua residual de Frigoríficos Ble Ltda. Se muestran a continuación en la figura 3 con su respectiva ubicación.

Figura 3. Distribución general de la PTAR



Fuente: CASTAÑEDA GALVIS, Edwin y OSORIO AGUDELO, Gilberto Andrés. Ingeniería básica a nivel industrial para el rehuso de agua de vertimiento de la PTAR del frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingenierp Químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. 2010. 53 p.

4.2. TRATAMIENTOS EMPLEADOS EN LA PTAR

Para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales se hacen procesos como la captación del agua por medio de un canal de entrada, donde se realiza un desbaste con ayuda de dos rejillas, mediante bombeo se lleva a tamizaje, reteniendo la mayor cantidad de materia orgánica, posteriormente pasa a los sedimentadores primarios. Luego se homogeniza y airea, en seguida se dirige a la

canaleta Parshall donde se hace una medición de caudal, consecutivamente se realiza el proceso de coagulación y floculación, mediante mezcla rápida y lenta. Después se trata en la unidad DAF para remoción de grasas y aceites, el agua que sale de allí pasa a un filtro percolador con recirculación y un sedimentador secundario, finalmente se lleva a las lagunas 1 y 3 para culminar el proceso con el vertimiento del efluente al río Fucha.

4.2.1. Pre-tratamiento. En esta etapa se pretende remover la mayor cantidad de material grueso, con el fin, de no presentar inconvenientes en los siguientes procesos por taponamiento, atascamiento y obstrucción de sólidos que puedan retrasar la operación. El tratamiento es netamente físico. Removiendo principalmente grasas, aceites, sólidos, arenas y sólidos gruesos.

4.2.2. Tratamiento Primario. Dicha fase del proceso tiene como objetivo sedimentar los sólidos en suspensión presentes en el agua residual, por medio de la gravedad, con la adición de reactivos químicos permitiendo la aglomeración y decantación de los coloides. Para llevar a cabo el tratamiento primario (coagulación, floculación y flotación) se debe garantizar permanentemente los insumos químicos y energía requerida.

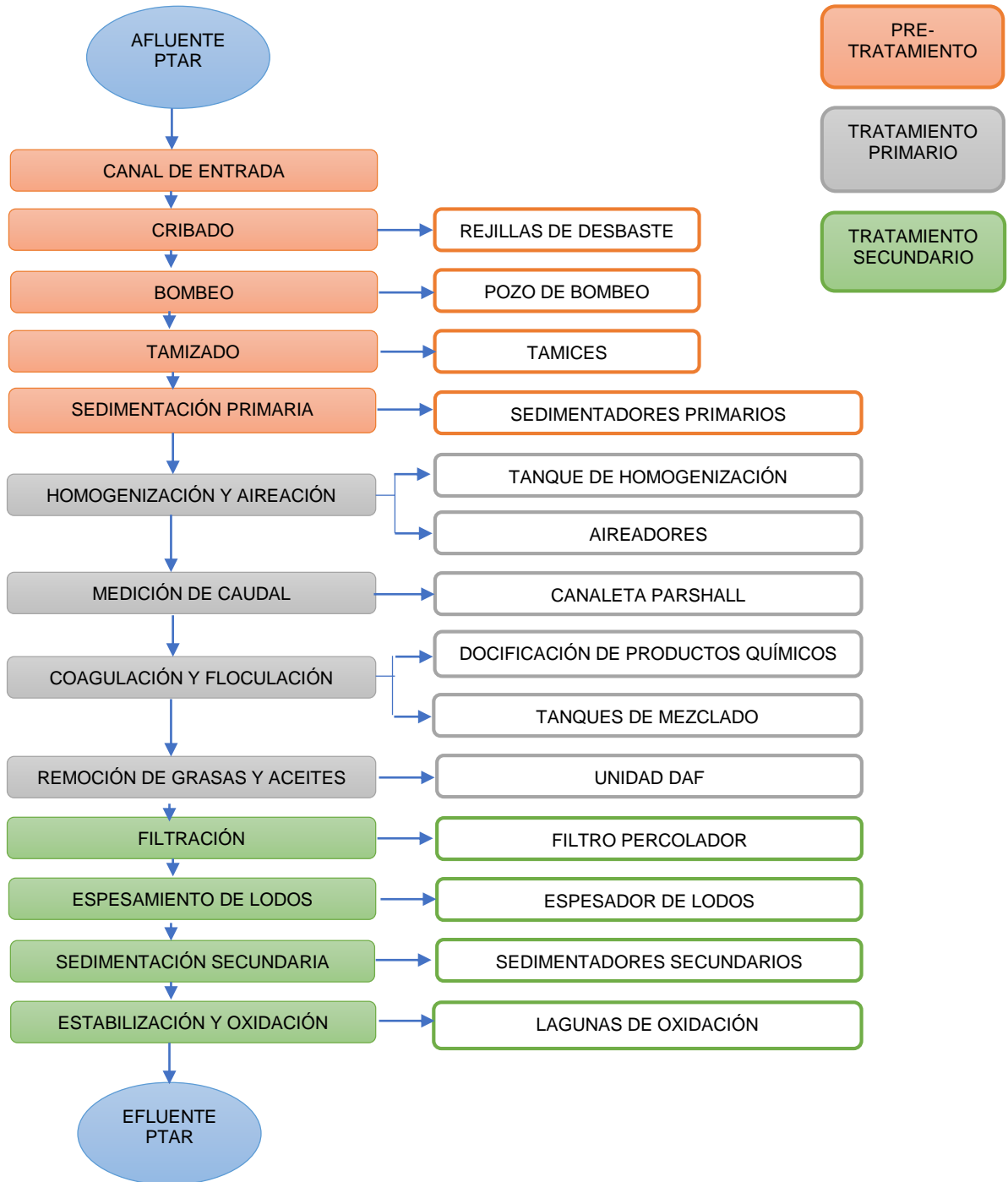
4.2.3. Tratamiento secundario. El tratamiento secundario tiene como fin realizar la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble y sólidos suspendidos totales (SST) que no alcanzan a ser retenidos en el tratamiento primario. Este proceso es biológico transformando la materia orgánica del agua residual en materia celular y agua mediante microorganismos con un tratamiento aerobio, para realizar este proceso se debe tener un flujo constante manteniendo una humedad necesaria para el adecuado sostenimiento de los microorganismos presentes en el filtro percolador y una fuente de energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos.

4.3. DESCRIPCIÓN DE CADA PROCESO

A continuación, se muestra el proceso de la planta de tratamiento de agua residual resumido en un diagrama de flujo. Ver diagrama 3.

Posteriormente se describirá cada uno de los procesos con sus características.

Diagrama 3. Diagrama de flujo, procesos de la PTAR



4.3.1. Pre- tratamiento. Las unidades presentes en este tratamiento son:

- Canaleta de entrada
- Rejilla
- Tamices
- Sedimentadores primarios.

4.3.1.1. Canal de entrada y cribado. Es donde llegan las aguas provenientes de sacrificio de bovinos y porcinos. Tiene como fin retener solidos de gran tamaño, por medio del proceso de cribado, que se lleva a cabo con dos rejillas de desbaste. La remoción teórica del material grueso es del 40%, el cual contiene porciones de viseras, ropa, sangre, tierra y cebo. El agua que pasa por medio de las rejillas es llevada al pozo de bombeo y distribución. La limpieza en este proceso es manual y se realiza diariamente, como mínimo dos veces por turno. En la figura 4 se observa el canal y las rejillas, las características de las rejillas se muestran a continuación en la tabla 15.

Tabla 15. Dimensiones rejilla

Rejilla	1	2
Alto	2,10 m	2,10 m
Ancho	1,15 m	1,15 m
Diámetro	9,5mm (3/8")	9,5mm (3/8")
Separación	2 cm	1 cm

Fuente: Autores.

Figura 4. Canal y rejillas



Fuente: Autores.

- 4.3.1.2. Bombeo.** Consta de 3 bombas que distribuyen el efluente del proceso de cribado a los tamices y posterior a ello, 3 bombas más que llevan el efluente de los tamices a los sedimentadores primarios. Para un total de 6 bombas, con potencia de 3 HP cada una, las cuales trabajan en serie.
- 4.3.1.3. Tamizado.** Está constituido por dos tamices estáticos que se encargan de remover sólidos mayores a 1 mm, es decir, material fino. El material removido es llevado a compostaje para ser tratado como abono y el agua residual sobrante es distribuida a los sedimentadores primarios por medio de bombeo. La limpieza es manual y se realiza según las necesidades, pero como mínimo debe hacerse a diario, dos veces por turno. Ver figura 5. Las respectivas dimensiones aparecen en la tabla 16.

Tabla 16. Dimensiones tamiz

Tamiz	
Unidades	2
Abertura malla	1 mm
Ancho	1,82 m
Largo	2,0 m
Ángulo de inclinación	45 °

Fuente: Autores.

Figura 5. Tamices



Fuente: Autores.

- 4.3.1.4. Sedimentación primaria.** Se encarga de la oxidación primaria por medio de remoción de sólidos sedimentables. Cuenta con 3 sedimentadores primarios de flujo ascendente y fondo cónico. La purga de sedimentos o lodos se hace una vez al día por medio de una bomba sumergible. La remoción teórica es de 30% para demanda biológica de oxígeno (DBO) y 40% para sólidos sedimentables totales (SST). El efluente de esta unidad es transportado al tanque de igualación. Las dimensiones se encuentran en la tabla 17 y los sedimentadores en la figura 6.

Tabla 17. Dimensiones sedimentadores primario

Sedimentadores	
Unidades	3
Altura efectiva	4,80 m
Ancho	5,70 m
Largo total	6,8 m
Área superficial	39 m ²
Temperatura promedio	18 °C
Volumen efectivo	185 m ³
Longitud por canal	1,5 m
Longitud vertedero	1,14 m

Fuente: Autores.

Figura 6. Sedimentadores primarios



Fuente: Autores.

4.3.2. Tratamiento primario. Las unidades presentes en este tratamiento son:

- Tanque de igualación
- Aireadores
- Canaleta Parshall
- Mezcladores
- Unidad DAFF

4.3.2.1. Homogenización y aireación. Consiste en un tanque de igualación que se encarga de regular el caudal y homogenizar la carga orgánica proveniente de los procesos anteriores, asegurando un flujo constante. Cuenta con un aireador, estos son encendidos cuando el nivel del agua es mayor a $\frac{1}{4}$ de la altura del tanque, para la eliminación de olores se

oxigena por medio de aire comprimido. Su efluente es direccionado a la canaleta Parshall. Se le realiza mantenimiento al tanque cada 6 meses. En la figura 7 se observa el tanque homogenizador y su aireador y sus respectivas características en la tabla 18.

Tabla 18. Dimensiones tanque de homogenización

Tanque de homogenización	
Altura efectiva	3 m
Ancho	10,0 m
Largo	17,0 m
Área superficial	170 m ²
Volumen efectivo	510 m ³

Fuente: Autores.

Figura 7. Tanque de homogenización



Fuente: Autores.

- 4.3.2.2. Medición de caudal.** La regulación es dada por medio de la canaleta Parshall, tiene como fin principal la medición y regulación de caudal, facilitando los procesos de mezclado. Ve figura 8. El mantenimiento se realiza diariamente retirando el material sobrenadante de la canaleta, durante 2 o más veces durante cada turno. El efluente es dirigido al

proceso de mezclado. Características de la canaleta Parshall se encuentran en la tabla 19.

Tabla 19. Características canaleta Parshall

Canaleta Parshall	
Ancho de garganta	3 in
Caudal máximo	20 L/s
Caudal mínimo	10 L/s
Caudal promedio	14 L/s

Fuente: Autores

Figura 8. Canaleta Parshall



Fuente: Autores.

4.3.2.3. Coagulación y floculación. La dosificación de productos químicos se da por:

Coagulante CDQ 2432W tiene características típicas de 0,1 % de contenido insoluble máximo y apariencia viscosa.

Floculante CDQ 2302W, con propiedades típicas de pH de 6,0 -8,0 con temperatura de 25°C (sol. A 0,5% en agua). Se mezcla previamente en un tambor por 30 a 60 minutos, se llena el tanque de preparación con aproximadamente un tercio con agua limpia, se añade el floculante

anteriormente mezclado en el vórtice cuando se esté agitando, se continúa llenando el tanque hasta llegar a una solución de 1% o 2%; se continúa agitando por 10 a 20 minutos, luego se transfiere la solución a un tanque de reserva para garantizar la alimentación continua, donde podrá ser diluido 0,2% antes del punto de aplicación.

Se realiza ensayo de jarras según la necesidad y la calidad del agua, para así obtener la correcta dosificación del coagulante, este ensayo se hace mínimo dos veces por turno, se procede a adicionar el coagulante en la canaleta Parshall, una vez desestabilizadas las partículas se adiciona el floculante en la entrada del tanque de mezcla rápida, el floculante es disuelto mediante un agitador de marca SIEMENS, referencia motor 1LA7- 0.836-YA60; se mantiene una agitación constante en un tanque de mezcla lenta el cual cuenta con un equipo Modelo RV80 – Tipo D seria 9449, para la formación del floc. El agua floculada pasa a la unidad DAF. Las dimensiones de los tanques se muestran en la tabla 20. Ver figura 9 para el tanque de mezcla rápida y figura 10 para tanque de mezcla lenta.

Tabla 20. Dimensiones tanque de mezcla rápida y lenta

Tanques de mezclado	Mezcla rápida	Mezcla lenta
Largo	2,45m	2,20 m
Ancho	1,46 m	3,06m
Altura efectiva	1,04 m	1,50 m
Área superficial	3,6 m ²	6,7 m ²
Volumen efectivo	3,72 m ³	12,12m ³
Potencia del equipo	1 HP	0.9 HP

Fuente: Autores.

Figura 9. Mezcla rápida



Fuente: Autores.

Figura 10. Mezcla lenta



Fuente: Autores.

4.3.2.4. Remoción de grasas y aceites. Se da por medio de flotación y sedimentación de la unidad DAF, que tiene como finalidad la separación de grasas con el agua residual generando alto contenido de lodos. La separación se logra por la diferencia de densidades con un sistema de aireación que succiona aire de la atmosfera y lo convierte en burbujas, mas no en micro-burbujas. Se realiza la descarga de lodos y grasas al tanque colector 2 o más veces cada turno según la necesidad diaria. Del tanque colector son llevados a la centrífuga Súper D- canter para darle tratamiento de compostaje. En las figuras 11 y 12 se observa la unidad DAF en diferentes perspectivas. Se le hace mantenimiento general de 6 a 8 meses. Las dimensiones se expresan en la tabla 21.

Tabla 21. Dimensiones estándar unidad DAF

Unidad DAF	
Diámetro	6,10 m
Altura efectiva	3,66 m
Caudal promedio	14 L/s
Volumen efectivo	70.14 m ³

Fuente: Autores

Figura 11. Unidad DAF vista lateralmente



Fuente: Autores.

Figura 12. Unidad DAF vista en planta.



Fuente: Autores.

4.3.3. Tratamiento secundario. Las unidades presentes en este tratamiento secundario son:

- Filtro percolador
- Espesor de lodos
- Lagunas de oxidación

4.3.3.1. Filtración. Para realizar este proceso se hace mediante un filtro percolador, este tiene como objeto reducir la carga orgánica en el agua residual industrial, el agua residual ingresa al filtro y es distribuida sobre todo el área mediante una red flauta manifold. El agua tratada por el filtro es colectada por canales estructurales donde el 50% se recircula nuevamente a través del filtro y el otro 50% se envía a los sedimentadores. No se realiza mantenimiento del filtro. Sus dimensiones se expresan en la tabla 22. En la figura13 se muestra el filtro percolador.

Tabla 22. Dimensiones filtro percolador

Filtro percolador	
Largo	8,40 m
Alto	4,80 m
Ancho	8 m
Área superficial	67 m ²
Volumen efectivo	356,16m ³
Borde libre	0,5 m
Caudal Promedio	14 L/s
Bombas de recirculación	2
Material filtrante	Plástico

Fuente: Autores.

Figura 13. Filtro percolador



Fuente: Autores.

4.3.3.2. Sedimentación secundaria. Es dada por sedimentadores secundarios se reciben las aguas provenientes del filtro percolador, con el fin de decantar los sólidos suspendidos y retirar el material flotante, se realiza la purgación de lodos una vez al día posteriormente estos lodos son enviados al tanque de lodos que se encuentra junto al DAF, pasando al espesor de lodos y ser enviados posteriormente a deshidratación. Ver tabla 23 y figura 14.

Tabla 23. Dimensiones sedimentadores secundarios

Sedimentadores secundarios	
Unidades	2
Longitud por unidad	10,40 m
Ancho por unidad	3,24m
Altura efectiva	1m
Volumen efectivo	34 m ³
Longitud vertedero	1,9 m

Figura 14. Sedimentadores secundarios



Fuente: Autores.

4.3.3.3. Espesamiento de lodos. El espesador de lodos se encarga de la deshidratación previa de los lodos, retirando la mayor cantidad de agua de estos para trasladarlos posteriormente al recolector de lodos junto a la unidad DAF y ser deshidratados en el D-canter, se muestra en la figura 15 y el dimensionamiento en la tabla 24.

Tabla 24. Dimensiones del espesador de lodos

Espesor de lodos	
Unidades	1
Diámetro	3,6 m
Altura efectiva	2,63m
Volumen efectivo	27 m ³
Altura de la tolva	3m
Altura total	6,7 m
Ancho del canal de salida	0,3
Altura canal de salida	0,24
Volumen de la tolva	11m ³

Fuente: Autores.

Figura 15. Espesador de lodos



Fuente: Autores.

4.3.3.4. Deshidratación de lodos. Los lodos decantados en los sedimentadores tanto primarios como secundarios al igual que los provenientes del DAF, como espesador de lodos y lodos de la laguna 1, son recolectados en el tanque que está junto al DAF y por un sistema de bombeo son enviados a un D- canter para ser deshidratados y utilizados en compostaje, a su vez este dispositivo por bombeo envía el agua extraída a la laguna 2 donde se retira el sobrenadante, para ser enviado posteriormente a la zona de compostaje.

4.3.3.5. Lagunas de estabilización. Cuenta con 2 lagunas de oxidación aerobia, las lagunas de oxidación son diseñadas con el objeto de suministrar oxígeno, ver figura 16 y 17. Este es el último proceso de tratamiento de agua residual haciendo finalmente el vertimiento en el río Fucha. Las especificaciones se presentan en la tabla 25.

Tabla 25. Especificaciones de lagunas de oxidación.

Laguna de oxidación	1	2
Altura	2,5 m	1,10 m
Largo	31,10 m	30 m
Ancho	85 m	80 m
Área	2.644 m ²	2.400 m ²
Tiempo de retención	8 días	5 días

Fuente: Autores.

Figura 16. Laguna 1



Fuente: Autores.

Figura 17. Laguna 2



Fuente: Autores.

5. DIAGNÓSTICO POR COMPONENTE DEL SISTEMA

Se analizará cada uno de los procesos de la PTAR, según sus características y datos suministrados por Frigoríficos Ble, determinando si cumple y funciona adecuadamente, teniendo en cuenta los parámetros hidráulicos establecidos por el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, resolución 0330 de 08 de junio de 2017³¹ y la normatividad vigente que rige al frigorífico³².

5.1. REJILLA

Para la evaluación del proceso de rejilla se hizo con los datos mencionados en el capítulo anterior, en este proceso se evalúa la pérdida de energía que se presenta en cada una de las rejillas.

5.1.1. Rejilla 1. Esta evaluación se hace con el caudal máximo que podemos presentar en el proceso el cual corresponde a 20 L/s. Para las características ver tabla 26.

La pérdida de energía es calculada por el método de Kirschmer³³ para una rejilla limpia con la siguiente ecuación (5.1).

$$H: \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} * hv * sen\theta \quad (5. 1)$$

³¹ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017.

³² COLOMBIA. EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. (17, Marzo 2015). Por medio de la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017.

³³ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. 288 p.

Donde:

H: Pérdida de energía, m.

β : Factor de forma de las barras, 1.79 para barras circulares.

w: Ancho máximo de la sección transversal de las barras en dirección del flujo, m.

b: Espaciamiento o separación mínima entre barras, m.

hv: Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación, m.

θ : Angulo de la rejilla con la horizontal.

Tabla 26. Características de la primera rejilla

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidad	Criterios de diseño
Caudal máximo	Q _{máx}	0,020	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
Velocidad de acercamiento	v	0,600	m/s	Tratamiento de aguas residuales - Tabla 12.1 características de rejillas residuales 0,30 - 0,6 m/s- Jairo Alberto Romero
Factor de forma de las barras	β	1,790	-	RAS 200- título E- Tabla E.4.6 Coeficiente de pérdida para rejillas 1,79 Para barras de sección transversal circular
Gravedad	g	9,810	m/s ²	
Espaciamiento o separación mínima entre barras	b	0,020	m	obtenida por medición en la rejilla
Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación	hv	0,018	m	Tratamiento de aguas residuales - ecuación 12.2 -Jairo Alberto romero
Ancho máximo de la sección transversal	w	0,0095	m	obtenida por medición en la rejilla
Angulo de la rejilla con la horizontal	θ	60	°	obtenida por medición en la rejilla
Ancho del canal	B	1,150	m	obtenida por medición en la rejilla
Largo del canal	L	4,200	m	obtenida por medición en la rejilla
Longitud total de la rejilla	H	2,100	m	obtenida por medición en la rejilla

Fuente: Autores

La velocidad de acercamiento se toma de manera teórica, el rango esta entre 0,30 – 0, 60 m/s, tomando una velocidad de 0.60 m/s³⁴.

Teniendo en cuenta estos valores se obtiene la perdida de energía en la primera rejilla con la ecuación 5.1.

$$H: 1.79 \left(\frac{0.0064m}{0.02m} \right)^{\frac{4}{3}} * 0.018m * \text{sen}(60^\circ) = 0,011 m$$

La pérdida de energía en una rejilla debe ser < 0.15 m³⁵, siendo la pérdida de 0.011 m, en la rejilla se presenta una remoción del 1% para DBO, DQO y SS³⁶.

Dando cumplimiento a esta condición según la normatividad del RAS 2000.

5.1.2. Rejilla 2. El proceso para calcular la perdida de energía es igual a la rejilla 1, se calcula con la ecuación 5.1. Ver las características de la rejilla 2 en la tabla 27.

³⁴ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,1999. 288 p.

³⁵ *Ibíd.*, p. 288.

³⁶ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. 115 p.

Tabla 27. Características rejilla 2

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidad	Criterios de diseño
Caudal máximo	Q _{máx}	0,020	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
Velocidad de acercamiento	v	0,600	m/s	Tratamiento de aguas residuales - Tabla 12.1 características de rejillas residuales 0,30 - 0,6 m/s- Jairo Alberto Romero
Factor de forma de las barras	β	1,790	-	RAS 200- título E- Tabla E.4.6 Coeficiente de pérdida para rejillas 1,79 Para barras de sección transversal circular
Gravedad	g	9,810	m/s ²	
Espaciamiento o separación mínima entre barras	b	0,010	m	obtenida por medición en la rejilla
Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación	h _v	0,018	m	Tratamiento de aguas residuales - ecuación 12.2 -Jairo alberto romero
Ancho máximo de la sección transversal	w	0,0095	m	obtenida por medición en la rejilla
Angulo de la rejilla con la horizontal	θ	60	°	obtenida por medición en la rejilla
Ancho del canal	B	1,150	m	obtenida por medición en la rejilla
Largo del canal	L	2,500	m	obtenida por medición en la rejilla
Longitud total de la rejilla	H	2,100	m	obtenida por medición en la rejilla

Fuente: Autores

$$H: 1.79 \left(\frac{0.0064m}{0.01m} \right)^{\frac{4}{3}} * 0.018m * \text{sen}(60^\circ) = 0,027 m$$

La pérdida de energía en una rejilla debe ser < 0.15 m³⁷, la pérdida fue 0.027 m, en la rejilla se presenta una remoción del 1%³⁸ para DBO, DQO y SS. Dando cumplimiento a esta condición según la normatividad del RAS 2000.

³⁷ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. 288 p.

³⁸ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996

5.2. TAMIZADO

En el proceso de tamizado se evaluará la pérdida de energía con el caudal máximo que se puede presentar en el proceso, la pérdida de energía es calculada por el método de Kirschmer³⁹ para una rejilla limpia con la ecuación 5.1. Ver características en la tabla 28.

Tabla 28. Características del Tamiz

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidad	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,020	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
Número de tamices	# tamices	2	Tamices	Tratamiento de aguas residuales - Tabla 12.1 características de rejillas residuales -Jairo Alberto romero
Caudal por tamiz	Q _{tamiz}	0,010	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
Velocidad de acercamiento	v	0,6	m/s	Tratamiento de aguas residuales - Tabla 12.1 características de rejillas residuales -Jairo Alberto romero
Factor de forma de las barras	β	1,79	-	RAS 200- título E- Tabla E.4.6 Coeficiente de pérdida para rejillas
Gravedad	g	9,81	m/s ²	
Espaciamiento o separación mínima entre barras	b	0,001	m	Obtenida por medición en la rejilla
Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación	h _v	0,018	m	Tratamiento de aguas residuales - ecuación 12.2 - Jairo Alberto romero
Ancho máximo de la sección transversal	w	0,001	m	obtenida por medición en la rejilla
Angulo de la rejilla con la horizontal	θ	45	°	obtenida por medición en la rejilla
Ancho del canal	B	1,82	m	obtenida por medición en la rejilla

Fuente: Autores

de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. 115 p.

³⁹ ROMERO. Op., cit., p. 288.

La velocidad de acercamiento se toma de manera teórica, el rango esta entre 0,30 – 0, 60 m/s, tomando una velocidad de 0.60 m/s⁴⁰.

Teniendo en cuenta estos valores se obtiene la perdida de energía en el tamiz con ayuda de la ecuación 5.1 se obtiene:

$$H: 1.79 \left(\frac{0.0064m}{0.001m} \right)^{\frac{4}{3}} * 0.018m * \text{sen}(45^\circ) = 0,023 m$$

La pérdida de energía del tamiz debe ser < 0.15 m⁴¹, siendo la pérdida de 0.023 m.

Dando cumplimiento a esta condición según la normatividad del RAS 2000.

La remoción que se da de solidos suspendidos corresponde al 30%⁴².

5.3. SEDIMENTADOR PRIMARIO

En la sedimentación primaria se evaluará el tiempo de retención, el cual nos permitirá llevar a cabo una correcta sedimentación y remoción de los sólidos; se evalúa una unidad, teniendo en cuenta que todos tienen las mismas características y trabajan de la misma manera. Ver tabla 29.

Para hallar el tiempo de retención se utiliza la ecuación 5.2⁴³, se tiene en cuenta datos conocidos, caudal máximo y volumen,

$$Tiempo\ de\ retención = \frac{\vartheta}{Q} \quad (5. 2)$$

Donde:

Q: Caudal, $\frac{m^3}{s}$

ϑ : Volumen, m³

Tr: Tiempo, s

⁴⁰ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. 288 p.

⁴¹ *Ibíd.*, p. 288.

⁴² COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. 115 p.

⁴³ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Purificación del agua. 2 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2006. 119 p.

Tabla 29. Características sedimentador primario

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,020	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
Número de sedimentadores	# sedimentadores	3	sedimentadores	Visita de campo
Altura Efectiva	H	4,8	m	Obtenida de la medición del sedimentador
Largo del sedimentador	L	6,8	m	Obtenida de la medición del sedimentador
Ancho Máximo de cada canal	T	5,700	m	Obtenida de la medición del sedimentador
Velocidad de flujo	v	0,300	m/s	RAS 200- Resolución 0330 Artículo 188 - 117p.
Caudal máximo por canal	Q _{máx} por canal	0,007	m ³ /s	Obtenida de la medición del sedimentador
Velocidad de asentamiento	vs	1,150	m/min	sistemas de lagunas de estabilización- Tabla 6.8
Área	A	39	m ²	Obtenida de la medición del sedimentador
Volumen efectivo	ϑ	186	m ³	Obtenida de la medición del sedimentador

Fuente: Autores

Tabla 30. Tiempos de retención

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Tiempo de retención Q _{máx}	Tr con Q _{máx}	8	horas	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
Tiempo de retención Q _{máx}	Tr con Q _{máx}	0,3167	mín.	
Carga superficial	Cs	14,86068111	m/d	Purificación de agua. 145 p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

Según el RAS 2000 un sedimentador primario debe tener un tiempo de retención de 1,5 – 2,5 horas⁴⁴, el tiempo de retención con caudal máximo es de 8 horas, lo cual

⁴⁴ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. 118 p.

indica que el tiempo de retención presentado en los sedimentadores primarios no cumple según la normatividad.

Para calcular la tasa de desbordamiento se hace por la ecuación 5.3⁴⁵.

$$CS = \frac{Q}{A} \quad (5.3)$$

Donde:

CS: tasa de desbordamiento superficial, m³/m²*d

Q: Caudal, m³/s

A: Área superficial, m²

Obteniendo como resultado una tasa de desbordamiento superficial de 14,94 m³/m²*d, la RAS 2000 establece un rango de 80 -120 m³/m²*d para valores de caudal pico⁴⁶, lo que indica considerablemente un valor lejano a esta medida.

Tiene una eficiencia de remoción teórica porcentual del 30% en DBO, 30% en DQO y 50% en SS⁴⁷.

5.4. MEZCLA RÀPIDA

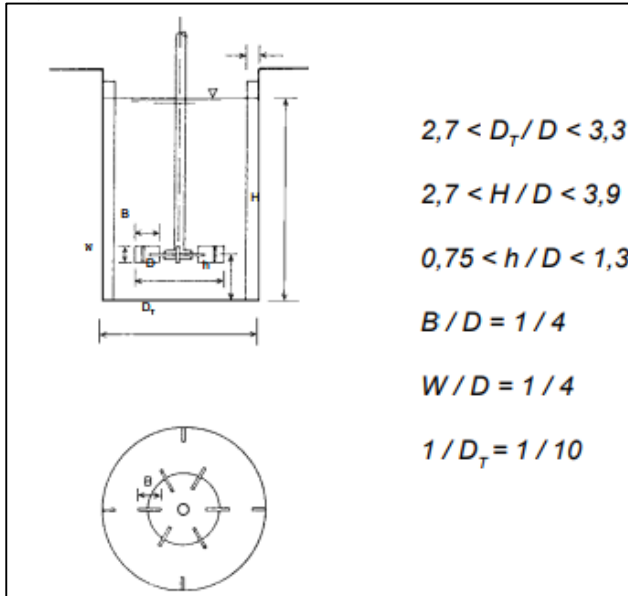
La mezcla rápida se hace mediante un dispositivo mecánico, los parámetros básicos a evaluar son el tiempo de retención y el gradiente hidráulico. Se tendrán en cuenta los parámetros establecidos por la RAS 2000 y también se evaluarán las proporciones según las relaciones de Richter como se ve en la figura 18.

⁴⁵ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Purificación del agua. 2 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2006. 145 p.

⁴⁶ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. 118 p.

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 115.

Figura 18. Relaciones de Richter



Fuente: Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Manual V: Diseño. Tomo I. Criterios de diseño para la dosificación y mezcla rápida. Lima, CEPIS/OPS, 1992.

Teniendo en cuenta los siguientes criterios, se realizó la evaluación de los parámetros mencionados anteriormente. Las características de la mezcla rápida se encuentran en la tabla 31.

Tabla 31. Características del mezclador rápido

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,020	m ³ /s	Obtenida por medición
Ancho del tanque	D _T	1,460	m	Obtenida por medición
Largo del tanque	L	2,450	m	Obtenida por medición
Altura total	H	1,040	m	Obtenida por medición
Volumen efectivo	ϑ	3,72	m ³	Obtenida por medición
Ancho de las paletas	D	0,73	m	Obtenida por medición
Altura de las paletas	w	0,15	m	Obtenida por medición
Espesor de muros	e	0,15	m	Obtenida por medición
Altura entre fondo del tanque y paleta	h	0,54	m	Obtenida por medición
Altura efectiva	H	0,98	m	Obtenida por medición
Ancho Aspa	B	0,35	m	Obtenida por medición

Fuente: Autores

Se obtiene como resultado los valores de la tabla 32, aplicando las relaciones de Richter de la figura 18.

Tabla 32. Evaluación de las relaciones de Richter

RELACIÓN POR RICHTER	Valor relación	Valor	Nota
D/d	3	2.00	NO CUMPLE
e/D	1/10	0.10	NO CUMPLE
$2,7 \leq H/d \leq 3,9$	2,7- 3,9	1.34	NO CUMPLE
$0,75 \leq h/d \leq 1,3$	0,75-1,3	0.74	NO CUMPLE
B/d	1/4	0.48	NO CUMPLE
W/d	1/5	0.21	NO CUMPLE

Fuente: Autores

Según las características del mezclador, se realiza la evaluación de los parámetros relacionados por Richter, se evidencia ninguna cumple. Lo cual no permite una geometría adecuada en el sistema.

En la tabla 33 se muestran los resultados obtenidos del tiempo de retención y gradiente. Estos parámetros son valorados para condiciones críticas de caudal máximo.

Tabla 33. Evaluación mezcla rápida, tiempo de retención y gradiente

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Nota
Tiempo de retención Qmáx	Tr con Qmáx	186,00	s	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
Temperatura	T	18	°C	
Viscosidad dinámica	μ	0,001118	Pa.s	Tratamiento de aguas residuales Tabla B.1,028.p. Jairo Alberto Romero
Volumen	ϑ	3,72	m ³	
Potencia	P	0,75	kW	Información dada por el Frigorífico
Gradiente	G	424,652407 1	s ⁻¹	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

Para hallar el tiempo de retención, se tiene en cuenta datos conocidos como: Caudal máximo y volumen. Se calcula por medio de la ecuación 5.2.

Obteniendo un tiempo de retención con caudal máximo de 186 s, la RAS 2000 sugiere un tiempo de retención $\leq 60 \text{ s}^{48}$, el sistema no está dando cumplimiento a este parámetro de diseño, saliéndose del rango.

El gradiente de velocidad se calcula de la siguiente fórmula (5.4.)⁴⁹:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu * \vartheta}} \quad (5.4)$$

Donde:

G: Gradiente, s^{-1}

P: Potencia disipada, watts

μ : Viscosidad dinámica, $\text{Pa}\cdot\text{s}$

ϑ : Volumen, m^3

El gradiente se evalúa con la potencia del equipo utilizado en mezcla rápida. Teniendo como resultado 424.65 s^{-1} , la RAS 2000 tiene un parámetro de diseño de gradiente entre $500 - 2000 \text{ s}^{-1}$ ⁵⁰. No se está dando cumplimiento a este requisito.

5.5. MEZCLA LENTA

La mezcla lenta se hace mediante un dispositivo mecánico, los parámetros básicos a evaluar son el tiempo de retención y el gradiente de velocidad. Se tendrán en cuenta los parámetros establecidos por la RAS 2000 y también se evaluarán las proporciones según las relaciones inglesas para mezcla lenta. Ver tabla 34.

Teniendo en cuenta los siguientes criterios, se realizó la evaluación de los parámetros mencionados anteriormente. Ver tabla 35.

⁴⁸ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.: RAS, 2000. p. C-42.

⁴⁹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Purificación del agua. 2 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2006. 119 p.

⁵⁰ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.: RAS, 2000. p. C-42.

Tabla 34. Características del mezclador lento

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,020	m ³ /s	Obtenida por medición
Ancho del tanque	D _T	3,060	m	Obtenida por medición
Largo del tanque	L	2,20	m	Obtenida por medición
Altura total	H _T	1,80	m	Obtenida por medición
Volumen efectivo	ϑ	12,12	m ³	Obtenida por medición
Ancho de las paletas	D	1,46	m	Obtenida por medición
Altura de las paletas	w	0,15	m	Obtenida por medición
Espesor de muros	e	0,20	m	Obtenida por medición
Altura entre fondo del tanque y paleta	h	0,40	m	Obtenida por medición
Altura efectiva	H	1,50	m	Obtenida por medición
Ancho Aspa	B	0,70	m	Obtenida por medición

Fuente: Autores

Se obtiene como resultado los valores de la tabla 35 con las relaciones inglesas⁵¹.

Tabla 35. Evaluación de las relaciones inglesas para mezcla

RELACIONESINGLESAS	Valor relación	Valor	Nota
D/T	0,17-0,4	0.48	NO CUMPLE
H/D	2-4	1.03	NO CUMPLE
H/T	0,34-1,6	0.49	CUMPLE
B/D	0,7 - 1,6	0.27	NO CUMPLE

Fuente: Autores

Según las características del mezclador, se realiza la evaluación de los parámetros de las relaciones inglesas, se evidencia que la mayoría no cumple.

En la tabla 36 se muestran los resultados obtenidos del tiempo de retención y gradiente. Esta condición es valorada para condiciones críticas de caudal máximo.

⁵¹ MACKENZIE L, Davis. Water and Wastewater Engineering. 7 ed. New York.: McGraw-Hill, 2010. p. 6-44.

Tabla 36. Evaluación mezcla lenta, tiempo de retención y gradiente

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Tiempo de retención Q _{máx}	Tr con Q _{máx}	10	min	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
Temperatura	T	18	°C	
Viscosidad dinámica	μ	0,001118	Pa.s	Tratamiento de aguas residuales Tabla B.1,028.p. Jairo Alberto Romero
Volumen	ϑ	2,20	m ³	
Potencia	P	0,67	kW	Información dada por el Frigorífico
Gradiente	G	521,92	s ⁻¹	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

Para hallar el tiempo de retención, se tiene en cuenta datos conocidos, caudal máximo y volumen. Por medio de la ecuación 5.2 se calcula.

Obteniendo un tiempo de retención con caudal máximo de 10 min, la RAS 2000 sugiere un tiempo de retención entre 20 – 40 min⁵², el tiempo de retención con caudal máximo es inferior al rango, no está dando cumplimiento a este criterio, al ser un tiempo de retención menor no permite que el proceso se lleva a su totalidad.

El gradiente se evalúa con la potencia del equipo utilizado en mezcla lenta, con ayuda de la ecuación 5.4. Teniendo como resultado 521.92 s⁻¹, la RAS 2000 tiene un parámetro de diseño de gradiente entre 15 – 75 s⁻¹ ⁵³. Dado los resultados del gradiente, no se está cumpliendo, causando pérdidas mayores en el sistema, sobrepasando excesivamente el rango establecido por la RAS 2000.

5.6. UNIDAD DAF

Esta unidad tiene como objetivo la remoción de grasas y aceites, la cual se realiza mediante aire disuelto con burbujas que las suspenden. Se realiza la evaluación de tiempo de retención, carga superficial y presión absoluta de operación, teniendo en cuenta los parámetros generales de diseño de la unidad DAF.

⁵² MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.: RAS, 2000. p. C-47.

⁵³ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.: RAS, 2000. p. C-47.

En la siguiente tabla (37) se muestran los datos requeridos para la evaluación, teniendo en cuenta la temperatura ambiente de la ciudad de Bogotá, concentración de sólidos suspendidos, aplicando una remoción de los procesos anteriores a este, una relación de aire/sólido (A/S) teniendo en cuenta el valor que se utiliza en plantas piloto industriales (0.03 -0.05)⁵⁴ y con caudal máximo.

Tabla 37. Características unidad DAF

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidad	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,02	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
Caudal mínimo	Q _{mín}	0,01	m ³ /s	Catálogo Aire- o2 Microfloat
Profundidad	h	3,66	m	
Diámetro de la unidad Daf	∅	6,1	m	
Área	A _{DAF}	29,22	m ²	
Volumen del tanque	∅	70,14	m ³	
Diámetro de las burbujas	∅ _{burbuja}	10-50	micrones	Catálogo Aire- o2 Microfloat
1 atmosfera	atm	760	mmHg	
Temperatura ambiente	T	15	°C	
Solubilidad de saturación del aire a una atmosfera	C	20,6	mL/L	Tratamiento de Aguas residuales Tabla 15.1 - Jairo Alberto Romero
Densidad del aire	d	1,226	mg/mL	Tratamiento de Aguas residuales Tabla 15.5 - Jairo Alberto Romero
Fracción de aire disuelto a la fracción P _r	f	0,5	Adimensional	Tratamiento de Aguas residuales 351.p, - Jairo Alberto Romero
Presión de vapor del agua	P _v	12,8	mmHg	Tratamiento de Aguas residuales Tabla 15.6 - Jairo Alberto Romero
Presión local atmosférica	P _L	560	mmHg	
Concentración de sólidos suspendidos del afluente	S ₀	11299	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Relación aire/sólido	A/S	0,03	Adimensional	Tratamiento de aguas residuales Ec. 15.4. 352.p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

⁵⁴ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. p. 354.

En la tabla 38. Se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 38. Evaluación unidad DAF

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidad	Fuente
Tiempo de retención	Tr- Qmáx	58,45	minutos	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
Carga superficial	CS-Qmáx	59,13	m/d	Purificación de agua. 145 p. Jairo Alberto Romero
Presión absoluta de operación	P _T	28328,27	mmHg	Tratamiento de aguas residuales Ec. 15.4. 352.p. Jairo Alberto Romero
Presión requerida unidad DAF	P _{TM}	27768,27	mmHg	
		536,95	psi	
		3702,13	kPa	
Carga de sólidos	Carga Qmáx	668,10	kg/m ² d	Tratamiento de aguas residuales. 363.p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

Para hallar el tiempo de retención, se tiene en cuenta datos conocidos, Caudal máximo y volumen. Se determina por la ecuación 5.2. Dando un tiempo de retención de 58,45 minutos, los parámetros estándar indican que debe estar en un rango de 5 – 15 minutos⁵⁵, no se está cumpliendo con esta condición.

Para calcular la carga superficial se hace mediante la siguiente ecuación 5.3. La carga superficial dio 59,13 m/d, el rango de esta debe estar entre 120 – 360 m/d⁵⁶, no cumple, según el RAS 2000

La presión requerida en el sistema (P_T) se obtiene despejando de la ecuación 5.5⁵⁷ .:

$$\frac{A}{S} = \frac{Cd[f(P_T - P_V) - (P_L - P_V)]}{S_0(760 - P_V)} \quad (5.5)$$

Donde:

A/S: Relación aire /sólidos

C: solubilidad de saturación de aire a 1 atm, mL/L

d : Densidad del aire, mg/mL

f: Fracción de aire disuelto a la fracción P_T

P_T: Presión absoluta de operación, mmHg

P_V: Presión de vapor del agua, mmHg

⁵⁵ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. p. 355.

⁵⁶ *Ibid.*, p. 355.

⁵⁷ *Ibid.*, p. 352.

P_L : Presión local atmosférica, mmHg

S_o : Concentración de sólidos suspendidos del afluente, mg/L

La presión que requiere el sistema es de 536.95 psi, equivalente a 377 m.c.a, para lo cual se requiere una bomba de potencia mayor o igual a 5 HP, en el sistema se cuenta con una bomba de 3HP por lo tanto no alcanza a suministrar la presión requerida.

5.7. FILTRO PERCOLADOR

El filtro percolador tiene como objetivo la mayor remoción de DBO, clasificado como filtro percolador de tasa súper alta y con un lecho filtrante de plástico, se tuvieron en cuenta los parámetros de carga hidráulica, carga orgánica y tasa de recirculación. Se evaluó por las ecuaciones del NRC⁵⁸, teniendo en cuenta el criterio de la RAS 2000.

A continuación, se muestra las especificaciones del filtro percolador para ser evaluado.

Tabla 39 Características filtro percolador

Nombre	Valor	Unidades	Fuente
Q max	0,02	l/s	Información dada por le frigorífico
Largo	8,4	m	Obtenida de medición
Ancho	8	m	Obtenida de medición
Altura filtro	4,8	m	Obtenida de medición
Borde libre	0,5	m	Obtenida de medición
Volumen	356,16	m ³	Obtenida de medición
Tiempo de retención	0,21	días	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
% remoción DBO	80	Tasa Alta	RAS 200. Tabla 29, 115p.

Fuente: Autores

En la tabla 40 se presentan los resultados obtenidos.

⁵⁸ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. p. 566.

Tabla 40 Evaluación filtro percolador, por ecuaciones NRC

Nombre	Abreviaturas	Valor	Unidades	Fuente
Eficiencia fraccional de remoción DBO	E1	0,47	-	Tratamiento de Agua Residual - ec. 20,17 p.566- Jairo Alberto Romero
Carga orgánica aplicada al filtro	W1	3326,46	KgDBO/día	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Factor de recirculación del filtro	F1	1,36	-	Tratamiento de Agua Residual - ec. 20,17 p.566- Jairo Alberto Romero
Relación de recirculación	R	0,50	m ³ /s	Tratamiento de Agua Residual - ec. 20,17 p.566- Jairo Alberto Romero
Caudal Afluyente	Q	1728,00	c	Información dada por le frigorífico
Caudal Recirculación	Qr	864,00	m ³ /día	Información dada por le frigorífico
Volumen total del medio filtrante	V1	356,16	m ³	Obtenida de medición
Carga hidráulica superficial	CHS	38,57	m ³ /m ² *d	Tratamiento de Agua Residual p.589- Jairo Alberto Romero
Carga hidráulica volumétrica	CHV	7,28	m ³ /m ³ *d	Tratamiento de Agua Residual p.589- Jairo Alberto Romero
Carga orgánica superficial	COS	49,50	Kg DBO/m ² *d	Tratamiento de Agua Residual p.590 - Jairo Alberto Romero
Carga orgánica volumétrica	COV	9,34	Kg DBO/m ³ *d	Tratamiento de Agua Residual p.590 - Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

Para calcular la carga hidráulica se realizó por la siguiente la ecuación 5.6⁵⁹.

$$CHS = \frac{(1 + R) * Q}{A} \quad (5. 6)$$

⁵⁹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,1999. p. 589.

Donde:

CHS: Carga hidráulica, m³/m²*d
R: Relación de recirculación para filtro
Q: Caudal afluente sin incluir recirculación, m³/d
A: Área superficial del filtro, m²

Dando como resultado una carga hidráulica superficial de 49,50 m³/m²*d, el rango que estipula la RAS 2000 para carga hidráulica superficial es de 10 – 75 m³/m²*d⁶⁰ para alta tasa plástica, está cumpliendo con esta condición.

Para estimar la carga orgánica se hizo por la siguiente ecuación (5.7):

$$COV = \frac{W_1}{\vartheta} \quad (5.7)$$

Donde:

COV: Carga orgánica volumétrica, Kg DBO/m³*d
W₁: Carga orgánica aplicada al filtro, Kg DBO/d
ϑ : Volumen total del medio filtrante, m³

De la solución se obtuvo un valor de 9,34 Kg DBO/m³*d, para un filtro percolador según la RAS 2000 debe estar entre 0.6 - 3.2 Kg DBO/m³*d⁶¹, no cumple esta propiedad significativamente.

Para obtener la eficiencia de remoción de DBO en el proceso incluyendo recirculación y sedimentación, se halla con la ecuación 5.8 ⁶², de la siguiente forma:

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0,443 * \sqrt{\frac{W_1}{\vartheta * F_1}}} \quad (5.8)$$

Donde:

E₁: Eficiencia de remoción de DBO, en el proceso incluyendo recirculación y sedimentación
W₁: Carga orgánica aplicada al filtro, Kg DBO/d

⁶⁰ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 122.

⁶¹ *Ibíd.*, p. 122.

⁶² ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,1999. p. 566.

ϑ : Volumen total del medio filtrante, m³
F₁: Factor de recirculación del filtro

La eficiencia de remoción obtenida según el cálculo nos da de 0.43, un 43 % de remoción del DBO, por lo cual no estaría cumpliendo con lo esperado (80 %), ni tampoco según la RAS 2000 ya que debería tener una remoción del 75 – 95 %⁶³ de DBO.

5.8. SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

En los sedimentadores secundarios se hace la remoción de biomasa y sólidos suspendidos, luego de procesos como filtros percoladores, se debe tener en cuenta tasa de desbordamiento superficial, carga de sólidos y tiempo de retención, se evalúa tanto para caudal máximo y caudal promedio. Se comprueba según la RAS 2000.

Las características que presentan el sedimentador secundario son (ver tabla 41):

⁶³ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 122.

Tabla 41 Características sedimentador secundario

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuentes
Caudal máximo por sedimentador	Q _{máx}	0,010	m ³ /s	Informacion dada por le frigorifico
Caudal promedio por sedimentador	Q _{prom}	0,007	m ³ /s	Informacion dada por le frigorifico
Ancho	T	3,24	m	Obtenidos de medición
Longitud	L	10,40	m	Obtenidos de medición
Altura efectiva	H	1,000	m	Obtenidos de medición
Velocidad de flujo	v	0,300	m/s	RAS 200- Resolucion 0330 Articulo 188 - 117p.
Velocidad de asentamiento	vs	1,150	m/min	
Área	A	33,70	m ²	Obtenidos de medición
Volumen efectivo	ϑ	34	m ³	Obtenidos de medición
Solidos suspendidos totales	SST	11299,241	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Solidos suspendidos totales Q _{máx}	SST Q _{máx}	9762,544	Kg/d	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Solidos suspendidos totales Q _{prom}	SST Q _{prom}	6833,781	Kg/d	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos

Fuente: Autores

Los resultados son los siguientes:

Tabla 42 Evaluación sedimentador secundario

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Tiempo de retención	Tr Q _{máx}	0,94	horas	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
	Tr Q _{prom}	1,34	horas	
Tasa de desbordamiento superficial	TDS Q _{máx}	25,64	m ³ /m ² *d	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
	TDS Q _{prom}	17,95	m ³ /m ² *d	

Fuente: Autores

Para hallar el tiempo de retención, se tiene en cuenta datos conocidos, Caudal máximo y volumen. Ver tabla 42 para resultados, se hace por la ecuación 5.2.

Obteniendo un tiempo de retención de 0,94 y 1,34 horas, para caudales máximo y promedio respectivamente, el tiempo de retención según las RAS 2000 debe estar entre 2 -3.5 horas⁶⁴, no se está cumpliendo con este criterio.

Para calcular la tasa de desbordamiento se hace por la ecuación 5.3. La tasa de desbordamiento superficial para caudal máximo fue de 25,64 m³/m²d, el rango establecido por el RAS 2000 es 40 - 64 m³/m²d⁶⁵, dando como resultado un valor menor al intervalo mencionado anteriormente, para caudal promedio dio 17,95 m³/m²*d debe estar entre 16 – 28 m³/m²d, con el caudal promedio la tasa de desbordamiento superficial cumple según la RAS 2000⁶⁶.

5.9. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Al hacer la evaluación de las lagunas, se encontró que por las características que tiene no es una laguna aeróbica sino una facultativa, porque su profundidad es de 1.5 – 2.5 m evaluándola de esa manera, por el modelo de Marais y Meiring⁶⁷, se tendrá en cuenta la carga orgánica superficial, tiempo de retención, concentración del DBO en el efluente. Para las características ver la tabla 43.

A continuación, se muestra una tabla con las características de la laguna tanto secundaria como primaria.

⁶⁴ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 124.

⁶⁵ *Ibíd.*, p. 124.

⁶⁶ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 124.

⁶⁷ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. p. 153.

Tabla 43. Características laguna primaria

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,02	m ³ /s	Información dada por el frigorífico
Caudal diario	Q _d	1728,00	m ³ /día	
Concentración DBO Afluente	C _o	805,65	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Concentración DBO efluente	C	391,65	mg/L	
Temperatura mínima	T min	17,00	C	Información dada por el frigorífico
Temperatura máxima	T máx	20,00	C	
Profundidad	D	2,50	m	Obtenida por medición
Área	A	2644,00	m ²	
Volumen	ϑ	6610,00	m ³	

Fuente: Autores

Los datos que se obtuvieron se exponen en la tabla siguiente.

Tabla 44. Evaluación laguna primaria

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Constante de remoción	K _T	0,276	d ⁻¹	Lagunas de estabilización de aguas residuales ec. 6,8 Jairo Alberto Romero
Concentración DBO del efluente	C	46,15	mg/L	Lagunas de estabilización de aguas residuales ec. 6,11 Jairo Alberto Romero
Tiempo de retención	θ	4	d	Lagunas de estabilización de aguas residuales ec. 6,6 Jairo Alberto Romero
Carga orgánica superficial	COS	5265,37	kg DBO/ha*d	Lagunas de estabilización de aguas residuales 154.p Jairo Alberto Romero
Carga orgánica volumétrica	COV	210,61	g DBO/m ³ *d	

Fuente: Autores

Para calcular la concentración de DBO en el efluente se recomienda según Marais y Meiring, que no exceda el valor por la siguiente relación (ecuación 5.9)⁶⁸:

$$C = \frac{600}{2d + 8} \quad (5.9)$$

Donde:

C: Concentración de DBO del efluente en laguna facultativa, mg/L
d: Profundidad de la laguna, m

Al hacer el cálculo de la concentración de DBO para la laguna nos da un valor de 46,15 mg/L, el valor de DBO es mayor a este, lo cual afecta, que en la laguna facultativa se mantenga predominantemente aeróbica.

El tiempo de retención se halla por medio de la ecuación 5.10⁶⁹:

$$\theta = \frac{\vartheta}{Qd} \quad (5.10)$$

Donde:

Θ : Tiempo de retención, d
 ϑ : Volumen, m³
Qd: Caudal diario, m³/d

El tiempo de retención que nos dio al hacer el cálculo fue de 4 días, no está cumpliendo con esta condición según el RAS 2000 debe ser entre 5- 30 días⁷⁰.

Por la ecuación 5.11⁷¹, se calcula la carga orgánica superficial, como se muestra a continuación:

$$COS = \frac{DBO_{afluente} * Q}{A} \quad (5.11)$$

⁶⁸ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. p. 153.

⁶⁹ *Ibíd.*, p. 153.

⁷⁰ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 125.

⁷¹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. p. 153.

Donde:

COS: Carga orgánica superficial, kg DBO/ ha*d

DBO_{afleunte}: Carga DBO efluente en la laguna facultativa, mg/L

A: Área superficial, ha

Q: Caudal, m³/d

Dio como resultado un valor de 5265.37 Kg DBO/ ha*d, según los parámetros del RAS 2000 esta carga debe ser entre 100 - 350 Kg DBO/ ha*d⁷², no se está cumpliendo con esta condición.

La evaluación para la laguna facultativa secundaria se hace de la misma manera, a continuación, se muestran las características de esta (Ver tabla 46.).

Tabla 45. Características de laguna secundaria

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Nota
Caudal máximo	Q _{máx}	0,02	m ³ /s	Información dada por el frigorífico
Caudal diario	Q _d	1728,00	m ³ /día	
concentración DBO Afluente	C _o	391,65	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Concentración DBO efluente	C	199,87	mg/L	
Temperatura mínima	T min	17,00	C	Información dada por el frigorífico
Temperatura máxima	T máx	20,00	C	
Profundidad	D	2,50	m	Obtenida por medición
Área	A	2400,00	m ²	
Volumen	ϑ	6000,00	m ³	

Fuente: Autores

Los cálculos obtenidos, fueron:

⁷² COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 125.

Tabla 46. Evaluación laguna facultativa

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Constante de remoción	K_T	0,276341403	d^{-1}	Lagunas de estabilización de aguas residuales ec. 6,8 Jairo Alberto Romero
Concentración DBO del efluente	C	46,15	mg/L	Lagunas de estabilización de aguas residuales ec. 6,11 Jairo Alberto Romero
Tiempo de retención	θ	3	d	Lagunas de estabilización de aguas residuales ec. 6,6 Jairo Alberto Romero
Carga orgánica superficial	COS	2819,87	kg DBO/ha*d	Lagunas de estabilización de aguas residuales 154.p Jairo Alberto Romero
Carga orgánica volumétrica	COV	112,79	g DBO/m ³ *d	

Fuente: Autores

El tiempo de retención se halla por medio de la ecuación 5.10. El tiempo de retención que dio al hacer el cálculo fue de 3 días, no está cumpliendo con esta condición según el RAS 2000 debe ser entre 5 - 30 días⁷³.

Se calcula la carga orgánica superficial con ayuda de la ecuación 5.11. Dio como resultado un valor de 2819.87 Kg DBO/ ha*d, según los parámetros del RAS 2000 esta carga debe ser entre 100 - 350 Kg DBO/ ha*d⁷⁴, no se está cumpliendo con esta condición.

⁷³ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 125.

⁷⁴ *Ibíd.*, p. 125.

6. PROPUESTA DE DISEÑO

Teniendo en cuenta la evaluación realizada anteriormente para cada proceso, analizando según los parámetros establecidos por la RAS-2000, se propone a continuación el diseño y mejoras que se pueden implementar para generar un funcionamiento adecuado en la PTAR, así mismo alcanzar una mejor efectividad en el manejo de residuos líquidos provenientes de la actividad de faenado, haciendo cumplimiento a la normatividad vigente. El parámetro más utilizado para el cálculo de cada proceso es el DBO y la remoción se hará teóricamente.

La propuesta planteada es sencilla, en cuanto al número de procesos con los que cuenta, teniendo como principio mantener un proceso físico y biológico, erradicando el proceso químico, donde la efectividad no depende del número de procesos sino de la eficiencia con la que funcionen. Por lo tanto, se decide retirar ciertas estructuras presentes en la PTAR, como se pudo observar en la evaluación y en las visitas realizadas, los procesos presentan falencias en su funcionamiento y en algunos casos se contrarrestan unos a otros.

Los procesos retirados son:

- Homogenización y aireación
- Coagulación y floculación
- Remoción de grasas y aceites
- Lagunas de estabilización

6.1. CAUSA DE LA ELIMINACIÓN DE PROCESOS

6.1.1. Homogenización y aireación. Este proceso tiene un tanque homogenizador con un aireador, no pudo ser evaluado teóricamente debido a las dificultades para obtener mediciones de aforamiento de caudal, según lo observado en las visitas técnicas, se pudo evidenciar que no cuenta con una aireación homogénea, produciendo zonas muertas donde se demora el paso del aireador, generando malos olores. En la figura 19 se presentan las zonas aireadas a la izquierda y a la derecha las no aireadas.

Figura 19. Zonas muertas tanque homogenizador



Fuente: Autores

6.1.2. Coagulación y floculación. Las estructuras existentes son mezcla rápida y mezcla lenta, encargados de la agitación del coagulante y floculante para la obtención del floc. Debido a que la propuesta va a ser netamente física y biológica se decide retirar estas estructuras que tienen funcionalidad química. Como se evidencio en la evaluación, no cumplen con las características de diseño requeridas para un buen funcionamiento hidráulico, tampoco mantiene una geometría adecuada, con relación al tanque de mezclado y el equipo, causando zonas muertas presentando el fenómeno de cortocircuito (acumulación de lodos en zonas muertas). En el tanque de mezcla lenta se observó, que hay una salida abrupta causando un probable rompimiento del floc. Haciendo que este proceso se pierda, ver figura 20.

Figura 20. Salida mezcla lenta



Fuente: Autores

6.1.3. Remoción de grasas y aceites. Conformada por la unidad DAF, tiene como objetivo la suspensión de grasas y aceites por medio de micro burbujas. Este no presenta cumplimiento en su totalidad, como se mostró anteriormente en la evaluación. En la visita técnica se evidencio la falta de generación de burbujas en la estructura, el compresor lo ponen la funcionar intermitentemente y no tiene la potencia suficiente para la producción de micro burbujas, siendo este uno de los factores más importantes para un adecuado funcionamiento y remoción de grasas y aceites. Ver figura 21.

Figura 21. Burbujas unidad DAF.



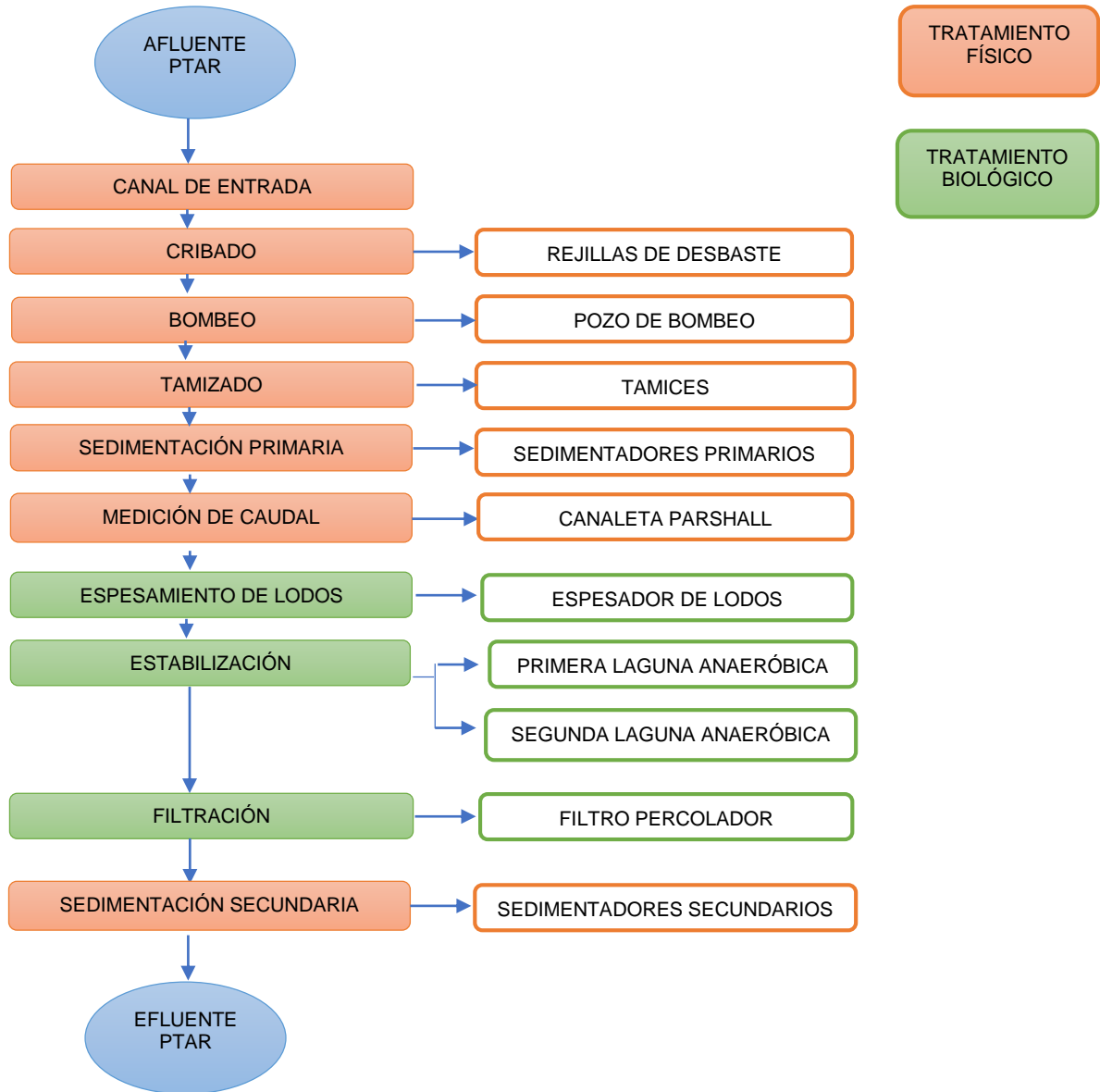
Fuente: Autores

6.1.4. Lagunas de estabilización. Tiene dos lagunas facultativas, estas serán reemplazadas por 2 lagunas anaerobias, aunque las facultativas trabajen aeróbicamente y anaeróbicamente, según la evaluación planteada predomina el funcionamiento aerobio, haciendo que la carga de DBO que se necesita remover no tenga eficiencia suficiente. Las lagunas facultativas ocupan una mayor área para trabajar funcionalmente mientras que las anaeróbicas no.

6.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA

A continuación, se expone el nuevo sistema del tren de tratamiento de agua residuales en Frigoríficos Ble, ver diagrama 4.

Diagrama 4. Diagrama de flujo, propuesta procesos de la PTAR



Fuente: Autores

- 6.2.1. Cribado.** El cribado está conformado por 2 rejillas, según la evaluación realizada anteriormente ambas rejillas cumplen con la pérdida de energía satisfactoriamente y las características de diseño según el RAS 2000, por lo tanto, no se hace ningún tipo de modificación en el diseño y funcionamiento en este proceso. Ver tabla 15.
- 6.2.2. Tamizado.** Los valores obtenidos en la pérdida de energía en este proceso por parte de los tamices, cumplen con los rangos establecidos por el RAS 2000, teniendo en cuenta esto y la remoción significativa que se hace de sólidos suspendidos no se hará ningún tipo de cambio en el diseño. Para las dimensiones ver tabla 16.
- 6.2.3. Sedimentación primaria.** Sabiendo que el tiempo de retención nos permite realizar una remoción de sólidos y sedimentación correcta, se decidió realizar una alternativa de diseño en este proceso, ya que el tiempo de retención obtenido en los cálculos no cumple según el RAS 2000, se excede considerablemente, lo cual produce problemas de oxígeno disuelto bajo, provocando un sistema más anaeróbico.

A continuación, se expone el mejoramiento para la sedimentación primaria.

Para el diseño de los sedimentadores primarios, se decide dejar los existentes manteniendo en lo posible las dimensiones de estos. Como criterio de diseño se escoge la carga superficial de $80 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}^{75}$ para un caudal pico, se toma una altura efectiva de 4 m^{76} . Los parámetros son escogidos según el RAS 2000, como se exponen en la siguiente tabla.

⁷⁵ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 118.

⁷⁶ *Ibíd.*, p. 118.

Tabla 47. Datos de entrada, diseño para sedimentado primario

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,007	m ³ /s	Información brindada por el frigorífico
		576,000	m ³ /d	
Carga superficial	C _s	80,000	m/d	RAS 200 - Resolución 0330 - Artículo 189. 118 p.
Profundidad del agua	H _a	4,0	m	RAS 200 - Resolución 0330 - Artículo 189. 118 p.
constante de cohesión	K	0,040		Tratamiento de aguas residuales. 641 p. Jairo Alberto Romero
Factor de fricción de Darcy-Weisbach	f	0,020		Tratamiento de aguas residuales. 641 p. Jairo Alberto Romero
Densidad relativa de las partículas	s	1,250		Tratamiento de aguas residuales. 641 p. Jairo Alberto Romero
Aceleración gravitacional	g	9,810	m/s ²	
Diámetro de las partículas	d	1,E-05	m	Tratamiento de aguas residuales. 641 p. Jairo Alberto Romero
Temperatura	T	17,000	C	Información brindada por el frigorífico

Fuente: Autores

Tabla 48 Diseño sedimentador primario

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Área	A	9,000	m ²	RAS 200 - Resolución 0330 - Artículo 189. 118 p.
Relación longitud/ancho	-	1,500		
Ancho	B	2,5	m	
Longitud	L	4	m	
Volumen	ϑ	36	m ³	
Carga de rebose sobre el vertedero	Cs	1,7	L/m*s	Purificación de agua. 145 p. Jairo Alberto Romero
Tiempo de retención	Tr	1,50	h	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
Velocidad crítica de arrastre	Vc	1,19	m/min	Tratamiento de aguas residuales. 640 p. Jairo Alberto Romero
Velocidad horizontal	VH	0,040816327	m/min	Purificación de agua. 95 p. Jairo Alberto Romero
Tiempo de retención corregido	Trc	2,19	h	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria
Remoción teórica de DBO	R	35,42	%	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria

Fuente: Autores

Se establece una relación de Largo/ Ancho del 1,5/1⁷⁷ teniendo como resultado:

Ancho: 2,5 m

Longitud: 4 m

Altura efectiva: 4 m

Con estas dimensiones se procede a calcular el tiempo de retención, siendo este uno de los parámetros más importantes, para que el sistema no tenga un funcionamiento anaeróbico, el tiempo de retención se calcula de la ecuación 5.2.

⁷⁷ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 118.

Según el RAS 2000 un sedimentador primario debe tener un tiempo de retención de 1,5 – 2,5 horas⁷⁸, se obtiene un tiempo de retención de 1,5 h, dando cumplimiento a este criterio.

Ya habiendo cumplido estos parámetros se dispone a evaluar la velocidad crítica de arrastre, por medio de la ecuación 6.12⁷⁹:

$$v_c = \left[\frac{8k(s-1)g * d}{f} \right]^{0.5} \quad (6. 1)$$

Donde:

Vc: Velocidad crítica de arrastre, m/s

K: 0.04 para material unigranular

F: 0.02- 0.03, factor de fricción de Darcy – Weisbach

S: Densidad relativa de las partículas

G: Aceleración gravitacional, m/s²

D: Diámetro de las partículas

Se recomienda que la velocidad crítica de arrastre debe ser menos a 1,5 m/min⁸⁰, dando como resultado una 1,19 m/ min, se cumple con esta recomendación de diseño, se debe cerciorar que la velocidad horizontal sea inferior a la velocidad crítica de arrastre, se calcula de la ecuación 6.13⁸¹:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (6. 2)$$

Donde:

Q: Caudal, $\frac{m^3}{min}$

V: Velocidad, m/min

A: Área, m

Haciendo el cálculo correspondiente se tiene una velocidad horizontal de 0.040 m/min, la cual es menor a la velocidad crítica de arrastre, al cumplir estas dos velocidades se garantiza que el material sedimentado no será re suspendido.

⁷⁸ *Ibíd.*, p. 118.

⁷⁹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. p. 640.

⁸⁰ *Ibíd.*, p. 641.

⁸¹ *Ibíd.*, p. 643.

Para tener una mayor precisión en la remoción de la carga de DBO se calcula un tiempo de retención corregido con la ecuación 6.14⁸², dependiendo de la temperatura de diseño

$$Trc = 1.82 * e * (-0,03 * T * 2) \quad (6. 3)$$

Donde:

Trc: Tiempo de retención corregido, horas

T: Temperatura, °C

Dando como resultado un tiempo de retención corregido de 2,19 horas, cumpliendo con el rango establecido por la RAS 2000 que es de 1,5 a 2,5 horas⁸³.

Teniendo el tiempo de retención corregido se calcula la remoción teórica del DBO en los sedimentadores primarios, por medio de la ecuación 6.15⁸⁴:

$$R = \frac{Trc}{(a + b * Trc)} \quad (6. 4)$$

Donde:

Trc: Tiempo de retención corregido, horas

R: Remoción teórica de DBO, %

a: Coeficiente experimental.

b: Coeficiente experimental.

La remoción teórica que se presenta en el sedimentador es del 35% de DBO, conociendo que el rango de remoción según la RAS 2000 es de 30 a 40 %⁸⁵.

⁸² Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Manual V: Diseño. Tomo I. Criterios de diseño para la dosificación y mezcla rápida. Lima, CEPIS/OPS, 1992.

⁸³ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 118.

⁸⁴ Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Op., tomo I.

⁸⁵ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Op., p. 115.

6.2.4. Canaleta Parshall. La canaleta Parshall continua con su función de medición de caudal, conservando su estructura. Las características ya se expresadas en la tabla 19.

6.2.5. Lagunas anaeróbicas. Para el diseño de la PTAR se decide reemplazar las lagunas facultativas, haciendo dos lagunas anaeróbicas en serie, ya que son utilizadas usualmente como lagunas primarias en aguas residuales industriales, donde soportan cargas mayores a 1000 mg/L, sin requerir grandes extensiones de área, se hace con el fin de reducir la carga contaminante DBO, la cual no se logra remover con los procesos actuales.

6.2.5.1. Primera laguna anaeróbica. Esta laguna recibe la carga contaminante que viene de los sedimentadores primarios, la cual tendrá como función remover gran cantidad de carga orgánica, solidos suspendidos, grasas y aceites. La tabla 49 muestra las características a tener en cuenta para el diseño.

Tabla 49. Datos de entrada, diseño laguna anaeróbica

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,02	m ³ /s	Información dada por el Frigorífico
Caudal diario	Q _d	1728	m ³ /día	
concentración DBO Afluente	Co	2107,08	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Temperatura mínima	T min	17	C	Información dada por el Frigorífico
Altura	H	5	m	Lagunas de estabilización de aguas residuales Tabla 6.8 Jairo Alberto Romero
Población per cápita	ppc	35	g/d	Tratamiento de aguas residuales 160 p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

La propuesta se realiza, teniendo en cuenta el tiempo de retención de 5 días⁸⁶, siendo este uno de los parámetros más importantes para su óptimo funcionamiento y eliminación de carga orgánica. La tabla 50 se expone el resumen de resultados de la propuesta.

⁸⁶ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. p. 173.

Tabla 50. Propuesta laguna anaeróbica

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Nota
Tiempo de retención asumido	θ	5	días	RAS 2000- resolución 0330 - Artículo 198
Volumen de la laguna	ϑ_{total}	8640	m ³	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
Población servida	ps	104029,5645		Lagunas de estabilización de aguas residuales 175 p. Jairo Alberto Romero
Periodo de desenlode	Pd	0,69	años	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
Carga orgánica volumétrica	COV	421,42	g DBO ₅ /m ³ *d	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
Área	A	1728	m ²	
		0,17	ha	
Carga orgánica superficial	COS	24387,50	kg DBO /ha*d	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
DBO efluente	DBO _{efluente}	842,83	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos

Fuente: Autores

El parámetro evaluado por el RAS 2000, es la carga orgánica volumétrica, la cual es calculada de la siguiente ecuación (6.16)⁸⁷:

$$COV = \frac{Co * Qd}{\vartheta_{total}} \quad (6.5)$$

Donde:

COV: Carga orgánica volumétrica, g DBO/m³ * d

Co: concentración DBO afluente, mg/L

Qd: Caudal diario, m³/día

⁸⁷ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. p. 176.

ϑ_{total} : Volumen total de la laguna, m³

Dando como resultado una COV de 421,42 g DBO/m³ * d, el parámetro estipulado por el RAS 2000 es de 100 –500 g $\frac{DBO}{m^3}$ * d⁸⁸, dando cumplimiento a esta condición de diseño.

Por lo tanto, este diseño es óptimo para las condiciones planteadas y cumple también según el RAS 2000, con una eficiencia de remoción de DBO será del 60%⁸⁹.

6.2.5.2. Segunda laguna anaeróbica. Esta laguna recibe la carga contaminante proveniente de la primera laguna anaeróbica. La cual tendrá como función remover en gran cantidad carga orgánica, sólidos suspendidos, grasas y aceites, La tabla 51. Muestra las características a tener en cuenta para el diseño.

Tabla 51. Datos de entrada, diseño segunda laguna anaeróbica

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo	Q _{máx}	0,02	m ³ /s	Información dada por el Frigorífico
Caudal diario	Q _d	1728	m ³ /día	
concentración DBO Afluente	Co	842,83	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Temperatura mínima	T min	17	C	Información dada por el Frigorífico
Altura	H	5	m	Lagunas de estabilización de aguas residuales Tabla 6.8 Jairo Alberto Romero
Población per cápita	ppc	35	g/d	Tratamiento de aguas residuales 160 p. Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

La propuesta se realiza, teniendo en cuenta el tiempo de retención de 3 días⁹⁰, siendo este uno de los parámetros más importantes para su óptimo

⁸⁸ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 125.

⁸⁹ *Ibíd.*, p. 115.

⁹⁰ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico

funcionamiento y eliminación de carga orgánica. El resumen se presenta en la tabla 52.

Tabla 52. Propuesta segunda laguna anaeróbica

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Nota
Tiempo de retención asumido	θ	3	días	RAS 2000- resolución 0330 - Artículo 198
Volumen de la laguna	ϑ total	5184	m ³	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
Población servida	ps	41611,8258 1		Lagunas de estabilización de aguas residuales 175 p. Jairo Alberto Romero
Periodo de desenlode	Pd	1,04	años	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
Carga orgánica volumétrica	COV	280,94	g DBO5/m ³ * d	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
Área	A	1036,8	m ²	
		0,10	ha	
Carga orgánica superficial	COS	16258,34	kg DBO /ha*d	Lagunas de estabilización de aguas residuales 176 p. Jairo Alberto Romero
DBO efluente	DBO efluente	421,42	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos

Fuente: Autores

El parámetro evaluado por el RAS 2000, es la carga orgánica volumétrica, la cual es calculada de la ecuación 6.16. Dando como resultado una COV de 280,94 g DBO/m³ * d, el parámetro estipulado por el RAS 2000 es de 100 – 500 g $\frac{DBO}{m^3} * d$ ⁹¹, dando cumplimiento a esta condición de diseño.

para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 125.

⁹¹ Ibíd., p. 125.

Por lo tanto, este diseño es óptimo para las condiciones planteadas y cumple también según el RAS 2000, con una eficiencia de remoción de DBO será del 50%⁹².

6.2.6. Filtro percolador. Se hace el diseño del filtro percolador con el fin de complementar y remover parte de la carga orgánica, mejorando significativamente la calidad del agua. Se hace con recirculación del caudal de un 50% para incrementar la eficiencia en el proceso y remoción de DBO. Seguidamente se evidencia los datos de entrada y propuesta, ver tabla 53 y 54.

Tabla 53. Datos de entrada, diseño del filtro percolador

Nombre	Abreviaturas	Valor	Unidades	Fuente
DBO afluente del filtro	Co	421,42	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Caudal	Q	0,02	m ³ /s	Información dada por el Frigorífico
Caudal diario	Qd	1728,00	m ³ /día	
Recirculación	R	50,00	%	
Profundidad lecho filtrante	H	5,5	m	RAS 2000- RESOLUCION 03330 p 122
DBO afluente del filtro	C	105,35	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos

Fuente: Autores

La propuesta de diseño del filtro percolador se hace por el método NRC⁹³, su forma será rectangular. Se tendrán en cuenta como requisito de diseño la carga hidráulica superficial y carga orgánica volumétrica.

⁹² *Ibíd.*, p. 115.

⁹³ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1999. p. 566.

Tabla 54. Propuesta de diseño del filtro percolador

Nombre	Abreviaturas	Valor	Unidades	Fuente
Eficiencia fraccional de remoción DBO	E1	0,75	-	Tratamiento de Agua Residual - ec. 20,17 p.566- Jairo Alberto Romero
Carga orgánica aplicada al filtro	W1	728,21	KgDBO/dia	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Relación de recirculación	R	0,50	-	Tratamiento de Agua Residual - ec. 20,17 p.566- Jairo Alberto Romero
Factor de recirculación del filtro	F1	1,36	m ³ /s	Tratamiento de Agua Residual - ec. 20,17 p.566- Jairo Alberto Romero
Volumen total del medio filtrante	ϑ	945,35	m ³	
Área superficial del filtro	A	172	m ²	
Lado del filtro	L	13	m	
Carga hidráulica superficial	CHS	10	m ³ /m ² *d	Tratamiento de Agua Residual p.589- Jairo Alberto Romero
Carga hidráulica volumétrica	CHV	1,83	m ³ /m ³ *d	Tratamiento de Agua Residual p.589- Jairo Alberto Romero
Carga orgánica superficial	COS	4,24	Kg DBO/m ² *d	Tratamiento de Agua Residual p.590 - Jairo Alberto Romero
Carga orgánica volumétrica	COV	0,8	Kg DBO/m ³ *d	Tratamiento de Agua Residual p.590 - Jairo Alberto Romero

Fuente: Autores

Según los datos obtenidos en los cálculos de carga hidráulica superficial y carga orgánica volumétrica, el filtro percolador se clasifica de alta tasa con un lecho filtrante de plástico y con profundidad de 5,5 m.

La carga hidráulica superficial se calcula por la ecuación 5.3. Según el RAS 2000, este criterio debe estar en un rango de $10 - 75 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ⁹⁴, obteniendo como valor final $10 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, cumpliendo con esta condición.

La carga orgánica volumétrica se halla de la ecuación 5.7. El RAS 2000 establece un rango de $0,6 - 3,2 \text{ Kg DBO}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ ⁹⁵ para carga orgánica volumétrica, el resultado de la operación es $0,8 \text{ Kg DBO}/\text{m}^3\cdot\text{d}$, indicando cumplimiento al parámetro.

Con estas condiciones establecidas se espera tener un efluente de 105,35 mg/L de DBO.

6.2.7. Sedimentación secundaria Es el último proceso en el tratamiento de agua residual, se hace con el fin de complementar los procesos anteriores, por la acumulación de lodos provenientes del filtro percolador generados en la recirculación que se presenta y terminar de remover parte de la carga orgánica restante, sólidos suspendidos totales, mejorando significativamente la calidad del agua en el vertimiento. Seguidamente se presenta la propuesta a mejorar en los sedimentadores secundarios en la tabla 55.

⁹⁴ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 122.

⁹⁵ *Ibíd.*, p. 122.

Tabla 55. Datos de entrada sedimentación secundaria

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Caudal máximo por sedimentador	Q _{máx}	0,010	m ³ /s	Información dada por el Frigorífico
Caudal diario máximo por sedimentador	Q _d	864,000	m ³ /d	
Caudal promedio por sedimentador	Q _{prom}	0,007	m ³ /s	
Ancho	T	3,24	m	Obtenida por medición
Longitud	L	10,40	m	Obtenida por medición
Altura efectiva	H	2,500	m	RAS2000 resolución 03330 p. 122
Velocidad de flujo	v	0,300	m/s	RAS 2000- Resolución 0330 Artículo 188 - 117p.
Velocidad de asentamiento	v _s	1,150	m/min	
Área	A	33,70	m ²	
Volumen efectivo	ϑ	84	m ³	
Sólidos suspendidos totales	SST	348,662	mg/L	Tomado de remoción teórica de los datos estadísticos
Sólidos suspendidos totales Q _{máx}	SST Q _{máx}	301,244	Kg/d	
Sólidos suspendidos totales Q _{prom}	SST Q _{prom}	210,871	Kg/d	

Fuente: Autores

La propuesta para la sedimentación secundaria se hace en base a los sedimentadores ya existentes, procurando dejar las mismas dimensiones y modificar solo la altura, basándonos en el RAS 2000. Sabiendo que los parámetros a tener en cuenta para un adecuado funcionamiento son: La tasa de desbordamiento superficial y el tiempo de retención; se decide aumentar la altura, para así calcular estos dos requisitos. En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos.

Tabla 56. Parámetros evaluados para sedimentación secundaria

Nombre	Abreviatura	Valor	Unidades	Fuente
Tiempo de retención	Tr Qmáx	2,34	horas	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
	Tr Qprom	3,34	horas	
Tasa de desbordamiento superficial	TDS Qmáx	25,64	m ³ /m ² *d	Purificación de agua. 119 p. Jairo Alberto Romero
	TDS Qprom	17,95	m ³ /m ² *d	

Fuente: Autores

Para hallar el tiempo de retención, se tiene en cuenta datos conocidos, Caudal máximo y volumen. Por medio de la ecuación 5.2. Obteniendo un tiempo de retención de 2,24 y 3,34 horas, para caudales máximo y promedio respectivamente, el tiempo de retención según el RAS 2000 debe estar entre 2 -3,5 horas⁹⁶, se está cumpliendo con este criterio.

Para calcular la tasa de desbordamiento se hace por la ecuación 5.3. La tasa de desbordamiento superficial para caudal máximo fue de 25,64 m³/m²d, el rango establecido por el RAS 2000 es 40 - 64 m³/m²d ⁹⁷, dando como resultado un valor menor al intervalo mencionado anteriormente, para caudal promedio dio 17,95 m³/m²*d debe estar entre 16 – 28 m³/m²d ⁹⁸, con el caudal promedio la tasa de desbordamiento superficial cumple según el RAS 2000.

Avaluando los sedimentadores secundarios y aumentando la altura, se cumple con los criterios de diseño recomendados por el RAS 2000. Teniendo el tiempo de retención necesario se hace la remoción de biomasa y solidos suspendidos, provenientes del filtro percolador, así mismo mejorando la calidad del agua; realizando finalmente el vertimiento del agua con una carga esperada de DBO de 73.75 mg/L, según lo exigido por la normatividad que rige a Frigoríficos Ble, este vertimiento debe ser menor a 150 mg/L de DBO (ver anexo 2), se estaría presentando un vertimiento inferior a lo exigido

⁹⁶ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 124.

⁹⁷ COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017. p. 124.

⁹⁸ *Ibíd.*, p. 124.

7. CONCLUSIONES

- Se identificó el manejo de las aguas residuales en el frigorífico Ble, presentando una alta carga contaminante de DBO, DQO, SST; estas aguas son tratadas con varios procesos como los físicos, químicos y biológicos a lo largo de la PTAR, el cumplimiento a la normatividad vigente establecida no es constante.
- Se evaluó cada proceso presente en la planta de tratamiento de agua residual, observando degradación en las estructuras por falta de un mantenimiento continuo, causando deficiencia general. Según el RAS 2000 un sedimentador primario debe tener un tiempo de retención de 1,5 – 2,5 horas, este presenta un tiempo de retención de 8 horas, No se presenta cumplimiento. En mezcla rápida se sugiera un tiempo de retención ≤ 60 s y un gradiente entre $500 - 2000 \text{ s}^{-1}$, el sistema tiene un tiempo de retención de 186 s, con un gradiente de 424.65 s^{-1} , no cumple con estos parámetros. En mezcla lenta se sugiera un tiempo de retención 20 – 40 min s un gradiente entre $15 - 75 \text{ s}^{-1}$, el sistema tiene un tiempo de retención de 10 min, con un gradiente de 591.92 s^{-1} , no cumple con estos parámetros. Unidad DAF debe tener un tiempo de retención de 5 -15 min y una carga superficial de 120 – 360 m/d, teniendo como resultado de 58,45 minutos tiempo de retención y una carga superficial de 59,13 m/d, no cumple con las condiciones de diseño. En filtro percolador, según el RAS 2000 debe tener una carga orgánica volumétrica de 0.6 - 3.2 Kg DBO/m³*d y una eficiencia del 80%, se tiene obtuvo como resultado una carga orgánica volumétrica de 9,34 Kg DBO/m³*d y una eficiencia del 43%. De igual forma, hay procesos que se contrarrestan unos a otros, evitando el funcionamiento óptimo de los mismos.
- Según lo evaluado, desde los sedimentadores primarios se presenta deficiencia, por falta de cumplimiento en criterios de diseño, tanto en dimensionamiento, capacidad hidráulica y potencia de los equipos, generando sobreesfuerzo de trabajo, baja remoción de la carga contaminante e inconsistencias a medida que pasa de un proceso a otro.
- Según lo observado, se evidencio que la eficiencia en una planta de tratamiento no depende de la cantidad de procesos que se tengan, sino de la concordancia que se presente a lo largo del sistema, siempre y cuando cada uno cumpla con su adecuada función; bajo esta percepción se realizó el diseño de PTAR.
- Se diseñó una PTAR según la necesidad requerida, de acuerdo al sacrificio que se realiza en la actualidad; manteniendo un proceso netamente físico y biológico, dando prioridad a los procesos biológicos, basado en la relación DBO/DQO. Se erradico el uso de químicos, buscando volver el proceso lo

más sencillo posible y eficiente, simplificándolo sin implementar nuevas estructuras al sistema existente, seguido de un mantenimiento adecuado.

- De acuerdo con la propuesta en mantener un proceso físico y biológico en el tratamiento de aguas residuales, no se necesita la implementación de productos químicos, para alcanzar la remoción de materia orgánica, estipulada por la resolución 0631 de 2015 – Normativa de vertimiento propuesta del frigorífico; este vertimiento debe ser menor a 150 mg/L de DBO, con la propuesta planteada se estaría presentando un vertimiento de 73.75 mg/L, inferior a lo exigido.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mantenimiento general a toda la planta de tratamiento de agua residual, para tener un buen funcionamiento. Ser estrictos con el mantenimiento de cada proceso según lo requiera, haciendo una purga general de cada estructura, evitando saturación de lodos, dado que con el tiempo se acumulan generando zonas muertas.
- Se recomienda por lo menos una vez cada año tomar muestras en la entrada y salida de cada proceso, para llevar un análisis y control del funcionamiento de cada estructura.
- Si no se puede implementar inmediatamente la propuesta, se recomienda tener en cuenta:
 - En los sedimentadores primarios se recomienda ampliarlos para que tenga un tiempo de retención estable.
 - En el tanque homogenizador mantener dos aireadores que trabajen en conjunto, para la oxigenación del agua, evitando zonas muertas y malos olores.
 - Se recomienda la aplicación de coagulante en el punto de mayor turbulencia, manteniendo el gradiente entre 500 y 2000 s⁻¹. En la mezcla rápida y lenta se recomienda el cambio de equipos para obtener una mayor potencia con una adecuada hidráulica. Para evitar cortocircuitos debe existir simetría entre las dimensiones del tanque y el equipo a utilizar, también se pueden implementar válvulas para la extracción de lodos.
 - En la mezcla lenta se recomienda tener una salida sutil, para evitar el posible rompimiento del floc y así no perder el trabajo efectuado en el proceso de coagulación y floculación. Esto se puede solucionar colocando una pantalla, la cual tendrá como objetivo controlar el nivel de la lámina de agua, generando una salida lenta y suave, manteniendo el floc.
 - En la unidad DAF, es necesario que esté funcionando constantemente el aireador, para la generación de las burbujas, las cuales tienen como objetivo la suspensión de las partículas, haciendo la adecuada remoción de grasas y aceites, dada la actividad que se realiza en este proceso es necesario su mantenimiento y purga continuamente.
 - El filtro que tiene actualmente la PTAR, no cuenta con las condiciones mínimas para realizar la filtración y remoción de carga orgánica como debería ser; se recomienda el cambio total de este y el lavado de los lechos filtrantes constantemente para no presentar saturación.
 - Para los sedimentadores secundarios, aumentar la altura efectiva, obteniendo de esta forma el tiempo de retención necesario, generando una buena sedimentación.

- En las lagunas se recomienda incrementar el área para cumplir con la hidráulica estipulada y tiempos de retención adecuados, ya que de este depende la efectividad en la remoción

BIBLIOGRAFÍA

ACERO, René; RIAÑO, Guillermo y CARDONA, Diego. Evaluación del sistema de gestión ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia. En: Criterio libre. Junio-Diciembre , 2013. vol. 11, no. 19, p. 93-123.

ARGARWAL, Anil. Do-It-Yourself Recycle and reuse wastewater. New Delhi.: Souparno Banerjee and Ajit Chak, 2008. 94 p.

BECERRA LIZARAZO, Jenny Milena y ORJUELA GUTIÉRREZ, Martha Isabel. Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Monografía de Especialización en Administración en Salud Pública. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina, 2013. 82 p .

BENAVIDES ARTEGA, Sebastian. Análisis sobre la utilización de subproductos en la central ganadera de Medellín. Trabajo de grado Industrial Pecuario. Medellín.: Corporación Universitaria La Sallista. Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias, 2011. 53 p.

BONILLA PADILLA, Mauricio. Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales. México D.F.: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2007. 21 p. ISBN 970-721-402-3.

Calidad de la canal del cerdo [En línea], Buenos Aires: Universo Porcino, junio 2008- [Citado 07 septiembre, 2007]. Disponible en internet: http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/carne_porcina_calidad_de_la_canal_de_cerdo.html

Canal bovino (proceso y rendimiento [En línea]. Bogotá D.C. Garcia Montaña, H David, junio 2017 [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <http://hdavidgarciam.blogspot.com.co/2012/01/en-primer-lugar-que-entendemos-por-una.html>.

CASTAÑEDA GALVIS, Edwin y OSORIO AGUDELO, Gilberto Andrés. Ingeniería básica a nivel industrial para el rehuso de agua de vertimiento de la PTAR del frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingenierp Químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. 2010. 200 p.

COLOMBIA. EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE - DAMA. Resolución 1074. (28, Octubre 1997). Por el cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. (17, Marzo 2015). Por medio de la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Resolución 0330. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saniamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017.

COLOMBIA. LOS MINISTROS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115. (22, Junio 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPUBLICA. Decreto 3930. (25, Octubre 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017. Artículo 28.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Decreto 1594. (26, Junio 1984). or el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. Decreto 2278. (02, Agosto 1982). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979 en cuanto al sacrificio de animales de abasto publico o para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de su carne. Bogotá, 2017.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2011). Expediente 8001-6301-35679. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

ESPIGARES GARCIA, Miguel; PÉREZ LÓPEZ, José Antonio y GÁLVEZ VARGAS, R. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Granada.: Universidad de Granada, 1985. 215 p. ISBN 8433802995 9788433802927.

Faenamamiento en Bovinos [En línea], Quito: Daisy Paez, diciembre 2012- [citado 13 marzo, 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/DaisyPaez/proceso-de-faenado-en-bovinos> .

FRIGORIFICO SAN MARTIN PORRAS LTDA [En línea], Bogotá D.C.: Frigorífico San Martin LTDA, ENERO 2001- [Citado 07 septiembre. 2017]. Disponible en internet: <http://www.empresario.com.co/sanmartin/>

GOOGLE [En línea], Google maps [Citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet por: <https://www.google.com.co/maps/search/frigorificos+ble/@4.6582725,-74.1412952,1434a,35y,310.05h/data=!3m1!1e3?hl=es>.

GURCHARAN,Singh, Water Supply And Sanitary Engineering. 5 ed. New York: Standard Publishers Distributors, 2007. 968 p. ISBN 9788180140297.

Harina de sangre [En línea], Argentina: Osvaldo Enrique Ricci, junio 2012- [citado 07 septiembre, 2017]. Disponible en internet: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/harina-de-sangre-t29408.htm>

MACKENZIE L, Davis. Water and Wastewater Engineering. 7 ed. New York.: McGraw-Hill, 2010. 28-36 p. ISBN 978-0-07-171385-6.

Marco teórico [En línea]. España: Aguas Residuales, octubre 2013- [citado 13 marzo, 2017]. Disponible en Internet: <https://aguasservidas.wikispaces.com/Marco+Te%C3%B3rico#discussion>.

Minambiente presenta nueva norma de vertimiento que permitirá mejorar la calidad agua del país [En línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, marzo 2015- [citado 28 febrero, 2017]. Disponible en Internet:<http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.: RAS, 2000.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía empresarial plantas de beneficio ambiental. 1 ed. Bogotá D.C.: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003. 100 p. ISBN 958-97548-13.

PABÓN, Sandra Liliana y SUÁREZ GÉLVEZ, John Hermógenes. Arranque y operación a escala real de un sistema de tratamiento. En: Ingeniería e Investigación. Agosto, 2009. vol. 29, no. 2, p. 53-58.

PÉREZ CARRIÓN, José; CÁNEPA DE VARGAS, Lidia. Tratamiento filtración rápida. Manual V: Criterios de diseño. Tomo I. Lima: CEPIS, 1992. 106 p.

ROLIM MENDONÇA, Sergio; Sistemas de Lagunas de Estabilización.Colombia: McGRAW-HILL, 2000. 370 p. ISBN 9584100904.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales. 1 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 1994. 299 p. ISBN 958-8060-50-8.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto; Purificación del agua. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2006. 474 p. ISBN 958-8060-66-4.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,1999. 1248 p. ISBN 958-8060-13-3.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2011). **Expediente 8001-6301-35679**. Bogotá: FRIGORÍFICO BLE LTDA. Operador del Frigorífico Ble.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPUBLICA. **Decreto 3930**. (25, Octubre 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017. Artículo 28.

COLOMBIA. EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE - DAMA. **Resolución 1074**. (28, Octubre 1997). Por el cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. LOS MINISTROS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. **Resolución 2115**. (22, Junio 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. **Resolución 0631**. (17, Marzo 2015). Por medio de la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. **Decreto 1594**. (26, Junio 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. **Decreto 2278**. (02, Agosto 1982). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979 en cuanto al sacrificio de animales de abasto público o para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de su carne. Bogotá, 2017.

COLOMBIA. MINISTERIOS DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. COLOMBIA. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. **Resolución 0330**. (08, Junio 2017). Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1996 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 . Bogotá, 2017.

ANEXOS

Anexo 1. Normas que por lo menos, debe cumplir todo vertimiento a un cuerpo de agua, según el decreto 1594 de 1984, artículo No. 72.

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	≤ 40°C	≤ 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción ≥ 80% en carga	Remoción ≥ 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción ≥ 50% en carga	Remoción ≥ 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción ≥ 30% en carga	Remoción ≥ 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción ≥ 20% en carga	Remoción ≥ 80% en carga

Anexo 2. Parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Resolución 0631 del 2015, con valores aplicados especialmente al Frigorífico.

PARÁMETROS	UNIDADES	Resolución 631 2015 - MAVDT	Norma de Vertimiento Propuesta	Justificación
Generales				
pH	Unidades	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	Res 631/2015
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	800,00	450	Balance de masa **
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	450	150	Balance de masa **
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	225,00	200	Balance de masa **
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	5,00	Res 631/2015
Grasas y Aceites	mg/L	30,00	30,00	Res 631/2015
Sustancias Activadas al azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Compuestos de fosfato				
Ortofosfatos (P - PO ⁴)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y reporte	8	Balance de masa **
Compuestos de Nitrógeno				
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Nitrógeno total (N)	mg/L	Análisis y reporte	16	Balance de masa **
Iones				
Cloruros (Cl)	mg/L	600,00	600,00	Res 631/2015
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	500,00	500,00	Res 631/2015
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/ L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Alcalinidad Total	mg/ L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Dureza Cálcida	mg/ L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Dureza Total	mg/ L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Color real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de ondas 436 mm. 525 mm y	m ⁻¹	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Parámetros microbilógicos				
Coliformes Termotolerantes*	NMP/100mL	Análisis y reporte	Análisis y reporte	Res 631/2015
Temperatura				
Temperatura**	°C	40	40	Res 631/2015

Anexo 3. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 07 de octubre de 2010.

Parámetros	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento
	Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	2133	138	2331,3	153,33	93%	Remoción > 80 %	Cumple
DBO5	6040	464					
Sólidos suspendidos totales	94020	268	102760,1	297,78	99,71%	Remoción > 80 %	Cumple
Grasas y aceites	107059	15	117011,2	16,67	99,99%	Remoción > 80 %	Cumple
PH	7,70- 8,95	7,31 - 8,41				5 a 9	Cumple
Material Flotante	Presencia	Ausencia				Ausente	Cumple
Bario	0,4	0,1				5,00	Cumple
Cadmio	0,026	0,015				0,10	Cumple
Cobre	0,07	0,1				3	Cumple
Mercurio total	0,0014	0,003				0,02	Cumple
Níquel	0,029	0,03				2	Cumple
Fenoles Totales	1,28	<0,005				0,5	Cumple
Plomo	0,013	0,009				0,5	Cumple
Temperatura de agua	22,1- 36	<0,1				1	Cumple
Sulfuro	1,8	6				≤ 40	Cumple
Caudal Promedio	12,65	12,86				----	-----

Anexo 4. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 07 de diciembre de 2010.

Parámetros	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento
	Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	9086	352	4184,22	162,1	96%	---	----
DBO ₅	4000	41	1842,048	18,881	99%	80%	Cumple
solidos suspendidos totales	92122	60	42423,286	27,631	99,93%	80%	Cumple
Grasas y aceites	5840	11	2689,39	5,066	99,81%	80%	Cumple
Arsénico		< 0. 00039				0,50	Cumple
Bario		0,04				0,05	Cumple
Cadmio		<0,0025				0,10	Cumple
Cobre		<0,008				3	Cumple
Cromo total		<0,06				0,5	Cumple
Fenoles Totales		< 0,008				0,2	Cumple
Mercurio total		0,003				0,02	Cumple
Mercurio orgánico		<0,0005				---	---
Níquel		0,03				2	Cumple
Plata		<0,06				0,5	Cumple
Plomo		< 0,049				0,5	Cumple
Selenio		<0,005				1	Cumple
Cianuro		<0,01				---	---
Sulfuro		6				0,05	Cumple
Organoclorados		<0,0000005					

Anexo 5. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 12 de enero de 2012 - muestra 1.

Parámetros	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento	Cumplimiento
	Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	mg/L	2467	372	-	-	-	Remoción > 80 %	Cumple
DBO ₅	mg/L	2630	155	4602,11	302,26	93%		
Grasas y aceites	mg/L	1361	9,2	2654,01	17,94	99,32%	Remoción > 80 %	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	10190	178	19870,99	347,11	98,25%	Remoción > 80 %	Cumple
Bario	mg/L	0,58	0,13				5,00	Cumple
Cadmio	mg/L	0,003	<0,002				0,10	Cumple
Cobre	mg/L	0,034	0,007				3	Cumple
Mercurio total	mg/L	0,011	<0,0007				0,02	Cumple
Plomo	mg/L	0,021	0,011				0,5	Cumple
Níquel	mg/L	0,01	0,01				2	Cumple
Fenoles Totales	mg/L	0,84	<0,005				0,2	Cumple
Sulfuro	mg/L	3	<1,2				1	Cumple
Sulfatos	mg/L	-	33				-	
PH	Unidades	7,78 - 8,85	7,80- 8,04				5 - 9	Cumple
Temperatura del agua	°C	19,20-27,30	17,2- 19,1				< 40	Cumple
Material flotante	-	Presente	Ausente				Ausente	Cumple
Caudal promedio	L/s	22,57	22,57				-	

Anexo 6. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 12 de enero de 2012 – muestra 2.

Parámetros	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento	Cumplimiento
	Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	mg/L	8368	587	-	-	-	Remoción > 80 %	Cumple
DBO ₅	mg/L	3840	280	7750,29	565,13	93%		Cumple
Grasas y aceites	mg/L	45693	22	92222,36	44,4	99,95%	Remoción > 80 %	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	53260	374	107494,87	754,85	99,30%	Remoción > 80 %	Cumple
Arsenico	mg/L	0,007	< 0,006				0,50	Cumple
Bario	mg/L	0,3	< 0,102				5,00	Cumple
Cadmio	mg/L	0,005	0,003				0,10	Cumple
Cobre	mg/L	0,02	0,02				3	Cumple
Cromo	mg/L	<0,007	<0,007				-	Cumple
fenoles Totaltes	mg/L	0,25	0,13				0,2	Cumple
Mercurio total	mg/L	0,0012	0,0044				0,02	Cumple
Mercurio Organico	mg/L	< 0,0007	0,0037				No dectable	No cumple
Níquel	mg/L	0,04	0,02				2	Cumple
Plata	mg/L	< 0,06	<0,06				0,5	Cumple
Plomo	mg/L	0,02	0,018				0,5	Cumple
Selenio	mg/L	< 0,005	< 0,005				0,5	Cumple
Cianuro total	mg/L	< 0,001	< 0,001				1	Cumple
Sulfuros	mg/L	24	< 1,2					Cumple
PH	Unidades	7,6 - 8,4	7,60 - 7,92				5 - 9	Cumple
Temperatura del agua	°C	20,2 - 28	17- 20,2				< 40	Cumple
Caudal promedio	L/s	20,94						

Anexo 7. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 19 de junio de 2012.

Parámetros	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento	Cumplimiento
	Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	mg/L	13032	442	-	-	-		Cumple
DBO ₅	mg/L	4800	171	8684,24	309,38	96%	Remoción > 80 %	Cumple
Grasas y aceites	mg/L	146936	71	265838,96	128,45	99,95%	Remoción > 80 %	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	73477	1449	132935,76	2621,55	98,03%	Remoción > 80 %	Cumple
Arsenico	mg/L	0,006	< 0.005				0,50	Cumple
Bario	mg/L	0,352	0,055				5,00	Cumple
Cadmio	mg/L	0,009	0,002				0,10	Cumple
Cobre	mg/L	6,4	0,87				3	Cumple
Cromo	mg/L	<0,007	<0.007				-	Cumple
fenoles Totaltes	mg/L	0,33	0,1				0,2	Cumple
Mercurio total	mg/L	< 0,0007	< 0,0007				0,02	Cumple
Mercurio Organico	mg/L	< 0,0007	< 0,0007				No dectable	No cumple
Níquel	mg/L	0,09	0,02				2	Cumple
Plata	mg/L	< 0,05	<0.06				0,5	Cumple
Plomo	mg/L	0,28	0,018				0,5	Cumple
Selenio	mg/L	< 0,005	< 0.005				0,5	Cumple
Cianuro total	mg/L	< 0,001	< 0.001				1	Cumple
Sulfuros	mg/L	< 1,2	< 1,2					Cumple
PH	Unidades	7,95-8,37	7,60 - 7,92				5 -9	Cumple
Temperatura del agua	°C	23,4	17- 20,2				< 40	Cumple
Caudal promedio	L/s	17,8	17,8					

Anexo 8. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 01 de diciembre de 2012.

Parámetros	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento	Cumplimiento
	Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	mg/L			9897	396	-		Cumple
DBO ₅	mg/L	4066	124	3537	109	97%	Remoción > 80 %	Cumple
Grasas y aceites	mg/L	1186	32	1204	12	97,30%	Remoción > 80 %	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	10183	203	5240	93	98,00%	Remoción > 80 %	Cumple
Arsenico	mg/L		< 0,005				0,50	Cumple
Bario	mg/L		0,055				5,00	Cumple
Cadmio	mg/L		0,002				0,10	Cumple
Cobre	mg/L		0,87				3	Cumple
Cromo	mg/L		<0,007				-	Cumple
fenoles Totaltes	mg/L		0,1				0,2	Cumple
Mercurio total	mg/L		<0,007				0,02	Cumple
Mercurio Organico	mg/L		<0,007				No dectable	No cumple
Níquel	mg/L		0,02				2	Cumple
Plata	mg/L		<0,06				0,5	Cumple
Plomo	mg/L		0,018				0,5	Cumple
Selenio	mg/L		< 0,005				0,5	Cumple
Cianuro total	mg/L		< 0,001				1	Cumple
Sulfuros	mg/L		< 1,2					Cumple
PH	Unidades	8,53-7,99	7,41- 7,51				5 -9	Cumple
Temperatura del agua	°C	25 - 25,2	17- 20,2				< 40	Cumple
Caudal promedio	L/s	15,16	15,16					

Anexo 9. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 14 de marzo de 2013 – muestra 1.

PARÁMETRO	RESULTADO		REMOCION EN CARGA %	RESOLUCIÓN NO. 0013 DE 2009	CUMPLE
	Entrada PTAR	Salida PTAR			
PH in-situ	8,55 - 8,05	8,15 - 8,17	-	5 A 9 unid	SI
Temperatura	25,3 - 20,6	18,3 - 17,5	-	≤ 40°C	SI
Materia Flotante	Presente	Ausencia		Ausente	SI
Grasas y Aceites	919	8,9 mg/L	99	>80% en carga	SI
Solidos Suspendidos	4000	71 mg/L	98,22	>80% en carga	SI
DBO ₅	2700	83	96,92	>80% en carga	SI
Arsenico	-	*<0,005 mg/L	-	0,5 mg/L	SI
Bario	-	*<0,50 mg/L	-	5,0 mg/L	SI
Cadmio	-	<0,002 mg/L	-	0,1 mg/L	SI
Cobre	-	0,02 mg/L	-	3,0 mg/L	SI
Cromo	-	<0,007 mg/L	-	0,5 mg/L	SI
Compuestos Fenolicos	-	0,06 mg/L	-	0,2 mg/L	SI
Mercurio (total)	-	<0,0007 mg/L	-	0,02 mg/L	SI
Níquel	-	*0,013 mg/L	-	2,0 mg/L	SI
Plata	-	*<0,05 mg/L	-	0,5 mg/L	SI
Plomo	-	*<0,07 mg/L	-	0,5 mg/L	SI
Selenio	-	*<0,05 mg/L	-	0,5 mg/L	SI
Cianuro	-	0,17 mg/L	-	0,1 mg/L	SI
Difenil policlorados		*<0,0001 mg/L	-	No detectable	NO
Mercurio orgánico	-	*<0,0007 mg/L	-	No detectable	NO
Tricloroetileno		*<0,0019 mg/L	-	1,0 mg/L	SI
Cloroformo	-	*<0,00005 mg/L	-	1,0mg/L	SI
Tetracloruro de carbono	-	*<0,00012 mg/L	-	1,0mg/L	SI
Dicloroetileno	-	*<0,0047 mg/L	-	1,0mg/L	SI
Sulfuro de carbono	-	*<0,0001 mg/L	-	1,0mg/L	SI
Otros compuestos organoclorados de cada variedad	-	No medido	-	0,05 mg/L	NO
Compuestos organofosforados de cada variedad	-	No medido	-	0,1 mg/L	NO
***Carbanatos	-	**	-	0,1 mg/L	SI

Anexo 10. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 14 de marzo de 2013 – muestra 2.

PARÁMETRO	RESULTADO		REMOCION EN CARGA %	RESOLUCION NO. 0013 DE 2009	CUMPLE	Acreditación Parámetro para el Laboratorio
	Entrada PTAR	Salida PTAR				
PH in-situ	8,60 - 7,72	7,56 - 7,62	-	5 A 9 unid	SI	SI
Temperatura	27,6 - 23,6	17,5 - 18,2	-	≤ 40°C	SI	SI
Materia Flotante	Presente	Ausencia	-	Ausente	SI	SI
Grasas y Aceites	13109 mg/L	7,4 mg/l	99,9	>80% en carga	SI	SI
Solidos Suspendidos	1902 mg/L	190 mg/l	90	>80% en carga	SI	SI
DBO ₅	4267 mg/l	144 mg/L	96,6	>80% en carga	SI	SI
Arsenico	NS	0,005 mg/L	NA	0,5 mg/L	SI	NO
Bario	NS	*<0,50 mg/L	NA	5,0 mg/L	SI	SI
Cadmio	NS	0,002 mg/L	NA	0,1 mg/L	SI	SI
Cobre	NS	<0,0079 mg/L	NA	3,0 mg/L	SI	SI
Cromo		<0,0108 mg/L	NA	0,5 mg/L	SI	SI
Compuestos Fenolicos	-	0,18 mg/L	NA	0,2 mg/L	SI	SI
Mercurio (total)	-	<0,002 mg/L	NA	0,02 mg/L	SI	SI
Niquel	-	0,07 mg/L	NA	2,0 mg/L	SI	SI
Plata	-	<0,05 mg/L	NA	0,5 mg/L	SI	SI
Plomo	-	0,01 mg/L	NA	0,5 mg/L	SI	NO
Selenio	-	<0,005 mg/L	NA	0,5 mg/L	SI	NO
Cianuro	-	<0,02 mg/L	NA	0,1 mg/L	SI	NO
Difenil policlorados	-	<0,0001mg/L	NA	No detectable	NO	NO
Mercurio Organico	-	<0,0007mg/L	NA	No detectable	NO	NO
Tricloroetileno	-	<0,005 mg/L	NA	1,0 mg/L	SI	NO
Cloroformo	-	<0,005 mg/L	NA	1,0 mg/L	SI	NO
Tetracloruro de carbono	-	<0,005 mg/L	NA	1,0 mg/l	SI	NO
Dicloroetileno	-	<0,005 mg/L	NA	1,0 mg/L	SI	NO
Sulfuro de carbono	-	<0,0001 mg/L	NA	1,0 mg/L	SI	NO
Otros compuestos organoclorados	-	<0,0001 mg/L	NA	0,05 mg/L	SI	NO
Compuestos organofosforados de	-	<0,0005 mg/L	NA	0,1 mg/L	SI	NO
Carbamatos	-	No medido	NA	0,1 mg/L	NO	NO

Anexo 11. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 28 de abril de 2014.

Parámetros	Unidades	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento
		Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	mg/L			7711	515	93%		Cumple
DBO ₅	mg/L	2248	331	4160	122	97%	Remoción > 80 %	Cumple
Grasas y aceites	mg/L	2010	10	20537	38	99,80%	Remoción > 80 %	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	10685	255	3750	244	93,50%	Remoción > 80 %	Cumple
Arsenico	mg/L		< 0,005				0,50	Cumple
Bario	mg/L		0,055				5,00	Cumple
Cadmio	mg/L		0,002				0,10	Cumple
Cobre	mg/L		0,87				3	Cumple
Cromo	mg/L		<0,007				-	Cumple
Fenoles Totales	mg/L		0,1				0,2	Cumple
Mercurio total	mg/L		<0,007				0,02	Cumple
Mercurio Orgánico	mg/L		<0,007				No dectable	No cumple
Níquel	mg/L		0,02				2	Cumple
Plata	mg/L		<0,06				0,5	Cumple
Plomo	mg/L		0,018				0,5	Cumple
Selenio	mg/L		< 0,005				0,5	Cumple
Cianuro total	mg/L		< 0,001				1	Cumple
Sulfuros	mg/L		< 1,2					Cumple
PH	unidades	7,46- 8,75	7,83-7,85				5 -9	Cumple
Temperatura del agua	°C	25,9 - 30	17- 20,2				< 40	Cumple
Caudal promedio	L/s							

Anexo 12. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 25 de septiembre de 2014.

Parámetros	Unidades	Concentración mg/L		Carga Kg/d		Remoción en carga	Normatividad	Cumplimiento
		Entrada PTAR	Salida PTAR	Entrada PTAR	Salida PTAR	%	Decreto 1594 de 1894	Decreto 1594 de 1894
DQO	mg/L	7711	515			93%		Cumple
DBO ₅	mg/L	4160	122	5211,65	152,84	97%	Remoción > 80 %	Cumple
Grasas y aceites	mg/L	20537	38	25728,75	47,61	99,80%	Remoción > 80 %	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	3750	244	4698	305,68	93,50%	Remoción > 80 %	Cumple
Arsenico	mg/L		< 0,005				0,50	Cumple
Bario	mg/L		0,055				5,00	Cumple
Cadmio	mg/L		0,002				0,10	Cumple
Cobre	mg/L		0,87				3	Cumple
Cromo	mg/L		<0,007				-	Cumple
Fenoles Totales	mg/L		0,1				0,2	Cumple
Mercurio total	mg/L		<0,007				0,02	Cumple
Mercurio Orgánico	mg/L		<0,007				No dectable	No cumple
Níquel	mg/L		0,02				2	Cumple
Plata	mg/L		<0,06				0,5	Cumple
Plomo	mg/L		0,018				0,5	Cumple
Selenio	mg/L		< 0,005				0,5	Cumple
Cianuro total	mg/L		< 0,001				1	Cumple
Sulfuros	mg/L		< 1,2					Cumple
PH	unidades	7,52- 8,80	7,44 - 7,82				5 -9	Cumple
Temperatura del agua	°C	22,5- 26,5	17,2 - 21,3				< 40	Cumple
Caudal promedio	L/s	14,5	14,5					

Anexo 13. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 10 de abril de 2015.

Parámetro	Unidad	Muestra No. 4376-14 Efluente PTAR	Muestra No. 4378-14 Descarga vertimiento Frigorífico BLE	Resolución No. 0013 del 13/01/2009	Cumplimiento
Aceites y grasas	mg/L	13,8		≥ 80% remoción en carga	NO SE PUEDE ESTABLECER
Conductividad de campo	μS/cm	1625	2450	-	-
DBO ₅	mg/L	334	733	≥ 80% remoción en carga	NO SE PUEDE ESTABLECER
DQO	mg/L	765	911	-	-
Dureza total	mg/L	131	185	-	-
Fenoles	mg/L	<LCM	0,46	0,2 mg/ L	CUMPLEN
Fósforo total	mg/L	31,151	36,385	-	-
N. amoniacal	mg/L	<LCM	152	-	-
N- Nitrato	mg/L	6,23	0,82	-	-
Oxígeno disuelto en campo	mg/L	6,6	1,4	-	-
pH en campo	unidades	8,1	7,00	5 a 9 unidades	CUMPLEN
Sólidos sedimentables	mL/ L h	<LCM	75,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	440	1850	≥ 80% remoción en carga	NO SE PUEDE ESTABLECER
Sulfuros	mg/L	5,8	6,4	1,0	NO CUMPLEN
Surfactantes	mg/L	0,61	2,26	-	-
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,20E+07	5.9E+0.6	-	-
E coli	NMP/100 ml	1,00E+05	2.8E+0.7	-	-
Arsénico	μg/L	<LCM	<LCM	0,5 mg/L	CUMPLEN
Bario	μg/L	30,25	187	5,0 mg/L	CUMPLEN
Cadmio	μg/L	<LCM	<LCM	0,1mg/L	CUMPLEN
Calcio	mg/L	39,66	59,33	-	-
Cobre	μg/L	<LCM	74,35	3,0 mg/L	CUMPLEN
Cromo total	μg/L	<LCM	15,36	-	-
Hierro	mg/L	1,76	8,83	-	-
Magnesio	mg/L	7,64	8,86	-	-
Mercurio	μg/L	<LCM	<LCM	0,02 mg/L	CUMPLEN
Níquel	μg/L	<LCM	7,73	2,0 mg/L	CUMPLEN
Plata	μg/L	<LCM	<LCM	0,5 mg/L	CUMPLEN
Plomo	μg/L	<LCM	<LCM	0,5	CUMPLEN
Selenio	μg/L	<LCM	<LCM	0,5	CUMPLEN
Sodio	mg/L	269	265	-	-
Caudal	lps	13,33		-	-
Temperatura del agua	°C	18,7	19,6	< o = 40 °C	CUMPLEN
Luvia	-	NO	NO	0,5 mg/L	-
Tipo de agua	-	RESIDUAL	RESIDUAL	0,5 mg/L	-
Tipo de muestreo	-	COMPUESTO	PUNTUAL	-	-
Hora de toma	-	9:30 a 14:30	17:30	-	-
Longitud (Y)	-	1007660	1007660	-	-
Latitud (X)	-	992823	992823	-	-
Altitud	m.s.n.m	2532	2532	-	-

Anexo 14. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 02 de diciembre de 2015.

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	LCT / LCM		MUESTRA					
					LÍMITE NORMATIVIDAD	2250-15		CUMPLE		
								SI	NO	
1	Aceites y Grasas	mg AyG / L	LCT	10,0	Remoción ≥ 80% en Carga	18,4				
2	Acidez	mg CaCO ₃ / L	LCT	20,0	No aplica	<LCT				
3	Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ / L	LCT	10,0	No aplica	436	+/- 137			
10	Cloruros	mg Cl- / L	LCM	2,0	No aplica	210	+/- 0,84			
13	Conductividad de campo	S / cm	LCM	0,0	No aplica	2547	+/- 6,60			
16	DBO ₅	mg O ₂ / L	LCM	2,0	Remoción ≥ 80% en Carga	170	+/- 123			
19	DQO	mg O ₂ / L	LCM	70,0	No aplica	773	+/- 139			
23	Dureza Total	mg CaCO ₃ / L	LCT		No aplica	146				
25	Fenoles	mg Fenol / A	LCT	0,01	0,2	0,03	+/- 0,0	X		
27	Fósforo Total	mg-P/L	LCM	0,06	No aplica	43,267	+/- 3,51			
28	N. Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	LCM	0,7	No aplica	141	+/- 5,63			
29	N. Total	mg N-N _{org} /L	LCM	1,0	No aplica	188	+/- 24,0			
31	N. Nitrato	mg N -NO ₃ / L	LCT	0,10	No aplica	0,16				
34	Oxígeno Disuelto	mg O ₂ / L	LCM		No aplica	6,4	+/- 0,06			
35	pH	Unidades	LCM		5 - 9,0	7,9	+/- 0.01	X		
38	Sólidos Sedimentables	mL SS / L	LCM	0,1	No aplica	0,5	+/- 0,00			
39	Sólidos Suspendidos	mg -SST /L	LCM	4,0	Remoción ≥ 80% en Carga	543	+/- 18,00			
43	Sulfatos	mg- SO ₄ /L	LCM	5,0	No aplica	26,5	+/- 1,8			
33	Sulfuros	mg- S ⁼ /L	LCM	2,0	No aplica	3,1	+/- 0,6			
46	Surfactantes	mg -SAAM-/L	LCM	0,40	No aplica	<LCM				
48	Coliformes Totales	NMP /100 ml	LCM	< 1	No aplica	<1				
49	E. coli	NMP /100 ml	LCM	< 1	No aplica	<1				
72	Cálcio	mg Ca / L (ppm)	LCM	0,60	No aplica	41,59	+/- 4,70			
84	Hierro	mg Fe / L (ppm)	LCM	0,60	No aplica	2,02	+/- 0,16			
88	Magnesio	mg Mg / L (ppm)	LCM	0,05	No aplica	10,16	+/- 1,07			
119	Hidrocarburos	mg HCT / L (ppm)	LCM	6,000	No aplica	<LCM				

Anexo 15. Resumen de valores correspondientes al informe técnico entregado a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) por parte de Frigoríficos Ble, el 30 de junio de 2016 y el 28 de septiembre de 2016.

PARÁMETRO	UNIDADES	GANADERIA DE BOBINO, BUFALO, EQUINO OVINO Y/O CAPRINO BENEFICIO	Muestra No. 2541-16 Vertimiento Frigorífico 2016-09-28	OBSERVACIONES	MUESTRA # 1849-16. Vertimiento Frigorífico 2016-06-30	OBSERVACIONES
PH	UNIDADES PH	6 - 9	9,29	NO CUMPLE	8,1	CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	900	545	CUMPLE	2042	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	450	NR	CUMPLE	167	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST)	mg/L	200	490	NO CUMPLE	1120	NO CUMPLE
SOLIDOS SEDIMENTABLES (SSED)	mg/L	5	<LCM	NO VERIFICABLE	0,8	CUMPLE
GRASAS Y ACEITES	mg/L	50	90	NO CUMPLE	13,5	CUMPLE
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	1,13	-	0,47	
COMPUESTOS DE FOSFORO			-	-		
ORTOFOSFATOS	mg/L	Análisis y Reporte	-	-	-	
FOSFATOS TOTAL P	mg/L	Análisis y Reporte	43,96		44,028	
COMPUESTOS DE NITROGENO						
NITRATOS	mg/L	Análisis y Reporte	NR	-	13,52	
NITRITOS	mg/L	Análisis y Reporte	0,015	-	0,97	
NITRÓGENO AMONIAL	mg/L	Análisis y Reporte	3,557	-	1,112	
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	Análisis y Reporte	16,1	-	72,5	
IONES						
CLORUROS	mg/L	500	103	CUMPLE	458	CUMPLE
SULFATOS	mg/L	500	<LCM	NO VERIFICABLE	19,2	CUMPLE
OTROS PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y DEPORTE				-		
ACIDEZ TOTAL	mg/L	Análisis y Reporte	<LCM	NO VERIFICABLE	<LCM	-
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L	Análisis y Reporte	507	-	396	-
DUREZA CÁLCICA	mg/L	Análisis y Reporte	-	-	-	-
DUREZA TOTAL	mg/L	Análisis y Reporte	42,34	-	-	-
COLOR REAL (MEDIDAS DE ABSORBANCIA A LA SIGUIENTES LONGITUDES DE ONDAS 436mm, 535 mm y 620 mm)		Análisis y Reporte	-	-	-	-