

PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN LA
EMPRESA PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S. EN LA ZONA DOS DE LA
EMPRESA DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO DE BOGOTÁ

MANUEL ALEJANDRO HERRERA QUINTANA
OSCAR JULIÁN MORALES PRIETO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2018

PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN LA
EMPRESA PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S. EN LA ZONA DOS DE LA
EMPRESA DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO DE BOGOTÁ

MANUEL ALEJANDRO HERRERA QUINTANA
OSCAR JULIÁN MORALES PRIETO

Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO

Director
LUIS CARLOS MORALES MOLANO
Ingeniero Civil

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2018

Nota de aceptación

Elizabeth Torres Gámez
Presidente de jurado

Mario Fernando Ortiz
Jurado

Sandra Liliana Mesa
Jurado

Bogotá D.C., Mayo del 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUÍS JAIME GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Director Facultad de Ingenierías

Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Gracias a Dios que me ha brindado la sabiduría para culminar este proceso y permitirme continuar con todo lo que resta por abordar en el ámbito profesional.

A mi madre Patricia y a mi hermana Andrea, que han sido fuente de inspiración y apoyo durante todo este proceso.

A mi compañero Julián, que con mucho esfuerzo y dedicación logramos salir adelante.

A los profesores que de alguna manera contribuyeron con nuestra formación, al Ingeniero Luis Carlos Morales y al Acueducto por el apoyo brindado, a Productos EL TOMATICO S.A.S. por toda la atención brindada, así como la colaboración.

Manuel Alejandro Herrera Quintana

A Dios principalmente, por el preciado regalo de la vida. Por permitirme llegar a este punto, darme la oportunidad y fuerza para cumplir mis metas, acompañándome en cada paso, por ser mi guía y brindarme de su infinito amor y bondad.

A mi familia por su amor y apoyo incondicional. A mis padres por ser ejemplo, por escucharme y guiarme en momentos difíciles, por su confianza, amor, comprensión y paciencia, y por hacer realidad este logro. A mi hermana por escuchar y estar siempre a mi lado, y por último a mi “tata” por fortalecerme con sus consejos y enseñándome a ver la vida de una manera diferente.

A mis amigos por su absoluto apoyo. Especialmente a mi compañero Manuel, por su dedicación y sacrificio en el desarrollo de este proyecto; por siempre estar en las buenas y malas situaciones, por ayudarme a superar los tiempos difíciles, y por ser un verdadero amigo. Gracias a todos.

Y a todas aquellas personas que, de un modo u otro, fueron parte de este proceso, por brindarme de su ayuda y fomento para finalizar este trabajo de grado.

Oscar Julián Morales Prieto

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y a Productos EL TOMATICO S.A.S. por darnos la oportunidad de desarrollar nuestro trabajo de grado, permitiéndonos el acceso a sus instalaciones y el apoyo para la culminación del proyecto. A cada uno de los operarios, supervisores, jefes y gerentes que estuvieron involucrados en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Luis Carlos Morales que desde un principio nos acogió y brindó su apoyo para llevar a cabo este proyecto.

A la ingeniera María Fernanda León que nos permitió poder trabajar con Productos EL TOMATICO S.A.S., por brindarnos información sobre la planta y su proceso, y otorgar su voto de confianza para llevar a cabo este proyecto.

A Oscar Barrantes por su ayuda, tiempo y asesoría en relación con el desarrollo del proyecto.

A nuestra orientadora Elizabeth Torres Gámez por su apoyo, tiempo y conocimiento para el desarrollo y culminación del proyecto.

A los profesores y docentes de la universidad por brindarnos su ayuda y tiempo en el proceso del proyecto.

A nuestras familias por su apoyo financiero y moral en el transcurso del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
OBJETIVOS	23
1. MARCO TEÓRICO	24
1.1 AGUAS RESIDUALES	24
1.1.1 Muestreo para las aguas residuales	24
1.1.2 Tratamiento de aguas residuales	25
1.1.3 Normatividad para aguas residuales	30
1.2 INDUSTRIA ALIMENTICIA DE SALSAS Y ADEREZOS	33
1.2.1 División y descripción de procesos	34
1.3 GUIA PREVIA PARA UN BUEN USO DEL AGUA	34
2. DIAGNÓSTICO	37
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	37
2.1.1 Descripción del proceso y equipos	38
2.1.2 Equipos	41
2.2 APLICACIÓN DEL AGUA	44
2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA	46
2.3.1 Plantas de tratamiento	46
2.3.2 Monitoreo y control	48
2.4 CARACTERIZACIÓN DE AGUA DE LA EMPRESA	55
2.4.1 Primera caracterización	55
2.4.2 Segunda caracterización	58
2.5 BÚSQUEDA DE SOLUCIONES	59
3. ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE	61
3.1 UNIÓN DE LAS CORRIENTES DE SALIDA	61
3.1.1 Condiciones a tener en cuenta antes de implementar la unión de tuberías	61
3.2 PRETRATAMIENTO	62
3.3 TANQUE DE IGUALACIÓN Y ALMACENAMIENTO	62
3.4 DISEÑOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	63
3.4.1 Tratamiento Primario	63
3.4.2 Tercer diseño: Tratamiento biológico	66
3.5 SELECCIÓN DEL DISEÑO	67
3.5.1 Criterios de Selección	67
4. DESARROLLO EXPERIMENTAL	72

4.1	MUESTREO	72
4.2	PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL	73
4.2.1	Selección de coagulante	76
4.2.2	Selección de floculante	84
4.2.3	Selección Neutralizante	86
4.3	RESULTADOS CARACTERIZACIÓN FINAL	87
5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA		90
5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	90
5.1.1	Ubicación para la PTAR	91
5.1.2	Toma de caudales	91
5.2	TANQUE DE IGUALAMIENTO	92
5.2.1	Dimensionamiento del tanque	94
5.2.2	Tiempo de retención	95
5.2.3	Área superficial	95
5.3	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	96
5.4	SEDIMENTADOR	96
5.4.1	Bomba sumergible	97
5.4.2	Dimensionamiento del sedimentador	102
5.4.3	Tiempo de llenado	103
5.4.4	Variables de operación del sedimentador	104
5.5	DISPOSICIÓN DE LODOS	105
6. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA		108
6.1	COSTOS DE INVERSIÓN	108
6.1.1	Equipos	108
6.2	COSTOS DE OPERACIÓN	108
6.2.1	Materia prima	108
6.2.2	Servicios	109
6.2.3	Mano de obra	110
6.3	AHORRO CARACTERIZACIÓN	110
6.4	SANCIONES	110
7.	CONCLUSIONES	112
8.	RECOMENDACIONES	114
	BIBLIOGRAFIA	116
	ANEXOS	120

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Coagulantes convencionales para tratamiento de agua.	26
Cuadro 2. Principales procesos de tratamiento biológico.	29
Cuadro 3. Parámetros de vertimientos para industrias de alimentos.	30
Cuadro 4. Parámetros de vertimientos para aguas residuales no domésticas.	31
Cuadro 5. Tipo de proceso para cada producto de Productos EL TOMATICO S.A.S.	38
Cuadro 6. Capacidad y productos involucrados en las marmitas por bodega.	42
Cuadro 7. Número de equipos por sección.	43
Cuadro 8. Primera caracterización de vertimientos bodega 1.	56
Cuadro 9. Primera caracterización de vertimientos bodega 8.	56
Cuadro 10. Descripción y estado de las soluciones propuestas.	59
Cuadro 11. Resultados y porcentaje de remoción DAF.	66
Cuadro 12. Equipos de laboratorio.	75
Cuadro 13. Resultados de turbiedad y pH para cloruro férrico al 4,2% y 2,1%.	78
Cuadro 14. Resultados de turbiedad y pH para cloruro férrico al 1% y 0,5%.	79
Cuadro 15. Resultados de turbiedad y pH para sulfato de aluminio.	80
Cuadro 16. Resultados de turbiedad y pH para sulfato de aluminio.	81
Cuadro 17. Resultados de los criterios para cada coagulante.	83
Cuadro 18. Valores de pH de diferentes sustancias.	86
Cuadro 19. Dimensiones del tanque de igualación.	95
Cuadro 20. Variables de operación del tanque de igualamiento.	96
Cuadro 21. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.	99
Cuadro 22. Variables de operación de la bomba sumergible VXM 8/35-GM VORTEX.	101
Cuadro 23. Dimensiones del tanque de trasiego (en metros).	102
Cuadro 24. Variables de operación del sedimentador.	105
Cuadro 25. Porcentaje de humedad y densidad relativa (en g/ml) de los lodos en los procesos de tratamiento.	106

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Máquina envasadora tipo sachet.	43
Tabla 2. Consumo de agua en cada lote (Mayo – Julio de 2017).	44
Tabla 3. Resumen de los parámetros a tener en cuenta (septiembre 13 del año 2016).	57
Tabla 4. Valores de los parámetros para reducir (diciembre 21 de 2017).	58
Tabla 5. Comparación agua residual proveniente del sistema de tratamiento y el efluente del reactor.	67
Tabla 6. Porcentaje para cada criterio.	68
Tabla 7. Nomenclatura para cada alternativa.	68
Tabla 8. Nivel de calificación.	69
Tabla 9. Resultados obtenidos de alternativas de acuerdo a los criterios mínimos. (SI/NO).	69
Tabla 10. Resultado de criterios.	70
Tabla 11. Metodología Inicial empleada en el laboratorio.	74
Tabla 12. Valores de turbiedad para tres muestras sin floculante, con floculante aniónico y floculante catiónico.	85
Tabla 13. Valores comparados de la caracterización del 21 de diciembre con la actual.	88
Tabla 14. Valores de caudales promedio de la jornada semanal de las bodegas 8 y 1.	92
Tabla 15. Valores de caudales promedio de la jornada semanal de las bodegas 8 y 1 aumentado un 20%.	92
Tabla 16. Tamaño de tubería según el flujo volumétrico.	100
Tabla 17. Propiedades para línea de succión y línea de descarga.	100
Tabla 18. Costo de los equipos.	108
Tabla 19. Costo del coagulante y floculante para tratamiento anual.	109
Tabla 20. Costos de servicio para el tratamiento propuesto.	110

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Descomposición microbial de la materia orgánica.	28
Figura 2. Diagrama general de actividades de Productos EL TOMATICO S.A.S.	39
Figura 3. Diagrama detallado del proceso de producción de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S.	40
Figura 4. Diagrama de flujo de producción de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S.	41
Figura 5. Esquema de los compartimientos en la bodega 1.	46
Figura 6. Puntos de descarga de vertimientos	49
Figura 7. Muestreo realizado en la Bodega 8	73
Figura 8. Muestra estándar de agua de 500 ml.	77
Figura 9. Muestra con coagulante de Hidroxicloruro de Aluminio con floculante catiónico (izquierda), y aniónico (derecha).	85
Figura 10. Muestra coagulada con cal.	87
Figura 11. Muestra filtrada tratada con cloruro férrico.	88
Figura 12. Descripción general del proceso de la PTAR.	90
Figura 13. Esquema de las dimensiones de la bodega 3.	91
Figura 14. Diagrama para determinación de volumen del tanque de igualamiento.	93
Figura 15. Esquema del tanque de almacenamiento al sedimentador a través de la bomba centrífuga.	97
Figura 16. Esquema general del proceso de sedimentación.	102

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Volumen de agua total por lotes (mayo-junio 2017).	45
Gráfica 2. Porcentaje de uso para las aplicaciones de la planta (mayo - junio 2017)	45
Gráfica 3. Variación de pH de cada uno de los puntos de las bodegas.	50
Gráfica 4. Caudal en litros por segundo de cada uno de los puntos.	51
Gráfica 5. Variación de la temperatura de las bodegas.	52
Gráfica 6. Variación del caudal en las bodegas 1 y 8.	53
Gráfica 7. Variación del pH en las bodegas 1 y 8.	53
Gráfica 8. Variación de la temperatura en las bodegas 1 y 8.	55
Gráfica 9. Flujo acumulado de la empresa por jornada de operación.	94

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Expresión por Kepner & Tregoe.	69
Ecuación 2. Cálculo para carga de DQO y DBO ₅ .	72
Ecuación 3. Cálculo concentración final en la jarra.	77
Ecuación 4. Porcentaje de remoción de turbiedad.	83
Ecuación 5. Porcentaje de remoción para DQO.	89
Ecuación 6. Porcentaje de remoción para DBO ₅ .	89
Ecuación 7. Porcentaje de remoción para aceites y grasas.	89
Ecuación 8. Cálculo del volumen total del tanque de igualamiento (Método Ramesh Goel).	93
Ecuación 9. Cálculo tiempo de retención.	95
Ecuación 10. Cálculo área superficial.	96
Ecuación 11. Cálculo velocidad de entrada.	96
Ecuación 12. Teorema de Bernoulli.	97
Ecuación 13. Cálculo pérdida de carga en la bomba.	98
Ecuación 14. Cálculo de la constante de pérdidas de carga.	98
Ecuación 15. Cálculo factor de fricción (Swamee-Jain).	98
Ecuación 16. Cálculo velocidad (Teorema de Torricelli).	99
Ecuación 17. Cálculo altura útil de la bomba.	101
Ecuación 18. Cálculo potencia requerida de la bomba.	101
Ecuación 19. Cálculo diámetro sedimentador.	103
Ecuación 20. Altura de la zona cónica del sedimentador.	103
Ecuación 21. Cálculo área transversal del tubo.	104
Ecuación 22. Cálculo caudal entrada del sedimentador.	104
Ecuación 23. Cálculo volumen de coagulante para el proceso.	104
Ecuación 24. Cálculo volumen de floculante para el proceso.	105
Ecuación 25. Cálculo peso de lodo seco de hierro.	106
Ecuación 26. Cálculo de volumen diario de lodo.	107
Ecuación 27. Cálculo porcentaje diario de lodo.	107

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Permiso de Productos El Tomatico S.A.S. para el diagnóstico	121
Anexo B. Acta de visita técnica de inspección de la EAB-ESP (24 mayo 2017)	122
Anexo C. Diagrama de flujo de almacenamiento	125
Anexo D. Balance hídrico de la empresa por lotes	128
Anexo E. Solicitud registro de vertimientos de Productos El Tomatico S.A.S.	130
Anexo F. Entregable Secretaría de Ambiente (resultados visita)	134
Anexo G. Resultados caracterización (Diciembre 21 2017)	138
Anexo H. Hoja de seguridad productos químicos	141
Anexo I. Resultados caracterización laboratorio Conoser LDTA	146
Anexo J. Cotizaciones de los equipos e insumos	148
Anexo K. Tabulaciones de datos	155
Anexo L. Cálculos para preparación del coagulante	157
Anexo M. Caudales de la semana (Volumen para tanque de igualamiento)	158
Anexo N. Cálculos de la bomba sumegible	162

LISTA DE ABREVIATURAS

EDARI: estación depuradora de aguas residuales industriales

PTAR: planta de tratamiento de aguas residuales

ARD: aguas residuales domésticas

ARnD: aguas residuales no domésticas

DBO: demanda biológica de oxígeno

DQO: demanda química de oxígeno

NTU: número de unidades de turbiedad

PAC: hidroxicloriguro de aluminio

GLOSARIO

ACEITES Y GRASAS: son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo.

AFLUENTE INDUSTRIAL: suministros residuales derivadas de los vertidos originados por distintos usos del agua industrial, como ser aguas de purgas de circuitos cerrados o semi cerrados de la refrigeración, de producción de vapor, de recirculación de aguas de proceso, aguas de condensados, limpieza de equipos, entre otros.

AGUA PLUVIAL: las aguas pluviales son agua de lluvia que no es absorbida por el suelo, sino que se escurre de edificios, calles, estacionamientos y otras superficies. Las aguas pluviales se recolectan en alcantarillado y fluyen a colectores pluviales y al sistema de drenaje pluvial de la ciudad.

AGUA RESIDUAL: agua usada, doméstica y no doméstica (industrial) utilizada en actividades que han modificado sus propiedades fisicoquímicas.

AGUAS SANITARIAS: se refiere al agua que resulta ser usada por el ser humano y transportada en tubos hacia los alcantarillados y luego llevadas a planta para tratamiento.

CAJA DE INSPECCIÓN: es un dispositivo que se coloca en las intersecciones de las líneas colectoras de tuberías con el fin de poderlas inspeccionar y limpiar.

CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES: determinación y análisis, de la cantidad y características tanto físicas, químicas y biológicas, teniendo en cuenta la parametrización de las aguas residuales (normatividad), al igual que la finalidad del muestreo.

COAGULACIÓN: consiste en introducir en el agua un producto capaz de neutralizar la carga de los coloides, generalmente electronegativos, presentes en el agua, y formar un precipitado.

CONEXIÓN ERRADA: una conexión errada sucede cuando la tubería destinada a agua lluvia se une con una tubería de agua residual provocando varios problemas al momento de tratar el agua, pues las propiedades de cada uno de los fluidos y sus tratamientos resultan ser diferentes.

CUERPO HÍDRICO RECEPTOR: cualquier conjunto de agua el cual recibe la descarga del vertimiento.

DBO₅: la demanda biológica de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.

DQO: la demanda química de oxígeno se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada mediante un oxidante fuerte.

EFLUENTE INDUSTRIAL: descargas residuales derivadas de los vertidos originados por distintos usos del agua industrial, como ser aguas de purgas de circuitos cerrados o semi cerrados de la refrigeración, de producción de vapor, de recirculación de aguas de proceso, aguas de condensados, limpieza de equipos, entre otros.

ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (EDARI): plantas dedicadas a la depuración de aguas residuales cuya función básica es recoger las aguas de una población o industria, y después de reducir la contaminación mediante ciertos tratamientos y procesos, la devuelve a un cauce receptor.

FLOCULACIÓN: proceso mediante el cual, al haber implementado un coagulante en la muestra de agua, permite que las partículas mediante atracción iónica formen aglomerado de la suspensión coloidal inmersa en el agua analizada.

FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO: es una operación física mediante la cual se inyecta aire en un tanque de almacenamiento lleno de agua contaminada con grasa, para que las partículas de grasa que se encuentren inmersas en el cuerpo hídrico sean atrapadas por burbujas de aire creadas al fondo, y por diferencias de densidades sean llevadas hacia la superficie en donde finalmente son removidas por unos dispositivos en forma de paletas que están sobre la superficie del tanque y arrastran todas las partículas hacia unos cubos en donde se acumula la grasa.

LODO: suspensión de un sólido en un líquido proveniente de un tratamiento de agua, residuos líquidos u otros similares.

MÉTODOS PARA TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES: procedimientos ya sean físicos, químicos, o biológicos para la descontaminación y limpieza de aguas residuales.

NEUTRALIZACIÓN: la neutralización o ajuste de pH, se usa para proteger fuentes receptoras de descargas alcalinas o ácidas fuertes, o para permitir el postratamiento de dichos residuos.

PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES: conjunto de características físicas, químicas y biológicas para la especificación de un muestreo de agua; realizándose por métodos estables asegurando la veracidad de los resultados.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA (PTAR): lugar que tiene un procedimiento por etapas para el agua residual, proveniente de establecimientos domésticos o industriales, con el fin de hacer una limpieza, de tal modo que no

llegue a ser perjudicial para la salud y medio ambiente al verterlo en un cuerpo de agua.

PUNTO DE CONTROL DEL VERTIMIENTO: lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.

SEDIMENTADOR: se denominan tanques de sedimentación aquellos que reciben aguas residuales crudas, generalmente antes del tratamiento biológico secundario. Estos tanques pueden ser rectangulares o circulares. Se encargan de la sedimentación de los residuos sólidos provenientes de procesos de coagulación y floculación.

TANQUE DE IGUALACIÓN: es un equipo utilizado principalmente para plantas de tratamiento de aguas residuales cuando se tienen varias corrientes de proceso que están en diferentes partes, y permite la homogenización de las corrientes mediante el mezclado y el reposo de las mismas.

TRAMPA DE GRASA: es un dispositivo perteneciente al tratamiento primario de aguas residuales en donde se remueven gran parte de las grasas mediante cambios de densidades y una malla en donde las partículas de mayor peso molecular son retenidas.

TURBIEDAD: medida del grado de transparencia que pierde el agua por la presencia de partículas en suspensión.

VALORES LÍMITES PERMISIBLES: valores máximos permitidos para los parámetros de aguas residuales, por medio de métodos estables y legítimos.

VERTIMIENTO: descarga líquida de materiales de desecho o sustancias a un cuerpo de agua.

RESUMEN

El presente proyecto de grado es una propuesta para la reducción de carga contaminante del agua residual generada en el proceso de producción de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S., la cual se encarga del diseño, producción y comercialización de salsas y conservas alimenticias.

Inicialmente, se realizó un diagnóstico de los procesos llevados a cabo para el tratamiento y futuro vertimiento del efluente proveniente del proceso productivo de la empresa, igualmente, un balance hídrico con el fin de conocer la cantidad y proporción de agua vertida del proceso. Se presentaron las caracterizaciones anuales realizadas por la empresa de los dos últimos años (exigidas por el decreto 3930 de 2010), evaluando los parámetros que se encuentran por fuera de los rangos establecidos por la resolución 0631 de 2015, los cuales son DQO, DBO₅, y aceites y grasas.

Posteriormente, se plantearon tres alternativas de diseño para un nuevo tratamiento de agua residual, que cumplieran con los requerimientos necesarios para reducir la carga orgánica presente en el agua. Para escoger una de las tres alternativas propuestas, se utilizaron criterios de selección, que dependían de la disponibilidad de la empresa para invertir, el área disponible, mantenimiento, eficiencia y tiempo de tratamiento.

Al tener seleccionada una alternativa, se llevó a cabo el desarrollo experimental, evaluando los resultados con una nueva caracterización para evidenciar la remoción de la carga contaminante presente en el agua. A partir de los resultados, se establecieron las especificaciones técnicas de diseño, las cuales dependían de los resultados obtenidos en el laboratorio, adaptando estos a nivel industrial y comercial.

Finalmente, se realizó la estimación de costos de la alternativa seleccionada, teniendo en cuenta, el costo de inversión, que abarca el costo de capital (CAPEX), y el costo operacional (OPEX).

Palabras clave: aguas residuales, industrias de salsas, sistemas de tratamiento de aguas residuales, coagulación, floculación, caracterización, vertimientos.

INTRODUCCIÓN

La empresa de Acueducto de Bogotá EAB-ESP, ubicada en la Avenida Calle 24 No. 37 -15 es una empresa de servicio público que se encarga del monitoreo y control que debe tener las empresas con el agua, trabajando junto a la Secretaría Distrital de Ambiente, velando por la protección del recurso hídrico, teniendo en cuenta obras de saneamiento ambiental, campañas, proyectos científicos, entre otros, que buscan el mejoramiento de la calidad de vida actual y futura de la capital y la región.

La EAB-ESP tiene dividida la ciudad en cinco zonas, en donde cada una es monitoreada en acueducto y alcantarillado. Tienen información del manejo y aprovechamiento que se le da al agua en cada uno de los puntos de las zonas en donde se use. Según el decreto 3930 de 2010, cada empresa debe enviar a la EAB-ESP y a la Secretaría de Ambiente una caracterización de agua para saber en qué estado se están vertiendo los efluentes al alcantarillado y a aguas superficiales. Dentro de esas empresas, se encuentra Productos EL TOMATICO S.A.S., ubicada en la carrera 68 H # 77-60 de la zona dos de Bogotá, hace parte del sector de alimentos, encargada del diseño, producción y comercialización de salsas y conservas alimenticias. Esta industria presenta, dentro de su última caracterización realizada el 21 de diciembre del año 2017, resultados que indican un incumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 en el parámetro de aceites y grasas, DQO, DBO₅ y pH.

El 28 de marzo de 2014 se expidió una sentencia en donde hay una iniciativa para ordenar al Gobierno Nacional formular diversas políticas y reglamentación necesaria para colaborar y orientar a la gestión integral del Río Bogotá; a la EAB-ESP que elabore un plan para la regulación y control del sistema sanitario de la ciudad, este fallo tiene por objeto favorecer la descontaminación del río, esta acción no resulta en un elemento válido si no se acompaña de un estricto control de los vertimientos el cual está reglamentado en el Decreto 3930 de 2010. La combinación de la erradicación de las conexiones erradas con el control de vertimientos es una acción que realmente garantizará que al sistema hídrico de la ciudad que confluye en el río Bogotá, no lleguen aguas residuales sin tratamiento a través de los ríos canalizados, en este caso particular a canal nuevo río Salitre, correspondiente al canal que recibe las aguas del sistema de alcantarillado pluvial de esta área de la ciudad de Bogotá.

Por lo tanto, la EAB-ESP sugiere evaluar estrategias o alternativas, que, de un modo u otro, se acerquen a los requerimientos de la normatividad y, por lo tanto, que haya una disminución de carga contaminante que generan no solo un problema para el medio ambiente, sino también a la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S., puesto que se encuentra expuesta a que se le impongan multas o sanciones según la Ley 1333 de 2009 del Congreso de la República.

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo, las empresas que viertan aguas contaminadas a fuentes hídricas pueden llegar a tener una multa de 2500 millones de pesos. También advierten que a las empresas que se encuentren por fuera de la norma tienen cinco años de plazo para regular la carga contaminante de las aguas que utilicen, para luego ser tratadas adecuadamente y finalmente vertidas en una fuente hídrica.

De este modo, este proyecto le brinda al Acueducto y a Productos EL TOMATICO S.A.S., la asistencia para mejorar la calidad de las aguas residuales, provenientes de este último, que tienen como destino final el río de Bogotá, y así cooperar con la meta de erradicar la contaminación en este cuerpo de agua; contribuyendo a la empresa seleccionada con propuestas, estrategias o alternativas de control al momento de verterla en la fuente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una alternativa para la reducción de carga contaminante para la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S de la zona dos de Bogotá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de las aguas de vertimiento de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S.
- Establecer alternativas para la reducción de carga contaminante del vertimiento.
- Establecer especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada.
- Determinar los costos de implementación de la alternativa propuesta.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 AGUAS RESIDUALES

Según Ramalho¹ se consideran aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en actividades industriales, comerciales, domésticas y de servicios de una ciudad.

Dependiendo de su calidad es recomendable que pase por un tratamiento antes de ser depositada en un vertimiento. Las fuentes donde se puede conseguir aguas residuales son, por un lado, las aguas domésticas o urbanas, usadas para diferentes tareas en el hogar, a los interiores o exteriores, al igual que en zonas residenciales, conjuntos, edificios, entre otros.; y por el otro, las aguas residuales industriales, las cuales como su nombre lo indica, las industrias la emplean para sus procesos, aguas de uso agrícola para hacer limpieza de ganado, riego, actividades de control, entre otras muchas en el sector agropecuario. Añadiendo las aguas pluviales.

Es necesario tener en cuenta que el agua residual dependiendo de su composición se puede caracterizar en sus propiedades físicas (color, olor, turbiedad, sólidos, conductividad) químicas (DQO, DBO, pH, grasas, fenoles, nitratos, minerales, etc.) y biológicas (patógenos). La calidad del agua y sus concentraciones dependen de su localización y los factores a los cuales haya tenido que pasar (económicos, sociales, geográficos, como algunos otros).

El vertimiento de aguas residuales que se realiza en los cuerpos hídricos resulta ser una problemática, no solo para los ecosistemas, sino también para el ser humano, debido a que el cuerpo de agua puede resultar perjudicial para la salud. Para tener conocimiento de las composiciones que pueda contener el cuerpo de agua es necesario primero realizar el muestreo respectivo.

1.1.1 Muestreo para las aguas residuales. El muestreo es una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar qué parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre ésta. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de la localidad que son importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la urbe, es decir, ejemplificar las características de ésta. ²

¹ RAMALHO, Rubens Sette, et al. Tratamiento De Aguas Residuales. Barcelona: Editorial Reverté, 1996. P. 10

² Muestreo. 2004. p. 344

Según la norma técnica colombiana NTC-ISO 5567-2³, el muestreo se define como el proceso de sacar una porción, procurando que sea representativa de una masa de agua, con el propósito de examinar diferentes características definidas.

Para el muestreo de aguas residuales es necesario conocer qué tipos de parámetros se deben de tener en cuenta al momento de la medición. Los parámetros que se pueden encontrar son:

- Los parámetros físicos: Temperatura, color, turbiedad, Olor, Conductividad
- Los parámetros químicos: DQO y DBO, oxígeno disuelto, alcalinidad, acidez, dureza, sólidos, sulfatos, grasas y aceites, nitratos, entre otros.
- Los parámetros biológicos: Microorganismos.

1.1.2 Tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.⁴

1.1.2.1 Pretratamiento y tratamiento primario. Hay que tener en cuenta que estos tratamientos se deben a cambios ya sean, físicos, químicos y/o biológicos, para reducir los sólidos suspendidos o líquidos (emulsificado), para así, dar paso al tratamiento secundario. Siendo así, Ramalho⁵ plantea los siguientes tratamientos:

- **Cribado:** también llamado desbrozo, consiste en rejillas que reducen los sólidos de cualquier tamaño que están suspendidos, los cuales, se clasifican en finos y gruesos. Estos pueden ser dirigidos a procesos anaerobios, vertederos o directamente incinerados. La limpieza de las rejillas puede ser manual o mecánica.
- **Coagulación y floculación:** Según Romero⁶, la coagulación química se puede definir como un proceso unitario, con el propósito de causar coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y partículas del agua residual; este proceso permite reducir las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores favorables a la sedimentación. Los coagulantes son sustancias químicas compuestos de

³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo, Bogotá: ICONTEC, 1995, 2 p. (NTC-ISO 5667 -2)

⁴ M. ESPIGARES GARCÍA y J. A. PÉREZ LÓPEZ. Aguas Residuales. Composición.

⁵ RAMALHO, Rubens Sette, Op. cit., p. 91.

⁶ ROMERO, R., Jairo Alberto. Calidad Del Agua. 2008. Tercera Ed. 2008. p. 239-240.

hierro y aluminio⁷ que permiten la separación de materia orgánica presente en el agua formando coloides suspendidos y logrando una separación de varias sustancias presentes en el efluente. Al emplear la separación debe existir una aglomeración de los coloides para mayor facilidad de manipulación y remoción que se lleva a cabo con sustancias que logran dicha unión de partículas mediante otro proceso llamado floculación.

Cuadro 1. Coagulantes convencionales para tratamiento de agua.⁸

Coagulante	Rango pH	Descripción
Sulfato de Aluminio	4-7	Coagulante estándar en tratamientos de agua. Aplicable sobre todo para potabilización del agua, porque sólo se necesita este químico para la coagulación.
Sulfato ferroso	Mayor a 8,5	Coagulante ácido granular. Debido al valor de la alcalinidad del agua y pH, es complejo formar los flocs deseados, por ende, se eleva el pH con cal para una mejor precipitación.
Sulfato ferroso y cal	3,5-6,5 y mayor a 8,5	Generalmente junto con cal (CaO) mejora la coagulación. Cabe resaltar, que la precipitación depende del oxígeno disuelto presente en el agua; además, la cal añade dureza al agua.
Sulfato ferroso y cloro		Igualmente, con cloro, se mejora la coagulación, y es útil en plantas donde se requiera precloración. También está la posibilidad de una remoción de color efectiva.
Cloruro Férrico		Es enérgico, aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas. ⁹ Este coagulante reacciona con la alcalinidad natural del agua, si no, se agrega cal. Es usado más que todo en tratamiento de aguas residuales.

⁷ Ibid., p. 237.

⁸ Ibid., p. 243-246

⁹ COGOLLO FLÓREZ, Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. 2011. p. 18.

Cuadro 1. (Continuación).

Coagulante	Rango pH	Descripción
Sulfato férrico	3,5-6,5 y mayor a 8,5	Se puede dosificar en seco o líquido. Bastante usado en tratamientos de aguas con alto contenido de manganeso.
Aluminato de sodio	5-9	El coagulante viene con contenidos variables de agua y sólidos como carbonato de sodio, soda cáustica u otras impurezas. Debido al sodio, es beneficioso para ablandar aguas duras o aguas coloreadas.

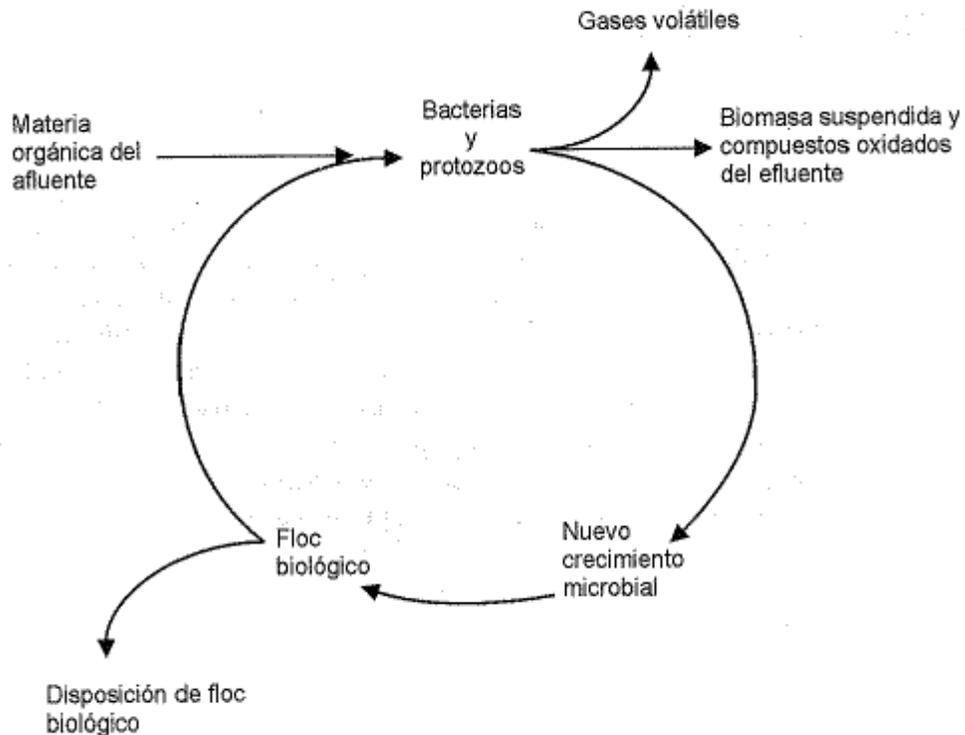
Fuente: ROMERO, R., Jairo Alberto. Calidad Del Agua. 2008. Tercera Ed. 2008. p. 243-246.

- **Coagulantes alternativos.** En los últimos 25 años se ha desarrollado una nueva generación de coagulantes inorgánicos pre polimerizados tales como PAC's, los cuales se comportan diferentes a los coagulantes convencionales en el proceso de clarificación debido a sus características de especificación química. Los PAC's tienen diferentes fases sólidas en las reacciones hidrolíticas respecto a los coagulantes convencionales. Los flóculos de PAC's tienden a ser grupos de pequeñas esferas y/o estructuras tipo cadena con tamaño menor a 25 mm, mientras que los flóculos de sulfato de aluminio son usualmente estructuras esponjosas y porosas con tamaño de 25 a 100 mm. Esta diferencia estructural hace que los PAC's produzcan una menor turbiedad en suspensión que el sulfato de aluminio.¹⁰
- **Sedimentación:** es un proceso de separación para retirar los sólidos de suspensión, usando como fuerza física la gravedad, y la diferencia de pesos específicos entre el líquido y los sólidos, donde dependiendo de este último, se clasifican los tipos de sedimentación (discreta, con floculación, por zonas).
- **Flotación:** proceso que separa partículas sólidas de baja densidad o líquidos (emulsiones) de la fase líquida, por medio de un burbujeo, generalmente aire, donde dichas partículas se incorporan en éste, forzando a que éstas floten, para realizar el pertinente desprendimiento por medios mecánicos.
- **Neutralización:** proceso que regula el pH, ya sean ácidas o alcalinas, antes de dirigir la descarga al medio receptor (alcantarillado), o a un tratamiento químico o biológico.

¹⁰ Ibid., p. 23-27.

1.1.2.2 Tratamientos secundarios y terciarios. Según Romero¹¹, este tratamiento consiste en la remoción de contaminantes por medio de actividad biológica. Dicha actividad, es eficiente esencialmente con sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas del agua residual, y convertirlo en gases y biomasa que puede ser extraída mediante sedimentación.

Figura 1. Descomposición microbiana de la materia orgánica.



Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño.

De acuerdo con Picazo¹², el tratamiento secundario tiene como objetivo limpiar el agua de impurezas cuyo tamaño de partícula es mucho menor al que se puede captar por decantación y rejillas, para ello, los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos combinados.

En el siguiente cuadro se muestran procesos de tratamiento biológico, dependiendo del tipo de microorganismo (aerobio, anaerobio o anoxico), y su aplicación principal:

¹¹ ROMERO, R., Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Op cit., p. 225.

¹² PICAZO, J. Aguas residuales en las industrias agroalimentarias: caracterización y sistemas de tratamiento y depuración. 1995. ISSN 1130-2534. RACVAO.

Cuadro 2. Principales procesos de tratamiento biológico.

Tipo	Crecimiento	Proceso	Uso principal
Aerobios	Suspendido	Lodos activados <ul style="list-style-type: none"> - Convencional - Mezcla completa - Aireación escalonada - Estabilización y contacto - Oxígeno Puro - Tasa alta - Aireación prolongada - Proceso Krauss - Zanjón de oxidación Lagunas aireadas Digestión aerobia Lagunas aerobias	Remoción de DBO y nitrificación Remoción de DBO y nitrificación Remoción de DBO – estabilización Remoción de DBO y nitrificación
	Adherido	Filtros percoladores <ul style="list-style-type: none"> - Tasa baja - Tasa alta Torres bilógicas Unidades rotatorias de contacto biológico Reactores de lecho fijo	Remoción de DBO y nitrificación Remoción de DBO y nitrificación Remoción de DBO y nitrificación Remoción de DBO y nitrificación
Anóxicos	Suspendido	Bardenpho	Remoción de DBO, N y P
	Adherido	Desnitrificación Desnitrificación	Remoción de nitrógeno Remoción de nitrógeno
Anaerobios	Suspendido	Digestión anaerobia Anaerobio de contacto	Remoción de DBO – estabilización Remoción de DBO
	Híbrido	Lagunas anaerobias Manto de lodos – flujo Ascensional (PAMLA) o UASB	Remoción de DBO – estabilización Remoción de DBO y SS
	Adherido	Filtro anaerobio	Remoción de DBO – estabilización
		Lecho expandido	Remoción de DBO – estabilización

Fuente: ROMERO, R., Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Pág. 227.

El proceso consiste, según Picazo¹³, en provocar y mantener colonias de bacterias que estabilicen el contenido orgánico que les llega y, en segundo lugar, separar esas colonias mediante decantación. En este tipo de tratamientos es donde existe una mayor diversidad de sistemas de depuración, que pueden agruparse en dos grandes grupos:

Lechos bacterianos o filtros percoladores. El sistema consiste en depósitos rellenos de un medio filtrante de alta superficie, recubierto de una superficie (film) de organismos depuradores, a través del cual fluye el agua residual previamente

¹³ Ibid., p.13.

decantada. Cuando estos crecen, aumentan el espesor del film, entrando los más profundos en una fase endógena de crecimiento, a partir de la cual pierden su capacidad de adherirse a la superficie del relleno, por lo que se desprende el film y comienza el crecimiento de uno nuevo. A continuación, pasa a un decantador secundario donde se clarifica.

Lodos o fangos activados: El sistema consiste en desarrollar en cubas, aireadas y/o agitadas por diferentes sistemas, un cultivo bacteriano alimentado con el agua residual. Este cultivo bacteriano forma lodos activos que, tras un tiempo de contacto, se envían junto al agua residual a un decantador secundario, donde se separa el agua depurada de los fangos. Un porcentaje de estos últimos, se suelen recircular al depósito de aireación para mantener en el mismo una concentración suficiente de biomasa activa.

Según Vaca¹⁴, el tratamiento terciario es empleado para separar la materia residual de los efluentes de procesos de tratamiento biológico, con el propósito de prevenir la contaminación de los cuerpos de agua receptores, o para obtener la calidad adecuada para el reúso; en esta clasificación se encuentra procesos de membrana, osmosis inversa, ultrafiltración, microfiltración, procesos redox, precipitación química, entre otros.

1.1.3 Normatividad para aguas residuales. Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015:

- **Artículo 12:** Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ArnD a cuerpos de AGUAS SUPERFICIALES de actividades asociadas con elaboración de PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y BEBIDAS.¹⁵

Cuadro 3. Parámetros de vertimientos para industrias de alimentos.

PARÁMETRO	UNIDADES	INDUSTRIA ALIMENTOS
pH	mg/L	6,00 a 9,00
DQO	mg/L	600,0
DBO ₅	mg/L	400,0

¹⁴ VACA MIER, Mabel, et al. TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES POR FILTRACIÓN E INTERCAMBIO IÓNICO. Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco, México. p. 1-4.

¹⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. Marzo 17. 2015. Por 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. p.14-15.

Cuadro 3. (Continuación).

PARÁMETRO	UNIDADES	INDUSTRIA ALIMENTOS
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	200,0
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/L	2,00
Grasas y aceites	mg/L	20,00
Nitratos	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos	mg/L	Análisis y Reporte
Cloruros	mg/L	250,0
Sulfatos	mg/L	250,0
Sulfuros	mg/L	-
Fenoles	mg/L	Análisis y Reporte
Cadmio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	3,00
Cobre	mg/L	1,00
Cromo	mg/L	0,50
Mercurio	mg/L	0,01
Níquel	mg/L	-
Plomo	mg/L	0,20

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 de 2015.

- **Artículo 16:** Vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – Arnd al ALCANTARILLADO PÚBLICO¹⁶

Cuadro 4. Parámetros de vertimientos para aguas residuales no domésticas.

PARÁMETRO	UNIDADES	INDUSTRIA CON AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS
pH	mg/L	5,00 a 9,00
DQO	mg/L	900,0
DBO ₅	mg/L	600,0
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	300,0
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/L	3,00
Grasas y aceites	mg/L	30,00
Nitratos	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos	mg/L	Análisis y Reporte
Cloruros	mg/L	250,0
Sulfatos	mg/L	250,0
Sulfuros	mg/L	-
Fenoles	mg/L	Análisis y Reporte
Cadmio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	3,00
Cobre	mg/L	1,00
Cromo	mg/L	0,50

¹⁶ Ibid., p. 26-28.

Cuadro 4. (Continuación).

PARÁMETRO	UNIDADES	INDUSTRIA CON AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS
Mercurio	mg/L	0,01
Níquel	mg/L	-
Plomo	mg/L	0,20

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 de 2015.

NTC-ISO 5667-02: “Esta norma constituye una guía sobre técnicas de muestreo utilizadas con el fin de obtener los datos necesarios para hacer análisis con propósitos de control de calidad, caracterización de la calidad e identificación de fuentes de contaminación del agua”.¹⁷

NTC-ISO 5667-03: “Esta norma suministra directrices generales sobre las precauciones que se deben tomar para preservar y transportar muestras de agua, con excepción de las muestras microbiológicas. Estas directrices son adecuadas, en particular cuando una muestra (puntual o compuesta) no se puede analizar en el sitio y tiene que ser transportada para analizarla en el laboratorio”.¹⁸

Resolución 330 de 2017: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.¹⁹

Decreto 3930 de 2010: “El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados”.²⁰

Ley 1333 de 2009: Ley que dicta todas las disposiciones relacionadas con el procedimiento sancionatorio ambiental.²¹

¹⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Op. Cit., p. (NTC-ISO 5667 -2).

¹⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la preservación y manejo de las muestras. Bogotá: ICONTEC, 2004. 2 p. (NTC – ISO 5667 -3).

¹⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. RESOLUCIÓN NO. 330 de 08 de junio de 2017. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en ejercicio de sus atribuciones legales y, en particular, las contenidas en el artículo 59, numeral 3 de la Ley 489 de 1998 y el artículo 2°, numeral 13 del Decreto número 3571 de 2011.

²⁰ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. DECRETO NO. 3930 de 25 de Octubre de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI –Parte III-Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a su uso del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 3957 de 2009: “Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital”.²²

NTC 3650-2 de 2010: Según el ICONTEC²³, Proporciona una terminología normalizada para la caracterización de la calidad del agua. Define una lista de términos utilizados en algunos campos de caracterización de la calidad del agua. Igualmente, abarca expresiones relativas al muestreo del agua, análisis de agua, tipos del agua y tratamientos del agua.

1.2 INDUSTRIA ALIMENTICIA DE SALSAS Y ADEREZOS

El término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. En general, las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras.²⁴

En la industria de las salsas y aderezos, existen varios procesos que son elaborados a partir de emulsiones. Una emulsión es una combinación de dos líquidos inmiscibles que se encuentran en forma de pequeñas gotas distribuidas en la fase dispersante.²⁵ La mayoría de los emulsionantes se encuentran constituidos por aceite y agua como lo puede ser la mayonesa o las cremas. Otro tipo de emulsiones son las compuestas por agua en aceite como la margarina.

Los aderezos son muy variados en su composición, textura y sabor, varían en su contenido de aceite y en los ingredientes adicionados que brindan características diferentes a los alimentos consumidos. Debido a su composición, los aderezos tienen un alto contenido de grasa, puesto que contienen aceite y maíz.²⁶

²¹ CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333 de 21 de junio de 2009. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

²² ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Resolución 3957 de Junio 19 de 2009. Que el Decreto 1594 de 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.", en su artículo 82 determina las normas que deben cumplir todos los vertimientos.

²³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión ambiental. Calidad del agua. Vocabulario. Parte 2. Define términos utilizados en algunos campos de caracterización de la calidad del agua. Bogotá: ICONTEC, 2010, 2 p. (NTC- 3650-2)

²⁴ SECTORES BASADOS EN RECURSOS BIOLÓGICOS, et al. Sectores Basados En Recursos Biológicos.

²⁵ Naval Gías. Luis. Revisión bibliográfica. En: Revista Española De Cirugía Oral Y Maxilofacial. Nov. vol. 32, no. 4, p. 189-191

²⁶ Ibid., p. 189.

1.2.1 División y descripción de procesos. Estas industrias se clasifican de acuerdo a factores como función de adquisición de materias primas, manufactura y distribución. Para las materias primas es necesario que sean sometidas a controles de calidad, conservación y caducidad que cumplan con las normas brindadas por el Ministerio de Salud. Luego deben ser almacenadas en ambientes adecuados antes de su utilización y posteriormente pesados para que cumplan con las cantidades específicas de su formulación.

Los ingredientes son mezclados a temperaturas altas (entre 70 y 92°C), a presión atmosférica y sometidos a agitación constante con el fin de que quede homogeneizada la mezcla. Después la mezcla se incorpora en un tanque en donde se adhiere aceite y en algunos casos especias.

Las industrias alimenticias cubren ciertas características específicas que van relacionadas con el tipo de producto que se realiza, las materias primas empleadas para el procesamiento del producto, las condiciones de operación, las operaciones unitarias, entre otros. En las empresas de salsas de cualquier tipo, llevan a cabo procedimientos donde involucran altas y bajas temperaturas, en vista de que sus variables y condicionamiento dependen de las propiedades que se vayan a obtener de las salsas: la contextura, la intensidad del olor, el sabor, entre otros.

Por ejemplo, la salsa de tomate, su proceso de producción utiliza altas temperaturas para disminuir la fuerza capilar y permitir con mayor facilidad la homogeneización de la mezcla y no se generen grumos, luego es enfriada a temperatura ambiente. Para la salsa de tomate no es recomendable enfriarse con medios conductivos o convectivos rápidos, debido a que su color característico rojo y tonalidades oscuras, puede cambiar, formando una capa de nata superficial, haciendo que parte del producto pierda su textura y finura.²⁷

1.3 GUIA PREVIA PARA UN BUEN USO DEL AGUA.²⁸

El Acueducto de Bogotá EAB-ESP y la Secretaría Distrital de Ambiente recomiendan unos pasos a seguir para las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) que estén relacionadas con procesos de producción, y manipulen aceites y grasas. Estas pautas se informan, con el fin de que toda empresa las implemente para dar cumplimiento con la resolución 0631 de 2015. Las pautas son las siguientes:

²⁷ ENTREVISTA con Barrantes. Oscar. y León. María Fernanda, empleados de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. Variación de porcentajes de agua en productos. 2017.

²⁸ Empresa de agua, acueducto y alcantarillado de Bogotá EAB-ESP I Foro Distrital "Buenas Prácticas Para El Uso De Sistema De Alcantarillado Y El Manejo De Aceite Vegetal Usado". (13 Septiembre 2017). 13 Septiembre 2017.

Diseñar un sistema de tratamiento para la empresa, para ello se debe:

- Identificar los puntos de descarga con el fin de controlar todo tipo de efluente industrial que vaya al vertimiento.
- El sistema debe diseñarse según las características de la descarga. Como se trata de una empresa productora, distribuidora y comercializadora de salsas debe ser un sistema basado en el tratamiento de grasas y aceites, DQO, DBO₅ y pH.
- Realizar mantenimiento con frecuencia.
- Contar con formatos de chequeo del estado del agua y un manual de limpieza para el conocimiento de los operarios de la planta.

Como paso a seguir, coincide el Acueducto de Bogotá EAB-ESP con la Secretaría Distrital de Ambiente que se realice mantenimiento de los equipos y zonas donde interviene la remoción de contaminantes del efluente, una vez el agua fue usada:

Mantenimiento de trampa de grasas.

- Remoción de la grasa.
- Limpiar las paredes del equipo.
- Verificar el estado general de la trampa.

Tener una infraestructura en la planta permite contribuir con un mejor uso del agua:

Tener redes separadas (aguas lluvia de las aguas residuales).

- Implementar una caja de inspección externa, donde tendrá en cuenta el estado del agua afuera de la empresa.
- Verificación de conexiones erradas.

Una conexión errada se presenta cuando en una vivienda, industria o establecimiento comercial se conecta la tubería de las aguas residuales a la tubería del alcantarillado de aguas lluvias generando contaminación a los cuerpos de agua superficiales como ríos, quebradas y humedales.²⁹ Las consecuencias que puede traer una conexión errada en una empresa pueden ser:

- Contaminación de fuentes hídricas por el vertido de aguas residuales no tratadas
- Pérdida de capacidad hidráulica de transporte de caudales en las redes pluviales

²⁹ Empresa de agua, acueducto y alcantarillado de Bogotá EAB-ESP. ¡Evita las conexiones erradas!, ayuda a conservar el recurso hídrico de la ciudad. Op. cit. p. 3-4

- Generación de vectores que pueden afectar la salud humana
 - Cambio en las condiciones ecosistémicas de los humedales de Bogotá
- Pérdida de la calidad del agua, impidiendo su uso con fines recreativos, productivos o función ecológica.³⁰

Realizar buenas prácticas de uso eficiente del agua, así como control de residuos sólidos y líquidos:

Tener diseñado un plan de contingencia en caso de derrame de grasas y aceites:

- Manejar rejillas fijas a base de acero inoxidable con el fin de evitar su corrosión por el agua.
- Disposición adecuada de aceite vegetal usado.
- Limpieza frecuente de todos los utensilios de producción de la planta.
- Capacitación de los usuarios mediante charlas y conferencias en donde se les muestre a los operarios como deben realizarse buenas prácticas.

Al cumplir con los pasos anteriores, las entidades normativas aseguran que las empresas pueden tener una disminución alta de la carga contaminante, debido a que se hace un control ordenado y riguroso por parte del personal para la prevención de riesgos relacionados con la normativa ambiental.

Esta guía no se enfoca en industrias de algún proceso específico, abarca buenas prácticas con el fin de realizar producción más limpia junto a una gestión de manejo de residuos y previene sanciones de acuerdo con la Ley 1333 de 2009. Sin embargo, como es una consecución de pasos, es necesario que se realice en el orden brindado para asegurar el mejor resultado y lograr una reducción de carga contaminante hasta para dar cumplimiento con la resolución 0631 de 2015.

³⁰ Secretaría Distrital de Ambiente - Subdirección de recurso hídrico y de suelo. Instructivo Para La Prevención De Conexiones Erradas. Bogotá D.C.

2. DIAGNÓSTICO

En este capítulo se describe el proceso general de producción de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S., el tratamiento que se realiza al agua residual, y se presenta el diagnóstico respectivo de la carga al vertimiento, el cual presenta valores en las caracterizaciones que sobrepasan el límite normativo en los parámetros aceites y grasas, DQO y DBO₅.

Para la toma de datos se pidió consentimiento por parte del Productos EL TOMATICO S.A.S. que se puede ver en el **Anexo A**. Se tiene en cuenta la visita del Acueducto de Bogotá EAB-ESP como el primer diagnóstico realizado en el año 2017 con el fin de tener una primera vista de toma de datos en el que se muestra la situación actual de la empresa en término de vertimientos y tratamiento de agua. Se puede ver en el **Anexo B**.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Productos EL TOMATICO S.A.S. es una industria que se ubica en la carrera 68H # 77-60, barrio Las Ferias, en la localidad de Engativá. Se encarga de la fabricación, empaquetamiento y comercialización en la línea de salsas y conservas alimenticias derivándose 18 líneas de producción, tales como: salsa de tomate, salsa rosada, mostaza, tártara, mayonesa, salsa sabor a miel, miel mostaza, barbecue, pasta de tomate, salsa de mora, salsa de piña, salsa de ciruela, mayo ajo, vinagre blanco, vinagre con sabor a manzana, salsa negra, salsa soya y salsa de ají.

La empresa se encarga de realizar la producción por medio de lotes, por lo que el proceso se lleva a cabo de manera discontinua. Al ser un proceso por lotes, quiere decir que la empresa prepara cantidades limitadas, por lo que se tiene volúmenes previstos para ciertos periodos.

La empresa compone de tres bodegas que se encargan de la producción y seis que se utilizan para recepción de materias primas, almacenamiento y mantenimiento. Las bodegas que involucran los procesos de producción, equipos, tratamiento y limpieza son la bodega uno, la siete y la ocho. La uno se encarga de los productos calientes y compone de una EDARI que se caracteriza por tener un lecho filtrante, la siete se encarga de embalaje y empaquetamiento estilo sachet de salsas en general y compone de una caja de inspección. La bodega ocho lleva a cabo procedimientos en caliente y en frío y tiene una EDARI más amplia que la bodega uno, dado que se llevan a cabo más líneas de producción y realiza la limpieza de los recipientes de todas las áreas de producción.

En el siguiente cuadro se puede observar el producto y el tipo de proceso en el que se lleva a cabo:

Cuadro 5. Tipo de proceso para cada producto de Productos EL TOMATICO S.A.S.

PRODUCTO	TEMPERATURA (°C)	Tiempo de elaboración (min)	BODEGA
Pasta de tomate, salsa mora, salsa tomate, miel, barbacue, salsa de piña, salsa de ciruela, mayo ajo, vinagre, vinagre con sabor a manzana, salsa negra, salsa soya, salsa de ají.	80-100	45-120	1
Mostaza, salsa rosada, tártara, mayonesa, miel mostaza.	48-60	5-8	8

Fuente: Registros de producción de la empresa. Modificado por autores.

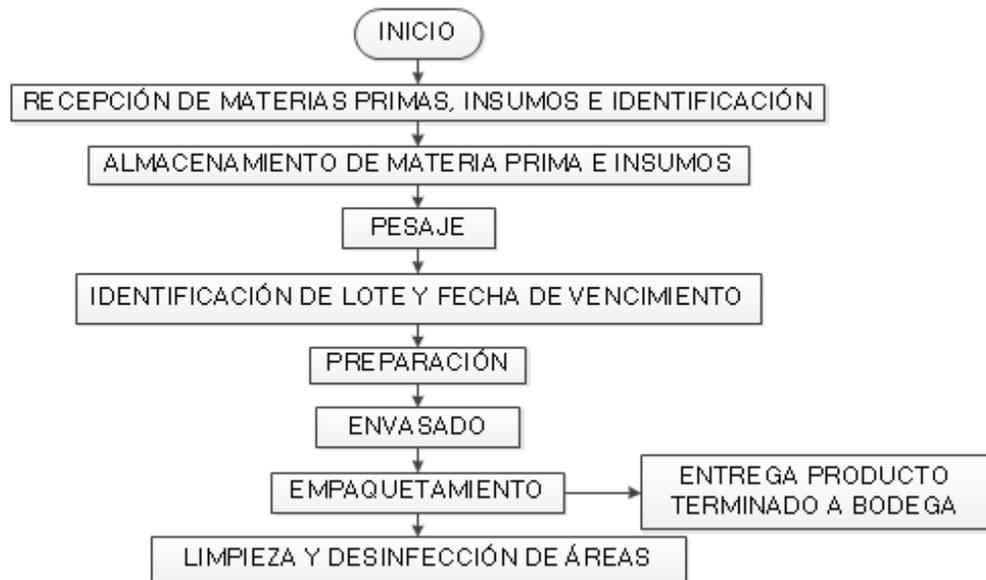
Según el cuadro 5, las temperaturas indican a cuál proceso pertenece cada producto, es decir, entre un rango de 80 - 100°C son salsas de proceso caliente; mientras que, entre una temperatura de 48 - 60 °C, son productos de proceso frío. El término proceso frío refiere a productos que no requieran temperaturas superiores a 80°C. Para el proceso en caliente, depende del producto su tiempo de elaboración: desde la pasta tomate que demora 45 minutos, hasta la salsa piña con 2 horas de cocción.

- **Etapas caliente:** Se caracterizan por tener productos que requieren de altas temperaturas para cumplir con sus propiedades físicas, químicas, organolépticas, y demás. Se sintetizan a partir de cocción en marmitas que están entre 90°C a 95°C a causa de dos calderas que operan a 100°C. A partir de las calderas se forma vapor de agua y es empleado para calentar las marmitas usando presión neumática y logrando las temperaturas deseadas.
- **Etapas fría:** Se caracterizan por productos que se realizan a temperatura ambiente. Primero es necesario realizar la premezcla en marmitas que funcionan desde 90°C hasta 100°C, luego entra a un tanque en donde se homogeniza hasta que no queden grumos. Por ejemplo, la salsa rosada se realiza a partir de una premezcla de salsa de tomate (que proviene de proceso caliente) donde se combina con mayonesa y algunos zumos que complementan el sabor, y se sintetizan a temperatura de 48°C.

2.1.1 Descripción del proceso y equipos. En este apartado se realiza la descripción del proceso de producción de la planta, así como los equipos utilizados para el desarrollo de los productos brindados por la empresa y que condiciones maneja cada uno. También se mencionan las herramientas usadas, los insumos y el número de equipos.

2.1.1.1 Diagrama general del proceso de producción. Las actividades llevadas a cabo dentro de la empresa se presentan a continuación en la figura 2, empieza desde la recepción de materias primas e insumos, hasta la terminación del producto y el almacenamiento en bodega:

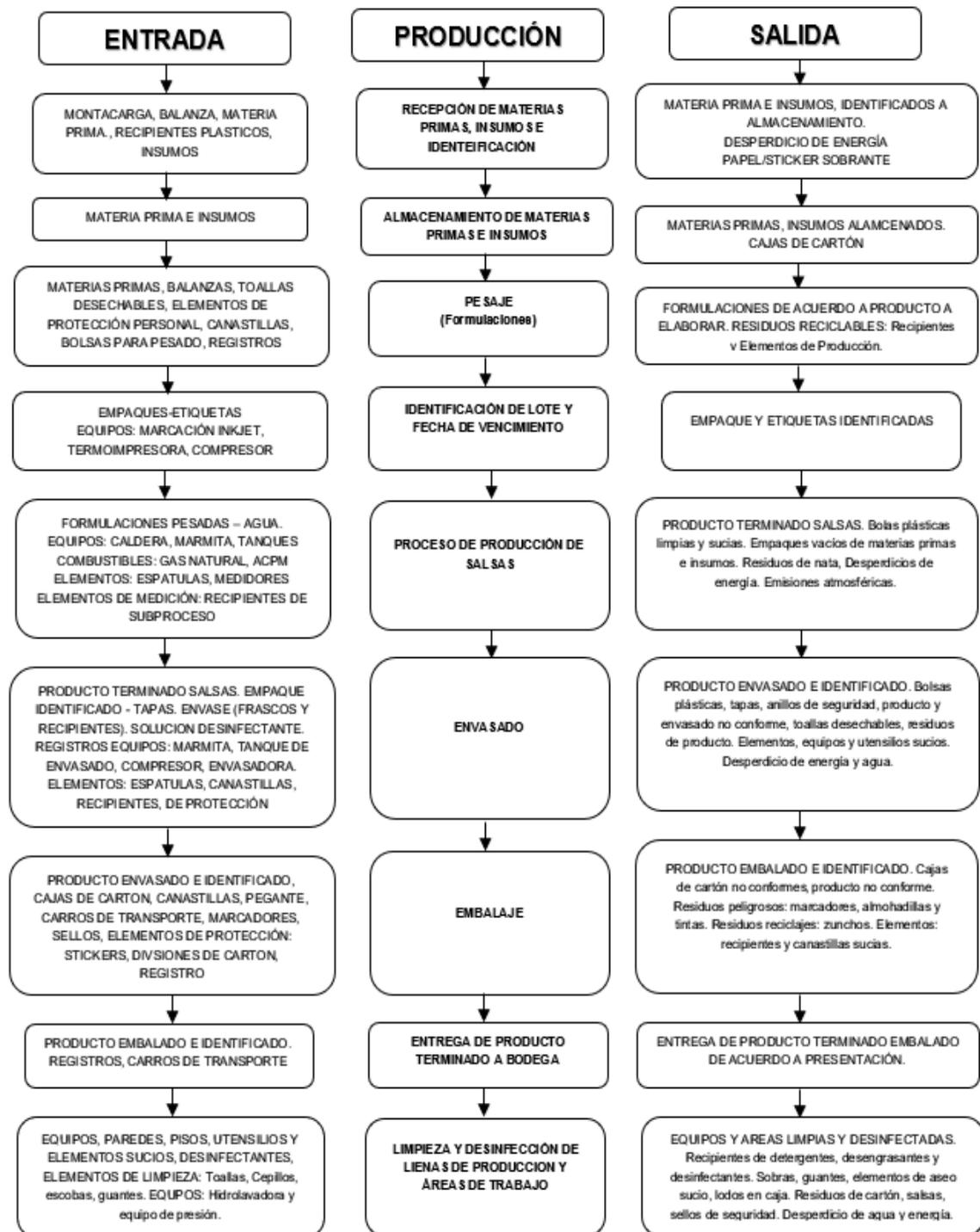
Figura 2. Diagrama general de actividades de Productos EL TOMATICO S.A.S.



Fuente: Registro de producción. Productos EL TOMATICO S.A.S. Modificado por autores

2.1.1.2 Diagrama detallado de actividades para la producción. Para la empresa se maneja el siguiente protocolo para la manufactura de los productos ofrecidos, tanto para productos de categoría caliente, como de categoría fría. En cada uno de los pasos se tiene los equipos necesarios, así como la materia prima disponible, los productos terminados, los residuos de las actividades, el estado de los insumos y las herramientas empleadas para el proceso de manufactura, como se observa en la siguiente figura:

Figura 3. Diagrama detallado del proceso de producción de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S.

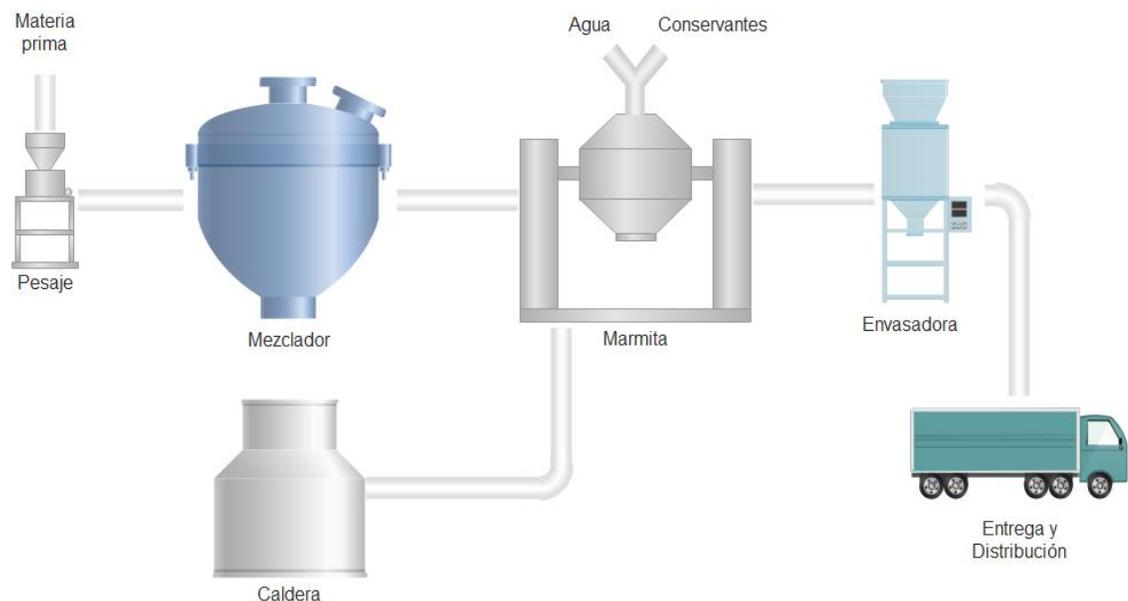


Fuente: Registros de producción. Productos EL TOMATICO S.A.S. Modificado por autores.

De igual forma, se tienen los diagramas de flujo para el almacenado, mantenimiento y administrativo de la empresa (**Anexo C**). En el siguiente diagrama de flujo se muestra el proceso de producción de salsas en general.

Ahora, para el proceso de producción de la salsa que se evidencia en la figura 4, inicia con el pesaje de la materia prima correspondiente a cada salsa, con una balanza de la marca Mettler Toledo; luego pasa a un mezclador, el cual mezcla y pulveriza la materia, para que de esta forma sea sencillo la posterior operación, que consiste en una marmita, para la mezcla y cocción, con agua y conservantes. Se prosigue con la envasadora por gravedad, y la respectiva entrega de producto para su distribución.

Figura 4. Diagrama de flujo de producción de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S.



Teniendo en cuenta la etapa que provenga el producto, ya sea fría o caliente, se llevan a cabo por el mismo proceso explicado anteriormente. Sin embargo, para la finalización del producto derivado de la etapa en caliente, el enfriamiento se logra colocando éste, en contacto con el ambiente por un plazo aproximado de tres días; no es recomendable realizar enfriamiento usando agua o ventilación, por causa de que pueden provocar cambios en las propiedades del producto tales como el color, la textura, formación de películas sólidas sobre la superficie de la salsa, entre otros.

2.1.2 Equipos. Los equipos de la empresa se caracterizan por ser de acero inoxidable calibre 3/16. Este tipo de material es transcendental, puesto que se requiere que la industria de alimentos prevenga la corrosión en sus procesos, no

se genere toxicidad, haya fácil limpieza y, por ende, no se permita la reproducción de microorganismos. Además, las condiciones de proceso no afectan al material.³¹ El grupo de equipos que maneja la empresa están los siguientes:

- **Marmitas:** Es un equipo de cocción, cubierto con una tapa, donde se maneja presión y temperatura, alrededor de 3.01-4.09 atmósferas, y de 90-100 °C, lo que varía dependiendo del tipo de salsa a elaborar. Las marmitas, la capacidad, su ubicación y los productos involucrados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Capacidad y productos involucrados en las marmitas por bodega.

Bodega	Número de marmita	Capacidad (m ³)	Productos involucrados
1	0-4	0,75	Pasta tomate, salsa con tomate, salsa de tomate, salsa BBQ, salsa piña, sala de mora, salsa de ciruela, y salsa miel
	4A-6	1,69	
7	7	0,4	N/A
8	8-14	Desde 0,5 a 1,3	Mayonesa, salsa rosada, salsa miel, salsa de tomate, y salsa BBQ
1	15-16	0,75	Vinagre blanco, vinagre de manzana, salsa negra, salsa soya, y ají

Fuente: Registros de producción. Productos EL TOMATICO S.A.S.

Cabe mencionar que para la bodega 7 existen una marmita, pero no está involucrada en la producción, sino en el empaquetamiento de las salsas.

- **Calderas:** Generan temperaturas de 100°C para las marmitas, a partir de gas natural. En la empresa hay dos calderas, una horizontal y vertical, de 30 y 40 HP, respectivamente.
- **Compresor:** Este equipo permite generar aire, para la máquina envasadora. El aire pasa por un filtro para purificarse.
- **Maquinas envasadora:** Se envasan los empaques por dosificación flexible, mediante energía neumática (compresor), a una temperatura de 85-90 °C. La capacidad es de 800 a 1000 Litros.

³¹ MILVAQUES, Alma. Diseño higiénico en la industria alimentaria. Marzo 25. [Consultado el Oct 19,2017]. Disponible en: <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>

- **Tanque de almacenamiento:** Permiten almacenar contenido restante del producto desde 1500 Litros. Para almacenamiento de aceite y harinas para las salsas frías tiene una capacidad de 11 toneladas.
- **Tanque de mezclado:** Recipiente que permite homogeneizar la pre mezcla de salsas frías para su posterior elaboración. Posee una capacidad de 1300 Litros.
- **Envasadora de líquidos:** Se emplea para el producto de las marmitas 15 y 16. Para salsa negra, salsa de soya y ají se lleva a cabo de 48-60°C el envasado, pues si se lleva a mayor temperatura es probable que el envase se deforme. Para vinagres tanto la elaboración como el embalaje se lleva a cabo a temperatura ambiente.
- **Máquinas envasadoras tipo sachet:** Este equipo permite hacer un envasado de sachet, que consiste en una pequeña bolsa o empaque hermético que contiene el producto (mayonesa, rosada, miel, tomate, BBQ). En la Tabla 1. se detalla el estilo de máquina, la cantidad y el número de vías de corte:

Tabla 1. Máquina envasadora tipo sachet.

Estilo de máquina	Cantidad	Vías de corte
Horizontal	5	1
Vertical	2	5

Fuente: Registros de producción. Productos EL TOMATICO S.A.S. Modificado por autores.

2.1.2.1 Distribución de equipos. Como es mencionado anteriormente, los sectores involucrados son las bodegas 1, 7 y 8. La distribución de los equipos en los procesos de la línea de producción depende del lugar donde se lleve a cabo el desarrollo de los mismos, es decir, etapa caliente o etapa fría. En el cuadro 7, se proporciona la ubicación de cada uno de los equipos:

Cuadro 7. Número de equipos por sección.

Equipo	Bodega 1	Bodega 7	Bodega 8	Cuarto de máquinas
Caldera	-	-	-	2
Compresor	-	-	-	1
Marmita	10	1	7	-
Máquina envasadora	2	-	2	-
Envases de líquidos	2	-	-	-
Máquina envasadora <i>Sachet</i>	-	-	2	-
Tanque de almacenamiento	-	2	1	-

Cuadro 7. (Continuación).

Equipo	Bodega 1	Bodega 7	Bodega 8	Cuarto de máquinas
Tanque mezclador	-	-	-	1

Fuente: Registros de producción. Productos EL TOMATICO S.A.S. Modificado por autores.

2.2 APLICACIÓN DEL AGUA

Teniendo en cuenta 18 productos de la empresa durante la producción de dos meses, desde el 13 de mayo hasta 13 de julio de 2017 se obtuvieron nueve lotes, de los cuales se tiene el reporte de cada uno de los productos; estos varían ya sea por la demanda u otros factores que provoquen que cambien los valores.

La empresa destina del consumo total de agua, un 80% relacionado con el desarrollo de salsas y la producción tipo sachet, mientras que el 20% restante se emplea para la limpieza de los recipientes en donde deposita la salsa, y para uso doméstico. Para los valores dados en el balance (**Ver Anexo D**), hay que tener en cuenta que se realiza la producción por lotes, por lo que en la siguiente tabla se enuncia el lote y el consumo de agua de cada uno:

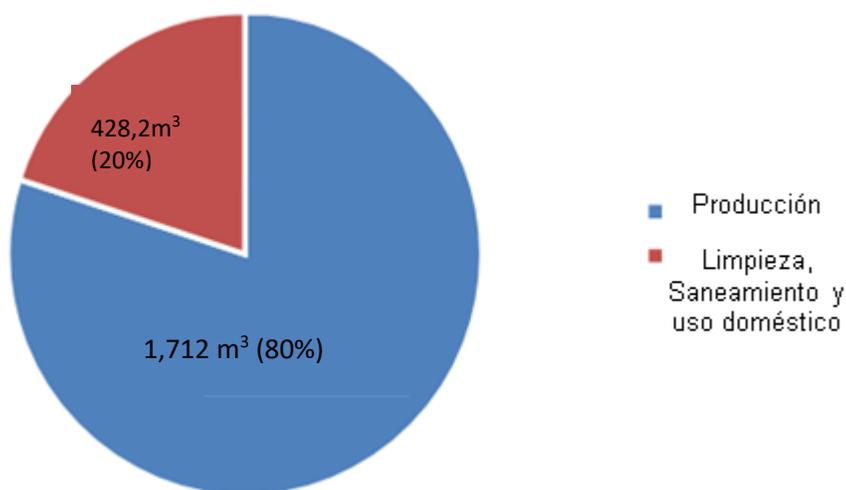
Tabla 2. Consumo de agua en cada lote (Mayo – Julio de 2017).

Lote	Consumo Total 100% (lt)	Consumo Producción 80% (lt)	Consumo limpieza 20% (lt)
68	233.626	186.901	46.725
69	274.281	219.425	54.856
70	234.771	187.817	46.954
71	236.489	189.191	47.298
72	237.061	189.649	47.412
73	226.182	180.946	45.236
74	240.497	192.398	48.099
75	226.182	180.946	45.236
76	231.909	185.527	46.382
TOTAL	2'140.998	1'712.800	428.198

Fuente: Balance Hídrico de la empresa. Productos EL TOMATICO S.A.S. Modificado por autores.

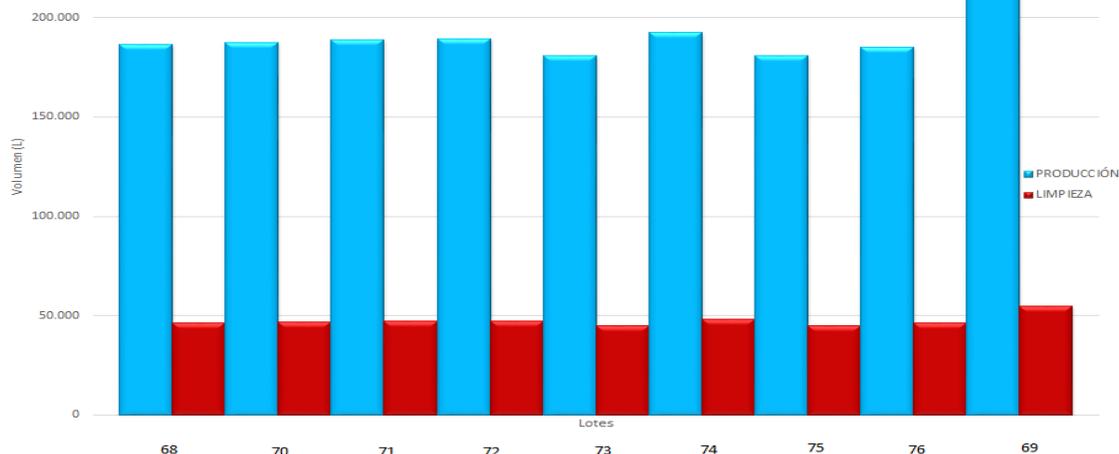
Cada lote corresponde a algunos productos que se realizaron durante ese periodo, por lo tanto, en cada lote se realiza productos diferentes, por lo que el consumo de agua no es el mismo para todos los lotes El volumen empleado en los dos meses fue de 2141 m³, el cual 1712 m³ corresponden al 80%, mientras que 428,2 m³ hacen parte del 20% y se ilustra en la gráfica 1.

Gráfica 1. Porcentaje de uso para las aplicaciones de la planta (mayo-junio 2017).



Para la gráfica 1, se tiene el consumo total en el bimestre, y se valora el porcentaje para cada finalidad, lo que demuestra la importancia de tratar la carga contaminante de los vertimientos de la empresa, debido a la fracción que se emplea para el proceso productivo. Por lo tanto, el caudal total resultante que proviene de la limpieza de los recipientes es de 7,14 m³/día, cantidad que será proyectada debido a un aumento anual del 4%³² de la producción. Los datos mencionados en la tabla 2 se ilustran en la gráfica 2.

Gráfica 2. Volumen de agua total por lotes (mayo-junio 2017).



Fuente: Balance hídrico. Productos EL TOMATICO S.A.S. Modificado por autores.

³² ENTREVISTA con BARRANTES, Oscar y LEÓN, María Fernanda. Empleados de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. Aumento de producción 2017-2022.

En la gráfica 2 se observa la variación de agua usada por cada lote, tanto para la producción, como para la limpieza y uso doméstico, lo que permite evidenciar que no existe diferencia entre cada uno de estos (columnas azules y rojas), siendo un promedio de 190.311,11 litros y 47.577,56 litros, respectivamente.

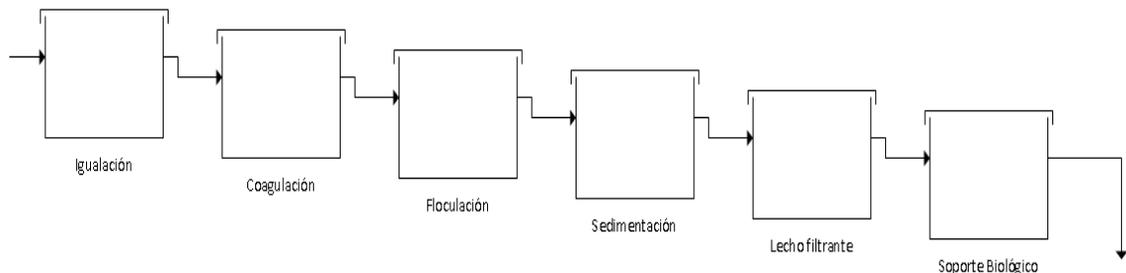
2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA

La empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. tiene dos EDARI en donde se realizan tratamientos diferentes del afluente antes de la entrada del vertimiento. La cantidad de compartimentos depende de cuánto volumen de agua se trate en cada una de las bodegas. Estos sistemas permiten depurar aquellas aguas utilizadas en diversos procesos industriales. Para la empresa se utilizan estas plantas en vista de que tienen 18 líneas de producción.

2.3.1 Plantas de tratamiento. La función básica de las EDARI es recoger las aguas de una industria y después reducir la contaminación mediante ciertos tratamientos y procesos y la devuelve a un cauce receptor como un río, embalse, mar, entre otros.

- Bodega 1: La EDARI posee 6 compartimentos. Se encuentra cubierto en su totalidad por tapas de acero inoxidable que pueden moverse en caso de revisión o limpieza directa. Antes de ingresar a dichos compartimentos, se realiza una filtración con malla, reteniendo así los sólidos que provengan del proceso de producción. Las dimensiones son: 0.60 Ancho, 4.28 m Largo y 1.59 m de profundidad; generalmente no logra llenarse en su totalidad porque presenta a $\frac{3}{4}$ de distancia al tope un tubo en donde permite el paso del agua al siguiente compartimento, logrando que no ocupe el líquido todo el volumen en totalidad. Se realiza limpieza de esta EDARI semanalmente y una limpieza total semestral. En los compartimentos de coagulación y floculación actualmente no se emplea ningún proceso de tratamiento. Los seis compartimentos se ilustran en la siguiente figura:

Figura 5. Esquema de los compartimentos en la bodega 1.



Compartimento 1: Igalación: Ingreso del afluente a la sección donde se busca una homogenización de la mezcla, así como regulación de temperatura y pH.

Compartimiento 2: Coagulación: Se realiza un tratamiento químico con el uso de reactivos para la formación de coágulos.

Compartimiento 3: Floculación: Aglomeración de los coágulos para permitir mayor sedimentación.

Compartimiento 4: Sedimentación: Separación de la carga orgánica debidamente tratada mediante gravedad, mediante decantación provocada por diferencia de densidades.

Compartimiento 5: Lecho filtrante. El lecho filtrante utiliza carbón coque, arena sílice o antracita para limpiar el agua por medio de filtración, en donde ingresa el cuerpo hídrico, y al tener contacto con el lecho los minerales son retenidos en los poros del lecho, provocando la decoloración del efluente y separación de los minerales más pequeños de la corriente.

Compartimiento 6: Soporte Biológico. Son un soporte para conseguir una mejor reducción de carga orgánica mediante el uso de microorganismos, cuya función es simplificar la materia orgánica.

- Bodega 8: La EDARI posee 7 compartimentos. Se encuentra cubierto en su totalidad por tapas de acero inoxidable que pueden moverse en caso de revisión o limpieza directa. Esta bodega es la más grande de la empresa, dado que hay mayor actividad de las líneas de producción y se ejecuta la limpieza de los recipientes de todas las áreas. Las dimensiones son 1.30 m Ancho, 6.70 m Largo y 1.00 m de profundidad. A diferencia de la bodega 1, en cada compartimento, se realiza retención de grasas y remoción de lodos; sin embargo, en el primer compartimento, se le adicionan bacterias como soporte para tratar y reducir la carga del agua. Se ejecuta limpieza semanal, semestralmente se realiza limpieza total. Se hace el control y la nivelación de pH. Las trampas de grasa se encuentran ubicadas al interior de las EDARI y se encargan de mejorar sustancialmente el desempeño de una planta de tratamiento; así como el de las tuberías de descarga y drenajes.³³ Actualmente, estas trampas poseen problemas de retención provocado por un aumento de 5% de caudal que proviene del área de proceso productivo, el cual resulta ser mayor que el admisible en la trampa para poder realizar una remoción óptima de grasa, causando que el flujo no sea tratado de forma adecuada. Las dimensiones son 1.30 m Ancho, 6.70 m Largo y 1.00 m de profundidad.

³³ Durman. Manual Técnico Trampas para Grasa. Disponible en: http://www.durman.com/descargables/MT_Trampas_para_Grasa.pdf

- Bodega 7: Solamente posee una caja de inspección, la cual está hecha de acero inoxidable con dimensiones de 1.30 m Largo, 0.90 m Ancho y 1.75m de profundidad. Se efectúa limpieza quincenal de la caja, mientras que la limpieza total se hace semestralmente. A pesar de que existe un vertimiento presente en esta bodega, se diagnosticó por medio de una prueba de color que el efluente proveniente hacia este vertimiento corresponde al lavamanos ubicado en el laboratorio de la empresa.

Las bodegas 1 y 8 poseen superficie cónica, en la cual por acción de gravedad se desplazan los fluidos desechados, ya sea por limpieza, purga del proceso, pérdidas de producto por almacenamiento en los recipientes y movimiento entre equipos, entre otros, a unas canaletas ubicadas en el centro de las bodegas, otorgando el pretratamiento en el cual se remueven sólidos y residuos provenientes de los procesos.

2.3.2 Monitoreo y control. El monitoreo y control se lleva a cabo principalmente por el Acueducto de Bogotá EAB-ESP y por la Secretaría Distrital de Ambiente anualmente aplicando la normativa ambiental mostrada en el decreto 3930 de 2010, la resolución 0631 de 2015 y la resolución 3957 de 2009. Esta actividad se realiza con el propósito de mantener control en todas las empresas industriales con respecto al efluente que vierten y el tratamiento que se lleve a cabo para el agua. **(Ver Anexo E).**

La empresa posee una infraestructura que incumple con la normativa ambiental (Decreto 3930 de 2010) teniendo conexiones erradas, quiere decir que tanto el sistema aguas lluvia como residual se encuentra unido entre sí, limitando un tratamiento óptimo.

La empresa también estuvo en la campaña de la Secretaría de Ambiente denominada ACERCAR, que hace parte del programa de Gestión Ambiental Empresarial (GAE)³⁴, cuyo objetivo es apoyar a los empresarios en el conocimiento de la normatividad ambiental, conceptos básicos de gestión y obligaciones ambientales que se tramitan en la entidad ambiental, a través de visitas diagnósticos, capacitaciones y acompañamiento en el cumplimiento de los requisitos legales. **(Ver Anexo F).**

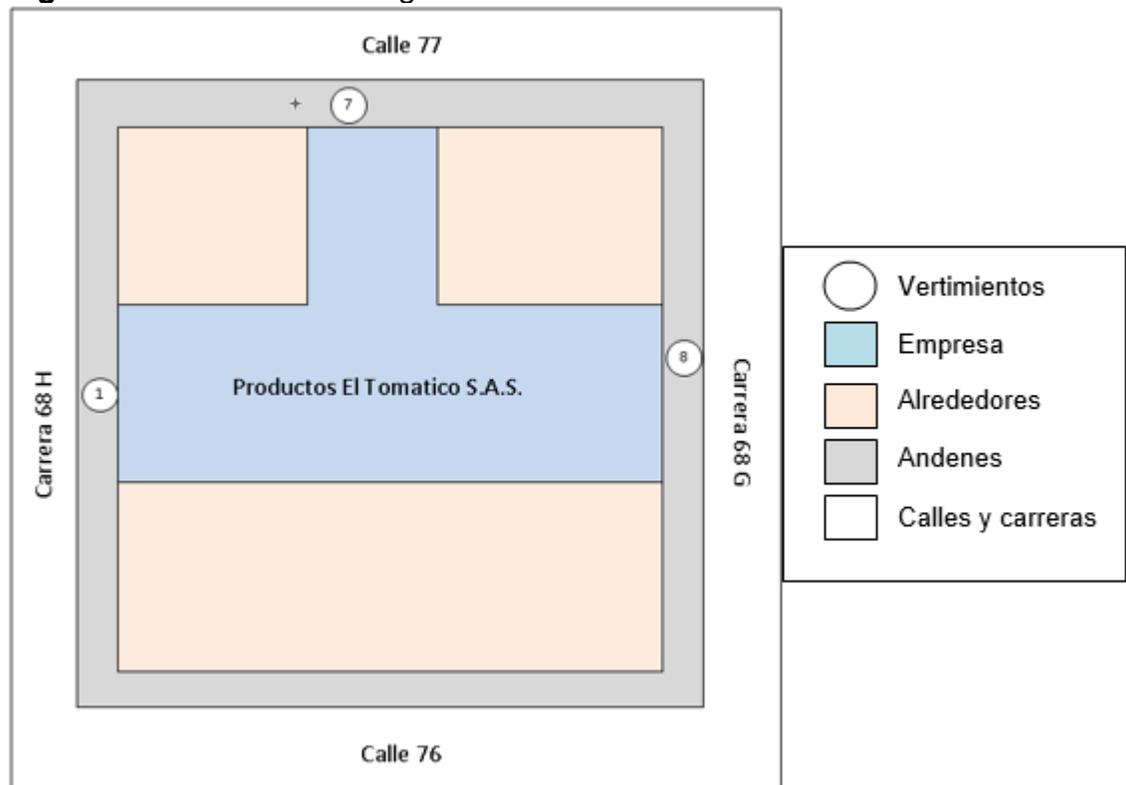
La empresa cuenta únicamente con el primer nivel de la campaña, debido a que han tenido que detener su progreso a causa de la carga contaminante que tienen actualmente. El segundo nivel de esta campaña exige que los parámetros se encuentren por debajo de los establecido en la resolución 0631 de 2015.

³⁴ Secretaría Distrital de Ambiente. ACERCAR Introducción. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/es/web/gae/acercar-express>

El objetivo de la empresa es alcanzar los cuatro niveles del programa GAE para contar con ciertos privilegios y condecoraciones que brinda la Secretaría de Ambiente, tal como etiquetas de sus productos que aseguren buenas prácticas para su manufactura y que el producto cuenta con lineamientos relacionados con su calidad.

El monitoreo se ejecuta al final del tratamiento de la empresa, mediante los tres vertimientos disponibles que se encuentran en diferentes puntos fuera de industria, donde realizan muestreos en las cajas de aforo ubicadas en cada uno de los puntos donde haya descarga del efluente como se observa en la siguiente figura:

Figura 6. Puntos de descarga de vertimientos



2.3.2.1 Vertimientos. El agua residual de la empresa antes de llegar a la zona de vertimientos, es conducida por ductos y canaletas que se encuentran al centro de cada bodega, y estas contienen rejillas que retienen los residuos sólidos, ya sean envolturas, cartón, plásticos, entre otros., posteriormente el efluente es procesado hasta la EDARI de cada bodega donde se trata el agua manejada en la zona de producción, el agua proveniente de lavado de equipos y recipientes, y el lavado de áreas, con la ayuda de agentes físicos (trampa de grasas y filtros), y agentes biológicos, como lo son los microorganismos. Cabe aclarar, que los

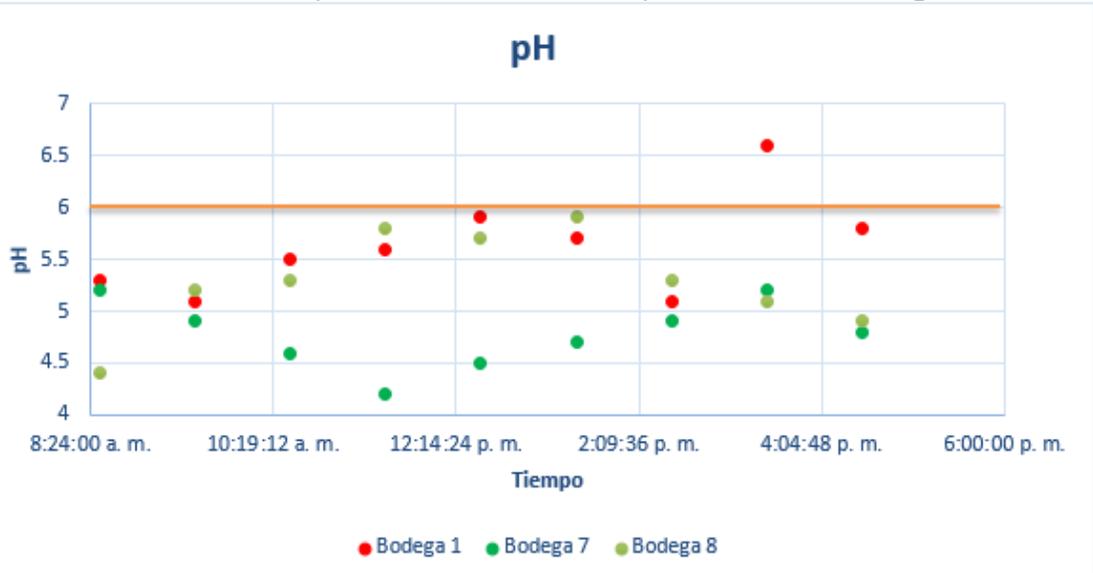
microorganismos usados son introducidos por vía acuosa en la misma canaleta que atraviesa las bodegas. Al pasar a través de los compartimientos que la componen, llevan a cabo la tarea de dejar el cuerpo hídrico con la menor carga contaminante posible, para que pueda pasar directamente a los vertimientos mostrados en la figura 6.

➤ **Primera prueba.** El día 13 de septiembre de 2016 se efectúa el monitoreo por la empresa HIDROLAB LDTA para la bodega 8 y la bodega 1, durante 9 horas con intervalos de 1 hora para la medición de pH, caudal y temperatura en cada punto. Esto con el fin de registrar los datos para un futuro análisis relacionado con la caracterización, la cantidad de agua empleada para el proceso, el pH que resulta saliendo al vertimiento, la temperatura, el color del agua, entre otros.

- **Prueba de pH.** La empresa tiene 2 potenciómetros marca Jenco, modelo p H 618 N para la medición de pH, uno para muestreo y el otro para vertimientos. Para las soluciones buffer se tienen fechas de vencimiento y se emplean para hacer calibración de los potenciómetros y luego medición de los pH de cada uno de los procesos. El potenciómetro tiene una duración variable para el pH que se encuentre midiendo, dependiendo del contenido del agua.

Para la gráfica se tiene en cuenta el límite establecido por la resolución 0631 de 2015, en donde el intervalo de pH permisible se encuentra entre 6 y 9, subrayados dentro del esquema. Los resultados obtenidos en el monitoreo realizado el 13 de septiembre de 2016, fueron los siguientes:

Gráfica 1. Variación de pH de cada uno de los puntos de las bodegas.



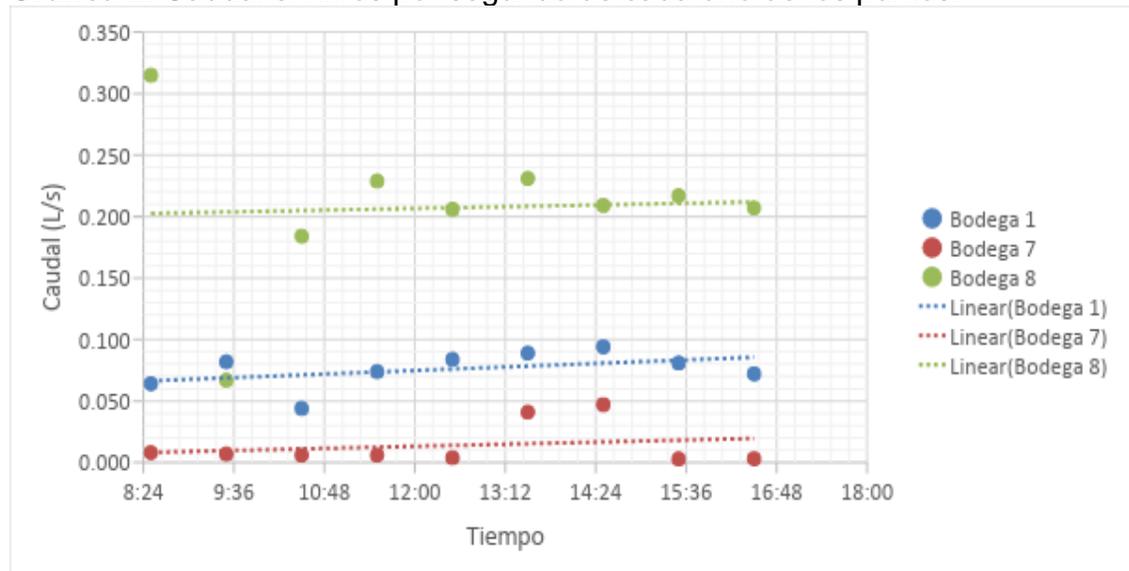
Fuente: Toma de muestras empresa Hidrolab LDTA. Modificado por autores.

El agua proveniente de la planta, resulta mantener un pH bajo a causa de las materias primas implementadas para los productos. Para regular el pH que sale del área de proceso se aplica soda cáustica o citrato de sodio, con el propósito de neutralizar el pH, y que alcance el rango normativo.

Sin embargo, a dicha fecha, los parámetros de pH no están cumpliendo para las horas de la mañana. La bodega 7 es la que presenta más fallas para el cumplimiento de los valores límite de la resolución 0631 de 2015, debido a que los valores se encuentran por debajo de 6. Las demás bodegas siguen incumpliendo, pero esto se debe al carácter ácido de las salsas. Cabe destacar que el pH varía diariamente debido al cambio de producción que realizan por día.

- **Prueba de caudal.** La empresa que contrató Productos el TOMATICO S.A.S. para la caracterización del agua realizó muestreos para la medición de caudal, tomando como referencia un volumen de 2 litros y el tiempo que dura el flujo del vertimiento en llenarlos por completo. La siguiente gráfica corresponde a los datos de caudal para ilustrar la variación que existe cada uno de los puntos.

Gráfica 2. Caudal en litros por segundo de cada uno de los puntos.



Fuente: Toma de muestras empresa Hidrolab LDTA. Modificado por autores.

El caudal de cada una de las bodegas permite conocer la cantidad volumétrica que puede ocupar cada una de las EDARI, por lo que proporciona información necesaria para saber si los tiempos de retención en cada una son suficientes para el tratamiento. El flujo varía en las horas de la mañana para la bodega 8, esto se debe a que a esa hora los operarios de la zona se encuentran en hora de alimentación, por lo que el uso del agua en el área de proceso tiende a disminuir, sin embargo, en las demás horas regula un caudal que resulta

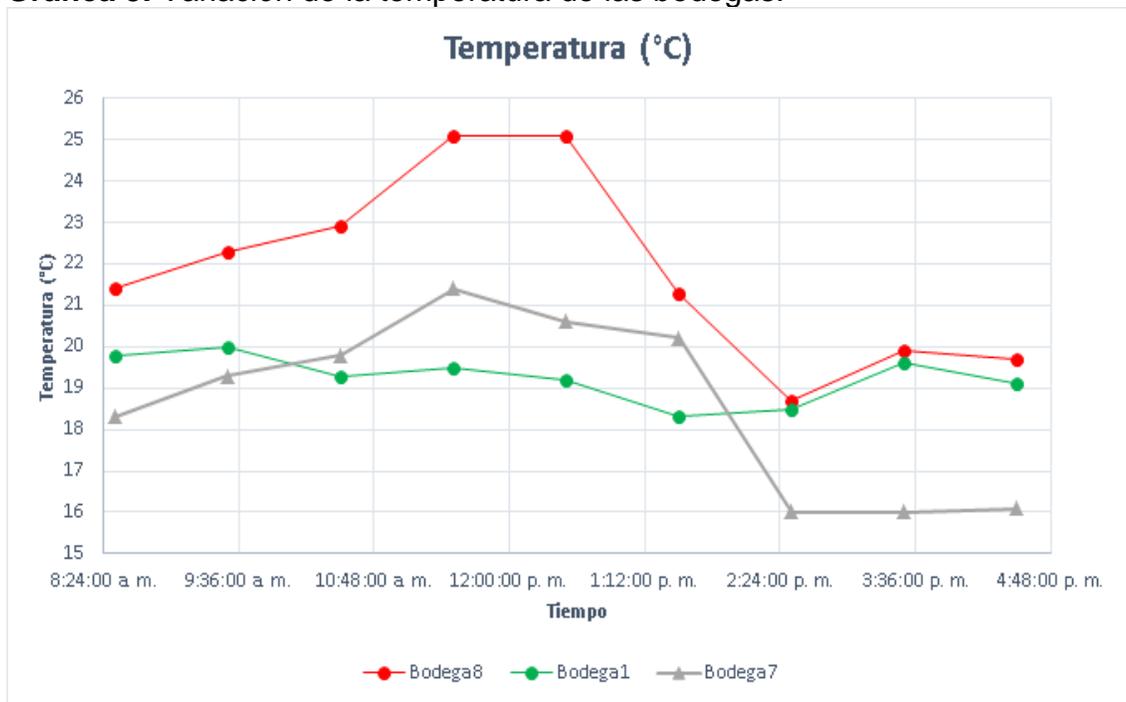
siendo 0,19 L/s en promedio hasta las horas de la tarde. Cabe destacar que esta bodega tiene el mayor caudal, a razón de que se lleva a cabo la mayor cantidad de producción de la empresa, además, como se describo anteriormente, se realiza la limpieza de los recipientes de todas las áreas.

La bodega 7 es la que hace menos uso de agua, con sólo 0,01 L/s promedio, debido a que en esta bodega no se implementa directamente la producción de las salsas, sino su empaquetamiento, por lo que no hay uso mayoritario de agua en esta zona, salvo para realizar limpieza a horas definidas de acuerdo a lo que se está empaquetando específicamente.

La bodega 1 presenta caudales que son menores que los de la bodega 8, con un caudal promedio de 0,074 L/s, estando por debajo un 64% aproximadamente, esto se debe a que las líneas de producción para esta bodega son menores.

- **Prueba de temperatura.** La prueba de temperatura se realiza con el fin de poder observar cuales son los limites superior e inferior de la temperatura y comprobar los valores para los cuales se debería tener control de las condiciones para una óptima función de los microorganismos aplicados en el tratamiento de la empresa. La prueba se resume dentro de la Gráfica 5.

Gráfica 3. Variación de la temperatura de las bodegas.



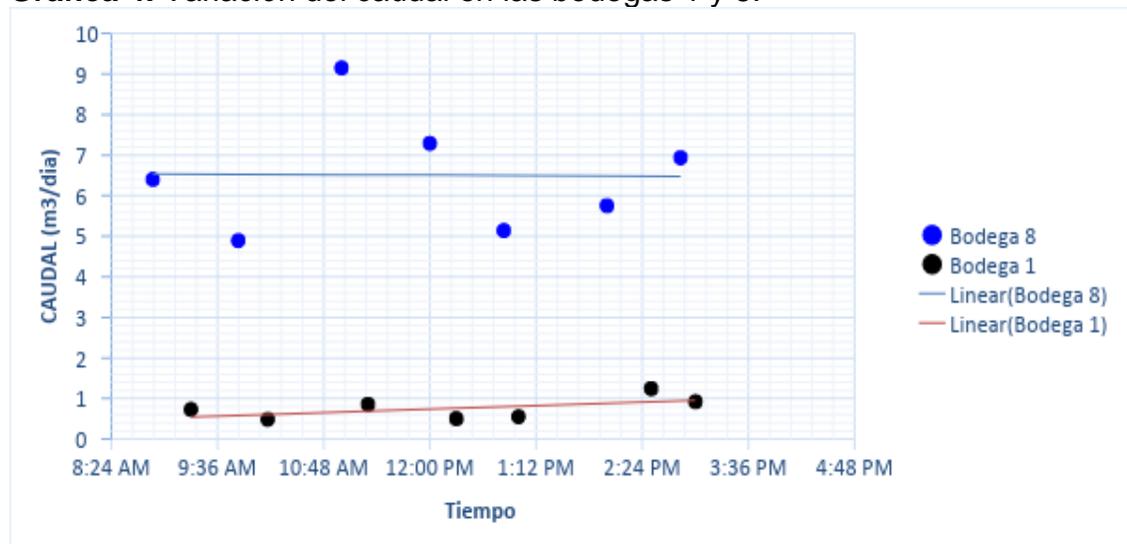
Fuente: Toma de muestras de la empresa Hidrolab LDTA. Modificado por autores.

Para la bodega 1 las temperaturas resultan sin variaciones considerables durante el día, mientras que la bodega 8 tiene un incremento de temperatura al mediodía. Sin embargo, la temperatura de salida es diferente de acuerdo con el lote y la línea de producción que se esté realizando. A pesar que existan procesos con altas temperaturas, las EDARI cumplen con la disminución de la temperatura a la salida del vertimiento, la cual es de 71% aproximadamente.

➤ **Segunda prueba.** Esta prueba se realiza para actualizar los datos de caudales, pH y temperatura realizados por Hidrolab LDTA, y constatar los datos. Se realiza un muestreo el día 30 de octubre de 2017 para la bodega 8 y la bodega 1, evitando la bodega 7, ya como se mencionó en la primera prueba, su caudal está entre 81% - 93% por debajo de las otras bodegas, además no proviene de la producción. El procedimiento se lleva a cabo durante 7 horas, recogiendo 2 litros en cada una de las bodegas.

- **Prueba de caudal.** Se realiza el recogimiento de datos de caudal en cada uno de los puntos. Cabe resaltar que la bodega 7, por el caudal que maneja (0,5 m³/día), no se tuvo en cuenta, debido a que no influye en gran proporción (llegando al 6%), del caudal total que maneja la empresa, tal como lo hacen las bodegas 8 y 1. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la prueba.

Gráfica 4. Variación del caudal en las bodegas 1 y 8.

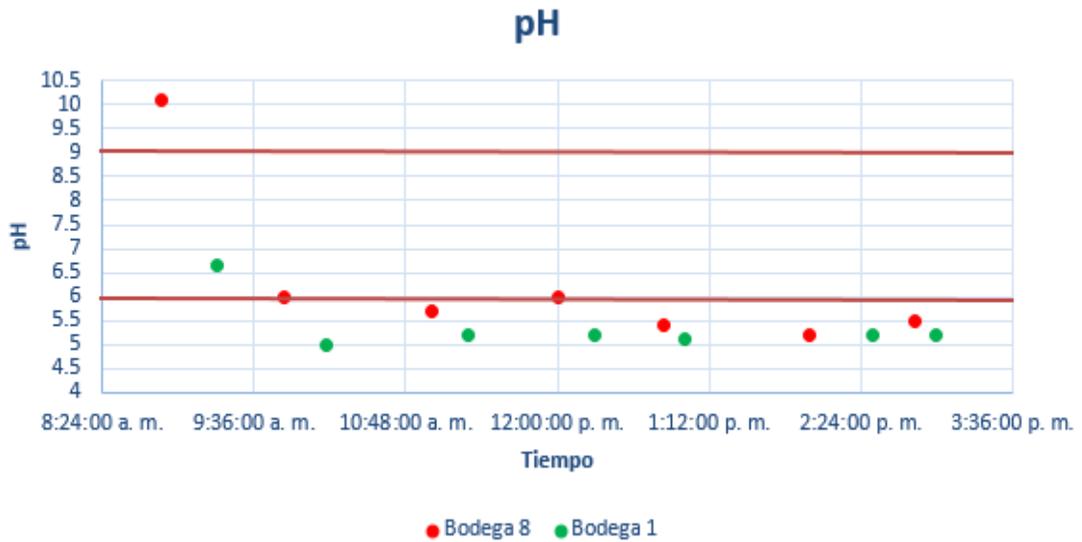


En la gráfica de caudal se puede concluir que incrementó el caudal en este año, comparado con los resultados obtenidos en la primera prueba. El valor del año pasado se encuentra con un promedio de 5,9 m³/día para la bodega 8, mientras que en la segunda prueba tiene un promedio de 6,5 m³/día lo que indica un crecimiento causado por el aumento de demanda de los productos. El incremento de caudal para la trampa de grasas provoca que los tiempos de

retención sean muy cortos, ocasionando que el efluente dirigido al alcantarillado no tenga una adecuada remoción, y alcanzando una carga mayor para el vertimiento.

- **Prueba de pH.** Para la gráfica se tiene en cuenta el límite establecido por la resolución 0631 de 2015, en donde el intervalo de pH permisible se encuentra entre 6 y 9, subrayados dentro del esquema. Los resultados obtenidos en el monitoreo realizado el 30 de octubre de 2017, fueron los siguientes:

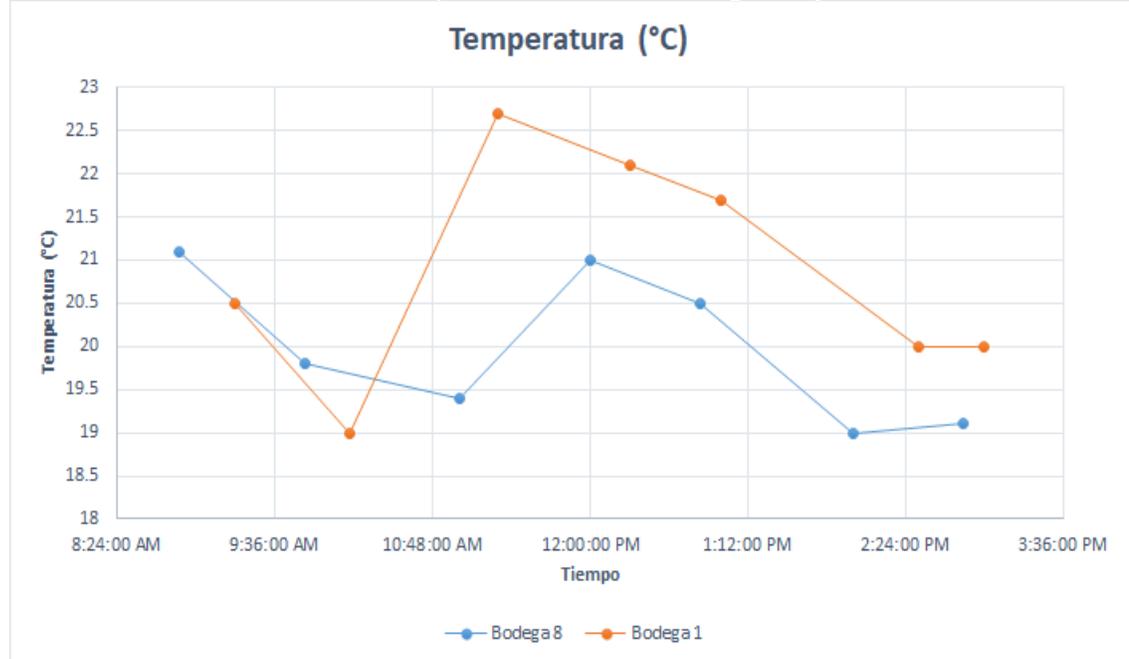
Gráfica 5. Variación del pH en las bodegas 1 y 8.



Para el parámetro de pH, no se evidencia cambios notorios, teniendo un rango entre 4,5 y 6, aun así, se demuestra que sigue el incumplimiento con la resolución, por lo que la empresa no ha encontrado soluciones que permitan mantener las corrientes en el rango establecido. Al inicio de la prueba se indica un pH de 10, causado por la limpieza en las horas de la mañana utilizando soda caustica, que provoca el aumento de pH.

- **Prueba de temperatura.** La prueba de temperatura se realiza con el fin de poder observar cuales son los limites superior e inferior de la temperatura y comprobar los valores para los cuales se debería tener control de las condiciones para una óptima función de los microorganismos aplicados en el tratamiento de la empresa. La prueba se resume dentro de la Gráfica 8.

Gráfica 6. Variación de la temperatura en las bodegas 1 y 8.



La temperatura a la salida del vertimiento se mantiene entre un rango de 19°C y 22°C, debido a los procesos de producción que requieren elevar la temperatura, pero que aun así no se encuentran tan elevadas en el vertimiento. A comparación de la primera prueba, la bodega 1 se encuentra con valores más altos de temperatura, quiere decir que en este día se está llevando a cabo una línea de producción diferente. Las EDARI cumplen con la disminución de la temperatura a la salida del vertimiento, la cual es de 71% aproximadamente.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE AGUA DE LA EMPRESA

La empresa lleva a cabo caracterizaciones para conocer los parámetros que incumplen con el artículo 16 de la resolución 0631 de 2015 (ver marco teórico) y enviar sus resultados a la empresa de Acueducto de Bogotá EAB-ESP y la secretaria de ambiente para cumplir con el artículo 38 del decreto 3930 de 2010. Para tener en cuenta, se tienen dos últimas caracterizaciones realizadas, estableciendo el comportamiento que ha tenido la empresa respecto al tratamiento de agua.

2.4.1 Primera caracterización. La empresa dispone de tres salidas que salen directamente al vertimiento con puntos diferentes y el día 13 de septiembre de 2016, se realiza la prueba de caracterización con el fin de precisar los parámetros que incumplen con la norma. En el siguiente cuadro se puede observar los parámetros evaluados y el cumplimiento para la bodega 1:

Cuadro 8. Primera caracterización de vertimientos bodega 1.

Parámetro	Unidades	Resultado	Lim Res 631/2015	Concepto
Cloruros	mg/L Cl	70,6	250,00	Cumple
Cianuro Total	mg/L CN	<0,10	0,50	Cumple
Fosfatos	mg/L P-PO ₄	11,8	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	1,87	Análisis y Reporte	-
Nitrato	mg/L N-NO ₃	0,162	Análisis y Reporte	-
Nitrito	mg/L N-NO ₂	0,229	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Total	mg/L N	11,6	Análisis y Reporte	-
pH	unidad	5,62(18,63°C)	6,00 – 9,00	No Cumple
Fosforo Total	mg/L P	16,9	Análisis y Reporte	-
Sulfato	mg/L SO ₄	<1	250,00	Cumple
Sulfuro	mg/L S=	<1,00	-	-
Cadmio	mg/L Cd	<0,001	0,05	Cumple
Cromo	mg/L Cr	<0,020	0,50	Cumple
Cobre	mg/L Cu	<0,10	1,00	Cumple
Mercurio	mg/L Hg	0,002	0,01	Cumple
Níquel	mg/L Ni	<0,020	0,50	Cumple
Plomo	mg/L Pb	<0,01	0,20	Cumple
Zinc	mg/L Zn	0,103	3,00	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	6	20,00	Cumple
DBO ₅	mg/L	655	400,00	No Cumple
DQO	mg/L	966	600,00	No Cumple
Detergentes Aniónicos	mg/L SAAM	1,7	Análisis y Reporte	-
Acidez	mg/L CaCO ₃	244	Análisis y Reporte	-
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	240	Análisis y Reporte	-
Color Verdadero	Pt – Co	304	Análisis y Reporte	-
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	51,8	Análisis y Reporte	-
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	65,8	Análisis y Reporte	-
Solidos Sedimentables	ml/L	<0,1	2,00	Cumple
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	51	200,00	Cumple

Fuente: Caracterización de la empresa Hidrolab LDTA. Modificado por autores.

La otra caracterización se llevó a la salida de la bodega 8 y los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 9. Primera caracterización de vertimientos bodega 8.

Parámetro	Unidades	Resultado	Lim Res 631/2015	Concepto
Cloruros	mg/L Cl	224	250,00	Cumple
Cianuro Total	mg/L CN	<0,10	0,50	Cumple
Fosfatos	mg/L P-PO ₄	25,8	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	1,87	Análisis y Reporte	-
Nitrato	mg/L N-NO ₃	0,686	Análisis y Reporte	-
Nitrito	mg/L N-NO ₂	0,137	Análisis y Reporte	-

Cuadro 9. (Continuación).

Parámetro	Unidades	Resultado	Lim Res 631/2015	Concepto
Nitrógeno Total	mg/L N	25,4	Análisis y Reporte	-
pH	unidad	5,28(21,6°C)	6,00 – 9,00	No Cumple
Fosforo Total	mg/L P	14,0	Análisis y Reporte	-
Sulfato	mg/L SO ₄	<1	250,00	Cumple
Sulfuro	mg/L S=	<1,00	-	-
Cadmio	mg/L Cd	<0,001	0,05	Cumple
Cromo	mg/L Cr	<0,020	0,50	Cumple
Cobre	mg/L Cu	<0,10	1,00	Cumple
Mercurio	mg/L Hg	0,002	0,01	Cumple
Níquel	mg/L Ni	<0,020	0,50	Cumple
Plomo	mg/L Pb	<0,01	0,20	Cumple
Zinc	mg/L Zn	0,068	3,00	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	316	20,00	No Cumple
DBO ₅	mg/L	2740	400,00	No Cumple
DQO	mg/L	3874	600,00	No Cumple
Detergentes Aniónicos	mg/L SAAM	0,5	Análisis y Reporte	-
Acidez	mg/L CaCO ₃	164	Análisis y Reporte	-
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	120	Análisis y Reporte	-
Color Verdadero	Pt – Co	5104	Análisis y Reporte	-
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	55,4	Análisis y Reporte	-
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	81,2	Análisis y Reporte	-
Solidos Sedimentables	ml/L	0,2	2,00	Cumple
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	803	200,00	No Cumple

Fuente: Caracterización de la empresa. Hidrolab LDTA. Modificado por autores.

De acuerdo con los resultados obtenidos por la empresa Hidrolab LDTA, los parámetros que incumplen la resolución son DQO, DBO₅, grasas y aceites, pH y solidos suspendidos. Sin embargo, para la empresa resulta más relevante tratar los parámetros DQO, DBO₅, grasas y aceites y pH porque son los más elevados dentro de la caracterización, en la siguiente tabla se muestra en resumen los parámetros que no cumplen resaltados en rojo.

Tabla 3. Resumen de los parámetros a tener en cuenta (septiembre 13 del año 2016).

Parámetros	Bodega 1	Bodega 8	Art. 12 Resolución 0631	Art. 16 Resolución 0631
Aceites y grasas (mg/L)	6	316	20	30
DQO (mg/L)	966	3874	600	900
DBO ₅ (mg/L)	655	2710	400	600
pH	5,62	5,28	6-9	5-9

La empresa en los últimos años ha realizado tareas con el fin de dar reducción a la carga contaminante, como la utilización de microorganismos brindados por la empresa Bio-One, obteniendo resultados poco favorables, a causa de que no han logrado controlar factores y/o condiciones presentes en las vertientes: temperatura, humedad, pH, nutrientes adecuados para subsistir, entre otros, que los perjudican, reduciendo su eficiencia y vida útil.

Según los resultados obtenidos se puede decir que para la bodega 1 los parámetros de aceites y grasas y pH cumplen, porque se encuentra por debajo de los valores mostrados en el artículo 12 y el artículo 16 de la resolución 0631 de 2015, que se muestran en la Tabla 3 mientras que los demás valores de la misma bodega no cumplen. Para la bodega 8, los valores obtenidos demuestran que la empresa actualmente está incumpliendo en dichos parámetros.

2.4.2 Segunda caracterización. La empresa llevando a cabo una segunda caracterización (**ver Anexo G**), muestra los resultados obtenidos de los parámetros aceites y grasas, DQO, DBO₅ y pH en la caracterización realizada el 21 de diciembre de 2017 se muestran a continuación:

Tabla 4. Valores de los parámetros para reducir (diciembre 21 de 2017).

Parámetros	Bodega 1	Bodega 8	Art. 12 Resolución 0631	Art. 16 Resolución 0631
Aceites y grasas (mg/L)	13	116	20	30
DQO (mg/L)	2067	7426	600	900
DBO ₅ (mg/L)	1619	6867	400	600
pH	4,71	4,45	6-9	5-9

Los resultados obtenidos por esta caracterización demuestran que para la bodega 1 el parámetro de aceites y grasas sigue cumpliendo como la primera caracterización, mientras que los demás valores de la misma bodega no cumplen. Para la bodega 8, los valores obtenidos demuestran que la empresa actualmente está incumpliendo con los parámetros establecidos en la tabla 4.

Comparando los parámetros de DQO y DBO₅ mostrados en las tablas 3 y 4 se puede observar que aumentaron para las dos bodegas un total de 2065 mg/L O₂ y 7709 mg/L O₂, respectivamente. Esto, a causa del incremento de la producción, por ende, mayor uso del agua y aumentando el caudal, causando que la EDARI no cuente con tiempos de retención suficientes para dar separación. Dicho esto, es necesario buscar medios u opciones para poder dar mayor remoción de la carga contaminante presente, así como la posibilidad en un futuro, sigan ampliando la producción.

2.5 BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

La empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. ha llevado a cabo medidas para dar solución a los problemas presentes con respecto al tipo de tratamiento realizado:

Cuadro 10. Descripción y estado de las soluciones propuestas.

Procedimiento	Estado
Uso de microorganismos de la empresa Bio one como soporte para la disminución de la carga en los vertimientos.	Al no tener las condiciones óptimas para la subsistencia de los microorganismos, el procedimiento no es eficiente, por lo que requieren que las variables se mantengan controladas para efectividad de remoción
La limpieza de residuos sólidos en seco. No emplear abundante agua para la remoción de materia orgánica presente en los recipientes.	Aún se viene aplicando, sin embargo, no es suficiente para disminuir los parámetros en el vertimiento
Modificación de materia prima	Este procedimiento es complejo debido a que altera las condiciones preestablecidas de los productos, y la empresa no está dispuesta al cambio de las propiedades de sus productos, por lo que no es aplicable
Realizar dimensionamiento o ajuste de los compartimentos de las EDARIs con el fin de mejorar los tiempos de retención en las mismas	No se realiza el dimensionamiento o ajuste de los compartimentos actuales, debido a causas relacionadas con la producción, además se necesita un cambio en la infraestructura, rompimiento y obras civiles, por lo que la empresa no está interesada, ni dispuesta a hacer un paro a la producción para dichas actividades.
Realizar separación de conexiones erradas presentes en la bodega 1.	En este caso la empresa posee una infraestructura que incumple las pautas teniendo conexiones erradas, quiere decir que tanto el sistema aguas lluvia como residual se encuentra unido entre sí. Sin embargo, la empresa realizó el respectivo mantenimiento y arreglo.
Búsqueda de un nuevo sistema de tratamiento diferente al actual.	La empresa lo ha tenido en cuenta, sin embargo, no ha hecho la búsqueda y estudio pertinente. El proyecto actual se destina a ello.

Teniendo el diagnóstico se concluye que, en los últimos años, a pesar de que se han buscado alternativas internas de mejora de tratamiento, no se han obtenido resultados satisfactorios, tales como:

- Tiempos de retención efectivos en las trampas de grasa.
- Alta efectividad de remoción de la carga (Ver resultados caracterización).
- Gestión de residuos y Producción más limpia.
- Cumplimiento de la norma.

Se requiere un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales (cuya opción no se ha llevado a cabo), y mencionar los posibles procedimientos que se puedan disponer dentro del pretratamiento y tratamiento primario, para posteriormente escoger el más viable, y poder dar cumplimiento al objetivo de reducción de la carga contaminante.

3. ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE

En este capítulo se muestra las posibles alternativas, para el mejoramiento de las características del vertimiento generado por la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S., teniendo en cuenta el diagnóstico realizado en el capítulo anterior.

El sistema de tratamiento debe cumplir con nuevos requerimientos, debido a que las que se tienen actualmente, no van a poder controlar el caudal mínimo de 7,14 m³/día de los dos procesos de producción, al mismo tiempo que los tratamientos realizados en cada uno de los compartimientos que tengan no van a poseer la tecnología, el tamaño y la remoción deseada para cumplir con la norma, por lo que debe llevarse a cabo el diseño de una planta de tratamiento teniendo en cuenta:

- El tipo de proceso que se lleva a cabo aguas arriba.
- Las materias primas utilizadas.
- Los equipos y las condiciones de operación requeridas para los productos.
- La cantidad de caudal que lleva por hora y por proceso.

3.1 UNIÓN DE LAS CORRIENTES DE SALIDA

La empresa, tiene en su infraestructura tres salidas de efluente, lo que conlleva a que tenga que realizar caracterizaciones de cada uno de los puntos que resultan ser inversiones más costosas³⁵, gastando presupuesto que se podría invertir ya sea para una buena gestión de residuos, en materia prima, en productos de limpieza más eficientes, en nuevos tratamientos del agua, entre otros.

Es importante hacer la unión de las corrientes de salida del proceso hacia el vertimiento con el diseño nuevo del sistema de tratamiento, con recipientes que puedan brindar el proceso necesario al agua residual, teniendo en cuenta las tres corrientes procedentes de las bodegas con tipos de proceso diferentes, pero con productos, composiciones y condiciones semejantes.

3.1.1 Condiciones a tener en cuenta antes de implementar la unión de tuberías. Antes de implementar la unión de los efluentes de la empresa se tiene que revisar las siguientes verificaciones:

- Debe existir la separación del sistema de aguas lluvias con el sistema de aguas residuales

³⁵ ENTREVISTA con BARRANTES, Oscar y LEÓN, María Fernanda. Empleados de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. Unión De Corrientes De Vertimiento Para Ahorro En Caracterizaciones. 2017.

- El sistema de aguas lluvia no puede estar interconectado con el sistema de aguas residuales.
- La infraestructura debe disponerse para el diseño de la unión de las tuberías.

Al momento de realizar las verificaciones pertinentes de que no existan conexiones erradas en las bodegas a estudiar, se evidenció que se cumple las condiciones mencionadas anteriormente, cuyo arreglo del cruce entre la tubería pluvial y del agua residual se menciona en el diagnóstico; y también, la empresa dispone de la infraestructura para la unión de las corrientes, donde las tuberías irán en la parte superior, hasta llegar a la bodega que la empresa dispone para el nuevo sistema de tratamiento de las aguas residuales.

3.2 PRETRATAMIENTO

En el pretratamiento se lleva a cabo la remoción de sólidos grandes³⁶, así como la contención de avalanchas de excesos de caudal de agua permitiendo recibir un caudal máximo de diseño. Se trata de un proceso en el que la utilización de rejillas y cribas separan restos voluminosos como palos, telas, plásticos y demás elementos en suspensión que pueda contener el agua.³⁷

De acuerdo con la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S., es necesario utilizar medios de retención para objetos tales como: bolsas, residuos sólidos grandes, sobras de salsas, materia proveniente del proceso, plásticos que se usen en el empaquetamiento de salsas, entre otros. Para el pretratamiento se aprovechará lo que se maneja actualmente en la empresa, con el fin de reducir costos para compra de nuevos equipos.

3.3 TANQUE DE IGUALACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Un tanque de igualación permite controlar la llegada de caudal proveniente de diferentes procesos, con el fin de mitigar y moderar, logrando un caudal constante. Un tanque de igualación posee las siguientes ventajas³⁸:

- Mejorar la tratabilidad de las aguas residuales
- Minimiza cargas choque sobre tratamientos biológicos
- Diluye sustancias inhibidoras
- Estabiliza el pH

³⁶ CALLEJA, Marcos, et al. E.D.A.R. Estación Depuradora de Aguas Residuales. España. Disponible en: http://www.lis.edu.es/uploads/967d742f_455b_4bd0_a29f_438968130ea1.pdf

³⁷ Capítulo III. Descripción de las Estación Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR's). Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5942/05.pdf?sequence=6>. p. 5

³⁸ ROMERO, R., Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y Principios de diseño. Op. cit. p. 305.

- Mejora la eficiencia y, por tanto, la calidad del efluente
- Homogeniza la carga de sólidos sobre el sedimentador secundario y mejora el espesamiento de los lodos.

El proceso que se lleva a cabo es el desarrollo de salsas a partir de manejo de varias temperaturas, por lo que hay que considerar que al momento que ingrese el líquido en el tanque de igualación algunos lleguen a altas temperaturas (80°C - 100°C), y otros a temperaturas moderadas (48°C - 60°C), por lo que es necesario que se mantenga en reposo el efluente mientras se enfría para que pueda entrar a condiciones ambiente al tratamiento.

3.4 DISEÑOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

3.4.1 Tratamiento Primario. En este proceso se lleva a cabo la sedimentación de los materiales suspendidos mediante la utilización de tratamientos físicos o fisicoquímicos. En ocasiones dejando aguas residuales por un tiempo determinado en grandes tanques o en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua sustancias químicas quelantes (o también llamadas floculantes) que permitan la unión de pequeñas partículas, y de esta forma puedan sedimentar con mayor facilidad. En algunos casos por las características de los sólidos, es mejor separarlos en flotadores por aire disuelto.³⁹

- **Tratamiento químico: Coagulación y floculación.** Hay dos compartimientos de la EDARI que se encargan de coagulación y floculación, sin embargo, no los usan, por lo que nunca ha empleado un método químico de separación y no han demostrado lo eficiente que podría ser este método de tratamiento.

Según Pavón et. al.⁴⁰, el análisis de un tratamiento fisicoquímico de coagulación y floculación aplicado a una planta de tratamiento de aguas residuales de una fábrica, con un rango de DQO entre 8000 y 26000mg/L, consta de un tratamiento primario (cribado y reactor de neutralización), seguido por un tanque de bombeo para regular el flujo volumétrico que alimenta un sistema de tratamiento anaeróbico-aeróbico secundario.

El tratamiento fisicoquímico desarrollado en la PTAR descrita obtuvo los siguientes porcentajes de remoción: 98% para DQO, 95% para DBO5, 99%

³⁹ Capítulo III. Descripción de las Estación Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR's). Op cit., p. 7.

⁴⁰ PAVÓN-SILVA, Thelma, et al. Physicochemical and biological combined treatment applied to a food industry wastewater for reuse. En: Journal of Environmental Science and Health part A. Marzo, 2012, vol. 44 no. 1., p. 108-115. Citado por: LÓPEZ BARROSO, María y MENDOZA ARIAS, Laura. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates Triunfo S.A. Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. 2017. p. 63.

para aceites y grasas y 99% para SST. Utilizando como coagulante el hidroxiclorigenato de aluminio (PAC) con una dosificación de 1 a 5 mg/L.

Por ello sería recomendable realizar una prueba mediante un desarrollo experimental en donde se usen coagulantes y floculantes con el fin de lograr una reducción mediante la formación de coágulos y aglomeración de estos para favorecer la sedimentación de los coloides suspendidos y su separación por decantación.

Los coagulantes más comunes⁴¹, que se usan en el tratamiento de aguas son el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico. Cada coagulante tiene un rango específico de pH donde tiene la mínima solubilidad y ocurre la máxima precipitación dependiendo, también, de las características químicas del agua cruda. Con excepción del aluminato de sodio, estos coagulantes son sales ácidas que disminuyen el pH del agua. Por esta razón y dependiendo del agua a tratar, es necesario agregar un álcali como cal, soda ash o soda cáustica.

De acuerdo al pH que manejan en el área de proceso el cual, a causa de la producción de salsas, se encuentra en el nivel ácido (4 a 6). Por lo tanto, si éste no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y puede solubilizar al coagulante y generar problemas.⁴² En este orden de ideas, para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades⁴³.

La elección del coagulante se determinará de acuerdo a los resultados que arroje la experimentación, donde se conocerá la relación para productos afines con salsas, qué coagulantes pueden funcionar y a qué condiciones deben operar.

3.4.1.1 Primer diseño: proceso por flotación de aire disuelto (DAF). La flotación por aire disuelto es un proceso en el cual se introducen micro burbujas de aire a partir de una solución saturada de agua y aire, a presión, en un estanque con agua residual o lodo. Al ascender las micro burbujas, las partículas presentes en el líquido se adhieren a éstas, separándose y formando una capa flotante de material concentrado. Con ello se consigue remoción de sólidos suspendidos, aceites y grasas, y materia orgánica (DBO₅).

⁴¹ ROMERO, R. Jairo. Calidad del agua. Op. cit. p. 240-243.

⁴² TEMA 5. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN. Tema 5. Coagulación-Floculación. Disponible en: http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf

⁴³ CARDENAS, Yolanda. Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación. SEDAPAL. Lima. 2000. p. 17.

Según la Fundación Chile⁴⁴, se tiene las siguientes ventajas:

- Requiere menos tiempo que la decantación y permite una mayor carga de sólidos en el agua.
- Alta eficiencia en la remoción de sólidos.
- Menor área requerida para instalación.
- Remoción de microorganismos y precipitados difíciles de sedimentar.
- Alta tasa de separación.
- Más eficiente para remoción de DBO_5 que otros procesos de separación.

Y como desventajas:

- Sensible a variaciones de temperatura, sólidos en suspensión, recargas hidráulicas, variaciones químicas y fisicoquímicas, comparado con procesos de sedimentación.
- Costos operacionales elevados cuando existe un control riguroso automático de parámetros.

Según Chung y Young⁴⁵, aplicando la difusión por aire disuelto (*DAF*), para el tratamiento de un efluente de lavavajillas de un restaurante, el sistema DAF químico fue operado basado en el óptimas condiciones de coagulación, floculación y parámetros de flotación determinado experimentalmente, que fueron los siguientes: dosis de alumbre = 300 mg/L, pH = 5.6 a 5.9, dosis de floculante = 1.5 mg / L, mezcla rápida de alumbre durante 120 s luego floculante durante 30 s en gradiente de velocidad media (G) = 193 s⁻¹ (flujo de aire = 800 ml/min), floculación durante 120 s en G = 62 s⁻¹ (flujo de aire = 80 ml / min), flotación con una presión de saturación = 60 psi y una relación de reciclado = 14% y detención de flotación tiempo = 5 min. Obteniendo las siguientes remociones:

⁴⁴ TECNOLOGÍAS DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO-DAF. Tecnologías De Flotación Por Aire Disuelto-Daf. p. 4.

⁴⁵ CHUNG, Wayne y YOUNG, Stephanie. Evaluation of a chemical dissolved air flotation system for the treatment of restaurant dishwasher effluent. En: Canadian Journal of Civil Engineering. Dec 1, vol. 40, no. 12, p. 1164

Cuadro 11. Resultados y porcentaje de remoción DAF.

Parameter (unit) (# of samples)	Raw restaurant dishwasher effluent		Residual concentration after treatment		% removal after treatment	
	Average	STDEV	Average	STDEV	Average	STDEV
pH (9)	11.1	0.12	6.15	0.19		
Turbidity (NTU) (9)	288	126	2.84	0.85	98.90	0.35
OG (mg/L) (8)	433	169	24.3	3.7	93.16	4.47
TSS (mg/L) (8)	269	159	1.4	0.9	98.68	2.35
COD (mg/L) (6)	1106	472	118.2	30.2	88.20	3.53
BOD ₅ (mg/L) (6)	308	105	29.8	20	90.04	5.28
Total nitrogen (mg/L) (7)	3.84	1.57	1.76	0.7	53.49	6.36
Ammonia (mg/L) (7)	0.483	0.211	0.028	0.013	93.82	2.59
Nitrite (mg/L) (7)	0.331	0.092	<0.015		>95.77	
Nitrate (mg/L) (7)	1.478	0.509	0.403	0.157	71.29	9.15
Phosphorus (mg/L) (7)	9.77	0.95	0.848	0.221	91.38	1.81
Total coliform/E. coli (CFU/100mL) (2)	Not detected		Not detected		N/A	N/A
Total chlorine residual (mg/L) (5)	>0.5		>0.5		N/A	N/A

Note: BOD₅, 5-day biochemical oxygen demand; COD, chemical oxygen demand; TSS, total suspended solids; OG, oil and grease; NTU, nephelometric turbidity unit; CFU, colony-forming unit.

Fuente: Chung Wayne, Evaluation of a chemical dissolved air flotation system for the treatment of restaurant dishwasher effluent. p.1164.

3.4.1.2 Segundo diseño: sedimentador. Luego de la separación de fases, es necesario tiempos de retención con el fin de lograr sedimentar la materia orgánica separada del agua para que no se vuelva a mezclar con el agua ya tratada mediante tratamientos químicos, que para este caso se hará uso también de la coagulación-floculación, como en el primer diseño.

Al tener estos procesos dentro del diseño de la PTAR es probable que haya remoción efectiva de la materia orgánica para finalmente verter el efluente en la red de tuberías para el posterior tratamiento.

Según López Vera, et. al.⁴⁶, las aplicaciones de la sedimentación en las industrias de alimentos:

- Separación de aceite-alpehín
- Clarificador de jugos de azucareras
- Separación de levaduras durante la fermentación de cerveza
- Desfangado y clarificación de vinos
- Clarificación enzimática
- Floculación de aguas para bebidas refrescantes
- Tratamientos de aguas residuales

3.4.2 Tercer diseño: Tratamiento biológico. Bohórquez⁴⁷ plasmó una propuesta para la aplicación de lodos activados en el agua residual de la Empresa

⁴⁶ LÓPEZ VERA, Nelson. et al., Sedimentación. Enero 2013. p. 22.

de chocolates Triunfo S.A. con el propósito de disminuir los niveles de DQO. Para esta propuesta se llevó a cabo un diagnóstico del sistema de tratamiento actual junto a una caracterización inicial del agua; posteriormente se realizó un montaje a nivel laboratorio de un reactor mezcla completa, donde se simuló los lodos activados para realizar las pruebas correspondientes del desempeño del proyecto. Para finalizar, se diseñó el dimensionamiento de los equipos y el costo de los mismo para ser implementado a nivel industrial. Los resultados arrojaron un 50% de remoción en el parámetro de DQO con respecto a la salida del sistema que realiza la fábrica, y se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Comparación agua residual proveniente del sistema de tratamiento y el efluente del reactor.

Parámetro	Afluente	Efluente	Resolución 0631/15 (Valores máximos permitidos)
Temperatura (°C)	19,7-21,3	17-21	NA
pH	7,15-7,71	7,27-7,91	5 a 9
Sólidos sedimentables (SS) (mg/Lh)	313,67	0,33	3
Sólidos Totales (SST) (mg/L)	1020,8	128	300
DQO (mg/L O ₂)	5548	3004	900

Fuente: BOHÓRQUEZ TORRES, Lorena Angélica. Propuesta para la Evaluación de DQO en el agua residual generada por la Fábrica De Chocolates Triunfo S.A. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América, 2016. P. 54

3.5 SELECCIÓN DEL DISEÑO

A partir de la caracterización de agua, y en base a las alternativas planteadas se elegirá por medio de una matriz de selección cualitativa, la alternativa para tratar el agua residual de la empresa, teniendo en cuenta la infraestructura de ésta y los requerimientos de tratamiento.

3.5.1 Criterios de Selección. Para la selección de la mejor alternativa, al igual que lo postulado en la propuesta se decidirá de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Costo:** Al evaluar las propuestas es necesario analizar que tanto hay que invertir para dar pie a la alternativa.
- **Mantenimiento:** Conservación en buen estado para evitar su degradación.
- **Eficiencia:** El más importante a tener en cuenta, puesto que se evidencia la calidad de los resultados obtenidos por la alternativa seleccionada.

⁴⁷ BOHÓRQUEZ TORRES, Lorena Angélica. Propuesta para la Evaluación de DQO en el agua residual generada por la Fábrica De Chocolates Triunfo S.A. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América, 2016. p. 54

- **Tiempo:** Representa el periodo que durará el tratamiento.
- **Área:** Un criterio que indica el espacio que requerirá la alternativa seleccionada al momento de implementarse.

Teniendo en cuenta los criterios establecidos, se procede a brindar a cada uno un peso que indica la importancia que se le dará a cada uno en términos de porcentaje.

Tabla 6. Porcentaje para cada criterio.

CRITERIO	%
Costo	30
Área	25
Eficiencia	20
Mantenimiento	15
Tiempo	10

Para los criterios de selección se utilizará el modelo de Kepner y Tregoe⁴⁸ que consiste en la elección de alternativas mediante dos etapas, en la primera se analiza cada una de las alternativas de acuerdo a los resultados obtenidos previamente definidos por los participantes.

Inicialmente, si la alternativa cumple un resultado satisfactorio se anota un SI en la celda correspondiente a la primera matriz, en caso contrario se anota un NO. Según Sánchez Guerrero, el grupo participante establece los criterios de selección, por lo tanto, se puede establecer un NO para la alternativa que no se desea.

Para mayor facilidad de selección, cada una de las alternativas se clasificará con una nomenclatura específica de la siguiente manera:

Tabla 7. Nomenclatura para cada alternativa.

Alternativa	Nomenclatura
Primer diseño	A1
Segundo diseño	A2
Tercer diseño	A3

En la segunda etapa se toman las alternativas que ya fueron aceptadas para ser reevaluadas. Para cada alternativa se establece entonces una calificación de SI o de un NO, para muy conveniente y poco conveniente respectivamente.

⁴⁸ KEPNER, Ch. y TREGOE, B. "El nuevo directivo racional". McGraw Hill. México. 1988. Citado por: SÁNCHEZ GUERRERO, G. Técnica participativas para la planeación. Fundación ICA. México. ISBN 968-5520 08-9. p. 197-200.

Tabla 8. Nivel de calificación.

Nivel	Calificación
Muy Conveniente	SI
Conveniente	
Poco Conveniente	NO

La evaluación de las alternativas se obtiene por el producto de los resultados utilizando la relación propuesta por el método Kepner & Tregoe.

Ecuación 1.

Expresión por
Kepner &
Tregoe.

$$\Sigma = C * C_A$$

Dónde:

Σ = Suma total de la evaluación

C= Peso, porcentaje de cada criterio de selección

C_A = Calificación para cada alternativa

En la siguiente tabla se pueden ilustrar los resultados obtenidos por cada alternativa de acuerdo a la calificación (SI/NO) de los criterios.

Tabla 9. Resultados obtenidos de alternativas de acuerdo a los criterios mínimos. (SI/NO).

Criterio	Alternativas		
	A1	A2	A3
Costos	SI	SI	SI
Área	SI	SI	SI
Eficiencia	SI	SI	SI
Mantenimiento	SI	SI	SI
Tiempo	SI	SI	SI

Según los resultados obtenidos mediante los criterios mínimos establecidos se puede concluir que ambas alternativas en la primera etapa de selección cumplen con lo que se desea para dar pie a las propuestas para la reducción de carga contaminante, por lo que se da el paso a la segunda etapa que corresponde a la adaptación realizada por Kepner & Tregoe⁴⁹.

A continuación, se muestra los resultados dados para los criterios operados con los pesos establecidos en porcentajes de cada uno:

⁴⁹ Ibid., p. 206-213.

Tabla 10. Resultado de criterios.

Criterio	%	Alternativas		
		A1	A2	A3
Costos	30	4,0	4,4	4,0
Área	25	4,0	3,9	3,8
Eficiencia	20	4,0	4,2	4,8
Mantenimiento	15	3,5	3,9	3,6
Tiempo	10	4,0	3,9	3,2
Suma (Σ)	100	3,93	4,11	3,97

Las alternativas son viables, ya que cada una presenta una calificación sobresaliente promedio (4,0), sin embargo, los criterios de selección que se establecen para cada una de las alternativas son realmente importantes, y las que detallan en cada diseño. Cada uno de estos significa un aspecto que abarca en gran medida en la elección del mejor diseño que se pueda brindar a la empresa, pero hay que resaltar que en algunos diseños el área depende bastante, puesto que figura el diseño de tanques (igualador, almacenamiento, y el respectivo equipo) y un filtro prensa.

El primer diseño también depende del área, debido a que los equipos DAF son de un tamaño considerable, y también tienen costos operativos altos si se desea tener condiciones rigurosas del agua, por lo que se dificulta; los procesos DAF suelen ser muy eficientes en procesos donde el flujo de agua sea continuo, sin embargo, en la empresa no hay flujos de grandes cantidades (mayores a 20m³/día), como para considerar un tratamiento de esta índole.

Si se opta por el tratamiento biológico, resulta ser una idea altamente eficiente, porque la remoción de materia orgánica se facilita gracias al uso de microorganismos puesto que la carga orgánica contiene dosis altas en azúcares y alcoholes que se presentan en las salsas, por lo que un tratamiento primario no sería suficiente. Existen cuatro grupos principales de procesos biológicos: Aerobios, anaerobios, anóxicos y procesos combinados. Dentro de cada grupo hay diferentes tipos dependiendo de si el proceso es de crecimiento biológico, suspendido, crecimiento biológico adherido o combinación de ellos. Asimismo, dependiendo del régimen de flujo predominante, los procesos biológicos se consideran de flujo continuo o intermitente y del tipo de mezcla completa, flujo en pistón o flujo arbitrario⁵⁰.

El diseño 2 representa el esquema del tratamiento primario, para un nuevo sistema de procesamiento de aguas residuales (PTAR), empezando a partir de la unión de las corrientes de vertimiento con el fin de homogenizar todos los flujos provenientes de proceso. La alternativa abarca la sedimentación como proceso

⁵⁰ ROMERO, R., Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño, 2008. Op. Cit., p. 226.

clave y el más importante en términos de separación de materia orgánica con ayuda y sustento de la coagulación y floculación del efluente. Posteriormente se llevará a cabo el tercer diseño, pero teniendo en cuenta todas las variables anteriormente mencionadas para éste, se necesita de un estudio complejo en donde requeriría de un proyecto enfocado hacia el tratamiento secundario, por lo que sería conveniente sugerirlo después del tratamiento primario, así pues, será considerado como recomendación para un próximo análisis por parte de otros ingenieros dispuestos a realizar un proyecto de grado de esta naturaleza.

Por lo tanto, la alternativa más conveniente para la reducción de la carga contaminante de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. es el segundo diseño, aunque la tercera alternativa se puede trabajar paralelamente mientras que la empresa decida implementar el diseño de un nuevo sistema de tratamiento.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En el presente capítulo, se establecen las variables de interés y las condiciones en las que se realiza el desarrollo experimental por el método de coagulación y floculación. También se describe el procedimiento que se utiliza en el laboratorio; y, por último, se analizan los resultados obtenidos. El tratamiento de coagulación-floculación se realizó por medio de Test de jarras en los laboratorios de la Universidad de América.

4.1 MUESTREO

Como primera medida, se tomaron las muestras puntuales a la salida de la EDARI, específicamente en la caja de aforo del vertimiento de la bodega 8, a razón de que ésta salida es la más crítica respecto a los demás vertimientos en cuanto a la concentración. Sin embargo, para certificar que al no tomar muestreo de la bodega 1, presenta cambios abruptos en la experimentación, se evalúa la carga de las dos bodegas, que según el decreto 3930 de 2010, se calcula⁵¹ de la siguiente forma:

Ecuación 2. Cálculo para carga de DQO y DBO₅.

$$Carga = Concentración \times Caudal$$

Fuente: Ecuaciones usadas para vertimientos. Decreto 3930 de 2010.

Para la bodega 1, al tener una concentración de 1619 mg/L de O₂ de DBO₅ y 2067 mg/L de O₂ de DQO, su carga es de 1,50 Kg/día y 1,92 Kg/día, respectivamente. Por otro lado, para la bodega 8, presenta una concentración de 6867 mg/L de O₂ de DBO₅ y 7426 mg/L de O₂ de DQO, y su carga es de 65,29 Kg/día y 70,60 Kg/día. Dadas estas cargas para cada bodega, se evidencia que la bodega 1 influye apenas en un 2-3% en la carga de la bodega 8, es decir, si se tiene una muestra diluida entre las salidas de cada bodega, predomina considerablemente la carga de la bodega 8.

Igualmente, cabe aclarar que, al ser varios procesos llevados a cabo en la industria, el muestreo se realizó del día lunes hasta el día sábado, con el fin de coleccionar agua y realizar muestreo de varias líneas de producción para lograr simular un ajuste de efluentes.

El muestreo se realizó extrayendo del vertimiento un recipiente de litro de volumen de agua para llenar un recipiente rotulado de 20 litros. Previamente se purgo,

⁵¹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. DECRETO NO. 3930 de 25 de Octubre de 2010., Op Cit.

asimismo el recipiente de 20 litros. El muestreo se efectuó siguiendo los principios establecidos por el IDEAM⁵² para muestreo.

Figura 7. Muestreo realizado en la Bodega 8



4.2 PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

Para el planteamiento experimental es necesario tener en cuenta el test de jarras con el fin de determinar la concentración de materia orgánica del efluente. Esto se realiza como primera medida para saber cuál método, materiales, reactivos y equipos serán necesarios para llevar a cabo la prueba en laboratorio y obtener un resultado efectivo.

Para el tratamiento de coagulación y floculación, se debe seleccionar un coagulante, el cual debe presentar una mayor remoción que cumpla con su función de separar las fases de materia orgánica del agua, desestabilizando las partículas cargadas electrostáticamente, para luego formar los sólidos flotantes; luego, se determina dosificación óptima de éste.

Al igual que el coagulante, se selecciona el floculante. Los coagulantes disponibles en la experimentación mencionados en el cuadro 1 son: cloruro férrico (FeCl_3), sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, e hidroxiclورو de aluminio (PAC), debido a que son los más usados por la eficiencia que tienen para tratamiento de agua residuales⁵³.

⁵² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Toma de muestras de aguas residuales. 2007. p. 1-17.

⁵³ TEMA 5. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN. Op. cit. p. 7.

Los floculantes para emplear son la poliacrilamida catiónica y la poliacrilamida aniónica.

Al momento de llevar a cabo experimentación se emplea un volumen de 500 ml de agua inmersa en un beaker de 1000 ml de capacidad y se somete a agitación inicial de 120 rpm durante un minuto para homogeneizar las partículas presentes en el agua residual todavía sin coagulante, luego se disminuye hasta 50 rpm para poder agregar la solución del coagulante. Después es necesario disminuir la agitación hasta 15-25 rpm, debido a que permite que la muestra se pueda mezclar óptimamente con la cantidad que se va a aplicar.

La **metodología** para determinar de la dosis óptima de coagulante se realiza mediante la aplicación de 1 ml por periodo de tiempo con el fin de conocer el volumen necesario para que se formen los coágulos. Dicho esto, se procede a añadir la poliacrilamida (1 ml cada periodo de tiempo) para que una los coágulos, se aglomeren y finalmente sedimenten. Los intervalos de aplicación de los reactivos van de 3 a 4 minutos dependiendo del comportamiento del coagulante presente en la muestra. La siguiente tabla describe la metodología empleada inicialmente para establecer la dosis óptima de coagulante:

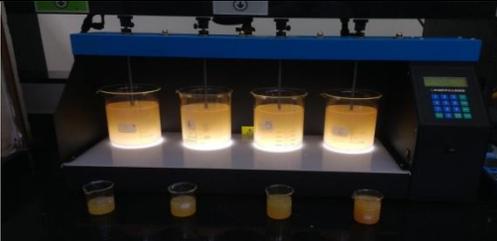
Tabla 11. Metodología Inicial empleada en el laboratorio.

Numero	periodo (min)	volumen (ml)	REVOLUCIONES (RPM)
1	0	0	120
2	t ₁		50
3	t ₂	1 ml cada periodo	15-25
N	t _N		15-25

Esta **metodología** se llevó a cabo con el objetivo de poder encontrar la concentración final de coagulante y floculante en la muestra a partir de una concentración fija. Se repite la metodología empleando diferentes concentraciones. Al conocer la dosis óptima se procede a realizar la metodología sugerida por la universidad para test de jarras⁵⁴, y se lleva a cabo la selección de coagulante. Posterior a ello mediante criterios de selección, se elige el floculante a utilizar de acuerdo a los resultados de turbiedad, y finalmente se realiza comprobación para saber si se debe emplear el uso de neutralizante. En el Cuadro 12 se muestran los equipos empleados en el laboratorio para el desarrollo experimental.

⁵⁴ TOVAR, Julia y GUERRA, Jayeth. DEPARTAMENTO DE QUIMICA, UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Manual de laboratorio de química industrial inorgánica experimental. Enero 2012. p. 54-58.

Cuadro 12. Equipos de laboratorio.

Equipo	Modelo
Turbidímetro HACH con intervalo desde 0 hasta 1000 NTU	 A handheld HACH 2100Q turbidimeter with a blue and grey body, a small LCD screen, and several control buttons.
pHmetro para la medición de pH y conductividad con calibrador y potenciómetro	 A handheld pH/conductivity meter with a grey body, a small LCD screen, and a control panel with several buttons. A probe with a yellow handle is attached to the side.
Equipo de test de jarras con disponibilidad para 4 pruebas con iluminación inferior y regulador digital de agitación por cada puesto de trabajo	 A jar test apparatus with four glass jars in a row, illuminated from below. A digital control panel is visible on the right side.
Balanza analítica de precisión de 6 cifras significativas	 A white analytical balance with a stainless steel weighing pan and a digital display on the front.

Cuadro 12. (Continuación).

Equipo	Modelo
Agitador magnético con medida de 100 hasta 1300 rpm	

4.2.1 Selección de coagulante. La selección de coagulante es un factor importante para determinar qué tan tratable puede ser el efluente, conociendo cuál coagulante puede funcionar con mayor efectividad para brindar información con respecto a la tratabilidad que se le pueda dar al agua a nivel de planta. Los coagulantes dependen de varios factores para tener un funcionamiento óptimo con el fin de separar la materia orgánica del agua.

Generalmente el agua tiende a separarse de la materia orgánica presente de la muestra al momento de agregar el coagulante, dependiendo de diversas variables, tales como⁵⁵:

- El tipo de agua.
- El coagulante.
- El pH en el que esté el agua inicialmente.
- El pH óptimo en el que opere el coagulante y la concentración del coagulante.
- La temperatura.

La muestra de agua obtenida de la empresa (figura 8) tiene un **pH de 5,2 y una turbiedad aproximada de 1482 NTU**. El coagulante tendrá que disminuir en gran parte la turbiedad del agua para remover los grumos resultantes de la coagulación y posterior floculación mediante un filtro.

⁵⁵ ROMERO, R., Jairo Alberto. Calidad Del Agua, 2008. Op. Cit., p. 233-236.

Figura 8. Muestra estándar de agua de 500 ml.



4.2.1.1 Evaluación de coagulantes. Para la evaluación de coagulantes se tendrá en cuenta el coagulante, la concentración inicial, la cantidad en mililitros añadidos, el tiempo de tratamiento y la dosificación presente en la muestra. Para calcular la **dosificación final** se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Cálculo concentración final en la jarra.

$$v_1 c_1 = v_2 c_2$$

Dónde:

v_1 : Volumen inicial

c_1 : Concentración inicial

v_2 : Volumen final de la muestra con el coagulante

c_2 : Concentración final con el coagulante.

La dosificación final dentro de la muestra representa la dosificación inmersa en las muestras ensayadas.

➤ **Cloruro Férrico (Ver Anexo H).** El cloruro férrico reacciona con la alcalinidad del agua o con cal para formar *floc* de hidróxido férrico. Se consigue comercialmente en forma líquida o cristalina. Aunque es barato, su manejo resulta difícil a causa de la corrosión. Se usa más en tratamiento de aguas residuales que en aguas para consumo; sin embargo, produce buenos resultados en aguas subterráneas con alto contenido de hierro⁵⁶.

⁵⁶ ROMERO, R., Jairo Alberto. Calidad Del Agua, 2008. Op. Cit., p. 243.

Al realizar la experimentación con cloruro férrico se tomaron muestras añadiendo diferentes concentraciones. Se llevó a cabo el test de jarras, que según Cárdenas⁵⁷, se emplea para la experimentación una dosificación de 10%, sin embargo, esto es para una muestra de 1 litro, por lo que se recurre al 5% para 500 ml; igualmente, se van disminuyendo las concentraciones, de este modo, las siguientes dosificaciones fueron 43680 ppm y 21960 ppm. Se alcanzaron los siguientes resultados enunciados en el cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados de turbiedad y pH para cloruro férrico al 4,2% y 2,1%.

Dosificación (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Cantidad (ml)	Efecto	Tiempo (min)	Concentración final (mg/L)
43680	3	2,92	5		10	432,47
21960	3,87	2,94	10		10	430,59

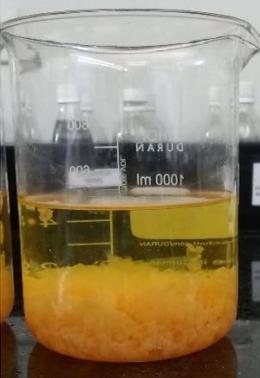
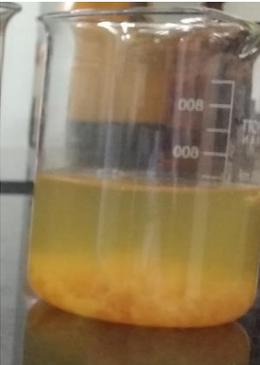
Para la dosificación, el cloruro férrico brinda resultados efectivos de remoción, debido a la separación de materia orgánica que se refleja en la muestra, teniendo cambios notorios en poco tiempo (10 minutos), resaltando la poca cantidad de mililitros añadidos a la muestra, siendo de 5 ml para la concentración de 4,2%, y 10 ml para la concentración de 2,1%; por lo que se puede considerar que la concentración es inversamente proporcional a la dosificación de la muestra para cloruro férrico en el agua tratada.

Sin embargo, esta primera prueba ocasiona que se baje el pH un 56%, es decir, hasta 2,9, teniendo en cuenta que el límite permisible en la resolución 0631 de

⁵⁷ CARDENAS, Yolanda. Op. Cit., p. 40.

2015 es de 5. De este modo, hay que diluir la solución para la titulación con el fin de encontrar la dosis óptima.

Cuadro 14. Resultados de turbiedad y pH para cloruro férrico al 1% y 0,5%.

Dosificación (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Cantidad (ml)	Efecto	Tiempo (min)	Concentración final (mg/L)
10000	4,9	4,8	30		15	566,04
5000	15	4,8	60		30	535,714

El cloruro férrico con 30 ml para 1%, presenta mayor ventaja, puesto que reacciona de manera muy efectiva para la separación de materia orgánica del agua (cuadro 14), no obstante, reducen el pH hasta 4,8, perjudicando los resultados al momento de enviar el efluente al vertimiento, a razón de que la resolución exige que el pH se encuentre por encima de 6. Para 60 ml al 0,5% no ocurre la misma reacción, hay poca formación de coágulos y la turbiedad aumenta a 15 NTU, y el pH se mantiene también en las mismas unidades que el anterior.

No obstante, al emplear cloruro férrico al 1%, no conduce a un cambio de pH mayor al 9%, aunque sigue estando por debajo de la normatividad, no se iguala a los valores de 43860 y 21930 ppm que disminuyen hasta 2,9 unidades. Sin embargo, se puede cambiar el pH añadiendo un neutralizante al final del proceso.

Este coagulante se caracteriza por operar a pH bajo (Cuadro 1), por lo que a nivel industrial podría beneficiar a la empresa al momento de realizar el tratamiento. Al

final de la experimentación el coagulante ocasiona coloración al momento de interactuar y separa la materia orgánica de ésta por acción de la gravedad.

➤ **Sulfato de aluminio.** Coagulante inorgánico usado en clarificación de agua cruda durante procesos industriales y de potabilización. Puede ser empleado como coagulante en la desestabilización de emulsiones aceite en agua, remoción de colorantes en aguas residuales y en potabilización.

Para este experimento, se emplean dos jarras inicialmente para corroborar a primera instancia la eficiencia de este coagulante, añadiendo diferentes concentraciones de sulfato de aluminio. Se somete a la misma metodología utilizada para el cloruro férrico.

Se caracteriza por actuar a pH bajo (Cuadro 1), por lo que a nivel industrial podría afectar a la empresa al momento de realizar la caracterización anual exigida por el decreto 3930 de 2010. Los resultados obtenidos pueden ser observados en el siguiente cuadro, teniendo en cuenta la misma dosificación inicial sugerida por Cárdenas⁵⁸ este coagulante:

Cuadro 15. Resultados de turbiedad y pH para sulfato de aluminio.

Dosificación (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Cantidad (ml)	Efecto	Tiempo (min)	Concentración final (mg/L)
46200	88,8	3,6	10		26	905,88
23100	95,7	3,8	16		50	716,28

Al añadir 10 ml de 4,2% y 16 ml de 2,1% se obtiene el resultado reflejado en la imagen del cuadro 15. Se puede observar que los coágulos se forman, sin embargo, hay una efectividad de sólo 93% de remoción de turbidez, puesto que se sigue presentando índices de turbiedad de 92 NTU promedio, cuyo valor es elevado para este tipo de tratamiento. Con esta solución se requiere una mayor concentración para que se desestabilice la muestra.

Con la cantidad agregada de sulfato de aluminio, se requiere más tiempo para que pueda llevarse a cabo la separación de materia orgánica. Cabe destacar, que la

⁵⁸ CARDENAS, Yolanda. Op. Cit., p. 40.

cantidad en mililitros que se añade es aproximadamente dos veces más para la muestra a comparación con la de cloruro férrico y PAC, por lo que no hay resultados de la misma efectividad, sobre todo frente al cloruro férrico.

El sulfato de aluminio es ineficiente a comparación del cloruro férrico, además, sigue presentando problemas de pH porque disminuye al finalizar el test, por lo que se considera necesario que el agua sea neutralizada antes de poder realizar tratamiento con este coagulante.

➤ **Hidroxiclорuro de Aluminio (PAC).** El hidroxiclорuro de aluminio es un coagulante alternativo para el tratamiento de agua, se caracteriza principalmente por formar flocs de menor tamaño a comparación que los coagulantes tradicionales, causando que disminuya la formación de lodos y no dependen tanto de la temperatura y pH de operación.⁵⁹ Sin embargo su pH óptimo de funcionamiento es de carácter básico.

Para la experimentación se tomaron dos muestras de diferentes concentraciones de hidroxiclорuro de aluminio líquido. La dosificación inicial para este coagulante, sugerida por López y Mendoza⁶⁰ es al 1% y 0,5%. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 16. Resultados de turbiedad y pH para sulfato de aluminio.

Dosificación (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Cantidad (ml)	Efecto	Tiempo (min)	Concentración final (mg/L)
10000	9,22	4,31	7		21	303,75

⁵⁹ COGOLLO FLÓREZ, Op cit., p. 22.

⁶⁰ LÓPEZ BARROSO, María y MENDOZA ARIAS, Laura. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates Triunfo S.A. Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. 2017.

Cuadro 16. (Continuación).

Dosificación (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Cantidad (ml)	Efecto	Tiempo (min)	Concentración final (mg/L)
5000	4,26	4,30	10		30	215,68

En este caso, se emplea 7 ml de este coagulante al 1% de la concentración inicial, se observa en los resultados del cuadro 16 la disminución de turbiedad y la desestabilización de las sustancias coloidales más sobresaliente. Para una solución al 0,5%, y agregando un total de 10 ml, se refleja una remoción de turbiedad superior (disminuyendo 5 NTU), no se genera color notorio, y cumple la función de desestabilizar los coloides. De este modo, la solución menos concentrada (0,5%) brinda mejores valores para la turbiedad que al 1%, quiere decir que debe ser necesario que las concentraciones sean menores para que existan mejores resultados de remoción.

Para el hidroxicloriguro de aluminio el volumen añadido es de menor cantidad comparado con el sulfato de aluminio, disminuyendo entre 19-40 ml, así como el tiempo utilizado de 20 minutos menos. Para la cantidad añadida en ml, varía entre 2 y 3 ml las muestras entre estos dos coagulantes.

Este coagulante, a pesar de ser una sal ácida no presenta cambios para el pH al final de tratamiento a comparación de los demás coagulantes, siendo 1 unidad por debajo de la inicial. La disminución sin embargo provoca que sea necesario el ajuste y neutralización del pH del agua para poder cumplir con la norma apropiadamente. Tanto para la concentración de 1%, como la de 0,5% no hay cambios notorios para el pH final.

4.2.1.2 Criterios de selección y selección de coagulante.

- **El porcentaje de remoción de la turbiedad:** Para la medición de la turbiedad se tiene en cuenta que se va a diluir 5 ml de la muestra estándar con agua destilada, debido a la materia orgánica que evita la transparencia en el agua. El porcentaje de remoción se representa a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Porcentaje de remoción de turbiedad.

$$\text{Porcentaje de Remoción} = \frac{\text{Turbiedad inicial} - \text{Turbiedad final}}{\text{Turbiedad inicial}}$$

- **Dosificación:** Un factor importante para la determinación de la concentración necesaria para añadir en las muestras con el fin de conocer la cantidad que deberá agregarse y lograr una remoción efectiva a nivel industrial con el caudal proveniente del proceso.
- **pH final:** Este criterio se va a tener en cuenta debido a que el uso de varios coagulantes convencionales y alternativos, a excepción del aluminato de sodio, reducen el pH del agua al momento de la separación de materia orgánica en el agua, lo que conlleva a un incumplimiento en la resolución 0631 de 2015, y es causado porque los coagulantes convencionales se caracterizan por ser sales ácidas.⁶¹
- **Precio en el mercado:** Factor que permite conocer el costo que tiene cada uno de los coagulantes necesarios para la experimentación.

Por lo tanto, aplicando dichos criterios a los resultados obtenidos para cada coagulante, se genera el siguiente cuadro:

Cuadro 17. Resultados de los criterios para cada coagulante.

Coagulante	Dosificación (mg/L)	Remoción turbiedad (%)	pH final	Precio mercado (COP/Kg)
Cloruro Férrico (FeCl ₃)	43680	99,8	2,92	3.696
	21960	99,8	2,94	
	10000	99,7	4,8	
	5000	98,99	4,8	
Sulfato de Aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃)	46200	94,0	3,6	2.541
	23100	93,5	3,8	
Hidroxiclورو de Aluminio (PAC)	10000	99,4	4,31	4.125
	5000	99,7	4,3	

A partir de los resultados, se observa que el cloruro férrico proporciona una remoción del 99,8% con la mayor dosificación (43680 ppm), cuyo porcentaje es el superior entre los demás. Sin embargo, desciende 2 unidades aproximadamente el pH, y está por debajo de la norma. Por otro lado, con la dosificación de 10000 ppm se obtiene un porcentaje de remoción del 99,7%, lo cual no presenta un cambio mayor respecto a las de 43680 y 21960 ppm; el pH en este caso presenta un cambio menor a comparación de los otros, tan sólo disminuyendo un 7,7% respecto al inicial.

⁶¹ COGOLLO FLÓREZ, Op cit., p. 23-27

Para el sulfato de aluminio se obtienen unos resultados adecuados, no obstante, no tan eficientes como el cloruro férrico. Por último, el hidroxiclорuro de aluminio tiene un porcentaje muy cercano al máximo de la lista, con una disminución de pH, de tan solo un 17% aproximadamente. Sin embargo, el cloruro férrico resulta ser un coagulante apropiado debido al costo de adquisición, lo que beneficia a la empresa.

En consecuencia, el coagulante más beneficioso por sus resultados, además de conservar un pH cercano a la norma, una baja dosificación, alto porcentaje de remoción de turbiedad y precio accesible, es el cloruro férrico (FeCl_3).

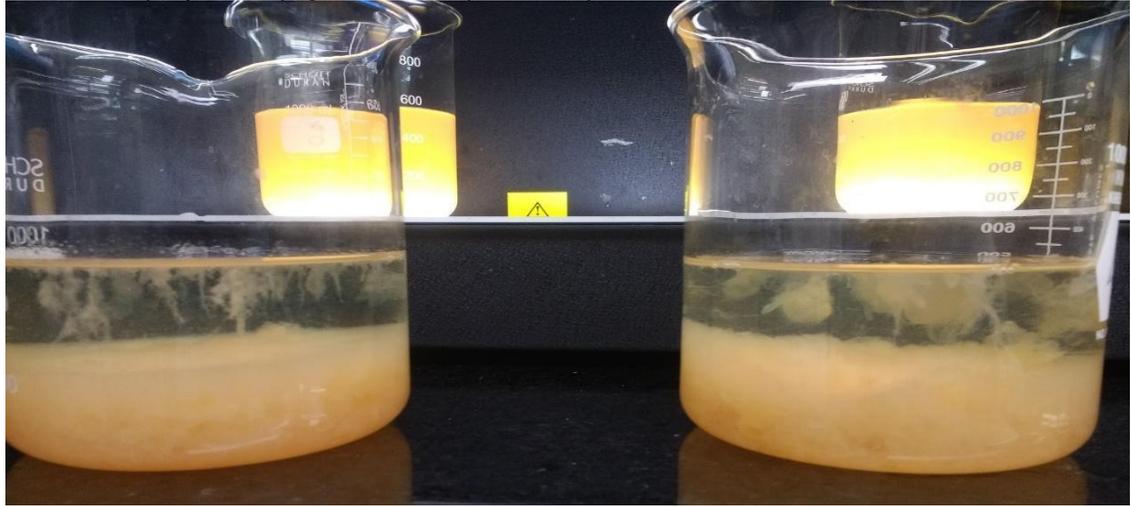
Ahora bien, al tener seleccionado el coagulante más apropiado, se pasa al siguiente factor que permite una mejora del tratamiento. El floculante es el elemento apropiado para la aglomeración de los coloides suspendidos en el agua, permitiendo una remoción eficiente y unos resultados más destacables.

4.2.2 Selección de floculante. La floculación es el proceso que le sigue a la coagulación, esta selección de floculante permite el crecimiento y aglutinamiento las sustancias coloidales presentes en el agua, las cuales ya se encuentran desestabilizadas por el coagulante (flóculos formados), y poder facilitar el aumento del tamaño y peso necesario para sedimentar, favoreciendo la decantación y posterior filtración.

Para evaluar el floculante, se tendrá en cuenta el nivel de aglomeración de éste (figura 9). Los floculantes a evaluar son el catiónico y el aniónico, clasificados como floculantes orgánicos sintéticos, los cuales, son muy utilizados en la industria química moderna; eficaces a bajas concentraciones y pueden encontrarse como producto no iónico o como los floculantes que se van a experimentar (aniónico y catiónico)⁶².

⁶² DIAZ CLAROS, J. Coagulantes floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra para el tratamiento de aguas contaminadas. 2014. p. 24.

Figura 9. Muestra con coagulante de Hidroxicloruro de Aluminio con floculante catiónico (izquierda), y aniónico (derecha).



De acuerdo con las muestras, se puede observar que, para la muestra catiónica, a pesar de no haber sedimentado del todo, forma flóculos más grandes que la muestra aniónica, esto quiere decir que la presencia de materia orgánica, en su mayoría, tiene iones de carga negativa. No obstante, para dar con el floculante ideal se utilizó como principal parámetro la turbiedad con el fin de determinar cuál de las muestras es menos turbia para deducir la cantidad de partículas suspendidas presentes en la superficie.

La siguiente tabla muestra los valores resultantes de turbiedad, después de un proceso de coagulación y floculación para 3 muestras sin floculante, con floculante aniónico y con floculante catiónico.

Tabla 12. Valores de turbiedad para tres muestras sin floculante, con floculante aniónico y floculante catiónico.

	Sin floculante	Aniónico	Catiónico
Turbiedad (NTU)	5,2	4,4	1,9

Por lo tanto, se ha seleccionado el coagulante como cloruro férrico, y floculante catiónico, sin embargo, el pH se encuentra aún por fuera de la normatividad al final de la experimentación. De este modo, se tiene en cuenta para el siguiente factor: escoger el neutralizante apropiado para la muestra de agua.

Para la poliacrilamida catiónica se emplea, de acuerdo con Cárdenas⁶³, al 0,1%. Sin embargo, estaba disponible al 0,08% (800 ppm). Por tanto, en toda la

⁶³ CARDENAS, Yolanda. Op. Cit., p. 41.

experimentación se agregaron 5 ml a esta concentración en la muestra, por lo tanto, la concentración final se puede expresar mediante la **Ecuación 3**.

$$\text{Concentración final} = \frac{800 \text{ ppm} \times 5 \text{ ml floculante}}{505 \text{ ml muestra}}$$

Siendo la concentración final 7,921 ppm, quiere decir que ese valor es la concentración del floculante dentro de la jarra tratada.

4.2.3 Selección Neutralizante. Los coagulantes en muchos casos funcionan en un pH óptimo. Un neutralizante permite que el pH de una muestra pueda regularse, con el fin de obtener mejores resultados al momento de realizar la coagulación. De acuerdo al siguiente cuadro se muestran diversas sustancias que pueden emplearse tanto para subir como para bajar los niveles de pH:

Cuadro 18. Valores de pH de diferentes sustancias.⁶⁴

pH	[H ⁺]mol/L	[OH ⁻]mol/L	Sustancia típica
0	10 ⁰	10 ⁻¹⁴	H ₂ SO ₄ - 4,9% (1N)
1	10 ⁻¹	10 ⁻¹³	H ₂ SO ₄ - 0,49% (0,1N) HCl - 0,37% (0,1N)
2	10 ⁻²	10 ⁻¹²	Jugo de limón
3	10 ⁻³	10 ⁻¹¹	Ácido acético - 0,6% (0,1N)
4	10 ⁻⁴	10 ⁻¹⁰	Jugo de naranja
5	10 ⁻⁵	10 ⁻⁹	Cerveza
6	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	Queso - leche
7	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	Agua pura - clara de huevo
8	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	Bicarbonato de sodio - 0,84% (0,1N)
9	10 ⁻⁹	10 ⁻⁵	Bórax - leche de magnesia
10	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁴	Amoniaco - 0,017% (0,01N)
11	10 ⁻¹¹	10 ⁻³	Amoniaco - 1,7% (1N)
12	10 ⁻¹²	10 ⁻²	Soda cáustica - 0,04% (0,01N) - Cal
13	10 ⁻¹³	10 ⁻¹	Soda cáustica - 0,4% (0,1N)
14	10 ⁻¹⁴	10 ⁰	Soda cáustica - 4% (1N)

Fuente: Romero Rojas, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. p.323.

Para la selección del neutralizante se tiene en cuenta que la muestra analizada es de carácter ácido, por lo que se requiere utilizar una sustancia alcalina. Dentro de las mencionadas en el cuadro 18 se emplea para la prueba de laboratorio Hidróxido de Sodio, además otros neutralizantes para usar son Hidróxido de Calcio y Citrato de Sodio.

Al realizar la experimentación con los tres neutralizantes, la muestra dosificada con cloruro férrico no obtuvo resultados satisfactorios ajustando a un pH de 8.

⁶⁴ ROMERO, R., Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Op. Cit., p. 323.

- Para el citrato de sodio, al tener el pH de 8,2 se tuvo que añadir 50 ml de neutralizante al 10% y no se obtuvieron resultados satisfactorios
- Para el Hidroxido de sodio concentrado a 1 g/L, se añadió 5 ml para neutralizar la muestra, no obstante los resultados no fueron aprovechables.
- Para el Hidroxido de calcio (cal), se añadió 5 gramos a la muestra pero requirió 45 minutos de agitación para homogenizar la mezcla y ajustar el pH, y al momento de coagular los resultados no fueron los esperados. La muestra del cal se evidencia en la siguiente figura:

Figura 10. Muestra coagulada con cal.



Lo anterior demuestra que el ajuste de pH para cumplimiento de la norma debe realizarse después del tratamiento de coagulación y floculación, dado que los resultados no favorecen la neutralización.

4.3 RESULTADOS CARACTERIZACIÓN FINAL

Para la muestra seleccionada con cloruro férrico se hace la separación mediante el uso de papel filtro y finalmente se emplea carbón activado con el propósito de disminuir coloración y olores⁶⁵. Los resultados de la experimentación de cloruro férrico, se llevaron al laboratorio certificado CONOSER LDTA para la determinación de los parámetros a analizar (DBO₅, DQO, aceites y grasas). Posteriormente, se obtuvieron los resultados de cada uno de los parámetros. **(Ver Anexo I)**. La muestra enviada al laboratorio previamente fue filtrada para la remoción de los lodos inmersos en ella como se detalla en la siguiente figura 11.

⁶⁵ Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de agua. TRATAMIENTO CON CARBÓN ACTIVADO. Cap. 9. p. 1.

Figura 11. Muestra filtrada tratada con cloruro férrico.



Cabe resaltar que, para la comparación entre los resultados y la muestra sin el tratamiento, no se llevó a cabo la respectiva cadena de custodia, debido a inconvenientes técnicos y logísticos: por un lado, no se contaba con la financiación de la empresa, ni la disposición económica para el laboratorio; además, la muestra antes del tratamiento experimental tenía más de 8 días en reposo, por lo que afecta una precisión en los resultados para la comparación. Por lo tanto, se contrastan los resultados de la experimentación, con la última caracterización realizada por la empresa el 21 de diciembre de 2017. A continuación, se muestran los valores obtenidos por la caracterización realizada el 21 de diciembre de 2017 frente a las realizadas en la experimentación, y su pertinente remoción.

Tabla 13. Valores comparados de la caracterización del 21 de diciembre con la actual.

	DBO₅ (mg/L)	DQO(mg/L)	Aceites Y Grasas(mg/L)
Caracterización 21 Dic 2017	6867	7426	113
Caracterización CONOSER LDTA	780	2130	<5
Remoción (%)	88,64	71,32	95,58

Con los resultados obtenidos de la caracterización realizada en CONOSER LDTA se calcularon los porcentajes de remoción mediante las ecuaciones presentadas a continuación:

Ecuación 5. Porcentaje de remoción para DQO.

$$\% \text{ Remoción DQO} = \frac{DQO_{\text{inicial}} - DQO_{\text{final}}}{DQO_{\text{inicial}}} \times 100$$

Ecuación 6. Porcentaje de remoción para DBO₅.

$$\% \text{ Remoción DBO}_5 = \frac{DBO_{5\text{inicial}} - DBO_{5\text{final}}}{DBO_{5\text{inicial}}} \times 100$$

Ecuación 7. Porcentaje de remoción para aceites y grasas.

$$\% \text{ Remoción Aceites y grasas} = \frac{\text{Aceites y grasas (inicial - final)}}{\text{Aceites y grasas(inicial)}} \times 100$$

Con el proceso de coagulación y floculación, como el principal tratamiento químico, y la asistencia de filtración (usando papel filtro y carbón activado), se obtuvo la remoción de 6087 mg/L O₂ de DBO₅ (88,64%), 5296 mg/L O₂ de DQO (71,32%), y 108 mg/L de aceites y grasas (95,58%).

De acuerdo a la resolución 0631 de marzo de 2015 (artículo 16), sólo se logra cumplir con el parámetro de aceites y grasas. Sin embargo, hay que considerar que se logra un gran porcentaje de remoción (mayor al 70%), tan solo aplicando la metodología de la experimentación elaborada. Además, en la empresa para el vertimiento evaluado (bodega 8), únicamente se lleva a cabo un tratamiento físico por medio de varios compartimientos (trampa de grasas) y un soporte de bacterias que no se encuentra en condiciones óptimas de remoción. Por lo tanto, añadiendo el respectivo tratamiento secundario o biológico a la alternativa propuesta, se lograría remover notablemente la concentración de estos parámetros, e inclusive, poder llegar a cumplir con la correspondiente normatividad.

A continuación, se establecen las especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada: Tratamiento primario con tanque de igualación, tanque de almacenamiento, Tanque de sedimentación con proceso de coagulación-floculación y posterior disposición de lodos.

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En este capítulo, se plantean las especificaciones técnicas (diseño conceptual) para el pretratamiento y tratamiento primario de una PTAR, a partir de los datos obtenidos en el desarrollo experimental. Primero se tiene en cuenta la ubicación en donde estará dispuesta la planta de tratamiento.

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La planta de tratamiento consta de cinco unidades de proceso: Igualador, almacenador, bomba sumergible, sedimentador, y un filtro prensa. Funciona con un caudal constante desde el tanque de igualamiento hasta el de almacenamiento de $1,296 \text{ m}^3/\text{h}$. El tanque de igualación y el tanque de almacenamiento permiten que no exista rebosamiento del agua, para ejecutar el tratamiento por lotes (proceso discontinuo) en el sedimentador, y se llena aproximadamente de 5 a 6 horas con un caudal constante proveniente del tanque igualador.

El tiempo de tratamiento del sedimentador, se condicionará el flujo generado por los tanques de igualamiento y de almacenamiento, el cual es de 1,5 horas para dar disponibilidad de 2 tratamientos por día, la transición del flujo se hace por medio de una bomba sumergible y la disposición de lodos por medio de un filtro prensa.

La siguiente figura muestra la descripción general del proceso de tratamiento primario de la PTAR:

Figura 12. Descripción general del proceso de la PTAR.

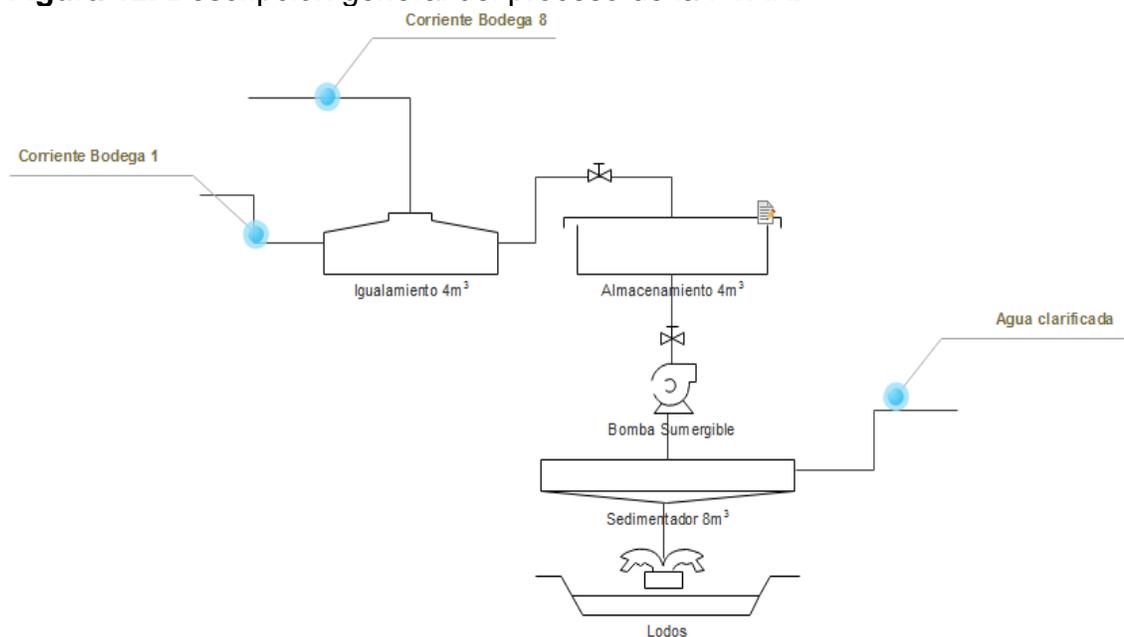


Tabla 14. Valores de caudales promedio de la jornada semanal de las bodegas 8 y 1.

Día	Caudal promedio (m ³ /día)	Caudal promedio (m ³ /h)
Lunes	5,434	0,679
Martes	5,304	0,663
Miércoles	5,746	0,718
Jueves	8,696	1,087
Viernes	6,313	0,789

Para la bodega 1 se tiene en cuenta los valores medidos el día 30 de octubre de 2017 porque, al momento de realizar la medición de caudales en la empresa, la bodega 1 se encontraba inhabilitada debido a mantenimiento.

Sin embargo, para el diseño de los tanques, hay que tener una proyección de 5 años con el propósito de que la planta tenga la capacidad para adaptarse al momento en que aumente la producción. Según la empresa, la producción ha incrementado progresivamente un 4%⁶⁶ durante los últimos años. Por lo tanto, en la siguiente tabla, se muestran los valores de los caudales con el 20% correspondiente a los 5 años siguientes.

Tabla 15. Valores de caudales promedio de la jornada semanal de las bodegas 8 y 1 aumentado un 20%.

Día	Caudal promedio (m ³ /día)	Caudal promedio (m ³ /h)
Lunes	6,521	0,815
Martes	6,365	0,796
Miércoles	6,895	0,862
Jueves	10,435	1,304
Viernes	7,576	0,947

A partir de los valores obtenidos de caudales, se puede deducir que el caudal pico de entrada es el del día jueves, puesto que el valor promedio es de 10,435 m³/día. Teniendo el valor del caudal promedio, se procede a hacer el diseño de los equipos necesarios para el tratamiento seleccionado.

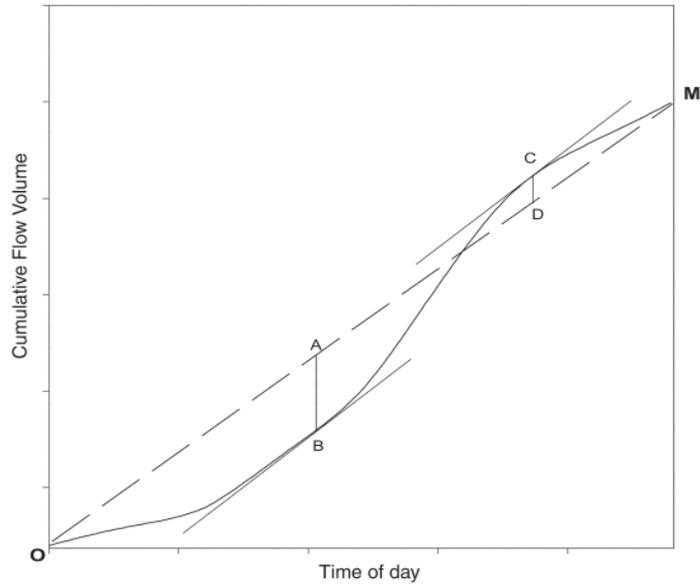
5.2 TANQUE DE IGUALAMIENTO

El tanque de igualamiento tiene como función dentro de la empresa unir las corrientes provenientes de diferentes procesos, cuyos caudales son diferentes, y luego, tenerlas retenidas por un tiempo determinado con agitación, con el fin que pueda homogeneizarse la mezcla y posteriormente sacar un caudal constante.

⁶⁶ ENTREVISTA con BARRANTES, Oscar y LEÓN, María Fernanda. Empleados de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. Op. Cit.

Para el diseño del tanque de igualamiento se tiene el método de Goel para calcular el volumen ideal. Según este método⁶⁷, consiste en el diseño de una gráfica (figura 14) del tiempo en horas vs el flujo afluente acumulado en m³.

Figura 14. Diagrama para determinación de volumen del tanque de igualamiento.



Fuente: Ramesh K. Goel, Flow Equalization and Neutralization.

La línea AB representa el volumen del tanque totalmente vacío, y la línea CD representa el tanque lleno. Para sacar el cálculo del volumen total del tanque hay que sumar el valor de AB con el de CD.

Ecuación 8. Cálculo del volumen total del tanque de igualamiento.⁶⁸

$$\text{Volúmen total} = \overline{AB} + \overline{CD}$$

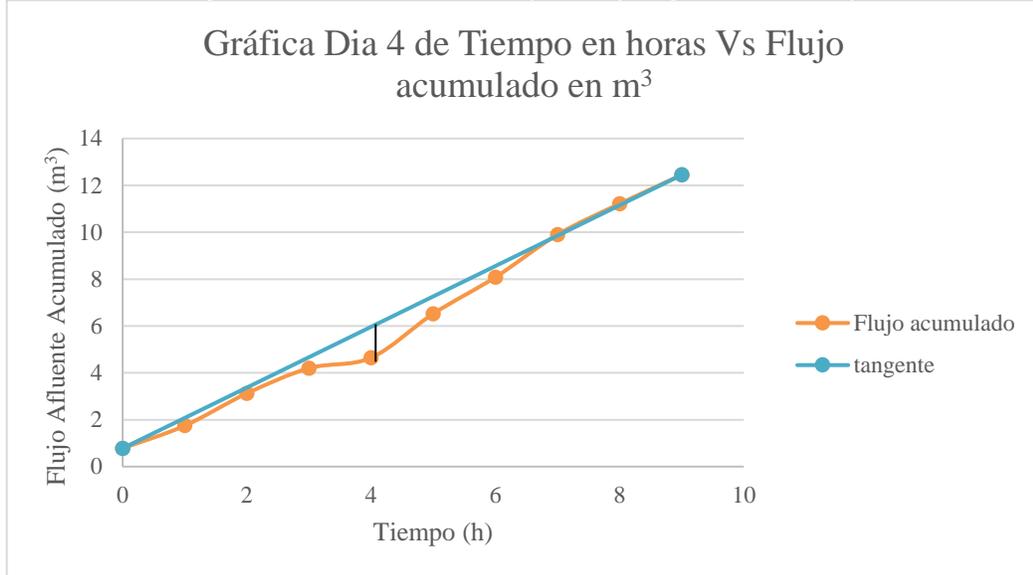
Fuente: RAMESH K, Goel. et al. Flow Equalization and Neutralization. p. 24.

La siguiente gráfica muestra el resultado de los caudales del día jueves, donde hay mayor caudal de producción:

⁶⁷ RAMESH K, Goel. et al. Flow Equalization and Neutralization. p. 24.

⁶⁸ *Ibíd.* p. 24.

Gráfica 7. Flujo acumulado de la empresa por jornada de operación.



Los datos se tomaron durante la jornada de operación, desde las 7 de la mañana, hasta las 5 de la tarde. El valor obtenido de la distancia de la tangente hacia la curva fue de 1,32 m³. El valor del tanque lleno (CD) está tan cerca de la tangente, que se puede tomar como el volumen total igual al volumen vacío. Por lo tanto, el volumen ideal para el tanque de igualación es de 1,32 m³. Esto, teniendo en cuenta que es para un proceso netamente continuo.

Al ser un volumen ideal para procesos continuos significa que los costos para mantenimiento y de energía son elevados, a comparación de un tratamiento discontinuo. Además, para los flujos que tiene la empresa, sería ineficiente el proceso continuo. El caudal proveniente de la empresa, se adapta al tratamiento discontinuo y facilita la disminución de costos energéticos y mantenimiento.

Para tener un tratamiento discontinuo en el sedimentador, se debe hacer almacenamiento del flujo. Por lo tanto, el volumen obtenido mediante el primer método, funciona para un tratamiento que sea continuo, por lo que no funcionaría para el procedimiento que se desea recomendar.

En conclusión, el volumen del tanque de igualación, para un proceso discontinuo, que se tendrá de inicio, de acuerdo con el área disponible, los caudales y los tiempos de retención a sugerir es de 4m³ que equivale al fujo acumulado de producción de media jornada.

5.2.1 Dimensionamiento del tanque. Al ser un volumen de 4m³, la empresa COLEMPAQUES conserva diseños establecidos para tanques, entre ellos hay uno que se caracteriza por ser un tanque de baja altura con las siguientes dimensiones:

Cuadro 19. Dimensiones del tanque de igualación.

Forma	Letra	Medida (en cm)
 <p>Capacidad: 4m³</p>	A	220
	B	243
	C	252
	D	102
	E	130

Fuente: Catalogo de Tanques. COLEMPAQUES S.A.S.

5.2.2 Tiempo de retención. Los tiempos de retención para el tanque de igualamiento dependen del tratamiento llevado a cabo en el sedimentador. De acuerdo a los datos experimentales obtenidos para el tratamiento con cloruro férrico, los tiempos empleados para la remoción de la materia orgánica resultan ser de 15 minutos. Al llevar a cabo un tratamiento discontinuo debe haber almacenamiento suficiente dentro del tanque igualador y almacenador, para verterlo después en el sedimentador y proceder a tratar el agua, retenerla y finalmente llevarla al vertimiento.

Para un volumen de 4 m³, el tiempo de retención se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 9. Cálculo tiempo de retención.

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}}$$

El tiempo de retención obtenido fue 3,08 horas. Para llegar al valor de 3 horas como tiempo de retención, el volumen de flujo acumulado en el tanque es de 3,888 m³, lo que representa aproximadamente un 97% de tanque almacenado. El tiempo de retención, por lo tanto, es de 3 horas.

5.2.3 Área superficial. Según las dimensiones del tanque, el radio se toma como el fondo del tanque, cuyo valor es la letra "A", por lo tanto, "A" = r.

Ecuación 10.
Cálculo área superficial.

$$A_s = \pi r^2$$

El área superficial de igualación es de 3,8 m². La velocidad de entrada se puede calcular con la siguiente relación:

Ecuación 11. Cálculo velocidad de entrada.

$$v_e = \frac{\text{Caudal}}{\text{Área Superficial}}$$

$$v_e = \frac{3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3,8 \text{ m}^2}$$

$$v_e = 9,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

La velocidad de entrada al tanque de igualamiento es igual a 9,5x10⁻⁵m/s. A esa velocidad por un periodo de tres horas se logrará llenar en su totalidad, por lo que es necesario prevenir en caso de rebose. Para ello, continuará el tratamiento con un tanque de almacenamiento, que se encarga de retener el efluente para permitir el proceso por lotes, y continuar al sedimentador.

A continuación, se muestran las variables de operación para el igualamiento:

Cuadro 20. Variables de operación del tanque de igualamiento.

Área superficial	3,80 m ²
Velocidad de entrada	9,5x10 ⁻⁵ m/s
Caudal	3,6x10 ⁻⁴ m ³ /s
Volumen	4 m ³
Tiempo de retención	3 horas
Temperatura máxima	30-35°C

5.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento posee de las mismas características del tanque de igualamiento del **cuadro 19** y **cuadro 20**, con una única función de lograr, por un periodo de retención, almacenar el agua para su respectivo tratamiento.

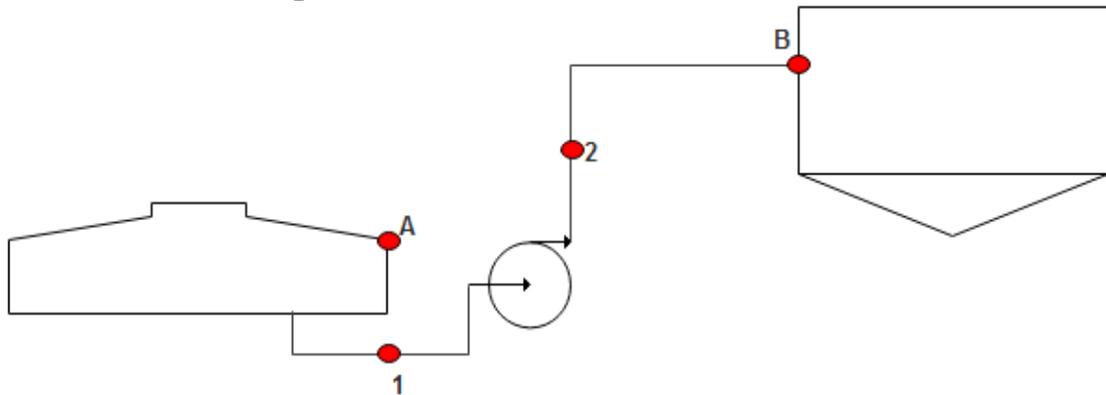
5.4 SEDIMENTADOR

Para el diseño del sedimentador, se considera el tratamiento de coagulación y floculación dentro del mismo, así, este tanque es considerado de sedimentación

química. Según Romero⁶⁹, la sedimentación de aguas residuales coaguladas es una operación semejante a la sedimentación primaria, por lo tanto, los parámetros de diseño son los mismos. La forma del equipo es cónica, con el fin de retener y acumular los lodos, y poder transportarlos a un tanque de almacenamiento, para su respectivo tratamiento y disposición.

5.4.1 Bomba sumergible. Para adecuar los tiempos de retención del sedimentador, se debe cambiar el caudal y la velocidad de salida del tanque de almacenamiento, por lo que es necesario añadir una bomba, con el fin de regular el caudal que se va a suministrar en el sedimentador. Para ello se muestra el siguiente esquema, el cual ilustra la bomba justo a la salida del tanque de almacenamiento y a la entrada del sedimentador, como se observa en la siguiente figura:

Figura 15. Esquema del tanque de almacenamiento al sedimentador a través de la bomba centrífuga.



El punto A representa la entrada del efluente en el tanque de almacenamiento, el punto 1 corresponde a la salida de la corriente del tanque a la bomba, el punto 2 es la salida de la bomba, y el punto B es la entrada del afluente al tanque sedimentador.

Para obtener las variables de operación de la bomba, es necesario tener en cuenta los principios de mecánica de fluidos. Para ello se tiene la ecuación del Teorema de Bernoulli:

Ecuación 12. Teorema de Bernoulli.

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2g} + H_{util} = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g} + H_{2-1}$$

⁶⁹ ROMERO, R., Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Op. Cit., p. 647.

Donde:

- $P_A - P_B$: Presión manométrica del tanque.
- γ : Peso específico del agua.
- $Z_A - Z_B$: Altura del agua presente en los tanques
- $V_A - V_B$: Velocidad de dos puntos.
- g : Gravedad.
- H_{2-1} : Pérdida de Carga entre la salida y entrada de la conducción.
- $H_{\text{útil}}$: Altura útil que requiere la bomba.

H_{1-B} se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 13. Cálculo pérdida de carga en la bomba.

$$H_{1-B} = K \frac{V_1^2}{2g} + K \frac{V_B^2}{2g}$$

Donde el valor K es una constante de pérdidas de carga puntuales que se determina a partir de la siguiente ecuación

Ecuación 14.
Cálculo de la constante de pérdidas de carga.

$$K = f * (L_e/D)$$

Donde:

- f : es el factor de fricción de Darcy-Weisbach
- L_e : es la longitud equivalente.
- D : es el diámetro de la tubería.

Sin embargo, para salidas y entradas a tubería se supone este valor a 1.

El factor de fricción se puede calcular con la ecuación de Swamee-Jain que funciona para flujo en tubería circular:

Ecuación 15. Cálculo factor de fricción (Swamee-Jain).

$$f = \frac{0,25}{[\text{Log}_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right)]^2}$$

Donde:

- ε : Rugosidad del material de la tubería en metros
- D: Diámetro en metros
- Re: Número de Reynolds

Para calcular la velocidad del punto 1 se tiene el Teorema de Torricelli:

Ecuación 16. Cálculo velocidad (Teorema de Torricelli).

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P - P_o)}{\rho} + 2gh}$$

Donde:

- P_o : Presión inicial del aire sobre el agua dentro del tanque.
- P: Presión final del aire sobre el agua dentro del tanque.
- ρ : Densidad del agua.
- g: Gravedad.
- h: Altura del agua dentro del tanque.

En este caso, se considera que la presión del aire ejercida en el agua dentro del tanque es constante, por tanto, $P=P_o$. De acuerdo al cuadro 21, las velocidades se tienen valores fijos para líquidos poco viscosos, líquidos viscosos, vapor de agua, aire o gas.

Cuadro 21. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Fuente. Diseño del sistema de Tuberías y Cálculo de las Bombas. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Granada.

De acuerdo al cuadro anterior, para la entrada y salida de la bomba se establece el promedio de las velocidades para líquidos poco viscosos, lo que indica que la velocidad de entrada y de salida es de 0,6 m/s y 2,1 m/s respectivamente.

Mott⁷⁰, proporciona una guía general para especificar el tamaño de las tuberías, como función del flujo volumétrico para sistemas comunes de distribución de fluidos por medio de bombas. A continuación, se muestran las relaciones correspondientes:

Tabla 16. Tamaño de tubería según el flujo volumétrico.

Flujo volumétrico (m ³ /h)	Línea de succión Tamaño tubería (pulg)	Línea de descarga Tamaño tubería (pulg)
2,3	1	¾
22,7	2 ^{1/2}	2
114	5	3 ^{1/2}
454	8	6

Fuente: MOTT, Roberth. Mecánica de fluidos.2006. p. 162.

Para el flujo que se maneja en la empresa (1,296 m³/h), y de acuerdo a la tabla 16, para la línea de succión el tamaño de tubería sería de 0,8 pulg, por lo tanto, para obtener el valor comercial, se aproxima a 1 pulg, así que, en la línea de descarga se toma el valor de ¾ pulg.

Teniendo los valores del diámetro nominal, para una tubería habitual de acero soldado, cédula calibre 40, los diámetros internos para la tubería de 1 pulg y ¾ pulg, son 0,026 m y 0,0209 m, respectivamente. Ahora bien, se puede hallar el número de Reynolds para la salida **(1)** y entrada **(2)** de la tubería, el factor de fricción y la relación adimensional Le/D, que se muestra a continuación:

Tabla 17. Propiedades para línea de succión y línea de descarga.

Propiedad	Línea de Succión (1)	Línea de descarga (2)
Número de Reynolds	16280,83	45805,50
Factor de fricción	0,032	0,029
Relación adimensional (Le/D)	30	35

Para la relación adimensional (Le/D), se puede decir que el diámetro debe tener una relación con la longitud de 30 y 35 respectivamente. Si el diámetro equivale 1 pulgada, la longitud de entrada debe ser de 30 pulgadas y si el diámetro es ¾ de pulgada, la longitud de salida debe ser de 26,25 pulgadas. Con estos valores de Le/D, el valor de K es igual a 1.

De acuerdo a lo anterior, se puede calcular la pérdida de energía total **(Ecuación 12)**, que recopila la pérdida de entrada y de salida de la bomba:

⁷⁰ MOTT, Roberth. Mecánica de Fluidos. Flujo de fluidos y la ecuación de Bernoulli. Sexta Ed. Ohio. 2006. p. 162.

$$H_{1-B} = (1) * \frac{(0,6m/s)^2}{2 * 9,8m/s^2} + (1) \frac{(2,1m/s)^2}{2 * 9,8m/s^2}$$

$$H_{1-B} = 0,243 m$$

Teniendo el valor del H_{1-B} se puede calcular el valor del $H_{\text{útil}}$, usando el valor de V_A (velocidad del punto A del tanque) de $9,5 \times 10^{-5} m/s$ mediante la ecuación de Bernoulli:

Ecuación 17. Cálculo altura útil de la bomba.

$$H_{\text{útil}} = (Z_B - Z_A) + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + H_{1-B}$$

$$H_{\text{útil}} = (2,8m) + \frac{(2,1 m/s)^2 - (9,5 \times 10^{-5} m/s)^2}{2 * \frac{9,8m}{s^2}} + 0,243 m$$

$$H_{\text{útil}} = 3,27m$$

La potencia requerida para la bomba se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 18. Cálculo potencia requerida de la bomba.

$$Potencia\ requerida = Q * \rho * g * H_{\text{útil}}$$

$$Potencia\ requerida = 7,2 \times 10^{-4} m^3/s * 1100 kg/m^3 * 9,8 m/s^2 * 3,27m$$

$$Potencia\ requerida = 25,37 W$$

Para mantener la velocidad de salida en 2,1 m/s, la potencia requerida de la bomba es 25,37 W, lo que permite alcanzar la altura fijada del sedimentador, cuya entrada está a 3,8 m.

De acuerdo con los cálculos anteriores, se sugiere la adquisición de una bomba sumergible VXM 8/35- GM (Pedrollo), la cual cumple con las condiciones de operación que el tratamiento requiere.

Cuadro 22. Variables de operación de la bomba sumergible VXM 8/35-GM VORTEX.

Modelo	Monofásica
Velocidad de salida	2,1m/s
Altura útil	Hasta 8 mca
Potencia Requerida	Hasta 0,23 kW
Caudal	Hasta 15 m ³ /h

Cuadro 22. (Continuación).

Modelo	Monofásica
Material	Metal/Plástico
Detector de nivel	Sensor de profundidad
Temperatura Máxima de Fluido	50°C

Sin embargo, según Moreno⁷¹, hay ciertas maneras para optimizar los costos de energía de la bomba al momento de realizar el trasiego de un tanque a otro. El reemplazo de una tubería, por una de mayor diámetro, representa una reducción de la potencia requerida, lo cual se traduce en la utilización de un motor más pequeño y económico. De igual forma, el aumento en el diámetro de las tuberías de succión, reduce el riesgo de falla por cavitación de la bomba, debido a que, con un mayor diámetro de tubería las pérdidas por fricción son menores y, por consiguiente, la presión disponible a la succión del equipo (NPSH) es mayor. Al ser una bomba sumergida dentro de un tanque de trasiego, el volumen a operar es de 2m³. Las dimensiones del tanque de trasiego son:

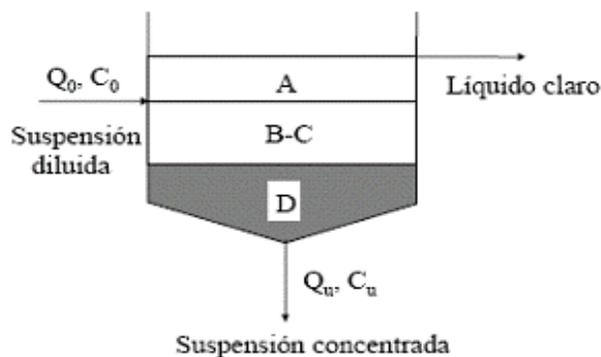
Cuadro 23. Dimensiones del tanque de trasiego (en metros).

Largo	1
ancho	1
alto	2

El tanque trasiego permitirá almacenar el volumen proveniente del tanque de almacenamiento y posteriormente bombearlo hacia el sedimentador.

5.4.2 Dimensionamiento del sedimentador. La distribución de los procesos que se llevan a cabo dentro del sedimentador son los siguientes:

Figura 16. Esquema general del proceso de sedimentación.



Fuente: Sedimentación. Procesos Bio.

⁷¹ MORENO, Neftaly. Optimización de sistema de bombeo / trasiego. Universidad interamericana de Panamá. 2003. p. 2.

La zona A representa la parte clarificada del agua tratada, en la zona BC es el lugar donde se lleva a cabo el proceso de sedimentación, y la zona D es donde se da el espesamiento de lodos. El dimensionamiento del sedimentador se divide en dos partes: El tanque y la sección cónica.

- **Tanque sedimentador (Zona A y BC).** Según Romero⁷², la altura de un sedimentador está entre 2 y 4 metros, y teniendo en cuenta la altura de la bodega, el alto del sedimentador será de 2 m. Estimando un volumen de 6 m³ y despejando de la ecuación de volumen, se puede determinar el diámetro:

Ecuación 19. Cálculo diámetro sedimentador.

$$Volumen = \pi r^2 * h$$

$$r = 0,98m = D = 1,95m$$

Teniendo el diámetro y radio presente, se puede hallar el área superficial del equipo (**Ecuación 9**), obteniendo como resultado 3,02 m².

- **Sección Cónica (Zona D).** En la sección para espesar los flóculos y llevarlos a la disposición de lodos, se tiene en cuenta el volumen ocupado por estos en el tratamiento experimental, cuyo valor fue de 160 ml, es decir, el 32% del volumen total (500 ml). De esta forma, el volumen para esta sección es de 1,92 m³. Teniendo el volumen, y conociendo el radio, se obtiene la altura de la siguiente manera:

Ecuación 20. Altura de la zona cónica del sedimentador.

$$Volumen = \frac{1}{3} * \pi r^2 * h$$

$$h = 1,9 m$$

Por lo tanto, el volumen total del sedimentador es de 7,92m³ \cong 8m³.

5.4.3 Tiempo de llenado. Para el tiempo de llenado, por parámetros de seguridad se tendrá un factor del 20% volumen total, es decir 6,34 m³ máximo de llenado. Se tendrá en cuenta el caudal y el área transversal proveniente de la salida de la bomba hacia el sedimentador, con el fin de calcular el tiempo de llenado del sedimentador a partir de la potencia brindada por la bomba.

⁷² ROMERO, R., Jairo Alberto. Op. Cit., p. 635.

Ecuación 21. Cálculo área transversal del tubo.

$$\boxed{\text{Área transversal del tubo} = \pi * r^2}$$

$$A_{tubo} = 3,43 \times 10^{-4} m^2$$

A partir del área transversal y la velocidad se puede determinar el caudal:

Ecuación 22. Cálculo caudal entrada del sedimentador.

$$\boxed{\text{Caudal de entrada al sedimentador} = \text{Área} * \text{Velocidad}}$$

$$Q_{es} = 7,2 \times 10^{-4} m^3/s$$

Teniendo el caudal y el volumen del sedimentador, se puede calcular el tiempo de llenado, con la **Ecuación 8**; además, se tiene en cuenta un factor de seguridad del tanque de sedimentación de un 20%. El tiempo para llenar el tanque es de 2,45 horas.

5.4.4 Variables de operación del sedimentador. Para que el sedimentador cumpla con la función de coagular y flocular, necesita dar a conocer las variables a la cuales debe operar: dosificación coagulante y floculante, temperatura, pH inicial del agua, tiempo de mezcla y velocidad de sedimentación. Estas variables se establecerán y se adaptarán teniendo como base los datos y resultados en el desarrollo experimental.

- **Dosificación coagulante:** De acuerdo a los datos experimentales obtenidos en laboratorio, para una concentración de 10000 ppm de cloruro férrico se añadió a 500 ml de muestra. Por lo tanto, para realizar la proporción a 6,34 m³ del sedimentador se aplica la **Ecuación 3**. Con el valor de dosificación de 566,04 ppm obtenido del **cuadro 14**.

Ecuación 23. Cálculo volumen de coagulante para el proceso.

$$\boxed{\text{Volumen Coagulante} = \frac{566,04 \text{ ppm} \times 6,34 m^3}{10000 \text{ ppm}}}$$

$$\text{Volumen coagulante} = 359 L$$

Se requieren de 359 litros de cloruro férrico al 1% para concentrar la muestra a 566,04 ppm en 6,34 m³, por lo que resulta ser un valor muy elevado de aplicación por tratamiento, por esta razón se puede aumentar la concentración de cloruro férrico al 20% (200000 ppm) para añadir únicamente 17,94 litros por tratamiento. Esta cantidad permite que la muestra al dosificarse tenga una concentración final de 566,04ppm.

Cada día, se realizan de 2 a 3 tratamientos, dependiendo el caudal, por ello, el cloruro férrico se puede almacenar en un tanque de 200L. El tratamiento diario será de 40 a 60 litros por día para un volumen aproximado de 14 m³ diarios del efluente proveniente del proceso por la jornada de operación (10 horas). Por consiguiente, la dosificación se debe realizar desde el momento en que el efluente llena el tanque a un 80%, es decir el 6,34m³ con una agitación constante de 20 rpm.

- **Dosificación floculante:** Con respecto al floculante (poliacrilamida catiónica) con concentración de 0,08 gramos/litro se hace la misma relación que con el coagulante con el fin de encontrar el volumen para que se unan los coágulos dentro del sedimentador.

Ecuación 24. Cálculo volumen de floculante para el proceso.

$$\text{Volumen Floculante} = \frac{7,92 \text{ ppm} \times 6,34 \text{ m}^3}{800 \text{ ppm}}$$

$$\text{Volumen floculante} = 62,8 \text{ L de floculante}$$

Se requieren de 62,8 litros de poliacrilamida catiónica al 0,08g/L para concentrar la muestra a 7,92 ppm en 6,34 m³, por lo que resulta ser un valor muy elevado de aplicación por tratamiento, por esta razón se puede aumentar la concentración del floculante a 0,16g/L para añadir únicamente 31,4 litros por tratamiento. Esta cantidad permite que la muestra al dosificarse tenga una concentración final de 7,92 ppm.

Cada día, se realizan de 2 a 3 tratamientos, dependiendo el caudal, por ello, la poliacrilamida catiónica se puede almacenar en un tanque de 200 L. El tratamiento diario será de 63 a 96 litros por día para un volumen aproximado de 14 m³ diarios del efluente proveniente del proceso por la jornada de operación (10 horas).

Las demás variables de operación del sedimentador se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 24. Variables de operación del sedimentador.

Temperatura	18 - 22 °C
pH inicial	4 – 5,5
Dosificación coagulante (20%)	17,94 litros
Dosificación Floculante (0,16 g/L)	31,4 litros
Tiempo tratamiento	1,5 horas
Velocidad de agitación	20 rpm

5.5 DISPOSICIÓN DE LODOS

Los sedimentadores disponen de materia orgánica que es separada mediante el tratamiento con cloruro férrico, esa carga orgánica se espesa dentro del sedimentador, y hasta que llegue a un nivel de sedimentos dentro de la sección cónica, se procede a retirar manualmente los lodos por la tubería de desagüe cuando el agua clarificada se remueva del tanque en su totalidad. La disposición de estos se llevará a cabo mediante un operario de limpieza que se encargará de hacer la remoción y posterior disposición de los residuos sólidos.

Cuadro 25. Porcentaje de humedad y densidad relativa (en g/ml) de los lodos en los procesos de tratamiento.

Proceso	% humedad del lodo		Densidad relativa	
	Intervalo	Típico	Sólidos	Lodo
Sedimentación primaria	88 - 96	95	1,4	1,02
Filtro percolador	91 - 95	93	1,5	1,025
Precipitación química	–	93	1,7	1,03
Lodos activados	90 - 93	92	1,3	1,005
Tanques sépticos	–	93	1,7	1,03
Tanques Imhoff	90 - 95	90	1,6	1,04
Aireación prolongada	88 - 92	90	1,3	1,015
Lodo primario digerido anaerobiamente	90 - 95	93	1,4	1,02
Laguna aireada	88 - 92	90	1,3	1,01
Lodo primario digerido aerobiamente	93 - 97	96	1,4	1,012

Fuente. Romero Rojas, Jairo. Purificación del agua. Segunda Ed. 2006. Pág. 315.

El porcentaje de humedad, de acuerdo al cuadro 25, será de 93%. Teniendo en cuenta los siguientes cálculos, se obtiene el peso de lodo seco de hierro⁷³.

Ecuación 25. Cálculo peso de lodo seco de hierro.

$$W = (S + 0,7D) * Q \times 10^{-3}$$

Dónde:

- 6 W= Kg de lodo seco de hierro
- 7 S= Turbiedad del agua cruda en NTU
- 8 D=Dosis de cloruro férrico en mg/L
- 9 Q=Metros cúbicos de agua tratada

$$W = (1482 \text{ NTU} + 0,7 * (10000 \text{ mg/L})) * 14 \text{ m}^3/\text{d} \times 10^{-3}$$

⁷³ ROMERO, R., Jairo Alberto. Purificación del agua. Segunda Ed. 2006., p. 315.

$$W = 118,74 \text{ Kg}$$

Según Romero el porcentaje de sólidos de lodos de sales de hierro son similares a los de aluminio, cuyo valor típico es de 2%.

$$\text{Masa diaria de lodo} = \frac{118,74 \text{ Kg}}{0,02} = 5937 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

La densidad del lodo se puede obtener a partir de la densidad relativa (1020 kg/m³), y la densidad del agua, cuyo resultado resulta ser el mismo que el de la densidad relativa. Teniendo masa del lodo y densidad se puede obtener el volumen diario de lodo.

Ecuación 26. Cálculo de volumen diario de lodo.

$$\text{Volumen diario de lodo} = \frac{\text{masa diaria de lodo}}{\text{Densidad del lodo humedo}}$$

$$\text{Volumen diario de lodo} = \frac{5937 \text{ kg/día}}{1020 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen diario de lodo} = 5,82 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Ecuación 27. Cálculo porcentaje diario de lodo.

$$\% \text{Diario de lodo} = \frac{\text{Volumen de lodo} * 100}{Q}$$

$$\% \text{Diario de lodo} = \frac{5,82 \text{ m}^3/\text{día} * 100}{14 \text{ m}^3/\text{d}} = 41,57\%$$

Se evidencia que para este proceso se tienen valores altos de lodos al día, por ello, para tener una mejor retención de estos, se puede dar uso de un filtro prensa. Este equipo presenta varias ventajas para espacios reducidos, un mejor lavado, y alta efectividad, por aplicación de presión elevada, teniendo un proceso de deshidratación de los lodos.

6. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

En este capítulo se realiza un análisis en términos financieros, en donde, a partir de la alternativa escogida, se tendrán en cuenta los costos de inversión (CAPEX) y costos operacionales (OPEX).

6.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Para el sistema de tratamiento se tendrá en cuenta los equipos a invertir, asimismo la materia prima empleada para el tratamiento. Se pueden observar las cotizaciones en el **Anexo J**.

6.1.1 Equipos. Realizadas las especificaciones técnicas de la alternativa propuesta, se establecen las características generales, cantidades, empresa proveedora, costo total en la siguiente tabla:

Tabla 18. Costo de los equipos.

Equipo	Características	Cantidad	Empresa Proveedora	Costo estimado/ unidad (COP)	COSTO TOTAL (COP)
Tanque Igualador	4000 L	1	Colempaques	1'648.128	1'648.128
Tanque Almacenador	4000 L	1	Colempaques	1'648.128	1'648.128
Tanque Sedimentador	8000 L	1	Cerfibras S.A.S.	9'779.500	9'779.500
Agitador	un caballo con espigo		Cerfibras S.A.S.	4'043.701	4'043.701
Bomba Sumergible	0,23kW	1	Sodimac	306.990	306.990
Tubería, diámetro de ¾'	Metro lineal calibre 46	6	TUVALREP	7.400	44.400
Tubería, diámetro de 1'	Metro lineal calibre 46	6	TUVALREP	11.700	70.200
Válvula	Compuerta	3	TUVALREP	70.400	211.200
COSTO TOTAL					17'752.247

6.2 COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación para la propuesta corresponden con la materia prima empleada dentro del tratamiento, así como los gastos correspondientes a los servicios y a la mano de obra y ahorros.

6.2.1 Materia prima. Los costos de materia prima para el tratamiento requerido dentro de la empresa están mencionados en la tabla 19. Para la cantidad de

materia prima se tiene en cuenta que la dosificación de coagulante para el tratamiento del efluente es de 200000 ppm.

Estos se pueden reducir regulando la dosificación al valor original (10000 ppm), pero abarcaría un elevado uso de agua para el tratamiento (aproximadamente 760 litros diarios), lo que limita el volumen disponible del sedimentador, puesto que sería necesario disminuir el volumen del agua a tratar para que pueda llenarse junto a la dosificación de coagulante y floculante.

Con respecto al coagulante, para una dosificación de 200000 ppm, se debe tener presente que la concentración final es de 566,04 mg/L según los resultados experimentales, por lo tanto, la cantidad de materia que se requiere para dicha concentración, en un volumen de 6,34m³ se tiene:

$$20\% FeCl_3 = 200000 \frac{mg}{L} = \frac{200g}{L} = \frac{0,2Kg}{L}$$

Si 0,2 Kg se requieren para 1 L, para 19 L, se requiere 3,8 Kg. Al ser dos tratamientos por día, la cantidad requerida son 7,6 Kg, es decir 2800 Kg anuales. Con respecto al floculante, para una dosificación de 0,16 mg/L, se debe tener presente que la concentración final es de 7,92 mg/L según los resultados experimentales, por lo tanto, la cantidad de materia que se requiere para dicha concentración, en un volumen de 6,34m³ se tiene:

$$160 \frac{mg}{L} = \frac{0,16g}{L} = \frac{1,6 \times 10^{-4}Kg}{L}$$

Si 1,6x10⁻⁴Kg se requieren para 1 L, para 32 L, se requiere 5,12x10⁻³ Kg. Al ser dos tratamientos por día, la cantidad requerida son 1,024x10⁻² Kg, es decir 4 Kg anuales.

Tabla 19. Costo del coagulante y floculante para tratamiento anual.

Materia	Características	Cantidad	Empresa Proveedora	Costo estimado/ unidad	COSTO TOTAL (COP)
Cloruro Férrico	Coagulante	2800 kilogramos	Cerfibras S.A.S.	4398,24	12'325.072
Poliacrilamida catiónica	Floculante	5 kilogramos	Cerfibras S.A.S.	23.320	116.600
COSTO TOTAL					12'441.672

6.2.2 Servicios. El costo de servicios está relacionado con la energía requerida para el tratamiento y el agua necesaria para las soluciones de coagulantes y floculantes. El costo de agua se puede determinar mediante las tarifas del acueducto precisadas para diciembre de 2017 para industrias. Para la electricidad

se tendrá en cuenta las tarifas brindadas por la Comisión y Regulación de Gas y Energía (CREG) para Codensa, empresa encargada en la ciudad de Bogotá D.C.

Tabla 20. Costos de servicio para el tratamiento propuesto.

Servicio	Ocupación	COP/ Unidad	Cantidad Anual / Unidad	Gasto Anual (COP)
Agua	Limpieza y preparación	3173,5 / m ³	600 m ³	317.350
Electricidad	Bomba	440,87 / kWh	250 kW	110.218
	Filtro prensa		200 kW	88.174
Total				537.785

Estos gastos hacen parte del tratamiento tanto para la preparación de coagulantes y floculantes, como para la limpieza de los equipos que debe realizarse semanalmente; al igual que el gasto energético que tiene la bomba, haciendo su uso por dos horas al día aproximadamente, y el consumo del filtro prensa.

6.2.3 Mano de obra. Para el procedimiento que se lleva a cabo en la PTAR, se debe contar mínimo con dos operarios principales. El primer operario debe estar encargado custodiar el respectivo funcionamiento de la planta, y el segundo, velar por el pertinente mantenimiento. El salario para los operarios, de acuerdo con la empresa productos EL TOMATICO S.A.S. es de \$904.000 COP para cada uno de los operarios, lo que da un total de \$21'696.000 COP anual para cada uno.

6.3 AHORRO CARACTERIZACIÓN

La unión de las salidas de las bodegas proyecta un ahorro significativo para la empresa en términos de caracterización, debido a que actualmente la empresa, con el fin de cumplir el decreto 3930 de 2010, debe invertir un valor de 10'124.520 pesos (con la empresa Analquim LTDA). Por lo tanto, con esta propuesta, este valor se reduce a sólo 3'374.840 pesos, teniendo un ahorro del 66,7%.

6.4 SANCIONES

Se debe tener en cuenta que al no cumplir con los límites permisibles exigentes en la resolución 0631 de 2015, según la Ley 1333 de 2009, la empresa que cometa la infracción, tendrá que acatar las sanciones expuestas por esta norma, que, dependiendo de la gravedad de esta infracción, las sanciones aplicadas a la empresa pueden ser⁷⁴:

- Multas diarias hasta por cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Cierre temporal o definitivo del establecimiento, edificación o servicio.

⁷⁴ CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333 de 21 de junio de 2009. Op. cit. Art 40. p.15.

- Revocatoria o caducidad de licencia ambiental, autorización, concesión, permiso o registro.

Teniendo presente lo anterior, con el salario mínimo legal vigente del año 2018 (781.242 COP), se podría llegar a pagar una multa de 3 mil a 4 mil millones de pesos, material que podría atribuir al cierre de la empresa. Por este motivo, es importante a futuro llevar a cabo el proceso de implementar una nueva PTAR, y poder así evitar dichos inconvenientes.

7. CONCLUSIONES

- En el diagnóstico realizado de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S., se presenta el proceso de producción, los equipos usados, y los productos a comercializar. También, se enseña el balance hídrico, teniendo en cuenta la proporción para la producción y la limpieza. Además, se muestra el proceso que se lleva a cabo para tratar el agua residual, donde se analizan dos caracterizaciones anuales (2016 y 2017), evidenciando que los parámetros evaluados: DBO₅, DQO y, aceites y grasas, comparados con la normatividad, se alejan de los límites permisibles; el aumento de las concentraciones, está ligado al aumento de la producción. Teniendo en cuenta este diagnóstico, se da la opción de realizar un nuevo tratamiento para el agua residual.
- Se plantean, se comparan y se evalúan las tres alternativas de diseño que pueden adaptarse al propósito del proyecto y al agua de vertimiento de la empresa, donde se enfatiza que el primer cambio importante, es la unificación de las salidas de vertimiento como una medida primordial. A partir de una matriz y unos criterios de selección, como lo son: área, costo, mantenimiento, eficiencia y tiempo, la opción seleccionada está dentro de un marco de tratamiento primario, donde prima el proceso de coagulación y floculación.
- Al realizar el respectivo desarrollo experimental, por medio del test de jarras, se concluye que el coagulante y floculante indicado para el proceso, es el cloruro férrico (FeCl₃) a una dosificación de 10000 ppm, y la poliacrilamida catiónica con una dosificación de 80 ppm. Posteriormente, se realizó la caracterización de los resultados obtenidos, hubo una disminución de los parámetros, teniendo una remoción del 88,64% para DBO₅, 71,32% de DQO, y 95,58% de aceites y grasas. Sin embargo, a pesar de disminuir las concentraciones DBO₅ y DQO, no es suficiente para cumplir con los límites establecidos en la resolución 0631 del 2015. Por otro lado, se cumple satisfactoriamente con el parámetro de aceites y grasas.
- Se definen las dimensiones de cada uno de los equipos involucrados para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, como lo son: tanque de igualamiento, tanque de almacenamiento y sedimentador. Igualmente, se describen las variables de operación para la bomba centrífuga, como la altura útil, la velocidad de succión y descarga, y la potencia; y para el tratamiento de coagulación y floculación, siendo la dosificación de coagulante-floculante, temperatura, tiempo y velocidad de mezcla, y el pH, el cual se lleva a cabo en el mismo sedimentador, constatando que es un proceso por lotes. Y, por último, se aclara el procedimiento para la disposición de lodos, empleando un filtro prensa.

- Se desarrolla un análisis de costos, teniendo en cuenta los costos de inversión de equipos (CAPEX), y los costos de operación (OPEX), tales como: materia prima, energía y mano de obra, de forma anual. Estos valores se resumen en una inversión total de 52'427.704 COP, donde 17'752.247 COP es de equipos, 34'675.457 COP de operación. Igualmente, se puntualiza el ahorro que tiene la empresa al unir las corrientes de salidas de vertimiento, teniendo un costo de 3'374.840 COP, ahorrándose el 66,7%. El tratamiento para llevar a cabo no tendrá una relación beneficio costo, puesto que es considerado un egreso para planta, no obstante, contribuye para la prevención que debe existir para las consecuencias que conllevaría la multa, por el incumplimiento de la resolución.

8. RECOMENDACIONES

- Es indispensable realizar la unión de la corriente doméstica de la bodega 7 a la toma de aguas negras, debido a que esta salida llega hacia un vertimiento, el cual genera valores mínimos de caudal que son descartables para realizar caracterización. Si mantienen esta salida vigente tendrán que emplear gastos relacionados con la caracterización para cumplir con el decreto 3930 de 2010.
- Es recomendable previo a efectuar el tratamiento propuesto, hacer un diseño detallado de una nueva trampa de grasas, con el fin de aumentar los tiempos de retención y aumentar la capacidad de caudal para que exista una remoción más eficiente.
- A pesar que el tratamiento primario genera resultados satisfactorios para la disminución de carga contaminante, no son suficientes para el cumplimiento de la norma, por lo que, para mejorar resultados de caracterización de DQO, DBO₅, y aceites y grasas, y poder observar correctamente la eficiencia del tratamiento experimental, se recomienda efectuar la respectiva cadena de custodia, verificando si los resultados varían. En dado caso, que lo anterior no sea suficiente para obtener una mejor efectividad, se recomienda llevar a cabo un desarrollo experimental para el estudio de un DAF, y comparar resultados. Igualmente se sugiere hacer el análisis de un tratamiento biológico (secundario), puesto que estos tratamientos son empleados en su mayoría para industrias de alimentos y que posean carga contaminante netamente orgánica.
- A pesar de que notablemente los parámetros de DQO y DBO₅ hayan disminuido, aún se mantienen valores altos, por tanto, se recomienda la utilización de coagulantes alternativos al cloruro férrico para realizar caracterización en un laboratorio externo y comparar resultados para asegurar un coagulante más eficiente.
- Con relación al levantamiento de datos de caudal de la empresa, para asegurar resultados más precisos, es pertinente tomar datos del vertimiento de la bodega 1, dado que la estación depuradora de agua de esta última se encontraba inhabilitada.
- Un aspecto importante para el tratamiento primario, justo después del proceso de sedimentación, es la disposición de lodos. Se recomienda hacer un estudio detallado del tratamiento y disposición de los lodos, tomando los respectivos datos experimentales, para realizar las especificaciones técnicas y los principios de diseño.

- Al finalizar el proceso de tratamiento, el pH del agua se encuentra por debajo de límite permitido, por lo tanto, para ajustarlo, a la salida del sedimentador se recomienda el uso de uno de los neutralizantes presentados en el documento, que, para beneficio de la empresa, el citrato de sodio, el cual es el que dispone la industria, se acomoda para esta tarea.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Resolución 3957 de Junio 19 de 2009. Que el Decreto 1594 de 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.", en su artículo 82 determina las normas que deben cumplir todos los vertimientos.

CALLEJA, Marcos, et al. E.D.A.R. Estación Depuradora de Aguas Residuales. España. Disponible en: http://www.lis.edu.es/uploads/967d742f_455b_4bd0_a29f_438968130ea1.pdf

CAPÍTULO III. Descripción de las Estación Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR's). Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5942/05.pdf?sequence=6>.

CHUNG, Wayne y YOUNG, Stephanie. Evaluation of a chemical dissolved air flotation system for the treatment of restaurant dishwasher effluent. En: Canadian Journal of Civil Engineering. Dec 1, vol. 40, no. 12.

COGOLLO FLÓREZ, Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. 2011.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333 de 21 de junio de 2009. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

DIAZ CLAROS, J. Coagulantes floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra para el tratamiento de aguas contaminadas. 2014.

DURMAN. Manual Técnico Trampas para Grasa. Disponible en: http://www.durman.com/descargables/MT_Trampas_para_Grasa.pdf.

EMPRESA DE AGUA, ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ EAB-ESP I Foro Distrital "Buenas Prácticas Para El Uso De Sistema De Alcantarillado Y El Manejo De Aceite Vegetal Usado". (13 Septiembre 2017). 13 Septiembre 2017.

_____. ¡Evita las conexiones erradas!, ayuda a conservar el recurso hídrico de la ciudad. En: Revista Digital EAAB.

ENTREVISTA con BARRANTES, Oscar y LEÓN, María Fernanda. Empleados de la empresa Productos EL TOMATICO S.A.S. Unión De Corrientes De Vertimiento Para Ahorro En Caracterizaciones. 2017.

_____. Variación de porcentajes de agua en productos. 2017.

Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de agua. TRATAMIENTO CON CARBÓN ACTIVADO. Cap. 9.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo, Bogotá: ICONTEC, 1995, 2 p. (NTC-ISO 5667 -2).

_____. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la preservación y manejo de las muestras. Bogotá: ICONTEC, 2004. 2 p. (NTC – ISO 5667 -3).

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 36p. 2008.

_____. Gestión ambiental. Calidad del agua. Vocabulario. Parte 2. Define términos utilizados en algunos campos de caracterización de la calidad del agua. Bogotá: ICONTEC, 2010, 2 p. (NTC- 3650-2).

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 33p. c.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C.: El instituto, 1998. 23p.

LÓPEZ VERA, Nelson. et al., Sedimentación. Enero 2013. p. 22.

KEPNER, Ch. y TREGOE, B. “El nuevo directivo racional”. McGraw Hill. México. 1988. Citado por: SÁNCHEZ GUERRERO, G. Técnica participativas para la planeación. Fundación ICA. México. ISBN 968-5520 08-9.

LÓPEZ BARROSO, María y MENDOZA ARIAS, Laura. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates Triunfo S.A. Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. 2017.

M. ESPIGARES GRACÍA y J. A. PÉREZ LÓPEZ. Aguas residuales. Composición

MILVAQUES, Alma. Diseño higiénico en la industria alimentaria. Marzo 25. [Consultado el Oct 19, 2017]. Disponible en: <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. DECRETO NO. 3930 de 25 de Octubre de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI –Parte III-Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a su uso del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

_____. Gestión integral de residuos peligrosos. 2007.

_____. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Toma de muestras de aguas residuales. 2007.

_____. Resolución 0631. Marzo 17. 2015. Por 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.

_____. RESOLUCIÓN NO. 330 de 08 de junio de 2017. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en ejercicio de sus atribuciones legales y, en particular, las contenidas en el artículo 59, numeral 3 de la Ley 489 de 1998 y el artículo 2°, numeral 13 del Decreto número 3571 de 2011.

MORENO, Neftaly. Optimización de sistema de bombeo / trasiego. Universidad interamericana de Panamá. 2003.

MOTT, Roberth. Mecánica de Fluidos. Flujo de fluidos y la ecuación de Bernoulli. Sexta Ed. Ohio. 2006.

MUESTREO. Definición. 2004.

NAVAL GÍAS. Luis. Revisión bibliográfica. En: Revista Española De Cirugía Oral Y Maxilofacial. Nov. vol. 32, no. 4.

PICAZO, J. Aguas residuales en las industrias agroalimentarias: caracterización y sistemas de tratamiento y depuración. 1995. ISSN 1130-2534. RACVAO.

RAMALHO, Rubens Sette, et al. Tratamiento De Aguas Residuales. Barcelona: Editorial Reverté, 1996.

RAMESH K, Goel. et al. Flow Equalization and Neutralization.

ROMERO, R., Jairo Alberto. Calidad del agua. Tercera Ed. 2008.

_____. Purificación del agua. Segunda Ed. 2006.

_____. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Tercera Ed. 2008.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Subdirección de recurso hídrico y de suelo. Instructivo Para La Prevención De Conexiones Erradas. Bogotá D.C.

_____. ACERCAR Introducción. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/es/web/gae/acercar-express>.

SECTORES BASADOS EN RECURSOS BIOLÓGICOS, et al. Sectores Basados En Recursos Biológicos.

TECNOLOGÍAS DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO-DAF. Tecnologías De Flotación Por Aire Disuelto-Daf.

TEMA 5. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN. Tema 5. Coagulación-Floculación. Disponible en:
http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf.

TOVAR, Julia y GUERRA, Jayeth. DEPARTAMENTO DE QUIMICA, UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Manual de laboratorio de química industrial inorgánica experimental. Enero 2012.

ANEXOS

ANEXO A.
PERMISO DE PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S. PARA EL DIAGNÓSTICO

Figura 1. Carta de la empresa

	PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S. NIT. 830.101.651-1	
Bogotá D.C., 17 de agosto de 2017		294
Señores:		
Manuel Alejandro Herrera		
Oscar Julián Morales		
Estudiantes de Ingeniería Química		
Universidad América		
Ciudad		
REF: Entrega Documentación		
Apreciados Señores:		
De acuerdo a su requerimiento PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S., entrega copia de los siguientes documentos los cuales deben ser usados solo para fines académicos:		
<ol style="list-style-type: none">1. Caracterización de vertimientos artículo 2.2.3.3.417, decreto 1076 de 20152. Revisión segundo entregable PRODUCTOS EL TOMATICO3. Respuesta a solicitud de registro de vertimientos4. Produccion sostenible5. Matriz de identificación y valoración de aspectos e impactos ambientales6. Respuesta a radicado 2014ER0265987. Acta de visita técnica de inspección para el control de vertimientos con fecha 18 de mayo de 20178. Acta de visita técnica de inspección para el control de vertimientos con fecha 24 de mayo de 2017		
Agradecemos su amable atención y estamos atentos a cualquier requisición o pregunta que ustedes consideren.		
Cordialmente,		
 María Fernanda León Jefe de Aseguramiento de Calidad PRODUCTOS EL TOMATICO SAS.		
<hr/> CARRERA 68H No. 77-60 - PBX. 630 23 10 - PBX. ADMON: 231 2522 - FAX: 630 23 53 WWW. ELTOMATICO.COM - BOGOTA, D. C.		

ANEXO B.
ACTA DE VISITA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE LA EAB-ESP (24 MAYO 2017)

Figura 1. Soporte visita técnica del acueducto.

 ACTA DE VISITA TÉCNICA DE INSPECCIÓN PARA EL CONTROL DE VERTIMIENTOS										
1. INFORMACIÓN BÁSICA										
Razón Social	Productos el finchco			Fecha de visita	24/05/2017					
Dirección	Carrera GBH # 77-60			Localidad	Enxativay		Zona	2		
Barrio	Las Peras			Teléfono	231 25 22					
Representante Legal	Juan Antonio Molina			NIT-CC	830-101-651-1					
Actividad Económica	Fabricación de otros productos plásticos			Código CIU	1039					
2. DATOS FACTURACIÓN				3. INFORMACIÓN LABORAL						
Cuenta Contrato	Clase Uso	Consumo Promedio (m ³ /mes)		Número de empleados de planta	135		Horas trabajadas por día	10		
10133105	General	1053		Número de turnos por día	1		Días trabajados por mes	24		
4. FUENTES DE SUMINISTRO										
Abastecimiento	EAB	Carro tanque	Pozo Subterráneo	Aprovechamiento de aguas lluvias	Fuente Superficial	Recirculación				
m ³ /mes	X									
5. INFORMACIÓN DEL EFLUENTE										
Origen de vertimiento			Frecuencia (Horas al día)		Receptor del vertimiento (Colector, fuente superficial, suelo)					
Resaca Productiva			Constante/intermitente		Cra GBH, CRA 86, CRA 83 Balsa B es constante					
Agua residual doméstica			intermitente							
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO (Diagrama de Bloques)										
Recepción de materias primas → Pesado → Elaboración del producto envasado/ envalaje → almacenamiento										
7. INFRAESTRUCTURA										
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	OBSERVACIONES							
CAJA DE INSPECCIÓN AGUAS RESIDUALES										
CAJA DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS		2	Se identificaron 2 cajas de inspección de aguas lluvias.							
CAJA DE VERTIMIENTOS NO DOMÉSTICOS		3	1 Externo, 2 cajas internas de aforo 2 Externo: difícil con difícil remoción 3 Externo: presentador							
CONEXIONES ERRADAS		NA								
SEPARACION DE REDES		NO	La red de aguas lluvias, ARD y ARND no se encuentran separadas.							
SISTEMA DE TRATAMIENTO		Si	Posee sistema de tratamiento en los 3 puntos Pto 1: aerea de frías Pto 2: Bodega Pto 3: envasado							

Formato: M4MI0104F02-02

Figura 1. (Continuación)

PRELIMINAR	REJILLAS	<input checked="" type="checkbox"/>	
	DESARENADOR		
	TRAMPA DE GRASAS	<input checked="" type="checkbox"/>	
	CONTROL T°		
PRIMARIO	CONTROL pH		
	PRECIPITACIÓN QUÍMICA		
	SEDIMENTACIÓN		
	FLOTACIÓN		
SECUNDARIO	HOMOGENIZACIÓN		
	LODOS ACTIVADOS		
	FILTRO PERCOLADOR		
TERCIARIO	BIODISCOS		
	TORRE ENFRIAMIENTO		
	FILTROS DE CARBÓN-ARENA		
	OSMOSIS INVERSA-ULTRAFILTRACIÓN		
OTROS TRATAMIENTOS	BIOLOGICO		Bacterias/lecho filtrante

9. REGISTRO Y PERMISO DE VERTIMIENTOS			
Cuenta con Registro de vertimientos	<input checked="" type="checkbox"/> En trámite	No	N° de Registro
			N° Radicado/fecha
			2014ER104877
Cuenta con Permiso de vertimientos	<input type="checkbox"/> Si	No	N° de Resolución
	<input type="checkbox"/> En trámite		Fecha vencimiento
			N° Radicado/fecha

10. CARACTERIZACIÓN DE VERTIMIENTOS			
Ha realizado caracterización del vertimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Fecha última caracterización
Radicado de entrega al prestador del servicio			13/253-EE-AB 2016

11. PRODUCCIÓN SOSTENIBLE			
Tecnologías limpias- Mejoramiento de procesos productivos	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Cuales
			4 Unidades sanitarias - 1 pose sistema cloacal.
Buenas prácticas de manufactura	<input type="checkbox"/> Si	No	Cuales
Certificaciones	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	Cuales

12. PLANO UBICACIÓN-PUNTOS MONITOREO	
<p>* Se debe realizar el dibujo</p> <p>NOTA: SEÑALAR EL PUNTO DONDE SE ENCUENTRA LA CAJA DE INSPECCIÓN (INTERNA O EXTERNA) INDICANDO POR QUÉ CALLE O CARRERA DESCARGA EL EFLUENTE NO DOMESTICO.</p>	

Figura 1. (Continuación)

La empresa cuenta con estaciones de tratamiento FODAS en cada una de las
 plantas donde generan vertimientos.
 La planta B con 7 divisiones, la B. 2 con 2 y la B. 1 con 6.

Cuenta con Programa de uso eficiente de agua

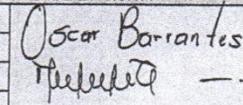
Cuenta con tratamiento de efluentes y la clasificación de Residuos sólidos de acuerdo
 a las características.

- Los Residuos peligrosos son entregados a Acorral SA ESP.
- Los residuos de procesos (resacas) Nexos.
- Los Residuos son donados.
- Algunos Resacas son vendidos para tratamiento.
- El resto de Resacas son entregados a la empresa de destino.

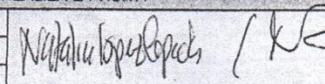
→ Es necesario la adecuación de la caja de inspección externa sobre la
 calle 6-36 ya que es de difícil remoción y cumple con la norma
 0-93 074

→ Dar cumplimiento a la caracterización de vertimientos remitiéndolos
 por el aplicativo de la EAB-ESP

14. DATOS DE QUIEN ATIENDE LA VISITA

NOMBRE: <u>Miguel Ángel / Oscar Barrantes</u>	 Oscar Barrantes Fideicomiso
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>1030548501 / 121851436</u>	
CARGO: <u>Jefe de Acquisición / Acquisitor Calzado</u>	
CORREO ELECTRONICO: <u>calidad@eltonatiro.com</u>	
NUMERO DE CONTACTO: <u>3174012373 - 3173354513</u>	
FIRMA	

15. DATOS DE QUIEN REALIZA LA VISITA

NOMBRE: <u>Miriam Lopez / Mayra Grae</u>	 Miriam Lopez / KR
CARGO:	
REGISTRO: <u>1018-115012 / 152808617</u>	
DEPENDENCIA: <u>Dirección de Seguimiento ambiental</u>	
FIRMA	

Formato: M41/10104F02-02

ANEXO C. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA EMPRESA

Figura 1. Diagrama de flujo de almacenamiento.



Figura 2. Diagrama de flujo de mantenimiento.

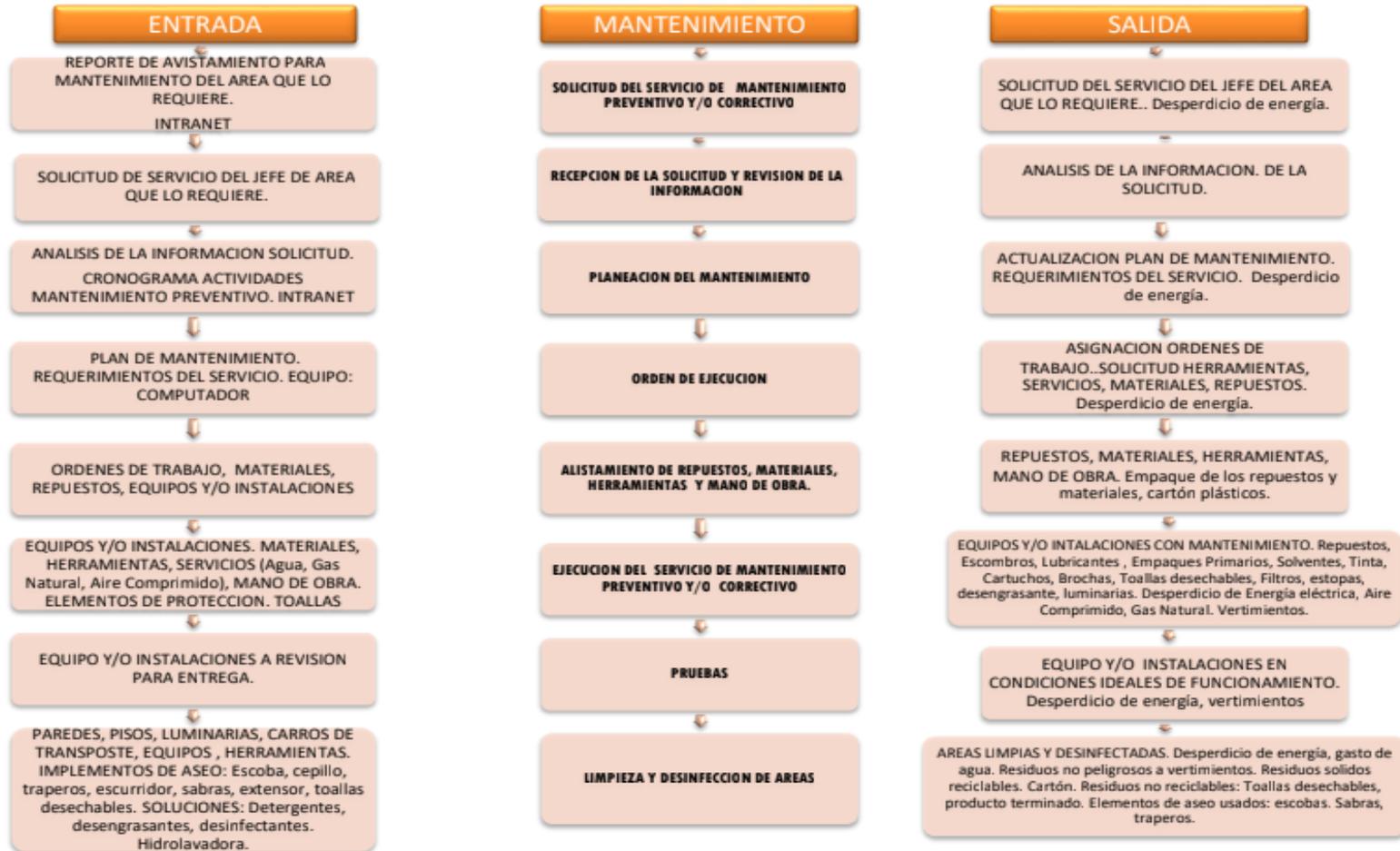


Figura 3. Diagrama de flujo administrativo.



ANEXO D.
BALANCE HÍDRICO DE LA EMPRESA POR LOTES

Figura 1. Balance hídrico de la empresa.

Producto	Lotes - Periodo Facturado Mayo 13 - Julio 12 de 2017 - (Consumo														
	68			69			70			71			72		
	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)
A4	96	43.977	10.994	80	36.647	9.162	80	36.647	9.162	96	43.977	10.994	94	43.060	10.765
A5	30	13.743	3.436	30	13.743	3.436	30	13.743	3.436	25	11.452	2.863	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	7	3.207	802	9	4.123	1.031	9	4.123	1.031	8	3.665	916	8	3.665	916
A8	25	11.452	2.863	22	10.078	2.519	24	10.994	2.749	18	8.246	2.061	24	10.994	2.749
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	11	5.039	1.260	10	4.581	1.145	3	1.374	344	6	2.749	687	5	2.290	573
A11	39	17.866	4.466	49	22.446	5.612	39	17.866	4.466	45	20.614	5.154	56	25.653	6.413
A12	39	17.866	4.466	60	27.485	6.871	28	12.827	3.207	43	19.698	4.924	62	28.402	7.100
A13	19	8.704	2.176	25	11.452	2.863	19	8.704	2.176	18	8.246	2.061	17	7.788	1.947
A14	0	0	0	10	4.581	1.145	0	0	0	6	2.749	687	8	3.665	916
A15	1	458	115	0	0	0	0	0	0	2	916	229	1	458	115
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	10	4.581	1.145	24	10.994	2.749	15	6.871	1.718	0	0	0	10	4.581	1.145
A18	1	458	115	0	0	0	2	916	229	1	458	115	0	0	0
A19	2	916	229	0	0	0	0	0	0	2	916	229	0	0	0
A20	8	3.665	916	6	2.749	687	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	0	0	0	6	2.749	687	0	0	0	6	2.749	687	0	0	0
A22	0	0	0	7	3.207	802	21	9.620	2.405	23	10.536	2.634	2	916	229
A23	0	0	0	7	3.207	802	0	0	0	1	458	115	0	0	0
A24	1	458	115	0	0	0	0	0	0	1	458	115	0	0	0
A25	0	0	0	15	6.871	1.718	15	6.871	1.718	0	0	0	15	6.871	1.718
A26	0	0	0	0	0	0	2	916	229	0	0	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A28	44	20.156	5.039	40	18.324	4.581	56	25.653	6.413	40	18.324	4.581	48	21.988	5.497
A29	16	7.329	1.832	16	7.329	1.832	16	7.329	1.832	16	7.329	1.832	16	7.329	1.832
A30	24	10.994	2.749	20	9.162	2.290	20	9.162	2.290	24	10.994	2.749	20	9.162	2.290
A31															
Total	408	186.901	46.725	479	219.425	54.856	410	187.817	46.954	413	189.191	47.298	414	189.649	47.412

Figura 1. (Continuación).

no 2.141 m ₃ - 2.141.000 litros - (80% 1.712.000)/(20% 428.200)														
73			74			75			75					
Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Batches	Consumo H ₂ O (80%)	Consumo H ₂ O (20%)	Total Lotes Elab	Consumo H ₂ O - 80%	Consumo H ₂ O - 20%
80	36.647	9.162	64	29.318	7.329	80	36.647	9.162	80	36.647	9.162	750	343.568	85.892
25	11.452	2.863	31	14.201	3.550	30	13.743	3.436	25	11.452	2.863	226	103.528	25.882
0	0	0	0	0	0	2	916	229	0	0	0	2	916	229
8	3.665	916	6	2.749	687	8	3.665	916	8	3.665	916	71	32.524	8.131
12	5.497	1.374	12	5.497	1.374	18	8.246	2.061	18	8.246	2.061	173	79.250	19.812
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
7	3.207	802	5	2.290	573	7	3.207	802	9	4.123	1.031	63	28.860	7.215
33	15.117	3.779	49	22.446	5.612	40	18.324	4.581	44	20.156	5.039	394	180.488	45.122
42	19.240	4.810	73	33.441	8.360	45	20.614	5.154	42	19.240	4.810	434	198.811	49.703
18	8.246	2.061	19	8.704	2.176	19	8.704	2.176	16	7.329	1.832	170	77.875	19.469
8	3.665	916	10	4.581	1.145	10	4.581	1.145	10	4.581	1.145	62	28.402	7.100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	458	115	5	2.290	573
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
0	0	0	16	7.329	1.832	0	0	0	20	9.162	2.290	95	43.519	10.880
0	0	0	2	916	229	0	0	0	2	916	229	8	3.665	916
2	916	229	3	1.374	344	1	458	115	0	0	0	10	4.581	1.145
10	4.581	1.145	0	0	0	9	4.123	1.031	0	0	0	33	15.117	3.779
6	2.749	687	0	0	0	3	1.374	344	2	916	229	23	10.536	2.634
16	7.329	1.832	12	5.497	1.374	0	0	0	2	916	229	83	38.022	9.505
0	0	0	1	458	115	0	0	0	5	2.290	573	14	6.413	1.603
0	0	0	1	458	115	0	0	0	1	458	115	4	1.832	458
20	9.162	2.290	0	0	0	15	6.871	1.718	0	0	0	80	36.647	9.162
0	0	0	0	0	0	2	916	229	0	0	0	4	1.832	458
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
44	20.156	5.039	40	18.324	4.581	40	18.324	4.581	44	20.156	5.039	396	181.404	45.351
16	7.329	1.832	16	7.329	1.832	16	7.329	1.832	16	7.329	1.832	144	65.965	16.491
20	9.162	2.290	16	7.329	1.832	20	9.162	2.290	20	9.162	2.290	184	84.289	21.072
					0		0	0		0	0	0		0
395	180.946	45.236	420	192.398	48.099	395	180.946	45.236	405	185.527	46.382	3739	1.712.800	428.200
														0
														0

ANEXO E.
SOLICITUD REGISTRO DE VERTIMIENTOS DE PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S.

Figura 1. Solicitud de registro de vertimientos de Productos EL TOMATICO S.A.S. según resolución 3957 de 2009 para la secretaría distrital de ambiente.

Bogotá D.C.

Señores

PRODUCTOS EL TOMATICO SAS

NIT: 8301016511

Atte: Sr(a). Juan Antonio Molina

C.C. 79420382

Dirección: carrera 68H # 77 - 60 - Localidad: ENGATIVA

Tel: 2312522

La Ciudad

Asunto: Respuesta a solicitud de registro de vertimientos

Radicado No. 2014ER104877 del 25-06-2014

Concepto técnico No. 07709 del 16-08-2015

Respetado Señor(a):

La Secretaría Distrital de Ambiente teniendo en cuenta que:

EL Artículo 05 de la Resolución 3957 de 2009 establece que "Todo usuario que genere aguas residuales exceptuando los vertimientos de agua residual doméstica está obligado a solicitar el registro de sus vertimientos".

El Concepto Jurídico No. 133 del 16 de noviembre de 2010 expedido por la Dirección Legal Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente: "...existen normas de superior jerarquía que imponen facultades a la Secretaría Distrital de Ambiente de hacer el seguimiento y control en materia de vertimientos, para ello levanta, entre otros, información a través del registro de vertimientos y elabora y toma decisiones por cuenta de que muchas actividades, programas y proyectos que se realizan en el Distrito Capital no requieren de permiso de vertimientos, pero no por esto dejan de generar vertimientos que deban ser objeto de control por parte de esta Autoridad..." El usuario es objeto del trámite de registro de vertimientos.

Procedió a realizar la evaluación de la información presentada y determinó lo siguiente:

Que el establecimiento PRODUCTOS EL TOMATICO SAS , genera vertimientos provenientes del proceso de lavado de instalaciones, equipos y son descargados al sistema de alcantarillado público de la ciudad.

Que con base en el concepto técnico No. 07709 del 16-08-2015 se dio la viabilidad para aceptar el registro de vertimientos generado por el establecimiento PRODUCTOS EL TOMATICO SAS , ubicado en el predio identificado con nomenclatura urbana carrera 68H # 77 - 60 de la Localidad de ENGATIVA

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778599 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

126PM04-PR97-M-A7-V2.0.

BOGOTÁ
HUANA

Figura 1. (Continuación).

Teniendo en cuenta lo anterior, la Subdirección de Recurso hídrico y suelo, se permite informar que al referido establecimiento ha quedado registrado formalmente ante la Secretaría Distrital de Ambiente mediante:

Consecutivo de Registro de Vertimientos No. 00845 del 16-08-2015.

Así mismo, que el registro de vertimientos se mantendrá para las condiciones evaluadas y reportadas en el Radicado No. **2014ER104877** del 25-06-2014, mediante el cual se presentó la solicitud que fue evaluada como registro de vertimientos y las cuales pueden ser verificadas por la Secretaría Distrital de Ambiente en actividades de control y seguimiento ambiental.

El establecimiento **PRODUCTOS EL TOMATICO SAS** tendrá como obligaciones:

- El registro estará vigente siempre y cuando las condiciones del establecimiento sean los mismos bajo los cuales se realizó el trámite. En caso de algún cambio el usuario deberá informar para tomar las acciones técnicas y legales pertinentes.
- El registro del vertimiento de la empresa, quedará sujeto a seguimiento cuando la Secretaría Distrital de Ambiente así lo considere. Adicionalmente se podrá programar y realizar verificación de cumplimiento a la norma de calidad del vertimiento al alcantarillado público (de conformidad con el párrafo 4 del Artículo 3 de la Resolución 0075 del 24 de Enero de 2011).
- Se informa al usuario que debe dar cumplimiento al artículo 2.2.3.3.4.17 Sección 4, Capítulo 3 del Decreto 1076 del 2015 (antes artículo 38 del decreto 3930 de 2010), en lo referente a la presentación al prestador del servicio de alcantarillado, la caracterización de sus vertimientos, de acuerdo con la frecuencia que se determine en el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales, Subterráneas, el cual expedirá el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible.
- No verter aguas residuales procedentes del lavado de las instalaciones a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias, lo anterior de acuerdo al artículo 15 de la Resolución 3957 de junio 19 de 2009.

Dado que el protocolo no ha sido expedido, se deberá seguir los siguientes lineamientos:

A. Análisis de las muestras.

Los análisis deberán realizarse con el cumplimiento de los siguientes lineamientos:

- Las muestras deberán ser tomadas por laboratorios acreditados por el IDEAM, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 1600 de 1994 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya. El muestreo representativo se deberá realizar de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas, disponible para consulta en la página web del IDEAM (www.ideam.gov.co).
- La caracterización de vertimientos debe incluir los parámetros de DBO5, DQO aceites y grasas pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, temperatura, tensoactivos, (SAAM) y compuestos fenólicos, establecidos en el artículo 11 de la Resolución 3957 de 2009 de la Secretaría Distrital de Ambiente. Las muestras deberán ser tomadas de acuerdo con la característica de la descarga de la actividad, mediante un muestreo de tipo compuesto durante ocho (8) horas, la cual se debe tomar con

Figura 1. (Continuación).

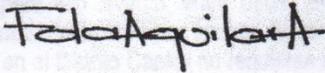
SECRETARÍA DE AMBIENTE

intervalos de treinta (30) minutos para la composición, monitoreándose In-Situ los parámetros de pH, temperatura y aforando el caudal en ese mismo período de tiempo. Es preciso indicar que cada hora deberá monitorearse los sólidos sedimentables.

- El informe proveniente del laboratorio de aguas debidamente acreditado, deberá incluir el Protocolo de Toma de Muestras utilizado por el Laboratorio que analice la muestra, en el que consten entre otros: hora y lugar exacto de toma de muestra, tipo de muestra indicando el periodo de composición, métodos y límites de detección. El muestreo debe ser realizado en su totalidad por un laboratorio acreditado ante el IDEAM, (entiéndase totalidad por: la toma de muestra, preservación, transporte, análisis de las muestras, entre otros.).
- El usuario deberá informar la fecha y hora del muestreo, con el fin de garantizar la representatividad de la muestra, a través de oficio radicado ante la Secretaría Distrital de Ambiente, con un mínimo de diez (10) días hábiles de anticipación, la fecha y el horario en el cual se realizará el muestreo del vertimiento; y será potestativo de la Autoridad Ambiental realizar el acompañamiento técnico para que se garanticen las condiciones de la prueba.

Lo anterior se emite sin perjuicio del uso del suelo o de las determinaciones de las autoridades competentes con respecto a la actividad desarrollada en el predio y de las acciones técnicas y jurídicas que pueda realizar la Secretaría Distrital de Ambiente por el incumplimiento a la normatividad ambiental vigente, con el fin de que se cumpla con las obligaciones ambientales contempladas en la misma. El incumplimiento de dichas obligaciones, dará lugar a la imposición de medidas preventivas, sanciones y medidas compensatorias consagradas en los Artículos 36, 40 y 31, respectivamente de la Ley 1333 de 2009

Atentamente,



Maria Fernanda Aguilar Acevedo
SUBDIRECCIÓN DE RECURSO HIDRICO Y DEL SUELO

Elaboró:					
Camilo Andres Rodriguez Garzón	C.C:	1022375997	T.P:	CPS:	FECHA EJECUCION: 14/08/2015
Revisó:					
JORGE ANDRES MAYA GONZALES	C.C:	87069773	T.P: N/A	CPS: CONTRATO 845 DE 2015	FECHA EJECUCION: 14/08/2015
Juan Carlos Ariza Porras	C.C:	91472998	T.P: 1842	CPS: CONTRATO 587 DE 2015	FECHA EJECUCION: 14/08/2015

Aprobó:

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

126PM04-PR97-M-A7-V2.0.
BOGOTÁ
HU^{MA}NA

Figura 2. Solicitud de registro de vertimientos de Productos EL TOMATICO S.A.S. según decreto 3930 de 2010 para la empresa de acueducto de Bogotá EAB-ESP.



Certificación de registro de caracterización de vertimientos en cumplimiento del artículo 38 del decreto 3930 del 2010.

Razón social:	Productos El Tomatico SAS
NIT:	8301016511
Numero de caracterizaciones reportadoas:	3
Nombre sucursal:	ninguna
Representante legal:	Juan Antonio Molina Yañez
Responsable del diligenciamiento:	María Fernanda Leon Riaño
Municipio:	Bogotá
Dirección:	Cr 68H 77 70
Fecha diligenciamiento:	10/21/16 3:53 PM
Fecha y hora de cierre:	10/26/16 3:54 PM

Radicado N. 102253-EEAB-2016

NOTA:

Si alguno de sus vertimientos es realizado a un cuerpo de agua usted debe consultar los trámites que requiere ante la autoridad ambiental competente, solo en caso de verter al sistema de alcantarillado de la Empresa de Acueducto, Alcantarillada y Aseo de Bogotá este soporte tendrá validez.



Nueva nomenclatura Av. Calle 24 # 37 - 15 * PBX: (571) 344 7000 - Bogotá D. C. - Colombia
www.acueducto.com.co

ANEXO F.
ENTREGABLE SECRETARIA DE AMBIENTE (RESULTADOS VISITA).

Figura 1. Resultados segundo entregable de la Secretaría Distrital de Ambiente para la Gestión Ambiental Empresarial (GAE).

DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE AMBIENTE

**REVISIÓN SEGUNDO ENTREGABLE
PRODUCTOS EL TOMATICO**

Elaborado por: Ing. Daníel García
Fecha de elaboración: 27/10/2015

1. Cumplimiento requisitos legales
De acuerdo a la primera visita:

A. PUBLICIDAD EXTERIOR VISUAL
Se registró en visita "FALTA VEHICULO WEQ 732". De acuerdo al entregable aún no se presenta evidencia del cumplimiento; sin embargo se aclara que esto se revisará durante la segunda visita.

B. VERTIMIENTOS
Se registró en visita "DEBE DAR CUMPLIMIENTO AL ART 38 DEC 3830/10:"
DEBE TRAMITAR PERMISO DE VERTIMIENTOS. De acuerdo al entregable aún no se presenta evidencia del cumplimiento; sin embargo se aclara que esto se revisará durante la segunda visita.

C. RESIDUOS PELIGROSOS: Tenía pendiente los siguientes compromisos:

- "FALTA: MEDIDAS EN CASO DE CIERRE" De acuerdo al entregable aún no se presenta evidencia del cumplimiento; sin embargo se aclara que esto se revisará durante la segunda visita.
- El cumplimiento del artículo 10 del Decreto 4741 de 2005. De acuerdo al entregable aún no se presenta evidencia del cumplimiento; sin embargo se aclara que esto se revisará durante la segunda visita.

2. Matriz de aspectos e impactos ambientales

NO PRESENTÓ. RECUERDE QUE HACE PARTE DE LOS COMPROMISOS DEL NIVEL II. Se realizan las siguientes observaciones PARA QUE REVISE QUE LA MATRIZ CUENTE:

- Aspectos e impactos relacionados con el recurso hídrico. Tenga en cuenta que su actividad sea comercial y/o de servicios requiere del agua para actividades auxiliares o conexas como servicios generales y uso de sanitarios, entre otros posibles.
- Aspectos como consumo de combustible y emisiones de CO2 no aplican si la empresa no tienen vehículos propios
- Criterios respecto a los aspectos de normalidad, anormalidad y emergencia.
- PROCEDIMIENTO / INSTRUCTIVO DE VALORACIÓN Y SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

3. Matriz de requisitos legales

NO PRESENTÓ. RECUERDE QUE HACE PARTE DE LOS COMPROMISOS DEL NIVEL II. Se realizan las siguientes observaciones PARA QUE REVISE QUE LA MATRIZ CUENTE:

Figura 1. (Continuación).

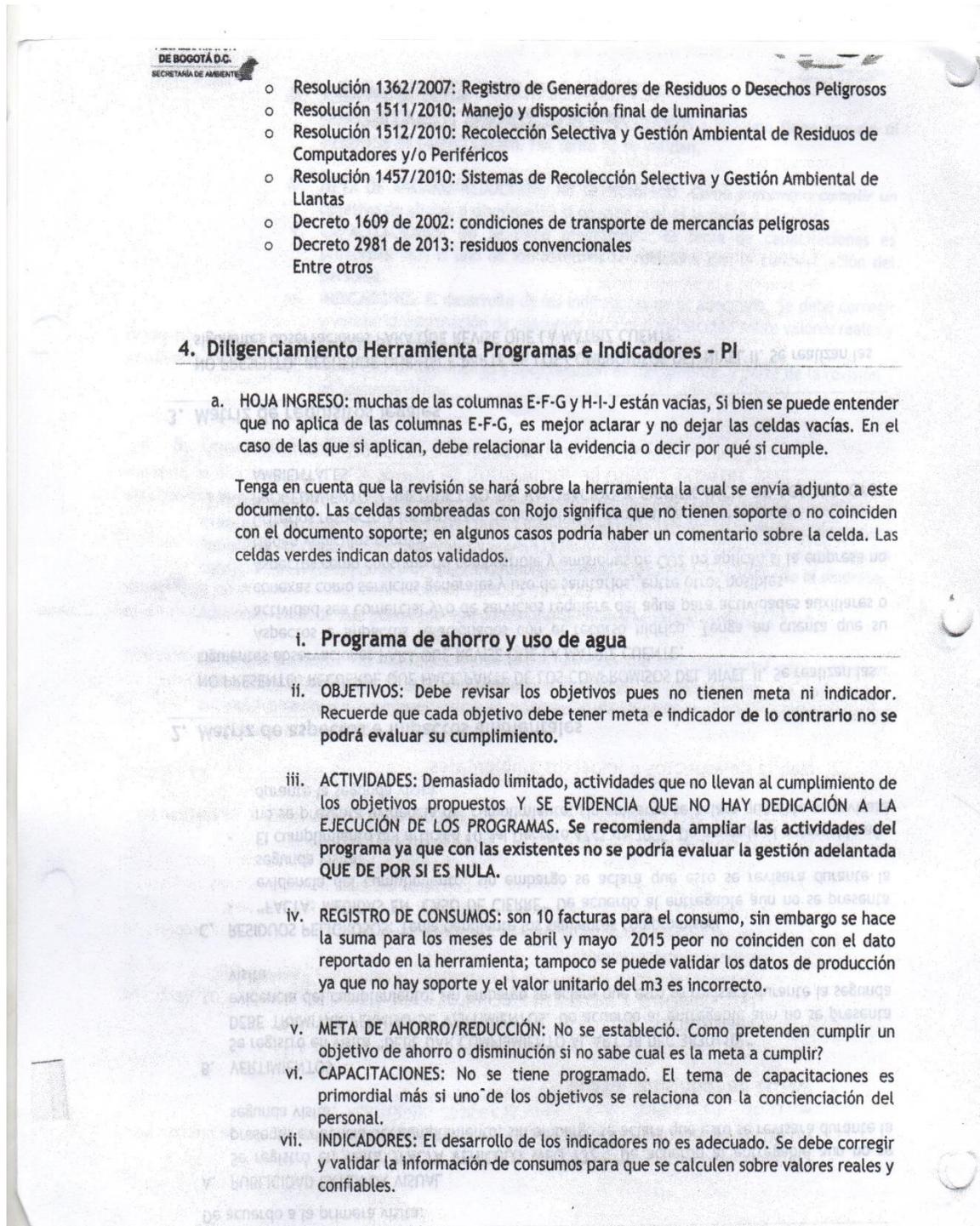


Figura 1. (Continuación).

SECRETARÍA DE AMBIENTE
DE BOGOTÁ D.C.

EMPRESARIAL

viii. ANÁLISIS: No hay análisis y este también es fundamental y parte de la revisión en segunda visita.

b. Programa de ahorro y uso de energía

i. OBJETIVOS: Debe proponer un 3er objetivo con meta e indicador. Recuerde que cada objetivo debe tener meta e indicador de lo contrario no se podrá evaluar su cumplimiento.

ii. ACTIVIDADES: Demasiado limitado, actividades que no llevan al cumplimiento de los objetivos propuestos Y SE EVIDENCIA QUE NO HAY DEDICACIÓN A LA EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS. Se recomienda ampliar las actividades del programa ya que con las existentes no se podría evaluar la gestión adelantada QUE DE POR SI ES NULA.

iii. REGISTRO DE CONSUMOS: son 9 facturas para el consumo, sin embargo DADO QUE NO SE ENVIA LA INFORMACIÓN DE TODOS LOS MESES 2014 NI 2015 NO SE REALIZA VALIDACIÓN SINO SE HARÁ EN CAMPO. Tenga en cuenta los comentarios realizados en agua.

GAS NATURAL: Si la empresa tiene calderas y funcionan con gas natural por que no se reporta consumos de gas natural?

HUELLA DE CARBONO: No calculó.

iv. META DE AHORRO/REDUCCIÓN: No se estableció. Como pretenden cumplir un objetivo de ahorro o disminución si no sabe cual es la meta a cumplir?

v. CAPACITACIONES: No se tiene programado. El tema de capacitaciones es primordial más si uno de los objetivos se relaciona con la concienciación del personal.

vi. INDICADORES: El desarrollo de los indicadores no es adecuado. Se debe corregir y validar la información de consumos para que se calculen sobre valores reales y confiables.

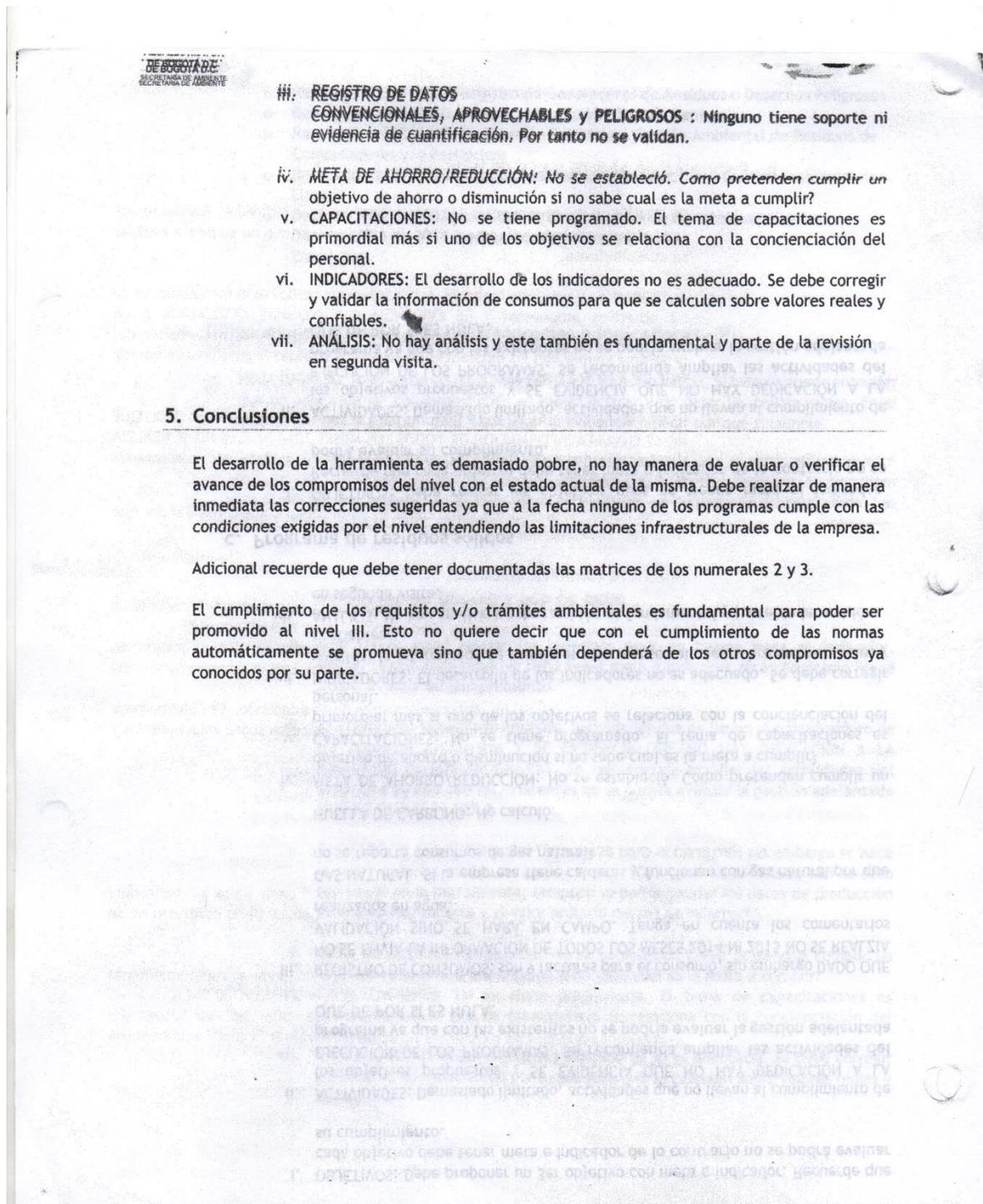
vii. ANÁLISIS: No hay análisis y este también es fundamental y parte de la revisión en segunda visita.

c. Programa de residuos sólidos

i. OBJETIVOS: Debe revisar los objetivos pues no tienen meta ni indicador. Recuerde que cada objetivo debe tener meta e indicador de lo contrario no se podrá evaluar su cumplimiento.

ii. ACTIVIDADES: Demasiado limitado, actividades que no llevan al cumplimiento de los objetivos propuestos Y SE EVIDENCIA QUE NO HAY DEDICACIÓN A LA EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS. Se recomienda ampliar las actividades del programa ya que con las existentes no se podría evaluar la gestión adelantada QUE DE POR SI ES NULA.

Figura 1. (Continuación).



**ANEXO G.
RESULTADOS CARACTERIZACIÓN (DICIEMBRE 21 2017)**

Figura 1. Resultados caracterización Bodega 8 y Bodega 1.

TABLA 12. RESULTADOS 150576 – BODEGA 8 SALIDA 2					
RENORES)	PRODUCTOS EL TOMATICO SAS			CODIGO	150576
DIRECCION:	CARRERA 68H NO. 77 - 60			TELEFONO:	2312522
MUESTRA PROCEDENTE DE	BOGOTA			DEPARTAMENTO:	CUNDINAMARCA
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA	2 - PRODUCTOS EL TOMATICO SAS				
PUNTO DE CARTACION:	BODEGA 8 SALIDA 2				
TIPO DE MUESTRA	AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	21/12/2017			HORA TOMA DE LA MUESTRA:	07:30 H - 15:30 H
FECHA RECEPCION DE LA MUESTRA:	21/12/2017				
ENSAYO	FECHA ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO	
a. 1 - ACIDEZ TOTAL	22-DIC-2017	Volumetrico	SM 2310 B	550	mg/L CaCO ₃
a. 2 - ALCALINIDAD TOTAL	22-DIC-2017	Volumetrico	SM 2320 B 22 th. Edition. 2012.	5	mg/L CaCO ₃
b. 3 - CADMIO SUB	12-ENE-2018	ICP - MS	EPA 200.8	<0,0048	mg/L Cd
a. 4 - CIANURO TOTAL	23-DIC-2017	Colorimetrico	SM 4500-CN B, C, E	0,8	mg/L CN
a. 5 - CLORUROS	22-DIC-2017	Volumetrico	SM 4500-Cl B 22 th. Edition. 2012.	470,5	mg/L Cl
a. 6 - COBRE	04-ENE-2018	Espectrofotometria de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,05	mg/L Cu
a. 7 - COLOR REAL - 436 NM	21-DIC-2017	Colorimetrico	ISO 7887 - 2011 B Metodo S	3,4	m ¹
a. 8 - COLOR REAL - 525 NM	21-DIC-2017	Colorimetrico	ISO 7887 - 2011 B Metodo B	1,1	m ¹
a. 9 - COLOR REAL - 620 NM	21-DIC-2017	Colorimetrico	ISO 7887 - 2011 B Metodo B	0,6	m ¹
b. 10 - COMPUESTOS FENOLICOS SUB	05-ENE-2018	Extracción liquido-liquido, CG/FID	EPA 3510 C. EPA 8041 A	<0,00021	mg/L
a. 11 - CROMO	04-ENE-2018	Espectrofotometria de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,05	mg/L Cr
a. 12 - D.B.O. 5	22-DIC-2017	Incubación 5 días y electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	8867	mg/L O ₂
a. 13 - D.Q.O.	10-ENE-2018	Reflujo abierto y titulación	SM 5220 B	7426	mg/L O ₂
a. 14 - DUREZA CÁLCICA	22-DIC-2017	Volumetrico	SM 3500-Ca B	82	mg/L CaCO ₃
a. 15 - DUREZA TOTAL	22-DIC-2017	Volumetrico	SM 2340 C 22 th. Edition. 2012.	104	mg/L CaCO ₃
a. 16 - FOSFORO REACTIVO TOTAL	21-DIC-2017	Colorimetrico	SM 4500-P D	12,01	mg/L P
a. 17 - FOSFORO TOTAL	21-DIC-2017	Colorimetrico	SM 4500-P B, E	15,6	mg/L P
a. 18 - GRASAS Y ACEITES	26-DIC-2017	Extracción Soxhlet	SM 5520 D	116	mg/L
a. 19 - IN SITU CAUDAL	21-DIC-2017	Volumetrico	NTC-ISO 5667-10	0,224	L/s
a. 20 - IN SITU PH	21-DIC-2017	Electrometrico	SM 4500-H+ B	4,27 - 5,22	Unidades
a. 21 - IN SITU SÓLIDOS SEDIMENTABLES	21-DIC-2017	Volumetrico - Cono Imhoff	SM 2540 F	0,8 - 6,0	mL/L
a. 22 - IN SITU TEMPERATURA	21-DIC-2017	Termometrico	SM 2550 B	20,0 - 23,0	°C

ELABORADO POR: JP	REVISADO POR: GO	APROBADO POR: GG
DOCUMENTO: ANQ-PL-316-2	No. VERSIÓN: 0	Página 30 de 42

Figura 1. (Continuación).

ENSAYO	FECHA ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
a. 23 - MERCURIO	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A. - Vapor Irido	SM 3112 B	<0,002 mg/L Hg
a. 24 - NIQUEL	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,05 mg/L Ni
a. 25 - NITRATOS	21-DIC-2017	Espectrofotométrico U. V.	SM 4500-NO3 B	<0,1 mg/L N
a. 26 - NITRITOS	21-DIC-2017	Colorimétrico	SM 4500-NO2 B	<0,007 mg/L N
a. 27 - NITRÓGENO AMONIACAL - AMONIO	21-DIC-2017	Fenato	SM 4500-NH3 B, F	0,1 mg/L N
a. 28 - NITRÓGENO TOTAL	21-DIC-2017	Cálculo		42 mg/L
a. 29 - NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	21-DIC-2017	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	42 mg/L N
a. 30 - PH - COLOR	21-DIC-2017	Electrométrico	SM 4500 H-B	4,45 Unidades
a. 31 - PLOMO	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02 mg/L Pb
a. 32 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	26-DIC-2017	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	2820 mg/l.
a. 33 - SULFATOS	21-DIC-2017	Turbidimétrico	SM 4500-SO4 E 22 th. Edition, 2012	<10,0 mg/L SO ₄
a. 34 - TENSOACTIVOS ANIÓNICOS - SAAM	21-DIC-2017	Colorimétrico	SM 5540 C	3,98 mg/L SAAM
a. 35 - ZINC	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	0,31 mg/L Zn

REPORTE

OBSERVACIONES: Muestra compuesta recolectada por personal de ANALQUIM LTDA. Procedimiento ANQ-PR-018

Nombre del muestreador: Jeisson Maldonado Hernández tecnólogo en Desarrollo Ambiental c.c. 1.022.367.140 de Bogotá

Referencia (EPA): Environmental Protection Agency.

Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition, 2012.

a. Ensayos de laboratorio acreditados en Analquim Ltda. Res. No. 1215, 2147, 2828 de 2016 y 1722 de 2017. IDEAM.

b. Ensayo(s) de laboratorio acreditado(s) subcontratado con SGS Colombia S.A. (Sede Bogotá). Resolución 1566 de 21 Julio de 2016. IDEAM

El parámetro de tensoactivos es reportado como SAAM calculado como LSS. (peso 288,38 g/mol).

El presente documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente y es válido únicamente si tiene el sello seco.

TABLA 13. RESULTADOS 150577 – BODEGA 1 SALIDA 1

SEÑOR(ES):	PRODUCTOS EL TOMATICO SAS	CODIGO:	150577
DIRECCIÓN:	CARRERA 68H NO. 77 - 60	TELÉFONO:	2312522
MUESTRA PROCEDENTE DE:	BOGOTÁ	DEPARTAMENTO:	CUNDINAMARCA
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:	1 - PRODUCTOS EL TOMATICO SAS		
PUNTO DE CAPTACION:	BODEGA 1 SALIDA 1		
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA		
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	21/12/2017	HORA TOMA DE LA MUESTRA:	07:30 H - 15:30 H
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	21/12/2017		

ENSAYO	FECHA ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
a. 1 - ACIDEZ TOTAL	22-DIC-2017	Volumétrico	SM 2310 B	276 mg/L CaCO ₃
a. 2 - ALCALINIDAD TOTAL	22-DIC-2017	Volumétrico	SM 2320 B 22 th. Edition, 2012	10 mg/L CaCO ₃
b. 3 - CADMIO SUB	11-ENE-2018	ICP - MS	EPA 200. B	<0,0048 mg/L Cd
a. 4 - CIANURO TOTAL	29-DIC-2017	Colorimétrico	SM 4500-CN B, C, E	<0,02 mg/L CN
a. 5 - CLORUROS	22-DIC-2017	Volumétrico	SM 4500-Cl B 22 th. Edition, 2012.	340,3 mg/L Cl

ELABORADO POR: JP	REVISADO POR: GO	APROBADO POR: GG
DOCUMENTO: ANQ-PL-316-2	No. VERSIÓN: 0	Página 31 de 42

Figura 1. (Continuación).

ENSAYO		FECHA ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
a.	6 - COBRE	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,05 mg/L Cu
a.	7 - COLOR REAL - 436 NM	21-DIC-2017	Colorimétrico	ISO 7887 - 2011 B Método B	3,3 m ¹
a.	8 - COLOR REAL - 525 NM	21-DIC-2017	Colorimétrico	ISO 7887 - 2011 B Método B	1,1 m ¹
a.	9 - COLOR REAL - 620 NM	21-DIC-2017	Colorimétrico	ISO 7887 - 2011 B Método B	0,3 m ¹
b.	10 - COMPUESTOS FENOLICOS SUB	05-ENE-2018	Extracción líquido-líquido, CG/FID	EPA 3510 C, EPA 8041 A	<0,00021 mg/L
a.	11 - CRÓMO	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,05 mg/L Cr
a.	12 - D.B.O. 5	22-DIC-2017	Incubación 5 días y electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	1619 mg/L O ₂
a.	13 - D.Q.O.	10-ENE-2018	Reflujo abierto y titulación	SM 5220 B	2067 mg/L O ₂
a.	14 - DUREZA CÁLCICA	22-DIC-2017	Volumétrico	SM 3500-Ca B	102 mg/L CaCO ₃
a.	15 - DUREZA TOTAL	22-DIC-2017	Volumétrico	SM 2340 C 22 th. Edition, 2012.	132 mg/L CaCO ₃
a.	16 - FÓSFORO REACTIVO TOTAL	21-DIC-2017	Colorimétrico	SM 4500-P D	6,54 mg/L P
a.	17 - FÓSFORO TOTAL	21-DIC-2017	Colorimétrico	SM 4500-P B, E	8,5 mg/L P
a.	18 - GRASAS Y ACEITES	26-DIC-2017	Extracción Soxhlet	SM 5520 D	13 mg/L
a.	19 - IN SITU CAUDAL	21-DIC-2017	Volumétrico	NTC-ISO 5867-10	0,081 L/s
a.	20 - IN SITU PH	21-DIC-2017	Electrométrico	SM 4500-H+ B	4,58 - 6,19 Unidades
a.	21 - IN SITU SÓLIDOS SEDIMENTABLES	21-DIC-2017	Volumétrico - Ceno Imhoff	SM 2540 F	<0,1 - 1,0 mL/L
a.	22 - IN SITU TEMPERATURA	21-DIC-2017	Termométrico	SM 2550 B	19,0 - 22,0 °C
a.	23 - MERCURIO	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A. - Vapor frío	SM 3112 B	<0,002 mg/L Hg
a.	24 - NÍQUEL	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,05 mg/L Ni
a.	25 - NITRATOS	21-DIC-2017	Espectrofotométrico U. V.	SM 4500-NO3 B	<0,1 mg/L N
a.	26 - NITRITOS	21-DIC-2017	Colorimétrico	SM 4500-NO2 B	<0,007 mg/L N
a.	27 - NITROGENO AMONICAL - AMONIO	21-DIC-2017	Fenato	SM 4500-NH3 B, F	0,1 mg/L N
a.	28 - NITRÓGENO TOTAL	21-DIC-2017	Cálculo		28 mg/L
a.	29 - NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	21-DIC-2017	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	28 mg/L N
a.	30 - PH - COLOR	21-DIC-2017	Electrométrico	SM 4500 H-B	4,71 Unidades
a.	31 - PLOMO	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02 mg/L Pb
a.	32 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	26-DIC-2017	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	303 mg/L
a.	33 - SULFATOS	21-DIC-2017	Turbidimétrico	SM 4500-SO4 E 22 th. Edition, 2012.	<10,0 mg/L SO ₄
a.	34 - TENSOACTIVOS ANIÓNICOS - SAAM	21-DIC-2017	Colorimétrico	SM 5540 C	<0,07 mg/L SAAM
a.	35 - ZINC	04-ENE-2018	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	0,35 mg/L Zn

OBSERVACIONES: Muestra compuesta recolectada por personal de ANALQUIM LTDA. Procedimiento ANQ-PR-018
 Nombre del muestreador: Juan Camilo Guerrero Estudiante de tecnología en Desarrollo Ambiental c.c.1012445095 de Bogotá
 Referencia (EPA): Environmental Protection Agency.
 Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition, 2012.
 a. Ensayos de laboratorio acreditados en Analquim Ltda. Res. No 1215, 2147, 2828 de 2016 y 1722 de 2017, IDEAM.
 b. Ensayo(s) de laboratorio acreditado(s) subcontratado con SGS Colombia S.A (Sede Bogotá). Resolución 1566 de 21 Julio de 2016, IDEAM
 El parámetro de tensoactivos es reportado como SAAM calculado como LSS: (peso 288,38 g/mol).

ELABORADO POR: JP	REVISADO POR: GG	APROBADO POR: GG
DOCUMENTO: ANQ-PL-316-2	No. VERSIÓN: 0	Página 32 de 42

**ANEXO H.
HOJA DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS**

Figura 1. Cloruro Férrico 96%.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **CLORURO FERRICO 96%**
 Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



ONU.
UN:3268



NFPA

SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO

Nombre Químico: CLORURO FERRICO 96% - FeCl3
Número CAS: 7705-08-0
Sinónimos: Cloruro férrico anhidro, cloruro de hierro, tricloruro de hierro

COMPAÑÍA: GTM

Teléfonos de Emergencia

México : +55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
 Guatemala: +502 66285858
 El Salvador: +503 22517700
 Honduras: +504 2540 2520
 Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
 Costa Rica: +506 25370010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
 Panamá: +507 5126182 – Emergencias 9-1-1
 Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
 Perú: +511614 65 00
 Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
 Argentina +54 115031 1774

SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

CLORURO FERRICO 96% CAS: 7705-08-0 96-100%

SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación ONU: Clase 8 Corrosivo
Clasificación NFPA: Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 2

Figura 1. (Continuación).



Descripción general de emergencia: ¡Peligro! Corrosivo. Causa quemaduras en cualquier zona de contacto. Nocivo por ingestión o inhalación. Afecta el hígado.

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación:	Extremadamente destructivo para los tejidos de las membranas mucosas y tracto respiratorio superior. Los síntomas pueden incluir sensación de quemazón, tos, sibilancia, laringitis, respiración entrecortada, dolor de cabeza, náuseas y vómitos.
Ingestión:	Corrosivo. La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, la garganta y estómago. Puede causar dolor de garganta, vómitos, diarrea. Baja toxicidad en pequeñas cantidades, pero grandes dosis (30 mg / kg) puede causar náuseas, vómitos y diarrea. Pink decoloración de la orina es un fuerte indicador de la intoxicación por hierro. Daño al hígado, coma y la muerte pueden seguir, a veces se retrasa hasta tres días.
Contacto con la piel:	Corrosivo. Produce enrojecimiento, dolor, y quemaduras graves.
Contacto con los ojos:	Corrosivo. El contacto puede causar visión borrosa, enrojecimiento, dolor y quemaduras severas de tejidos.
La exposición crónica:	La ingestión repetida puede causar daño hepático. La exposición prolongada de los ojos puede causar decoloración.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Sacar a la víctima al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Obtener atención médica inmediatamente.
Ingestión:	Si se ingiere, NO inducir el vómito. Dé grandes cantidades de agua. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Obtener atención médica inmediatamente.
Contacto con la piel:	Lavar la piel inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Obtener atención médica inmediatamente. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie completamente los zapatos antes de volver a usarlos.
Contacto con los ojos:	Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para asegurar la remoción del químico. Obtener atención médica inmediatamente.

Figura 1. (Continuación).



SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Fuego: No se considera un riesgo de incendio. Vapores irritantes el cloruro de hidrógeno se pueden formar en el fuego.

Explosión: No se considera un riesgo de explosión.

Medios de extinción de incendios: Agua, polvo químico seco, espuma o bióxido de carbono. No permitir el escurrimiento de agua hacia las alcantarillas o cursos de agua.

Información Especial: En el caso de un fuego, use vestidos protectores completos y aprobados por NIOSH y equipo autónomo de respiración con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Derrame pequeño: Utilice las herramientas adecuadas para poner el sólido derramado en un recipiente de eliminación de residuos. Si es necesario: Neutralizar el residuo con una solución diluida de carbonato de sodio.

Derrame grande: Corrosivo sólido. Detener la fuga si no hay riesgo. No introducir agua en los contenedores. No toque el material derramado. Utilice pulverización de agua para reducir los vapores. Evite la entrada en alcantarillas, sótanos o áreas cerradas; si es necesario. Neutralizar el residuo con una solución diluida de carbonato de sodio. Tenga cuidado de que el producto no este presente en una concentración por encima de TLV.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Mantener en un recipiente cerrado herméticamente, almacene en un lugar fresco, seco y ventilado. Proteger contra daño físico. Aislar de sustancias incompatibles. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (polvo, sólidos); observar todas las advertencias y precauciones indicadas para el producto.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Límites de Exposición:

ACGIH Threshold Limit Value (TLV): 1 mg/m³ (TWA) de sal de hierro soluble en Fe

Sistema de Ventilación: Un sistema de ventilación local y/o general es recomendado para las exposiciones de empleados por debajo de los Límites de Exposición Aérea. La extracción local es generalmente preferida porque se pueden controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo la dispersión del mismo en el área de trabajo general.

Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH): Si el límite de exposición es excedido y los controles de ingeniería no son factibles, un respirador de partículas de media máscara (NIOSH tipo

Figura 1. (Continuación).



N95 o mejores filtros) deberá ser usado hasta por diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Un respirador de máscara completa con filtro para polvo/niebla (filtros de NIOSH tipo N100) puede usarse hasta 50 veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Si las partículas de aceite (por ejemplo, lubricantes, los fluidos de corte, glicerina, etc.) están presentes, use un NIOSH tipo R o un filtro P. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición no son conocidos, use un respirador que cubra toda la cara, de presión positiva y abastecido por aire. **ADVERTENCIA:** Los respiradores purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

Protección de la piel: Usar guantes de protección y ropa limpia que cubra el cuerpo.

Protección de los ojos: Mantenga una fuente de lavado de ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo. Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o careta completa donde el polvo o salpicaduras de soluciones es posible.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Aspecto: Amarillo cristales delicuescentes de color marrón.

Olor: Ligero olor a ácido clorhídrico.

Solubilidad: Soluble en agua.

Densidad: 2,90 @ 25C/4C

pH: No se encontró información.

% De Volátiles por Volumen @ 21C (70F): 0

Punto de ebullición: No se encontró información.

Punto de fusión: 37 ° C (99F)

Densidad de vapor (Aire = 1): No se encontró información.

Presión de Vapor (mm Hg): 1.1 @ 194C (381F)

Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

Productos de descomposición peligrosos: Emite gases tóxicos de cloruro cuando se calienta hasta la descomposición.

Polimerización peligrosa: Esta sustancia no polimeriza.

Incompatibilidades: Metales, cloruro de alilo, sodio, potasio. Va a reaccionar con el agua para producir humos tóxicos y corrosivos.

Condiciones a evitar: Incompatibles.

Figura 1. (Continuación).



SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

DL50 oral en ratas: 316 mg / kg (anhidro); investigado como mutagénico, causante de efectos reproductivos.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

Destino ambiental: No se encontró información.

Toxicidad Ambiental: 24 Hr bajo CL50 rayado (alevines): 6 mg/L (estático); 24 Hr bajo CL50 rayas (larvas): 4 mg / L (estático).

SECCION 13 :CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Tratamientos de residuos: Tratar según legislación vigente
Eliminación de envases: Lavar y descartar según legislación vigente

SECCION 14 :INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Nombre de embarque apropiado: SÓLIDO CORROSIVO, ácido, inorgánico, NEP (CLORURO FÉRRICO, 6-hidrato)
Clase de riesgo: 8
UN / NA: UN3260
Grupo de embalaje: III

SECCION 15 :INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. ST55-053-04

Costa Rica: Decreto Nº 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

SECCION 16 :INFORMACION ADICIONAL

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

ANEXO I.
RESULTADOS CARACTERIZACIÓN LABORATORIO CONOSER LTDA.

Figura 1. Resultados de laboratorio para parámetros (DQO, DBO₅, Aceites y grasas).



RESULTADOS DE LABORATORIO

Muestra No.:	53460	Fecha de Recepción:	Febrero 2 de 2018
Procedencia:	Productos el Tomatico S.A.S.	Fecha de Toma:	Enero 31 de 2018
Dirección:	Carrera 49 No. 146 - 29	Sitio de Toma	Vertimiento Final
Tipo de Muestra:	Agua / Muestreo Puntual	Tomada por:	Puesta en Laboratorio

PARAMETRO	CONC.	PARAMETRO	CONC.	
Aceites y Grasas	mg/L	< 5	Fenoles	mg/L
Acidez Total	mg/L CaCO ₃		Formaldehido	mg/L
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃		Fosforo	mg/L-P
Aluminio	mg/L-Al		o-Fosfatos	mg/L-PO ₄
Arsénico	mg/L-As		Hidrocarburos	mg/L-Hc
Bario	mg/L-Ba		Hidrocarburos Aroma.	mg/L- HAP
Cadmio	mg/L-Cd		Hierro	mg/L-Fe
Cianuros	mg/L CN		Mercurio	mg/L-Hg
Cloruros	mg/L Cl ⁻		Molibdeno	mg/L-Mo
Cobre	mg/L Cu		Níquel	mg/L-Ni
Coliformes Fecales	NMP/100mL		Nitratos	mg/L-NO ₃
Coliformes Totales	NMP/100mL		Nitritos	mg/L-NO ₂
Color	UPC		Nitrógeno Amoniacal	mg/L
Coefficiente Absorción	436 nm (m ⁻¹)		Nitrógeno Total	mg/L-NKT
Coefficiente Absorción	525 nm (m ⁻¹)		pH	Unidades
Coefficiente Absorción	620 nm (m ⁻¹)		Plata	mg/L-Ag
Cromo Total	mg/L-Cr		Plomo	mg/L-Pb
Compuestos SV .Fenoli.	mg/L		SAAM	mg/L
Conductividad	µS/cm		Sólidos Suspendidos T	mg/L
DBO ₅	mg/L-O ₂	780	Sólidos Sedimentables	mL / L-h
DQO	mg/L-O ₂	2.130	Sulfuros	mg/L-S-
Dureza Cálrica	mg/L CaCO ₃		Temperatura	°C
Dureza Total	mg/L CaCO ₃		Vanadio	mg/L-V
Estaño	mg/L-Sn		Zinc	mg/L-Zn

Fecha de Análisis Conoser Ltda.: 2 de Febrero 2018 a 9 de Febrero de 2018

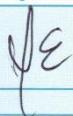
Observaciones:

Jefe de Laboratorio:  Fecha: Febrero 9 de 2018
 Q. Andrea Arce G. Matrícula PQ-4686 Consejo Profesional de Química
 PBX: 2312699. Dir. Carrera 27B No. 70 - 10, Bogotá
 Resultados validos únicamente con firma (JL) y sello seco.

Recibido a conformidad:

Nota: La muestra ha sido preservada según lo establecido en el método estándar para análisis de aguas y aguas residuales.
 Una vez expire el periodo de preservación, la muestra será desechada. resultados válidos para la muestra analizada solamente
 SGC-AP-LRL-16

Figura 2. Costo de caracterización laboratorio CONOSER LTDA.

SEÑORES: MANUEL ALEJANDRO HERRERA NIT. 1.020.800.912 Carrera 49 No. 146 - 29 Bogotá				Consultoría y Servicios CONOSER LTDA. NIT. 800.244.338-3 - IVA Régimen Común ICA Cód. 7110 Tarifa 0,69 % Aut. Numeración de Facturación No. 18762003954555 Fecha: 2017/07/10 - Autorización del 18501 al 20500 Carrera 27B No. 70-10 • Teléfonos: 231 26 99 - 240 39 57 E-mail: conoser@hotmail.com Bogotá, D.C. • Colombia	
FECHA FACTURA	PEDIDO	ORDEN DE COMPRA	FECHA DE VENCIMIENTO	FACTURA DE VENTA	
12/02/2018			Contado	Nº 18918	
DESCRIPCIÓN			CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL ITEM
Servicio de analisis de la muestra No. 53460					
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)			1	52,500	52,500
Demanda Química de Oxigeno (DQO)			1	53,500	53,500
Aceites y Grasas			1	65,000	65,000
SON: Doscientos Tres Mil Cuatrocientos Noventa Pesos Mcte				SUB-TOTAL IVA 19% VALOR TOTAL	171,000 32,490 203,490
NOTA IMPORTANTE: El comprador se obliga a pagar a "CONOSER LTDA", en la fecha de vencimiento el valor total de los servicios y mercancías aquí descritos, los cuales fueron recibidos a satisfacción. Favor hacer sus pagos con cheque cruzado a nombre de "CONOSER LTDA". El pago no oportuno causará intereses moratorios de Ley. La presente Factura de Venta se unifica como Título Valor de acuerdo a la ley 1231 de Julio de 2008. Consignar en la cuenta corriente número 191-013528-31 Bancolombia					
 CONOSER LTDA.		FAVOR DEVOLVER ESTA FACTURA FIRMADA Y SELLADA POR PERSONA AUTORIZADA		RECIBI DE CONFORMIDAD FIRMA Y SELLO	

ORIGINAL

**ANEXO J.
COTIZACIONES DE LOS EQUIPOS E INSUMOS**

Figura 1. Cotización productos químicos.

Fabricación de plantas de tratamiento de agua potable y residual tanques de almacenamiento canaletas Parshall, falso fondos, torres de aireación, filtros etc.



Bogotá D. C., 22 de marzo de 2018

Cotización No **1321**

Señor
Ing. MANUEL ALEJANDRO
Ciudad

Ref. COTIZACION PRODUCTOS QUIMICOS

Atendiendo su gentil solicitud, estamos presentando nuestra oferta

CONDICIONES COMERCIALES.

CODIGO	PRODUCTO	CANTIDAD (KG)	PRECIO KG
H-100	POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)	1000 O MAS	\$ 4.125
H-106	CLORURO FERRICO	1000 O MAS	\$ 3.696
H-102	SULFATO DE ALUMINIO TIPO A	1000 O MAS	\$ 2.541
H-201	POLIACRIALAMIDA CATIONICA	1000 O MAS	\$ 19.580

- A los precios hay que incluir el IVA 19%
- El precio tiene vigencia hasta el 31 de diciembre 2018
- Forma de pago de contado
- Los productos se entregarán con 5 días hábiles después de recibir la orden de compra con el soporte de pago
- Los productos se entregarán en sus instalaciones

Cualquier inquietud al respecto de esta oferta Comercial, gustosamente será atendida por nuestro Departamento Técnico – Comercial.

Atentamente,

Michael David Castro
DR DE PROYECTOS
3115436153-5704879
Cerfibras_sas@gmail.com
www.cerfibras.com

Dirección del trabajo principal
Crr 80J No 41*-08

Teléfono: 310-555-5215
* 311-543-0153 - 5704879
Email: cerfibras.sas@gmail.com

Figura 2. Cotización y especificaciones de tanque sedimentador y agitador.

Fabricación de plantas de tratamiento de agua potable y residual tanques de almacenamiento canalotas Parshall, falso fondos, torres de aireación, filtros etc.

Bogotá D. C., 22 de marzo de 2018

Señor
Ing. MANUEL ALEJANDRO
Ciudad

Ref. TANQUE TIPO CONICO

Atendiendo su gentil solicitud, estamos presentando nuestra oferta técnico-comercial de un tanque para estar en contacto con agua potable



Cerfibras S.A.S.
FABRICACIÓN Y MONTAJE

Cotización No 1320

OFERTA TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE:

	ITEM 1
Líquido contacto	agua curtiembre
Cantidad:	1 UND
Geometría:	Tanque cilíndrico fondo cónico
Ancho:	1.95m
Altura recta:	2.12m
Altura cónica	1.69
Altura total con patas:	4.2
Color:	A definir
Volumen útil:	8m3
Accesorios:	Conexiones y accesorios (POR DEFINIR) Escalera tipo gato. Patas en canal 3 " de acero al carbón

- No se incluyen accesorios más allá de las bridas.
- No se incluye base alguna.
- No se incluye obra civil
- No se incluyen bombas, agitadores ni ningún otro equipo aparte del tanque.

MATERIALES

Resina Cristalán 870 de Andercol (Isoftálica); Resina Cristalán 805 de Andercol (Ortoftálica); Velo superficie (40g/m2); Matt 700(450g/m2); Woven Roving (800g/m2); Roving continuo 447B de 2400 tex.
Otros Insumos: MEK; Dimetil-anilina; Octoato de cobalto; Parafina.

Dirección del trabajo principal
Crr 80J No 41-08

Teléfono: 310-555-5215
* 311-643-6163 - 5704879
Email: cerfibras.sas@gmail.com

Figura 2. Cotización y especificaciones de tanque sedimentador y agitador (Continuación).

Fabricación de plantas de tratamiento de agua potable y residual tanques de almacenamiento canaletas Parshall, falso fondos, torres de aireación, filtros etc.



MÉTODO DE FABRICACIÓN

Se usará fabricación del cuerpo, el método laminado manual sobre molde según NTC-2888.

DESCRIPCIÓN DEL LAMINADO DEL TANQUE:

Barrera química: Conformada por una capa rica en resina Cristalán 870 Andercol (isofáltica), reforzada con de velo de superficie vidrio tipo C, seguido de dos capas de Tela Mat 723B de 450 g/m², impregnadas con la misma resina.

Refuerzo estructural: Enrolado con hilo roving continuo 447B de 2400 tex. Y la correspondiente resina, en las paredes, para garantizar la estabilidad mecánica a las condiciones de operación. La resina empleada en el refuerzo es resina Ortoftálica Andercol Cristalán 805

ACABADO DEL TANQUE.

Todos los equipos fabricados en PRFV, tendrán Top- Coat a base de resina poliéster Isofáltica, con estabilizadores de rayos Ultravioleta, ref.: Cristalán 870.

**Dirección del trabajo principal
Crr 80J No 41-08**

**Teléfono: 310-555-0218
* 311-543-0183 - 5704879
Email: cerfibras.sas@gmail.com**

Figura 2. Cotización y especificaciones de tanque sedimentador y agitador (Continuación).

Fabricación de plantas de tratamiento de agua potable y residual tanques de almacenamiento canaletas Parshall, falso fondos, torres de aireación, filtros etc.



CONDICIONES COMERCIALES.

Item	Descripción	Cant	Vr. Unit	Vr. Total
1	agitador de un caballo cn espigo en acero inoxidable	1	\$ 3.230.000	\$ 3.230.001
2	Suministro tanque cilindrico fondo plano en PRFV de 1,2m de diámetro y 2,54m de altura en PRFV para ser usado para curtiembres , de acuerdo a la informacion suministrada,	1	\$ 8.050.000	\$ 8.050.000
SUBTOTAL				\$ 11.280.001
IVA 19%				\$ 2.143.200
TOTAL				\$ 13.423.201

VALOR TRASPORTE: 400.000 HASTA EL SITIO A NIVEL BOGOTÁ

FORMA DE PAGO:
Cincuenta por ciento (50%) de anticipo, saldo contra entrega.

PLAZO DE ENTREGA:
Treinta (8) días contados a partir de la firma del contrato y recibido el respectivo anticipo.

VALIDEZ DE LA PROPUESTA: Treinta (30) días a partir de la fecha.

GARANTÍAS
Los equipos a suministrar tienen una garantía de veinte cuatro (24) meses a partir de la fecha de recibo a entera satisfacción, por defectos de fabricación comprobados por nuestro departamento técnico siempre y cuando no sea por mal manejo, uso, bodegaje o transporte, esta garantía será respaldada por una compañía de seguros legalmente establecida la cual amparará anticipo, cumplimiento, calidad y responsabilidad civil.
Cualquier inquietud al respecto de esta oferta Comercial, gustosamente será atendida por nuestro Departamento Técnico – Comercial.

Atentamente,

Michael David Castro
DR DE PROYECTOS
3115436153-5704879
Cerfibras.sas@gmail.com
www.cerfibras.com

Dirección del trabajo principal
Crr 80J No 41-08

Teléfono: 310-985-9215
*** 311-643-0163 - 5704879**
Email: cerfibras.sas@gmail.com

Figura 3. Cotización y especificaciones de las tuberías y válvulas.

TUVALREP SAS N. I. T. : 900080289-8 Dirección: AV CL 13 22 72 LOCAL 3 Teléfono : 3713386 Fax: 2015415				COTIZACION # 033742 Fecha: 2018-MAR-26			
Cliente : TUVALREP SAS Contacto : Dirección: AV CL 13 22 72 Ciudad : BOGOTÁ D.C. Teléfono : 3713386 Fax: 2371422		Nit: 900080289-8		Vendedor : 79474272 PACHECO FETECLA DIEGO O. Compra # : Forma de Pago: 00 CONTADO Moneda : PESOS			
Codigo	Referencia	Descripción	U.M	Cantidad	Precio Unit.	DCD %	Valor Total
01005		MT TUBO 1 ACERO C/C. SCH 40 COL	METRO	150.000	11,700.00	20.00%	1,404,000.00 *
01004		MT TUBO 3/4 ACERO C/C. SCH 40 COL	METRO	100.000	7,368.00	20.00%	589,440.00 *
01104		VALV. CORTINA 1 BR RED WHITE PESADA	UNIDA	3.000	70,400.00	20.00%	168,960.00 *
01103		VALV. CORTINA 3/4 BR RED WHITE PESADA	UNIDA	3.000	53,500.00	20.00%	128,400.00 *
01304		VALV. GLOBO 1 BR PEGLER X 200	UNIDA	3.000	80,725.00	20.00%	193,740.00 *
01303		VALV. GLOBO 3/4 BR PEGLER X 200	UNIDA	3.000	59,500.00	20.00%	142,800.00 *
TOTAL BRUTO		DCD x LINEA	DCD GLOBAL 0.00%	SUB-TOTAL	VALOR IVA	IMPONCONSUNDS	TOTAL
3,284,175.00		656,835.00	0.00	2,627,340.00	499,195.00	0.00	3,126,535.00
Reservación:							
DESPECHADO POR: _____				REVISADO POR: _____			

Figura 4. Cotización y especificaciones de los tanques de igualamiento y almacenamiento.

Lista de precios – Colempaques		
LINEA DE ALMACENAMIENTO		
Referencia	Descripción	Precio
Tanques tipo agua, tapa y accesorios		
Cónico negro		
11001502	250 lts	123,656
11001552	500 lts	221,328
11001652	1.000 lts	373,752
11001752	2.000 lts	698,784
11001802	5.000 lts	2.595,036
11001852	10.000 lts	5.008,648
Bajito negro		
11004502	250 lts	152,888
11004552	500 lts	267,728
11004652	1.000 lts	451,704
11004752	2.000 lts	978,344
11004772	4.000 lts	1.648,128
Cilíndrica negro		
11002502	250 lts	166,924
11002552	500 lts	301,028
11002652	1.000 lts	435,232
11002752	2.000 lts	786,248
11003872	Con Mang Flex 20.000 Lt	10.141,648
Cilíndrico reforzado negro		
11000502	250 lts	250,676
11000552	500 lts	484,184
11000652	1.000 lts	764,072
11000752	2.000 lts	1.195,848
Estructura Metalica para Tanque		
11001435	Manguera Flexible	111,360
Línea popular -T2- Tankplant cónico		
Tanque, tapa y accesorios agua negro		
11062502	250 lts	108,112
11062552	500 lts	179,104
11062652	1.000 lts	305,660
Tanque, tapa y accesorios bajito negro		
11064502	250 lts	130,500
11064552	500 lts	213,208
11064652	1.000 lts	362,036
11064752	2.000 lts	828,936

Figura 5. Cotización y especificaciones de la bomba sumergible VXM 8/35 monofásica Pedrollo, distribuidora Sodimac.

FICHA TÉCNICA

Atributo	Detalle
Caudal máximo	250 l/min
Características	Para drenaje de aguas sucias con sólidos de hasta 35 mm, posee sello de carburo silicio y resiste temperatura del agua hasta 50°C
Marca	Pedrollo
Modelo	VXM 8/35
Uso	Doméstico/Industrial
Voltaje	230 V
Altura elevación máxima	8 m
Profundidad	19 cm
Material	Metal/Plástico
Temperatura máxima	40°C
Fase	Monofásico
Protección	IPX8
Alimentación	Red eléctrica
Profundidad máxima aspiración	5 m
Potencia	0,75 HP
Conexión	1 1/2"

**ANEXO K.
TABULACIÓN DE DATOS**

Tabla 1. Resultados de pH del 13 de septiembre de 2016.

Hora	pH		
	Bodega 1	Bodega 7	Bodega 8
8:30	5,3	5,2	4,4
9:30	5,1	4,9	5,2
10:30	5,5	4,6	5,3
11:30	5,6	4,2	5,8
12:30	5,9	4,5	5,7
13:30	5,7	4,7	5,9
14:30	5,1	4,9	5,3
15:30	6,6	5,2	5,1
16:30	5,8	4,8	4,9

Tabla 2. Resultados de caudal del 13 de septiembre de 2016.

Hora	Caudal (Lt/s)		
	Bodega 1	Bodega 7	Bodega 8
8:30	0,064	0,008	0,315
9:30	0,082	0,007	0,067
10:30	0,044	0,006	0,184
11:30	0,074	0,006	0,229
12:30	0,084	0,004	0,206
13:30	0,089	0,041	0,231
14:30	0,094	0,047	0,209
15:30	0,081	0,003	0,217
16:30	0,072	0,003	0,207

Tabla 3. Resultados de temperatura del 13 de septiembre de 2016.

Hora	Temperatura (°C)		
	Bodega 1	Bodega 7	Bodega 8
8:30	19,8	18,3	21,4
9:30	20,0	19,3	22,3
10:30	19,3	19,8	22,9
11:30	19,5	21,4	25,1
12:30	19,2	20,6	25,1
13:30	18,3	20,2	21,3
14:30	18,5	16,0	18,7
15:30	19,6	16,0	19,9
16:30	19,1	16,1	19,7

Tabla 4. Resultados de caudal, pH y temperatura del 30 de octubre de 2017.

Número	Bodega	Hora	Caudal promedio (m³/día)	pH	Temperatura (°C)
1	8	8:52	6,405	10,1	21,1
	1	9:18	0,734	6,66	20,5
2	8	9:50	4,893	6	19,8
	1	10:10	0,485	5	19
3	8	11:00	9,151	5,7	19,4
	1	11:18	0,853	5,2	22,7
4	8	12:00	7,288	6	21
	1	12:18	0,507	5,2	22,1
5	8	12:50	5,142	5,4	20,5
	1	13:00	0,551	5,1	21,7
6	8	14:00	5,753	5,2	19
	1	14:30	1,243	5,2	20
7	8	14:50	6,933	5,5	19,1
	1	15:00	0,923	5,2	20

**ANEXO L.
CÁLCULOS PARA PREPARACIÓN DEL COAGULANTE**

Cloruro Férrico:

Ecuación 1. Cálculo cloruro férrico (96%) para la concentración de 4,2%

$$4,2\% \rightarrow 4,2 \text{ g} + 0,04 * (4,2\text{g}) = 4,368 \text{ g } FeCl_3$$

Ecuación 2. Cálculo cloruro férrico (96%) para la concentración de 2,1%

$$2,1\% \rightarrow 2,1 \text{ g} + 0,04 * (2,1\text{g}) = 2,196 \text{ g } FeCl_3$$

Ecuación 3. Cálculo cloruro férrico (96%) para la concentración de 1%

$$1\% \rightarrow 1 \text{ g} + 0,04 * (1\text{g}) = 1,04 \text{ g } FeCl_3$$

Ecuación 4. Cálculo cloruro férrico (96%) para la concentración de 0,5%

$$0,5\% \rightarrow 0,5 \text{ g} + 0,04 * (0,5\text{g}) = 0,52 \text{ g } FeCl_3$$

Sulfato de aluminio:

Ecuación 5. Cálculo sulfato de aluminio (90%) para la concentración de 4,2%

$$4,2\% \rightarrow 4,2 \text{ g} + 0,1 * (4,2) = 4,62 \text{ g } Al_2(SO_4)_3$$

Ecuación 6. Cálculo sulfato de aluminio (90%) para la concentración de 2,1%

$$2,1\% \rightarrow 2,1 \text{ g} + 0,1 * (2,1) = 2,31 \text{ g } Al_2(SO_4)_3$$

Hidroxiclорuro de aluminio:

Para la preparación del coagulante se realizaron dos disoluciones diferentes:

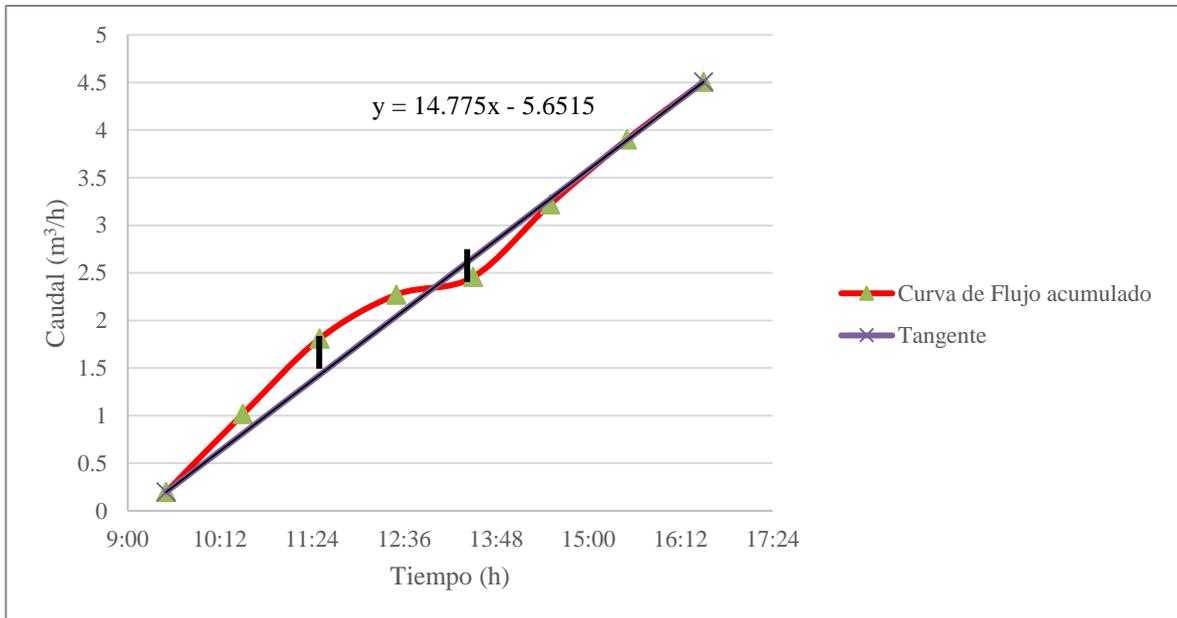
- La primera fue una solución 1:10 de hidroxiclорuro de aluminio (1%).
- La segunda fue una solución 1:20 de hidroxiclорuro de aluminio (0,5%).

**ANEXO M.
CAUDALES DE LA SEMANA (VOLUMEN PARA TANQUE DE IGUALAMIENTO)**

Tabla 1. Caudal promedio lunes 12 de febrero de 2018.

Hora	Caudal (m ³ /día)	Caudal (m ³ /h)	Caudal Acumulado (m ³ /h)
9:30	1,575	0,197	0,197
10:30	6,552	0,819	1,016
11:30	6,339	0,792	1,808
12:30	3,701	0,463	2,271
13:30	1,487	0,186	2,457
14:30	6,097	0,762	3,219
15:30	5,451	0,681	3,900
16:30	4,847	0,606	4,506

Gráfica 1. Volumen de tanque igualamiento día 1.

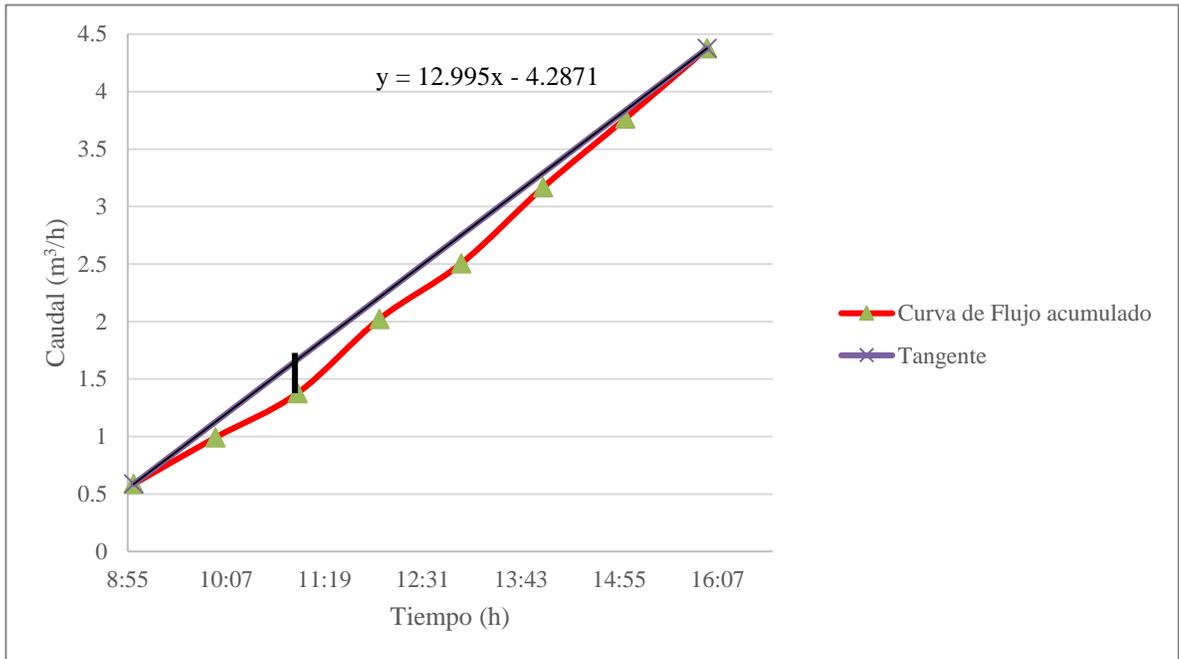


Volumen del tanque = 0,585 m³

Tabla 2. Caudal promedio martes 13 de febrero de 2018.

Hora	Caudal (m ³ /día)	Caudal (m ³ /h)	Caudal Acumulado (m ³ /h)
9:00	4,687	0,586	0,586
10:00	3,246	0,406	0,992
11:00	3,081	0,385	1,377
12:00	5,159	0,645	2,022
13:00	3,873	0,484	2,506
14:00	5,296	0,662	3,168
15:00	4,777	0,597	3,765
16:00	4,889	0,611	4,376

Gráfica 2. Volumen de tanque igualamiento día 2.

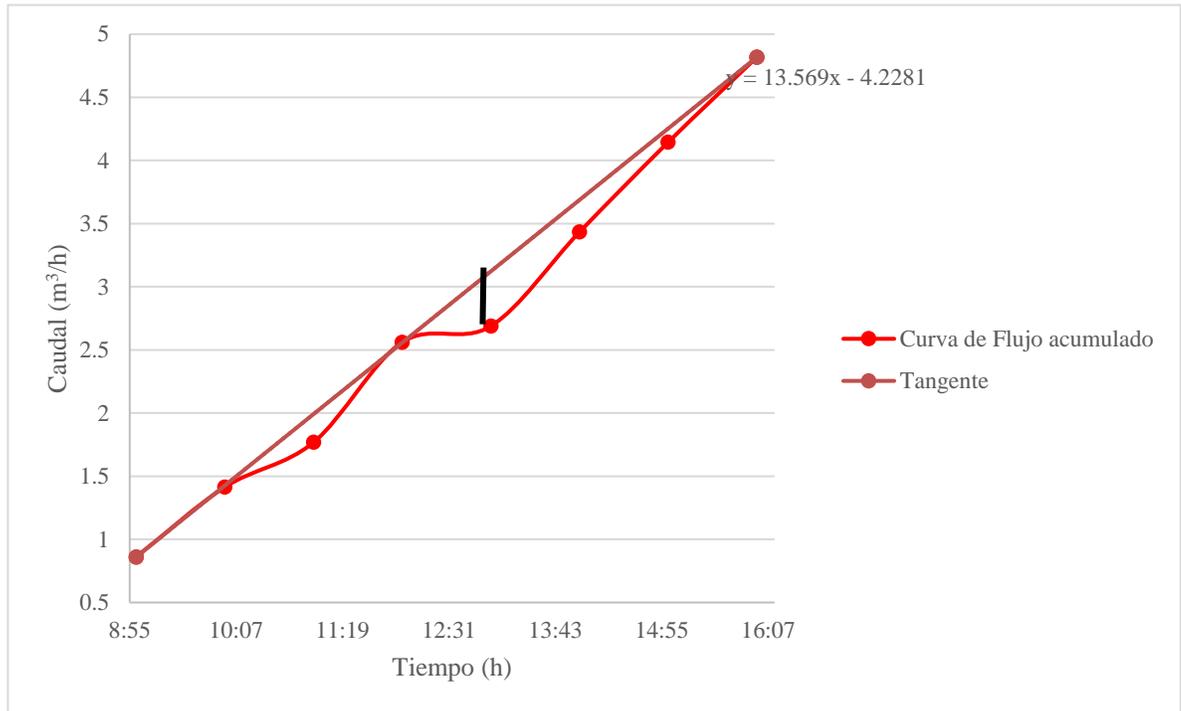


Volumen del tanque = 0,288 m³

Tabla 3. Caudal promedio miércoles 14 de febrero de 2018.

Hora	Caudal (m³/día)	Caudal (m³/h)	Caudal Acumulado (m³/h)
9:00	6,883	0,860	0,860
10:00	4,426	0,553	1,414
11:00	2,831	0,354	1,768
12:00	6,345	0,793	2,561
13:00	1,023	0,128	2,688
14:00	5,960	0,745	3,433
15:00	5,689	0,711	4,145
16:00	5,389	0,674	4,818

Gráfica 3. Volumen de tanque igualamiento día 3.



Volumen del tanque = 0,438 m³

Para el día 4 se tomaron dos datos más, debido a que la empresa comenta que los días jueves es el día mayor producción.

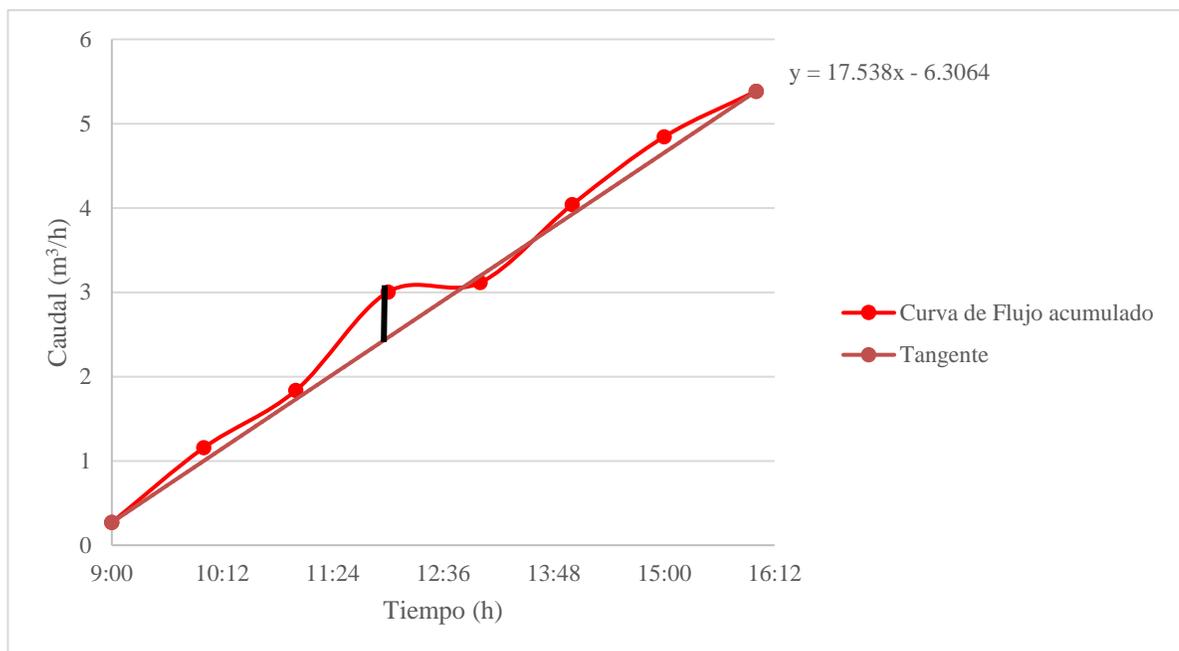
Tabla 4. Caudal promedio jueves 15 de febrero de 2018.

Hora	Caudal (m³/día)	Caudal (m³/h)	Caudal Acumulado (m³/h)
8:30	4,608	0,576	0,576
9:30	5,704	0,713	1,289
10:30	8,714	1,089	2,378
11:30	6,299	0,787	3,166
12:30	2,479	0,310	3,476
13:30	11,963	1,495	4,971
14:30	9,145	1,143	6,114
15:30	11,191	1,399	7,513
16:30	7,887	0,986	8,499
17:30	7,398	0,925	9,423

Tabla 5. Caudal promedio viernes 16 de febrero de 2018.

Hora	Caudal (m ³ /día)	Caudal (m ³ /h)	Caudal Acumulado (m ³ /h)
9:00	2,161	0,270	0,270
10:00	7,097	0,887	1,157
11:00	5,431	0,679	1,836
12:00	9,332	1,167	3,003
13:00	0,890	0,111	3,114
14:00	7,393	0,924	4,038
15:00	6,443	0,805	4,844
16:00	4,333	0,542	5,385

Gráfica 5. Volumen de tanque igualamiento día 5.



Volumen del tanque = 0.540 m³

**ANEXO N.
CÁLCULOS DE LA BOMBA SUMERGIBLE**

- Línea de succión:

$$Re = \frac{Di * v * \rho}{\vartheta}$$

$$Re_1 = \frac{0,026m * 0,6m/s * 1100Kg/m^3}{0,001054Kg/m \cdot s}$$

$$Re = 16280,83$$

$$f_1 = \frac{0,25}{[Log_{10} \left(\frac{6 \times 10^{-5}m}{3,7 * (0,026m)} + \frac{5,74}{16280,83^{0,9}} \right)]^2}$$

$$f = 0,032$$

- Línea de descarga:

$$Re_2 = \frac{0,0209m * 2,1m/s * 1100Kg/m^3}{0,001054Kg/m \cdot s}$$

$$Re = 45805,50$$

$$f_2 = \frac{0,25}{[Log_{10} \left(\frac{6 \times 10^{-5}m}{3,7 * (0,0209m)} + \frac{5,74}{45805,50^{0,9}} \right)]^2}$$

$$f = 0,029$$